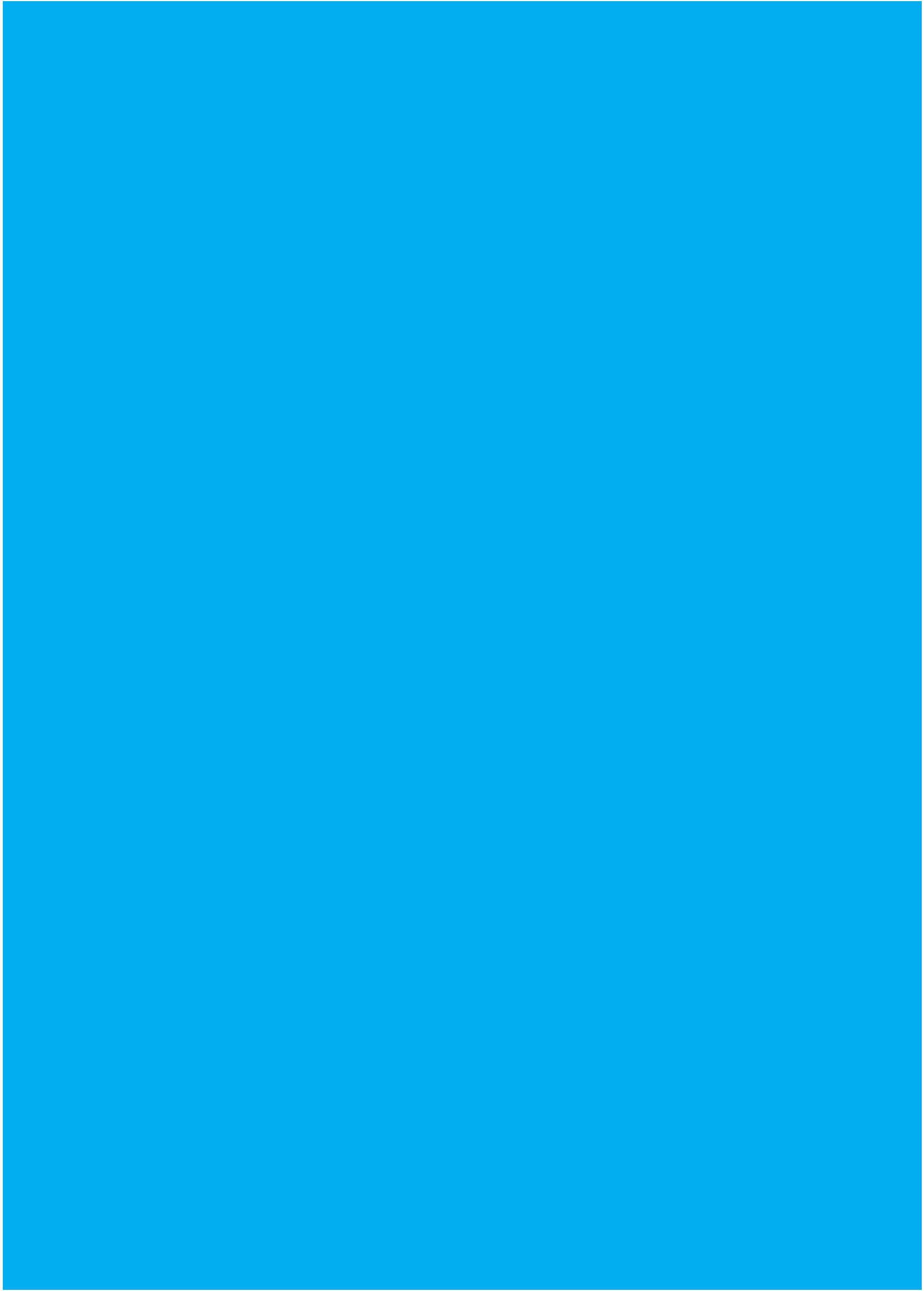


Liite 11

Maaperän ja pohjaveden perustilatutkimus



Northland Exploration Finland Oy

Pajalan ja Kolarin rautamalmiprojekti
Maaperän ja pohjaveden perustilatutkimus
Loppuraportti

Copyright © Pöyry Environment Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai mitään sen osaa ei saa kopioida tai tuottaa uudelleen ilman kirjallista lupaa Pöyry Environment Oy:ltä.

Copyright © Pöyry Environment Oy

Sisäinen asiakirjakontrolli

Asiakas	Northland Exploration Finland Oy
Otsikko	
Projekti	Soil and groundwater baseline study
Vaihe	
Projekti Nro.	9M707011
Luokitus	BOR
Piirustus/Rek./Sarja Nro.	
Tiedoston nimi	sgw_baseline_report_final_290408-fin_tarkistettu.doc
Tiedoston sijainti	
Järjestelmä	Microsoft Word 10.0
Ulkoinen osuus	Northland Resources Inc.
Sisäinen osuus	GF, OG, OR
Avustus	
Vastuullinen BU	

Tarkistukset:

Alkuperäinen

Asiakirjan päiväys	30.4.2008
Kirjoittaja/sijainti/allekirjoitus	Pekka Tuomela

Hallinnan päiväys	21.4.2008
Tarkastaja/sijainti/allekirjoitus	Pauli Saksa

A

Asiakirjan päiväys	
Kirjoittaja/sijainti/allekirjoitus	

Hallinnan päiväys	
Tarkastaja/sijainti/allekirjoitus	

B

Asiakirjan päiväys	
Kirjoittaja/sijainti/allekirjoitus	

Hallinnan päiväys	
Tarkastaja/sijainti/allekirjoitus	

Muutos viimeisessä tarkistuksessa

Tausta

Yhteyshenkilö

Urheilukatu 5-7

FI-96100 Rovaniemi

Finland

Kotipaikka Helsinki, Finland

Y-tunnus. 0196118-8

Puh. +358 10 33280

www.environment.poyry.fi

Pöyry Environment Oy

Yhteenveto

Northland Resources Inc. kehittää Sahavaaran ja Tapulin malmikaivoksia Pajalassa, Ruotsissa ja Hannukaisen rautamalmikaivosta Kolarissa, Suomessa. Kaivosten lisäksi sekä Sahavaaraan että Hannukaiseen on suunnitteilla rikastamot. Rikaste molemmista kaivoksista on tarkoitus kuljettaa pelletointilaitokseen joka rakennetaan joko Äkäsjokisuuhun tai vaihtoehtoisesti Kolarin Rautuvaaraan. Pelletit aiotaan kuljettaa vientisatamiin Äkäsjokisuusta Suomen Tornioon kulkevaa rautatietä pitkin. Satamavaihtoehto on harkinnan alla.

Northland Resources Inc. on suunnitellut aloittavansa kaivoshankkeita varten ympäristövaikutusten arviointien ja tarvittavien lupahakemuksien tekemisen. Tämä maaperän- ja pohjaveden- perustilatutkimus on osa erilaisia perustilatutkimuksia, jotka laaditaan YVA:aa ja lupamenettelyitä varten. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia ja dokumentoida maaperän ja pohjaveden nykytilaa kaivostoiminta-alueille. Lisäksi alueen maisemaa ja maantiedettä on myös tarkasteltu. Näin pystytään seuraamaan millaisia vaikutuksia tulevaisuuden kaivostoiminnalla on alueen ympäristöön.

Kenttätutkimukset toteutettiin marras-joulukuussa 2007. Tutkimukset ovat vielä osittain kesken, koska pääsy Äkäsjokisuun alueelle on ollut rajoitettu. Muut tutkimukset tehdään lähitulevaisuudessa, ja tämä raportti tarkistetaan soveltuvin osin.

Kaikkiaan 39 pohjavesiputkea on asennettu Sahavaaran, Tapulin ja Hannukaisen alueille. Maaperän stratigrafia kirjattiin ylös kenttätutkimuksien aikana. Pohjaveden pinnat mitattiin pohjavesiputkista näytteenoton aikana. Laajat laboratoriotutkimusanalyysit suoritettiin maaperä- ja vesinäytteille.

Keskeiset havainnot Sahavaara-Tapuli alueella:

- Hydraulinen johtavuus pintamaaperässä tällä alueella ei ole kovin hyvä, pohjautuen maaperänäytteiden raekokojakautumaan ja alueella havaitusta pohjavesipinnan gradientista.
- Moreenikerrostumat ovat paikoin melko paksuja ja pohjavesipinta on syvällä paikoissa, joissa on korkeampi topografia ja paksut maapeitteet.
- Yleisesti ottaen pohjavesi on laadultaan hyvää.
- Pohjavettä käytetään juomavetenä alueella. Sahavaaran alueella on useita yksityisiä kaivoja aktiivisessa käytössä. Lisäksi Kaunisvaarassa on kunnallinen vesilaitos.
- Pohjaveden antoisuus on heikko ja siitä syystä monissa talouksissa vanhat kaivot on vaihdettu myöhemmin kairattuihin kallioperäkaivoihin.
- Kallioperäkaivot ovat usein syviä, joka voi viitata huonoon pohjaveden tuottoon sekä kallioperän alhaiseen vedenjohtavuuteen. Tämä olisi hyvä varmentaa vedenjohtavuus mittauksilla. Mittauksissa tulee ottaa huomioon, että veden virtaus on keskittynyt kallioperän heikkousvyöhykkeisiin.

Keskeiset havainnot Hannukaisen alueella:

- Hiekkamoreeni on vallitseva alueella, mutta myös karkeampia sedimenttejä esiintyy (hiekkasora).
- Maaperän hydrauliset ominaisuudet ovat paremmat kuin Kaunisvaaran alueella: mutta niitä ei silti voida pitää laadullisesti kovin hyvinä.
- Kaivosalueella on vain muutamia aktiivisessa käytössä olevia kaivoja

- Pohjaveden laatu on pääosin hyvä. Sähkönjohtavuus ja sulfaattipitoisuudet ovat osittain normaalia suuremmat.
- Kallio- ja maaperän koostumus vaikuttaa selvästi pohjaveden laatuun, erityisesti lähellä Kuervaaran louhosta. Myös vanha sivukiven läjitysalue vaikuttaa lähellä olevan pohjaveden laatuun.

Sisältö

Tausta

Yhteenveto

1	JOHDANTO	3
2	TUTKIMUKSEN LAAJUUS	3
3	OLEMASSA OLEVA TIETO JA SEN KÄSITTELY TUTKIMUSALUEELLA	4
4	LAINSÄÄDÄNTÖ JA ERITYISALUEET	5
4.1	Kaivostoimintaa koskeva lainsäädäntö	5
4.2	Pohjaveden laatu	5
4.3	Juomaveden laatu	5
4.4	Maaperän laatu ja saastuminen	6
4.5	Pohjavesialueiden luokitus	6
4.6	Luonnonsuojelualueet	7
5	KENTTÄTYÖT	7
5.1	Yleistä	7
5.2	Kairauksen ja pohjavesiputkien asennus	7
5.3	Näytteenotto	8
5.3.1	Geotekniset ja geokemialliset maanäytteet	8
5.3.2	Humusnäytteet	9
5.3.3	Pohjavesinäytteet	9
5.3.4	Tutkimuspistetunnisteet	10
5.4	QA/QC	10
5.5	Laboratorioanalyysit	10
6	TUTKIMUSTULOKSET	12
6.1	Sahavaara-Tapuli	12
6.1.1	Geofysiikka ja siihen liittyvä geologia	12
6.1.2	Pintageologia ja geomorfologia	14
6.1.3	Maaperän geokemia	15
6.1.4	Hydrogeologia ja talousvesikäyttö	16
6.1.5	Keskeiset havainnot	19
6.2	Hannukainen	19
6.2.1	Geofysiikka ja siihen liittyvät geologia	19
6.2.2	Pintageologia ja geomorfologia	20
6.2.3	Maaperän geokemia	21
6.2.4	Hydrogeologia ja talousveden käyttö	22
6.2.5	Avaintulokset	25

		2
6.3	Äkäsajokisuu	25
6.4	Putkilinjojen reitit	25
6.5	Rautatieliikenneväylät ja satamat	25
6.5.1	Geologinen ympäristö	25
6.5.2	Pintageologia ja geomorfologia	26
6.5.3	Maaperän geokemia	26
6.5.4	Hydrogeologia	26
7	SUOSITUKSET	27
8	JATKOTYÖT	29

Viitteet

Liitteet

Liite 1	Lähtötietojen kuvaus
Liite 2	GTK geofysikaalinen aineisto
Liite 3	Geofysikaalisen aineiston käsittely
Liite 4	Luokitellut pohjavesialueet
Liite 5	Tutkimuspisteet
Liite 6	Pohjavesimittaukset ja pohjavesiputkikortit
Liite 7	Maaperänäytteet ja analyysitulokset
Liite 8	Pohjavesinäytteet: kenttämittaukset ja lab. analyysit
Liite 9	Kaivokysely
Liite 10	QA/QC
Liite 11	Alkuperäiset laboratorioanalyysit
Liite 12	Geotekniset analyysit: raekokojakauma
Liite 13	Kaukokartoituksen perustilatutkimus

Piirustukset

Luokitellut pohjavesialueet, mittakaava 1:75 000	9M707011/1
Maaperän ja pohjaveden näytteenotto, mittakaava 1:25 000 / 1: 20 000	9M707011/2.1 ja 2.2
Peruskalliokartta, mittakaava 1:75 000	9M707011/3
Geofyysiset tulkinnot, mittakaava 1:75 000	9M707011/4.1...4.6
kvartaalisten esiintymien kartta, mittakaava 1:75 000	9M707011/5.1
Kartta irtomaan paksuudesta, mittakaava 1:25 000/1:20 000	9M707011/6.1...6.3
Maaperän geokemia, Kaunisvaara, mittakaava 1:25 000	9M707011/7.1...7.4
Pohjaveden geokemia, Kaunisvaara, mittakaava 1:25 000	9M707011/8.1...8.4
Maaperän geokemia, Hannukainen, mittakaava 1:20 000	9M707011/9.1...9.6
Pohjaveden geokemia, Hannukainen, mittakaava 1:20 000	9M707011/10.1...10.4

1 JOHDANTO

Northland Resources Inc. ja sen tytäryhtiöt Ruotsissa ja Suomessa kehittävät Sahavaaran ja Tapulin rautamalmikaivoksia Pajalassa, Ruotsissa ja Hannukaisen rautamalmikaivosta Kolarissa, Suomessa. Kaivosten lisäksi suunnitellaan rikastamoita, niihin liittyvää liikennettä ja muuta kaivosinfrastruktuuria sekä Sahavaarassa että Hannukaisessa. Kaivostoiminta edellyttää rikastushiekan käsittelyä ja varastointia, sivukiven läjitysalueita ja muuta tarvittavaa kaivosinfrastruktuuria kaikkiin kohteisiin. Hannukaisen kaivos on aiemmin ollut tuotannossa vuosina 1978–1988 Rautaruukki Oy:n ja Outokumpu Mining Oy:n toimesta. Se on toiminut läheisen Rautuvaaran kaivoksen satelliittikaivoksena.

