

**SUOMEN GEOLOGINEN KARTTA 1 : 100 000
GEOLOGICAL MAP OF FINLAND 1 : 100 000**

**KALLIOPERÄKARTTOJEN SELITYKSET
EXPLANATION TO THE MAPS OF
PRE-QUATERNARY ROCKS**

**LEHDET 2713 JA 2731
SHEETS 2713 AND 2713**

Jukka Väänänen

Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden kallioperä

Summary: Pre-Quaternary rocks of the Kolari and Kurtakko map-sheet areas

**GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS
GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND**

ESPOO 1998



SUOMEN GEOLOGINEN KARTTA — GEOLOGICAL MAP OF FINLAND

1 : 100 000

Kallioperäkarttojen selitykset, lehdet 2713 ja 2731

Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks, sheets 2713 and 2731

Jukka Väänänen

**KOLARIN JA KURTAKON KARTTA-ALUEIDEN
KALLIOPERÄ**

**Summary: Pre-Quaternary rocks of the Kolari and Kurtakko map-
sheet areas**

Geologian tutkimuskeskus — Geological Survey of Finland

Espoo 1998

Väänänen, J. 1998. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Kolari and Kurtakko map-sheet areas. *Geological Map of Finland 1:100 000. Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks, sheets 2713 and 2731.* 87 pages, 31 figures, 2 tables and 3 appendices.

The Kolari and Kurtakko map-sheet areas are located in northern Finland at the Swedish border. Except in their southeastern parts, which are characterised by migmatites of the Venejärvi Complex, the areas are made up of Palaeoproterozoic supracrustal and intrusive rocks.

The volcanic rocks of the Teuravuoma Formation constitute the lowermost lithostratigraphic unit. The next unit consists of epiclastic metasediments of the Niesakero Formation and the Haisujupukka Formation. Chemical metasediments define the Rautuvaara Formation, which deposited above the Niesakero Formation. Volcanic rocks of the Kolari Formation define the next unit above. The uppermost units, the Luosujoki, Tapojärvi, Iso Pirttivaara, Ylläs and Juurakkojärvi Formations, are composed of epiclastic metasediments. The dominant intrusions are granitoids of the Haaparanta Suite (ca. 1.9 Ga). Minor intrusions include granitic ones (ca. 1.8 Ga) and those of the Karhujupukka Suite. The most important dyke rocks are diabases (2.0 Ga).

Chemical analyses of sedimentary rocks showed their immature character. The geochemical character of the metalavas in the Teuravuoma Formation is mainly komatiitic. Tholeiitic metalavas are met with. Also calc-alkaline intercalations occur. The LREE-enriched REE patterns and the low Ti/Zr, Ta/La, Ta/Th and P/Zr ratios suggest contamination by upper crustal material. The amphibolite intercalations of the Haisujupukka Formation are mainly tholeiitic with occasional signs of crustal contamination. The samples from the Kolari Formation can be divided into tholeiitic, calc-alkaline and komatiitic groups. The samples from the Haaparanta Suite indicate evolution of I-type intrusions. The samples from the Karhuvuoma intrusion of the Karhujupukka Suite comprise rock types ranging from leucogabbro to pyroxene and olivine gabbro.

The bedrock of the map sheet areas has a polyphase deformation and metamorphism. Ductile structures (D₁, D₂) are crosscut by faults of a young, brittle deformation phase. The metamorphism was low-pressure type and varied from low to even high grade.

Iron ores have been mined by Rautaruukki Oy and carbonate rock have been exploited by the cement factory of Partek. In 1988 Ti-V-Fe deposits were discovered in the Karhuvuoma intrusion. Preliminary dimension stone assessments have been made.

Key words: (GeoRef Thesaurus, AGI): areal geology, explanatory text, bedrock, metamorphic rocks, plutonic rocks, geochemistry, Paleoproterozoic, Kolari, Finland.

Jukka Väänänen, Geological Survey of Finland, Regional Office for Northern Finland, P.O. Box 77, FIN-96101 Rovaniemi
E-mail: jukka.vaananen@gsf.fi

ISBN 951-690-703-2

Vammalan Kirjapaino Oy 1998

Väänänen, J. 1998. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Kolari and Kurtakko map-sheet areas. *Suomen geologinen kartta 1:100 000. Kallioperäkartojen selitykset, lehti 2713 ja 2731.* 87 sivua, 31 kuvaa, 2 taulukkoa ja 3 liitettä.

Kolarin ja Kurtakon kartta-alueet sijaitsevat Pohjois-Suomessa, Ruotsin rajalla. Pääosan alueista kattavat paleoproterotsooiset pintakivet, joihin on tunkeutunut huomattavia syväkiviä. Alueiden eteläreunaa luonnehtivat Venäjän kompleksin migmatiitit.

Litostratigrafisesti alinna ovat Teuravuoman muodostuman vulkaniitit. Niiden päällä ovat Niesakeron ja Haisujupukan muodostumien epiklastiset metasedimentit. Seuraavaa yksikköä, Rautuvaaran muodostumaa, luonnehtivat kemialliset metasedimentit. Tämän yksikön päällä ovat Kolarin muodostuman vulkaniitit. Seuraavaksi kerrostuivat Luosujoen muodostuman polymiktiset konglomeraatit. Tapojärven, Ison Pirttivaaran, Ylläksen ja Juurakkojärven epiklastisista metasedimenteistä koostuvat muodostumat ovat stratigrafiassa ylinnä. Haaparannan sviitin granitoidit (n. 1,9 Ga), Karhujupukan sviitin gabrot, sekä graniitit (n. 1,8 Ga) ovat merkittäviä syväkiviä. Juonikivistä diabaasit (n. 2027 Ma) ovat merkittävimpiä.

Epiklastisten metasedimenttien kemialliset analyysit osoittavat pääosin epäkypsyttä. Teuravuoman muodostuman laavakivet ovat pääosin komatiittisia. Muodostumaan liittyy tholeiittisia ja kalkkialkalisia kerroksia. Komatiittisten kivien rikastuminen keveistä lantanideista ja niiden alhaiset Ti/Zr-, Ta/Th- ja P/Zr-suhteet ilmentävät sialisen kuoren aiheuttamaa kontaminaatiota. Haisujupukan muodostuman amfiboliittikerrokset ovat lähinnä tholeiittisia. Niissä ilmenee lievää sialista kontaminaatiota. Kolarin muodostumassa on tholeiittisia, kalkkialkalisia ja komatiittisia vulkaniitteja. Haaparannan sviitin näytteiden alkuainejakaumat viittaavat I-tyyppin granitoideille ominaiseen differentioitumiseen. Karhujupukan sviitin Karhuvuoman intruusion näytteet ovat leukogabroja, pyrokseeni- ja oliviinigabroja.

Kartta-alueiden kallioperä on kokenut monifaasisen deformaation ja metamorfoosin. Hauraan deformaation siirrokset leikkaavat duktiileja (D_1 , D_2) rakenteita. Alueellismetamorfoosi kehittyi lähinnä alhaisen asteen ja keskias-teen P-T-oloissa.

Rautaruukki Oy on louhinut karsirautamalmia Rautuvaarassa. Partek Oy:n sementtitehdas on hyödyntänyt Äkäsjoensuun kalkkikiveä. Karhuvuoman intruusiosta on löydetty Ti-V-Fe-esiintymä. Rakennuskiviä on tutkittu alustavasti kivenjalostajien tarpeisiin.

