



Hankkeen 2551017 Pohjois-Suomen malmipotentialiaali tutkimukset Kuluskairassa 2013-2015

**Sami Lepistö, Anne Taivalkoski, Pertti Heikura, Tuomo Törmänen,
Heikki Salmirinne ja Jukka Konnunaho**



07.04.2016



GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

KUVAILULEHTI

Päivämäärä / Dnro

Tekijät Sami Lepistö, Anne Taivalkoski, Pertti Heikura, Heikki Salmirinne, Tuomo Törmänen, Jukka Konnunaho		Raportin laji Arkistoraportti	
		Toimeksiantaja Geologian tutkimuskeskus	
Raportin nimi Hankkeen 2551017 Pohjois-Suomen malmipotentiali tutkimukset Kuluskairassa 2013-2015			
Tiivistelmä Kuluskairan alueen mineraalipotentialiaa selvitettiin 2013-2015 aikana toimineessa hankkeessa, jossa erityisen mielenkiinnon kohteena oli alueen Cu-W-Mo-Au potentialiaali. Tutkimusmenetelminä käytettiin geofysiikan maastomittauksia, maaperä-geologisia ja moreenigeokemiallisia tutkimuksia, kallioperäkairauksia, kallioperäkartoitusta ja lohkare-etsintää. Lisäksi alueelta kerätty vanhaa aineistoa revidoitiin. Maastotöitä tehtiin pääosin Hietajärven, Kiimajängän, Korvavaaran ja Sadinmaan kohdealueilla. Maapeite Kuluskairalla on yleensä ohutta mutta erittäin lohkareista. Tyypillisiä kivilajeja ovat amfiboliitti, karsikivet, kordieriitti-antofylliittikivet, felsiset liuskeet ja vähäisissä määrin grafiittiliuskeet. Tutkimustulokset viittaavat siihen, että amfiboliitit liittyvät merelliseen ympäristöön ja kordieriitti-antofylliittikivien kemiallinen muuttuminen muistuttaa massiivisten sulfidimalmien ympäristössä tavattavien kivien muuttumista, mikä tekee alueesta malmikriittisen. Tutkimusalueen kiviin liittyy kuparimineralisaatioita. Paras viite hankkeen tutkimusten aikana saatiin Kiimajängän kohteen kairauksissa, jossa lävistettiin kallion pinnasta alkaen 9.00 metrin matkalla 0.32 % kuparimineralisaatio. Hietajärven ja Korvavaaran alueilta on aikaisemmissa tutkimuksissa suoritetuissa kairauksissa saatu kupariviitteitä. Lukuisat lohkareviitteet ja moreenigeokemian tulokset viittaavat Cu-mineralisaatioiden olemassaoloon myös muualla Kuluksen alueella. Sulfidipitoiset ultramafiset yksiköt nostavat alueen Ni-Cu-PGE potentialiaalia.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Rovaniemi, Kuluskaira, kupari, volframi, geokemia, karsi, kordieriitti, antofylliitti			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Rovaniemi, Kuluskaira			
Karttalehdet T433, T434, T512			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus 67/2015	
Kokonaissivumäärä 43	Kieli Suomi	Hinta	Julkisuus Julkinen
Yksikkö ja vastuualue Rovaniemi/kallioperä ja raaka-aineet (501)		Hanketunnus 2551017	
Allekirjoitus/nimen selvennys  Sami Lepistö		Allekirjoitus/nimen selvennys	





GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND


DOCUMENTATION PAGE

Date / Rec. no.

Authors Sami Lepistö, Anne Taivalkoski, Pertti Heikura, Heikki Sal- mirinne, Tuomo Törmänen, Jukka Konnunaho		Type of report Archive Report	
		Commissioned by Geological Survey of Finland	
Title of report Hankkeen 2551017 Pohjois-Suomen malmipotentiali tutkimukset Kuluskairassa 2013-2015			
Abstract Mineral potential of Kuluskaira area was studied during 2013-2015 with an emphasis on Cu-W-Mo-Au potential. Utilized working methods were geophysical ground surveys, till geochemical and stratigraphical studies, bedrock drilling, bedrock mapping, boulder hunting, and reviews of existing data and material. Field work was focused on Hietajärvi, Kiimajänkä, Korvavaara and Sadinmaa targets. Soil cover at Kuluskaira is typically thin and rich in boulders. Typical rock types are amphibolite, skarn rocks, cordierite-antophyllite rocks, felsic schists and to a minor extent graphite schist. Amphibolites resemble geochemically mafic rocks of subaqueous environments, and cordierite-antophyllite alteration of rocks is similar to alteration in proximity of massive sulphide ores, enhancing the ore potential in the area. Several locations at Kuluskaira host Cu mineralizations. Best obtained drilling intersection was 9.00 @ 0.32 % Cu starting from bedrock surface at Kiimajänkä. Previously copper mineralizations have been known from Hietajärvi and Korvavaara. Numerous boulder observations and results from till geochemical studies indicate that Cu mineralizations occur also elsewhere in the area. Sulphide bearing ultramafic rock units found in Kuluskaira make the area interesting in regard of Ni-Cu-PGE potential.			
Keywords Rovaniemi, Kuluskaira, copper, tungsten, geochemistry, skarn, cordierite, antophyllite			
Geographical area Rovaniemi, Kuluskaira			
Map sheet T433, T434, T512			
Other information			
Report serial		Archive code 67/2015	
Total pages 43	Language Finnish	Price	Confidentiality Public
Unit and section PSY/VA501		Project code 2551017	





Signature/name  Sami Lepistö	Signature/name
---	----------------





Sisällysluettelo

Kuvailulehti

Documentation page

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUSALUE JA SEN GEOLOGISET PÄÄPIIRTEET	2
3	ALUEELLA SUORITETUT TUTKIMUSKAIRAUKSET	4
3.1	Hietajärvi	4
3.2	Kiimajänkä	7
3.3	Korvavaara	10
3.4	Sadinmaa	13
3.5	Yhteenveto tutkimuskairauksista	16
4	REVIDOIVA KARTOITUS JA LOHKARE-ETSINTÄ	17
5	ALUEELLA SUORITETUT MAAPERÄGEOLOGISET SEKÄ MOREENIGEOKEMIAALLISET TUTKIMUKSET	20
5.1	Tutkimusmontutus	20
5.2	Iskuporanäytteenotto	22
5.3	Yhteenveto maaperägeologisista ja moreenigeokemiallisista tutkimuksista	24
6	ALUEELLA SUORITETUT GEOFYSIKAALISET TUTKIMUKSET	25
6.1	Lentogeofysiikka	25
6.2	Geofysiikan kohteelliset maastomittaukset	25
6.3	Reikämittaukset	26
6.4	Petrofysiikka	27
6.5	Alueen geofysikaaliset piirteet	31
7	AMFIBOLIITTIIEN JA ANTOFYLLIITTIKIVIEN GEOKEMIA JA MUUTTUMINEN	33
7.1	Yleistä	33
7.2	Amfiboliittien geokemia	33
7.3	Kordieriitti-antofylliittikivet	36
8	YHTEENVETO JA SUOSITUKSET	40
	KIRJALLISUUSLUETTELO	42



07.04.2016

1 JOHDANTO

Pohjois-Suomen malmipotentiali hanke (2551017) toimi vuosien 2013-2015 välisenä aikana Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) Rovaniemen aluetoimistossa. Hanke tutki Enontekiön käsivarren sekä Rovaniemen Kuluskairan malmipotentialiaa. Enontekiön alueen tutkimuksia on laajasti käsitelty hankkeen tekemässä raportissa (2013): *Mineraalipotentialin arviointi raportti Enontekiö Käsivarsi*.

Enontekiön alueen tutkimuslupiin liittyvien ongelmien vuoksi hanke päätti jo varhaisessa vaiheessa siirtää tutkimuksia ja niihin varattuja resursseja Rovaniemen itä-kaakkoispuolella sijaitsevalle Kuluskairan alueelle. Tämä alue oli noussut esiin jo aikaisemman hankkeen Pohjois-Suomen mineraalipotentialin arviointi (2551011) tutkimuksissa yhtenä mielenkiintoisena jatkotutkimuskohteena, ja oli näin ollen selkeä valinta tutkimuskohteeksi (Lauri & al. 2012).

Kuluskairan alue on varsin heikosti tutkittu. Toki siellä on suoritettu GTK:n kuin myös Rautaruukki Oy:n toimesta kallioperäkartoitusta ja lohkare-etsintää, mutta esimerkiksi tutkimuskairausta, geokemiallista ja geofysikaalista tutkimusta alueella on tehty varsin vähän. Geologian tutkimuskeskuksen kallioperäkartoituksen tulokset on koottu GTK:n digitaaliseen kallioperäkarttaan, joka on alueelta lähinnä suuntaa-antava. Rautaruukki Oy:n tutkimukset on koostettu useisiin malminetsintäraportteihin sekä osin Egon Nordströmin pro-gardu työhön (1983): *Olkajärvi områdets berrgrund och skarnmineralisationer*. Rautaruukin malminetsintöjen lisäksi GTK on suorittanut alueella ajoittain malminetsintää liittyen lähinnä alueen Cu-W-Mo lohkareiden lähtöpaikan selvittämiseen. Nämä työt on koostettu GTK:n arkistoraportteihin.

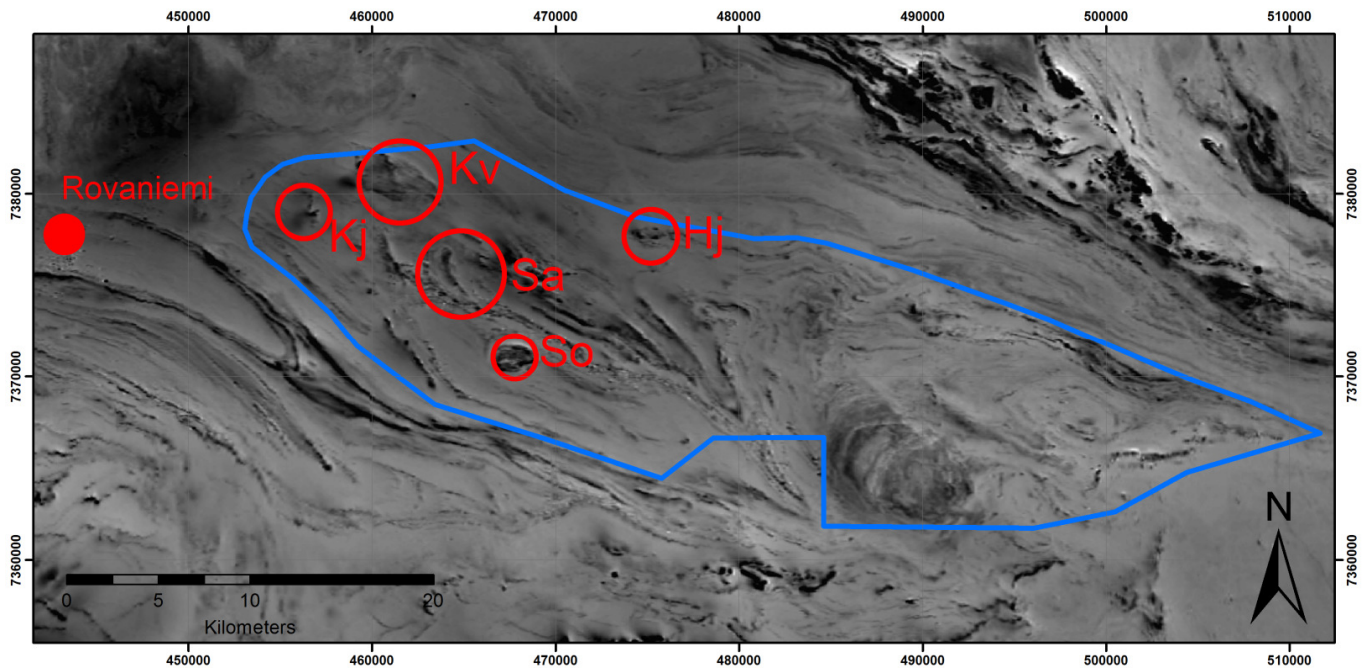
Pohjois-Suomen malmipotentialihankkeen tutkimukset ovat alueella lähinnä koostuneet vanhan aineiston revidoinnista sekä niihin liittyvistä maastokäynneistä. Tämän lisäksi on suoritettu kohteellisia tutkimuksia Hietajärven, Kiimajängän, Sadinmaan ja Korvavaaran alueella tutkimuskairauksin. Kairauksen tueksi alueella on tehty myös geofysikaalisia maastomittauksia. Alueen laajuuden vuoksi päätettiin Sadinmaan alueella ja sen ympäristössä kuin myös Korvavaarassa suorittaa geokemiallinen näytteenotto, jota edelsi koko aluetta kattava hyvin harva kaivinkoneella tehty montutus, jolla selvitettiin alueen maa-perägeologisia olosuhteita.

Hankkeen tutkimusten tarkoituksena oli hankkia tietoa alueen kallioperästä, selvittää malmikriittisten kar-sihorisonttien kuin myös antofylliitti-(±)kordieriitti-granaatti kivien levinneisyyttä, esiintymistä ja geokemiaa, sekä selvittää ja rajata lukuisten malmilohkareiden (Cu-W-Mo-Au) mahdollisia lähtöalueita. Tutkimukset ovat vahvistaneet käsitystä alueen kriittisyydestä ainakin Cu-W-Mo-Au ja Ni-Cu-PGE malmien suhteen. Hankkeen lyhyen toiminta-ajan vuoksi työt on saatu alueella hyvin käyntiin, mutta niitä tulisi edelleen siellä jatkaa ja niiden pääpainon tulisi olla tutkimuskairauksessa, geokemiassa sekä geofysiikassa.

Tähän raporttiin on koostettu hankkeen aikana (2013-2015) alueella suoritettut merkittävimmät tutkimukset. Tutkimuksista kerätty tietoa-aineisto on tallennettu talon tietokantoihin. Kuvassa 1 on esitetty tutkimusalue ja päätutkimuskohteet.



07.04.2016



Kuva 1. Kuluskairan tutkimusalue ja varausalueen rajat (sininen) sekä alueen päätutkimuskohteiden nimet (Kj=Kiimajänkä, Kv=Korvavaara, Sa=Sadinmaa, So=Sotkavaara, Hj=Hietajärvi). Pohjakarttana GTK:n matalalento-magneettinen kartta.

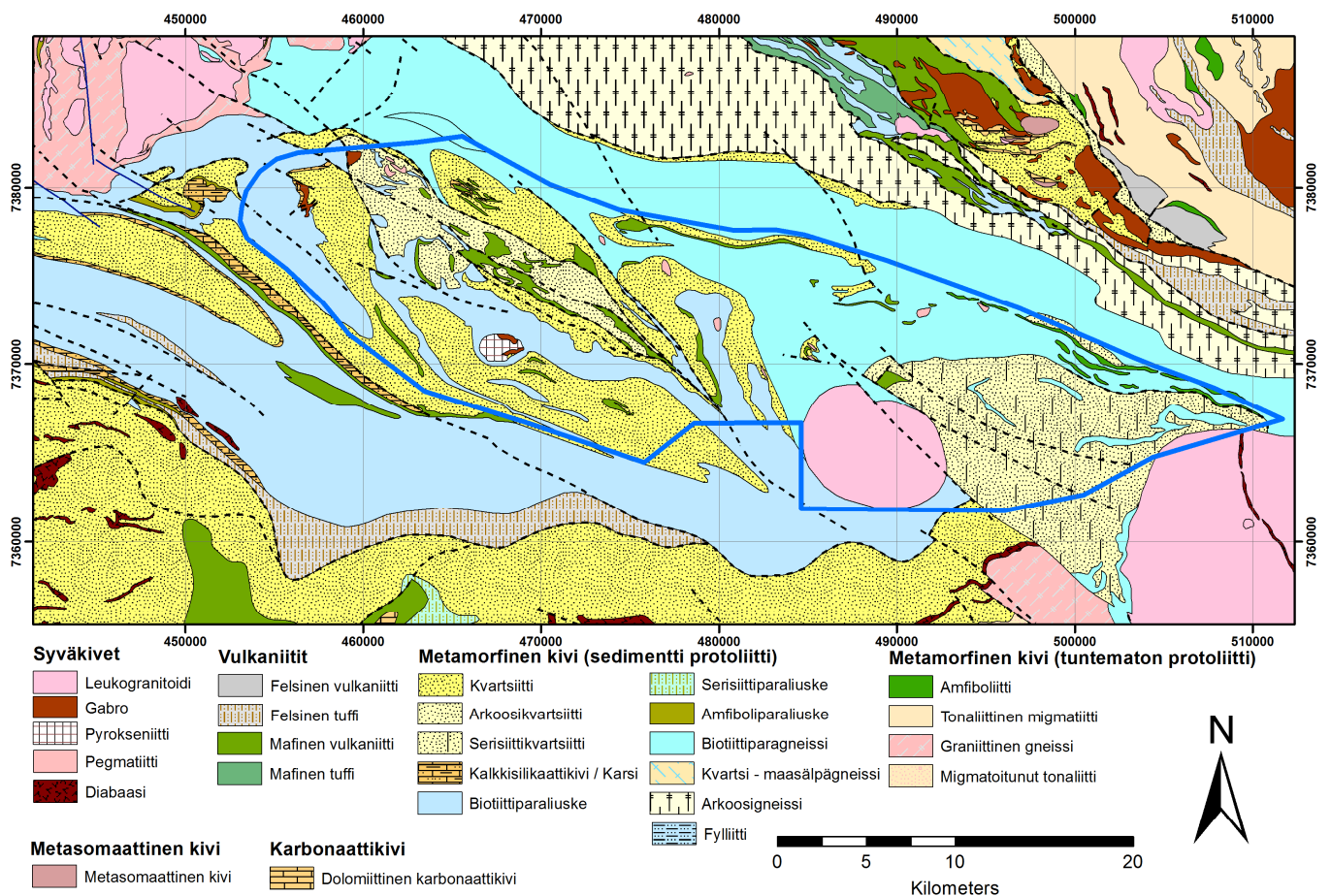
2 TUTKIMUSALUE JA SEN GEOLOGISET PÄÄPIIRTEET

Kuluskairan tutkimusalue sijoittuu maantieteellisesti noin 10 kilometriä itään Rovaniemen kaupungista. Tutkimusalueen koko on noin 60 km x 15 km ja geologisesti se sijaitsee Keski-Lapin granitoidikompleksin etelä-kaakkoisosissa, Peräpohjan liuskejakson pohjoispuolella. GTK:n digitaalisen kallioperäkartan (DigiKP, 2015) mukaan alue on ainakin osin rinnastettavissa Peräpohjan stratigrafisten yksiköiden kanssa. DigiKP (2015) perustuen alueen kallioperä sijoittuu Arkeisten ja Paleoproterotsooisten kiillegneissien kontaktivyöhykkeelle. Liuskealue koostuu kartan mukaan pääosin Paleoproterotsooisista metasedimenteistä (kvartsiitit, kiilleliuskeet) sekä niissä välikerroksina esiintyvistä kalkkisilikaattikivistä (karsikivet). Näiden lisäksi alueella esiintyy vähäisissä määrin saman ikäisiä amfiboliitteja sekä näitä leikkaavia graniittipegmatiittijuonia ja intrusiiveja. Tutkimusalueen kaakkoislaidalla sijaitsee noin 9 km x 6 km kokoinen kehärakeinen Vanttauksen appiniitti, ja tästä lähes länteen Sotkavaaran mafinen intruusio. Mafisia intrusioita esiintyy myös Kiimajängän alueella ja siitä koilliseen kuin myös Korvavaaran länsiosassa. Hankkeen alueella suorittamat tutkimukset todentavat näiden kivilajiyksikköjen olemassaolon, mutta niiden määräsuhteet saattavat antaa kuvan liian sedimenttivaltaisesta ja monotonisesta liuskealueesta. Luultavammin alueella on huomattavasti enemmän mafista komponenttia kuin myös muita malmipotentialin kannalta merkittäviä kivilajiyksiköitä, kuten kordieriitti-antofylliitikiviä, mafisia- ja ultramafisia kiviä sekä sulfidi- ja grafiittiliuskeita. Viimeksi mainittujen olemassaoloa tukevat alueella esiintyvät pitkät joh-


GTK

07.04.2016

deanomaliajaksot. Digitaalisessa kallioperäkartassa on myös nähtävillä muutamia kalkkisiilikaatti-karbonaattikiviüksiköitä. Nämä karsikivihorisontit ovat tyypillisiä Kuluskairan alueella ja niitä esiintyy runsaasti. Horisonttien dimensioita ei kuitenkaan nykyisellään tunneta. Juuri edellä mainittujen karsikivien, kordieriitti-antofylliittikivien sekä mafisten-ultramafisten yksiköiden esiintyminen nostavat alueen malmipotentialia varsinkin, koska alueella on runsaasti viitteitä näihin kiviin liittyvistä mineralisaatioista niin lohkareina kuin paljastumissa. Kuvassa 2 on GTK:n digitaalinen kallioperäkarttatulkinta tutkimusalueesta (DigiKP, 2015).



Kuva 2. Tutkimusalueen kallioperän pääpiirteet GTK:n digitaalisen kallioperäkartan mukaan (DigiKP, 2015). Tutkimusalueen raja on merkitty sinisellä polygonilla karttaan.

07.04.2016

3 ALUEELLA SUORITETUT TUTKIMUSKAIRAUKSET

3.1 Hietajärvi

Hietajärvellä suoritettiin kallioperäkairauksia ensimmäisen kerran vuonna 2002. Alueella oli aiemmin suoritettujen maastotöiden yhteydessä havaittu pieni kuparikiisupitoinen antofylliittikivipaljastuma, jonka mahdollisen jatkuvuuden selvittämiseksi paljastuman välittömään läheisyyteen kairattiin kuusi kairareikää. Rei'istä analysoitujen näytteiden metallipitoisuudet olivat alhaisia, rikkaimmassa näytteessä oli yhden metrin matkalla 1090 ppm Cu. Myös jalometallipitoisuudet olivat alhaiset kultapitoisuuden ollessa enimmillään 46 ppb, palladiumin 29 ppb ja platinan 17 ppb. Koska kairausten perusteella mineralisaatiolla ei todettu olevan merkittävää kokoa tai jatkuvuutta, ei töitä kohteella jatkettu. Vanhat kairareivät käytiin uudestaan läpi Pohjois-Suomen malmipotentialihankkeen antofylliittipitoisiin kiviin liittyvien tutkimusten puitteissa Lopen kairasydänarkistolla, ja rei'istä otettiin yhteensä yhdeksän petrologista analyysinäytettä ja neljä näytettä kiillotettuja ohuthieitä varten. Kordieriitti-antofylliittikivien geokemiaa ja muuttamista käsitellään tässä raportissa omassa luvussa.