Rikaste molemmista kaivoksista on tarkoitus kuljettaa pelletointilaitokseen, joka on tarkoitus rakentaa Suomeen, Äkäsjokisuuhun tai vaihtoehtoisesti Rautuvaaraan. Tällä hetkellä eri vaihtoehtoja konsentraatin kuljettamiseen harkitaan, kuten tie, rautatie, putki, kuljetin tai gondolityyppinen kuljetin. Äkäsjokisuussa on ollut kalkkikivikaivos ja sementtitehdas (Partek Oy) vuosina 1969–1989. Kaivosoikeudet louhosalueeseen omistaa tällä hetkellä Nordkalk Oyj. Alueella on purettu rakennuksia ja tiloja entisen operaattorin toimesta (Finnsementti Oy).

Pelletit aiotaan kuljettaa vientisatamiin Äkäsjokisuusta Suomen Tornioon kulkevaa rautatietä pitkin. Ainakin neljää vaihtoehtoa harkitaan satamatoimintaan: näitä ovat Tornio tai Kemi Suomessa ja Kalix tai Luulaja Ruotsissa. Tutkimusalue (kaivokset) on esitetty kartassa 9M707011 / 1.

2 TUTKIMUKSEN LAAJUUS

Northland Resources Inc. on suunnitellut aloittavansa kaivoshankkeita varten ympäristövaikutusten arvioinnin ja tarvittavien lupahakemuksien laadinnan. Tämä maaperän ja pohjaveden perustilatutkimus on osa erilaisia perustilatutkimuksia, jotka laaditaan YVA:aa ja lupamenettelyitä varten. Tutkimus laaditaan Northland Exploration Finland Oy:lle. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia ja dokumentoida maaperän ja pohjaveden nykytila suunnittelualueilla. Lisäksi on arvioitu maisemaa ja maantiedettä, jotta pystytään seuraamaan tulevaisuuden muutoksia ympäristössä. Tutkimusta tullaan hyödyntämään tulevaisuuden kaivostoiminnan tarkkailussa. Kaivostoiminnan vaikutuksia ja siitä aiheutuvia muutoksia tullaan vertaamaan perustilatietoihin. Tämä perustilatutkimus mahdollistaa myös mahdollisten kielteisten vaikutusten minimoinnin suunnittelussa ja vaihtoehtoisesti mahdollisten myönteisten vaikutusten vahvistamisen.

Juomaveden nykytila ja mahdolliset kaivostoiminnan vaikutukset veden laatuun on erittäin tärkeää ottaa huomioon, koska suunniteltujen toiminta-alueiden läheisyydessä on luokiteltuja pohjavesialueita ja vesilaitoksia sekä kaivoja.

Tutkimus on toteutettu soveltamalla tutkimussuunnitelmaa, joka on koottu 23.10.2007 ja täydennetty pienillä muutoksilla. Tässä raportissa on esitetty silloiset yleistiedot täydennettynä tutkimustuloksilla ja esitetty tutkimusmenetelmät. Maiseman ja maantieteen osatutkimus on esitetty erillisessä raportissa ja siihen liittyvät GIS tiedot (DVD) liitteessä 13.

3 OLEMASSA OLEVA TIETO JA SEN KÄSITTELY TUTKIMUSALUEELLA

Northland Exploration Suomi Oy toimitti Pöyry Environment Oy:lle nykyiset perustilatiedot tutkimusalueelta. Tutkimuksen suunnitteluvaiheessa, Pöyryn asiantuntijat analysoivat tätä tausta-aineistoa. Lisäksi Pöyryn edustajat suorittivat käynnin Kolarin ja Pajalan alueille 16.10.2007 kenttäsuunnitelman viimeistelemiseksi ja tarkistaakseen olosuhteet oletetuissa näytteenottopaikoissa.

Perustilatutkimusta varten on tehty DVD, johon sisältyy jäsennetty arkisto Mapinfo TAB:ista ja ArcMap Shape-tiedostoista, sekä maantieteellisistä kuvista tutkimusalueella. Tietopakettiin sisältyvät tiedot topografiasta, geofysiikasta, geologiasta (peruskallio ja maaperä), ilmakuviista, geokemiasta, kairanreikien tiedoista ja alustava yleissuunnitelma alueista (Corus-yhtiön suunnittelemana). Tiedot on esitetty tarkemmin liitteissä 1 ja 2.

Tutkimusalueen rajaaminen tehtiin käyttäen topografista-, geofysiikaalista- ja säätietoja. Rajaus sisälsi seuraavat osatehtävät:

1. Erilliset digitaaliset korkeusmallit (DEM) rakennettiin molemmiin puolin rajaa, niin että Ruotsin DEM rakennettiin aerogeofysikaalisten korkeusmittaus tietojen mukaan, ja Suomen (DEM) rasteroitiin Maanmittauslaitoksen (MML) tuottamista korkeuskäyristä. Nämä kaksi DEM:iä eivät kata koko aluetta, joten GTopo30-aineistoa käytettiin lopuille alueille. Laaditut mallit yhtenäistettiin yhteen DEM:iin analysoitavaksi.
2. Valuma-alue- ja purkupisteanalyysi tehtiin yhtenäisellä DEM:illä käyttäen ylärajana 10 km² valuma-alueille. Suomen puolella valumatietoja (valuma-alueet ja purkupisteet), jonka toimitti Suomen ympäristökeskus (SYKE), hyödynnettiin ja yhdistettiin Ruotsin puolelta luotuihin hydrologiatietoihin.

SYKE:n tarjoamat valumatiedot on tuotettu rajaamalla valuma- ja osavaluma-alueet 1:50 000 maastokartoissa ja sen jälkeen digitoimalla ne. Aineisto valmistui vuonna 1990.

3. Luodut valuma-aluepolygonit, jotka sijaitsevat niillä alueilla, jotka sisältyivät Coruksen yleissuunnitelmaan, valittiin perustilatutkimusalueeksi. Lisäksi valuma-alueet, jotka ovat kosketuksissa leikattujen valuma-alueiden kanssa, valittiin myös tutkimusalueeseen.
4. Käytettävissä olleita aerogeofysikaalisia magneetti- ja sähkömagneettitietoja hyödynnettiin paikallistamaan leikkaus- ja siirrosvyöhykkeet sekä arvioimaan mahdollisia aluelajennuksia tutkimusalueilla. Arvioinnin jälkeen muita

laajennuksia ei arvioitu tarvittavan. Geofysikaalinen osuus on esitetty tarkemmin liitteessä 3.

4 LAINSÄÄDÄNTÖ JA ERITYISALUEET

4.1 Kaivostoimintaa koskeva lainsäädäntö

Eri ministeriöiden useat lait ja asetukset koskevat kaivoshankkeita Ruotsissa ja Suomessa. Niiden yksityiskohtainen kuvaus ei kuulu tähän tutkimukseen mutta tärkeimmät, koskien maaperä- ja pohjavesiasioita, esitellään lyhyesti seuraavissa kappaleissa.

4.2 Pohjaveden laatu

Tällä hetkellä ei ole olemassa virallisia kriteerejä pohjaveden laatuun Suomessa. GTK:lla ja Suomen ympäristöhallinnolla on laajat tietokannat pohjavesikemiasta kattaen koko maan. Pohjaveden laatua voidaan verrata näihin "tausta-arvoihin", mutta lainsäädäntöön perustuvia erillisiä kriteerejä ei vielä ole olemassa. Ruotsissa vastaavia tietoja on saatavissa SGU:lta.

Puitedirektiivi 2000/60/EY ja myöhemmin kansallinen lainsäädäntö sääntelevät ympäristön pintavesien laatua koskien EU:n aluetta. Tämä lainsäädäntö säätelee myös pohjaveden laatua. Puitedirektiivin tavoitteet toteutetaan kansallisesti. Suomessa toimintaa ohjaa: vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015 ja Ruotsissa ohjeistus saadaan ns. Miljömålilla, ympäristön laatutavoitteilla.

Lähitulevaisuudessa EU pohjavesidirektiiviin (2006/118/EY) perustuva lainsäädäntö luo perustan hyvälle pohjaveden laadulle. Direktiiviin sisältyy useita veden laadun parametrejä, jotka on saatettava täytäntöön kansallisessa lainsäädännössä 16.1.2009. Direktiivissä edellytetään, että EU: n jäsenvaltioiden on ilmoitettava raja-arvot nitraateille ja torjunta-aineille, As, Cd, Pb, Hg, NH₄, Cl, SO₄, tri- ja tetrakloorietyleenille sekä sähköjohtavuudelle. Tällä hetkellä pohjavesidirektiiviä ollaan laittamassa täytäntöön Suomen ja Ruotsin kansallisiin lainsäädäntöihin ja niitä ei voida toistaiseksi käyttää vertailuarvoina.

4.3 Juomaveden laatu

Suomessa juomaveden laatua säädellään sosiaali- ja terveysministeriön asetuksilla. Vesilaitoksien jotka tuottavat vettä vähintään 50 henkilölle tai yli 10 m³/vrk on täytettävä veden laatuvaatimukset, jotka esitetään valtioneuvoston asetuksessa 461/2001. Vastaavasti pienten vesilaitosten tai yksityisten kotitalouksien kaivojen on täytettävä veden laatukriteerit, jotka esitetään valtioneuvoston asetuksessa 401/2001

Ruotsissa asetukset tekee elintarvikevirasto (Livsmedelsverket) isoille vesilaitoksille (SLVFS 2001:30 ja muutos LIVSFS 2005:10) ja Kansallinen terveyden ja hyvinvoinnin hallitus (Socialstyrelsen) pienemmille vesilaitoksille ja yksityisille kaivoille (SOSFS

2001:17 ja 2005:20 (M)). Rajat vedentuotannon ja henkilömäärien mukana ovat samat kuin Suomessa, eli 10 m³/d ja 50 henkilöä.

4.4 Maaperän laatu ja saastuminen

Suomessa maaperän laatua ja saastumista säätelee valtioneuvoston asetus 214/2007, joka vahvistaa kriteerit hyvälaatuiselle maaperälle. Raja-arvot on asetettu useimmille yleisimmille haitta-aineille, mukaan lukien 11 alkuainetta (Sb, As, Hg, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, V).

Ruotsissa ei ole lakeja tai säädöksiä pilaantuneesta maasta tai pohjavedestä. Näitä seikkoja ohjaa Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto (Naturvårdsverket): raportit kertovat nykyiset normatiiviset raja-arvot useille aineille (mm. As, Pb, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Ni, V, Zn). Nämä mainitut raportit ovat lähinnä raportti 4918 "Metodik för inventering av förorenade områden (Menetelmät pilaantuneiden alueiden inventoimiseen)" ja raportti 4638", Generella riktvärden för förorenad mark (yleiset ohjearvot saastuneille alueille)".

4.5 Pohjavesialueiden luokitus

Suomessa akviferit tai pohjavesialueet on luokitellut ympäristöhallinto. Luokituksissa on kolme luokkaa: I, II ja III.

- Luokka I: tärkeä pohjavesialue veden ottamiseen

Pohjavesialue jota hyödynnetään tai tullaan hyödyntämään 20-30 vuoden kuluessa tai on muuten tarpeen varata vedenottoa varten esim. kriisisiaikoina. Vettä tullaan käyttämään hyödyksi vähintään 10 kotitaloudessa tai teollisuudessa, joka vaatii hyvälaatuista raakavettä

- Luokka II: pohjavesialue joka on sopiva vedenottoon

Pohjavesialue, jota voidaan soveltaa veden ottoon. Toistaiseksi ei ole määritelty käyttöä yhteisöille, kotitalouksille tai muunlaisia käyttäjille.

- Luokka III: pohjavesialue, jota voidaan käyttää hyväksi vedenottoon mutta olemassa olevat tiedot eivät riitä niiden luokittelemiseksi pidemmälle.

III-luokan pohjavesialueita voidaan tutkia tulevaisuudessa Ympäristöhallinnon toimesta ja sen seurauksena joko siirtää luokkiin I tai II tai vaihtoehtoisesti alue poistetaan pohjavesiluokituksista.

Ruotsissa on käytössä samantyyppinen järjestelmä pohjavesialueiden luokittelemisesta kahteen luokkaan (1 ja 2) molemmilla on 4 alaluokkaa (A, B1, B2, C). Pääluokka päätetään riippuen pohjaveden antoisuudesta pohjavesialueella. Alaluokat luokitellaan läheisen väestön ja etäisyyden (muihin pohjavesialueisiin ja vesilaitoksiin) perusteella.

- Luokka 1, mahdollinen tuotto > 25 l/s (> 2 160 m³/d)

- Luokka 2, mahdollinen tuotto 5-25 l/s (432-2 160 m³/d)

Alaluokka A: muutama muukin (yksi tai vähemmän) pohjavesiesiintymiä ja tuotto > 5 l/s 30 km säteellä ja suuri väestö (> 50 000 ihmistä 30 km säteellä)

Alaluokka B1: muutama muu pohjavesiesiintymä joiden tuotto > 5 l/s 30 km säteellä

Alaluokka B2: suuri väestö (> 50 000 ihmistä 30 km säteellä)

Alaluokka C: tavallinen pohjavesialue jossa tuotto > 25 l/s

Luokitellut pohjavesialueet ja vesilaitokset toiminta-alueella ja kuljetusreittien varrella on esitetty liitteessä 4. Pohjavesialueet jotka sijaitsevat varsinaisella toiminta-alueella on esitetty kartassa 9M707011/2.1. Tiedot on myös esitetty jokaisen alueen osalta niitä koskevissa kappaleissa.

4.6 Luonnonsuojelualueet

Tärkein luokitus, joka koskee kaikkia tutkimusalueita, on Natura 2000-alue, joka kattaa koko Tornion-Muonionjoki valuma-alueen (FI1301912).

Tämän lisäksi Kolarin tutkimusalueiden sisällä tai läheisyydessä ei ole luonnonsuojelualueita tai muita erityisiä alueita. Pajalassa on valtakunnallisesti merkittävät Jupukka-Tervajoki-Ahvenvuoman luonnonpuisto ja Muonion saamelaiskylä-Käymäjärven ydinalue. Edellinen kattaa suuren alueen soista Stora Sahavaaran länsipuolella ja jälkimmäinen tärkeän poronhoitoalueen, joka kattaa lähes koko Sahavaara-Tapuli alueen.