Avainsanat (Fingeo-sanasto, GTK): aluegeologia, karttaselitykset, kallioperä, metamorfiset kivet, syväkivet, metamorfoosi, geokemia, paleoproterotsooinen, Kolari., Suomi

Jukka Väänänen, Geologian tutkimuskeskus, Pohjois-Suomen alue-toimisto, PL 77, 96101 Rovaniemi
Sähköposti: jukka.vaananen@gsf.fi

SISÄLLYSLUETTELO – CONTENTS

Johdanto	7
Tutkimusvaiheet	10
Kallioperän yleispiirteet ja paljastuneisuus	11
Stratigrafia	14
Stratigrafiatulkinta	14
Venejärven kompleksi	17
Teuravuoman muodostuma	18
Niesakeron ja Haisujupukan muodostumat	18
Rautuvaaran muodostuma	21
Kolarin muodostuma	21
Luosujoen muodostuma	25
Ylläksen, Tapojärven, Juurakkojärven ja Ison Pirttivaaran muodostumat	26
Alueellinen korrelointi	27
Kivilajien luokittelu	29
Pintakivilajit	30
Vulkaniitit	30
Karbonaatti-, karsi- ja kalkkisilikaattikivet	32
Rautamuodostumat	33
Mustaliuskeet ja kiisupitoiset liuskeet	33
Kvartsiitit ja arkoosiset metasedimentit	35
Kiilleliuskeet ja kiillegneissit	37
Konglomeraatit	38
Syväkivet	39
Karhujupukan sviitin syväkivet	40
Karhuvuomanintruusio	40
Hävityskuusikon ja Sainlaen intruusiot	42
Haaparannan sviitin syväkivet	43
Granitoidit	43
Gabrot ja dioriitit	44
Graniitit ja pegmatiitit	45
Migmatiitit	46
Juonet	46
Mafiset ja ultramafiset juonet	46
Felsiset ja intermediääriset juonet	48
Rakenne ja metamorfoosi	48
Rakenteet	49
Metamorfoosi	53
Ikämääritykset	55
Geokemia	57
Sedimenttikivet	57
Vulkaniitit	58
Syväkivet	63
Juonet	68
Geologinen kehitys	69
Taloudelliset aiheet	69
Yleistä	69

Malmit ja malmi aiheet	70
Teollisuusmineraalit, rakennuskivi- ja kiviainesesiintymät	70
Summary	72
Pre-Quaternary rocks of the Kolari and Kurtakko map-sheet areas	72
Introduction	72
Geological outline	73
Venejärvi Complex	73
Lithostratigraphical units	73
Teuravuoma Formation	73
Niesakero and Haisujupukka Formations	74
Rautuvaara Formation	75
Kolari Formation	75
Luosujoki Formation	76
Tapojärvi, Ylläs, Juurakkojärvi and Iso Pirttivaara formations	79
Intrusive rocks	78
Dyke rocks	78
Structure and metamorphism	79
Geochemistry	80
Geological evolution	81
Economic geology	82
Kirjallisuus — References	84
Liite 1. - Appendix 1. Kemiaalisia analyyskejä - Chemical analysis	
Liite 2. - Appendix 2. Korrelaatiomatriiseja - Correlation matrixes	
Liite 3. - Appendix 3. Lantanidianalyyskejä - REE analysis	

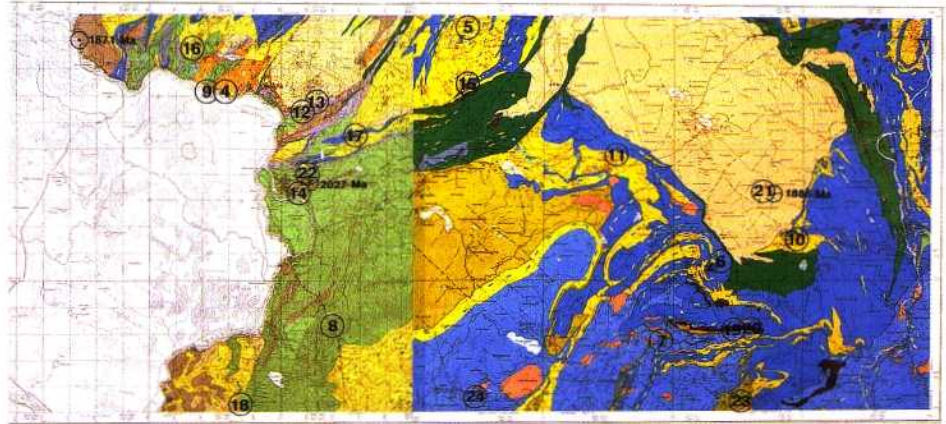
JOHDANTO

Kolarin (2713) ja Kurtakon (2731) vierekkäiset kartta-alueet sijaitsevat Länsi-Lapissa Ruotsin rajalla. Kartta-alueet kattavat huomattavat osat Kolarin ja Kittilän kunnista, sekä eteläisen kärjen Muonion kuntaa.

Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) valtakunnalliseen 1:100 000-mittakaavaiseen kartoitusohjelmaan kuuluvien Kolarin (Väänänen 1984) ja Kurtakon (Väänänen 1992) kartta-alueiden kallioperäkartoitus aloitettiin v. 1978. Kartoituksessa avustivat Kai Lähteenmäki (v. 1978), Markku Tiainen (v. 1978 ja 1979), Paavo Härmä (v. 1979 ja 1980), Lassi Pakkanen (v. 1979, 1981 ja 1982), Tapio Kuivasaari (v. 1979), Timo Kilpeläinen (v. 1980), Jyrki Rantataro (v. 1981, 1983 ja 1984) ja Jorma Mikkonen (v. 1984). Kallioperäosaston kenttätyöryhmä puhdisti kartta-alueilla paljastumia, kartoitti ja teki mm. magnetometrauslinjamittauksia Jarmo Kariniemen johdolla. Kenttäkarttoina käytettiin 1:20 000-mittakaavaisia peruskarttoja. GTK:n geokemian osaston Kolarin ja Kurtakon alueen purosedimentti- ja moreenikartat olivat kirjoittajan käytettävissä.

GTK:n geofysikaalisten korkealentokarttojen ohella kirjoittajan käytettävissä oli Kolarin aluetta ja Kurtakon alueen luoteisosaa koskevaa Rautaruukki Oy:n tutkimusaineistoa- mm. matalalentomittausaineistoa, tutkimusraportteja ja kairansydänraportteja. Eräisiin näistä on viitattu tekstissä (RO 10/73, RO 10/78). Matalalentokarttojen puuttuessa peitteisellä Kurtakon alueella suoritettiin alkuvuosina varsin runsaasti geofysikaalisia maastomittauksia, samoin kuin iskuporauksia. Tässä vaiheessa Kurtakon alueen geologinen kuva jäi kuitenkin hyvin puutteelliseksi ja kohentui vasta vuoden 1986 geofysikaalisten matalalentomittausten myötä.

Ns. Kolarin vihreäkivi (Hiltunen 1982) sai Kolarin (2713) kallioperäkartalle piirretyn laajuutensa Teuravuoman poikki v. 1983 GTK:n toimesta tehdyn iskuporauslinjan perusteella. Kolarin geologinen kartta on lähinnä litologinen GTK:n silloisen käytännön mukaisesti. Tuolloin ei vielä ollut tietoa Teuravuoman komatiittisesta vulkaniitista, jonka stratigrafinen asema ja laajuus alkoi hahmottua v. 1985 Lapin vulkaniittiprojektin (LVP) detaljikartoituksissa, kairauksissa ja geofysikaalisissa tutkimuksissa (ks. Lehtonen ym. 1985b, Lehtonen ym. 1986, Väänänen 1989). Toisaalta v. 1986 ilmestynyt Kurtakon matalalentoina-aineisto ja LVP:iin liittyvät deformaatio selvitykset (ks. Virransalo 1987, Koistinen & Virransalo 1985, 1986) aiheuttivat runsaasti kenttätarkistuksia, jotka muuttivat aikaisempaa geologista näkemystä niin radikaalisti, että se näkyy Kolarin ja myöhemmin ilmestyneen Kurtakon kallioperäkartan yhteensopimattomuutena saumakohdassa (vrt. kuvat 1, 2 ja 3). Kurtakon geologisella



Kuva 1. Kolarin (2713) ja Kurtakon (2731) kallioperäkartat. Tämän selityksen kuvien (4-24) ja eräiden ikämääritysten (2027, 1886, 1871 Ma) sijainti merkitty.

Fig. 1. Geological maps of the Kolarin (2713) and Kurtakko (2731) map-sheet areas. Numbers refer to figures (4-24) and radiometric datings (2027, 1886, 1871 Ma).

kartalla on sovellettu kansainvälistä stratigrafista jaottelua (ks. NACSN 1983, Nystuen 1989).

Olavi Kouvo GTK:n isotooppigeologian yksiköstä on tehnyt useita radiometrisiä iänmäärityksiä kartta-alueiden kivistä. Kolarin alueen kivistä on tehty useita iänmäärityksiä GTK:n ja Rautaruukki Oy:n yhteistyönä. Ne on julkaistu Hiltusen (1982) väitöskirjassa. Myös Pentti Rastas ja kirjoittaja ovat toimittaneet iänmäärittämiseen eräitä Kolarin ja Kurtakon alueen näytteitä, joiden tuloksia on käsitelty Lapin iänmäärittämisyhteistyön julkaisussa (Huhma ym. valmisteilla). Iänmäärittämissä näytteiden ottopaikkoja on merkitty kuvaan 1.

