

# **Tutkimustyöselostus Ranuan kunnassa valtausalueilla Kokalmus 1-3 (kaivosrekisterino:t 7370/1 - 7370/3) tehdyistä malmitutkimuksista vuosina 2003 - 2005**

**Tapani Mutanen**



**GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS • GEOLOGISKA FORSKNINGSCENTRALEN • GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND**

PL / PB / P.O. Box 96  
FI-02151 Espoo, Finland  
Tel. +358 20 550 11  
Fax +358 20 550 12

PL / PB / P.O. Box 1237  
FI-70211 Kuopio, Finland  
Tel. +358 20 550 11  
Fax +358 20 550 13

PL / PB / P.O. Box 97  
FI-67101 Kokkola, Finland  
Tel. +358 20 550 11  
Fax +358 20 550 5209

PL / PB / P.O. Box 77  
FI-96101 Rovaniemi, Finland  
Tel. +358 20 550 11  
Fax +358 20 550 14

Y-tunnus / FO-nummer / Business ID: 0244680-7 • [www.gtk.fi](http://www.gtk.fi)

**GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS****KUVAILULEHTI**

Päivämäärä / Dnro

10.10.2006

Tekijät Tapani Mutanen		Raportin laji M06	
		Toimeksiantaja Geologian tutkimuskeskus	
Raportin nimi Tutkimustyöselostus Ranuan kunnassa valtausalueilla Kokalmus 1-3 (kaivosrekisterino:t. 7370/1-7370/3) tehdyistä malmitutkimuksista vuosina 2003 – 2005			
Tiivistelmä Kohde liittyy hankkeen ”Magmatismi ja malminmuodostus” (hankeno. 2901000) tutkimuksiin Ranualla. Tutkimuksissa selviteltiin aeromagneettisilla matalalentokartoilla olevia magneettisia anomaliaita geofysikaalisin maanpintamittauksin ja sydännäytekairauksilla.  Kokalmus-kohde on N-S-suuntainen magneettinen anomalia (max. 2000 nT) jonka ala on n. 250 x 850 m. Alueella kairattiin viisi syväkairausreikää, yht. 357.25 m. Näistä kohteeseen kairattiin yksi pystyreikä (syvyys 107.20 m) ja kohteen länsipuolella olevaan magneettiseen emäksiseen juoneen ja juonen itäpuolelle neljä reikää. Magneettisen anomalian aiheuttaa magnetiittipitoinen alkalirikas syeniitti. Kalliokairauksen alusta 10.75 m:iin kivi oli alkaligabroa. Syeniitissä oli n. 1 m:n lävistys juonimaista felsiittiä (leukosyeniitti). Syeniitissä on anomaalisina pitoisuuksina mm. Zr (max. 339 ppm) ja Nb (max. 95 ppm), jotka kasvavat reiän pohjaa kohti. Kokalmuksen intruusio kuuluu Ranualla vuosina 1999 – 2006 löytyneeseen alkali-intruusioiden ryhmään.  Syeniitin länsipuolella oleva magneettinen juoni on ferrotleiittinen diabaasi.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) malminetsintä, niobi, syeniitti			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Lapin lääni, Ranua, Kokalmus			
Karttalehdet 3524 06			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi valtausraportti		Arkistotunnus M06/3524/2006/8/10	
Kokonaissivumäärä 10 s.	Kieli suomi	Hinta	Julkisuus julkinen
Yksikkö ja vastuualue Pohjois-Suomen yksikkö, 501		Hanketunnus 2901000	
Allekirjoitus/nimen selvennys  Tapani Mutanen		Allekirjoitus/nimen selvennys	

**GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND      DOCUMENTATION PAGE**

Date / Rec. no.

10.10.2006

Authors Tapani Mutanen		Type of report M06	
		Commissioned by GTK	
Title of report Report of exploration on the claims Kokalmus 1-3, Ranua, in 2003 – 2005 (Mine register nos. 7370/1 – 7370/3)			
<p>Abstract</p> <p>Kokalmus is one of the targets of the exploration work of the project "Magmatism and ore genesis" at Ranua. Exploration consisted of ground geophysical line surveys and diamond core drilling of selected magnetic anomalies on the low altitude aeromagnetic maps.</p> <p>Kokalmus is a N-S-trending magnetic anomaly (max. 2000 nT), with an area of 250 by 850 meters. Five diamond core drill holes were drilled in the area. Of these, one vertical drill hole (depth 107.20 m) was drilled into the main magnetic anomaly, and four holes into the magnetic mafic dyke west of the main anomaly. The main magnetic anomaly is caused by magnetite-bearing alkali-rich syenite. Down to 10.75 meters the rock was alkali gabbro. A dyke-like felsite (leucosyenite), ca. 1 meter thick, was intersected amid the syenite. The syenite has anomalous concentrations of Zr (max. 339 ppm) and Nb (max. 95 ppm), which increase downhole. The Kokalmus intrusion belongs to a group of alkaline intrusions found in Ranua during the years 1999 – 2006.</p> <p>The magnetic dyke west of the main anomaly is ferrotholeiitic diabase.</p>			
Keywords Exploration, niobium, syenite			
Geographical area Lappi Province, Ranua, Kokalmus			
Map sheet 3524 06			
Other information			
Report serial Claim report		Archive code M06/3524/2006/8/10	
Total pages 10 p.	Language Finnish	Price	Confidentiality public
Unit and section Northern Finland Office, Bedrock Geology and Research		Project code 2901000	
Signature/name  Tapani Mutenn		Signature/name	