5 KENTTÄTYÖT

5.1 Yleistä

Kenttätutkimukset toteutettiin marras-joulukuussa 2007. Työ aloitettiin Tapulin alueella, josta siirryttiin Kaunisvaaraan, Sahavaaraan ja edelleen Hannukaiseen. Mahdollisia malmikuljetusreittejä kaivosalueilta mahdollisiin pellettitehtaan sijoituspaikkoihin tarkastellaan lähitulevaisuudessa, kuten asiakkaan kanssa on sovittu.

5.2 Kairauksen ja pohjavesiputkien asennus

Kairaukset

Perustelu ja paikka jokaiselle tutkimuspisteelle on esitetty liitteessä 5. Yksityiskohtaiset tiedot kustakin tutkimuspisteestä on esitetty liitteessä 6. Pohjavesiputkien sijainnit on esitetty kartoissa 9M707011/2.1 ja 2.2.

Tässä tutkimuksessa asennettujen lisäksi on olemassa useita pohjavesiputkia, jotka on äskettäin asentanut Kemijoki Oy, Kuervaaran avolouhoksen ympärille Hannukaisessa. Sijaintitiedot näille putkille on esitetty liitteessä 6.

Sijainnit valittiin siten, että pohjavesitasot ja virtaussuunnat voidaan määrittää luotettavasti. Joissain kohdissa sijoitus mahdollistaa myös pohjaveden gradienttien arvioimisen, joka on hyödyllistä arvioitaessa vedenjohtavuutta ja pohjaveden virtausta

alueella. Useimpien pohjavesiputkien tulee olla sopivia myös tulevaa tarkkailua varten. Koska kaivoksen rakenteilla on taipumus muuttua ajan kuluessa, pohjavesiputkia ei ole sijoitettu suunniteltujen toimintojen välittömään läheisyyteen. Näin voi olla tarpeen lisätä tulevaisuudessa uusia havaintoputkia tarkkailua varten, kun aluesuunnitelmat viimeistellään.

Maaperänäytteenotto ja pohjavesiputkien asennus tehtiin Pöyry Environment Oy:n toimesta keskikokoisella monitoimikairalla, joka käyttää Auger-tekniikkaa. Pohjavesiputki asennettiin jokaiseen tutkimuspisteeseen. Tutkimuspisteet mitattiin x, y ja z:lle (Finnish KKKJ2 grid, N60-korkeusjärjestelmä) Trimble Recon DGPS:n avulla.

Kaiken kaikkiaan 33 pohjavesiputkea asennettiin, joista 20 on Sahavaara-Tapuli alueilla ja 13 Hannukaisessa. Putket asennettiin likimain suunniteltuihin paikkoihin. Pieniä muutoksia tehtiin perustuen kenttähavaintoihin.

Jotta saataisiin tietoa koko maan stratigrafiasta, poraus ulotettiin peruskallioon, mikäli se oli mahdollista ilman kohtuuttomia ponnisteluja. Auger-kairaus mahdollistaa jatkuvan näytteenoton silmämääräiseen tarkastukseen. Jokaiselta tutkimuspisteeltä otettiin näytteet valituista maanäytteistä havaittujen maaperätyyppien mukaan.

Korkealaatuisia PEH- havaintoputkia käytettiin tulevaisuuden pitkän aikavälin tarkkailun mahdollistamiseksi. Havaintoputket tyhjennettiin asentamisen jälkeen. Asennuksen aikana tehtiin havaintoja maaperästä, raekoosta, havaintoputkista jne. kirjattiin kenttämuistiinpanoihin.

5.3 Näytteenotto

5.3.1 Geotekniset ja geokemialliset maanäytteet

Käytettävissä oleva geokemiallinen data on laaja erityisesti Hannukaisen alueelta. Kuitenkin tiedot ovat pääosin peräisin GTK:lta 1970-luvulta. Analyysimenetelmä perustui tuolloin emissiospektrometriään ja on parhaimmillaankin semikvantitatiivinen. Sahavaara-Tapuli alueen viimeaikaiset tutkimukset on suorittanut Anglo American Exploration. Tämän tutkimuksen ongelma se että näytteenotto- ja analyysimenetelmiä ei tunneta tällä hetkellä. Käytettävissä olevat tiedot ovat niin laajat alueellisessa mittakaavassa että lisätutkimusten on keskityttävä pääasiassa suunniteltujen rikastushiekka-alueiden ja sivukiven läjitysalueiden ympärille.

Kaikista kairauspisteistä otettiin näytteet, jotta perusgeotekniset analyysit voidaan tehdä ja lisäksi mahdollistamaan arvio maaperän hydrogeologisista ominaisuuksista (lähinnä hydraulinen johtavuus). Osanäyte geokemiallisiin analyysihin otettiin samasta näytteestä. Maanäytteet on pääosin otettu C-horisontista (muuttumaton pohjamaa). Ylimääräisiä näytteitä otettiin jos havaitut maaperän ominaisuudet vaihtelivat huomattavasti pystysuunnassa. Näyte rapautuneesta kalliosta otettiin, jos tällainen kerros voitiin selvästi tunnistaa. Näytteenotto tehtiin käsin kertakäyttökäsineillä. Näytteet säilöttiin muovipusseihin. A-horisontin näytteitä (pintamaakerroksesta) ei kerätty koska olemassa olevat tiedot sisältävät satoja tällaisia. Yhteenvedo otetuista näytteistä on esitetty liitteessä 7.

5.3.2 Humusnäytteet

Humusnäytteitä ei voitu kerätä koska kenttätyö tehtiin talvella. Näytteenotto kuitenkin toteutetaan ensi kesäkaudella muiden perustilatutkimusten ohella. Koska humusnäytteitä voidaan hyödyntää alueen ilmalaskeuman arvioimisessa, tutkimus liitetään melun, pölyn ja tärinän perustilatutkimukseen. Humuksen lisäksi, näytteenotto suoritetaan myös sammaleelle, antaen lisätietoa laskeumasta. Tarkistettu kenttätyöohjelma esitetään ennen kenttänäytteenoton aloittamista. Tutkimuksessa keskitytään alueille joilla on teollisuushistoriaa: lähinnä Äkäsjokisuussa ja vähemmässä määrin Hannukaisessa.

5.3.3 Pohjavesinäytteet

Pohjavesiputket

Pohjavesipintahavainnot ja kenttämittaukset on esitetty liitteessä 8. Pohjavesipintojen avulla arvioitua valuma-alueita ja virtaussuunnat on esitetty kartoissa 9M707011/2.1 ja 2.2.

Jokaisen havaintoputken pohjavesipinta mitattiin "Dipperillä". Kenttämittaukset tehtiin YSI 600 kannettavalla mittalaitteella seuraaville parametreille:

- lämpötila
- sähkönjohtavuus
- liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus (TDS)
- happi ja hapen kyllästysaste
- pH ja hapetus-pelkistyspotentiaali

Laboratorionäytteenotto tehtiin:

- alkaliniteetti
- pH
- sähkönjohtavuus
- happi
- metallit ja anionit

Näytteet käsiteltiin ja varastoitiin laboratorion antamien ohjeiden mukaan.

Lisäksi pohjavesipinta mitattiin valituilla timanttikairausrei'illä, joiden maaputki voitiin havaita lumen alta.

Kunnalliset ja yksityiset kaivot

Taustatietoja kunnallisilta vesilaitoksilta ei ollut käytettävissä. Kaunisvaaran vesilaitoksesta otettiin näytteitä kenttätyön aikana. Näytteenottoa ei voitu tehdä Sahavaara vanhassa vesilaitoksessa. Äkäsjokisuun ja Kalkkikankaan vesilaitokset tullaan tutkimaan Äkäsjokisuun tutkimusten yhteydessä.

Yksityisten kaivojen likimääräiset sijainnit ovat olleet saatavilla jo ennen tutkimusta. Tässä tutkimuksessa puhelinkysely toteutettiin kotitalouksissa alueella, joilla alustavien tietojen mukaan on kaivot (pääasiassa alueilla, joilla ei ole kunnallista vettä). Kysely keskittyi Sahavaara kylään.

Kyselyaineistoa tarkennettiin kenttätutkimusten aikana. Kotitaloudet, joilla on pysyviä asukkaita, haastateltiin tarkemmin (kaivo-ominaisuudet) ja lisäksi kaivon sijainti mitattiin GPS:llä. Vesinäytteenotto tehtiin valituista kaivoista. Koska suurin osa kaivoista on porakaivoja, pohjavettä ei ollut mahdollista mitata. Mittaukset tehtiin kuilukaivoille (5 kpl). Samoin kenttämittauksia ei voitu tehdä vaan näytteenotto tehtiin vesijohtovedestä. Tulokset kaivokyselystä on esitetty yksityiskohtaisesti liitteessä 9 ja lyhyesti luvuissa 6.1.2 ja 6.2.2.

5.3.4 Tutkimuspistetunnisteet

Tutkimuspisteet koodattiin seuraavan järjestelmän mukaan:

Suuralue	Koodaus
Sahavaara-Tapuli	SP101, SP102, SP103 jne.
Äkäsjokisuu	SP201, SP202, SP203 jne.
Hannukainen	SP301, SP302, SP303 jne.
Putkireitit	SP401, SP402, SP403 jne.

SP viittaa pohjavesiputkeen. Jos kallioon ulottuvia pohjavesiputkia on asennettava tulevaisuudessa koodausta BSP (kalliopohjavesiputki) voidaan käyttää.

Järjestelmä mahdollistaa uusien pisteiden lisäämisen, olemassaolevaan verkkoon, myöhemmin vaatimustenmukaisesti. Näytteenottoa varten pohjavesi- ja maaperänäytteet koodattiin yksinkertaisesti kunkin havaintoputken numerolla. Näytteenottosyvyydet on esitetty maanäytteille (esim. SP201 1,5-2,0 m).

5.4 QA/QC

QA- / QC-järjestelmä on esitetty liitteessä 10.

5.5 Laboratorioanalyysit

Ympäristönäytteet

Alkuperäiset laboratorioanalyysitulosteet on esitetty liitteessä 11.

Valitut maanäytteet (Sahavaara-Tapuli 8 kpl, Hannukainen 4 kpl) analysoitiin taulukon 2 mukaan. Kaikki otetut pohjavesinäytteet (Sahavaara-Tapuli 16 kpl + 9 kaivonäytettä, Hannukainen 11 kpl + 3 kaivonäytettä) analysoitiin, kuten on esitetty taulukossa 2. Alkuaineanalyysit toteutti Suomen Ympäristöpalvelu Oy. Perusvesianalyysit toteutti NabLabs Ympäristöanalytiikka Oy. Molemmat laboratoriot on akkreditoinut FINAS (Suomen kansallinen akkreditointielin): Suomen Ympäristöpalvelu Oy:n todistus SFS-EN ISO T231 ja Nablabs Ympäristöanalytiikka Oy:n SFS-EN ISO 17025 T168.

Pohjavesianalyysit tehtiin suodatetuista näytteistä (0,45 µm), ja analysoitiin yleisesti hyväksytyillä menetelmillä. Tulokset edustavat täten liennuttua fraktiota analysoiduista parametreista. Maaperänäytteet seulottiin <2 mm:n osiin ja uutettiin HNO₃/HCl:ssa. Menetelmä antaa vastaavat tulokset kuin kuningasvesiuutto. Karbonaatit, sulfidit ja fosfaatit liukenevat uutossa. Silikaatit ja oksidit eivät liukene, pois lukien jotkut kationiset alkuaineet.

Taulukko 2. Laboratorioanalyysit

Näyte materiaali	Analyysit	Statement
Maaperä		
Maaperä (C-horisontti vakiona)	Alkuaineanalyysit, HNO ₃ uutto (ICP-OES 27 kpl) Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg ¹ , K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Sn, Ti, V, Zn	Sisältää yleiset geokemialliset alkuaineet joita esiintyy Suomen ja Ruotsin lainsäädännössä saastuneesta maaperästä + niin kutsuttu kaatopaikkakelpoisuus alkuaineet (2003/33/EY)
Pohjavesi²	Lämpötila, pH, sähkönjohtavuus, O ₂ & O ₂ sat, TDS ja kenttä redox	Tärkeitä parametrejä koskien alkuaineiden geokemiallista tilaa ja olomuotoa
	Sähkönjohtavuus, pH, alkaliniteetti (HCO ₃), O ₂	Yleisiä parametrejä
	Alkuaineanalyysit (ICP-OES 27 kpl) Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg ¹ , K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Sn, Ti, V, Zn	Alkuaineet maaperän geokemian mukaan
	F, Cl, SO ₄ , NO ₂ , NO ₃ , Br, PO ₄	Tärkeät anionit, sulfaatti ARD:n indikaattorina, Anionien suhteen muutoksia voi käyttää tarkkailussa
Ylimääräisistä kaivoista	(coli)bakteeri ja E.coli, NH ₄ , COD _{Mn}	Hygieeniset juomaveden indikaattorit
	Haju, läpinäkyvyys, väri	Sama kuin yläpuolella

¹ Hg (FI-CVAAS)

² analyysit tehtiin suodatetuilla (0,45 µm) näytteillä jotta saadaan edustavat liuenneiden alkuaineiden pitoisuudet

Geotekniset näytteet

Raekoko analysoitiin 12 maanäytteestä (Sahavaara-Tapuli 6 kpl ja Hannukainen 6 kpl). Analyysit tehtiin Pöyry Environment Oy:n geotekniikan laboratoriossa. Tulokset on esitetty liitteessä 12.

6 TUTKIMUSTULOKSET

6.1 Sahavaara-Tapuli

6.1.1 Geofysiikka ja siihen liittyvä geologia

Sahavaara-Tapulin kaivokset sijaitsevat metasedimenttikivialueella, joka on osa Pohjois-Ruotsissa sijaitsevaa Keski-Lapin vihreäkivivyöhykettä. Metasedimentteihin kuuluvat myös kvartsiitit, dolomiitit, fylliitit ja liuskeet vihreäkivivyöhykkeen päällä. Sahavaaran magnetiittiesiintymä sijaitsee rakenteellisesti muuttuneilla kivilajialueilla Pajalan hierrosvyöhykkeen sisällä. Tämä merkittävä rakenne jatkuu yli Suomen rajan, jossa myös Hannukaisen kaivos sijaitsee. Lounas-koillissuuntainen päähierrosvyöhykkeellä on poikittaisia länsi-itä tai luode-kaakko suuntaisia siirros- tai hierrosvyöhykkeitä. Pohjois-Ruotsin tektoniset rakenteet hankittiin GIS-muodossa yhdessä litologisen kartta-aineiston kanssa. Yleistetty geologinen kallioperäkartta on esitetty kartassa 9M707011 / 3.