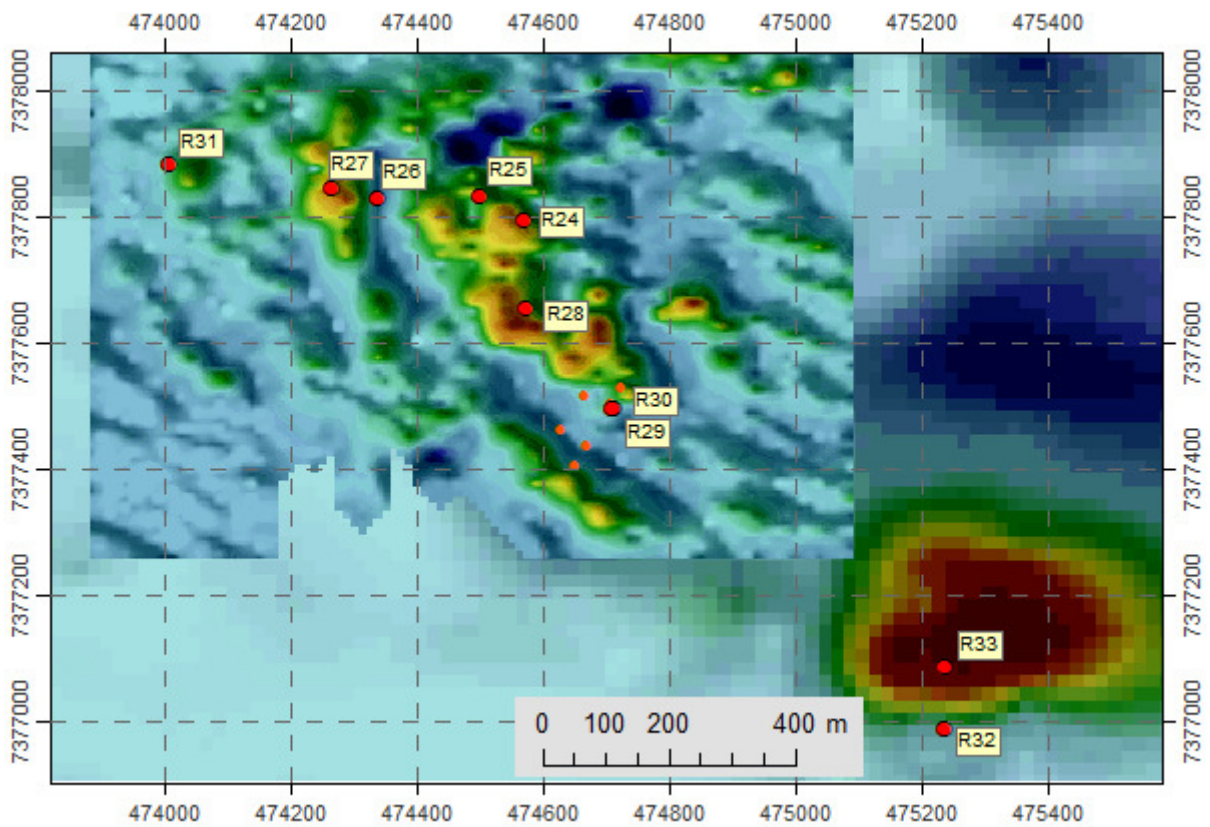
Hietajärven kohteella on magneettisella kartalla selkeästi havaittava poimurakenne, jonka eteläisellä kyljellä vuonna 2002 tutkittu antofylliittikivipaljastuma sijaitsee. Poimurakenteeseen liittyvien kivilajien selvittämiseksi kohteeseen suunniteltiin kahdeksan kairareian tutkimusohjelma, joka toteutettiin GTK:n omalla kairakoneella talvella 2013-2014. Reikien yhteismitta on 1131.95 metriä. Yhteensä hanke kairasi Hietajärvellä 10 reikää, joiden yhteispituus on 1357.95 metriä. Kairareivät on lueteltu taulukossa 1, ja reikien sijainnit on esitetty kuvassa 3. Maasto vaihtelee Hietajärvellä helppokulkuisesta mineraalimaasta vetiseen ja vaikeakulkuisen suomaastoon. Maapeitteen paksuus kairauspaikoilla vaihtelee kolmesta kuuteen metriin.

Taulukko 1. Hietajärven kairausohjelma.

Kohde	Reikätnus	koordinaatit		korkeus z	Kairaus		Loppusyvyyys m
		x	y		Suunta	kaltevuus	
Hietajärvi	T4342013R24	7377795	474568	188	270	-45	172.65
Hietajärvi	T4342013R25	7377835	474499	187	270	-45	182.20
Hietajärvi	T4342013R26	7377830	474338	181	270	-45	137.20
Hietajärvi	T4342013R27	7377848	474263	178	270	-45	131.00
Hietajärvi	T4342013R28	7377655	474573	187	225	-45	154.50
Hietajärvi	T4342013R29	7377498	474711	184	315	-45	110.20
Hietajärvi	T4342013R30	7377498	474710	185	135	-45	110.20
Hietajärvi	T4342013R31	7377884	474008	175	90	-46	134.00
Hietajärvi	T4342013R32	7376990	475237	186	360	-46	158.10
Hietajärvi	T4342013R33	7377086	475237	185	180	-61	67.90
	Yhteensä						1357.95



07.04.2016



Kuva 3. Hietajärvellä kairattujen reikien sijainnit. Taustana kuvan vasemmassa yläkulmassa magneettinen maastomittaus väripintakarttana, taustalla heikommalla resoluutiolla sähkömagneettisen matalalentoaineiston reaali-komponentti väripintakartta. Kairatut reiät on merkitty punaisella pisteellä, vanhat kairareiät oranssilla pisteellä.

Kairanäytteistä tehtiin yhteensä 114 kappaletta perusmetallianalyyseja ja 126 kappaletta jalometallianalyyseja. Petrologisia XRF analyyseja tehtiin 16 kpl ja REE analyyseja Labtiumin menetelmällä 308PM yhteensä 14 kpl. Lisäksi valmistettiin 16 kappaletta kiillotettuja ohuthieitä. Reikäkohtaiset analyysi- ja ohuthiemäärät on lueteltu taulukossa 2.

07.04.2016

Taulukko 2. Hietajärven reikäkohtaiset analyysi- ja ohuthiemäärät.

Reikätnnus	Tilausnumero	Malmianalyysit		Petrologiset analyysit ja ohuthieet		
		704P	510P	175X	308PM	KOH
		kpl	kpl	kpl	kpl	kpl
T4342013R24	47619	30	30	5	5	5
T4342013R25	47620	12	10	5	5	4
T4342013R26	47620	25	23	1	-	1
T4342013R27	47620	1	1	1	-	1
T4342013R28	47620	3	3	-	-	-
T4342013R29	47620	41	33	4	4	5
T4342013R30	47620	7	7	-	-	-
T4342013R32	47620	3	3	-	-	-
T4342013R33	47620	4	4	-	-	-
	Yhteensä	126	114	16	14	16

Suunnitelluista rei'istä kahdella tutkittiin ennestään tunnetun antofylliittikiven mahdollista jatkuvuutta kairaamalla reiät aivan paljastuman vierestä, mutta aiemmista kairauksista poikkeaviin suuntiin. Yksi 110.2 m mittainen reikä kairattiin 45° kulmalla suuntaan 135°, ja toinen yhtä pitkä reikä kairattiin samalla kulmalla vastakkaiseen suuntaan 315°. Näilläkin rei'illä ei mineralisaation tai antofylliittikivien havaittu mainittavasti jatkuvan. Antofylliittikivivyöhykkeen leveys on kairausten perusteella enimmillään 10-15 metriä ja pituussunnassa jatkuvuus lienee 20-30 metriä. Analysoitujen näytteiden kuparipitoisuudet ovat alhaiset, korkein pitoisuus on 1310 ppm Cu yhden metrin matkalla reiässä T4342013R29 syvyydellä 8.00-9.00 metriä. Näin ollen kuparimineralisaatio on todennäköisesti heikko ja liittyy pieneen linssimäiseen tai epäjatkuvaan antofylliittikiviyksikköön.

Kohteen geologian selvittämiseksi ja antofylliittikivien paikantamiseksi Hietajärven poimurakenteen harjalle kairattiin itä-länsisuuntainen viiden reiän profiili, jossa reikien välinen etäisyys vaihtelee 77 metristä 257 metriin. Lisäksi profiilin eteläpuolelle kairattiin yksi kairareikä, jolla selvitettiin paikalla sijaitsevan magneettisen anomalian aiheuttajaa. Rei'illä lävistettiin enimmäkseen amfiboliitteja sekä biotiitti-amfiboligneissinä raportoituja kiviä, joista ainakin osa on todennäköisesti muuttuneita amfiboliitteja. Amfiboliittien seassa on usein kerroksina tai muuttumisvyöhykkeinä voimakkaasti biotiittiutuneita liuskeita. Reiän T4342013R25 lopussa on syvyydellä 175.00-182.20 m biotiitti-antofylliittiliusketta, ja reiässä T4342013R26 lävistettiin biotiittiliuskeen yhteydessä 10 cm leveä antofylliittikivivyöhyke. Useissa rei'issä lävistettiin tyypillisesti alle yhden metrin ja enimmillään kolmen metrin pituudelta mahdollisesti diopsidipitoisia amfibolikarsia. Kivissä on satunnaisesti heikkoa kuparikiisupiroetta. Kuparipitoisuudet ovat alhaiset, parhaat analysoidut pitoisuudet ovat rei'issä T4342013R24 syvyydellä 114.00-115.00 m ja T4342013R25 syvyydellä 116.00-117.00 m, joissa molemmissa on 1420 ppm Cu.

Amfiboliiteissa on voimakkaasti magneettisia, piroteista magnetiittia sisältäviä vyöhykkeitä, jotka valtaosin selittänevät alueella havaitut magneettiset anomaliavyöhykkeet. Amfiboliittien lisäksi myös antofylliittikivissä ja biotiittiliuskeissa on voimakkaasti magneettisia vyöhykkeitä.

Hietajärven kohteen eteläosassa sijaitsee vaikeakulkuinen suo, jonka kohdalla on matalalentomittausaineistossa havaittava itä-länsisuuntainen sähkömagneettinen anomalia. Anomalian aiheuttajaa selvitettiin



07.04.2016

kairaamalla anomalian länsiosaan kaksi kairareikää. Rei'illä lävistettiin lähinnä amfiboliittia, biotiitti-amfiboligneissisiä, biotiittiliusketta ja kvartsiittia. Reiällä T4342013R33 lävistettiin kairaussuunnassa 40 cm leveydeltä heikkoa rikkikiisupirotetta sisältävä grafiittiliuskekerros, jonka tulkittiin aiheuttavan alueella havaitun sähköisen anomalian.

3.2 Kiimajänkä

Kiimajängän alueella on vallitsevana geofysikaalisena piirteenä pohjois-eteläsuuntainen magneettinen ja sähkömagneettinen anomaliavyöhyke. Tätä vyöhykettä risteää alueen keskiosassa itä-länsisuuntainen, länteen päin heikkenevä magneettinen anomaliavyöhyke, jonka kanssa osin päällekkäin sijaitsee myös painovoima-anomaliavyöhyke. Pohjois-eteläsuuntaisella anomaliavyöhykkeellä on kohtalaisesti kalliopaljastumia, joissa kivilajit ovat lähinnä amfiboliittia, mafista vulkaniittia, metagabroa sekä kiilleliusketta. Alueen etelä-kaakkoispuolella kallioperä on havaintojen perusteella kvartsiittivaltaista. Kivilajien rakenteet kaatuvat loivasti länteen. Anomaliajaksojen itäpuolelta tunnetaan vanhastaan kuparipitoisia lohkaraita, joiden kuljetusmatka ei todennäköisesti ole pitkä. Hanke selvitti kyseisten lohkaraiden mahdollista lähtöpaikkaa sekä mainitun geofysikaalisen anomaliavyöhykkeen geologiaa kallioperäkairauksin. Kohteeseen kairattiin talven 2014-2015 aikana GTK:n kairakoneella yhteensä 13 kairareikää. Reikien pituudet vaihtelevat 53.20-200.20 metriin ja reikien yhteispituus on 1806.35 m. Lisäksi kohteeseen suunniteltiin kolme lisäreikää, joiden kairauksia ei vielä raportin kirjoitusvaiheessa ollut aloitettu. Kairaukset suoritettiin kolmella profiililla, joiden lisäksi kairattiin yksittäisiä reikiä eri anomalioiden tarkistamiseksi. Kairatut reiät on lueteltu taulukossa 3 ja reikien sijainnit on esitetty kuvassa 4. Kairanäytteistä tehtiin yhteensä 249 kappaletta perusmetallianalyyseja ja 293 kappaletta jalometallianalyyseja. Petrologisia XRF analyyseja tehtiin 25 kpl ja REE analyyseja Labtiumin menetelmällä 308PM yhteensä 24 kpl. Lisäksi valmistettiin 33 kappaletta kiillotettuja ohuthieitä. Reikäkohtaiset analyysi- ja ohuthiemäärät on lueteltu taulukossa 4.



07.04.2016

Taulukko 3. Kiimajängän kairausohjelma.

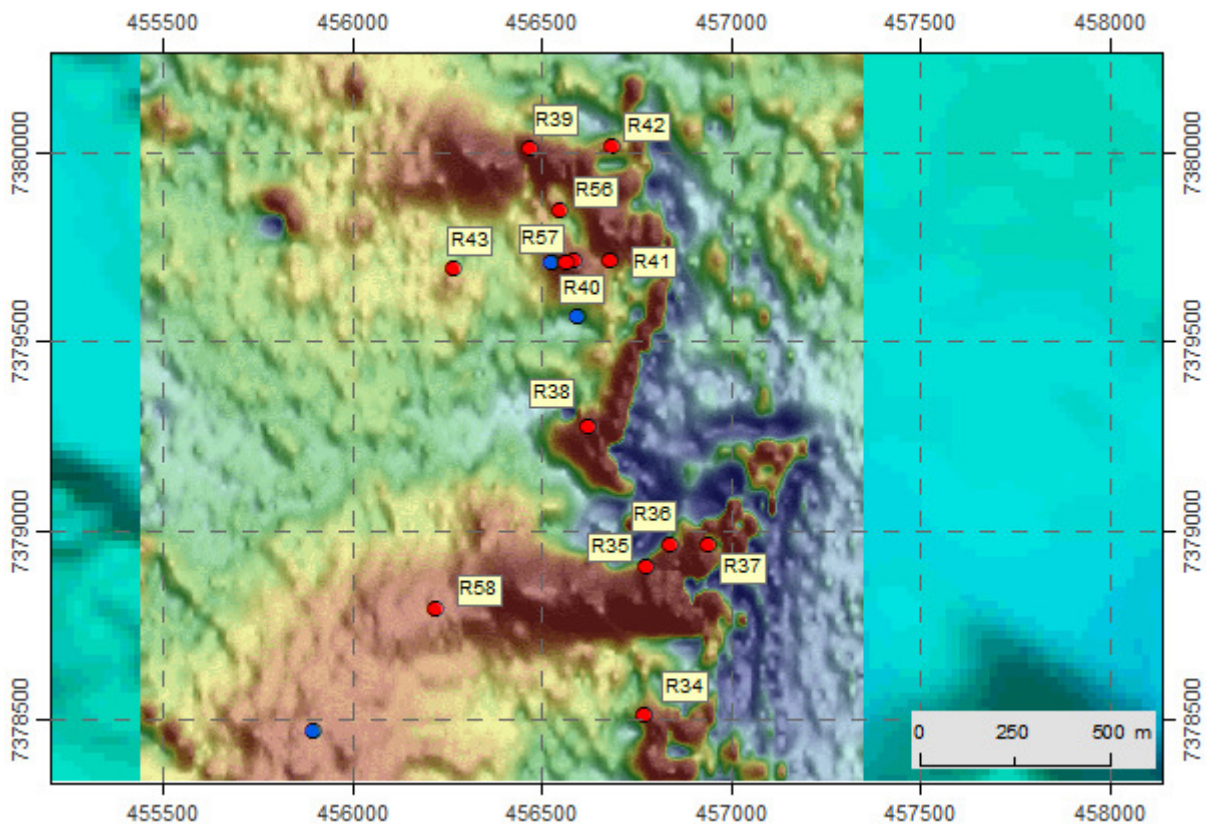
Kohde	Reikätnnus	koordinaatit		korkeus z	Kairaus		Loppusyvyyss m
		x	y		Suunta	kaltevuus	
Kiimajänkä	T4342014R34	7378512	456769	128	90	-45	154.80
Kiimajänkä	T4342014R35	7378905	456775	124	135	-45	200.20
Kiimajänkä	T4342014R36	7378966	456838	123	90	-45	145.80
Kiimajänkä	T4342014R37	7378966	456938	124	90	-45	125.30
Kiimajänkä	T4342014R38	7379279	456619	122	90	-50	170.20
Kiimajänkä	T4342014R39	7380013	456468	113	90	-45	194.20
Kiimajänkä	T4342014R40	7379714	456584	116	90	-50	104.00
Kiimajänkä	T4342014R41	7379714	456679	122	90	-45	151.90
Kiimajänkä	T4342014R42	7380018	456681	114	90	-45	170.80
Kiimajänkä	T4342014R43	7379695	456267	120	90	-60	53.20
Kiimajänkä	T4342015R56	7379850	456545	116	90	-50	104.20
Kiimajänkä	T4342015R57	7379713	456560	116	90	-55	67.55
Kiimajänkä	T4342015R58	7378793	456218	122	90	-70	164.20
Kiimajänkä	T4342015R68	7379710	456525	116	90	-45	Suunniteltu
Kiimajänkä	T4342015R6?	7379566	456595	119	90	-45	Suunniteltu
Kiimajänkä	T4342015R6?	7378472	455895	133	90	-70	Suunniteltu
	Yhteensä						1806.35

Taulukko 4. Kiimajängän reikäkohtaiset analyysi- ja ohuthiemäärät.

Reikätnnus	Tilausnumero	Malmianalyysit		Petrologiset analyysit ja ohuthieet		
		704	510P	175X	308PM	KOH
		kpl	kpl	kpl	kpl	kpl
T4342014R34	47662	57	32	2	2	4
T4342014R35	47663	16	12	2	1	1
T4342014R36	47663	15	8	-	-	-
T4342014R37	47663	-	-	1	1	1
T4342014R38	47663	11	3	3	3	3
T4342014R39	47663	24	24	4	4	7
T4342014R40	47672, 47663	58	58	1	1	1
T4342014R41	47663	-	-	1	1	2
T4342014R42	47663	-	-	1	1	4
T4342014R43	47663	-	-	1	1	1
T4342015R56	47672	46	46	6	6	6
T4342015R57	47672	42	42	1	1	1
T4342015R58	47685	24	24	2	2	2
Yhteensä		293	249	25	24	33



07.04.2016



Kuva 4. Kiimajängällä kairattujen reikien sijainnit. Taustana magneettinen maastomittaus värripintakarttana, pohjalla heikommalla resoluutiolla matalalentomagneettinen värripintakartta. Kairatut reiät on merkitty punaisella pisteellä ja suunnitellut kairareivät sinisellä pisteellä

Maapeitteen paksuudet vaihtelevat kairareikäpaikoilla 2-16 m välillä, ollen yleensä alle 10 metriä. Kairatuissa rei'issä yleensä ylimmäisenä lävistetty ja samalla yleisin kivilaji on amfiboliitti. Amfiboliitit ovat usein biotiittiutuneita ja niiden yhteydessä on joko kerroksina tai muuttumisvyöhykkeinä biotiitti-amfiboliliuskeita sekä biotiittiliuskeita. Reiässä T4342014R34 amfiboliitin sisällä on 25 cm leveä vyöhyke antofylliittikiveä. Amfiboliiteissa on paikoin runsaasti magnetiittipirotetta sisältäviä vyöhykkeitä, jotka suurelta osin selittävät alueella havaitut magneettiset anomaliajaksot. Tutkimusalueen eteläpäässä amfiboliittien alla on tyypillisesti kerros serisiittiliusketta, joka voi olla joko sedimenttistä tai vulkaanisperäistä. Alin kairauksilla lävistetty yksikkö on kvartsiittia.

Kiimajängällä sijaitsevan itä-länsisuuntaisen magneettisen anomaliavyöhykkeen aiheuttaja selvitettiin neljällä kairareikällä. Vyöhykkeen itäosaan kairatuilla rei'illä lävistettiin enimmillään 52 m paksu vyöhyke magnetiittipirotteista mafista kiveä, joka tulkittiin gabroksi. Ohuthietutkimusten perusteella kyseessä voi kuitenkin olla myös puolipinnallinen kivi tai vulkaniitti. Kivessä on paikoin heikkoa rikkikiisupirotetta ja satunnaisesti magneettikiisua. Magneettisen anomalian huntumaiseen länsiosaan kairatussa reiässä T4342015R58 on muista rei'istä poiketen päällimmäisenä kerroksena kairaussuunnassa 83 m paksuudelta



GTK

07.04.2016

kvartsiittia, jossa on kapeita amfiboliittisia välikerroksia. Kvartsiitin alla on kerros raitaista, paikoin voimakkaasti magneettista granaattiporfyroblastista amfiboliittia.

Kiimajängän eteläosassa amfiboliittien ja gabrojen yhteydessä on teräväkontaktisia, alle metrin levyisiä ja asultaan usein juonimaisia karsikiviä. Karsien kontakteissa on usein lähes yksinomaan granaatista muodostuva vyöhyke, joka muuttuu terävästi karbonaattivaltaiseksi kiveksi karsivyöhykkeiden keskellä. Kiimajängän pohjoisosassa kivet ovat yleensä eteläosaan verraten voimakkaammin muuttuneita. Karsiutuminen on yleistä ja mafiset kivilajit on yleensä raportoitu joko amfiboliitteina tai karsiamfiboliitteina. Myös varsinaiset karsivyöhykkeet ovat paksumpia, enimmillään noin 10 metriä.