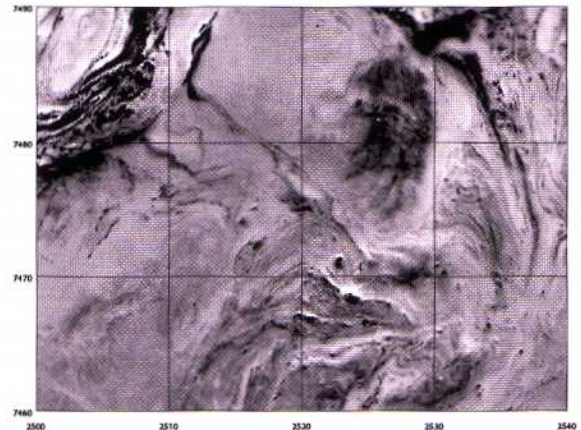
GTK:n kemian laboratoriossa on analysoitu kivilajinäytteistä XRF-menettelmällä pääalkuaineet. Rautaruukki Oy:n Raahen laboratoriossa tehdyissä XRF-analyysissä on edellisten lisäksi määritetty Zn, Cr, Ni, Ba, Cu, S, V, Zr ja Sr. Osasta näytteistä on tehty Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa INAA-analyysit, joilla määritettiin As, Sb, Ag, W, Mo, Au, La, Sm, Lu, Co, Sc, Rb, Ta, U, Th, Br ja Cs. Lisäksi eräitä näytteitä on analysoitu Kanadassa (XRAL, Ontario). Liitteiden 1 ja 3 taulukoiden 3-5 näytteiden ja LVP:n vertailuanalyyysien ottopaikat selviävät kuvasta 31. Analyysien atk-käsittelyssä ja geokemiallisessa tulkinnassa kirjoittaja sai tukea Eero Hanskilta. Marita Portin on tehnyt Oulun yliopiston elektronioptiikan laitoksella mikroanalyysejä Kolarin ja Kurtakon alueiden metamorfoosin selvittämiseksi.

GTK:n Pohjois-Suomen kallioperäkartoitusryhmän geologit ovat tutustuneet Kolarin ja Kurtakon kartta-alueisiin, geologisiin karttoihin ja selityksen käsikirjoitukseen. Kenttäyhteistyö ja kartta-alueita koskevat pohdinnat Pentti Rastaa, Matti Lehtosen, Tapio Koistisen, Petri Virransalon, Erkki Lanteen ja Tapio Ruotoistenmäen kanssa ovat olleet merkittäviä geologian selvittelyssä. Yh-



Kuva 2. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden yleistetty stratigrafinen kartta. Lyhenteet, katso taulukko 1.
Fig. 2. Generalised stratigraphical map of the Kolarin and Kurtakko areas. For abbreviations, see Table 1.

Kuva 3. Kurtakon aeromagneettisen matalalentokartan harmaasävyesitys. Totaali-intensiteetti. Absoluuttiarvo 1965.
Fig. 3. Low-altitude airborne magnetic map of the Kurtakko map-sheet area. Total intensity in grey-tone presentation (IGRF 1965).



teistyö myös Rautaruukki Oy:n silloisen toimistopäällikön, Aimo Hiltusen, samoin kuin Rautuvaaran kaivoksella työskennelleiden Aarre Juopperin ja Olavi Kerkkosen kanssa oli hyödyllistä. Eero Hanskilta ja Vesa Perttuselta olen saanut rakentavia neuvoja selityskirjaa muokatessani. Valtiongeologi Tapio Koistinen tarkasti käsikirjoituksen. Rouva Gillian Häkli tarkasti englanninkielisen tekstin. Kirjoittaja esittää parhaat kiitoksensa karttalehtityöhön osallistuneille ja siinä avustaneille henkilöille.

Kartoitusaineistosta saa tietoa GTK:n Pohjois-Suomen aluetoimistosta, jossa aineistoa säilytetään.

TUTKIMUSVAIHEET

Kolarin ja Kurtakon aluetta tutkittiin Suomen geologisen yleiskartoituksen yhteydessä vuosisadan vaihteessa. 1930-luvulla ilmestyneissä 1:400 000-mittakaavaisissa geologisissa yleiskartoissa B7, Muonio ja C7, Sodankylä (E. Mikkola 1936, 1937) ja niihin liittyvässä selityksessä kuvattiin Kolarin ja Kurtakon alueiden geologiset pääpiirteet (E. Mikkola 1941). Jo aikaisemmin Hackman (1927) käsitteli jonkin verran Kittilän ympäristön tutkimuksissaan myös Kurtakon ja Kolarin aluetta. Systemaattinen kallioperäkartoitus käynnistyi uudestaan 1970-luvulla (ks. johdanto).

Äkäsjokisuun kalkkikivi ja Juvakaisenmaan rautamalmi on tunnettu jo vuosisatoja. Niiden järjestelmällinen tutkimus alkoi 1900-luvun alussa (ks. Eskola ym. 1919; Borgström 1928). 1950-luvulla tehdyt Äkäsjoen suun kalkkikiven tutkimukset johtivat sementtitehtaan avaamiseen v. 1968 (ks. Lackschewitz 1958, Kitunen 1970). 1940-luvulta alkaen Kolarin kartta-alueella ja Kurtakon alueen luoteisosassa harjoitettu malminetsintä johti v. 1975 Rautuvaaran kaivoksen ja v. 1979 Hannukaisen avolouhoksen avaamiseen Rautaruukki Oy:n toimesta (ks. esim. Hiltunen & Tontti 1976, Hiltunen 1982).

Outokumpu Oy puolestaan etsi malmeja 60-luvulla Kurtakon alueen itäosassa, Alakylän ympäristössä (Vormisto 1968). Tätä selitystä kirjoitettaessa sekä kaivostoiminta että sementin valmistus on kannattamattomana lopetettu Kolarin alueelta. Toisaalta Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) v. 1987 löytämä Karhujupukan Fe-Ti-V-esiintymä on hyödyntämättä (ks. Karvinen ym. 1989).

Kolarin kartta-alueen rautamalmeja ja geologiaa on käsitelty useissa opinnäytteissä (Shaikh 1964, Lindberg 1976, Kuivasaari 1980, Hiltunen 1982), artikkeleissa, tutkimusjulkaisuissa ja teemakartoissa (T. Mikkola 1960, Schmidt 1960, Stigzelius & Ervamaa 1962, Hiltunen & Tontti 1976, Mäkelä & Tammenmaa 1978, Silvennoinen ym. 1980, Väänänen 1982, Lehtonen ym. 1985b, Geological Map, Northern Fennoscandia, 1:1 000 000. 1987). Kuivasaari (1980) tutki pro gradu -tutkielmassaan Rautuvaaran kaivoksen geologiaa. Hiltunen (1982) kuvasi väitöskirjassaan "The Precambrian geology and skarn iron ores of the Rautuvaara area, northern Finland" perusteellisesti Kolarin alueen pohjoisosan ja Kurtakon alueen luoteiskulman geologiaa. Väänänen (1982) Kolarin alueen alustava alueellismetamorfoosin selvitys perustui kertyneeseen kartoitusmateriaaliin. Lehtonen (1988) sivuaa lisenssiaattityössään Muonion ja Kihlangin alueen geologiasta ja granitoideista myös Kolarin aluetta. Rantataro (1988) on käsitellyt Kallon intruusiota ja sen ympäristön geologiaa pro gradu -tutkielmassaan. Lackschewitz (1958) ja myöhemmin Nurmi (1989) ovat tehneet opinnäytteensä Äkäsjokisuun kalkkikivestä.

Ruotsin puolen lukuisat tutkimukset koskevat myös Kolarin kartta-aluetta (Geijer 1931, Ödman 1957, Eriksson 1954, Lindroos 1974, Padget 1977, Lindroos & Henkel 1981).



Kuva 4. Näkymä sementtitehtaan kalkkikaivoksen kohdalta alavirtaan.
Fig. 4. View to southeast at the river Muonionjoki from the cement factory.
Mukankangas. Kuva - photo Jukka Väänänen.