# Sisällysluettelo

## Kuvailulehti

## Documentation page

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
1.1	Tausta	1
1.2	Tutkimuskohteen sijainti	1
1.3	Alueen yleisgeologia	2
<b>2</b>	<b>MALMITUTKIMUKSET VALTAUKSELLA</b>	<b>3</b>
2.1	Geofysikaaliset mittaukset	3
2.2	Kairaukset	4
2.3	Analyysit	6
<b>3</b>	<b>KIVILAJIT: MINERAALIT JA KEMIALLINEN KOOSTUMUS</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>ESIINTYMÄN ARVIOINTI</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>VALTAUKSESTA LUOPUMISEN SYYT</b>	<b>9</b>
	<b>KIRJALLISUUSVIITTEET</b>	<b>9</b>
	<b>TUTKIMUSAINESTON TALLENTAMINEN</b>	<b>9</b>
	<b>LIITTYY-AINEISTO</b>	<b>10</b>
	<b>KUVATEKSTIT:</b>	
	Kuva 1. Valtausalueiden Kokalmus 1-3 sijainti.	2
	Kuva 2. Väripintakartta; magneettisen totaalikentän vuon tiheys ja painovoimaprofiilit.	5
	<b>TAULUKKOTEKSTIT:</b>	
	Taulukko 1. Valtaukset Kokalmus 1-3, syväkairausten reikä tiedot	4
	Taulukko 2. Valtaukset Kokalmus 1-3, syväkairausten analyysitiedot.	6

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

GTK:n hankkeessa ”Magmatismi ja malminmuodostus” (hankeno. 2901000) selviteltiin Ranual- la vuosina 1999-2006 pienialaisia magneettisia anomalioita. Kohteissa tehtiin geologista karttoi- tusta ja lohcare-etsintää, geofysikaalisia maastomittauksia (magneettisia, sähköisiä VLF-R ja gravimetrisia mittauksia, seismistä kallionpintaluotausta) ja niiden perusteella syväkairauksia. Anomalioiden aiheuttajat olivat piippumaisia ja juonimaisia magnetiittipitoisia intrusiivisista magmakiviä: alkalikiviä, syeniittejä, ferropikriittejä, komatiittisarjan serpentiniittejä ja plagio- klaasihornblendiiittejä; Tervonkankaan anomalian aiheuttaja on ultraemäksis-emäksinen juoni- kompleksi. Ultramafiset intruusioidet antavat selvän positiivisen painovoima-anomalian; syeniitit (Kokalmus) ja egiriini-albiittikivet (Simontaival) eivät tiheydeltään poikkea sivukivistä.

Alkalikivissä ja syeniiteissa oli kohonneina pitoisuuksina Cu, Ag, Nb, Zr ja apatiitti, komatiitti- sissa serpentiniiteissa Ni, ferropikriiteissa Ni ja Cu, satunnaisesti platinaryhmän metallit (PGE). Tervonkankaan juonen pyrokseeniittisissä osissa oli anomaalisia PGE-pitoisuuksia.

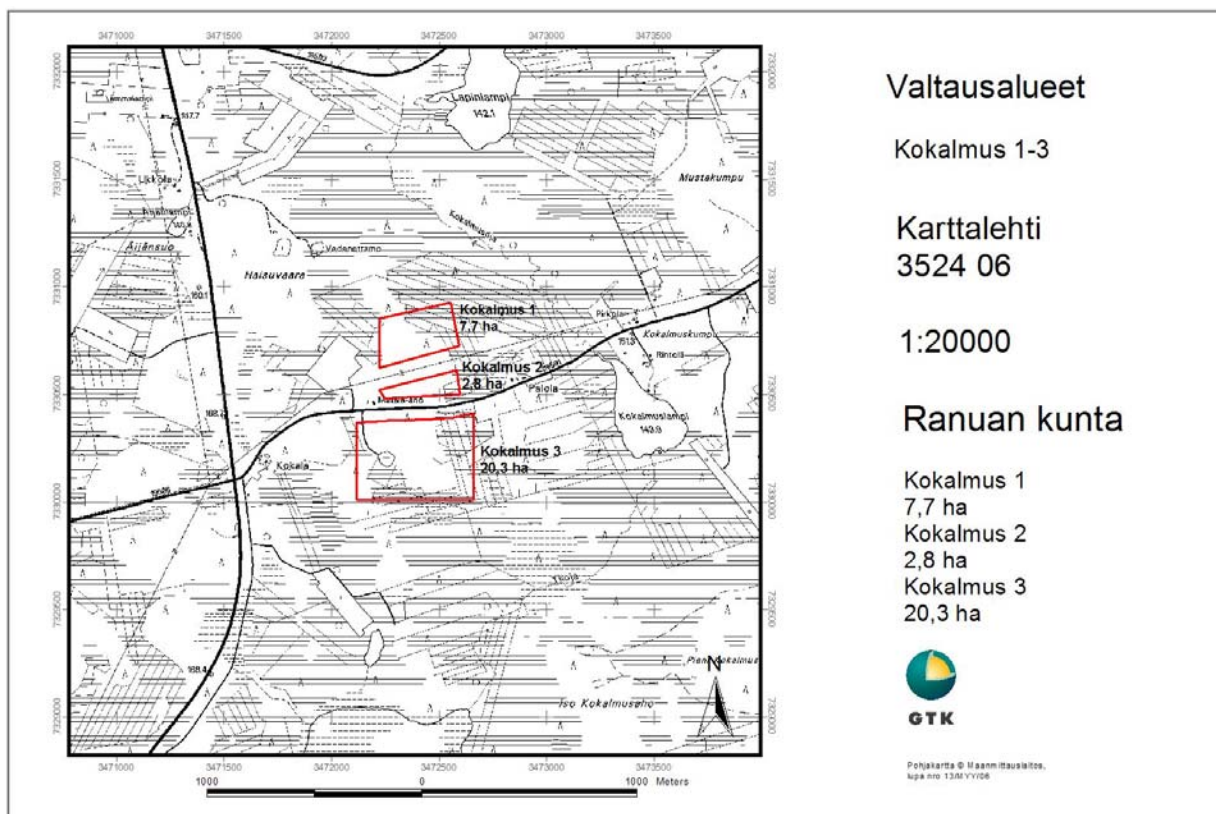
Tutkimuksista vastasi Tapani Mutanen. Geofyysikoista hankkeessa oli mukana Heikki Salmirini- ne, Pertti Turunen, Erkki Lanne, Eija Hyvönen ja Eero Sandgren. Tämän raportin kokoamisessa avustivat Viena Arvola ja Helena Murtovaara. Bo Johanson ja Lassi Pakkanen tekivät mineraali- en EP-mikroanalyysit. Pentti Kouri teki suuren määrän mineraalien XRD-määrittelyksiä. Hannu Huhma on tehnyt Sm-Nd-isotooppimäärittelyksiä ja dioriittisten sivukivien zirkonin U-Pb-ikäyksiä. Kaikki kemialliset analyysit on tehty GTK:n Rovaniemen ja Otaniemen laboratorioissa. Kiillote- tut ohuthieet on tehty GTK:n Rovaniemen yksikössä (Tauno Mukku, Mauri Kauttio) ja Kuopion yksikössä (Timo Saarimäki). GTK:n omat geofysiikan ryhmät ovat tehneet maastomittaukset; Simontaival-kohteessa Astrock Oy teki osan magneettisista ja gravimetrisista mittauksista. Ra- nuan eri kohteiden kairauksia ovat tehneet Oy Kati Ab (Simontaival), GTK:n GPK-GP:n POKA- kairaajat (Kuha, Kuukasjärvi, Tervonkangas, Pikku Nuupas, Kokalmus, Sääskilammit, Paha- kumpu, Luhtajärvi), Suomen Malmi Oy (Rytisuo, Simontaival), Geokeskus Oy (Tammikangas) ja Arctic Drilling Company Oy (Kuha).