Kiimajängällä amfiboliitteissa on yleisesti rikkikiisupiroetta. Kuparikiisua on rei'issä harvakseltaan lyhyinä, pirotteisina vyöhykkeinä. Kuparimineralisoituminen liittyy tyypillisesti karsikiviin, metasomaattisesti muuttuneisiin kiviin sekä näiden läheisyydessä oleviin amfiboliitteihin ja gabroihiin. Parhaat kuparilävistyksset ovat reiässä T4342014R40, jossa syvyydellä 3.50-12.50 m on 9.00 m matkalla 0.32 % Cu, ja reiässä T4342014R57, jossa on 9.00 m matkalla 0.31 % Cu syvyydellä 7.20-16.20 m (taulukko 5). Molemmissa rei'issä mineralisaatio alkaa kallion pinnasta. Näiden reikien pohjoispuolella sijaitsevassa reiässä T4342015R56 on myös käytännössä kallion pinnasta alkaen, syvyydellä 3.85-9.20 m 5.35 m pituudella 0.27 % Cu. Kyseisen lävistyksen ensimmäisessä analyysissä on välillä 3.85-5.20 m 0.61 % kuparia. Nämä kolme reikää muodostavat yhtenäisen alueen, jossa kuparimineralisaatio kaatuu loivasti länteen ja voi olla jatkuva. Mineralisaatio on auki länteen ja etelään päin. Muissa rei'issä vähintään 0.1 % kuparia sisältävät lävistyksset ovat enintään kolme metriä pitkiä. Metallipitoisuudet ovat kuparia lukuun ottamatta alhaisia pois lukien joitakin yksittäisiä anomalisia kultapitoisuuksia. Korkein analysoitu kultapitoisuus on reiässä T4342014R39, jossa on karsiutuneessa kivessä syvyydellä 34.70-36.80 m 2.10 m pituudella 293 ppb Au. Samassa lävistyksessä on myös huomattava määrä, 0.87 % kuparia.

Kiimajängällä kairatuista rei'istä kerättiin 11 kappaletta noin 10cm pituisia näytteitä petrofysikaalisia mittauksia varten. Mittaukset suoritettiin GTK:n tutkimuslaboratoriossa Espoossa. Mittaustuloksia on käsitelty tämän raportin geofysikaalisia tutkimuksia käsittelevässä osuudessa.

Taulukko 5. Kiimajängän parhaat mineralisaatiolävistyksset.

Reikä-tunnus	Alku	Loppu	Pituus	Cu%	S%	Au ppb
T4342014R39	34.70	36.80	2.10	0.87	1.49	293
T4342014R40	3.50	12.50	9.00	0.32	0.47	44
T4342015R56	3.85	9.20	5.35	0.27	0.57	103
T4342015R57	7.20	16.20	9.00	0.31	0.49	47

3.3 Korvavaara

Korvavaaran kohde sijaitsee Olkkajärven itäpuolella, jonne on helppo kulkea järven rannalla oleville kesämökeille vievää puomilla suljettua tietä pitkin. Alueella havaittiin ensimmäisen kerran kupari- ja kultapitoisuuksia vuonna 1994, jolloin Eero Hanskin kallioperäkartoitusten yhteydessä ottamasta käsinäyttees-tä analysoitiin yli 2 % Cu ja 5 ppm Au. Tehdyn havainnon perusteella GTK suunnitteli ja toteutti alueella vuonna 1996 yhdeksän kairareian ohjelman. Kairarei'illä lävistettiin kordieriitti-antofylliittikiviä, biotiit-



07.04.2016

tigneissejä ja amfiboliitteja. Korkeimmat metallipitoisuudet olivat reiässä M361496R301, jossa oli heti kallion pinnasta alkaen 3.8 metrin matkalla 0.33 % Cu. Lävistyksen rikkaimmassa näytteessä oli 0.6 % Cu ja 1.07ppm Au. Muissa rei'istä otetuissa anlyysinäytteissä oli satunnaisesti 1-2 m matkalla 0.1-0.2 % Cu ja enimmillään 20 ppb Au (Perttunen 1996). Pohjois-Suomen malmipotentialihankkeen tutkimusten keskittyessä Kuluskairan alueelle Korvavaaran kohde arvioitiin aiempien tutkimusten perusteella mielenkiintoiseksi, ja alueelle päätettiin suunnitella uusi kairausohjelma. Myös aiemmin kairatut reiät käytiin läpi Lopen kairasydänarkistolla ja niistä otettiin yhteensä 11 petrologista analyysinäytettä sekä 13 näytettä kiillotettuja ohuthieitä varten. GTK:n Korvavaaralla kairaamien reikien lisäksi Lopella käytiin läpi Outokummun läheisellä Palokorvalammen alueella kairaamat reiät, joista otettiin yksi petrologinen analyysinäyte ja seitsemän jalometallianalyysinäytettä.

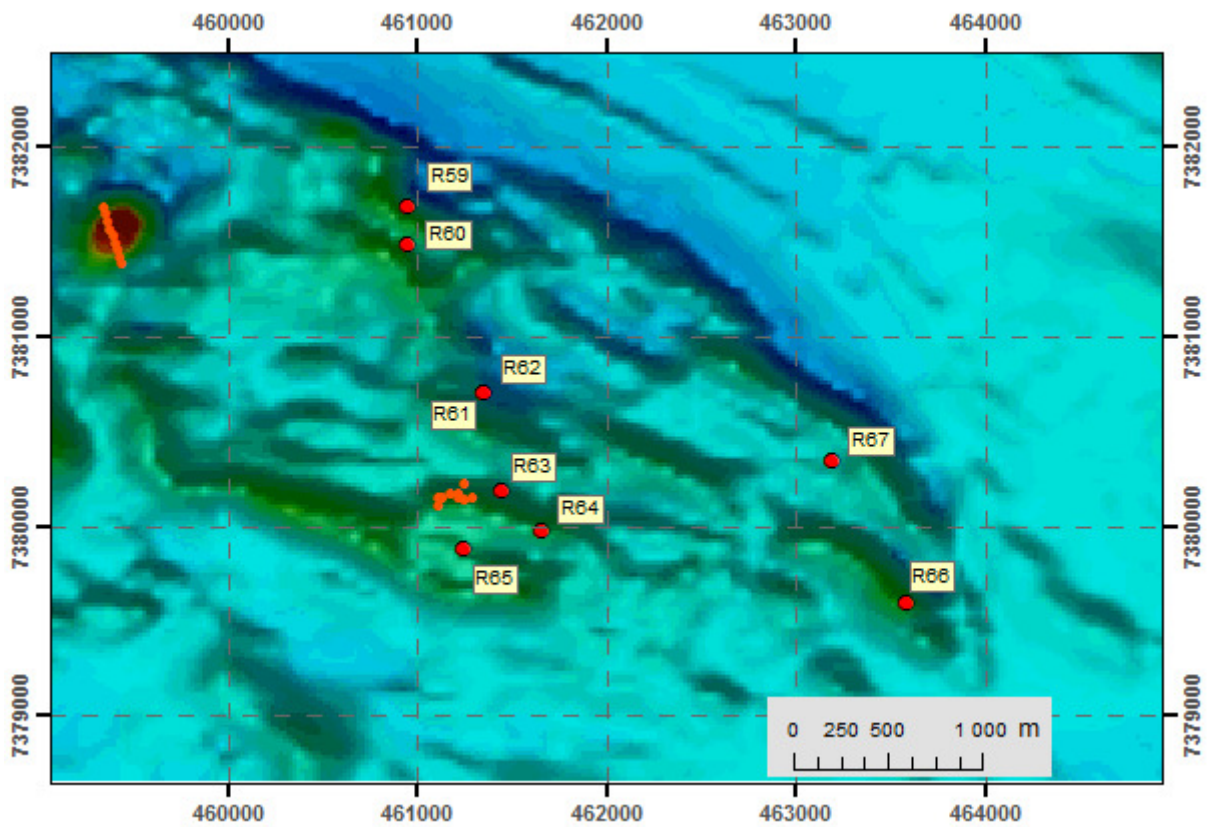
Pohjois-Suomen malmipotentialihanke kairasi Korvavaaralle yhteensä 9 kairareikää, joiden yhteispituus on 1298.40m. Reikien pituudet vaihtelevat 140.2 metrillä 243.8 metriin. Yksi reikä jouduttiin keskeyttämään 26.2 m syvyydellä teknisten ongelmien vuoksi. Kairaukset toteutettiin kahdessa osassa. Ensimmäiset 7 reikää kairattiin vuoden 2015 keväällä ja lisäksi kairattiin vielä kaksi reikää saman vuoden loppupuolella. Kairatut reiät on koottu taulukkoon 6 ja reikien sijainnit on esitetty kuvassa 5. Kairaukset kohdennettiin geofysiikan matalalentomittausaineistossa havaittaviin jokseenkin luode-kaakkosuuntaisiin magneettisiin ja sähkömagneettisiin anomaliajaksoihin. Tavoitteena oli selvittää anomalisten vyöhykkeiden geologiaa sekä etsiä niihin mahdollisesti liittyviä kordieriitti-antofylliittikiviä ja malmimineralisatioita. Kairarei'istä otettiin yhteensä 184 malmianalyysinäytettä ja 5 petrologisia analyysinäytettä. Ohuthienäytteitä ei otettu. Reikäkohtaiset analyysimäärät on lueteltu taulukossa 7.

Taulukko 6. Korvavaaran kairausohjelma.

Kohde	Reikä-tunnus	koordinaatit		korkeus z	Kairaus		Loppusyvyys m
		x	y		Suunta	kaltevuus	
Korvavaara	T4342015R59	7381689	460941	111.56	180	-60	163.40
Korvavaara	T4342015R60	7381495	460943	113.02	180	-50	243.80
Korvavaara	T4342015R61	7380704	461342	111.71	180	-50	199.50
Korvavaara	T4342015R62	7380702	461343	111.73	180	-60	26.20
Korvavaara	T4342015R63	7380192	461446	111.46	180	-45	203.20
Korvavaara	T4342015R64	7379980	461648	108.94	180	-50	146.10
Korvavaara	T4342015R65	7379882	461240	107.64	180	-50	140.20
Korvavaara	T4342015R66	7379600	463575	134.37	45	-50	125.5
Korvavaara	T4342015R67	7380346	463187	174.7	45	-50	50.50
	Yhteensä						1298.40



07.04.2016



Kuva 5. Korvavaaralla kairattujen reikien sijainnit. Taustana matalalentomagneettinen väripintakartta. Kairatut reiät on merkitty punaisella pisteellä ja vanhat kairareivät oranssilla pisteellä.

Taulukko 7. Korvavaaran reikäkohtaiset analyysimäärät.

Reikä tunnus	Tilausnumero	Malmianalyysit		Petrologiset analyysit	
		704	510P	175X	308PM
		kpl	kpl	kpl	kpl
T4342015R59	47686	51	51	2	2
T4342015R60	47686	45	45	1	1
T4342015R61	47685	-	-	1	1
T4342015R63	47685	24	24	1	1
T4342015R64	47685	18	18	-	-
T4342015R65	47685	46	46	-	-
Yhteensä		184	184	5	5



07.04.2016

Suoritettujen tutkimusten perusteella Korvavaaran alue on malmipotentialisesti mielenkiintoinen. Raportin kirjoitushetkellä kairatuista rei'istä oli raportoitu kevään aikana kairatut reiät, joista keskeytetty reikä pois lukien kaikilla lävistettiin karsikiviä, ja yhtä muuta reikää lukuun ottamatta kaikilla lävistettiin antofylliittikiviä tai antofylliittikarsina raportoituja kiviä. Pisimmän yksittäisen antofylliittikarsilävistyksen pituus on kairaussuunnassa suunnassa 84 metriä reiässä T4342015R61. Muita valtakivilajeja kairarei'issä ovat amfiboliitti ja karsiutunut amfiboliitti. Lisäksi rei'issä on vähäisiä määriä biotiittiliusketta ja kvartsi-maasälpäliusketta.

Amfiboliitteihin, antofylliittipitoisiin kiviin ja karsikiviin liittyy enimmäkseen heikohkoja rikki- ja kuparikiisupirotteisia vyöhykkeitä, joissa metallipitoisuudet ovat alhaisia. Yhteensä yhdessätoista yksittäisessä, keskimäärin 1 metrin pituisessa analyysinäytteessä kuparipitoisuus on vähintään 0.1 % ja rikkaimmassa näytteessä on 1.1 metrin matkalla 0.25 % Cu. Rei'issä on kuitenkin kiisuuntuneita vyöhykkeitä ja pisin analysoitu, heikosti kuparikiisupirotteinen vyöhyke on kairaussuunnassa 7.3 m reiässä T4342015R59, mutta kuparipitoisuus on kuitenkin alle 0.1 %. Kultapitoisuudet ovat niin ikään alhaisia, rikkaimmassa yksittäisessä näytteessä on 92 ppb Au.

Kevään 2015 aikana kairatut reiät kohdennettiin magneettisiin anomaliajaksoihin. Anomaliat aiheutuvat todennäköisesti amfiboliiteista, joiden magneettinen susceptiivisuus on käsimitarilla tehtyjen havaintojen perusteella usein muita kiviä voimakkaampi. Paikoin myös antofylliittikivissä ja karsissa on magneettisesti anomalisia vyöhykkeitä, jotka eivät kuitenkaan ole niin voimakkaita kuin amfiboliiteissa. Syksyn aikana kairatuilla kahdella reiällä selvitettiin Korvavaaran itälaidalla sijaitsevan sähkömagneettisen anomaliavyöhykkeen aiheuttaja. Reiässä T4342015R66 lävistettiin lyhyellä matkalla voimakkaasti johtavaa grafiittipitoista liusketta, joka paikallisesti selittää alueella havaitun sähköisen anomalian. Vastaavaa liusketta ei kuitenkaan havaittu toisessa anomaliajaksoon kairatussa reiässä.

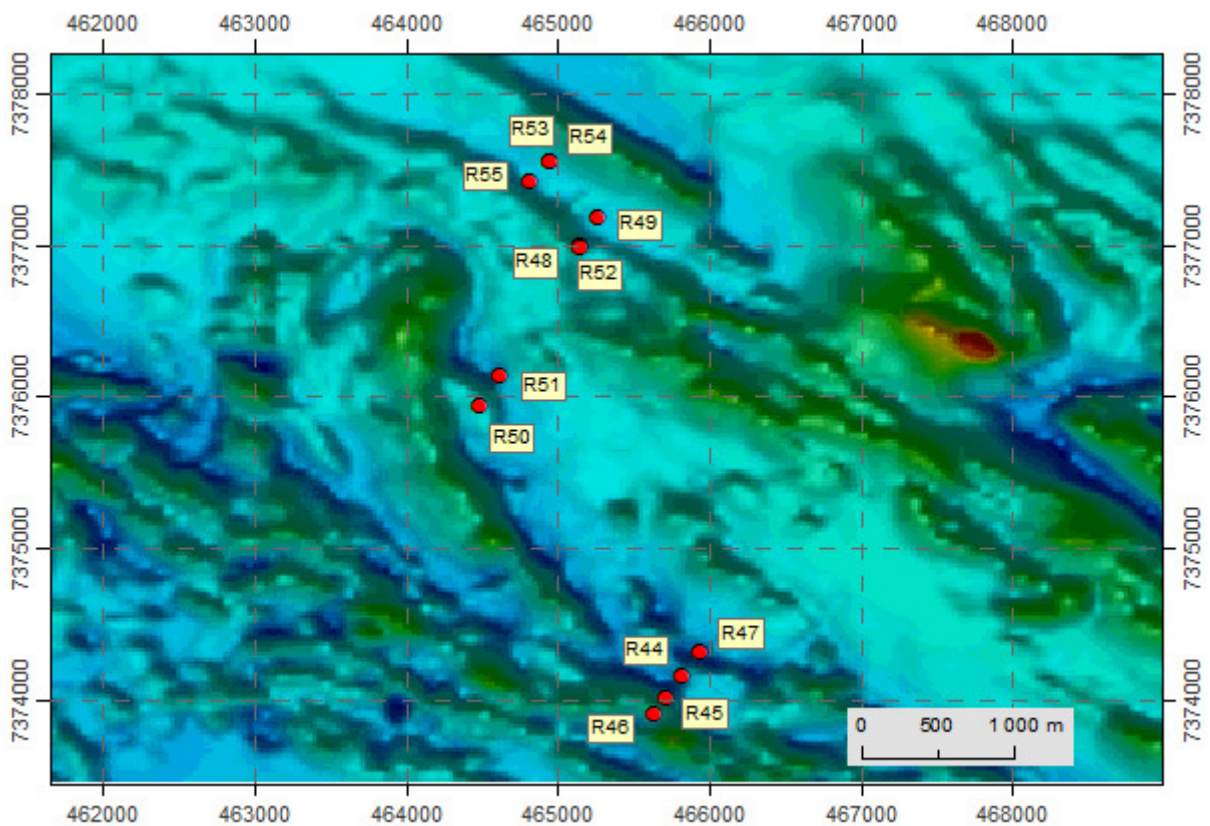
3.4 Sadinmaa

Olkajärven kaakkoispuolella sijaitsevalla Sadinmaalla kairattiin talven 2014-2015 aikana yhteensä 12 reikää, joiden yhteispituus on 929.90 metriä. Kairauspisteitä oli kymmenen, joista kahteen kairattiin kaksi reikää ensimmäinen reiän epäonnistuttua teknisten ongelmien vuoksi. Kairaukset kohdennettiin geofysiikan matalalentomittausaineistossa havaittaviin pitkänomaisiin, kulultaan luode-kaakkosuuntaisiin magneettisiin ja sähkömagneettisiin anomaliavyöhykkeisiin. Tavoitteena oli selvittää anomaliisten vyöhykkeiden ja niiden väliin jäävien alueiden geologiaa. Kairaukset toteutettiin neljässä eri kohteessa, joista kolmessa kairattiin kaksi reikää epäonnistuneet reiät pois lukien, ja yhdessä kairattiin neljän reiän profiili. Reikien väliset etäisyydet kohteilla olivat 130-240 metriä. Sadinmaalla kairatut reiät on lueteltu taulukossa 8 ja reikien sijainnit on esitetty magneettisella ja sähkömagneettisella kartalla kuvissa 6 ja 7.

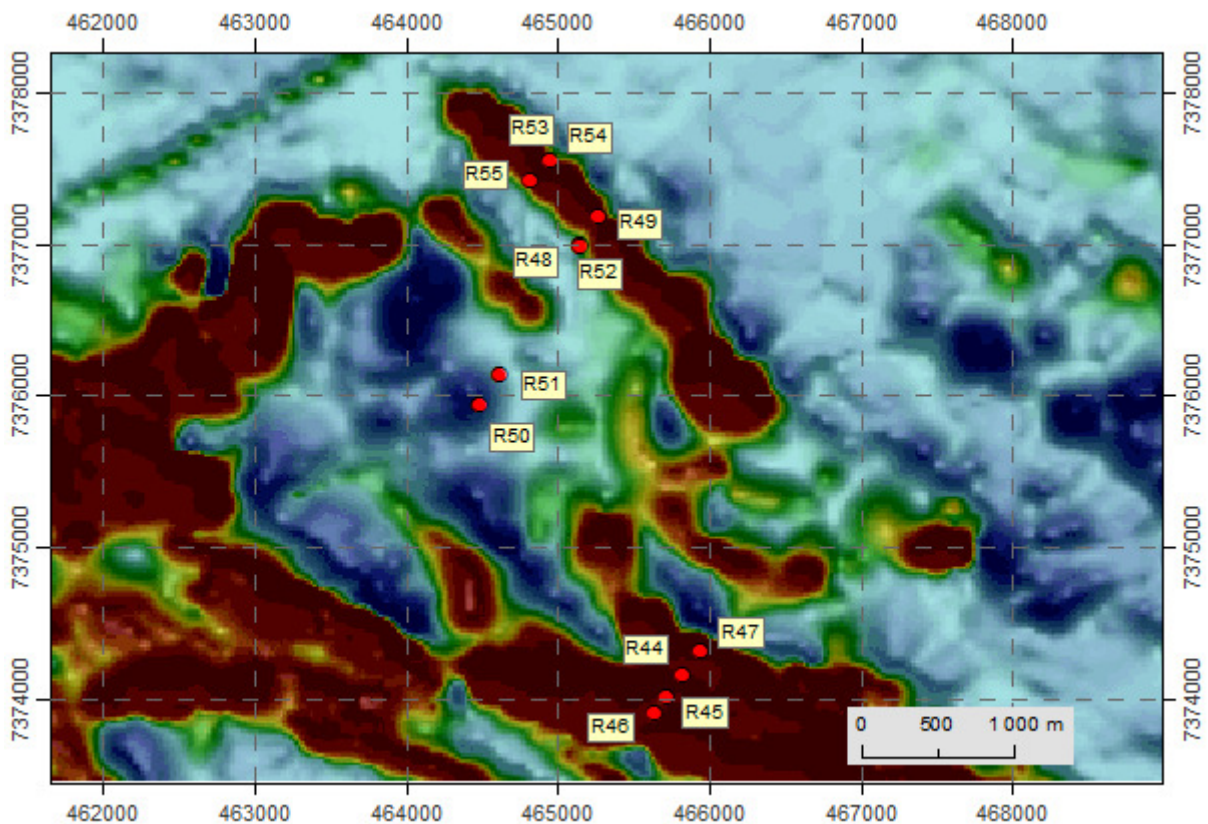
07.04.2016

Taulukko 8. Sadinmaan kairausohjelma.

Kohde	Reikätnnus	koordinaatit		korkeus z	Kairaus		Loppusyvyys m
		x	y		Suunta	kaltevuus	
Sadinmaa	T4342014R44	7374157	465811	121.6	40	-65	59.20
Sadinmaa	T4342014R45	7374016	465706	122.9	40	-65	61.20
Sadinmaa	T4342014R46	7373910	465628	126.5	40	-65	83.20
Sadinmaa	T4342014R47	7374316	465936	120.7	40	-65	71.10
Sadinmaa	T4342014R48	7377000	465136	115.1	40	-65	98.00
Sadinmaa	T4342015R49	7377190	465256	119.1	40	-55	122.20
Sadinmaa	T4342015R50	7375945	464473	113.5	40	-60	140.20
Sadinmaa	T4342015R51	7376145	464606	113.1	40	-60	145.70
Sadinmaa	T4342015R52	7376989	465135	114.8	40	-60	29.20
Sadinmaa	T4342015R53	7377556	464937	122.7	40	-45	50.20
Sadinmaa	T4342015R54	7377557	464941	122.8	40	-40	3.70
Sadinmaa	T4342015R55	7377432	464816	118.1	45	-45	66.00
	Yhteensä						929.90

**Kuva 6.** Sadinmaalla kairattujen reikien sijainnit. Taustana matalalentomagneettinen värinpintakartta. Kairatut reiät on merkitty punaisella pisteellä.

07.04.2016



Kuva 7. Sadinmaalla kairattujen reikien sijainnit. Taustana sähkömagneettisen matalalentoaineiston reaali- ja imaginaari- osien väripintakartta. Kairatut reiät on merkitty punaisella pisteellä.