KALLIOPERÄN YLEISPIIRTEET JA PALJASTUNEISUUS

Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden pinnanmuodostusta kontrolloivat kivilajit ja kallioperän rakenteet. Eroosio ja kvartaärikerrostumat ovat tasoittaneet reliefin yleisilmeeltään loivapiirteiseksi. Korkeimman ja matalimman kohdan korkeusero on n. 260 m. Niesakeron laella (2731 03) on kartta-alueiden korkein kohta, n. 409 m m.p.y (kuva 5). Paljastuneisuus on selektiivistä. Siirrokset ja ruhjeet korostuvat vaara-alueiden topografiassa. Koillis-lounais- ja luoteis-kaakkoissuuntaiset siirrokset ja ruhjelinjat näkyvät kapeina suovyöhykkeinä, puroina, lampijonoina ja - kuten Venejärvi - pitkänomaisina järvinä. Mm. Äkäsjoki on sijoittunut merkittävään siirrokseen. Muonionjoki ja Ounasjoki seurailevat vaihtelevasti eri suuntaisia siirroksia. Joet ovat kuluttaneet uoman- sa kvartaärikerrostumien läpi ja niinpä esim. Jalokosken gabro Kolarin kartta-alueen luoteisosassa on paljastunut vain joen rantakallioissa. Siirrokset, kuten mm. Iso Pirttivaaran-Kurtakon siirros (2731 06, 2713 07), voivat olla myös täysin kvartaärikerrostumien peitossa ja erottuvat vain geofysikaalisilla kartoilla.

Kartta-alueiden pohjoisosan, Tahkovaaran-Lietorovan (2713 09), Niesaselän-Paloselän (2731 03, 2713 12) ja Rautuvaaran-Ristimellanvaaran-Lakkavaaran (2713 12, 09) vaara-alueet ovat kvartsiittien ja kiillegneissien synformi- ja antiformalänteitä. Paljastumat sijaitsevat lähinnä lakiosissa. Rautuvaaran-Ristimellan-Lakkavaaran antiformalänteeseen sisältyy myös Lakkavaaran int-ruusio (ks. Mikkola 1941, s. 108 ja 269), joka on lounaisosastaan kohtalaisesti paljastunut. Antiformalänteitä ympäröivien synformilaaksojen liuskeet ovat



Kuva 5. Näkymä Niesakerolta (410 m m.p.y.) etelään Niesaselän kvartsiittivaaroille.

Fig. 5. View to south from Niesakero (410 m a.s.l.) to the quartzite hills of Niesaselkä.

Kuva - photo Jukka Väänänen.



Kuva 6. Näkymä Sainlaelta (2731 08A) koilliseen alangoksi kuluneelle Kallon intruusiolle. Etualalla kvartsiitti- ja kiillegneissirakkaa. Oikeassa laidassa Haisujupukka.

Fig. 6. View to northeast from Sainlaki hill (2731 08A) to the eroded Kallo intrusion. Quartzite and mica gneiss block field in the foreground. On the right Haisujupukka hill.

Kuva - photo Jyrki Rantataro.

syvälle kuluneita ja yleensä peitteisiä. Nämä liuskeet kuuluvat amfiboliiteista, karsikivistä, rautamalmeista, mustaliuskeista ja karbonaattikivistä koostuvaan Rautuvaaran muodostumaan. Muodostuman karbonaattikiveä on paikoin kumpareina koholla, esim. Ristimellanjärven ympäristössä. Rapautumiselle alttiita rautamalmi- ja mustaliuskekerroksiakin on myös nähtävissä muutamain paikoin, mm. Juvakaisenmaassa (2713 12A), Paloselän eteläpuolella (2713 12C) ja esim. Kolarin-Äkäslompolon tien leikkauksessa, lähellä rautatien risteystä (2713 12A).

Kartta-alueiden keskiosia, lähes Kurtakkoselästä (2731 05) Isoon Pirttivaaraan (2713 07) asti, luonnehtivat alavat jängät ja vuomat. Ne peittävät kahta vulkaniittimuodostumaa, joita erottaa koillis-lounassuuntainen Iso Pirttivaaran-Kurtakon siirros. Siirroksen kaakkoispuolella sijaitsee Teuravuoman muodostuma ja luoteispuolella Kolarin muodostuma, johon liittyy mm. karbonaattikiveä ja mustaliuskeita. Nämä muodostumat ovat kuluneet tasaiseksi. Niinpä Teuravuoman muodostumasta tunnetaan vain muutamia paljastumia. Nekin ovat keskittyneet pienelle alueelle Teurajärven pohjoispuolelle. Muodostuman eteläreunalta tunnetaan lisäksi vaatimaton Pohjasenvaaran paljastuma-alue valtatievarresta. Tämäkin paljastuma on louhittu aikojen kuluessa murinkiviksi (ks. Mikkola 1941, s. 152). Kolarin muodostuman vulkaniitit ovat parhaiten paljastuneet Siukovaarassa ja Kolarin kaatopaikan ympäristössä (2713 11) kullusta kestävien diabaasien ansiosta. Muut paljastumat löytyvät lähinnä Muonionjoen rantamilta. Muodostumaan liittyyvät Äkäsjoen suun ja Aittamaan (2713 09) huomattavat kalkkikivikerrokset ovat vain ohuen kvartaarikerrostuman peitossa. Louhintatoiminnan ja rantapaljastumien vuoksi ne ovat poikkeuksellisen hyvin tarkasteltavissa (kuva 4 ja 9).

Kurtakon alueen keskeinen geologinen yksikkö on Kallon intruusio (ks. Mikkola 1941, s. 96). Tämän intruusion nykyinen eroosiotaso kattaa n. 300 km². Se on erodoitunut loivapiirteiseksi ja laajalti melkein tasangoksi (kuva 6). Harvoja kallioalueita lukuun ottamatta se on peitteinen. Intruusion ympärille kiertävät Haisujupukan muodostuman kvartsiitit ja kiillegneissit muodostavat vaihtelevan korkuisia seläniteitä. Kvartsiitti- ja kiillegneissipaljastumia ja -rakkoja tavataan mm. Kurtakkoselän (2731 05), Untesrovan (2731 08), Haisujupukan (2731 08) ja Palo-Petäjävaaran (2731 09) lakiosissa ja rinteillä. Kallon intruusion kontakti ei ole paljastunut. Muutamain paikoin kontakti on kyetty jäljittämään muutaman kymmenen metrin "haarukkaan". Eräs tällainen mielenkiintoinen rakka- ja paljastuma-alue on Mäntyvaaran kaakkoispuolella huuhtoumauomassa (2731 08, Kivikkokurunoja), jossa intruusiolla on kontakti mafista vulkaniittia vasten (ks. Rantataro 1988).

Kartta-alueiden eteläosan vaara-alueella, Pohjasenvaaran-Venerovan-Iso Kelhun-Karhujupukan alueella (2731 01, 04,07), vallitsevat Venejärven kompleksin migmatiittiset gneissit. Paljastumia on epätasaisesti antiformalänteillä, varsinkin siellä, missä vallitsevat pystytköt liuskeisuuskaateet. Kolarin alueen luoteis- (2713 06) ja lounaiskolkkaa (2713 07) sekä Kurtakon alueen itäreunaa (2731 10,11,12) luonnehtivat loivat topografiset piirteet ja vähäinen paljastuneisuus. Kartta-alueiden näissä osissa Muonionjoen ja toisaalta Ounasjoen rantapaljastumat ovat olleet merkittäviä karttaa laadittaessa.

STRATIGRAFIA

Stratigrafiatulkinta

V. Hackmanin (1927) ja etenkin E. Mikkolan (1936, 1937, 1941) tutkimukset Keski-Lapissa ja näkemys alueen stratigrafiasta ovat olleet perustana myöhemmin Kolarin ja Kurtakon kartta-alueita koskeville stratigrafiatulkinnolle (ks. Hiltunen & Tontti 1976, Silvennoinen ym. 1980, Rastas 1980, Hiltunen 1982, Lehtonen ym. 1985b, Pohjoiskalottiprojekti 1987, Väänänen 1989, 1992; Lehtonen ym. 1992, Räsänen ym. 1995).

Mikkola (1941) jakoi suprakrustiset kivet vanhempaan, Lapponiumin (ks. Sederholm 1932) ja nuorempaan, Kumpu-Oraniemen muodostumaan. Mikkolan (1941) käsityksen mukaan kartta-alueiden suprakrustiset kivet kuuluvat lähinnä Lapponiumiin, joka koostuu metasedimenteistä ja niiden päälle sijoittuvista, pääosin vulkaanisista kivistä. Länsi-Lapin sillimaniittipitoiset gneissit, jotka ovat yleisiä mm. Paloselän-Niesaselän alueella (2731 03), ovat Mikkolan (1941, s. 166) mukaan mahdollisesti lapponisten metasedimenttien eli ns. vanhemman kvartsiitin alinta osaa. Mm. Tapojärven kvartsiittia Mikkola (1941, s. 167) piti lapponisena. Tunturinhännän-Luosujoen konglomeraattia (2732 01, 2731 03) Mikkola (1941, s. 95) piti agglomeraattina ja liitti sen em. lapponisiin vulkaniitteihin. Kumpu-Oraniemen muodostuman metasedimentit kattavat Mikkolan (1936, 1941) mukaan pieniä alueita Niesakeron (2731 03) ja Kauoksen (2731 12) ympäristössä.