Kokalmuksen kohteessa selvitettiin magneettista anomaliaa. Anomalia aiheutuu magnetiittipitoi- sista alkaligabroista ja syeniiteistä. Anomalian länsipuolella valtauksen läpi kulkeva magneetti- nen emäksinen juoni on ferrotoliittinen metadiabaasi. Syeniitin ja metadiabaasin sivukivi on dioriittia.

## 1.2 Tutkimuskohteen sijainti

Valtaukset Kokalmus 1-3 sijaitsevat karttalehdellä 3524 03, 30 km Ranuan liikekeskuksesta pohjoisluoteeseen, n. 1 km Rovaniemen tieltä lähtevän Saukkojärven tien varressa (kuva 1). Maasto on matala metsäinen kukkula, jonka reunoilla on ojitettuja soita.

Tutkimuskohde on nimetty n. 1 km valtauksilta etelään olevan Kokalmusjärven, valtauksen itä- puolella olevan Kokalmuslammen ja tästä luoteesta laskevan Kokalmusojan mukaan.



**Kuva 1.** Valtausalueiden Kokalmus 1-3 sijainti.

Fig. 1. Location of the claims Kokalmus 1-3.

### 1.3 Alueen yleisgeologia

Ennen näitä tutkimuksia alueen geologia on ollut huonosti tunnettu. Puutteita on vieläkin; systemaattista geologista kartoitusta ei ole tehty. Geologisilla kartoilla alueen kivilajiksi on merkitty yhdellä värillä arkeiseen gneissikompleksiin kuuluvia happamia ortogneissejä (tonaliitteja, trondhemiitteja, granodioriitteja) ja migmatiitteja.

Magneettisilla matalalentokartoilla erottuu kuitenkin 15 x 20 km:n laajuinen korkeamman intensiteetin alue, joka sijoittuu Ranuan kirkonkylän pohjois-, luoteis- ja länsipuolelle. Alueen kohdalla on n. 12 mGal:in (maksimi) positiivinen painovoima-anomalia, jonka keskus sijoittuu Eläinpuiston – Kivijärven alueelle. Moreenipeite alueella on hyvin paksu; Ranuanjärven luoteispuolella Kotilehdossa ei kalliota ole tavoitettu yli 30 m:n syvyydessä porakaivossa. Korkeimman magneettisen tason alueet ovat paljastumattomia; lohkarehavaintojen mukaan kallioperä on tummaa biotiitti- ja sarvivälkepitoista dioriittia. Vaaleampia, heikosti magneettisia tai epämagneettisia dioriitteja on paljastumina kirkonkylän lounaispuolella Heinisuon tien länsipuolella, Eläinpuiston – Kivijärven alueella ja dioriittialueen pohjoisosissa vyöhykkeellä Iso Pajuvaara – Pyhäläminnahon – Latva-Tervo. Kyseessä on myöhäisarkeinen intruusio, josta seuraavassa käytän nimeä dioriitti. Dioriitin eteläkontakti on magneettisella kartalla terävä. Lähelle eteläkontak-

tia kairattiin Luhtajärvellä dioriittiin lyhyt POKA-reikä (3524/2004/R182). Dioriitin pohjois- ja länsiosia tunnetaan vielä huonosti.

Kuopasjärven eteläpuolelta Korkia-ahon paljastumasta Hannu Huhma määrittä dioriitin zirkonin kiteytymisiäksi 2.703 Ga (Mutanen & Huhma, 2003). Ikänsä puolesta dioriitti-intruusio voisi kuulua myöhäisorogeenisiin arkeisiin sanukitoideihin, mutta Ranuan analysoiduista dioriiteista ei löydy sanukitoideille tyypillisiä piirteitä. Toisaalta dioriitin ja erilaisten (ja eri-ikäisten) ultramafiittien ja alkalikivien välille ei löydy luontevaa petrologista yhteyttä. On huomattava, että vaikka monet tutkitut intruusioid esiintyvät dioriitin alueella tai sen lähellä, Pudasjärven pohjoisosista tunnetaan alkalikiviä (Laivajoen ja Kortejärven karbonatiitit), lamprofyyrijuonia ja ferropikriittejä (Heikki Juopperin tietoja) laajalla alueella.