Yleisesti ottaen Tapulin malmi ja sivukivi eivät sisällä sulfideja. Sahavaarassa on sulfideja ja lisäksi sivukivi sisältää myös niitä (esim. jalkapuolen mustaliuskeet). Rapakalliota esiintyy alueella, mutta rapautuminen ei ole edennyt tuottaen hienorakeisia paikallisia sedimenttejä (suullinen tieto Jeff Levelliltä, Northland Exploration Sweden AB 16.10.2007). Merkityksellisempi kallioperän pintaosan vedenjohtavuudelle on rapakallion haurastuminen. Kuitenkin lausunto vähäisestä rapautumisesta pätee myös tähän ilmiöön.

NEF:iltä saadut geofysikaaliset tiedot on esitetty kartoissa 9M707011/4.1 - 4.5. Tulkittu geofysiikka on esitetty kartassa 9M707011/4.6.

Magneettiset (mafiset) ja ei-magneettiset (felsinen tai hydrotermisesti muuttunut) kentät vuorottelevat voimakkaasti kallioperässä Pajala-Kolarin alueella. Korkein magnetisaatio (Kartta 9M707011/4.1) liittyy magnetiittimalmiin ja joihinkin mahdollisiin rikkikiisu- ja magneettikiisumerkkeihin. Taipuisa siirtolinja voi olla (ja on tulkittu) seuraamaan joitakin suuntauksia magneettisissa tuloksissa. Hauraat ja osittain hauraat deformaatiot nähdään epähomogeenisena kaarena ja katkoina laajoissa magnetoituneissa alueissa.

Pohjois-Ruotsin (Norrbotten) tektoniset tiedot on saatu NEF:in digitaalisesta kartasta. Aerogeofysikaaliset tiedot kyseisiltä tektonisilta alueilta, viittaavat siihen, että olevaan tektoniseen tietoon ei vielä sisälly länsiluode-itäkaakko- suuntausta ja mahdollista heikkousvyöhykettä lähellä Sahavaaran ja Tapulin alueita. Tämä suuntaus on sisällytetty alueellisiin tulkintoihin muualla. Jotkut ominaisuudet tässä suuntauksessa voivat edustaa diabaasi-kivilajialuetta.

Magneettiset kokonaiskenttätiedot osoittavat selvän merkittävän siirroksen, joka leikkaa suunniteltua avolouhosta ja sivukiven läjitysalueita Tapulin alueella. On olemassa muita samanlaisia mahdollisia siirroslinjoja, jotka nähdään parhaiten käsitelystä tietoa-aineistosta, esimerkiksi toinen pystysuora derivaatta- komponenttikartasta, joka on esitetty kartassa 9M707011/4.2. Joukko mahdollisia siirroslinjoja vedettiin lähelle alueen toimintoja. Aiemmin tehdyn tektonisen tulkinnan oletettiin pätevän sellaisenaan.

Radiometriset tiedot osoittavat gamma-arvojen heikentymistä turvepeitteisillä, kosteilla maa-alueilla. Nämä sopivat hyvin yhteen Ruotsin alueen maaperäkartan kanssa, ja sitä on myös käytetty täsmällisempään maanpinnanmuotojen määrittelyyn Suomessa. Yhtenä vaihtoehtona on esittää radiometrinen RGB komposiitti (vihreä = kalium, punainen = uraani, sininen = torium), jolloin kirkas vihertävä väri on nähtävissä hiekkamoreenimuodostumissa liitteenä esitetyssä kartassa 9M707011/4.5.

Drumliinit ja muut moreenin maanmuodot ilmaisevat suhteellisen korkeita torium- ja kalium pitoisuuksia. Joitakin fluviaalisia sedimenttejä (hienoaineiset silttiset hiekat) näkyy heikosti punertavana uraania kantavan mineraalin vuoksi (maasälvät, jne). Radonista peräisin oleva punainen väri voidaan joskus havaita alhaisen säteilytason alueiden reunoilla, mikä viittaa mahdollisiin siirroksiin tms. Topografialtaan korkeat ja kallioperän paljastuma-alueet osoittaa korkeampaa säteilymäärää johtuen pienemmästä vaimennuksesta ja ne voivat heijastaa kallioperän mineralogialla eri yhdistelminä U-, Th- ja K-pitoisuuksia.

Sahavaara-Tapuli alueet sijaitsevat korkeammassa moreenimaastossa. Aero EM johtavuustietojen mukaan (kartat 9M707011/4.3- 4,4), suoalueet idässä ja lännessä voivat sisältää paksumpaa maata kallioperän päällä. Jatkossa olisi mahdollista määrittää alueita joilla on paksumpi irtomaata tai jopa laskea arvioita paksuuksista. Timanttikairausreikien maaputkitiedot ja syvyystiedot pohjamoreenin näytteenotosta viittaavat siihen, että maan paksuus vaihtelee melko paljon, paikallisesti 1-2 metristä yli 20 metriin.

Jossain paikoissa tieto heikosta sähköjohtavuudesta (tyypillisimmin Quadrature komponentissa) voidaan yhdistää kallioperässä olevaan heikkousvyöhykkeeseen maapeitteiden alla.

Hyvin tunnistettava piirre alueella ovat erittäin hyvin sähköäjohtavat raidalliset litologiset yksiköt. Nämä ilmeisesti liittyvät metamorfoituneisiin savisiin sedimentteihin (meta-argillitit, -grauvakka, tai grafiittipitoiset savikivet eli "mustaliuskeet") tai joskus karsikivet. Liuskeiden potentiaaliset sijainnit maanpinnalla määritettiin korkealla In-Phase vasteella (>1000 ppm kentillä, >10 000 ppm määritellyillä johtavilla osilla), ja korkeilla in-Phase Quadrature suhteilla > 2 ... 5). Joissakin tapauksissa nämä rakenteet ovat magneettisia, mikä kertoo sulfidien esiintymisestä ja toisaalla taas selvästi ei-magneettista mutta erittäin johtavaa, mikä osoittaa grafiitin esiintymistä. Magnetiittimalmi on yleensä sähköisesti varsin resistiivinen, ellei sulfideja tavata isäntäkivessä.

Hydraulinen virtaus maa- ja kallioperässä voi edesauttaa haitallisten aineiden leviämistä läjitys- tai kaivosalueilta. Monessa vaiheessa deformatunut vyöhyke on potentiaalisin tällainen vettäjohtava rakenne. Murtumien tai siirrosten tunnistaminen auttaa arvioitaessa veden virtausreittejä kalliiossa. Kuitenkaan kaikki tektoniset viittaukset maankuoressa eivät liity kallioperän heikkousvyöhykkeisiin tai vettä johtaviin rakenteisiin. Näitä ominaisuuksia voidaan kartoittaa ilmamagneettikuvauslennoilla ja sähkömagneettisilla tuloksilla. Sähkömagneettiset tiedot antavat myös mahdollisuuden arvioida irtomaan paksuutta.

Radiometriset tiedot tukevat nykyistä maalajikarttaa ja auttavat erottamaan turpeella katetut, paljaat ja maaperäpeitteiset alueet, sekä kentät jotka osoittavat eri raekokoa (hiekkä, savi) ja maaperätyyppien kerrostumia (glasiaalinen, fluviaalinen, lajiteltu, moreeni).

Sähkömagneettiset tiedot osoittavat alueita joilla on paksua irtomaata (virtausreitti pohjavedelle ja mahdollisesti liuenneille aineille) ja mahdolliset peruskallion heikkousalueet (viat, virtaustiet). Hyvin johtavilla alueilla on osoitusta mustaliuske-esiintymistä alueilla, joista yksi on laaja-alue jalkakiven puolella Stora Sahavaaran ja Tapulin suunniteltuja louhosalueita, ja vyöhyke, jolla Stora Sahavaaran louhos sijaitsee. On olemassa mahdollisuus että tällainen alue sisältää myös sulfideja. Jos on olemassa mahdollisuus sisällyttää tällaista jalkakivimaata sivukivimateriaaliin, liukeneva sulfidimassa olisi myös paljaana, tämä olisi säänneltävä mustan liuskeen esiintymän mukaan.

Ilmatiedot ovat antaneet suurenmittakaavan alustavan arvion näistä alueista. Havainnot on tehty 75 metrin (yksityiskohtaiset tiedot Ruotsin alueelta) tai 200 metrin (Suomen kansalliset tiedot) riviväleillä ja niitä tarkastellaan tässä tutkimuksessa kartan muodossa. Jos tarvetta esiintyy myöhemmässä vaiheessa, ominaisuuksia voidaan vahvistaa geologisiin maanpinta- ja poraustutkimuksilla. Myös kohde-asteikolla, tarkempia geofysikaalisia tutkimuksia voidaan tehdä vahvistamaan esimerkiksi maaperän paksuutta ja kallioperän laatua, esim. siirrosvyöhykkeet, hydrologiseen mallintamiseen tai muutosten havaitsemiseksi pohjaveden sähköjohtavuudessa. Ensimmäinen voi käyttää seismisyys, sähkömagneettisuus-, tutka- ja sähkötietoja ja viimeksi mainittu sähköisiä tai sähkömagneettisia kuvatietoja joita saadaan pitkin maanpinnan tasoviivoja. Erityisen hyödyllinen maan geofyysinen linjatieto olisi laajentamaan maaperän paksuustietoja porausreikien ja vesipostien sijainneista ja vahvistamaan alustavaa arviota jakolinjoista joka on peräisin ilmatiedoista.

6.1.2 Pintageologia ja geomorfologia

Rasterikarttoja maaperägeologiasta saatiin NEF:iltä. Perustuen SGU:n maaperäkarttaan (mittakaava 1:100 000), pintamaaperä koostuu pääasiassa turpeesta johtuen suurista soista Sahavaara-Kaunisvaaran kylien ympärillä. Tapulivuoma, Kokkovuoma ja Ahvenvuoma ovat suurimmat näistä soista, rämeitä ja avoimia soita on myös olemassa. Turpeen paksuus Tapulivuoman alueella vaihtelee välillä 0,6-5,0 metriä. Kylät kuitenkin sijaitsevat koholla olevilla moreenialueilla. Kallioperän paljastumat ovat harvinaisia. Lajittuneet sedimentit ovat lähes olemattomia varsinaisella "ydinalueella", mutta suuria harjuja tai suistomuodostelmia on olemassa muutama kilometri länteen, pohjoiseen ja itään suunnitellulta toiminta-alueelta.

Kairausnäytteiden ja pohjamoreenin mallitietojen mukaan paksuimmat maaperämuodostumat näkyvät lähellä suunniteltuja Sahavaaran ja Tapulin avolouhoksia, paksuus on jopa 17 m luoteen puolella Sahavaaran louhosta ja jopa 20 metriä suunnitellun Tapulin louhoksen eteläpuolella. Pintageologia on esitetty kartassa 9M707011/5.1. Tulkittu maakerroksen paksuus on esitetty kartassa 9M707011/6.1 ja Tapulin suon syvyydet kartassa 9M707011/6.3.

Kenttätutkimusten aikana paksuimpia maakerroksia havaittiin Kaunisvaarasta pohjoiseen, paksuudet olivat 13-14,5 m. Keskisyvyys asennetuilla pohjavesiputkilla oli n. 7 m, syvin (SP113) on 13,3 metrissä ja matalin 2,9 metrissä (SP117). Maapeitteen paksuus vaihtelee likimain samassa mittakaavassa kuin pohjavesiputkien asennussyvyys, koska asennus tehtiin kallion pintaan jos vain mahdollista. Tutkimusten perusteella vallitseva maalaji alueella on silttinen hiekkamoreeni (siHkMr) suomalaisella geotekniikan maaperäluokittelun mukaisesti. Paikoin hiekkaa (hiekkasilttinen hiekka) havaittiin lähinnä ylemmissä kerroksissa. Rapautunutta kalliota havaittiin vain yhdessä paikassa Kaunisvaaran koillispuolella (SP112).

Alueellisen mittakaavan siirros- ja hierrosvyöhykkeen linjat on raportoitu Pohjois-Norrbottenin läänin kartassa Ruotsin Geologian tutkimuskeskuksen toimesta, sisältäen geologiset, maantieteelliset ja geofysikaaliset aineistot. Sahavaaran-Tapulín alueella erilaiset suuntaukset on muuten hyvin katettu, mutta koillis-kaakko suuntainen mahdollinen murtumalinjasuuntaus on vielä selvempi viimeisimmässä aerogeofysiikalisessa magneettisessa kartassa. Näiden keskeisiä päärakenteita leikkaavien rakenteiden päämerkitys on, että ne voivat potentiaalisesti lisätä avolouhoksen kuivatustarvetta, vaikuttaa louhosseinämien stabiliteettiin ja mahdollistavat ehkä haitta-ainevirtaukset kaivannaisjätteiden läjitysalueilta. Tarkempaa tutkimusta maaperän paksuudesta ja kallioperän rakenneominaisuuksista suositellaan avolouhosten ja läjitysalueiden ympärille poissulkemaan tai määrittelemään tällaiset ilmiöt. Tarkemmassa hydrologisessa mallinnuksessa voitaisiin parhaiten hyödyntää nykyisiä pohjavesiputki- ja kairanreikätietoja, jota voitaisiin tukea maanpinta geofysikaalisilla linjoilla (seismiset, joissakin tapauksissa maatutkaluotaukset ja pystysuora sähköinen kuvaus), joista saadaan lisätietoa maakerrosten paksuudesta, pohjavedestä ja kallioperän heikkousominaisuuksista.

Oikein tulkittuna maatutkaus olisi nopein menetelmä seurata pohjaveden tasoa matalilla maaperäsyvyyksillä. Seismiset ja sähköiset menetelmät toimisivat kallioperän laadun arvioinnissa. Alueilla joilla on paksu maapeitekerros (> 10-20 m), seisminen refraktio- tai pintaheijastusluotaus ovat ainoat luotettavat tavat arvioida mahdollisen siirroksen olemassaoloa. Koska tällaiset tutkimukset ovat melko kalliita, tutkimusten oikea kohdentaminen on tärkeää.

6.1.3 Maaperän geokemia

Yleinen tausta

1970-luvusta lähtien pohjajamorenin geokemiaa, pintamaata, puosedimenttejä, humusta, valuma-alueen sedimenttejä ja turvetta on tutkittu Sahavaara-Tapulín kaivosalueella SGU/LKAB:n ja Anglo American Exploration Geochemical Surveys:n toimesta (mm. Bergström 1973, Magnusson 1984, Rönkkö 1985, Van der Stijl 2004, 2005a, 2005b)

Myös useita laajoja kansainvälisiä geokemiallisia kartoitusohjelmia on käytettävissä perustilantutkimuksien ja tulosten tulkintaan Sahavaara kaivoksen osalta (esim. Bölviken et al. 1986, Reiman et al. 2003, ja De Vos & Tarvainen 2007). Geokemiallisia näytteitä otetaan eri syvyyksistä riippuen maapeitteen paksuudesta ja tutkimustarkoituksesta.