Hiltunen ja Tontti (1976) erottivat Kolarin alueella em. vanhemman kvartsiitin päälle kvartsimaasälpäliuskekerroksen ja sen päälle rautamalmeja sisältävän karsikivihorizontin, karbonaattikivi-, grafiittiliuske- ja Ristimellan rautamuodostumakerroksen. Näiden päälle sijoittuvat mafiset ja intermediääriset vulkaniitit. Hiltunen ja Tontti luonnehtivat em. kerrossarjaa epikontinentaaliseksi assosiaatioksi. Stratigrafiassa ylinä oleva Taporovan kvartsiitti ja konglomeraatti punaisine jaspispalloineen voidaan heidän mukaansa rinnastaa Mikkolan Kumpu-Oraniemen muodostumaan.

Kolarin ja Kurtakon alueita koskeva litostratigrafinen ja kronostratigrafinen jaottelu alkoi kehittyä ikämääritysten myötä 1970-luvun lopussa. Silvennoisen ja muiden (1980) Pohjois-Suomen stratigrafisella kartalla Kolarin ja Kurtakon alueen lapponiset liuskeet luokiteltiin Ylälapponi-ryhmään. Kolarin vulkaniitit rinnastettiin ylälapponiseen Kittilän vihreäkivikompleksiin. Luosujoen (Tunturinhännän) konglomeraatti sijoittuu Ylälapponin vulkaniittien päälle aloittajan Alajatuli-ryhmän. Taporovan kvartsiitti ja sen vastineet sijoittuvat Keskijatuli-ryhmään. Lapponi-ryhmät on silloisessa jaottelussa arvioitu arkeeisiksi. Ikäarviota tukivat Ylälapponin vulkaniitteihin liittyvistä keratofyyreistä saadut arkeiset, tosin tulkinnanvaraiset, zirkoni-iät (n. 2700 Ma). Jatuli-ryhmät arvioitiin varhaisproterotsooisiksi ja muodostivat ns. Karelia-superryhmän.

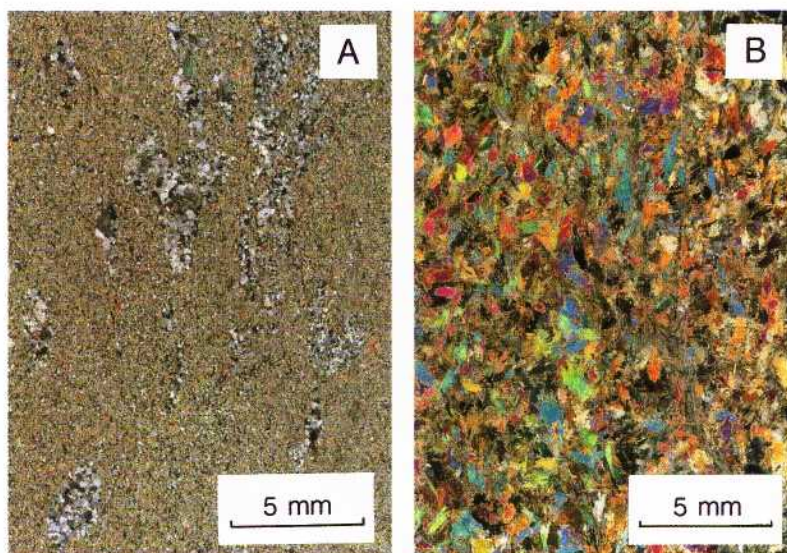
Hiltunen (1982) laati Kolarin ja Kurtakon pohjoisosia koskevan yksityiskohdallisen litostratigrafisen jaottelun Rautuvaaran alueelta. Hän jakoi Rautuvaaran alueen läntiseen ja itäiseen osaan, joita erotti Äkäsjoen ruhje. Hiltunen määrit-



Kuva 7. Nebuliittista migmatiittia. Venejärven kompleksi. Tunnuslevy 16 cm.
Fig. 7. Nebulitic migmatite. Venejärvi complex. Tag 16 cm.
Pikku Kelhu, 2731 04C. x = 7464,8; y = 2518,9. Kuva - photo Jukka Välimaa.

ti itäisellä alueella Niesakero-Kuertunturin kvartsiittikompleksiksi Paloselän-Niesaselän metasedimentit (2713 12, 2731 03) ja niiden jatkeet pohjoiseen. Kompleksi on alin stratigrafinen yksikkö Rautuvaaran alueella ja vastaa asemaltaan em. vanhempia kvartsiitteja. Yksikön kerrostumisalustaa ei ole havaittu. Lännessä kompleksia Hiltusen tulkinnan mukaan edustaa Mustijärven (2714 07) kvartsiitti. Hiltunen (1982) jakoi vulkaniitit Kolarin vihreäkivimuodostumaan ja siihen rinnastettavaan läntiseen Siekkijoen vihreäkivimuodostumaan. Hän määrittä Niesakeron-Kuertunturin kompleksin ja Kolarin vihreäkivimuodostuman väliin Rautuvaaran muodostuman, joka vastaa em. Hiltunen ja Tontin (1976) kvartsimaasälpäliuskeilla alkavaa kerrossarjaa vanhemman kvartsiitin ja vulkaniittien välissä. Läntisellä alueella on Siekkijoen vihreäkivimuodostumassa ylinnä ns. Mannakorven dolomiitti-karsirautamalmi (2713 06). Äkäsjoensuun kalkkikivi sisältyy myös Siekkijoen vihreäkivimuodostumaan. Hiltunen (1982) kuvasi myös Luosujoen konglomeraatin vulkaniittien päällä. Ylimmän yksikön, Yllästunturin-Kukastunturin kvartsiitin, stratigrafinen vastine lännessä on Tapojärven kvartsiittimuodostuma, jonka Hiltunen rinnasti Mikkolan kumpukvartsiitteihin. Tapojärven kvartsiittimuodostuma vastaa em. Taporovan kvartsiittialuetta (vrt. Hiltunen & Tontti, 1976).

Yksityiskohtaisempaa litologiaa lukuun ottamatta Länsi-Lapin geologisessa kartassa (Lehtonen ym. 1985b) ei vielä ollut olennaisia muutoksia Kolarin ja Kurtakon alueiden osalta em. Pohjois-Suomen stratigrafiseen karttaan nähden. Pohjoiskalottiprojektin geologisessa kartassa (Geological Map, Northern Fennoscandia, 1:1 000 000. 1987) lapponiset liuskeet oli jo arvioitu varhaisproterotsooisiksi Silvennoisen (1985) jaottelun mukaan.



Kuva 8. Mantelirakenteinen laavakivi, R4-LVP-85-45.90 (A), massamainen laavakivi, R4-LVP-85-187.28 (B). Teuravuoman muodostuma. x nikoli.

Fig. 8. (A) Amygdaloidal metalava, R4-LVP-85-45.90, (B) massive metalava, R4-LVP-85-187.28. Teuravuoma Formation. x nic.

Teuravuoma, 2713 10B. x = 7466,4; y = 2493,8. Kuva - photomicrograph Reijo Lampela.

LVP:n Kolarin raportissa (Väänänen 1989) noudatettiin pääpiirteissään Pohjoiskalottiprojektin geologisen kartan litostratigrafista jaottelua. Hiltusen (1982) määrittämien yksiköiden nimistöä lyhennettiin pelkästään paikannimiin perustuviksi. Myös uusia stratigrafisia yksiköitä määritettiin. Merkittävin uusi yksikkö oli Teuravuoman muodostuma, jonka todettiin koostuvan pääosin komatiittisista vulkaniiteista ja arvioitiin iältään varhaisproterotsooiseksi. Teuravuoman muodostuma samoin kuin alle sijoittuva, metasedimenteistä koostuva Pohjasenvaaran muodostuma liitettiin tässä vaiheessa em. Niesakeron-Kuertunturin kompleksiin. Alimmaksi yksiköksi määritettiin migmatiittinen Venejärven kompleksi, jonka arvioitiin vastaavan arkeista Tuntsa-superryhmää (ks. Silvennoinen 1985). Em. Hiltusen määrittämät vihreäkivimuodostumat yhdistettiin Kolarin muodostumaksi. Rautuvaaran muodostuma tulkittiin Kolarin muodostuman alaosaksi, sillä Rautuvaaran muodostumaan liittyy alkuperältään ilmeisesti vulkaanisia amfiboliitteja (vrt. Hiltunen 1982, s. 13). Tapojärven kvartsiittimuodostuma nimettiin Tapojärven muodostumaksi ja siihen rinnastetut yksiköt Juurakkojärven ja Ison Pirttivaaran muodostumiksi.