Maanpaksuus on kairauspaikoilla yleensä 4-6 metriä ja enimmillään noin 11 metriä. Kairatuissa rei'issä valtakivilajeja ovat amfiboliitti, karsiutunut amfiboliitti ja karsikivet. Näiden lisäksi alueella on felsisiä liuskeita ja kapeita grafiittiliuskekerroksia. Karsikiviin ja liuskeisiin liittyy rikkikiisu- ja magneettikiisupirotteisia vyöhykkeitä. Alueen eteläosaan kairatulla neljän reiän profiililla kiisuuntuminen on paikoin voimakasta. Alueella sijaitsevat sähkömagneettiset anomaliajaksot voidaan selittää grafiittiliuskeilla, joiden lisäksi voimakkaasti kiisuuntuneet felsiset liuskeet ja karsikivet voivat myös osaltaan aiheuttaa anomaliaita. Kairauksilla ei lävistetty magneettiipitoisia kivilajeja, joten magneettiset anomaliavyöhykkeet johtuvat magneettikiisupirotteisista kivilajeista.

Sadinmaan kairareijästä tehtiin perus- ja jalometallianalyysi 77 näytteestä ja petrologisia XRF- ja REE-analyysia 14 näytteestä. Kiillotettuja ohuthieita valmistettiin 15 kappaletta. Analysoitujen näytteiden rikkipitoisuudet ovat usein selvästi anomaliaja korkeimmillaan 5.87 %, mutta metallipitoisuudet ovat alhaisia. Korkein yksittäinen kuparipitoisuus on 227 ppm reiässä T4342014R47 syvyydellä 5.90-6.90 m. Jalometallipitoisuudet jäävät lähes kautta linjan määritysrajojen alle. Reikäkohtaiset analyysi- ja ohuthiemäärät on lueteltu taulukossa 9.

07.04.2016

Taulukko 9. Sadinmaan reikäkohtaiset analyysi- ja ohuthiemäärät.

Reikä­tunnus	Tilausnumero	Malmianalyysit		Petrologiset analyysit ja ohuthieet		
		703/704	510P/720P	175X	308PM	KOH
		kpl	kpl	kpl	kpl	kpl
T4342014R44	47683	11	11	2	2	-
T4342014R45	47683	13	13	-	-	-
T4342014R46	47672	28	28	-	-	3
T4342014R47	47672	10	10	-	-	-
T4342014R48	47672, 47689	5	5	3	3	3
T4342015R49	47672	-	-	1	1	1
T4342015R50	47672	-	-	2	2	2
T4342015R51	47672	3	3	3	3	3
T4342015R52	47672	3	3	1	1	1
T4342015R53	47672	3	3	1	1	1
T4342015R55	47672	1	1	1	1	1
Yhteensä		77	77	14	14	15

Reiän T4342014R48 alussa lävistettiin 2.75 m pituudelta karkearakeista ja kohtalaisesti magneettista ultramafista kiveä, joka oletettavasti on kalliota, mutta voi mahdollisesti olla myös lohkar. Reiän läheisyydestä on runsaasti ultramafiittipaljastumia ja suurikokoisia lohkar. Raportoinnin yhteydessä kivessä ei havaittu sulfideja, mutta kahdessa analyysinäytteessä on 0.74 % rikkiä, mikä viittaa sulfidien hienoon raekokoon. Kupari- ja nikkelpitoisuudet ovat alhaisia kuparipitoisuuden ollessa korkeimmillaan 59 ppm syvyydellä 3.35-4.00 m, ja nikkelpitoisuuden ollessa korkeimmillaan 764 ppm syvyydellä 4.00-4.80 m. Kyseiset analyysitulokset perustuvat natriumperoksidisulatteesta tehtyyn analyysiin, eivätkä ne ole suoraan verrannollisia yleisemmin käytettävien kuningasvesiliuotukseen perustuvien analyysien kanssa. Jalometallipitoisuudet jäävät ultramafiitissa alle määritysrajojen pois lukien palladium, jota on syvyydellä 3.35-4.00 m hyvin alhainen 16 ppb pitoisuus.

3.5 Yhteenveto tutkimuskairauksista

Hankkeen suorittamien kallioperäkairauksen perusteella Kuluskairan kallioperägeologia on aiemmin tunnettua monimuotoisempi. Antofylliittipitoisia kiviä on aiempaa oletettua runsaammin, ja niissä on yleisesti kordieriittia aina puhtaisiin kordieriitti-antofylliittikiviin asti.

Olkajärven länsipuolella havaittujen kuparipitoisten lohkar. todennäköiseksi lähtöpaikaksi varmistui Kiimajängän alue, mutta kaikkien mineralisoitujen lohkar. lähtöpaikkoja ei saatu selvitettyä. Parhaat kuparimineralisaatiolävistyks. kairattiin Kiimajängällä, Hietajärvellä tarkistettu ennestään tunnettu kuparimineralisaatio sen sijaan osoittautui pienikokoiseksi. Sadinmaan kairauksissa lävistettiin ultramafinen kivilajiyksikkö, jossa on runsaasti sulfideja mutta rikkipitoisuuteen nähden yllättävän alhainen nikkelpitoisuus. Wolframista tai molybdeenista ei kairauksissa löytynyt merkkejä millään kairauskohteella.



07.04.2016

Suoritettujen kairausten perusteella Kuluskairan magneettiset anomaliavyöhykkeet johtuvat suurelta osin magneettiipitoisista amfiboliiteista, Kiimajängällä myös voimakkaasti magneettisesta gabrosta. Sähköisten anomaliavyöhykkeiden todennäköisiä aiheuttajia ovat grafiittiliuskeet, Sadinmaalla mahdollisesti myös voimakkaasti kiisuuntuneet felsiset liuskeet ja karsikivet.

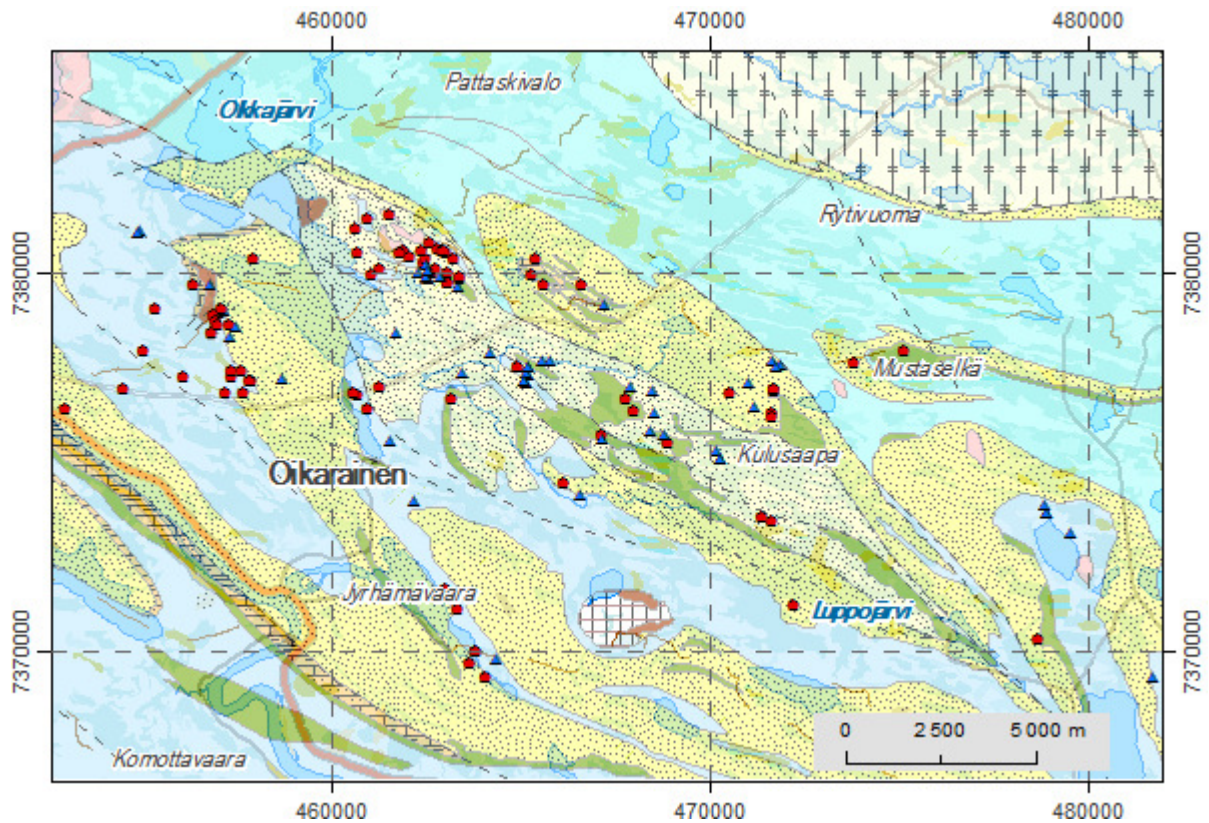
4 REVIDOIVA KARTOITUS JA LOHKARE-ETSINTÄ

Vuosien 2013 ja 2014 aikana Kuluskairalla tehtiin kallioperäkartoitusta ja lohkare-etsintää, jonka tarkoituksena oli revidoida Rautaruukin 1970-1980 luvuilla alueelta löytämiä Cu-W-Mo-Au viitteitä paljastumista ja lohkareista. Samalla tehtiin havaintoja mahdollisista mielenkiintoisista lohkareista tai uusista kalliopaljastumista. Kartoitustöihin osallistuivat tutkimusavustajat Martti Melamies ja Seppo Kurttila, sekä Pohjois-Suomen yksikössä kausiapulaisena työskennellyt geologian opiskelija Matti Latikka. Havaintoja tehtiin yhteensä 88 kpl, joista 70 oli kalliopaljastumista ja 18 lohkarehavaintoa. Kaikkien hankkeen puitteissa tehtyjen maastohavaintojen sijaintipisteet, mukaan lukien jäljempänä mainittavat vuonna 2015 tehdyt havainnot, on esitetty kuvassa 8.

Kerätyistä näytteistä analysoitiin perusmetallit 18 ja jalometallit 19 näytteestä. Korkein Cu pitoisuus oli Kiimajängällä sijaitsevasta karsikivipaljastumasta otetussa näytteessä MJLA-2013-17.2, jossa on 1.94 % kuparia ja 497 ppb kultaa. Korkein kultapitoisuus on kuparikiisu- ja malakiittipitoisessa karsikivipaljastumanäytteessä MJLA-2013-14.1, jossa on 2860 ppb Au ja lisäksi 1.16 % Cu. Useissa muissa näytteissä on anomalinen rikkipitoisuus, mutta perus- ja jalometallipitoisuudet ovat alhaisia. Petrologisia analyyseja tehtiin 10 näytteestä, joista neljästä analysoitiin myös hiili Labtiumin 811L menetelmällä. Tilauksittain lajitellut analyysimäärät vuoden 2015 lohkare-etsintänäytteet mukaan lukien on esitetty taulukossa 10.



07.04.2016



Kuva 8. Kuluskairalla hankkeen aikana tehtyjen kallioperä- ja lohkarehavaintojen sijainnit. Kallioperähavainnot on merkitty punaisella pisteellä ja lohkarehavainnot sinisellä kolmiolla. Taustalla DigiKP. Pohjakartta: ©Maanmittauslaitos ja HALTIK.

Taulukko 10. Kartoitus ja lohkare-etsintänäytteistä tehdyt analyysit.

Vuosi	Tilausnumero	Malmianalyysit			Petrologiset analyysit		
		704P	510P	720P	175X	308PM	811L
		kpl	kpl	kpl	kpl	kpl	kpl
2013	47595	16	16	-	-	-	-
2014	47656	3	2	-	10	10	4
2015	47689	-	-	31	6	-	-
Yhteensä		19	18	31	16	10	4

07.04.2016

Kenttäkauden 2015 aikana Kuluskairan alueella jatkettiin vuosina 2013-2014 aloitettua revidointia. Maastotöihin osallistivat tutkimusavustaja Martti Melamies sekä kausiapulaisina työskennelleet geologian opiskelijat Juuso Pynttari ja Ville Vesilahti. Havaintoja tehtiin yhteensä 61 kpl, joista 26 oli kalliopaljastumista ja 35 lohkareista. Suurin osa havainnoista on tehty diopsidikarsista, antofylliittikivistä sekä karsiutuneista amfiboliiteista, joista osassa havaittiin kuparikiisua tai scheeliittiä. Sadinmaan alueelta löydettiin entuudestaan tuntemattomia sulfidipitoisia ultramafiittipaljastumia ja todennäköisesti paikallisia ultramafiittilohkareita.

Näytteiden mahdollisen scheeliittipitoisuuden vuoksi perusmetallianalyysit tehtiin Labtiumin 720P metodiin perustuvalla natriumperoksidisulatteesta tehtävällä ICP-OES määrittelyllä, jolla saadaan selvitettyä myös näytteen volframipitoisuus. Perus- ja jalometallianalyysi tehtiin yhteensä 31 näytteestä, joiden lisäksi 6 näytteestä tehtiin petrologinen analyysi XRF-menetelmällä (taulukko 15). Korkeimmat kuparipitoisuudet ovat diopsidikarsinäytteissä JVPY-2015-16.1, JVPY-2015-18.2 ja JVPY-18.1, joissa on kuparia 0.70 %, 0.51 % ja 0.44 %. Jälkimmäisessä näytteessä on lisäksi 0.13 % volframia, mikä on ainoa näyte, jossa volframipitoisuus kohosi yli määritysrajan. Lohkarehavaintojen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että tutkimusalueen kallioperässä on kupari ± scheeliittipitoisia karsihorisontteja, joita ei vielä ole paikallistettu.

Ultramafiittinäytteissä on yleisesti kohonneita rikkipitoisuuksia, tyypillisesti yli 1.4 % ja korkeimmillaan 2.73 % S, mutta perusmetallipitoisuudet ovat alhaisia. Yli 0.10 % nikkeliä sisältäviä ultramafiittinäytteitä on neljä kappaletta, joista rikkaimmassa (näyte MTM\$-2015-31.1) on 0.14 % Ni, mutta alhainen 0.14 % S pitoisuus. Kuparipitoisuus jää kaikissa analysoiduissa ultramafiittinäytteissä alle 0.01 %:n. Rikkipitoisuuden nähden perusmetallipitoisuudet ovat siis alhaisia. Huomionarvoista on, että 720P menetelmällä saadut nikkelpitoisuudet ovat lähes yhteneväisiä XRF menetelmällä saatujen tulosten kanssa menetelmien välisten tuloserojen ollessa alle 0.01 %. Tämä viittaa siihen, että ultramafiiteissa on hyvin vähän silikaatteihin sitoutunutta nikkeliä.

Jalometallipitoisuudet jäävät suurimmassa osassa näytteistä määritysrajan alapuolelle. Korkein kultapitoisuus on antofylliittikivilohkarenäytteessä MTM\$2015-41.1, jossa on 366 ppb Au. Lisäksi kolmessa diopsidikarsinäytteessä, joista yksi on aiemmin mainittu scheeliittipitoinen näyte JVPY-18.1, on 122-169 ppb Au. Korkein analysoitu Pd-pitoisuus ultramafiitit mukaan lukien on 49 ppb antofylliittikivistä ja Pt-pitoisuus 25 ppb amfiboliitista.

07.04.2016

5 ALUEELLA SUORITETUT MAAPERÄGEOLOGISET SEKÄ MOREENIGEOKE-MIAALLISET TUTKIMUKSET

5.1 Tutkimusmontutus

Kuluskairan tutkimusalueella tehtiin syyskesällä 2013 tutkimusmontutus, jonka tarkoituksena oli kartoittaa alueen maaperägeologisia olosuhteita. Alueen moreenimaille kaivettiin yhteensä 44 tutkimusmonttua (kuva 9) olemassa olevaa tiestöä hyödyntäen. Tutkimuskaivannoista otettiin yhteensä 83 geokemian näytettä (analyysitilausnumero 47613), 66 raskasmineraalinäytettä, sekä tehtiin kolme suuntauslaskua. Lisäksi uurrehavaintoja tehtiin alueen kalliopaljastumista. Havainnot (AMPE-2013-430-474) on tallennettu GTK:n tietokantaan.

Tutkimusmonttujen keskimääräinen syvyys oli 2.9 m syvyyden vaihdella 0.5 m ja 5.0 m välillä. Alhainen keskisyvyys johtuu osittain siitä, että projektin käytössä olleella kaivinkoneella pystyttiin kaivamaan tehokkaasti vain noin neljän metrin syvyyteen. Lisäksi alueen moreenissa yleisesti esiintyvät suuret lohkat vaikeuttivat usein kaivamista. Syvin monttu kaivettiin vanhalle maanotto paikalle tien varteen. Kallio tavoitettiin 11 montussa, jotka sijoittuvat tasaisesti koko tutkimusalueelle. Kolmessa montussa kalliovarmistus jäi epäselväksi.

Moreeni on alueella pääasiassa vaalean ruskeaa tai vaalean harmaata, massamaista ja hiekkaista. Moreenin kivien koko on pääasiassa < 20 cm ja niiden pyöristyneisyys vaihtelee kulmikkaista pyöristyneisiin (kuva 10a). Etenkin Olkkajärven länsipuolella sekä tutkimusalueen pohjoisosassa Rantakivaloilla moreenissa on mukana hyvin pyöristyneitä graniittilohkareita. Tutkimusalueen keskellä havaittiin vyöhyke, jossa moreeni sisälsi erityisen runsaasti lohkareita. Kolmessa tutkimuskaivannossa havaittiin siniharmaa moreeni päällimmäisen moreenin alla (kuva 10b). Hirvaksen (1991) kuvauksessa siniharmaa moreeni on nimetty moreenipatja III:ksi, joka kerrostui jäätikön virratessa luoteesta kaakkoon. Hirvaksen tekemissä suuntauslaskuissa noin viidenneksessä ei saatu tälle moreenille kunnollista suuntausmaksimia. Syyksi arveltiin nuoremman moreenin kerrostumista, jonka seurauksena aiheutui häiriöitä vanhemman moreenin klastien suuntaukseen. Myöskään Kuluskairassa ei siniharmaasta moreenista tehdyssä suuntauslaskussa saatu kunnollista suuntausta.

Tutkimusalueen kalliopaljastumista sekä kalliosta tutkimuskaivantojen pohjalta mitattiin useista uurteista suunta 270°-280° jäätikön kuljetussuunnaksi. Lisäksi tehtiin muutama hieman epävarma havainto 300°-320° suuntaisesta kuljetuksesta. Suuntauslaskujen tulokseksi saatiin vain yksi selkeä 270° suuntainen tulos, sillä tutkimusalueen kivinen moreeni ei ollut optimaalista suuntauslaskujen tekemiseen. Kuitenkin alueen uurrehavainnot vastaavat laserkeilausaineistossa (kuva 9) voimakkaasti näkyvää jäätikön kuljetussuuntaa 280° sekä heikommin näkyvää 300°-320° suuntaa. Hirvas (1991) on kuvannut nämä virtausuunnat jäätikön virtausvaiheiksi II ja III.

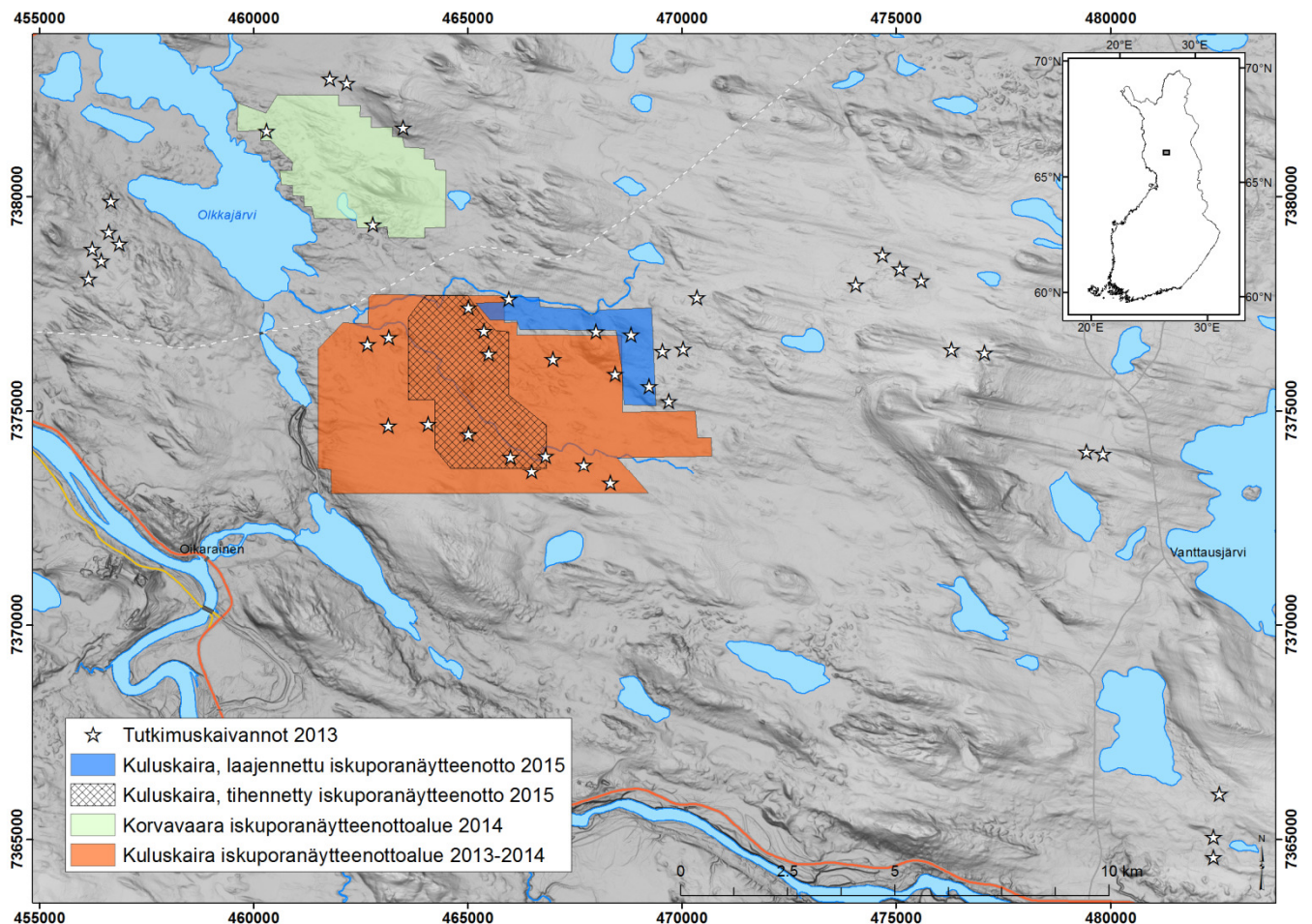
Tutkimusmontuista kerätyille moreenigeokemian näytteille (< 0.06 mm fraktio) tehtiin monialkuainemääritys ICP-OES ja ICP-MS – menetelmillä sekä analysoitiin Au ja Pd GFAAS - menetelmällä (Labtium Oy:n koodit 515PM sekä 521U, tilaus 47613). Analyysituloksissa poikkeavan korkeita pitoisuuksia ei esiintynyt. Kultatuloksissa on muutama korkea pitoisuus (max 76 ppb Au, monttu AMPE-2013-446).