Magneettisesta matalalentokartasta näkyy, että siirrokset ovat pilkkoneet dioriitin lohkoihin. Suurin siirros on Kivijärven kohdalla kulkeva, hiukan kaareva ja likimain N-S –suuntainen oikeakätinen siirros, jossa (näennäinen) horisontaalisiirtymä on 8.5 km. Tätä siirrosta voi seurata magneettisella kartalla ainakin 60 km. Se katkaisee myös n. 180 km pitkän, NNW-suuntaisen diabaasijuonen. Diabaasijuonen kohdalla on vasenkätinen siirros, jossa (näennäinen) horisontaalisiirtymä on n. 5 km. Vaikuttaa siltä, että Kokalmuksen alue on näiden suurten siirrostensa väliin jäävä lohko. Dioriitin läntisimmässä tunnetussa osassa Iso-Pajuvaarassa on paljastuneena myloniittituneita dioriitteja. Idässä dioriitilla on siirroskontakti (Maunujärven siirros), ja koko itäpuoliskossa näkyy siirrostensa aiheuttamaa NNW-suuntaista rakennetta. Dioriitin itäpuolisko ei ilmeisesti ole muutenkaan yhtenäinen: siinä näkyy NE-suuntaisia magneettisia juovia, jotka lohkahavaintojen perusteella ovat arkeeseen kompleksiin kuuluvia amfiboliitteja. Simontaivalkohteessa alkalikompleksin itäpuolella sivukivi on arkeinen gneissigraniitti. Heti dioriitin itäpuolella Kaitavaarassa on laajoja gneissigraniittipaljastumia. Yleensäkin gneissigraniittialue on dioriitin ulkopuolella verraten hyvin paljastunutta, usein suurinakin kallioalueina.

Ranuan kohteista Simontaipaleessa, Kuukasjärvellä, Kuhassa ja Tervonkankaalla sivukivet ovat arkeisen gneissikompleksin kiviä.

Mafisia, ultramafisia ja alkalikiviä leikkaavat monenlaiset juonet: erilaiset diabaasit (metadiabaasit), gabrodiabaasit, albiitti-kvartsipegmatiitit, albitiitit, albiitti-biotiittigraniitit ja lamprofyyrit. Tammikankaan ultramafisessa piipussa on paksumpia leikkaavia trondhjemiittistonalitiittisiä kiviä. Heinisuon Kalliokummuilla on laaja-alaisia (> 1 ha) graniittipegmatiittipaljastumia. Happamien (graniittisten tai tonaliittisten) juonien ei ole vielä todettu leikkaavan ”oikeita” alkalikiviä (Simontaival, Säaskilammit, Kokalmus).

## 2 MALMITUTKIMUKSET VALTAUKSELLA

### 2.1 Geofysikaaliset mittaukset

Tutkimuskohde oli magneettisella matalalentokartalla erottuva magneettinen anomalia.

Valtausalueelta ei löytynyt kalliopaljastumia. Maakairauspaksuus kairanreiässä R183 on 8.00 m.

Alueella tehtiin 1.0 km x 1.7 km:n systemaattinen magneettinen mittausta (magneettinen kartta, kuva 2). Magneettisen anomalamaksimin yli mitattiin kaksi itä-länsisuuntaista 1.2 km:n pituista painovoimaprofiilia ja yksi 1.4 km:n pituinen etelä-pohjoissuuntainen painovoimaprofiili.

Maastomittauksissa linjaväli oli 50 m.

Magneettinen anomalia on N – NNE –suuntainen; sen mitat maanpintaleikkauksessa ovat n. 250 m x 850 m. Maksimi (n. 2000 nT) on anomalian pohjoispäässä. Anomalian aiheuttavat magnetiitti-pitoiset syeniitit ja alkaligabrot. Mittausalueen länsiosassa oleva kapea NNW -suuntainen, paikoin vääntynyt anomalia aiheutuu diabaasijuonesta (ilmeisesti ferrotoliittinen). Juoni on kairattu kahdella reiällä. Kairaustietojen mukaan juoni on likimain pystysuora.

Painovoimaprofiileilla ei magneettisen anomalian kohdalla ole anomaliaa, niin kuin verraten saalisilta syeniiteiltä voi olettaakin. Diabaasijuonen kohdalla on heikko mutta selvä (0.25 mGal) positiivinen painovoima-anomalia.