Jäljempänä esitetään kirjoittajan nykyinen stratigrafisen näkemys, joka ilmenee pääpiirteissään Kurtakon kallioperäkartalla (Väänänen 1992). Merkittävää on Teuravuoman muodostuman erottaminen alimmaksi litostratigrafiseksi yksiköksi (vrt. Väänänen 1989). Nimistöä on täsmennetty nykyisten säännösten ja suositusten mukaan (ks. NACSN 1983, Nystuen 1989). Kurtakon kal-

Taulukko 1. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden stratigrafinen jaottelu.
Table 1. Stratigraphy of Kolari and Kurtakko map-sheet areas

LITOSTRATIGRAFISET YKSIKÖT <i>LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS</i>	LITODEEMISET YKSIKÖT <i>LITHODEMIC UNITS</i>
	Graniitteja - <i>Granites</i> (1809 Ma)
TAPOJÄRVEN (TpF), Ison Pirttivaaran (IpF), Ylläksen (YIF) ja Juurakkojärven (JuF) muodostumat. LUOSUJOEN muodostuma (LjF).	HAAPARANNAN sviitin (HAS) syväkiviä (1860-1886 Ma). KARHUJUPUKAN sviitin (KAS) syväkiviä (? Ma).
KOLARIN muodostuma (KyF). RAUTUVAARAN muodostuma (RvF).	Diabaaseja - <i>Diabases</i> (2027 Ma).
NIESAKERON (NiF) ja Haisujupukan (HjF) muodostumat.	
TEURAVUOMAN muodostuma (TeF).	
	VENEJÄRVEN kompleksi (VEC) (paleoproterots. migmatisaatio).

lioperäkartan Niesakeron muodostuma on jaettu tässä selityksessä erillisiin Niesakeron ja Haisujupukan muodostumiin vastaten karttakuvaa (ks. kuva 1 ja 2). Kartta-alueiden yksiköiden keskinäistä suhdetta ilmentää taulukko 1. Yksiköt on kuvattu alkaen litodeemisesta Venejärven kompleksista, joka on rakenteellisesti alin yksikkö.

Venejärven kompleksi

Venejärven kompleksi koostuu migmatiittisista kivistä (kuva 7, 24), jotka ulottuvat Kolarin Pohjasenvaarasta (2713 10) Kittilän Tuuliharjuun (2731 10). Migmatiittien paleosomit on arvioitu pääosin metasedimenteiksi. Joukossa on graniitti-intruusioita ja mahdollisesti ortogneissejä. Kompleksi rajautuu päällä oleviin Teuravuoman tai Haisujupukan muodostumaan. Selkeätä kontaktia Haisujupukan muodostumaan ei ole havaittu. Kairansydämeen perustuen loivasti luoteeseen kaatuva kontakti Teuravuoman muodostumaan on Pohjasenvaarassa (2713 10) tulkittavissa jopa vähittäiseksi; joka tapauksessa se on tektonisoitunut (ks. Väänänen 1989).

Venejärven kompleksi arvioitiin 1980-luvulla arkeeiseksi (Väänänen 1989). Alustava ikäarvio kompleksista on saatu Sieppijärven alueelta neosomin Sm-Nd-analyysin perusteella (Huhma 1992, kirjallinen tiedonanto). Migmatisaatio

on proterotsooista neosomimateriaalin ollessa kutakuinkin verrattavissa Lapin proterotsooisiin graniitoideihin. Nykyään kompleksi liitetäänkin paleoproterotsooiseen Keski-Lapin graniittikompleksiin, jossa mahdollisesti on arkeeisestä paleosomimateriaalia joukossa ja jossa arkeeisen lähtömateriaalin osuus graniiteissa on huomattava (vrt. Lauerma 1982, Huhma 1986). Pohjasenvaaran muodostuma on sisällytetty Venejärven kompleksiin.

Teuravuoman muodostuma

Teuravuoman muodostuma koostuu vuorottelevista massamaisista ja mantelirakenteisista komatiittisista metavulkaniittikerroksista (kuva 8). Ne ovat pääosin amfiboliitteja. Massamaiset ovat osaksi ultramafisia amfiboli-biotiitti-kloriittikiviä (Väänänen 1989). Näissä vulkaniiteissa on myös pyroklastisiksi tulkittavia välikerroksia. Komatiittisiin vulkaniitteihin liittyy myös tholeiittisia massamaisia laavakiviä. Muodostuman paleoproterotsooista ikäarviota tukeksen geokemiallinen luonne (vrt. Räsänen ym. 1989, Manninen 1991). Muodostuma on rajattu vähäisten paljastumien vuoksi pääosin yhtenäisen negatiivisen magneettisen ja positiivisen painovoima-anomalian perusteella (vrt. Kolarin muodostuma). Teuravuoman muodostuman paksuus on arviolta 1-1.5 km. Muodostuma kattaa 2-10 km leveän ja yli 20 km pitkän yhtenäisen alueen Iso Pirttivaaran itäpuolelta (2713 10) alkaen Teuravuomalle ja Taipaleenvuomalle ja edelleen lähes Kurtakkojärveen (2731 02) saakka. Kontaktia päällä oleviin muodostumiin ei ole havaittu. Haisujupukan muodostuman kontakti on oletettu vähittäiseksi ja Kolarin muodostumaa vasten tektoniseksi (ks. Väänänen 1989, 1992). Muodostuman vahvasti deformatuneen alaosan tyyppialue on Pohjasenvaaran N-reunalla (2713 10). Paremmiin säilyneen yläosan tyyppialue on Teurajärven Pissilehto-Rantalehto (2731 02) (ks. Väänänen 1989, ss. 12-15). Teuravuoman muodostuman stratigrafisiksi vastineiksi on tulkittu Muotkavaaran, Majavaselän ja Takasen Otusmaan vulkaniitit (2731 01, 04, 07) (kuva 23). Teuravuoman muodostuman mantelirakenteiden runsautta on pidetty viitteinä matalan veden tai jopa ilmanalaisista purkauksista (ks. Väänänen 1989). Tyynylaavarakenteista ei ole havaintoja.

Niesakeron ja Haisujupukan muodostumat

Niesakeron muodostuma on saanut nimensä kartoitusalueen eteläisimmän paljaslakisen keron (2731 03) mukaan. Korkea metamorfoosiaste, vahva deformatuminen ja jonkinasteinen graniittiutumisen luonnehtivat muodostumaa, joka koostuu pääosin kvartsiiteista, arkoosigneisseistä, kiillegneisseistä ja kalkkisolikaatteja sisältävistä gneisseistä. Muodostuma on suhteellisen hyvin rajattavissa geofysikaalisilta kartoilta ja jopa topografian ja paljastumien perusteella, mutta kontaktit ovat peitteiset. Kontakti päällä olevaan Rautuvaaran muodostumaan on eräiden kairansydänhavaintojen perusteella terävä (ks. Hiltunen 1982).

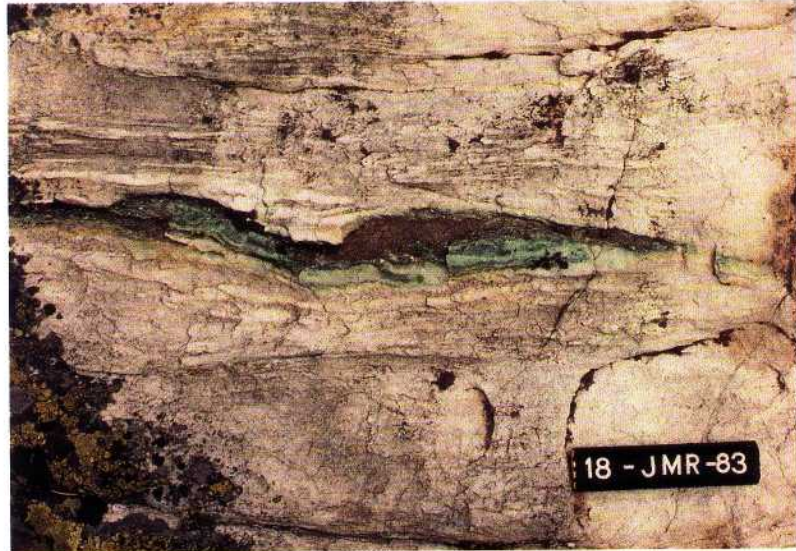
Niesakeron muodostuman tyyppialue on Niesakeron-Niesaselän-Ison Hevos-



Kuva 9. D_2 -poimuttunutta kalkkikiveä. Yksityiskohta kuvan 5 rantapaljastumasta.
Fig. 9. D_2 folded calcium carbonate rock. A detail of the outcrop of Fig. 5.
70-JTV-80; Muonionjoki, 2713 09C. x = 7484,45; y = 2485,28. Kuva - photo Jukka Väänänen.

maan vaara-alue (2731 03), joka Sivakkaselkä-Palonselkä (2713 12) mukaan lukien on tulkittu antiformaliteiksi. Muodostuman alaosalle ovat tyypillisiä epäkypsät, punertavat epähomogeeniset ja gneissiytyneet kvartsiitit, arkoosiigneissit ja kiillegneissit, joita leimaa sillimaniittipitoisuus. Muodostuman yläosan kvartsiitit ovat osaksi ortokvartsiittia. Muodostuman ylimmille osille on ominaista kalkkisilikaattipitoisuus. Amfiboliittivälikerroksia on havaittu. Muodostuman paksuudeksi on arvioitu yli kilometri.