Rautapitoisuus on tutkitun malmityypin vuoksi erityisen kiinnostava. Sen lisäksi Cu ja Ni- esiintymät liittyvät raudan esiintymiseen. Nikkeli ja rikki edustavat myös ympäristön kannalta tärkeitä alkuaineita, viimeksi mainittu osoittaa sulfidi-pitoisuuksia maaperässä.

Anglo American- yhtiöltä saatuja laajoja taustatietoaineistoja moreenin geokemiasta ei tässä vaiheessa käytetty, sillä tiedoissa on epävarmuutta mm. käytettyjen analyysimenetelmien suhteen.

Perustilan tutkimusnäytteet

Syksyllä 2007 yhteensä 8 näytettä analysoitiin Sahavaara-Tapuli alueelta. Näytteistä kuusi edustaa muuttumattomia moreeniesiintymiä 2-3 m syvyydestä (C-horisontti). Kaksi näytettä otettiin syvemmistä maakerroksista (SP112 9,5-10 m; SP120 12-13 m): näiden näytteiden maaperä edustaa suurempaa hydraulista johtavuutta kuin ylemmät maakerrokset. Nämä tutkimuspisteet sijaitsivat ”alavirran” puolella alustavasti suunnitelluista rikastushiekan ja Tapulin sivukiven läjitysalueesta. Vettäjohtava maakerros on luultavasti pohjavesivirtauksen kannalta merkitsevä näillä alueilla.

Näytteistä analysoitiin 27 keskeistä alkuainetta. Saatujen tulosten alkuainepitoisuudet ovat pääosin tyypillisiä taustapitoisuuksilla tälle alueelle (ks. viittaukset jotka on esitetty edellä). Selvästi korkeampi Co (20 ppm, Cr (120 ppm), Ni (90 ppm) ja Fe (3,1%) pitoisuuksia havaitaan SP117:ssä (2,5-3 m) lähellä Tapulin kaivosta. Myös tällä alueella Fe-pitoisuus on selvästi korkeampi (2,5%) kuin muilla alueilla. Rautapitoisuus vaihteli välillä 0,9-3,1%. rikkipitoisuus vaihteli välillä 20 - 1 120 ppm. Rikkipitoisuus on suurin SP112:lla (1120 ppm) 9,5-10 metrin syvyydessä ja se edustaa rapautunutta kallioperää. Myös SP108:lta löytyy korkeampia rikkipitoisuuksia (700 ppm) kuin muilla alueilla. Mikään näytteistä ei ylittänyt raja-arvoja jotka on esitetty Naturvårdsverket raportissa 4918.

Geokemialliset maaperäkartat (C-horisontti) Cr, Fe, Ni ja S:lle on esitetty kartassa 9M707011/7.1 ... 7.4. Tuloksien luokittelut perustuvat tilastoihin mm. min, max ja mediaani. Yhteenvetoanalyysin tuloksista on esitetty liitteessä 7 ja alkuperäisen analyysitulokset liitteessä 11.

6.1.4 Hydrogeologia ja talousvesikäyttö

Pohjavesialueet

Yleisten geologisten olosuhteiden takia pohjaveden muodostuminen ja virtausolosuhteet maaperässä ovat varsin heikot. Moreenimaaperät mahdollistavat yleensä pienen mittakaavan pohjaveden käytön esimerkiksi yksityisten kaivojen muodossa.

SGU:n ja Norrbotten länsstyrelsen tietojen mukaan luokiteltuja pohjavesialueita ei ole hankealueella. Lähimmät tällaiset alueet sijaitsivat 2-3 km itään (Alaniemenkangas) ja länteen (Haumajakangas) Sahavaara-Kaunisvaaran alueella. Molemmat pohjavesialueet SGU on luokitellut 2B1:ksi (suullinen tieto Jenny McCarthy, 3.10.2007). Pohjois-Tapulin glasifluviaalinen harjumuodostumat (ei luokiteltu) kulkevat luode-kaakko suunnassa. Se sijaitsee Aareajoen pohjoispuolella ja sillä ei ole hydrologista yhteyttä

Tapulin alueeseen. Mitään näistä esiintymistä ei hyödynnetä talousvesikäytössä, koska kunnan kallioperäkaivot ja yksityiset kaivot ovat käytössä.

Pohjavesipinnat ja pohjaveden virtaus

Asennetuista pohjaveden havaintoputkista mitattiin pohjaveden syvyys. Lisäksi noin 20 timanttikairausreikää, joiden maaputki oli löydettävissä, todettiin vesipintamittausten kannalta hyödyntämiskelpoiseksi (ks. liite 8.1). Putkien sijainti on esitetty kartassa 9M707011/2.1.

Tapulissa, joka sijaitsee suoalueella, pohjaveden pinta on hyvin lähellä maanpintaa. Moreenialueilla pohjavesi on yleensä 1-3 m syvyydessä, mutta vaihtelee topografialtaan korkeammilla alueilla. Esimerkiksi Sahavaaran koelouhoksessa pohjaveden pinta on 10 m syvyydessä ja seuraa topografiaa. Näytteenottoajankohtana muutamien havaintoputkien todettiin olevan kuivia. Mittaukset toistetaan talvella ja uudelleen keväällä lumensulamisen aikana (vuotuinen pohjaveden enimmäistaso). Arvioidaa, että pohjavesi nousee näihin kuiviin havaintoputkiin keväällä.

Yksityisten kaivojen pohjavesitasoa on mahdollista mitata vain kaivetuista kuilukaivoista. Pohjaveden pinta vaihteli n. 2-5 m maaperän pinnasta. Porakaivot ovat yleensä melko syviä (yleensä 40 ... 70 metristä 180 metriin). Vaikka porakaivojen osalta usein yliarvioidaan tarvittava syvyys riittävän antoisuuden varmistamiseksi, tämä voi heijastaa sitä että kallioperän hydraulinen johtavuus voi myös olla melko alhainen. Todellista tietoa maaperän ja kallioperän hydraulisesta johtavuudesta ei ole käytettävissä tällä hetkellä mutta pääasiallinen vedenjohtavuus keskittyy maakerrokseen. Yleensä vedenjohtavuus kallioperän pintaosissa on korkeimmillaan ensimmäiset 0-50 m keskittyen kapeisiin pinnan rapautumiin ja heikkousvyöhykkeisiin. Ehdotamme, että rajoitettu määrä esim. pumppaus- tai painekokeita tehtäisiin porakaivoihin tai kairausreikiin. Vedenjohtavuus voitaisiin tulkita vesipinnan palautumisnopeudesta.

Pohjaveden virtaussuunta on periaatteessa melko hyvin tiedossa. Tulkitut pinnanläheiset virtaussuunnat ja valuma-alueet näkyvät kartalla 9M707011/2.1. Pohjavesiputkien sijaintipaikoissa voidaan arvioida pohjaveden gradientteja. Mitattujen pohjavesitasojen perusteella gradientti on melko korkealla, vaihdellen välillä 0,008 (SP107/108) ja 0,03 (SP110/112), mikä edelleen tukee käsitystä heikosta hydraulisesta johtavuudesta.

Kaivot

Kunnan vanha talousvesiporakaivo sijaitsee Sahavaarassa koulun pihalla. Kaivo on nykyään varakaivona ja siitä ei ollut mahdollista ottaa näytettä. Nykyinen kunnallinen kaivo sijaitsee Kaunisvaarassa (porakaivo). Vettä jaetaan sieltä myös Sahavaaran alueelle. Kaunisvaaran vesilaitos palvelee noin 35–40 kotitaloutta (84 henkilöä) yksin Kaunisvaarassa. Sen lisäksi Sahavaarassa on 10–15 kotitaloutta jota laitos palvelee. Nykyinen väkiluku Sahavaarassa on noin 80 henkilöä. Veden otto Kaunisvaaran kunnan kaivosta on noin $20 \text{ m}^3 / \text{d}$, vaikka tuotto on $50 \text{ m}^3 / \text{d}$ (suullinen tieto Östen Mellalta, Pajalan kunta, 2.10.2007).

Sahavaara alueella on noin 30 yksityistä kaivoa (aktiivisessa käytössä). Kotitaloudet, jotka sijaitsevat Sahavaaran eteläpuolella, käyttävät yksityisiä kaivoja ja kotitaloudet

itäpuolella on liitetty kunnalliseen vesi- ja viemärijärjestelmään. Yhteenvedo ja tiedot kaivoista esitetään liitteessä 9.1 ja kaivojen tietosivut liitteessä 9.2. Kaivojen sijainnit on esitetty kartassa 9M707011/2.1. Useimmat kaivot on porattu kallioon. Vain 5 perinteistä kuilukaivoa löydettiin tutkimuksessa. Lisäksi monet kotitaloudet ovat muuttaneet kuilukaivot porakaivoiksi heikon vedensaannin takia. Kotitaloudet joissa tukeudutaan yksityisiin kaivoihin käsittelevät jätevetensä sakokaivoissa (2/3-osaisia), jotka säännöllisesti tyhjennetään kiintoaineesta. Käsitelty vesi johdetaan oletettavasti ojiin ja / tai imeytyskentille. Tätä ei voitu kuitenkaan vahvistaa ihmisten haastatteluissa.

Pohjaveden laatu

Veden laatu havaintoputkissa oli yleisesti melko hyvä. PH- ja alkaliniteettitasot pohjavedessä ovat varsin alhaiset, mikä on tyypillistä Suomen ja Ruotsin geologisissa ympäristöissä. Kahdessa havaintoputkessa pH-arvo oli > 7 (SP116 ja SP117) ja kahdessa < 5 (SP106 ja SP115). Yleensä pH-arvot olivat neutraaleja tai lievästi happamia. Rautapitoisuudet olivat $> 2 \text{ mg / l}$ kahdessa havaintoputkessa. Yleensä rautapitoisuudet olivat normaalilla tasolla: alhaisimmat arvot olivat kaivoista jotka sijaitsevat Kaunisvaarassa. Happipitoisuus oli melko alhainen muutamassa havaintoputkessa. Sähkönjohtavuusarvot olivat $< 50 \text{ mS/cm}$, ja sulfaattipitoisuus $< 50 \text{ mg / l}$ kaikissa havaintoputkissa ja osoittavat samanlaista jakaantumakuviota. Sähkönjohtavuus vastaa todettuja arvoja muualla Norrbottenin alueella (Aneblom ym. 2005).

Muutoin vedenlaatu analysoitujen parametrien osalta täytti useimmiten juomaveden laatuvaatimukset, jotka esitetään SOSFS 2005:20- normissa. Joissakin havaintoputkissa alumiinin ja raudan pitoisuudet ylittävät annetun arvon. Raskasmetallipitoisuudet ovat yleensä hyvin pieniä tai alle määrittäysrajan. Muiden aineiden pitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin muualla Norrbottenissa.

Hygieeninen vedenlaatu kaivoista ja vesilaitoksista oli hyvä. Bakteereja ei havaittu näytteissä. Vain sameus oli hieman korkea kahdessa yksityiskaivonäytteessä (Kau10 ja Kau312) ylittäen asetetun raja-arvon. Havaitut COD_{Mn} -arvot olivat alle määrittäysrajan osoittaen, ettei pintavesi pääsee kaivoihin. Havaitut NH_4 -arvot olivat melko alhaiset ja osoittavat, että jätevesi ei ole saastuttanut pohjavettä. PH-taso ja alkaliniteetti olivat melko alhaiset kuten pohjavesinäytteissä. Sähkönjohtavuus oli normaalilla tasolla. Myös happipitoisuudet juomavedessä olivat enimmäkseen korkeat, kuten talousvedessä suositellaan. On huomionarvoista, että useissa kotitalouksissa juomavesi käsitellään hydroforilla, jota yleisesti käytetään rikkivedyn hajun poistamiseksi. Tämä aine on melko yleinen kallioperäkaivojen vedessä alueilla joilla on sulfidipitoinen kallioperä.

Havaitut alkuainepitoisuudet olivat pääasiassa alle määrittäysrajan. Kuparin pitoisuus oli hieman koholla näytteissä Kau237, Kau253 ja Kau324). NO_3 -pitoisuus oli varsin korkea näytteessä Kau312 ($39,3 \text{ mg / l}$), mutta ei kuitenkaan ylittänyt asetettua raja-arvoa.

Pohjaveden geokemia pH, EC, Fe ja SO_4 - pitoisuuksille on esitetty Kartoissa 9M707011/8.1 ... 8.4. Analyysitulokset on esitetty liitteessä 8.2 ja alkuperäiset analyysitulokset liitteessä 11.

6.1.5 Keskeiset havainnot

Seuraavat keskeiset havainnot voidaan tiivistää edellisestä tekstistä:

- Hydraulinen johtavuus irtomaaperän alueella ei ole kovin hyvä. Tästä kertovat alueella havaitut maaperän raekoon jakautumat ja pohjaveden gradientit.
- Moreenikerros (kerrokset) ovat melko paksuja paikoittain ja pohjavesitaso syvällä paikoissa joissa on korkeampi topografia ja paksu maapeite.
- Yleensäottaen pohjaveden laatu on hyvä.
- Pohjavettä käytetään talousvetenä alueella. Sahavaaran alueella on useita yksityisiä kaivoja aktiivisessa käytössä. Lisäksi kunnallinen vesilaitos sijaitsee Kaunisvaarassa.
- Huono pohjaveden antoisuus näkyy monissa kotitalouksissa, joten vanhat kuilukaivot on muutettu myöhemmin porakaivoiksi.
- Porakaivot ovat usein syviä, joka voi viitata huonoon antoisuuteen ja edelleen alhaiseen vedenjohtavuuteen kalliossa. Tästä huolimatta olisi hyödyllistä vahvistaa tämä vedenjohtavuus mittauksin. On muistettava, että veden virtaus on keskittynyt kallion heikkousvyöhykkeisiin.

6.2 Hannukainen

6.2.1 Geofysiikka ja siihen liittyvät geologia

Hannukaisen kaivos sijaitsee Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä, joka sisältää erilaisia vulkaanisia mafisia ja ultramafisia kiviä. Vihreäkivien seassa on pienempiä määriä intermediäärisiä ja silikaattisia vulkaanisia kiviä. Yleinen geologinen kallioperäkarta on esitetty kartassa 9M707011/3. Geofysikaaliset tiedot jotka on saatu NEF:ltä, on esitetty kartassa 9M707011/4.1 - 4.5. Tulkittu geofysiikka on esitetty kartassa 9M707011/4.6.