07.04.2016

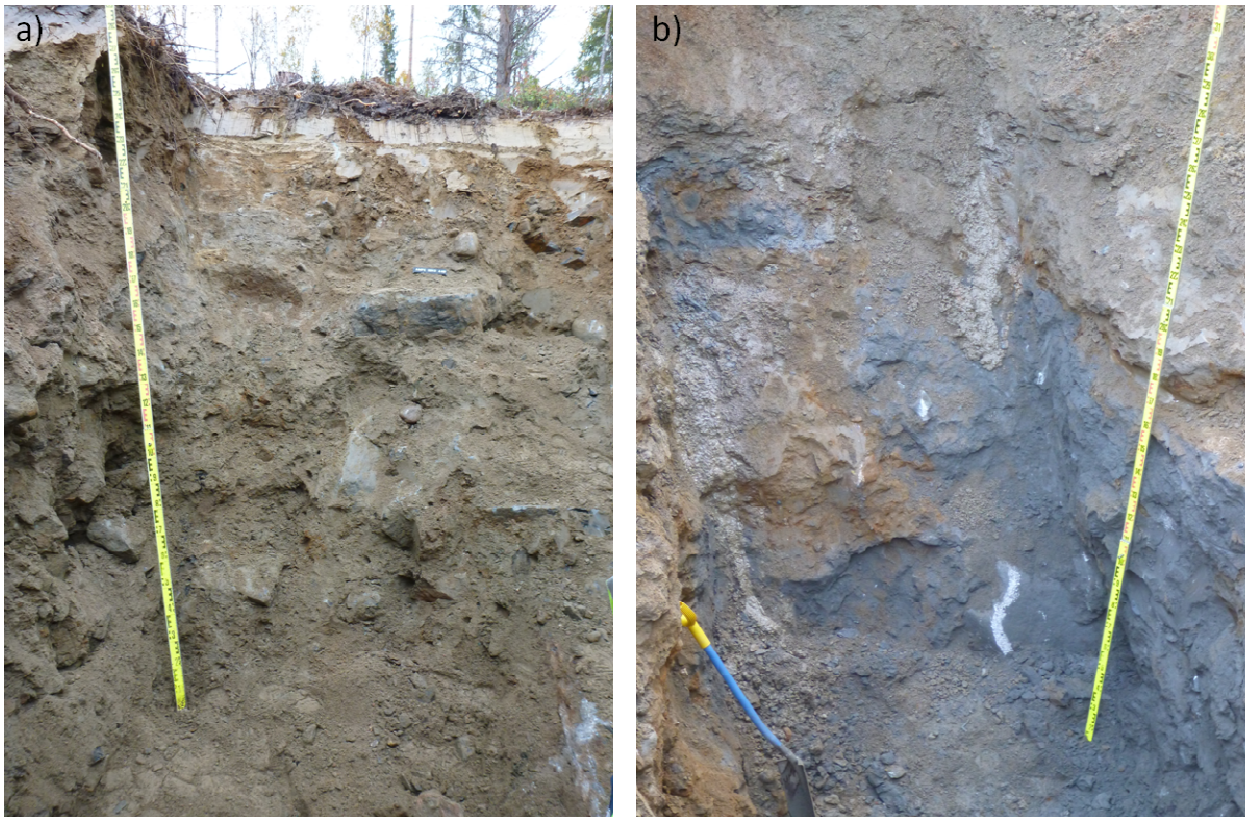
Raskasmineraalinäytteistä rikastettiin < 1.0 mm fraktio Knelsonilla GTK:n mineraalitekniikan laboratoriossa Outokummussa. Mikrovaskattu rikaste mikroskopoitii kultarakeiden ja kiisujen löytämiseksi. Rikasteet tarkastettiin myös UV-valolla scheeliittirakeiden löytämiseksi. Tulosten perusteella scheeliittiä on rikasteissa varsin yleisesti muutamia rakeita. Myös kultarakeita löydettiin lähes jokaisesta näytteestä (max 7 Au rautta). Kiisuista pyriittä sekä kuparikiisua löydettiin muutamista näytteistä. Kuparikiisurakeita löydettiin useasta raskasmineraalinäytteestä Kulusjoen eteläpuolelta.

Kuluskairassa tehtiin GTK:n NovTecEx –hankkeeseen liittyen sonic drilling testausta (Sarala, 2015) kairaamalla Kuluskentien varteen neljä reikää. Menetelmällä saadaan jatkuvaa näytettä maaperästä (näytteen halkaisija 85 mm) sekä 1-3 m näyte myös kallioperästä. Kallio tavoitettiin näissä rei'issä 2.6 m – 12.8 m syvyydellä.



Kuva 9. Tutkimusmonttujen sekä iskuporanäytteenottoalueiden sijainti Sadinmaalla (Kuluskaira) ja Korvavaarassa 2013–2015. Pohjakartat: © Maanmittauslaitos.

07.04.2016



Kuva 10. a) Tyypillistä kivistä moreenia Kuluskairassa, havainto AMPE-2013-446 sekä b) siniharmaata moreenia, havainto AMPE-2013-442. Kuvat: A. Taivalkoski.

5.2 Iskuporanäytteenotto

Kuluskairan tutkimusalueella tehtiin hankkeen aikana iskuporanäytteenottoa useassa eri vaiheessa: ensimmäinen laajempi näytteenotto talvella 2013–2014 sadinmaan alueella (toteutuma 374 pistettä), toinen näytteenotto Korvavaaran alueella keväällä 2014 (toteutuma 166 pistettä), sekä tihennetty (toteutuma 104 pistettä) ja laajennettu näytteenotto Sadinmaalla (suunnitelma 47 pistettä) marras-joulukuussa 2015 (kuva 9). Tihennetty näytteenotto toteutettiin kaksinkertaistamalla alueen näytepistemäärä ottamalla jokaisesta neljän näytepisteen muodostaman neliön keskipisteestä uusi näyte. Sadinmaalla kaikki näytteenotot tehtiin 300 m verkkoon (piste- ja linjaväli 300 m) ja Korvavaaran alueella 250 m verkkoon. Näytteenotto suoritettiin GTK:n omalla tela-alustaisella iskuporakalustolla ja näytteenottajina toimivat Teknisten palveluiden näytteenottajat. Havaintojen tallentamista varten näytteenottajilla oli mukana näytteenotossa maastotallennin, johon asennetulla ArcMap –pohjaisella Pikku Maapeli –sovelluksella tallennettiin havainnot sekä näytetiedot.

Näytteet otettiin ensimmäisessä vaiheessa sadinmaalla ja Korvavaarassa rapakalliosta sekä pohjamooreenista, noin metrin korkeudelta kallion pinnasta. Vuonna 2015 Sadinmaalla otettiin moreeninäyte myös pintamooreenista noin metrin syvyydeltä. Näytteenottoa vaikeutti koko alueella erittäin kivinen moreeni, jonka vuoksi kaikkia moreeninäytteitä ei välttämättä ole saatu kallion pinnasta. Kuitenkin Sadinmaan ete-

07.04.2016

läösassa tehtyjen kairausten perusteella näyttäisi siltä, että iskuporanäytteet on saatu otettua melko läheltä kallion pintaa. Rapakalliosta saatiin hyvin vähän näytteitä ja ne olivat pääasiassa kiilleliuskeita ja –gneissejä.

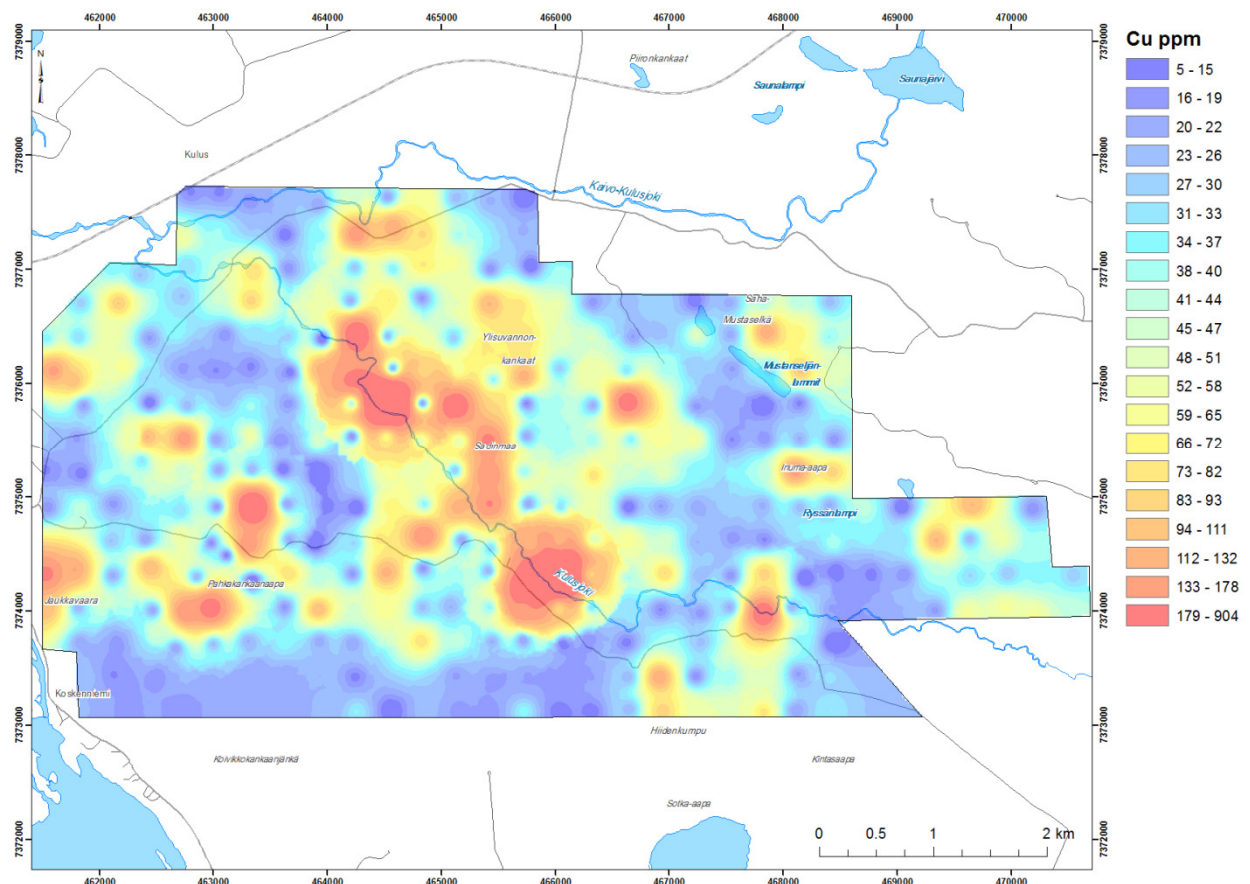
Kaiken kaikkiaan sekä moreeni- että rapakallionäytteitä otettiin yhteensä n. 1190 kpl, joista suurin osa moreeninäytteitä. Rinnakkaisnäytteitä otettiin laaduntarkkailua varten 5 % havaintopaikoista, kuitenkin vähintään kolme kappaletta. Ennen analyysiin lähettämistä näytteet tarkistettiin, ja tarvittaessa maalajit korjattiin tietokantaan sekä mitattiin käsi-XRF -laitteella. Analyysiin valittiin aina pohjimmainen moreeninäyte. Koska alueen moreeni on paikoitellen erittäin kivistä, pieni osa iskuporanäytteistä oli erittäin karkearakeisia tai näytemäärä oli vähäinen, eikä näissä näytteissä olisi ollut analyysiä varten riittävästi näytemateriaalia. Tällöin otetuista moreeninäytteistä valittiin analyysiin laadukkaampi sekä riittävästi näytemateriaalia sisältänyt näyte. Rapakallionäytteet lähetettiin kaikki analysoitavaksi. Moreenigeokemian näytteille (< 0.06 mm fraktio) tehtiin tutkimusmonttunäytteiden tavoin monialkuainemääritys ICP-OES ja ICP-MS – menetelmillä sekä analysoitiin Au ja Pd GFAAS – menetelmällä (Labtium Oy:n koodit 515PM sekä 521U). Rapakallionäytteet jauhettiin ja analysoitiin samoilla menetelmillä. Sadinmaan ja Korvavaaran iskuporatyömaihin liittyvät tilausnumerot 47630, 47631, 47651, 47652, 47698 ja 47699. Viimeisiä näytteitä ei vuoden 2015 aikana ehditty raportoida tai lähettää analysoitavaksi, joten näiden näytteiden tilausnumerot ei vielä ollut tiedossa. Kaikki havainnot tallennetaan tarkistusten jälkeen GTK:n tietokantaan.

Sadinmaan sekä Korvavaaran iskuporanäytteiden analyysitulosten tarkastelua varten määritettiin aineistoista alkuainekohtaiset anomaliakynnykset ja spatiaalista tarkastelua varten tehtiin ArcMap – ohjelmalla interpoloidut (IDW) karttakuvat alkuaineittain. Tulosten laatua on tarkasteltu Sadinmaan osalta raportissa ”Rovaniemen Kuluskairan iskupora-aineisto – laaduntarkastusraportti” (Taivalkoski, 2014).

Sadinmaan ensimmäisen iskuporanäytteenoton tuloksista muodostuu kuparianomalia (max 918 ppm Cu, kuva 11) näytteenottoalueen keskelle Kulusjoen varteen. Korvavaaran kohteessa kuparilla esiintyy myös korkeita pitoisuuksia (max 762 ppm Cu), jotka keskittyvät Korvavaaran pohjois- ja lounaisosiin. Kulta esiintyy molemmilla näytteenottoalueilla yksittäisinä korkeina pisteinä. Nikkeli, magnesium, koboltti ja kromi muodostavat pienialaisen anomalian Sadinmaan pohjoisosaan. Korvavaaran tuloksissa sama alkuaineyhdistelmä (Mg, Ni, Cr, Co) tulee esille hyvin voimakkaasti Korvavaaran eteläosassa tunnetun, pienialaisen ultramafisen yksikön kohdalla. Tämän perusteella vaikuttaisi siltä, että ainakin osassa Kuluskairan tutkimusaluetta moreeni on melko paikallista ja se kuvastaa siten hyvin alla olevaa kallioperää.



07.04.2016



Kuva 11. Moreenin Cu-pitoisuus (ppm) Kulusjokivarressa. Interpoloitu (IDW) karttakuva. Pohjakartat: © Maanmittauslaitos ja HALTIK.

Sadinmaan mielenkiintoisten kuparitulosten johdosta näytteenottoalueen keskelle suunniteltiin tihennetty iskuporanäytteenotto, jonka tarkoituksena on saada rajattua tarkemmin alueen kuparianomia sekä selvittää anomalian alkuperää. Näytteenotto toteutettiin marraskuussa 2015. Lisäksi alkuperäistä näytteenottoaluetta laajennettiin 47 iskuporapisteellä löytyneiden kuparipitoisten lohkeiden alkuperän selvittämiseksi. Tämä näytteenotto tehtiin joulukuussa 2015. Vuoden 2015 iskuporanäytteenottoalueet näkyvät kuvassa 9. Analyysituloksia vuoden 2015 näytteisiin ei vielä ole saatavilla.

5.3 Yhteenveto maaperägeologisista ja moreenigeokemiallisista tutkimuksista

Kuluskairalla suoritettujen moreenigeokemiallisten tutkimusten perusteella alueen moreenipeitteessä on anomalia metallipitoisuuksia, lähinnä kuparipitoisuuksia. Anomalia pitoisuuksia aiheuttavan aineksen lähtöpaikkaa ei hankkeen puitteissa kuitenkaan pystytty paikallistamaan. Alustavien tulosten perusteella moreeni on tutkituilla kohteilla todennäköisesti melko paikallista, jolloin näyttemateriaalin lähtöalue ei



GTK

07.04.2016

liene kovin kaukana havaintopaikasta. Aikaisemmissa tutkimuksissa alueella havaittua scheeliittiä on hankkeen aikana otetuissa raskasmineraalinäytteissä yleisesti vähäisiä määriä.

6 ALUEELLA SUORITETUT GEOFYSIKAALISET TUTKIMUKSET

6.1 Lentogeofysiikka

Raportissa käsiteltävä Kuluskairan alue on lennetty Suomen matalalento-ohjelmassa vuonna 1982. Lentosuuntana on ollut pohjoinen-etelä, linjavälinä 200 metriä ja lentokorkeutena n. 35 metriä. Mittausmenetelminä ovat olleet magneettinen, sähkömagneettinen ja radiometrinen mittaus. Menetelmät on kuvannut tarkemmin Airo *et al.* (2005).

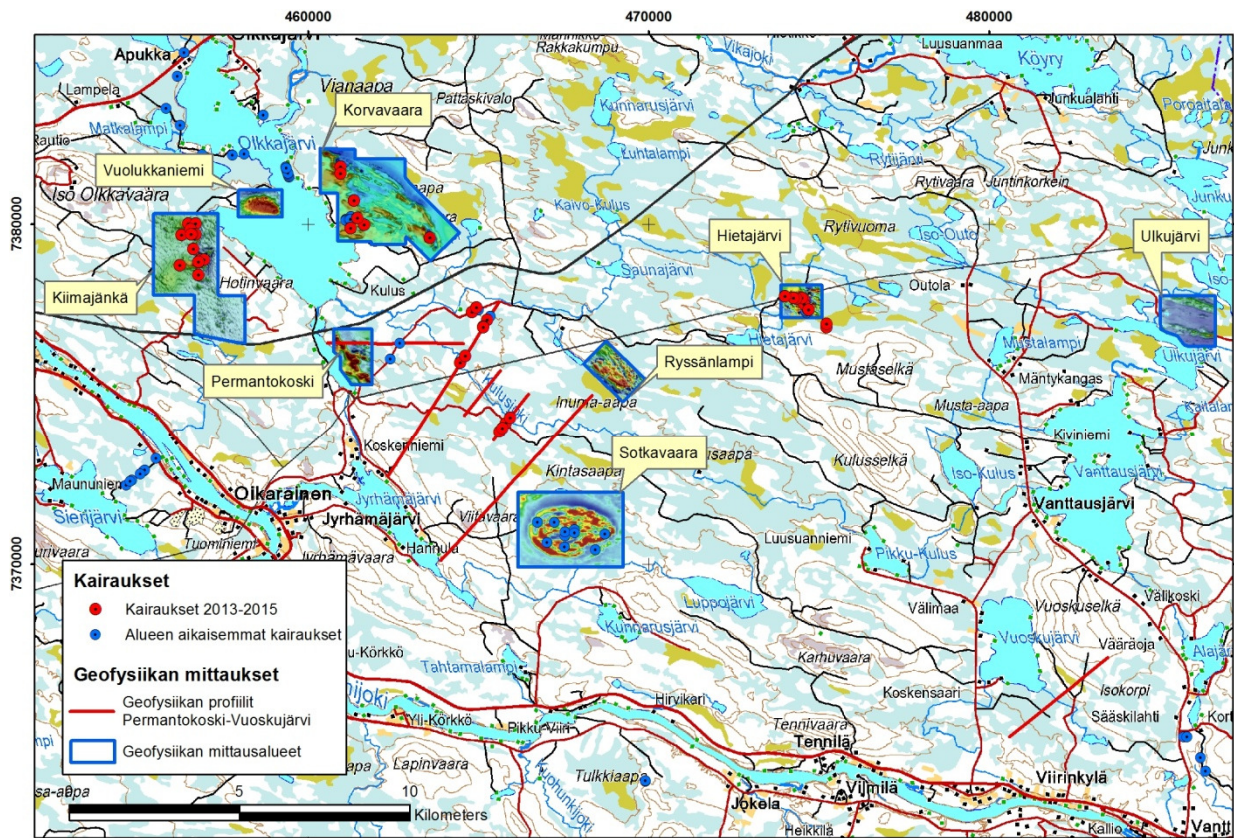
6.2 Geofysiikan kohteelliset maastomittaukset

Kohteellisia systemaattisia geofysiikan mittauksia on alueella tehty useissa eri kohteissa hankkeen aikana vuosina 2013-2015. Myös alueen aikaisempien tutkimusten yhteydessä on tehty geofysiikan mittauksia (Perttunen 1996; Törmänen *et al.* 2011), joita mm. Korvavaaran alueella on täydennetty ja laajennettu uusilla mittauksilla. Tutkimusalueen geofysiikan mittausmäärät menetelmittäin on esitetty taulukossa 11. Kuvassa 12 on esitetty indeksikartta mittauskohteiden sijainnista. Kohteellisia geofysiikan mittauksia on hyödynnetty alueen näytteenoton suunnittelussa.

Taulukko 11. Kuluskairan tutkimusalueen geofysiikan mittausmäärät menetelmittäin eri mittauskohteilla vuosina 2013-2015.

Area	Magnetic		VLF-R		Gravity		IP		AMT
	line_km	points	line_km	points	line_km	points	line_km	points	points
Korvalampi							16.1	828	
Korva-aapa/ Korvavaara	126	12697	32.8	1701	33	1716			20
Vuolukkaniemi	20.2	3820	9.4	480	6	324	11.7	604	
Kiimajänkä	131.6	13241	19.5	1005	35	1783	49.7	2547	16
Permantokoski-Vuoskujärvi	23.8	2392	23.8	1196	23.8	1194			
Ryssänlampi	31.3	3173	17.1	895	18	936	13.6	716	
Sadinmaankankaat	1.5	1307	0.4	21					
Hietajärvi	22.6	2292	11.7	614	10.5	542	9.1	471	
Ulkujärvi	22.4	12632					11.1	561	
Total	379.4	51554	114.7	5912	126.3	6495	111.3	5727	36

07.04.2016



Kuva 12. Geofysiikan mittausalueiden ja -profiilien sijainti Rovaniemen Kuluskairassa vuosina 2013 - 2015. Sotkavaaran ja Permantokosken kohteet sekä osa Korvavaaran kohteesta on mitattu alueen aikaisempien tutkimusten yhteydessä. Karttaan on merkitty myös alueen kairauspisteet. Pohjakartat: © Maanmittauslaitos.

6.3 Reikämittaukset

Vuonna 2013 joulukuussa tehtiin Sotkavaarassa latauspotentiaalimittauksia kahdessa reiässä M361409R399 sekä T4342012R12 (ks. taulukko 12). Mittausten tarkoituksena oli pyrkiä selvittämään vuonna 2009 kairatussa reiässä R399 syvyydellä 252.5 m lävistetyn n. 20 cm leveän lähes kompaktin magneettikiisu-pentlandiitti-kuparikiisujuonen mahdollisia jatkeita (252,20-252,50 2,11% Ni, 0,47% Cu ja 0,26% Co) (Törmänen et al. 2011). Mittaukset tehtiin Gefinex 100 mittalaitteella.