Haisujujukan muodostuma on Niesakeron muodostuman stratigrafinen vastine Kurtakon alueella. Haisujujukan muodostuma kattaa huomattavan osan Kurtakon alueesta kiertyen Kurtakkoselän (2731 05) tienoilta Kallon intruusion eteläpuolitse kohti itää. Se koostuu pääosin kiillegneissistä ja kvartsiitista. Muodostumaan kuuluu Haisujujukan tyyppileikkauksessa alumiinisilikaatteja sisältävä kiillegneissi (alin), kvartsiitti ja granaatti-kordieriittikiillegneissi (ylin) (Rantataro 1988). Alumiinirikas kiillegneissi on voimakkaasti migmatitiittutunutta ja sisältää mm. muskoviittia, sillimaniittia ja korundia. Kiillegneissin päälle on kerrostunut paksult (n. 800 m) kvartsiittia, jonka alaosa on arkosiittia. Siinä tavataan ohuita, kalsiummineraaleja sisältäviä, epäjatkuvia kerroksia. Arkosiitti muuttuu ylöspäin kypsemmäksi, ristikerroksellisuutta ja vihreätä kiillettä sisältäväksi subarkosiitiksi (ks. kuva 10). Granaatti-kordieriittikiillegneissi poikkeaa selvästi em. Al-rikkaasta kiillegneissistä. Se on homogeenisempaa ja väriltään harmahtavaa sekä ulkonäöltään heikosti klastista. Vastaavat leikkaukset alumiinirikkaasta kiillegneissistä kvartsiittiin on nähtävissä myös esim. Sainlaen-Sarviston-Karhupalon-alueella (2731 08, 07) ja Kauko-



Kuva 10. Fuksiittikiillekerros kvartsiitissa. Haisujupukan muodostuma. Tunnuslevy 12 cm.

Fig. 10. Quartzite with fuchsite layer. Haisujupukka Formation. Tag 12 cm.

Haisujupukka, 2731 08C. x = 7473,1; y = 2529,1. Kuva - photo Jyrki Rantataro.



Kuva 11. Ristikerroksellista kvartsiittia. Haisujupukan muodostuma. Tunnuslevy 12 cm.

Fig. 11. Cross bedded quartzite. Haisujupukka Formation. Tag 12 cm.

Kurtakkoselkä, 2731 05B. x = 7479,3; y = 2514,6. Kuva - photo Jukka Väänänen.

sen Hangasvaaran (2731 12) länsilaidalla. Kurtakkoselässä on myös nähtävissä samantyyppinen leikkaus, jossa on nähtävissä poikkeuksellisen hyvin säilyneitä sedimenttirakenteita (kuva 11). Haisujupukan muodostumaan liittyy vulkaniiteiksi tulkittuja amfiboliittivälikerroksia mm. Petäjävaarassa (2731 11), Untesrovassa (2731 08), Takamaassa (2731 12) ja Alakylässä (2731 11).

Haisujupukan muodostuman peitteiset yläkontaktit on oletettu pääosin nopeasti vaihettuviksi. Ilmeisesti kontaktit ovat tektonisoituneet. Muodostuman on arvioitu rajautuvan siirroksella luoteisosastaan Kolarin muodostumaan (2731 03). Haisujupukassa (2731 08) muodostuman kontakti päällä olevaan Kolarin muodostuman vastineeseen näyttää konformilta (ks. Rantataro 1988). Haisujupukan muodostuman paksuus on Niesakeron muodostuman luokkaa eli yli kilometrin.

Niesakeron ja Haisujupukan muodostumien tyyppileikkauksissa on samankaltainen litologia; epäkypsät hiekkaiset metasedimentit vaihettuvat ylöspäin kypsemmiksi, jopa ortokvartsiiteiksi. Kalkkisirikaattipitoisuutta tavataan molemmissa leikkauksissa. Molemmissa muodostumissa tavataan myös mafisiksi vulkaniiteiksi tulkittavia välikerroksia. Eroavaisuuksista mainittakoon kiillegneissien vähyys Niesakeron muodostumassa verrattuna Haisujupukan muodostumaan ja Haisujupukan muodostumalle ominaisen vihreän kiilteen puuttuminen Niesakeron muodostumasta.

Rautuvaaran muodostuma

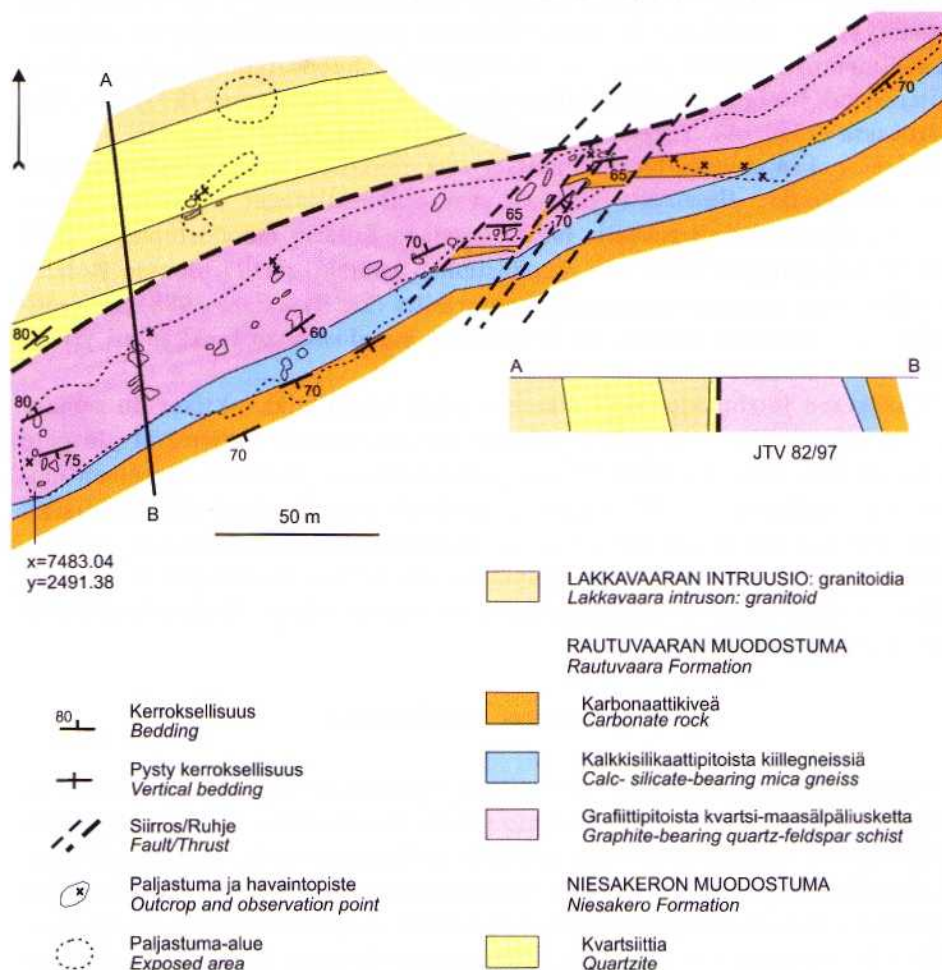
Rautuvaaran muodostuman on määrittänyt Hiltunen (1982, s. 23). Tämän taoudellisesti merkittävän yksikön nimi tulee Rautuvaaran kaivoksesta. Muodostuma koostuu amfiboliiteista, grafiitti- ja kiisuliuskeista, karbonaattikivistä, karsikivistä ja rautamalmeista. Muodostumaan sisältyy myös Ristimellanjärvien kvartsiraitainen rautamuodostuma (BIF). Amfiboliittikerrokset ovat tyyppillisesti muodostuman alaosassa. Muodostuma sijoittuu stratigrafisesti Niesakeron ja Kolarin muodostumien väliin. Kurtakon alueella Rautuvaaran muodostuman vastinetta ei ole havaittu.