Hannukainen, ja suunniteltu magnetiittirikasteen kuljetusreitti kohti Äkäsjokisuuta, sisältyvät GTK:n kansalliseen geofysikaalisten tutkimusten matalalentoaineistoon. Johtavat kallioperäanomaliat (karsi- tai mustaliuskeissa) ovat selvästi heikompia, sijoittuvat syvemmälle tai ovat vähemmän paksuja tai johtavat vähemmän sähköä Hannukaisen kohdalla kuin Ruotsin puolella. Magneettiset kivilajikentät ulottuvat alueelle, mutta ovat vääristyneitä ja katkonaisia pitkin linjaa. Sahavaara, Äkäsjokisuu, Äkäsjokilaakso ja Hannukainen, kuuluvat samaan jatkuvaan Äkäsjoen hierrosvyöhykkeeseen.

Suunnitellut avolouhos ja sivukiven läjitysalueet sijaitsevat Äkäsjoen hierrosvyöhykkeen ja Hannukaisen siirroksen risteyskohdassa. Muita, enemmän paikallisia heikkousvyöhykkeitä voidaan nähdä magneettisuuskartassa (9M707011/4.1 - 4,2).

Timanttikairausreikien syvyystiedot osoittavat paksumpia maaesiintymiä lähellä Hannukaisen aluetta (läheisten moreenimäkien alla), ja pitkin Äkäsjokilaaksoa. Matalalentomittauksen kvadratuuritiedot (9M707011/4.4) ilmaisevat joitakin kapeita, pitkänomaisia ominaisuuksia, mikä voi tarkoittaa paksumpia maapeitteitä tai kallioperän heikkousvyöhykkeitä. Äkäsjokisuuta kohden sähkönjohtavuus ja ilmeisesti maakerroksen paksuus laaksoissa kasvavat.

Vaara-alueet molemmin puolin Äkäsjokilaaksoa osoittavat spektrigamman litologista luonnetta. Kalium-komponentti osoittaa jäätikkö- tai jokihiekan esiintymistä pinnalla.

Sulfidiesiintymät Kuervaarassa ja Laurinojassa vaikuttavat selvästi pohjaveden laatuun (SO_4 ja sähkönjohtavuus). Tätä tukee matalalentomittauksista saadut sähkömagneettisen johtavuuden poikkeamat Hannukaisen alueella. Poikkeamia voidaan käyttää arvioimaan alueita joiden pitoisuudet ovat luonnollisesti korkeita sekä tunnistamaan mahdollisesti muita vastaavia alueita.

6.2.2 Pintageologia ja geomorfologia

Hannukaisen alue on kartoitettu Geologian tutkimuskeskuksen toimesta, mittakaavassa 1:20 000. Näin tiedot ovat paljon yksityiskohtaisempia kuin muilla tutkimusalueilla. Kartta kuitenkin perustuu julkaisemattomiin puutteellisiin tietoihin, ja siksi ei ole yhtä luotettava kuin tavanomaiset GTK:n julkaisemat maaperäkartat. Hannukaisen alueen ulkopuolella maaperätiedot perustuvat 1:400 000 kartoitukseen ja niiden merkitys hankkeen kannalta on vähäinen. Koska käytettävissä olevien karttatietojen laatu todettiin riittämättömäksi, maaperäkarttaa on tarkistettu käyttäen apuna saatavilla olevia satelliittikuvia ja geofysikaalisia tietoja. Menetelmät on esitelty yksityiskohtaisesti liitteessä 13. Lisäksi tarkistettu kartta on integroitu olemassa oleviin ruotsalaisiin maaperäkarttoihin, jotta saadaan kattava yleiskuva maaperäolosuhteista koko alueella. Integroitu maaperäkartta on esitetty liitteessä 9M707011/5.1.

Alueen maaperä koostuu lähinnä moreenista. Alueen moreeni koostuu pintamoreenista ja sen alla olevat kerrokset koostuvat pohjamoreenista, joka peittää kallioperää. Moreenin paksuus vaihtelee jopa 20 m eri paikoissa (esim. suunnitellulla sivukiven läjitysalueella). Louhoksella irtomaan paksuus on pääosin pienempi mutta saavuttaa samanlaiset syvyydet joissain paikoissa. Kenttähavaintoihin perustuen maaperä on pääosin hiekkaista moreenia. Hiekka- tai soraesiintymiä esiintyy monin paikoin alueella esim. avolouhoksen ympärillä.

Useat alueet suoraan pohjoiseen Laurinojan louhoksesta ovat turpeen peitossa, Lamunjänkä ja Laukupuolijänkä. Pohjoisempana sijaitsevat Kirstinkuusikkon ja Kuervitikkon turvemaat. Turve koostuu pääasiassa Carex-turpeesta.

Glasifluvialaisia harjumuodostelmia on etelään Äkäsjokilaaksosta ja Valkeajokilaaksosta sekä länteen kaivoksen alueelta. Harjut koostuvat pääosin hiekasta (hienosta karkeaan), mutta sisältävät soraisia osia erityisesti Valkeajokilaaksossa. Harjut ovat osa pidempää harjuketjua, joka kulkee idässä kohti Luosua ja Ylläsjärveä. Luoteessa harjumuodostumat jatkuvat Pakasaivossa ja jatkuvat Pohjois-Lappiin Kangosjärven-Kätkäsuvannon-Piippokankaan ja Nunnasen kautta. Jokiesiintymiä tavataan myös jokilaaksoissa.

Itämeren (Ancylus Lake) ylin rantaviiva ylsi niukasti Hannukaisen alueelle. Kuitenkin viimeisimmän mannerjäätikön sulamisvaiheessa Äkäslompolon ja Muonion jääjärvet

kattoivat laajoja alueita nykyisen Kolarin alueella, joka vaikuttaa osittain lajittuneiden sedimenttien muodostumiseen. Alue sijaitsee kuitenkin pääosin supra-akvaattisella alueella. Näin hienorakeiset sedimentit (savi ja siltti) ovat harvinaisia alueella.

Alueella ei ole merkittäviä moreenimuodostumia kuten monilla muilla alueilla Lapissa. Tyypillisenä Keski-Lapin erikoispiirteenä on kallion rapautuminen maaperäkerrostumien alapuolella. Tyypillisesti rapautunut kallio saavuttaa muutaman metrin syvyyden, mutta voi ulottua paljon syvemmälle paikoittain. Rapautuneen kerroksen paksuus voidaan tutkia paikallisesti seismisyyttä mittaamalla, jos se katsotaan aiheelliseksi. Tietojen, jotka saatiin Jari Yliseltä (NEF, 16.10.2007), mukaan rapakallio on melko harvinaista Hannukaisen alueella. Vain Kuervaaran avolouhoksen pohjoispuolella on tehty tällaisia havaintoja laajemmassa mittakaavassa.

Siirroslinjoja on raportoitu GTK:n tektonisten esiintymien kartassa. Hannukaisen alueella erilaiset suuntaukset on kirjattu melko hyvin, joskin yhdistäen paljastumatiedot, topografiset ominaisuudet ja eri indikaatiot geofysikaalisista tiedoista (magneettinen, sähkömagneettinen), vielä enemmän paikallisia rakenteita voitaisiin havaita. Näiden merkityksellisyyttä korostaa louhoksen stabiliteetti ja mahdollisten haitta-aineiden leviäminen läjitysalueilta tai louhoksesta. Tarkempi tutkimus maaperän ominaisuuksista on suositeltavaa louhoksen ja läjitysalueiden ympäristöön, jotta nämä ilmiöt voidaan sulkea pois tai määritellä tarkemmin.

6.2.3 Maaperän geokemia

Yleinen tausta

Vihreäkivialueella moreeni on rikastunut alkuaineista kuten Al, Au, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Sc, Ti- ja V, jotka ovat tyypillisiä mafisissa kivissä (Koljonen ym. 1992). Vihreäkivialueen omaleimaisuus on sen sijainti jäänjakaja-alueella, jossa moreeni sisältää runsaasti materiaaleja sedimenteistä ja paikanpäällistä (in-situ) rapautunutta kiviainesta, joka on muodostunut ennen viime jääkautta. Vihreäkivivyö sisältää luonnostaan korkeita pitoisuuksia raskasmetalleja, jotka ovat joissakin tapauksissa helposti liukenevia (Koljonen ym. 1992).

Pohjamoreenin, pintamaan, humuksen, purosedimenttien, purojen vesien, turpeen ja tulvasedimenttien biokemiaa on intensiivisesti tutkittu useissa suomalaisissa (Koljonen ym. 1992, Lahermo ym. 1996, Salminen 1995) ja kansainvälisissä kartoitusohjelmissa (Bölviken ym. 1986, Reiman ym. 2003, Salminen ym. 1998, Salminen ym. 2005, Vos & Tarvainen 2007).

Hannukaisen esiintymät ovat Pajalan hierrosvyöhykkeen isäntäkivistä, ja ne kuuluvat rautaoksidi-kupari-kulta (IOCG) luokan mineraaliesiintymiin. Tulokset Hannukaisen esiintymistä on esitetty eri julkaisuissa (Hiltunen 1982, Eilu 1993, 1994, 2005 Frietsch ym. 1997, 1998, Lehtonen ym. 1992, Niiranen, 2005A, 2005B Niiranen ym. 2006a, Niiranen, T. & Stryhas, B. 2006).

GTK on tehnyt yksityiskohtaisia moreenin geokemiallisia tutkimuksia Hannukaisen kaivosalueella 1970-luvulla käyttäen emissiospektroskopian menetelmää, eli semi-kvantitatiivisia tuloksia. Kuitenkin huolimatta analyysimenetelmien eroista, tulokset vastaavat melko hyvin myöhempiä tutkimuksia (Koljonen yms. 1992).

Interpoloidut kartat näistä GTK: n tuloksista joissa analysoitiin 828 näytettä 60-150 cm syvyyksistä, on esitetty kartoissa 9M70711/9.5 ja 9,6. Saatujen tulosten mukaan runsaimmat rautapitoisuudet ovat Ylläsjokisuu-Äkäsjokisuu-Rautuvaara-Hannukainen alueilla. Ni- pitoisuudet ovat suurimmillaan (> 80 mg / kg) Ylläsjokisuu-Saaripudas-Rautuvaara alueilla. Äkäsjokisussau Ni- pitoisuudet ovat alhaiset, mutta korkeat luoteeseen Äkäsjokisuusta. Myös Rautuvaaran pitoisuudet ovat pienet, mutta korkeat Idässä. Hannukaisessa Ni-pitoisuudet ovat matalat (<50 mg / kg).

Perustilatutkimusnäytteet

Neljä moreeninäyttettä otettiin ja analysoitiin Hannukaisen alueelta. Kaikki näytteet edustavat yläosaa moreeniesiintymästä 1,5-5 m syvyyksissä (C-horisontti).

Kaikki näytteet analysoitiin 27 keskeisen alkuaineen osalta. Saatujen tulosten pitoisuudet ovat taustatasolla, tyypillisiä tälle alueelle (esim. Koljonen ym. 1992). Havaitut rautapitoisuudet vaihtelivat välillä 0,6-2,3%. Korkeimmat Fe (2,3%), Cr (43 ppm) ja Ni (16 ppm) pitoisuudet löytyvät SP316:ltä lähellä Kivivuopionojaa. Rikkipitoisuus vaihteli välillä 21-77 ppm. Suurin S-pitoisuus on SP304 (41 ppm) sijaiten Hannukaisen kaivoksen alueella. Yksikään näytteistä ei ylittänyt raja-arvoja jotka on esitetty valtioneuvoston päätöksessä 214/2007.

Geokemialliset maaperäkartat (C-horisontti) esitetään kartoissa 9M707011/9.1 ... 9.4. Luokittelutulokset perustuvat tilastoihin mm. min, max ja mediaani. Yhteenvedo analyysituloksista on esitetty liitteessä 7 ja alkuperäiset analyysit liitteessä 11.

6.2.4 Hydrogeologia ja talousveden käyttö

Pohjavesialueet

Hannukaisen alueella maaperä koostuu pääosin hiekkaisesta moreenista, jolla on kohtalainen hydraulinen johtavuus. Silti olosuhteet eivät suosi pohjaveden muodostumista tai virtausta, paitsi alueilla, joilla on merkittäviä lajittuneita sedimenttiesiintymiä (hiekkia ja sora).

Hannukaisen kaivosalueen välittömässä läheisyydessä on kaksi III- luokan pohjavesialuetta: Kuervaara (12273123) ja Kivivuopionvaara (12273124). Pohjavesiesiintymiä ei hyödynnetä talousvesikäytössä. Kuervaaran pohjavesialue ulottuu osittain nykyisen Kuervaaran avolouhoksen alueelle. Kivivuopionvaaran pohjavesialue sijaitsee osittain suunnitellun Hannukaisen avolouhoksen alueella. Louhinnan näkökulmasta erittäin tärkeää näille pohjavesimuodostumille on niiden vaikutus avolouhon kuivatuksen kannalta. Vielä lännempänä sijaitsee Kivivuopionvaara 12273125 pohjavesialue (luokka III), Valkeajoen ja Kivivuopionojan puron välissä. Kivivuopionojan lähteet sijaitsevat suunnitellun rikastuhiekan läjitysalueen kohdalla Kirstinkuusikon suoalueella. Mainittujen pohjavesialueiden rajat näkyvät kartassa 9M707011/2.2.

Useita toiminnassa olevia kaivoja sijaitsee Äkäslompolossa ja Ylläsjärvellä mutta mikään niistä ei ole lähellä Hannukaista. Lähin kaivokenttä (Revonkanto-oja) sijaitsee pohjoisessa Kuertunturin rinteessä, noin 5 km päässä Hannukaisesta. Lähellä Aavahelukan lentokenttää sijaitsee potentiaalinen kaivokenttä. Aavahelukka sijaitsee

Kuerjoen pohjoispuolella, noin 2,5 kilometrin päässä Hannukaisesta. Aavahelukan ja Hannukaisen alueilla ei ole hydrologista yhteyttä johtuen välissä olevasta Äkäsjokesta.

Pohjavesipinnat ja pohjaveden virtaus

Asennetuista pohjaveden havaintoputkista mitattiin pohjaveden syvyys. Lisäksi todettiin neljän timanttikairanreiän soveltuvan pohjavesipinnan mittauksiin (ks. liite 8.1). Pohjavedenpinta sijaitsee yleensä 1,5- 3,5 m maanpinnasta, mutta paikoitellen todettiin myös syvempiä vesipinnan tasoja (> 6 m). Syvimvät vesipinnat (> 10 m) todettiin avolouhosalueilla. Avolouhokset ovat täyttyneet vedellä mutta niiden vesipintoja ei mitattu. Louhosten vesipinta on kuitenkin > 10 m maanpinnasta. Myös arteesista pohjavettä havaittiin timanttikairausrei'issä LAU-256 ja 257 länteen Laurinojan avolouhoksesta.