Taulukko 12. Latauspotentiaalimittaukset Sotkavaarassa 2013 Gefinex 100 mittalaitteella.

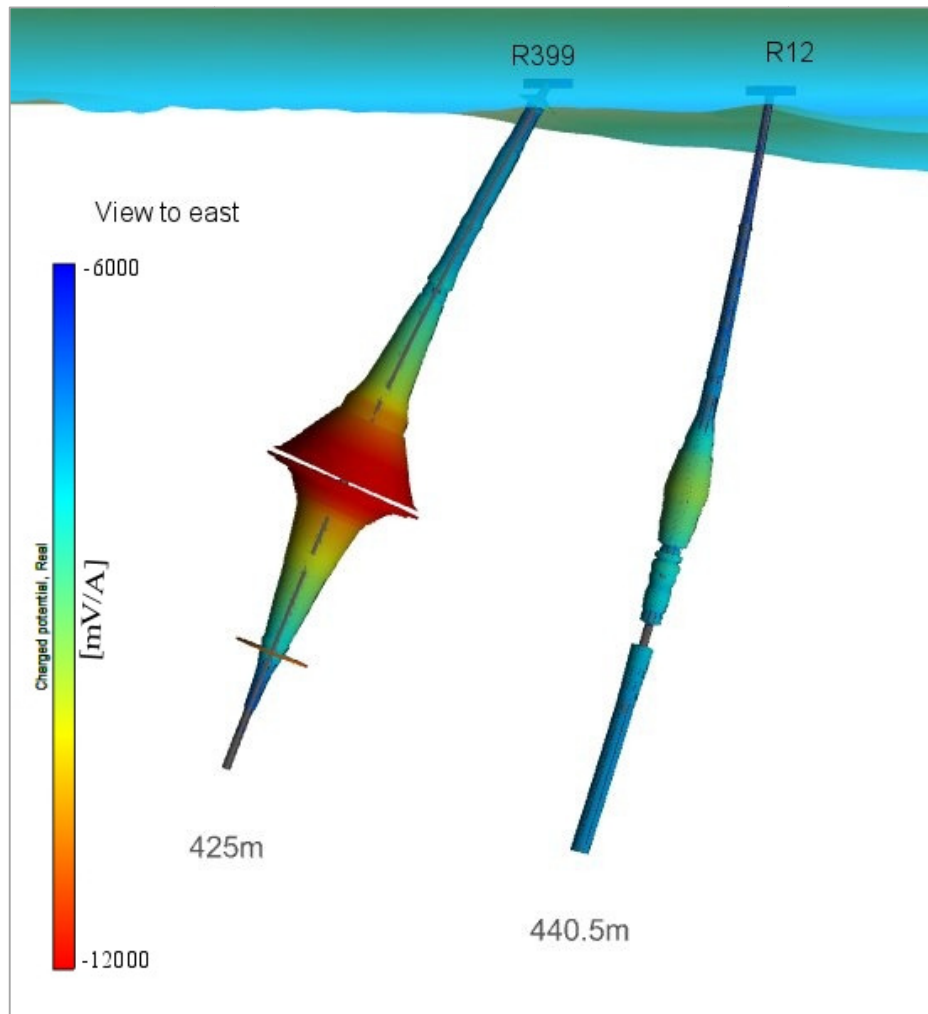
Drill hole	Coordinates (m) Y, X (KKJ)	Dir, Dip (°)	Lenght (m)	Measurement From-To (m)	Points
M361409R399	3467710, 7374045	360, 61	425	10-418	205
T4342012R12	3467715, 7373917	360, 80	440.5	6-360	178



GTK

07.04.2016

Latauspotentiaalimittauksen tuloksia on esitetty kuvassa 13. Virtamaadoitus mittauksissa oli tunnetussa lävistyksessä reiässä R399 syvyydellä 252.5 m. Mittaustulokset eivät indikoineet suuria johtavia kappaleita (sulfideja?), mutta reiässä R12 havaittu pienehkö anomalia ei täysin sulje pois tunnetun lävistyksen jatkeiden olemassaoloa. Asian tarkistaminen vaatisi lisäkairauksia tai uusia reikämittauksia.



Kuva 13. Latauspotentiaalimittaukset Sotkavaaran kairanrei'istä R399 ja R12. Virtamaadoitus reiässä R399 syvyydellä 252.5 m. Mitatun potentiaalin reaali osa on esitetty kuvassa värillä sekä reiän paksuudella.

6.4 Petrofysiikka

Hietajärven tutkimusalueen kairauksista tehtiin kahden reiän kairasydämistä petrofysiikan laboratoriomittaukset tarkoituksena selvittää kairauksissa tavattujen antofylliitti ja kordieriitti-antofylliitti kivien tiheyksien ja magneettisen susceptibiliteetin arvoja suhteessa amfiboliitteihin, joita kairauksissa yleisesti tavataan. Kairasydänmittausten näytevälinä oli 1 m. Mitatut kairanreiät on esitetty taulukossa 13. Tulosten

07.04.2016

perusteella antofylliittikivien mediaani tiheys ja susceptibiliteetti ovat amfiboliitteihin verrattuna suuremmat (ks. taulukko 14) . Amfiboliittien arvojen suuren hajonnan vuoksi (ks. Kuva 14) niitä on käytännössä kuitenkin vaikea erottaa maastomittausten perusteella antofylliittikivistä.

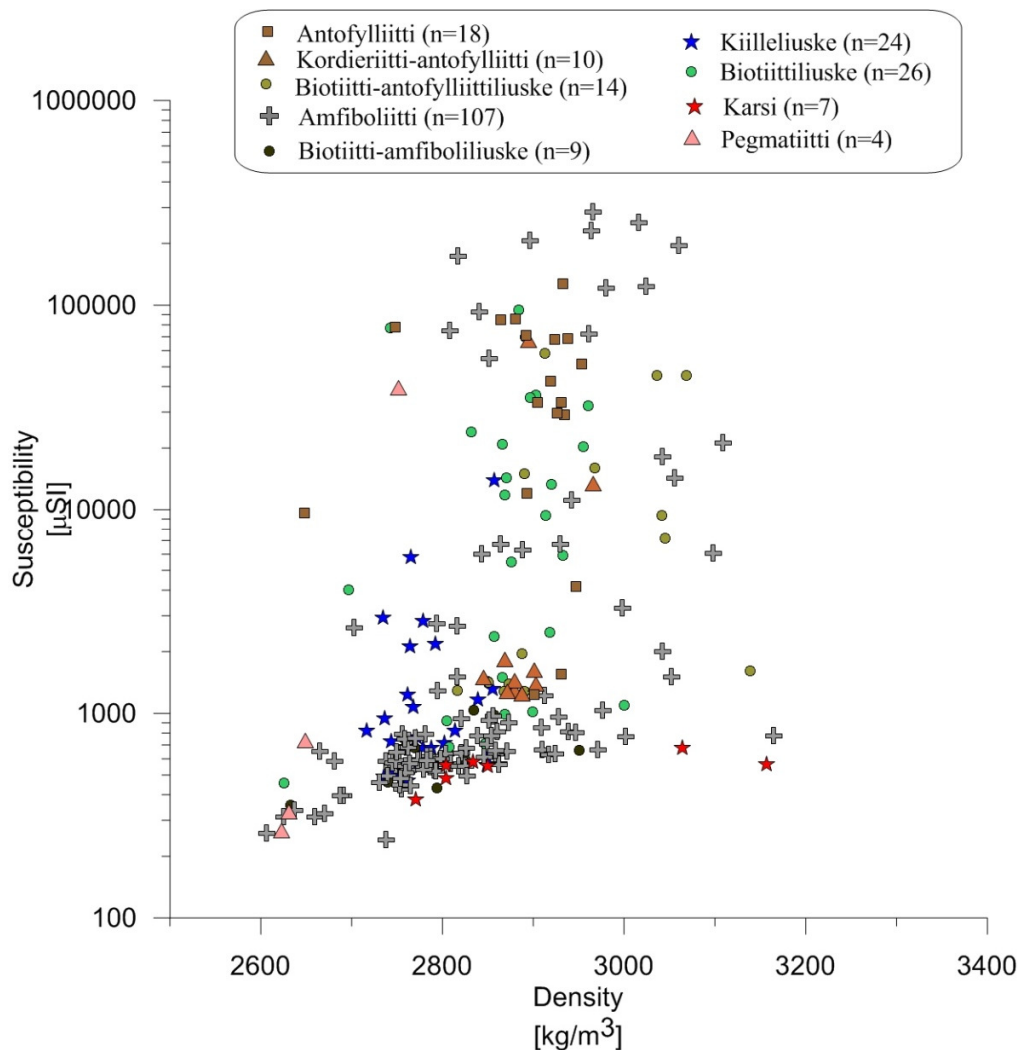
Taulukko 13. Petrofysiikan DSR-laboratoriomittaukset Hietajärven kairasydämistä (DSR = laboratoriomittaukset; tiheys D [kg/m³], magneettinen susceptibiliteetti K [10^{-6} SI] ja remanenssi J [mA/m]).

Drill hole	From depth [m]	To depth [m]	DSR Count
T4342013R29	1	110	110
T4342013R30	2	110	109

Taulukko 14. Hietajärven alueen petrofysiikan mittausten tiheyden ja susceptibiliteetin mediaaniarvoja eri kivilajeille. Reiät R29 ja R30, yhteensä 219 näytettä.

Rocktype	Count	Median D[kg/m ³]	Median K[uSI]
Anthophyllite	18	2922	37779
Biotite-anthophyllite schist	14	2901	4565
Cordierite-anthophyllite	10	2884	1470
Biotite schist	26	2873	7643
Skarn	7	2833	559
Biotite-amphibolite schist	9	2826	661
Amphibolite	107	2817	667
Mica schist	24	2769	821
Pegmatite	4	2640	533

07.04.2016



Kuva 14. Hietajärven alueen petrofysiikan tuloksista laadittu tiheys-susceptibilitetti diagrammi. Reiät R29 ja R30, yhteensä 219 näytettä.

Kiimajängän kairauksista valituista 11 kairasydännäytteestä tehtiin GTK:n petrofysiikan laboratoriossa Espoossa mittauksia (tiheys, susceptibiliteetti, galvaaninen ominaisvastus) tarkoituksena selvittää IP-mittauksissa tavattujen varautuvuus anomalioiden lähteitä. Mitattavaksi valikoitiin sulfideja ja magnetiittia vaihtelevasti sisältäviä näytteitä (ks. Taulukko 15).

Vaikka näytemäärä (11) on pieni, tulokset osoittavat että Kiimajängän alueella havaitut IP-anomaliat aiheutuvat sekä sulfideista että magnetiitista, sekä mahdollisesti näitä molempia sisältävistä kivistä (ks. Kuva 15). Tulokset ovat yhteensopivia kairaustulosten kanssa. Magnetiitin aiheuttamia varautuvuus-anomalia-oita ovat aikaisemmin tutkineet mm. Pittard ja Bourne (2007) sekä Pernu ja Konnunaho (2000). Myös näiden tutkimusten tulokset osoittavat magnetiitin aiheuttavan varautuvuus-anomalia-oita, joita tapauskohtaisesti voi olla vaikea erottaa sulfidien aiheuttamista anomalia-oista. 1.5 %_{vol} (~susceptibilitetti $K \approx 0.05$ SI)



GTK

07.04.2016

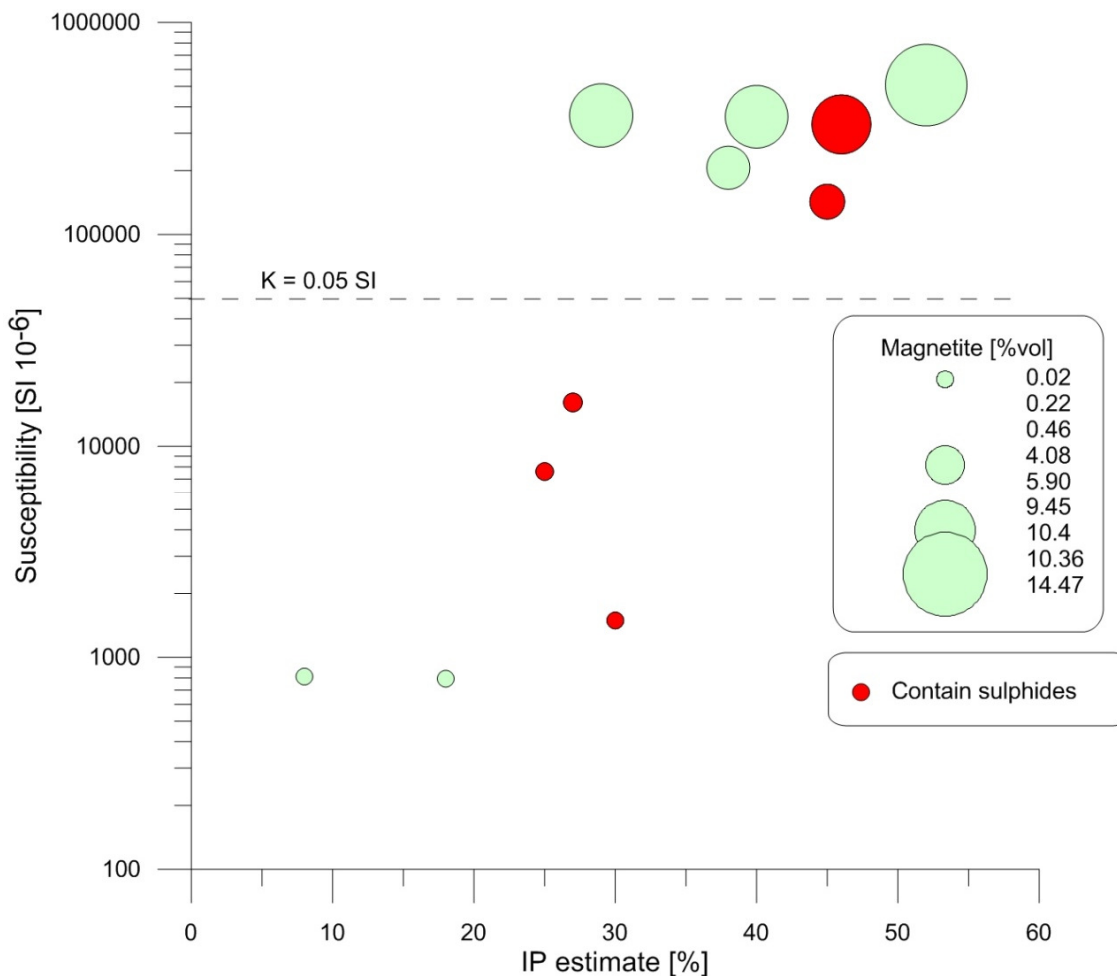
ja sitä suuremmat magnetiittipitoisuudet voivat aiheuttaa jo merkittäviä varautuvuusanomaliaita IP-mittauksissa.

Taulukko 15. *Kiimajängän petrofysiikan mittauksiin valitut 11 kairasydännäytettä ja arviot sulfidien ja magnetiitin esiintymisestä.*

SAMPLE	Rocktype	Sulphides (estimate)	Magnetite (estimate)
T4342014R34 27.90-28.00	amphibolite	no	no
T4342014R34 103.10-103.20	amphibolite	no	no
T4342014R34 41.00-41.10	amphibolite	weak dissemination	no
T4342014R34 45.05-45.15	amphibolite	Cu + Py dissemination	no
T4342014R34 46.00-46.10	amphibolite	moderate Cu + Py dissemination	weakly disseminated
T4342014R34 72.05-72.15	amphibolite	Py dissemination	disseminated
T4342014R35 42.35-42.45	amphibolite	intensive Cu + Py dissemination	disseminated
T4342014R34 35.90-36.00	amphibolite	very weak Py dissemination	disseminated
T4342014R34 67.20-67.30	amphibolite	very weak Py dissemination	strongly disseminated
T4342014R35 57.80-57.90	gabbro	very weak Py dissemination	disseminated
T4342014R35 77.60-77.70	gabbro	no	strongly disseminated



07.04.2016



Kuva 15. Kiimäjängän alueen 11 valikoidun kairasydännäytteen petrofysiikan mittaustuloksista laadittu varautuvuus (IP) - susceptibiliteetti diagrammi. Suskeptiivisuuden perusteella laskettu magnetiitin tilavuusprosentti on esitetty symbolin koon avulla. Sulfidipitoiset näytteet on esitetty punaisella.

6.5 Alueen geofysikaaliset piirteet

Seuraavassa tarkastellaan hyvin lyhyesti tutkimusalueen yleisiä geofysikaalisia piirteitä lentogeofysiikan perusteella. Kohteellisia geofysiikan mittauksia ei raportissa käsitellä.

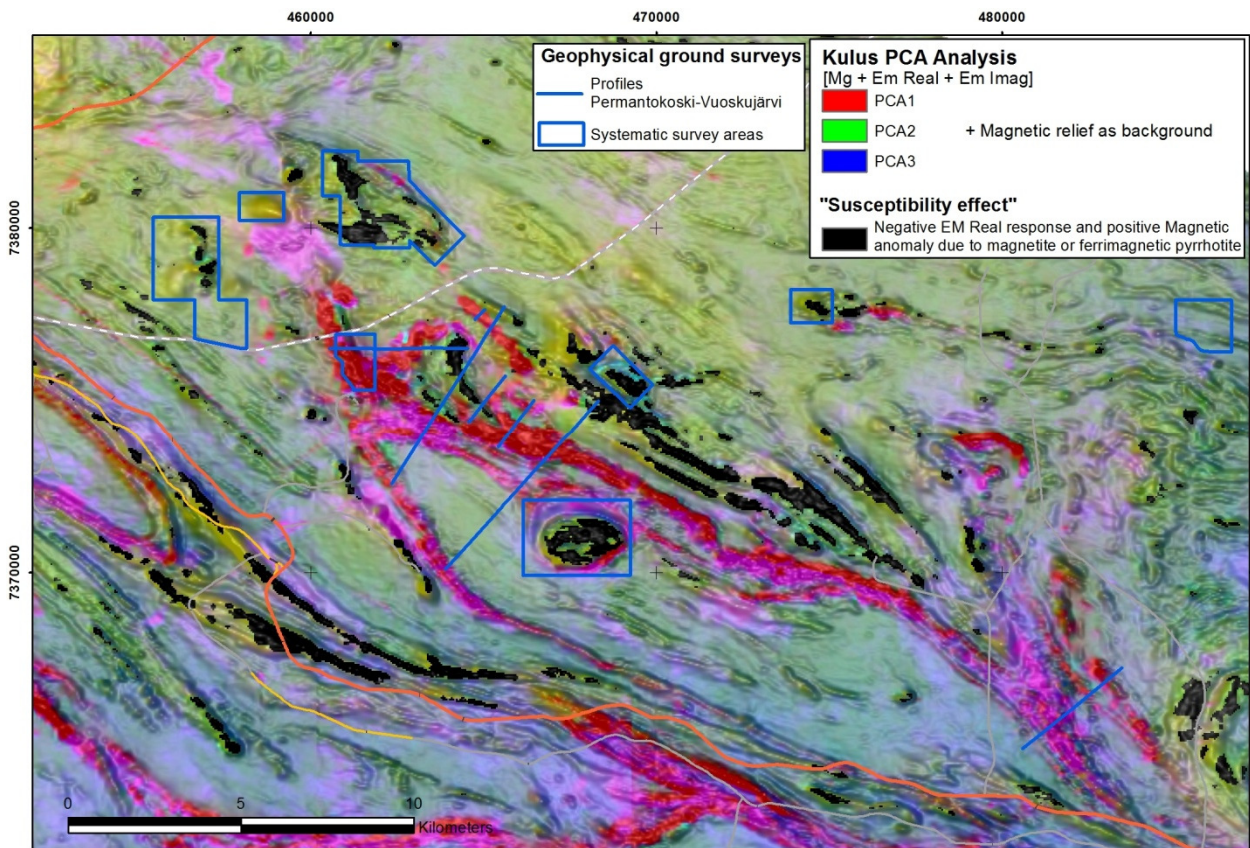
Kuvassa 16 on esitetty tutkimusalueen lentomittausten tuloksista laskettu pääkomponenttianalyysin (eng. PCA, Principal Component Analysis) väriyhdistelmäkuva. Alueen lukuisat pitkät johdevyöhykkeet erottuvat kuvassa punasävyisinä. Päällemerkintänä mustalla värillä kuvassa on EM reaalikomponentissa näkyvä ns. ”susceptibiliteetti efekti”, joka aiheutuu epäjohtavista magnetiitti- ja/tai ferrimagneettisista magneettikiisupitoisista kivistä. Kuvassa taustalla on magneettinen korkokuva.

Tutkimusalueella havaittavat pitkät johdevyöhykkeet on tulkittu kallioperäkartoille (Perttunen et al. 1996; Väänänen 1997; Hanski 2002) kiilleliuskeisiin liittyviksi sulfidi- ja grafiittiliuske välikerroksiksi. Tutki-

07.04.2016

musalueen länsi- ja eteläosien johdevyöhykkeitä voidaan matalalentokartoilla seurata edelleen yhtenäisinä pitkälle länteen aina Ylitornion Meltosjärvelle saakka.

Johdevyöhykkeet näkyvät myös magneettisina jaksoina. Näiden lisäksi magneettisia anomaliaita alueella aiheuttavat myös mafiset (esim. Kiimajängän ja Korvavaaran alueella), ultramafiset kivet (esim. Sotkavaara) sekä magnetiittipitoiset amfiboliitit.



Kuva 16. Tutkimusalueen lentogeofysiikan aineistosta lasketun pääkomponenttianalyysin (PCA) väriyhdistelmäkuva. Aineistona käytetty magneettista, sähkömagneettista reaali- ja imaginaarikomponenttia. Alueen lukuisat johdevyöhykkeet näkyvät kuvassa punasävyisinä. Päällemerkintänä mustalla EM reaalikomponentissa näkyy ns. "susceptibiliteetti efekti", jonka voi tulkita aiheutuvan epäjohtavista magnetiittipitoisista kivistä. Kuvan taustalla magneettinen korkokuva. Pohjakartat: © Maanmittauslaitos ja HALTIK.