## 2.2 Kairaukset

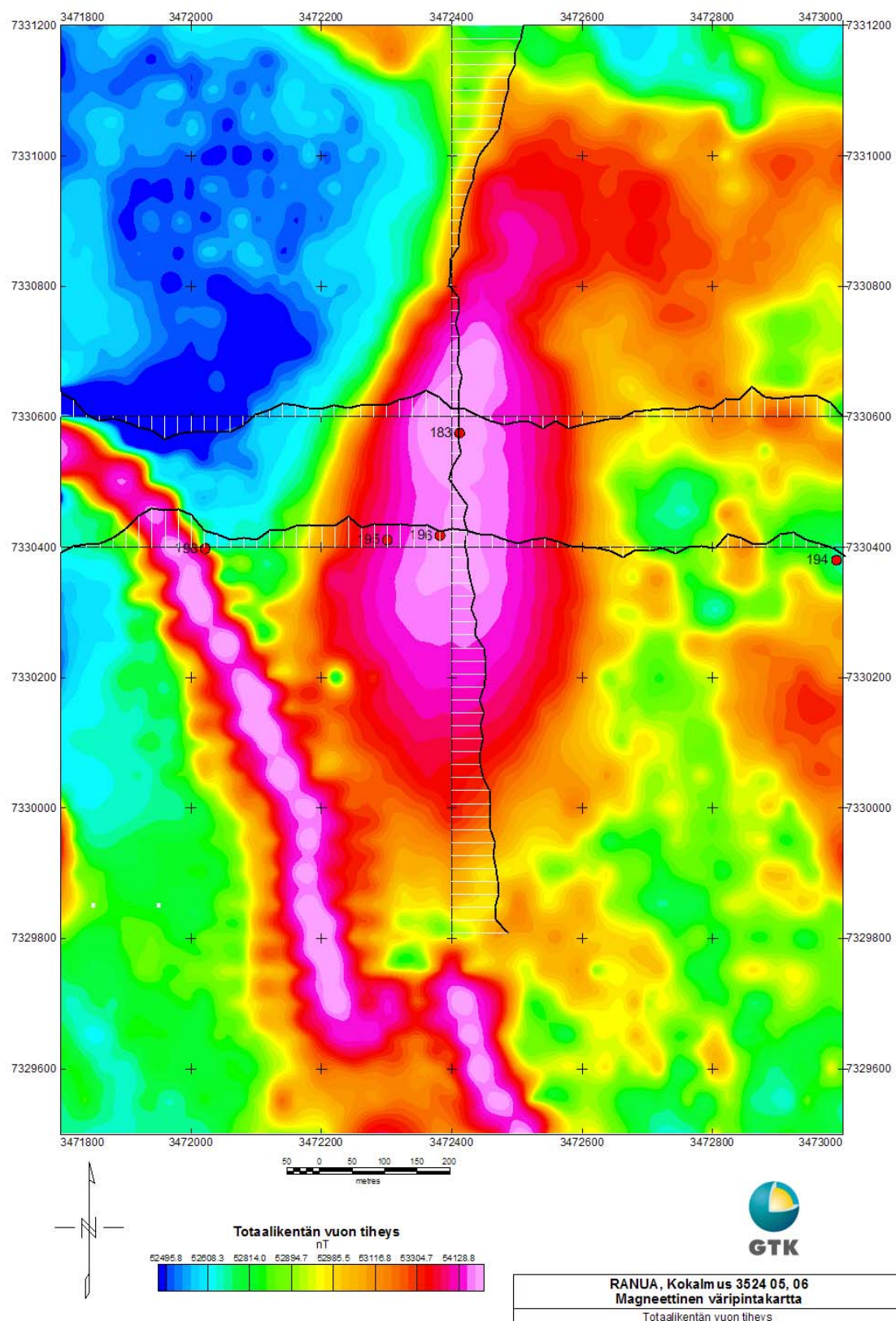
Keväällä 2004 kairattiin magneettisen anomalian huippuun yksi syväkairausreikä (R183), jonka syvyys on 107.20 m. Kesällä 2005 kairattiin kaksi reikää länsipuolella olevaan magneettiseen juoneen ja kaksi reikää juonen itäpuolelle. Näistä tutkimuksista vastasivat Heikki Juopperi ja Jukka Konnunaho. Reikien yhteispituus oli 357.25 m. Reikäsyvyydet olivat 49.50 m – 107.20 m. Reikien sijainti on merkitty magneettiseen karttaan (kuva 2). Reikätiedot on taulukossa 1.

**Taulukko 1.** *Valtaukset Kokalmus 1-3, syväkairausten reikätiedot*

Table 1. Claims Kokalmus 1-3, drill hole locations, directions, angles and depths

Reikä, no.	X	Y	Suunta	Kulma	Syvyys, m.	Maata, m
R183	7330.575	3472.412	0	90	107.20	8.00
R193	7330.398	3472.022	240	50	59.50	11.60
R194	7330.380	3472.990	240	50	49.50	15.00
R195	7330.411	3472.301	270	50	80.95	3.10
R196	7330.418	3472.382	270	60	60.10	8.70





**Kuva 2.** Väröpintakartta; magneettisen totaalkutentän vuon tiheys ja painovoimaprofiilit.

Fig. 2. Colour coded total intensity magnetic map with gravimetric Bouguer profiles.

## 2.3 Analyysit

Reiästä R183 on tehty aukoton jalometallimääritys (Au-Pd-Te) GFAAS-tekniikalla (menetelmätunnus 522U) ja monialkuainemääritys (32 alkuainetta) ICP-AES-tekniikalla (kuningasvesiliuotus 90<sup>o</sup>:ssa; tunnus 511P); valikoiduista näytteistä on tehty kokokivianalyysi XRF-tekniikalla (tunnus 175Xa) ja hivenalkuainemääritys (REE, Nb, Sc, Th, U, Y, Zr) HF perkloorihappoliuotus+sulatel/ICP-MS –tekniikalla (tunnus 308M). Reiästä R193 – R196 on tehty valikoiduista näytteistä analyyseja menetelmillä 175XA ja 308M ja jalometallianalyyseja fire assay –tekniikalla (tunnus 704P). Joistakin näytteistä on määritetty hiili hiilianalysaattorilla (tunnus 811L).

Analyysipituus on yleensä korkeintaan 2 m. Kokokivi- ja hivenalkuainemääritykset on tehty tyyppillisistä ja mahdollisimman häiriytymättömistä ja homogeenisista näytteistä.

Taulukossa 2 on esitetty reikien analyysejen tilausnumerot ja eri menetelmillä tehtyjen analyysejen määrät.