Pohjaveden virtaussuunta alueella tunnetaan melko hyvin. Tulkitut virtaussuunnat ja valuma-alueet näkyvät kartassa 9M707011/2.2. Joissain paikoissa pohjavesiputkien sijainnit mahdollistavat pohjaveden gradientin arvioinnin. Mitatun pohjavesitason pohjalla gradientti on melko korkea, ja se vaihtelee välillä 0,008 (SP316/308) ja 0,027 (SP306/303), mikä on lisäosoitus rajallisesta hydraulisesta johtavuudesta.

Alueen kallioperän vedenjohtavuutta, liittyen mahdolliseen louhoksen kuivanapitopumppaukseen, voidaan arvioida louhoksen vesipinnan tason kehityksestä ja pumppausmääristä. Arviointia tukemaan voidaan myöhemmin suorittaa koepumppauksia ja painekokeita soveltuvista geoteknisistä kairanrei'istä.

Kaivot

Hannukaisen alue kuuluu Ylläksen Yhdyskuntateknisen Huolto Oy:n vesi- ja jätevesi verkostoon. Kyseinen organisaatio huolehtii vesihuollosta Ylläsjärven ja Äkäslompolon kylissä sekä lähialueilla ja niiden välillä. Jätevesiverkosto kulkee Äkäslompolosta ja Ylläsjärvestä Rautuvaaraan, jossa sijaitsee jätevedenpuhdistamo. Juomavesi- ja jätevesiverkko ei ulotu alempaan Äkäsjokilaaksoon. Eteläisimmät kotitaloudet jotka ovat liittyneet verkkoon sijaitsevat tien 940 (Äkäslompoloon) ja tien 9040 risteyksessä (Luosuun-Ylläsjärvelle). Verkostosta huolimatta alueella on joitakin yksityisiä kaivoja (4 kpl). Kolmesta kaivosta otettiin näyte. Kaikki kaivot ovat porakaivoja. Muita kaivoja saattaa olla alueella esim. liittyen mökkeihin ja muihin vapaa-ajan rakennuksiin. Yhteenvedo ja tiedot on esitetty liitteessä 9.1 ja kaivojen tiedot liitteessä 9.2. Kaivojen sijainnit on esitetty kartassa 9M707011/2.2.

Pohjaveden laatu

Veden laatu havaintoputkissa on yleisesti melko hyvä. PH- arvot olivat yleensä hieman happamat (pH 5-6) vain yhdessä havaintoputkessa pH oli <5 (SP311). PH ja alkaliniteettitasot pohjavedessä ovat melko alhaiset, joka on tyypillistä suomalaisessa ja ruotsalaisessa geologisessa ympäristössä. Happipitoisuus on melko alhainen useimmissa havaintoputkissa. Sähkönjohtavuus oli suurin Hannukaisen alueesta koilliseen, lähellä Äkäsjokea. Sähkönjohtavuus on selvästi noussut havaintoputkessa SP305 (lähellä sivukiven läjitysalueetta), SP310 ja SP317. Toisissa havaintoputkissa sähkönjohtavuus oli selvästi alempi, vain SP316:n arvo oli hieman suurempi. Sähkönjohtavuus vastaa pääosin yhteistä tausta-arvoa Suomessa (Lahermo yms. 2002). Sulfaattipitoisuudet ovat

melko suuret myös näissä paikoissa. Havaintoputket sijaitsevat alueella, jossa ilmenee sulfidimineraaleja geofysiikan tulkintaan perustuen. Yleensä sulfaattipitoisuus näytti samaa jakaumaa kuin sähkönjohtavuus.

Raskasmetallipitoisuudet näytteissä ovat enimmäkseen alle määritysrajan. Rautapitoisuudet näyttivät päinvastaista jakaumaa kuin sähkönjohtavuus ja sulfaatti, vähäisimmät pitoisuudet olivat lähellä Äkäsjokea ja Hannukaisen kaivosta ja korkein muissa osissa tutkimusaluetta. Alumiinin ja raudan pitoisuudet ylittävät yleisesti annetun teknisen suositushjeen arvot STM 401/2001. Muutoin veden laatu (analysoitujen parametrien osalta) täytti useimmiten juomaveden laatuvaatimukset, jotka on esitetty asetuksessa STM 401/2001. Alkuaine- ja anioniopitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin Suomessa yleisesti paitsi alkuaineiden SO_4 , Al ja Fe osalta.

Veden hygieeninen laatu kaivoissa oli hyvä. Bakteereja ei havaittu näytteissä. Havaitut COD_{Mn} -arvot olivat alle määritysrajan osoittaen, ettei pintavesi pääse kaivoihin. Havaitut NH_4 -arvot olivat melko alhaiset ja osoittavat että jätevesi ei ole vaikuttanut pohjaveden laatuun. PH-tasot ja alkaliniteetti olivat melko alhaiset kuten pohjavesiputkissakin. Sähkönjohtavuus oli hieman korkea kaivoissa Ylläksentiellä 180 ja Pulkkatörmäntiellä 7. Myös SO_4 -pitoisuudet olivat normaalia suuremmat kyseisissä kaivoissa. Happipitoisuudet olivat enimmäkseen niin suuret kuin juomavedessä katsotaan tarvittavan. Mitatut raskasmetallipitoisuudet olivat enimmäkseen matalia tai määritysrajan alapuolella.

Merkittävä ympäristökysymys Hannukaisessa on vanha sivukiven läjitysalue Kuervaaran louhoksen itäpuolella. Neljä havaintoputkea LVT6 ja 7 sekä SP304 ja 305 sijaitsee läjitysalueen ympärillä ja niistä on otettu pohjavesinäytteet. Kaikkiin paitsi SP304 vedenlaatuun selvästi vaikuttaa sulfidin rapautuminen. Tyypillisesti sulfidipitoisuudet ovat selvästi normaalia korkeampia (150- 710 mg/l). Lisäksi raskasmetallipitoisuudet, kuten Co- ja Ni-pitoisuudet ovat osittain korkeammat kuin muualla alueella (Co 4-26 µg/l ja Ni jopa 23 µg/l) joka osoittaa metallien liukenemista sulfidirapautumisen vuoksi. Myös pH-arvot ovat happamia aiheuttaen normaalitason ylittäviä alumiinimääriä (jopa 300 µg/l). K- ja Mg-pitoisuudet ovat selvästi korkeammat kuin muilla alueilla osoittaen silikaattimineraalien rapautumista (kiille, kloriitti). Kuitenkin arvioitaessa pohjaveden laatua läjitysalueen ympäristössä, arvioidaan, että ARD (hapan suotovesivalunta) ei ole edennyt vielä vaiheeseen missä se alkaa tuottaa erittäin happamia ja metallipitoisia valumavesiä. Tulee myös huomioda että havaintoputkien määrä on riittämätön alueen kokoon ja mahdollisiin virtausreitteihin nähden. Jos sivukivialueen ympäristön selvitetään tarkemmin, tutkimuksien pitää olla yksityiskohtaisempia kuin ne toistaiseksi ovat olleet.

Pohjaveden geokemia pH, sähkönjohtavuus, Fe- ja S-pitoisuuksille on esitetty kartoissa 9M707011/10.1...10.4. Luokitus perustuu tilastolliseen analyysiin näiden alkuainepitoisuuksista, esim. min-, max- ja mediaanipitoisuudet. Analyysitulokset on esitetty liitteessä 8.2 ja alkuperäisen analyysit liitteessä 11.

6.2.5 Avaintulokset

Seuraavat keskeiset havainnot voidaan tiivistää edellisestä tekstistä:

- hiekkainen moreeni on vallitseva alueella. Myös karkeampia sedimenttejä esiintyy (hiekkä / sora).
- Maaperän hydrauliset ominaisuudet ovat paremmat kuin Kaunisvaaran alueella, mutta ne eivät silti ole kovin hyvät pohjaveden muodostumisen ja virtauksen kannalta.
- Vain muutama kaivo (aktiivisessa käytössä) sijaitsee lähellä kaivosta.
- Pohjaveden laatu on pääosin hyvä. Sähkönjohtavuus ja sulfaattipitoisuudet ovat osittain korkeammat kuin normaalisti.
- Kallio- ja maaperän koostumus vaikuttavat selvästi pohjaveden laatuun, erityisesti lähellä Kuervaaran louhosta. Myös vanhalla sivukiven läjitysalueella on vaikutusta läheisiin pohjavesiin.

6.3 Äkäsajokisuu

Raportoidaan kun kenttätutkimukset on tehty.

6.4 Putkilinjojen reitit

Raportoidaan kun kenttätutkimukset on tehty.

6.5 Rautatieliikenneväylät ja satamat

Suunniteltu kuljetusreitti kulkee Äkäsajokisuusta ja Kolarista kulkien Pellon ja Ylitornion kylien ohi. Reitti kulkee myös Tornion kaupungin ohi. Mahdolliset reitit ovat Kemi, Tornio / Röyttä, Kalix tai Luleå. Reitin pituus Kemiin on noin 220 km.

6.5.1 Geologinen ympäristö

Yleinen geologia alueella vaihtelee huomattavasti. Kolarin alueella kallioperä sisältää arkeisia ja Proterotsooisien kauden metavolkaanisia kiviä (vihreäkivivyö). Etelässä vihreäkivet vaihtuvat Metasedimentaarisin kiviin, jotka ovat peräisin samalta geologiselta ajanjaksolta. Pello-Ylitornio-alueen kallioperä sisältää pääasiassa Svecokarelian graniittia ja etelämpänä Tornion alueella Kalavalaisia grauvakkoja ja liuskeita sekä Karjalan kvartsiittia ja liuskeita. Kemissä Arkeinen gneissi ja granitoidit hallitsevat aluetta. Ruotsissa kallioperä on varsin monipuolista Haaparannan ja Luulajan välillä sisältäen: Prekambrisia graniitteja ja nuorempia graniitti-syeniittejä, Prekambrisia metagrauvakkoja, kiilleliuskeita, kvartsiitteja ja meta-arkoosia. (Koljonen ym. 1992, Aneblom ym. 2005)

6.5.2 Pintageologia ja geomorfologia

Maaperä kuljetusreiteillä koostuu pääosin moreenista vaikka sora-, hiekka- ja siltti esiintymät ovat yleisiä myös Tornionjoen laaksossa ja sen läheisyydessä. Glasifluvიაaliset kerrostumat eivät ole kovin yleisiä Tornionjokilaaksossa. Ruotsissa on pitempi harjuketju joka kulkee Överkalixista Sangisin rannikolle, leikaten rautatiereittiä. Suot ovat yleisiä sekä Suomessa että Ruotsissa, mutta rautatie reitti kulkee pääosin korkeammilla alueilla. (Maaperäkerrostumat Suomessa, GTK 1:1 000 000, 1984, Aneblom ym. 2005)

6.5.3 Maaperän geokemia

Maaperän geokemia suomalaisten kuljetusreittien osalta on riittävästi esitetty Suomen geokemiallisessa atlaksessa (Koljonen ym. 1992). Alkuainepitoisuudet vastaavat yleensä muuta Suomea. Arseenipitoisuudet ovat osittain korkeampia kuin tausta Tornion alueella. Myös kalsium-, kalium- ja rikkipitoisuudet ovat hieman korkeammat Tornion alueella, johtuen kallioperän koostumuksesta. Rautapitoisuudet ovat luonnollisesti korkeimmat Kolarin alueella. Ruotsin rannikolla moreeni on osittain rikastunut alkuaineista: Pb, Zn ja As (Bölviken ym. 1986).

6.5.4 Hydrogeologia

Pohjavesialueet

Kuljetusreittien välittömässä läheisyydessä (etäisyys muutama kilometri) on yhteensä 19 luokiteltua pohjavesialuetta. Listaus ja luokitus näistä alueista on esitetty liitteessä 4. Neljä aluetta sijaitsee Pellon-, 5 Ylitornion-, 8 Tornion- ja 2 Kemin- / Keminmaan kunnassa. Ruotsissa rautatie kulkee lähellä Vitvattnetin, Morjärven ja Grundforsbackenin Kalixin pohjavesialueita.

Pohjaveden laatu

Yleensä ottaen maaperän pohjavesiesiintymien pH-taso on 6-7, eli hieman hapanta. Sähkönjohtavuus vaihtelee 5-45 mS/m ollen suurimmillaan Tornio-Haaparanta alueella. Rautapitoisuudet vaihtelevat jopa tasolle n. 3 mg/l. Korkeimmat SO₄ -pitoisuudet esiintyvät myös Tornion alueella ollen jopa 100 mg/l. Lyijypitoisuudet ovat yli normaalien tausta-arvojen Tornio-Ylitornio alueella ollen jopa 0,005 mg/l. Tornion alue on poikkeuksellinen myös pohjaveden alkaliniteetin suhteen, joka on yleensä lähellä 3 mmol/l johtuen alueen kallioperän koostumuksesta. (Lahermo ym. 1999, Aneblom ym. 2005).

SUOSITUKSET

Hydrologinen arviointi suunnitelluille avolouhoksille on tehtävä jossain vaiheessa tulevaisuudessa. Erilaisia mallinnus- ja laskentamenetelmiä tähän tarkoitukseen ovat esimerkiksi analyttiset mallit tai 2D- ja 3D-mallit. Ensimmäisessä vaiheessa kaikki asiaa koskevat tiedot, liittyen valmiisiin tai meneillään oleviin kallioperäkairauksiin, on tutkittava ja luotava ns. käsitteellinen malli. Arviomme on että mallinnusvaatimukset kasvavat järjestyksessä: Tapuli, Sahavaara, Hannukainen.