07.04.2016

7 AMFIBOLIITTIEIN JA ANTOFYLLIITTIEIN GEOKEMIA JA MUUTTUMIEIN

7.1 Yleistä

Tutkimusalueella on runsaasti amfiboliittihorizontteja, joiden paksuus vaihtelee kairausten perusteella muutamasta metristä useisiin kymmenein metreihin. Näiden yhteydessä esiintyy usein myös erilaisia kordieriitti-antofylliittikiviä, jotka voivat edustaa amfiboliittifasieksessa metamorfoituneita, kloriitti-rikkaita hydrotermisiä muuttumisvyöhykkeitä, joita esiintyy tyypillisesti vulkanogeenisten sulfidimalmien (VMS) jalkapuolella (mm. Pyhäsalmi, Aijala-Orijärvi). Kairausten yhteydessä kordieriitti-antofylliittikiviä on tavattu erityisesti Korvavaaran ympäristöstä, Hietajärveltä ja Kiimajängältä. Kuluksen alueen kordieriitti-antofylliittikivistä tunnetaan muutamia Cu-Au mineralisaatioita (Perttunen 1996) ja lisäksi Viirinkylässä, Kemijoen pohjoispuolella on pieni kuparimineralisaatio, joka liittyy amfiboliitti – kordieriitti-antofylliittikivi – kvartsi-maasalpäliuske assosiaatioon (Rossi 1984). Alueen mahdollisen vulkanogeenisten sulfidimalmien potentiaalini arvioimiseksi tutkittiin amfiboliittien geokemiaa niiden synty-ympäristön selvittämiseksi (mantereinen vs. merellinen ympäristö) sekä kordieriitti-antofylliittikivien muuttumista.

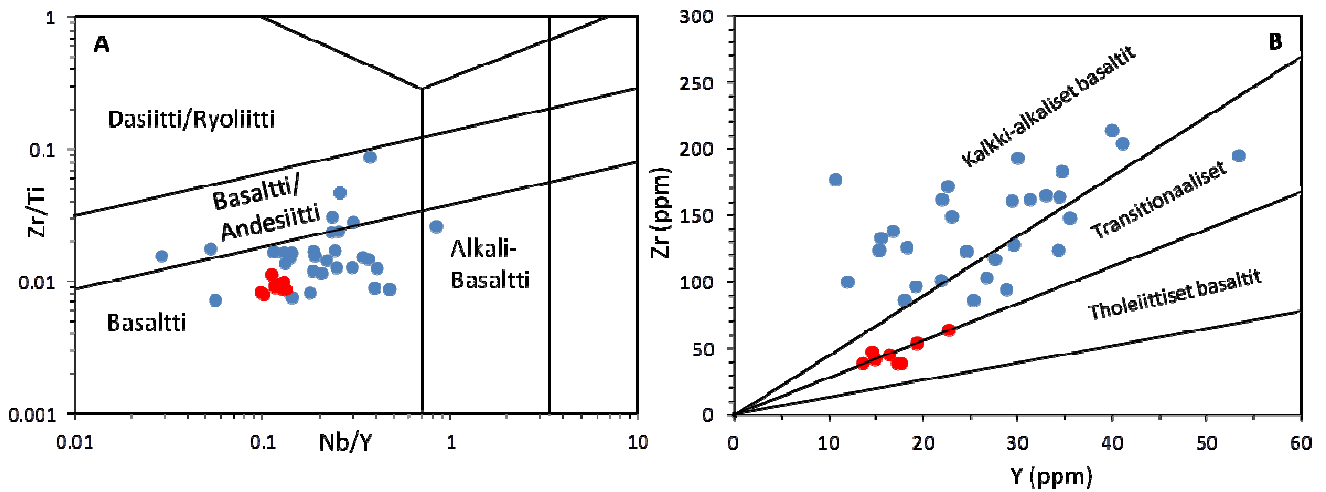
7.2 Amfiboliittien geokemia

Tutkimusalueen amfiboliitit ovat yleensä hienorakeisia, varsin piirteettömiä, liuskeisia tai massamaisia emäksisiä-intermediäärisiä vulkaniitteja, osin mahdollisesti subvulkaanisia juonia. Mineralogisesti ne koostuvat pääasiassa amfibolista ja plagioklaasista, sekä vaihtelevista määristä kvartssia ja biotiittia, josta ainakin osa lienee sekundääristä alkuperää (kalimuuttumista).

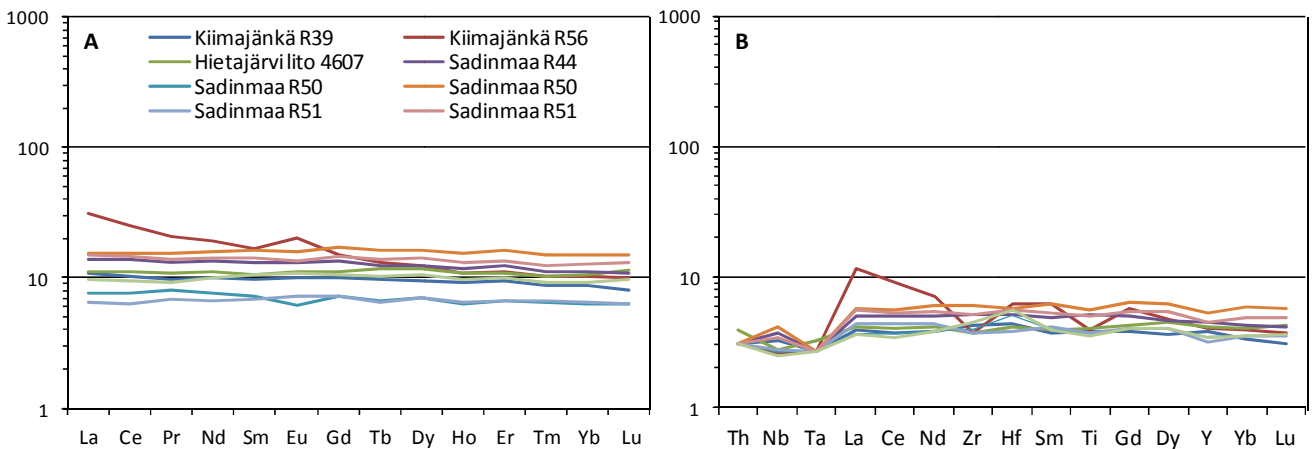
Kuvan 17A Nb/Y vs. Zr/Ti diagrammin (Pearce 1996) perusteella tutkimusalueen mafiset vulkaniitit ovat koostumukseltaan lähinnä basaltteja ja basalttisia andesiitteja tai andesiitteja. Suurin osa näistä on geokemialliselta tyypiltään kalkkialkalisia tai transitionaalisia basaltteja, mutta pieni osa on lähempänä tholeiittisia basaltteja (kuva 17 B). Tholeiittiset basaltit poikkeavat hivenalkuainekoostumukseltaan selvästi kalkkialkalisista basalteista, mikä on nähtävissä kuvan 18A kondriittinormalisoidulla REE-diagrammilla, kuten myös kuvan 18B manttelinormalisoidulla diagrammilla. Molemmilla diagrammeilla ryhmään kuuluvat näytteet muodostavat vaaka-asentoiset kuvaajat, jotka lähinnä muistuttavat valtamerten keskiselänteiden (MORB) tai takakaarialtaiden (BABB) basaltteja. Tholeiittisiin basalteihin verrattuna tutkimusalueen kalkkialkaliset basaltit muodostavat hivenalkuainekoostumukseltaan heterogeenisemmän ryhmän. Niille on kuitenkin tyypillistä keveiden REE:n rikastuminen (La/Sm_{CN} 2-3) ja raskaiden REE:n lievä köyhtyminen (Gd/Yb_{CN} 1.3-2) (kuva 19A). Myös manttelinormalisoiduista hivenalkuainejakaumista voidaan erottaa useampia ryhmiä, mutta tyypillinen piirre suurimmalle osalle näytteistä on vaihtelevan suuruisen negatiivinen Nb-Ta anomalia samoin kuin myös negatiivinen Ti-anomalia (kuva 19B). Tällaiset negatiiviset Nb-Ta ja Ti anomaliat voivat johtua mm. kontaminaatiosta yläkuoren materiaalilla tai subduktion vaikutuksesta. Mafisten vulkaniittien luokitteluun löytyy koko joukko erilaisia diagrammeja, jotka kuitenkin voivat antaa ristiriitaista tietoa. Kuluksen alueen amfiboliittien tektonisen ympäristön luokitteluun käytettiin Pearcen (2014) Nb/Yb vs. Th/Yb diagrammia (Kuva 20B) sekä uutta, Saccanin (2015) MORB-normalisoitua Nb-Th diagrammia. Molemmissa diagrammeissa Kuluksen alueen tholeiittiset am-

07.04.2016

fiboliitit sijoittuvat merenpohjan repeämävyöhykkeiden kenttään ja niissä on nähtävissä myös heikko subduktio-signaali, joten ne edustanevat takakaari altaan repeämävyöhykettä (back-arc basin basalt, BABB) tai valtameren keskiselänne tyyppiä (NMORB-EMORB).



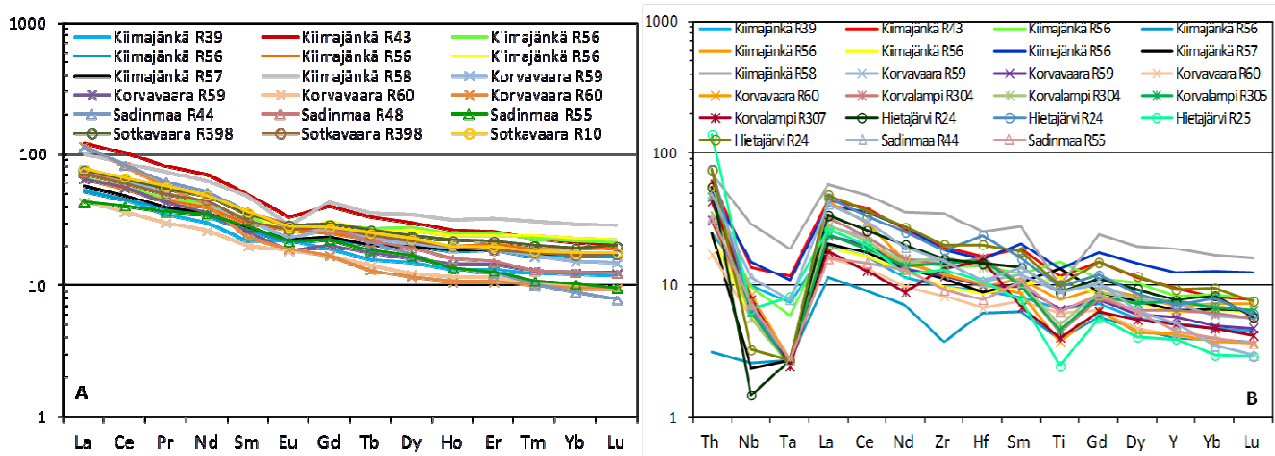
Kuva 17. Tutkimusalueen amfiboliitit A) Nb/Y vs. Zr/Ti diagrammilla (Pearce 1996) sekä B) Y vs. Zr diagrammilla (Ross ja Bedard 2009). Punaisella pisteellä plotatut näytteet poikkeavat kemismiltään muista amfiboliiteista.



Kuva 18. Tutkimusalueen tholeiittiskoostumuksellisten amfiboliittien A) kondriittinormalisoidut REE-jakaumat sekä B) manttelinormalisoidut hivenalkuainejakaumat. Normalisointiarvot Sun ja McDonough 1989.



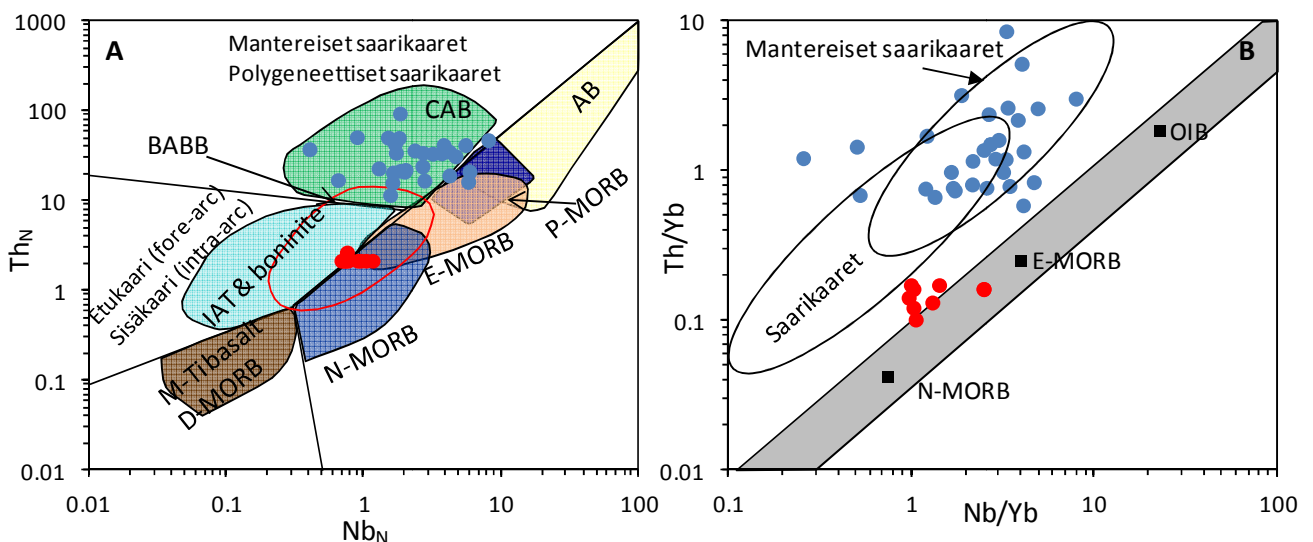
07.04.2016



Kuva 19. Tutkimusalueen kalkkialkalisten amfiboliittien A) kondriittinormalisoidut REE-jakaumat sekä B) mantelinormalisoidut hivenalkuainejakaumat. Normalisointiarvot Sun ja McDonough 1989.

Kuvassa 20 A kalkkialkaliset amfiboliitit sijoittuvat mantereisten tai polygeneettisen kuoren (polygenetic crust island arc, Saccani 2015) omaavien saarikaarten kenttään, kuvan 20 B perusteella ne edustavat osin merellistä osin mantereista saarikaariympäristöä. Verrattaessa mantelinormalisoituja hivenalkuainejakaumia Li et al. 2015 dataan (kuva 21), kuluksen alueen kalkkialkaliset amfiboliitit muistuttavat eniten juuri saarikaaria, intraoseaanisista saarikaarista mantereisiin saarikaariin.

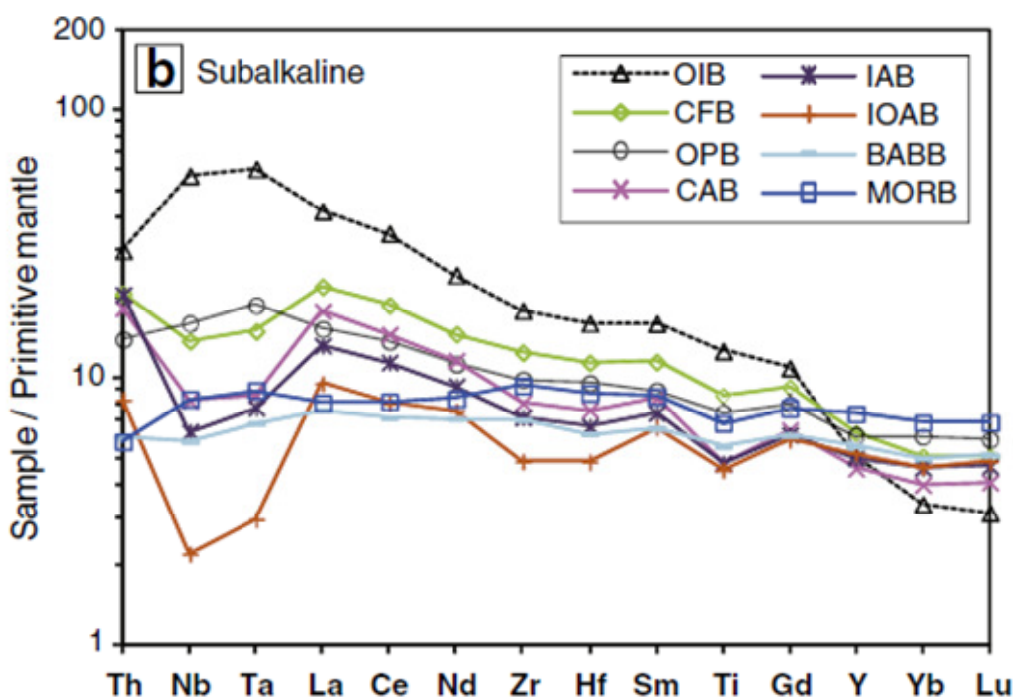
Yhteenvedona amfiboliittien geokemiasta voidaan todeta että ne edustavat pääosin merellistä ympäristöä, jolloin vulkanogeenisten sulfidimalmien esiintyminen Kuluksen alueella on mahdollista.



Kuva 20. Tutkimusalueen amfiboliittien sijoittuminen A) MORB-normalisoidulle Nb-Th diagrammille (Saccani 2015) ja Nb/Yb vs. Th/Yb diagrammille (Pearce 2014).



07.04.2016



Kuva 21. Basalttien manttelnormalisoidut hivenalkuainejakaumat (Li et al, 2015). OIB=valmerten vulkaaniset saaret, CFB=laakiobasaltit, OPB=valtamerien tasankojen basaltit, CAB=mantereiset saarikaaret, IAB=merelliset saarikaaret, IOAB=intraoseaaniset saarikaaret, BABB=takaarialtaan basaltit, MORB=keskiselänteiden basaltit. Normalisointiarvot Sun ja McDonough 1989.

7.3 Kordieriitti-antofylliittikivet

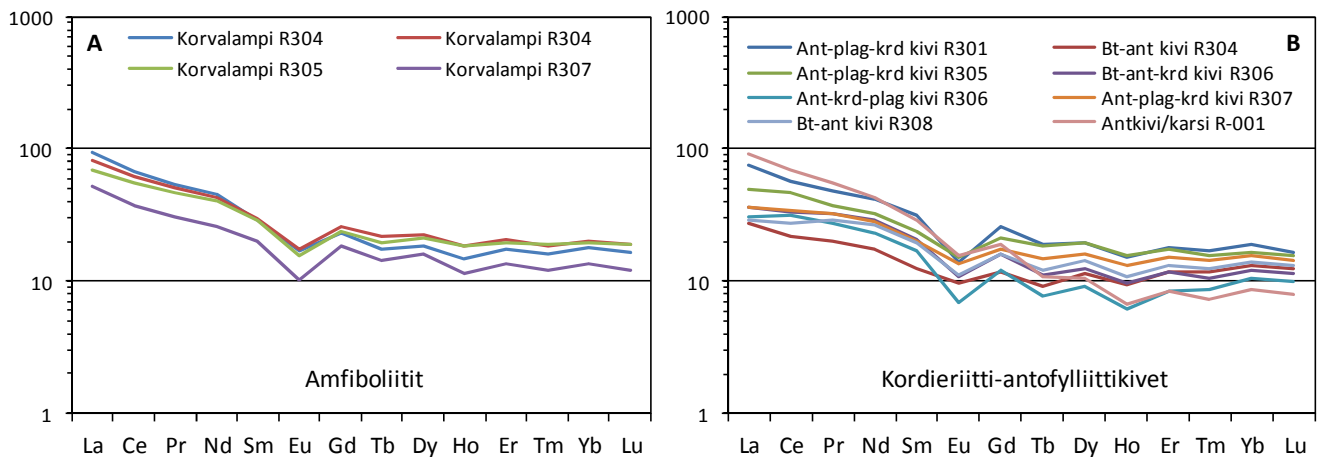
Tutkimusalueelta on tavattu kordieriitti-antofylliittikiviä niin lohcareina, paljastumista kuin kairausten yhteydessä. Kivet vaihtelevat koostumukseltaan puhtaista kordieriitti-antofylliitti+kvatsi kivistä plagioklaasi ja biotiittipitoisiin antofylliittikiviin. Kairausten perusteella ne esiintyvät lähinnä amfiboliittien yhteydessä. Kordieriitti-antofylliittikivien kemiallinen koostumus indikoi niiden muuttuneen pääosin mafisista ja osin intermediäärisistä protoliiteista. Tutkimalla kordieriitti-antofylliittikivien muuttumisilmiöitä pyrittiin selvittämään niiden protoliittia ja muuttumista, olettaen niiden edustavan VMS-tyyppiin sulfidiesiintymiin liittyviä muuttumisvyöhykkeitä.

Kuvassa 22 on verrattu Korvalammen alueen amfiboliittien ja kordieriitti-antofylliittikivien kondriittinormalisoituja REE-jakaumia, josta on nähtävissä hyvin samankaltaisia piirteitä, mm. alueen amfiboliiteille tyypillinen raskaan REE:n ylös alas sahaava käyrän muoto. Kuvassa 23 on esitetty kaikkien erilaisten kordieriitti-antofylliittikivien kondriittinormalisoidut REE jakaumat ja manttelnormalisoidut hivenalkuainejakaumat. Molemmat muistuttavat kuvan 22 kalkkialkalisten amfiboliittien vastaavia jakaumia. Roberts et al. 2003 totesivat Pyhäsalmen Ruostesuon Zn-Cu esiintymän muuttuneiden kordieriitti-antofylliittikivien kemismien heijastavan läheisesti alkuperäisen protoliitin kemiallista koostumusta.

07.04.2016

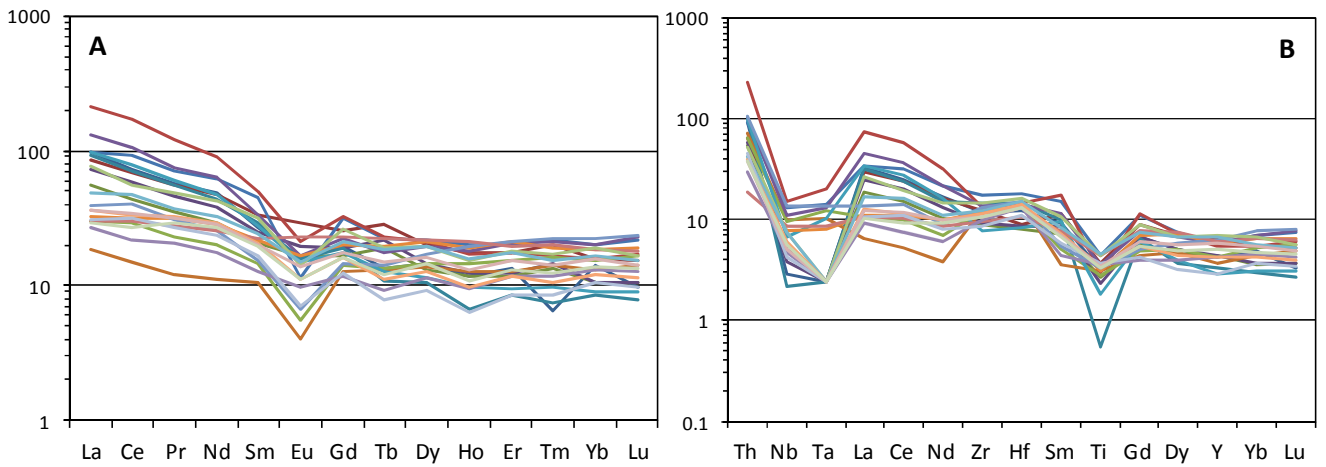
Massatasapainolaskujen perusteella Kuluksen alueen kordieriitti-antofylliittikivet ovat saaneet kohtalaisesti lisää piitä, magnesiumia, hieman rautaa (kvartsiutumista ja kloriittiutumista) ja toisaalta menettäneet kalsiumia ja natriumia (maasälprien tuhoutuminen). Verrattaessa Kuluksen kordieriitti-antofylliittikiviä Pyhäsalmen alueen vastaaviin nähdään että muuttuminen ei ole ollut aivan yhtä voimakasta raudan ja kalsiumin suhteen, mutta piin, magnesiumin ja natriumin muutokset ovat samaa luokkaa (kuva 24).