**Taulukko 2.** *Valtaukset Kokalmus 1-3, syväkairausten analyysitiedot.*

Table 2. Claims Kokalmus 1-3, chemical analyses of drill cores

Reikä, no.	Analyysitilausno.	Analyysimäärät eri menetelmillä					
		522U	511P	175Xa	704P	308M	811L
R183	91308	62	62	59		8	
R193	201019			4	4	4	4
R194	201018			2	2	2	2

## 3 KIVILAJIT: MINERAALIT JA KEMIALLINEN KOOSTUMUS

Reikä R183 lävisti pääasiassa alkalirikasta syeniittiä. Reiän yläosassa, kallion pinnasta n. 11.50 m:iin kivi on alkaligabroa. Syvyysvälillä 68.77 – 70.20 m on vaalea syeniittinen juonikivi (leukosyeniitti), joka raportoitiin ”felsiitiksi”. Reiällä R196 – R196 lävistettiin diabaasia ja alueen valtakiveä (sivukiveä) dioriittia.

Reikä R183 kairattiin magneettisen anomalian huippuun. Reikä 196 sijaitsee magneettisen anomalian päällä, R183:sta n.175 m etelään, kairaussuunta länteen kulmalla 60°. Tämä reikä ei kuitenkaan tavoittanut syeniittiä. Ilmeisesti syeniitin katto painuu magneettisesta maksimista etelään mentäessä kiven sisään.

Syeniitti on massamainen, melko karkearakeinen, mustan-vaaleanpunaisenkirjava kivi. Sen rae-koossa, tummuusasteessa ja värissä on vaihtelua; jotkut osat ovat harmaita, voimakkaammin albiittiutuneissa ja kloriittiutuneissa osissa kiven saalinen osa on voimakkaamman punaista. Magneetti ja pyriitti, molemmat usein omamuotoisina kiteinä, erottuvat yleensä paljain silmin. Kivessä on blastomyloniittisaumoja, joihin liittyy tyypillisesti muuttumista ja kvartsi-karbonaattisuonistoa. Kiveä leikkaavat kvartsijuonet (paksuus < 1 mm – 5 cm). Näissä on joskus pieniä

kideonteloita, joskus on lisäksi karbonaattia, ja usein niihin liittyy pyriittiä ja joskus pieniä scheeliittirakeita. Muita juonia ovat: kalimaasälpäjuonet, albiitti-, albiitti-karbonaatti-kvartsi-, albiitti-karbonaattijuonet ja karbonaattijuonet. Joskus näkyy, että kvartsijuoni leikkaa karbonaattijuonta.

Alkaligabro on syeniittiä tummempi, mutta muuten samanlainen mustan-punaisenkirjava kivi. Felsiitti (leukosyeniitti) on hyvin pienirakeinen, vihertävänharmaa kivi, jossa on punaisia albiittihajarakeita. Siinä on hienorakeista magnetiittipiroetta ja pitkulaisia karbonaattimanteleita. Lävistyksen alaosassa on 0.3 m:n matkalla reiän suuntaisena verkostona kvartsi(-karbonaattipistasiitti)juonia, jossa näkyy Fe-Cu-sulfideja.

Reiän R183 alkaligabron päämineraalit ovat albiittinen plagioklaasi, biotiitti, kalimaasälpä (mikrokliini) ja vihreä sarvivälke. Albiitti esiintyy subhedrisina levymäisinä kiteinä. Se on ilmeisesti alkujaan ollut korkean lämpötilan Na-K-maasälpä, josta subsolvus-alueella on suotautunut erilleen kalimaasälpää. Sarvivälkkeen määrä vähenee alaspäin. Yleensä kivessä on hiukan kvartsia ja joskus plagioklaasin muuttumistuloksena muskoviittia. Muita sekundaareja ja aksessorisia mineraaleja ovat epidootti, karbonaatti, apatiitti (n. 1.6 paino-%), titaniitti ja alaosassa rutiili. Malmimineraaleista on runsaimmin magnetiittia (kahta eri generaatiota), lisäksi pyriittiä ja kuparikiisua. Pyriitissä on sulkeumina pyrrotiittia ja kuparikiisua, joskus borniittia.

Alkaligabro vaiheutuu alaspäin syeniitiksi. Tämä on saalisempi (maasälpärikkaampi), mutta muuten mineraalikoostumukseltaan samanlainen kuin alkaligabro. Syeniitissä alkalimaasälpä (albiitti + mikrokliini) esiintyy useimmiten subhedrisina pölkymäisinä tai viuhkamaisina liistakkeisina kiteinä. Usein rakenne on selvästi porfyryinen. Sarvivälkettä esiintyy satunnaisesti ja pieninä määrinä syeniitin yläosassa 21.30 m:iin asti. Muskoviittia ja kloriittia on joskus muuttumistuloksina runsaastikin. Kvartsia löytyy satunnaisesti. Pieniä määriä on epidoottipistasiittia. On löytynyt muutamia tapauksia joissa epidootin ytimenä on metamiktityntä allaniittia. Karbonaattia on joskus juonina ja karkeina interstitiaalisina rakeina. Aksessorisista mineraaleista yleisin on fluoriapatiitti, jonka määrä laskee tasaisesti reiässä alaspäin (yläosassa 1.3 paino-%, alaosassa 0.7 paino-%). Se esiintyy yleensä prismaattisina kiteinä, mutta joskus suurina sulkeumarakeina albiittiliistakkeissa. Titaniitti on tyypillinen ilmeniitin muuttumistulos; ilmeniittipitoisissa kivissä sitä on vähän tai se saattaa puuttuakin. Usein on rutiilia. Kahdessa hieessä on löytynyt zirkonia; mineraali on metamiktinen ja siten tunnistus on epävarma, mutta koska kiven Zr-pitoisuus on korkea (130 – 310 ppm), niin ilmeisesti zirkonia on. Malmimineeraaleista on yleisin magnetiitti, joka usein esiintyy euhedrisina kiteinä. Magnetiitin martiittituumista on havaittu muutamissa hieissä. Rakenteista päätellen syeniittimagmasta on alkujaan kiteytynyt titanomagnetiitti, josta on suotautunut ilmeniittiä (ilmenomagnetiitti). Euhedrinen magnetiitti on kuitenkin ”puhdasta”, selvästi sekundaaria. Sekundaaria magnetiittia on yleisesti pyriittirakeiden ympärillä tai se muodostaa pyriitin kanssa symplektiitin. Ilmeniitti on yleensä kokonaan muuttunut titaniitiksi ja rutiiliksi. Syvemmällä reiässä ilmaantuu omamuotoista, levymäistä ilmeniittiä, mutta tämäkin on ilmeisesti metamorfista uudelleenkiteytymää. Atollirakennetta esiintyy yleisesti: keskellä ”saarena” on magnetiittia jäänteenä alkuperäisestä ilmenomagnetitista (josta ilmeniitti on muuttunut titaniitiksi), sen ympärillä on leveä ”laguuni” titaniittia,; uloimpana on sekundaarien, omamuotoisten magnetiittirakeiden muodostama ”riutta”.