Jos halutaan tarkempia tutkimuksia tärkeimmistä alueista, mahdolliset tutkimukset voivat koostua geofysikaalisista mittauksista ja kallioperän vedenjohtavuustesteistä:

Geofysikaaliset mittaukset

Jos irtomaan paksuutta, siirros- ja ruhjealueiden olemassaoloa tai rapautumakerroksen ominaisuuksia (paksuus, rakoilu) ollaan arvioimassa tarkemmin, suositellaan joitakin kairauksia ja/tai rajoitettuja maageofysiikan tutkimuslinjoja. Matalan maapeitteen alueilla ylempää kallioperää voidaan tutkia maatulostuslaitteuksella, joka on kustannustehokas menetelmä. Alueilla, joissa maapeitteen paksuus ylittää 5 - 10 m, pohjavettä, maakerrospaksuuksia ja kallioperän laatua voidaan mitata 25 - 35 m syvyyteen käyttämällä ominaisvastuskuvausta. Menetelmää on sovellettava sulakaudella. Matalaseismistä luotausta voidaan soveltaa syvemmille kerroksille, ja pelkästään maaperän ja kallioperän geoteknisiä ominaisuuksia tutkittaessa. Töitä pitää tehdä useassa samansuuntaisessa linjassa, jotka ylittävät tutkimusalueen. Tällaiset tutkimukset voivat tulla ajankohtaisiksi, kun suunnitellaan esim. rikastushiekan läjitysalueita (alueita) tai mallinnetaan avolouhoksen (avolouhoksien) kuivatuksen hydrologiaa.

Kallioperäkaivot ja hydraulinen arviointi

Litologisen ja tektonisen informaation perusteella pohjavesialeneman mallintaminen ja seuranta vaatisivat vähintään suppeaa arviointia kallioperän hydrologisista virtausominaisuuksista. Tämä voidaan tehdä pumppaus- tai ylipaine(injektio)kokeilla joko nykyisissä kallioperäkaivoissa, timanttikairausrei'issä tai kallioperän geoteknisissä rei'issä joita tullaan kairaamaan. Kaikkia käytettävissä olevia ja sopivasti sijaitsevia kallioperäkaivoja tai kairausrei'kiä voidaan käyttää. Mallintamista varten kaikki käytettävissä olevat tiedot porarei'istä on tärkeä tarkistaa. Näiden kaivojen tai kairausrei'kien tulee olla myös riittävän etäällä avolouhoksesta, eri suunnissa ja lisäksi mahdollisilla heikkousvyöhykkeillä. Kaivojen syvyys täytyy olla useita kymmeniä metrejä, jopa 40-50 m kalliossa, jotta voidaan tarkkailla peruskallion pohjaveden käyttäytymistä pitkällä aikavälillä.

Jos kaivoja pitää tehdä tähän tarkoitukseen, niitä voidaan porata kallion pinnan suojaputken läpi käyttämällä raskasta monitoimikairaa, ilma- tai vesihuuhdelulla ja esimerkiksi 64 mm terällä. Työ voidaan helpoiten tehdä käyttämällä suojaputkea, tekemällä mahdollisia moreeninäytteenottoja ja kallionporausta odotettavissa olevaan 50 metrin loppusyvyyyteen. Havaintoputken asennus tehtäisiin 1 m kallioon ja tiivistäisiin o-rengas- tiivisteillä eristämään putki hydraulisesti maaperästä ennen suojaputken poistamista. Avoimet osat kallioperässä välittävät hydraulisen painetason seurattavaksi. Kairanreiät pitäisi varustaa PEH- putkella ja lukolla mahdollistamaan

myöhemmän vesipintaseurannan. Myös kalliopohjaveden laatua voidaan myöhemmin seurata näistä kaivoista. Vedenjohtavuus on hyödyllistä mitata vesipainetestillä.

Kalliopohjavesiputkia tai vastaavia kallioperäkaivoja tai reikiä pidetään välttämättöminä, jotta voidaan arvioida avolouhosten kuivatuksen hydrologisia vaikutuksia. Käytettävissä olevat tietojen mukaan on mahdollista, että ruhjeet tai muut tektoniset rakenteet ovat yhteydessä louhosalueilta ympäröiville alueille, erityisesti Sahavaaran-Kaunisvaaran ympäristössä, joita on arvioitava tarkemmin.

Jotta voitaisiin säästää kustannuksia ja työtä on suositeltavaa käyttää nykyisiä kallioperäkairanreikiä missä vain mahdollista. Olemassa olevat suojaputket tarkastettiin osin tämän perustilatutkimuksen yhteydessä. Kuitenkin talviolosuhteista johtuen osaa olevista suojaputkista ei ehkä ole havaittu.

Todellisesta tarpeesta ja laajuudesta mahdollisille kalliopohjavesiputkille ja niihin liittyvistä mittauksista on vielä keskusteltava asiakkaan kanssa sen jälkeen kun aikataulu mallinnuksille, tarkkuus ja metodiikka hydrologiseen arviointiin ja kuivatusvesimallinnuksiin on laadittu.

Mainitut tutkimukset on lyhyesti koottu seuraavaan taulukkoon:

Tutkimus	Tarkoitus	Rajoitukset	Odotetut tulokset
Kairaukset ja geotekniset tutkimukset			
Jatkokairaukset	Yksityiskohtaiset suunnitelmat	Paikoin suoritettava talviaikana	Maaperä geologia/ geotekniset ominaisuudet ja pohjaveden olosuhteet
Maatutkaluotaus	Kriittisten alueiden yksityiskohtainen selvitys	Paksut maakerrokset hienoaimes sedimenttejä	maaperä ominaisuudet ja peruskallion sekä pohjaveden tasot
Ominaisvastusmittaukset	Kriittisten alueiden yksityiskohtainen selvitys	Ei voida suorittaa talviaikana	Maaperäominaisuudet ja kallioperätasot/kriittisten alueiden ominaisuudet joilla on paksut maapeitteet
seismiset refraktio tutkimukset	Kriittisten alueiden yksityiskohtainen selvitys		Maaperäominaisuudet ja kallioperätasot/kriittisten alueiden ominaisuudet joilla paksut maapeitteet ja/tai peruskalliossa
Hydrauliset testit			
Pumppaus testi	Maaperän/kallioperän hydrauliset ominaisuudet		Tukee pohjaveden aleneman ja kaivosten kuivatuksen arviointia
Injektio testit (slug testi)	Maaperän/kallioperän hydrauliset ominaisuudet		Tukee pohjaveden aleneman ja kaivosten kuivatuksen arviointia

JATKOTYÖT

Äkäsjokisuun alue tutkitaan tulevassa EDD tutkimuksessa. Havaintoputkia on asennettu pitkin rikasteen kuljetusreittiä ja niistä otetaan näytteet pohjavedestä.

Tarve Rautuvaaran alueen tutkimukseen edellyttää lisäkeskusteluja asiakkaan kanssa. Rautuvaara ei ollut alun perin osa tutkimusalueetta, mutta se on myöhemmin sisällytetty tutkittaviin hankealueisiin.

Viitteet

Aneblom, T., Thunholm, B., Rurling, S. och Gierup, J. (2005). Beskrivning till kartan över grundvattnet i Norbottens län (Description to the Hydrogeological map of Norbottens county). SGU Serie Ah nr 24.

Bölviken, B. Bergström, J., Björklund, A., Kontio, M., Lehmuspelto, P., Linholm, T., Magnusson, J., Ottesen, R.T., Steinfeld, A., and Volden, T. (1986). Geochemical atlas of Northern Fennoscandia: Mapped by Geological Surveys of Sweden, Norway and Finland in co-operation with the Swedish Geological Co. and Geological Survey of Greenland, Uppsala-Espoo, Trondheim, Korsnäs Offset Kb., scale 1:4 000 000.

Drebs, A., Nordlund, A., Karlsson, P., Helminen, J., Rissanen, P. (2002). Tilastoja Suomen ilmastosta 1971-2000, Climatological statistics of Finland 1971-2000. Ilmatieteen laitos.

Eilu, Pasi (1993). Hydrothermal alteration in some volcano-sedimentary associations in central Finnish Lapland. In: Geological Survey of Finland, Current Research 1991-1992. Geological Survey of Finland. Special Paper 18 Espoo: Geologian tutkimuskeskus, 5-13.

Eilu, Pasi (1994). Hydrothermal alteration in volcano-sedimentary rocks in the Central Lapland Greenstone Belt, Finland. Geological Survey of Finland. Bulletin 374. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 145 p. + 3 app.

Frietsch, R. (1978). On the magmatic origin of iron ores of the Kiruna type. *Economic Geology* 73, pp. 478-485.

Frietsch, R. (1997). The Iron Ore Inventory Programme 1963-1972 in Norbotten County. Sveriges Geologiska Undersökning, 1997.

Golder Associates (2006). Miljökonsekvensbeskrivning. Provbrytning för utvärdering av järnmineralisering vid Stora Sahavaara, Pajala kommun. Golder: Axelsson, Jonsson, Ekstav 2006-12-08, Dokument 0670251 för Northland Resources Sweden AB.

(Gregorauskiene, V., Salminen, R., Reimann, C. & Chekushin, V. (2000). Field manual for Barents Ecochemistry project. Geological Survey of Finland.

Helminen, T.-R. & Räisänen, M.-L. (2002). Regional atmospheric deposition patterns of dust in the vicinity of the Lahnaslampi talc mine, Sotkamo, Finland, as revealed by moss and humus samples, for MINEO. Geological Survey of Finland.

Hiltunen, A. (1982). The Precambrian geology and skarn iron ores of the Rautuvaara area, northern Finland Geological Survey of Finland, Bulletin 318. 133p.

Hirvas, H. (1991). Pleistocene stratigraphy of Finnish Lapland. Geological Survey of Finland. Bulletin 354.

Johansson, P. ja Kujansuu, R. (2005). Pohjois-Suomen maaperä- maaperäkarttojen 1:400 000 selitys (Quaternary deposits of Northern Finland- Explanation to the maps of Quaternary deposits 1:400 000). Geologian tutkimuskeskus.

Koljonen T. (ed.) (1992). The Geochemical Atlas of Finland, Part 2: Till. Geological Survey of Finland, Espoo.

Kähkönen, A-M. (1996). The geochemistry of podzol soils and its relation to lake water chemistry, Finnish Lapland. Geological Survey of Finland. Bulletin 385.

Lahermo, P., Tarvainen, T., Hatakka, T., Backman, B., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lakomaa, T., Nikkarinen, M., Vesterbacka, P., Väisänen, U., Suomela, P. (1999). Tuhat kaivoa- Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. GTK Tutkimusraportti 155.

Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T. & Salminen, R. (1996). Geochemical Atlas of Finland, Part 3: Environmental geochemistry – stream waters and sediments.

Lehtonen, Matti I.; Manninen, Tuomo; Rastas, Pentti; Räsänen, Jorma (1992). On the early Proterozoic metavolcanic rocks in Finnish central Lapland. In: Correlation of Precambrian formations of the Kola-Karelian region and Finland. Apatity: Russian Academy of Sciences. Kola Science Centre, 65-85.

Magnusson, J. (1984). Geokemi –utvärdering. (Proj. NÖN) (Geochemistry, evaluation. (proj. NÖN) SGU, Part 1-5, 1984-02-02

Mäkinen, K., Palmu, J-P., Teeriaho, J., Rönty, H., Rauhaniemi, T., Jarva, J. (2007). Valtakunnallisesti arvokkaat moreenimuodostumat (Nationally valuable moreine formations). Ministry of Environment. The Finnish Environment 14/2007.

Niiranen, T. & Stryhas, B. (2006). Stora Sahavaara Iron Occurrence, Pajala, Sweden. Northland Resources Internal Report.

Niiranen, T., Poutiainen, M., Mänttari, I. (2006). Geology, geochemistry, fluid inclusion characteristics, and U-Pb age studies on iron oxide-Cu-Au deposits in the Kolari region, northern Finland. Ore Geology Reviews. (in press, published online).

Niiranen, T. (2005). Iron Oxide-Copper-Gold Deposits in Finland: case studies from the Peräpohja schist belt and the Central Lapland greenstone belt. Publications of the Department of Geology D6.

Niiranen, T. and Eilu, P. (2003). Iron oxide-copper-gold deposits in northern Finland. Proceedings of the Seventh Biennial SGA Conference “Mineral Exploration and Sustainable Development”, Athens, Greece, 24-28 August 2003, 1091 – 1094.

Niiranen, T. et al. 2005. Geochemistry, alteration, fluid inclusion characteristics, and U-Pb age data on iron oxide-Cu-Au deposits in the Kolari region, northern Finland. Unpublished paper submitted to Ore Geology Reviews, February, 2005.

Reimann, C. Siewers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Lukashev, V., Matinian, N.N. & Pasieczna, A. (2003). Agricultural soils in Northern Europe. A Geochemical Atlas, 270 p.

Räisänen, M-L., Kashulina, G. & Bogarytev, I. (1997). Mobility and retention of heavy metals, arsenic and sulphur in podzols at eight locations in Northern Finland and Norway and western half of the Russian Kola Peninsula. *Journal of Geochemical Exploration*.

Rönkkö K. (1985). Regional geokemi. 840101-841231(proj. 4019)(Regional Geochemistry 840101-841231) SGU, Ki 8508, 1985-02-22

Salminen, R. (ed) (1995). Regional geochemical mapping in Finland in 1982-1994. Geological Survey of Finland. Report of Investigation 130. 47 p

Salminen, R., Tarvainen, T., Demetriades, A., Duris, M., Fordyce, F. M., Gregorauskiene, V., Kahelin, H., Kivisilla, J., Klaver, G., Klein, H., Larson, J. O., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mjartanova, H., Mouvet, C., O'Connor, P., Odor, L., Ottonello, G., Paukola, T., Plant, J. A., Reimann, C., Schermann, Siewers, U., Steenfelt, A., Van der Sluys, J., Vivo, B. de, Williams, L. (1998). FOREGS geochemical mapping field manual. Geologian tutkimuskeskus. Opas 47. 36 p. + 1 app.

Salminen, R. (ed.); Batista, M. J., Bidovec, M., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Duris, M.; Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamic, J., Heitzmann, P., Lima, A., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'Connor, P. J., Olsson, S. Å., Ottesen, R.-T., Petersell, V., Plant, J. A., Reeder, S.; Salpeteur, I., Sandström, H., Siewers, U., Steenfelt, A., Tarvainen, T. (2005). Geochemical atlas of Europe. Part 1: Back-ground information, methodology and maps. Espoo: Geological Survey of Finland. 525 p.

Van der Stijl, F.W., et al (2005). The Liviovaara and Sahavaara FeOx – Cu-Au Prospects. Pajala area, Norbotten, Sweden – Status of Exploration March 2005. Proprietary internal report for North American Gold Inc.

Van der Stijl, F. W. (2004). The Liviovaara and Sahavaara FeOx-Cu-Au Prospects, Pajala Area, Norbotten, Sweden. Unpublished Report to North American Gold, March 2005.

Van der Stijl, F. W. (2005). Liviovaara and Sahavaara Nr. 2 Licences: Proposed Drill Targets for Cu – Au. Unpublished Report to Northland Resources, November, 2005.

De Vos, W. & Tarvainen, T. (2007). FOREGS Geochemical Atlas of Europe. Part 2. Interpretation of Geochemical Maps, Additional Tables, Figures and Related Publications.