Muuttumisvektoreita voidaan tutkia myös nk. alteration box plot –diagrammin avulla (Large et al., 2000). Diagrammi perustuu Ishikawa muuttumisindeksin (Ishikawa AI) ja kloriitti-karbonaatti-pyritti-indeksin (chlorite-carbonate-pyrite index, CCPI) käyttöön. Vulkanogeenisten sulfidimalmien muuttumisvuöhykkeiden voimakkaimmin muuttuneissa osissa molemmat indeksit lähestyvät arvoa 100. Kuvassa 25 on esitetty Kuluksen alueen näytteet alteration box plotilla, josta nähdään asteittainen muuttumisasteen kasvu biotittipitoisista antofylliittikivistä puhtaisiin kordieriitti-antofylliittikiviin. Koostumukseltaan ja muuttumiseltaan ne vastaavat Pyhäsalmen alueen kordieriitti-antofylliittikiviä.

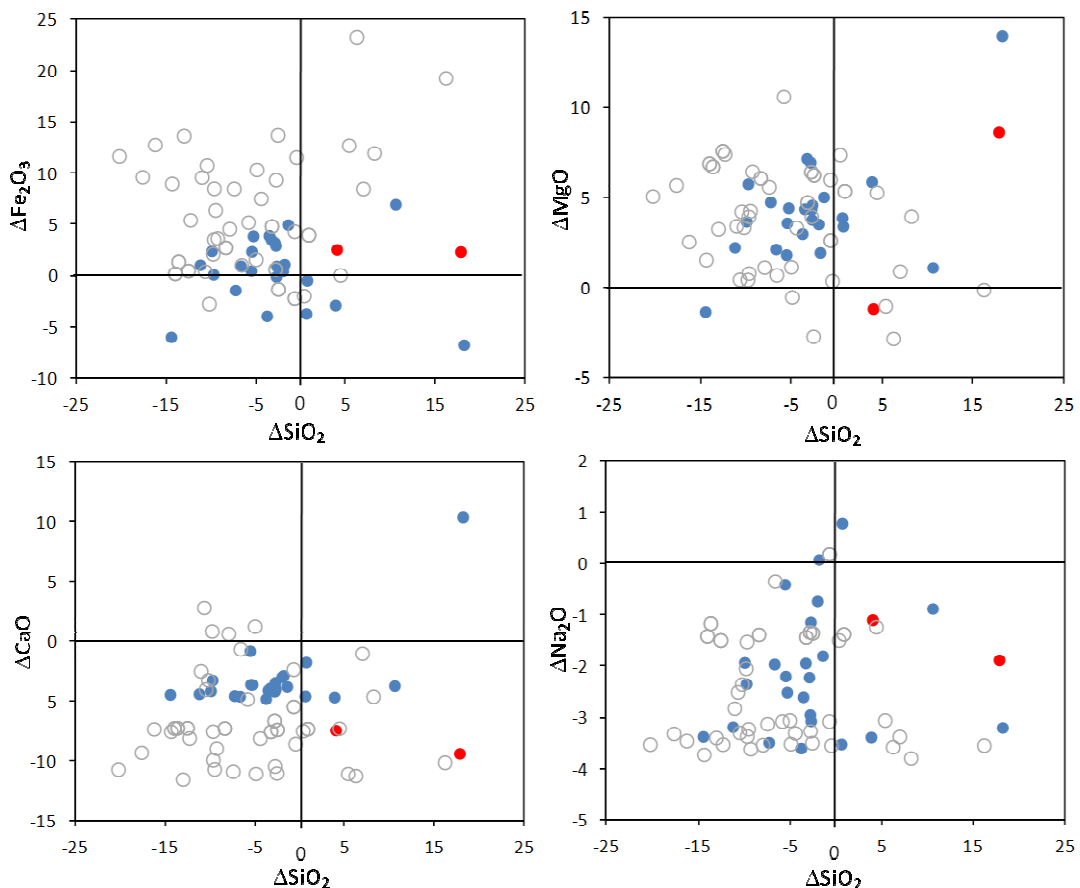


Kuva 22. Korvalammen alueen A) amfiboliittien ja B) kordieriitti-antofylliittikivien REE-jakaumat.

07.04.2016



Kuva 23. Tutkimusalueen kordieriitti-antofylliittikivien A) kondriitinormalisoidut REE-jakaumat ja B) mantte-
linormalisoidut hivenainejakaumat.

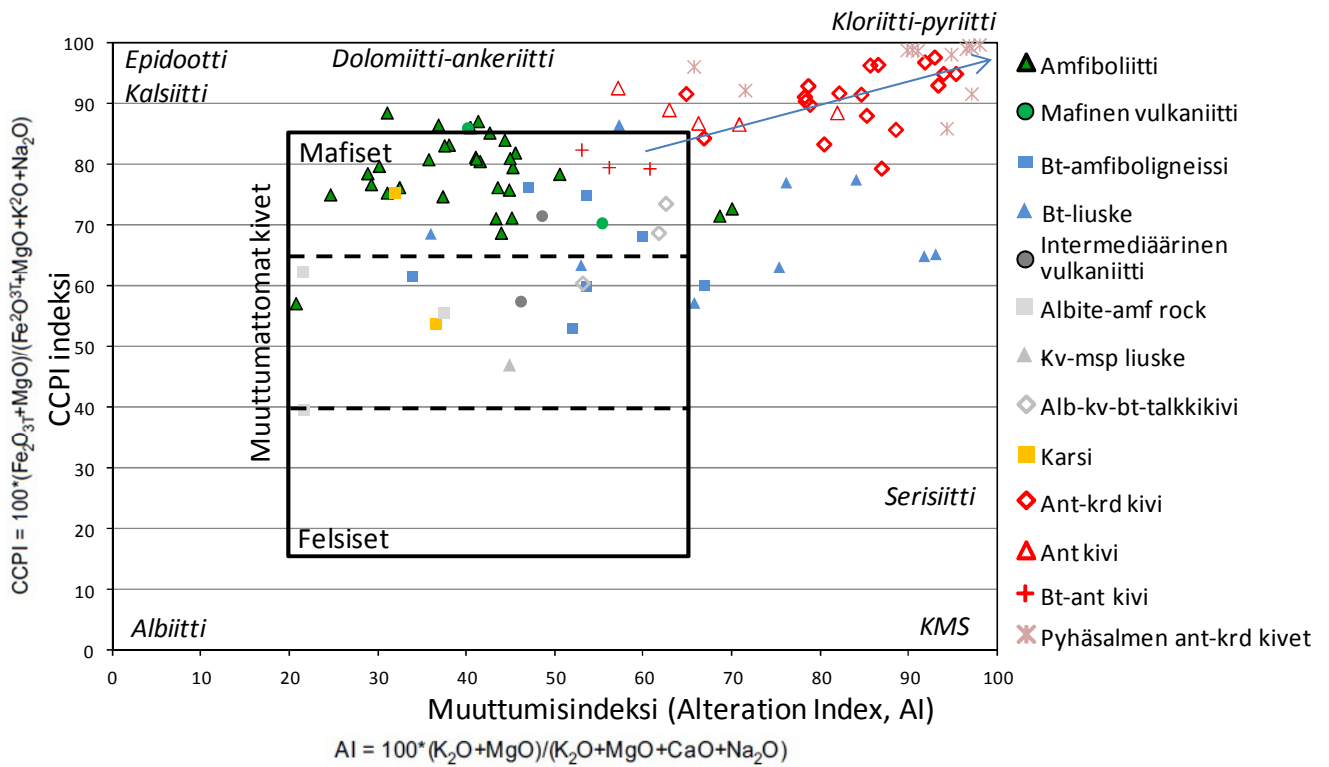


Kuva 24. Tutkimusalueen kordieriitti-antofylliittikivien massamuutokset. Siniset pisteet edustavat kalkkialkalista
protoliittia, punaiset tholeiittista protoliittia ja harmaat ympyrät Pyhäsalmen alueen kordieriitti-antofylliittikiviä
(Roberts et al. 2003).



GTK

07.04.2016



Kuva 25. Tutkimusalueen näytteet Large et al. (2001) alteration box plot'illa esitettyinä. Sininen nuoli osoittaa kasvavaa muuttumisastetta. Lisäksi punertavilla tähdillä merkittynä Pyhäsalmen alueen kordieriitti-antofylliittikiven koostumuksia (Roberts et al. 2003).



07.04.2016

8 YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

Pohjois-Suomen mineraalipotentialiaali tutkimukset hanke suoritti vuosien 2013-2015 aikana Kuluskairalla alueen malmipotentialiaalia selvittäviä tutkimustöitä. Työmenetelminä käytettiin geofysiikan maastomittauksia, tutkimuskairauksia, maaperägeologisia ja moreeni-geokemiallisia tutkimuksia, sekä luonteeltaan lähinnä revidoivaa kallioperäkartoitusta ja lohkare-etsintää. Tutkimuksilla hankittiin tietoa alueen kallioperästä ja selvitettiin malmikriittisten karsihorizonttien sekä antofylliitti ± kordieriitti -kivien levinneisyyttä sekä geokemiaa. Lisäksi selvitettiin alueelta tunnettujen Cu-W-Mo-Au -lohkareiden mahdollisia lähtöalueita. Tutkimukset kohdennettiin valtaosin GTK:n geofysiikan matalalentomittausaineistossa havaittaviin anomaliajaksoihin.

Tutkimuskairauksia tehtiin Hietajärven, Kiimajängän, Korvavaaran ja Sadinmaan alueilla. Kallioperäkairausten perusteella Kuluskairan kallioperägeologia on aiemmin tunnettua monimuotoisempi. Tyypillinen valtakivilaji kairauskohteilla on amfiboliitti. Kaikilla kohteilla on myös vaihtelevan paksuisina vyöhykkeinä tai juonina erityyppisiä karsikiviä. Sadinmaa pois lukien kaikilla kohteilla lävistettiin antofylliittipitoisia kiviä, joiden koostumus vaihtelee kordieriitti-antofylliittikivistä plagioklaasi- ja biotiittipitoisiin antofylliittikiviin. Runsaimmin antofylliittipitoisia kiviä lävistettiin Korvavaaralla.

Tutkimuksissa havaitut sulfidimineralisaatiot liittyvät enimmäkseen karsiutuneisiin kiviin sekä antofylliittipitoisiin kiviin. Näiden lisäksi amfiboliiteissa on usein rikkikiisua ja kuparikiisua yksittäisinä mineraalirakeina tai heikkona pirotteena. Sadinmaalla lävistettiin myös kiisuuntuneita grafiittiliuskeita ja felsisiä liuskeita. Sulfidit ovat valtaosin rikki- tai magneettikiisua, ja perus- sekä jalometallipitoisuudet ovat sulfidipitoisuudesta huolimatta yleensä alhaisia. Kiimajängällä havaittiin kolmessa toisinaan lähellä sijaitsevassa kairareissä todennäköisesti loivasti länteen kaatuva kuparimineralisaatio. Parhaimmassa reiässä on kallion pinnasta alkaen 9.00 metrin pituudelta 0.32 % kuparia. Kultapitoisuudet ovat rei'issä alhaisia.

Sadinmaan kairauksissa lävistettiin ultramafinen kivilajiyksikkö, jota on myös reiän lähiympäristössä lohkareina ja todennäköisinä kalliopaljastumina. Ultramafiitissa ei havaittu näkyviä sulfideja, mutta kahdessa analyysinäytteessä on rikkiä 0.74 %. Nikkelipitoisuus on kuitenkin korkeimmillaan vain 764 ppm. Jalometallipitoisuudet jäävät ultramafiitissa määritysrajojen alle tai niiden tuntumaan. Kuluskairalta tunnetaan vanhastaan ultramafiitteja Sotkavaaralta ja Korvavaaralta, joten alueella on nikkeli ja PGE-malmipotentialiaalia.

Tutkimusalueen maaperägeologisia olosuhteita selvitettiin kaivamalla harvalla pistevälillä tutkimuskaivantaja. Kaivutöiden perusteella maaperän keskimääräinen paksuus on alle kolme metriä, mutta koska käytetyllä konekalustolla pystyttiin tehokkaasti kaivamaan vain noin 4 metrin syvyyteen, todellista paksuutta ei kaikilla paikoilla saatu selvitettyä. Moreeni on pääasiassa massamaista ja hiekkaista, ja usein erittäin kivistä ja lohkareista. Tutkimuskaivannoista kerätyissä moreeni-geokemian näytteissä ei ollut poikkeavan korkeita metallipitoisuuksia. Raskasmineraalinäytteissä on yleisesti muutamia scheeliittirakeita ja myös kultarakeita löytyi lähes jokaisesta näytteestä.

Geokemian moreeni- ja rapakallionäytteenottoa tehtiin Korvavaaran alueella 250 m pisteverkolla ja Sadinmaan alueella 300 m pisteverkolla. Sadinmaan näytteenottoa tihennettiin alueen keskikohdalla kaksinkertaistamalla näytenäytteen määrää. Ensimmäisen vaiheen näytteenoton analyysitulosten perusteella alu-



07.04.2016

eella on selkeästi rajattu kuparianomalinen vyöhyke, josta otetuissa moreeninäytteissä on enimmillään 918 ppm kuparia. Myös korvavaaran kohteen pohjois- ja lounaisosissa on anomalisia kuparipitoisuuksia, enimmillään 762 ppm Cu. Anomalisia kultapitoisuuksia näytteenottoalueilla on yksittäisissä näytteissä.

Alustavien tutkimustulosten perusteella ainakin Korvavaaran eteläosassa moreeni on melko paikallista ja moreenigeokemia kuvastaa alueen kallioperää hyvin. Sadinmaalla moreenigeokemiassa havaittiin ultramafisiin kivilajeihin viittaavia alkuainepitoisuuksia, jotka sopivat ultramafisesta kivilajiyksiköstä tehtyihin kairaus- ja kallioperähavaintoihin.

Systemaattisia geofysiikan mittauksia suoritettiin useissa kohteissa. Mittauksissa käytettiin magneettisia, VLF-R, painovoima, IP ja AMT menetelmiä. Tutkimusten perusteella Kuluskairalla havaitut magneettiset anomaliajaksot aiheutuvat suurelta osin magnetiittipitoisista amfiboliiteista. Kiimajängällä anomaliaita aiheuttavat amfiboliittien lisäksi magnetiittipirotteiset, voimakkaasti magneettiset gabrot. Sadinmaalla anomaliajaksot johtuvat todennäköisesti karsikiviin ja liuskeisiin liittyvistä magneettikiisupirotevyöhykkeistä. Sähköiset anomaliavyöhykkeet aiheutuvat havaintojen perusteella yleensä kiisuuntuneista grafiittiliuskekerroksista. Sadinmaalla havaittiin lisäksi kiisupitoisia felsisiä liuskeita ja karsikiviä, jotka voivat osaltaan aiheuttaa anomalian. Kiimajängän kairareitistä kerätyistä näytteistä tehtyjen petrofysiikan mittausten perusteella maastomittauksissa havaitut IP-anomaliat voivat aiheutua sekä sulfidi- että magnetiittipitoisista kivistä, ja näiden aiheuttamia anomaliaita on vaikea erottaa toisistaan.

Kuluskairan alueen kordieriitti-antofylliittikivien geokemiallista koostumusta selvitetiin mahdollisen VMS-malmipotentialin selvittämiseksi. Tutkimusten perusteella kivet muistuttavat koostumukseltaan ja muuttumiseltaan Pyhäsalmen alueen kordieriitti-antofylliittikiviä. Korvalammella kordieriitti-antofylliittikivien REE-jakaumat ovat hyvin samankaltaisia alueen amfiboliittien kanssa ja näillä kivillä on suurella todennäköisyydellä sama protoliitti. Amfiboliitit ovat geokemiallisten piirteiden perusteella merellisessä ympäristössä muodostuneita, jolloin vulkanogeeniset sulfidimalmit ovat alueella mahdollisia.

Hanke ehti saada työt hyvin käyntiin, mutta niitä olisi hyvä jatkaa niin alueellisella kuin kohteellisella tasolla. Suoritettujen tutkimusten perusteella Kuluskairan alueella on ainakin niin VMS kuin ultramafisiin kivilajeihin liittyvää Ni-Cu-PGE malmipotentialia. Havaittujen malmikriittisten kivilajiyksiköiden jatkuvuus tunnetaan kuitenkin heikosti, etenkin tutkittujen kohdealueiden ulkopuolella. Myöskään alueen kivilajien stratigrafiasta ei nykyisellään ole selkeää käsitystä. Geologista ymmärrystä voitaisiin parantaa tekemällä alueella rakennegeologista kartoitusta ja tulkintaa. Kuluskairan malmipotentiali huomioon ottaen syvä sähköisten menetelmien käyttö Kiimajängän ja Korvavaaran AMT mittausten lisäksi myös muilla potentiaalisilla kohteilla voisi olla perusteltua.



07.04.2016

KIRJALLISUUSLUETTELO

- Airo, Meri-Liisa (ed.), 2005.** Aerogeophysics in Finland 1972-2004: Methods, System Characteristics and Applications. Geological Survey of Finland. Special Paper 39.197 pages, 115 figures, 12 tables and 8 appendices.
- Chusi Li, Arndt, N.T., Tang, Q., Ripley, E.M. 2015.** Trace element indiscrimination diagrams. *Lithos* 232: 76-83.
- Hanski, E. 2002.** Kallioperäkartta 1:100 000 - Maps of Pre-Quaternary Rocks, Karttalehti: 3614.
- Hirvas, H. 1991.** Pleistocene stratigraphy of Finnish Lapland. Geological Survey of Finland, Bulletin 354. 123 p.
- Lauri, L., Räsänen, J., Juopperi, H., Turunen, P., Hyvönen, E., Lintinen, P. 2012.** Kemijärven alueen kallioperäkartoitus (2551011) –hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti 53/2011. 81 s, 3 liitettä.
- Large, R.R., Gemmel, J.B., Paulick, H., Huston, D. 2001.** The alteration box plot: A simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and lithochemistry associated with volcanic-hosted massive sulfide deposits. *Econ. Geol.* 96: 957-971.
- Nordström, E. 1983.** Olkkajärvi områdets berggrund och skarnmineralisationer. Pro-gradu tutkielma, Åbo Akademi, Geologisk-mineralogiska institutionen. 66s.
- Pearce, J. 1996.** User's guide to basalt discrimination diagrams. Teoksessa: Wyman, D.A. (ed.). Trace element geochemistry of volcanic rocks. *Geol. Assoc. Can., Short Course Notes* 12: 79-114.
- Pearce, J.A. 2014.** Immobile element fingerprinting of ophiolites. *Elements* 10: 101-108.
- Pernu T. ja Konnunaho J. 2000.** Tutkimustyöselostus Lieksan Tainionvaaran IP-mittauksesta 11.9-12.9.2000. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M 19/4332/2000/1/10. 7 s., 12 liites.
- Perttunen, V. 1996.** Tutkimustyöselostus Rovaniemen mlk:n Kuluskairassa valtausalueella Kulus 1, kaivosrekisteri n:o 6177/1 suoritetuista malmitutkimuksista. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M06/3614/-96/1/10. 2 s., 4 liitettä.
- Perttunen, V. Hanski, E., Väänänen, J., Eilu, P. ja Lappalainen, M. 1996.** Rovaniemen kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Rovaniemi map-sheet area. *Geological Maps of Finland 1:100 000 . Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks. Sheet 3612 Rovaniemi.* 63 pages, 32 figures and 4 tables.
- Pittard, K. and Bourbe, B. 2007.** The contribution of magnetite to the induced polarization response of the Centenary orebody. *Exploration Geophysics*, 2007, 38, 200–207.
- Roberts, M.D., Oliver, N.H.H., Fairclough, M.C., Hölttä, P.S., Lahtinen, R. 2003.** Geochemical and oxygen isotope signature of sea-floor alteration associated with a polydeformed and highly metamorphosed massive sulfide deposit, Ruostesuo, Central Finland. *Econ. Geol.* 98: 535-556.
- Ross, P.-S., Bédard, J.H. 2009.** Magmatic affinity of modern and ancient subalkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams. *Can. J. Earth Sci.* 46: 823-839.
- Rossi, S. 1984.** Kuparipitoisista kansannäytteistä Kemijoen rantakallioista alkunsa saanut kohteellinen malmitutkimus Viirinkylässä Rovaniemen maalaiskunnassa ja malmiaihetta ympäröivän kallioperän yleisempi selvittely. Geologian tutkimuskeskus, raportti M19/3613/-84/1/10. 22 s.
- Saccani, E. 2015.** A new method of discriminating different types of post-Archean ophiolitic basalts and their tectonic significance using Th-Nb and Ce-Dy-Yb systematics, *Geoscience Frontiers* 6: 481-501.



07.04.2016

- Sarala, P. (ed.) 2015.** Novel technologies for greenfield exploration. Geological Survey of Finland, Special Paper 57. 197 p.
- Sun, S.S. McDonough, W.F. 1989.** Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Teoksessa: Saunders, D. ja Norry, M.J. (Editors). Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society. London. pp. 313-345.
- Suomen kallioperä - DigiKP.** Digitaalinen karttatietokanta [Elektroninen aineisto]. Espoo: Geologian tutkimuskeskus [viitattu 7.12.2015]. Versio 2.0.
- Taivalkoski, A. 2014.** Rovaniemen Kuluskairan iskupora-aineisto - laaduntarkastusraportti. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti 86/2014. 10 s.
- Törmänen, T., Heikura, P., Konnunaho, J. ja Salmirinne, H. 2011.** Hanke 2551006 Pohjois-Suomen mafis-ultramafisten magmakivien malmipotentiali 2009-2010, loppuraportti. 31 s. + 7 liites. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti 55/2011.
- Väänänen, J. 1997.** 1:100 000 - Maps of Pre-Quaternary Rocks, Karttalehti: 3612, Rovaniemi.