Sulfideista ovat yleisimmät pyriitti ja kuparikiisu. Reiässä alaspäin pyriitin määrä kasvaa ja kuparikiisun määrä vähenee. Pyrrotiittia on yleisesti sulkeumina pyriitissä. Pyriitissä on sulkeumina myös kuparikiisua ja joskus kubaniittia. Syeniitin yläosassa on mikroskoopissa löytynyt sinkkiwälkettä, lyijyhohdetta ja hypergeenistä markasiittia, alaosassa arseenikiisua (1 rae).

Felsiitti on hyvin pienirakeinen kivi, josta Fe-Mg-silikaatit puuttuvat kokonaan. Kivessä on alkalimaasälpää mikrohajarakeina, jossa karbonaattia on pyöreinä ”manteleina”. Hajarakeiden ja perusmassan alkalimaasälpä on suotautunut albiitiksi ja mikrokliiniksi. Pieniä määriä on muskoviittia ja kvartsia. Aksessorisia ja malmimineraaleja ovat fluoriapatiitti, titaniitti, rutiili ja euhedrinen magnetiitti. Magnetiitti on reunoilta alkaen hiukan martiittiutunut.

Vuonna 2005 syeniitin länsipuolelle kairatuissa rei’issä (R193 – R196) lävistettiin ferrotoleiittinen metadiabaasijuoni ja tämän ja syeniitin välissä dioriittia. Reikäraporttien mukaan (Jukka Konnunaho) dioriitissa on satunnaisia punertavanharmaita graniittijuonia (paksuimmat lävistykset 1.4 m). Metadiabaasin päämineraalit ovat plagioklaasi, vihreä sarvivälke ja biotiitti. Uraliittiutumisesta ja albiittiutumisesta huolimatta plagioklaasi ei ole granuloitunut, ja sen sälöinen asu on hyvin säilynyt. Plagioklaasin muuttumistuloksena on epidootia, jonka keskellä on usein suuriakin kiteitä säilynyttä tai metamiktiytyntä allaniittia. Muita sekundaareja, aksessorisia ja malmimineraaleja ovat kloriitti, titaniitti, fluoriapatiitti, magnetiitti, pyriitti, kuparikiisu, pyrottiitti (jossa joskus suotaumana pentlandiittia) ja hypergeeninen markasiitti. Magnetiitti on puhdas, usein euhedrinen ja selvästi sekundaarinen, mutta alkuperäisen ilmenomagnetiitin pseudomorfooseja (magnetiitti + titaniitti) löytyy. Titaniitti on ilmeniitin muuttumistulos. Joissakin hieissä on pyriitin yhteydessä sinertävää, pleokroista ja anisotrooppista malmimineraalia, joka optisten ominaisuuksien mukaan on pyrofaniittia. Metadiabaasissa on kideväleissä aina granofyyrikenteistä massaa, joka koostuu alkalimaasälvästä ja kvartsista. Dioriitti on voimakkaasti uudelleenkiteytynyt ja metamorfoitunut. Sen päämineraalit ovat albiittiutunut plagioklaasi (muuttumistuloksina ”serisiitti”, karbonaatti ja epidooti-pistasiitti), kvartsi, biotiitti ja vihreä sarvivälke. Allaniittia on epidootin ytiminä. Muita sekundaareja, aksessorisia ja malmimineraaleja ovat kloriitti, titaniitti, fluoriapatiitti, karbonaatti, zirkoni ja magnetiitti. Euhedrisissa magnetiittikiteissä on reunoilta alkavaa martiittiutumista.

**Kivilajien kemialliset koostumukset.** Alkaligabro on emäksinen,  $\text{SiO}_2$  49 – 52 %. Syeniitteihin verrattuna siinä on selvästi korkeampi  $\text{MgO}$  (3.4 – 3.8 %),  $\text{FeO}(\text{tot})$  (12 – 13.7 %),  $\text{MnO}$  (0.27 – 0.35 %),  $\text{TiO}_2$  (3.4 – 3.9 %), V (314 – 357 ppm), Cu (300 – 330 ppm), Zn (250 – 290 ppm) ja jonkin verran korkeampi  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Syeniittiin verrattuna siinä on matalampi Si, Al ja Na.

Syeniiteissä on kidefraktioitumiseen viittaavaa koostumusvaihtelua. Alkaligabron alapuolella 38 m:iin asti  $\text{SiO}_2$  on 55 – 57 %, sen alapuolella 59 – 61 %, samalla  $\text{FeO}(\text{tot})$  laskee 8 – 9 %:sta 5 – 6.5 %:iin. Selvä pudotus on  $\text{MgO}$ :lla, joka laskee ylimpien syeniittien 1.8 – 2.0 %:sta 0.5 – 0.9 %:iin, ja  $\text{P}_2\text{O}_5$ :llä, jossa vastaava pudotus on 0.50 – 0.58 %:sta 0.28 – 0.33 %:iin. Myös Zn köyhtyy selvästi alaspäin syeniittien yläosasta (n. 150 ppm) reiän alaosiin (30 – 40 ppm). Vastaavaa laskua on muillakin metalleilla (Ba, Sr). Zr ja Nb kasvavat alaspäin lievästi mutta selvästi (esim. Nb 65 – 70 ppm:stä 90 – 92 ppm:ään). Rikkipitoisuus on tämäntyyppiselle kivelle korkea (n. 500 – 2000 ppm S).

Syeniitti on hyvin alkalirikas; alkalioksidien summa on 9.5 – 11 %. Yleensä  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ . Syvyysväli 41 – 79 m on hyvin kalirikas ( $\text{K}_2\text{O}$  yleensä 4 – 5.5 %).

Felsiitti, joka leikkaa juonena syeniittejä, on petrogeneettisesti näiden sukua. Hivenalkuaineet kuten Nb, P, Zr, Sr, Ce ovat felsiitissä ja syeniitissä samaa pitoisuusluokkaa. Felsiitissä on kuitenkin korkeampi  $\text{SiO}_2$  (63 – 64 %) ja  $\text{Na}_2\text{O}$  (8.6 %) ja sen  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  (n. 4) on merkittävästi korkeampi kuin syeniiteissä. Vastaavasti felsiitissä on syeniittiin verrattuna paljon matalampi  $\text{FeO}(\text{tot})$  (2.7 – 2.8 %),  $\text{MgO}$  (< 0.0332 %),  $\text{K}_2\text{O}$  (2.1 %), S (< 20 ppm), Ba ja Rb.

RE-alkuaineiden kondriittinormalisoitu jakauma (REE(CN)) on hyvin samanlainen kuin alueen muilla alkalikivillä. LREE ovat rikastuneet, mutta HREE-pää on melko tasainen. Alkaligabroilla

ei ole Eu-anomaliaa, syeniiteillä on pienehkö negatiivinen Eu-anomalia; felsiitillä Eu-kuoppa on kaikkein syvin. Felsiiteillä REE(tot)-pitoisuus on kaikkein pienin.

Dioriitti (R193) on koostumukseltaan Ranuan alueelle tyypillinen ( $\text{SiO}_2$  62.4 %,  $\text{MgO}$  2.4 %,  $\text{FeO}(\text{tot})$  5.03 %,  $\text{TiO}_2$  0.766 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  0.29 %, Ba 1175 ppm, Sr 683 ppm, Cr 35 ppm, Ni 29 ppm). Metadiabaasi on koostumukseltaan hyvin homogeeninen ja siinä on ferrotoleiitille tyypilliset pitoisuudet:  $\text{SiO}_2$  48.8 – 51.6 %,  $\text{FeO}(\text{tot})$  13.8 – 15.6 %,  $\text{MgO}$  4.39 – 5.38 %,  $\text{TiO}_2$  2.50 – 2.64 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  0.29 – 0.40 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  12.5 – 13.0 %, S 2320 – 2880 ppm, Cr < 30 ppm, Ni 29 – 56 ppm, Cu 71 – 129 ppm. REE(CN) laskevat tasaisesti LREE:stä (La(CN) 35 – 50) HREE:iin (Yb(CN) 5 – 10). Käyrissä on hyvin heikko negatiivinen Eu-anomalia.

## 4 ESIINTYMÄN ARVIOINTI

Syeniitti on mielenkiintoinen lisä tietoihin, joita alueen alkali-intruusioista on kertynyt ja käynnissä olevissa tutkimuksissa parhaillaankin kertyy. Taloudellisesti merkittäviä arvoainepitoisuuksia ei kuitenkaan löytynyt. Jalometallianalyyseissa oli vain yksi lievästi anomaalinen Au-pitoisuus (20 ppb).

## 5 VALTAUKSESTA LUOPUMISEN SYYT

Tutkimuksilla ei voitu osoittaa hyödyntämiskelpoisia mineraaliesiintymiä, ja sen takia GTK luopui valtauksista.

## KIRJALLISUUSVIITTEET

**Mutanen, T. & Huhma, H. (2003).** The 3.5 Ga Siurua trondhjemite gneiss in the Archaean Pudasjärvi Granulite Belt, northern Finland. Bull. Geol. Soc. Finland 75, 51-68.

## TUTKIMUSAINEISTON TALLENTAMINEN

Kairasydämiä säilytetään GTK:n Pohjois-Suomen yksikön kairasydänvarastossa; lopullinen säilytyspaikka on Lopen valtakunnallinen kairasydänarkisto. Kairasydämien digitaalivalokuvien tiedostoja säilytetään GTK:n Pohjois-Suomen yksikössä. Kiillotetut ohuthieet säilytetään GTK:n Pohjois-Suomen yksikössä.

Numeerinen aineisto on tallennettu sekä paperitulosteina ja digitaalisessa muodossa. Kairasydänraportit, reikäluotaustulokset ja kemialliset analyysit on tallennettu GTK:n WinKaira-kallioperätietokantaan. Maastogeofysiikan tiedot on tallennettu ASCII-muotoisina GEOSOFT xyz-tiedostoina.

## **LIITTYY-AINEISTO**

1. Kairansydänraportti 3524/04/R183/Tapani Mutanen
2. Kairansydänraportit 3524/05/R193 – R196/Jukka Konnunaho
3. Kemiaalliset analyysit, ks. Taulukko 2.
4. Magneettinen mittaus (totaalikenttä) Q22.21/352406/03
5. Painovoimamittaus Q21.1/352406/03/1
6. Kiillotetut ohuthieet rei'istä 3524/R183 ja R193 – R196

Data-CD:llä on numeerisessa muodossa maastogeofysiikan tiedot, kairasydänraportit, kemialliset analyysit ja valtausraportti.