Rautuvaaran muodostuma on varsin ohut ja kehnosti paljastunut, mutta toisaalta se on aeromagneettisilta kartoilta varsin hyvin rajattavissa. Hiltusen (1982) mukaan muodostuman paksuus vaihtelee välillä n. 20-200 m. Sen terävä kontakti Niesakeron muodostumaan on lävistetty kairaamalla. Muodostumalla on kymmeniä kilometrejä seurattavissa olevat poimuttuneet ja katkeilleet jatkeet, jotka myötäilevät Niesakeron muodostuman antiformirakenteita Rautuvaarasta pohjoiseen ja koilliseen. Rautuvaarasta lounaaseen vahvasti deformoitunut ja metamorfoitunut muodostuma kiertyy Lakkavaaran intruusion kaakkoispuolitse Juvakaisenmaahan ja Ristimellanjärville (2713 12). Näissä kohteissa se on myös paljastunut (kuvat 12, 13).

Kolarin muodostuma

Kolarin muodostuman määrittänyt Hiltunen (1982). Se koostuu pääosin mafisis-

RISTIMELLANAHO 2713 12 A



Kuva 12. Ristimellanahon kohteen geologinen kartta; yksinkertaistettu J. Väänänen v. 1982 laatimasta detaljikartasta.
 Fig. 12. Geological map of the Ristimellanaho study area; simplified after detailed map by J. Väänänen 1982.

ta ja intermediäärisistä pyroklastisista vulkaniiteista, joissa on ominaista hyvin kehittynyt kerroksellisuus (kuva 14). Välikerroksina on peliittisiä liuskeita, silttikiviä, karbonaattikiviä, ja mustaliuskeita. Muodostumaan liittyy konformeja diabaaseja (n. 2,0 Ga). Kolarin muodostuma on rajattu suurelta osin geofysikaalisilta kartoilta positiivisten magneettisten anomalioiden mukaan. Hiltusen (op. cit.) mukaan Kolarin muodostuma on n. 1 km paksu. Tyypileikkaus on n. 200 m pitkä tieleikkaus Saarenputaalla, n. 4,5 km Ylläsjoiselta pohjoiseen. LVP:n monttu- ja kairaustiedoilla leikkaus on laajentunut n. 1,5 km pitkäksi (ks. Väänänen 1989, kuva 4).

Väänänen (1989) liitti Kolarin muodostumaan em. Siekkijoen vihreäkivimuo-



Kuva 13. Kalkkisilikaattiraitaista kiilleliusketta. Rautuvaaran muodostuma. Tunnuslevy 12 cm.

Fig. 13. Calc-silicate bearing mica schist. Rautuvaara Formation. Tag 12 cm.

Ristimellänaho, 2713 12A. x = 7483,0; y = 2491,3. Kuva - photo Jukka Väänänen



Kuva 14. Tuffiittia. Kolarin muodostuma. Tunnuslevy 10 cm.

Fig 14. Tuffite. Kolarin Formation. Tag 10 cm.

Siukovaara, 2713 11B. x = 7476,8; y = 2490,9. Kuva - photo Jukka Väänänen.



Kuva 15. Polymiktista konglomeraattia. Luosujoen muodostuma. Tunnuslevy 12 cm.

Fig. 15. Polymictic conglomerate. Luosujoki Formation. Tag 12 cm.

Kuusikkolaki, 2731 03A. x = 7484, 7; y = 2504,2. Kuva - photo Jukka Väänänen.



Kuva 16. Konglomeraattivälikerros kvartsiitissa. Tapojärven muodostuma. Tunnuslevy 12 cm.

Fig. 16. Quartzite with conglomerate interbed. Tapojärvi Formation. Tag 12 cm.

Lietorova, 2713 09B. x = 7487,7; y = 2483,3. Kuva - photo Jukka Väänänen.

dostuman (Siekkijoki Greenstone Formation, Hiltunen 1982), sillä tässä vaiheessa ei näyttänyt olevan perusteita erottaakaan niitä (vrt. Lindroos & Henkel 1981). Kolarin muodostuman peitteisiä jatkeita koilliseen on lävistetty Pitkänkoskenrovan (2713 11) ja Kattilanmaan kairauskohteissa. Haisujupukan (2731 07, 08) ja Lainionjoen (2731 09, 11, 12) mafiset vulkaniitit on tulkittu Kolarin muodostuman stratigrafisiksi vastineiksi Kurtakon alueella. Näistä vulkaniiteista on kuitenkin vain niukalti tietoa ja tulkinta on alustava (vrt. Vormisto 1968, Rantataro 1988, Väänänen 1992).

Äkäsjokisuun, Aittamaan ja Mannamännikön lähekkäiset kalkkikivilinssit on tulkittu liittyvän Kolarin muodostumaan. Linssit ovat ilmeisesti samaa paksua kerrostumaa. Ne on rajattu kairauksin. Linssiin liittyy kairausten mukaan välikerroksina myös grafiittiliusketta ja kiilleliusketta ja skapoliittikiilleliusketta. Aittamaassa kalkkikiven alaosaan liittyy myös kvartsiittia. Muodostuman alla on mustaliusketta ja intermediääristä ja mafista vulkaniittia, jotka kirjoittaja tulkitsee Kolarin muodostumaan kuuluviksi. Ylä- ja alakontaktit ovat ilmeisesti konformit ja enemmän tai vähemmän vähittäiset (Lindroos 1974, s. 15; Hiltunen 1982, kuva 21).

Äkäsjokisuun kalkkikivi kvartsiittivälikerroksineen rinnastetaan tässä selityksessä Luntangin kallion (2713 09B) karbonaattikivi-kvartsiittiseurueeseen ja Mannakorven (2713 06D) dolomiitti-karsirautamalmiin (Hiltunen 1982), sillä nämä yksiköt sijoittuvat välittömästi mafisten vulkaniittien päälle. Mannakorven dolomiitti-rautamalmi on Ruotsin puolella Kaunisvaaran Rautamalmimuodostuman (Iron Ore Formation, ks. Lindroos 1974, Lindroos & Henkel 1981) jatke. Lindroosin (1974) mukaan Rautamalmimuodostuma on kerrostunut Vihreäkivimuodostuman päälle ja koostuu fylliiteistä (osaksi grafiittipitoisia), dolomiitista ja karsirautamalmista. Rautamalmimuodostuman kerrostumisolot ovat olleet Lindroosin mukaan merelliset. Muodostumasta on erotettavissa kolme paksua dolomiitti- ja rautamalmikerrosta. Muodostuman paksuus vaihtelee Lindroosin mukaan viidestä sadasta tuhanteen metriin.

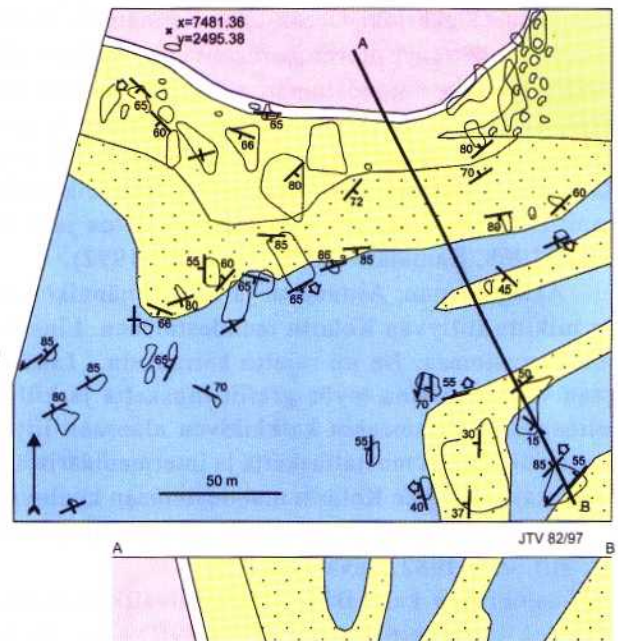
Luosujoen muodostuma

Luosujoen muodostuma on luonteeltaan polymiktistä konglomeraattia (Rastas 1980, 1984; Hiltunen 1982). Muodostuman pituus on yli 15 km ja paksuus useita satoja metrejä. Muodostuma on paljastunut Kurtakon alueella vain yhdessä rakassa (kuva 15) Niesaselän Kuusikkolaessa (2731 03), joka on n. 10 km etelään muodostuman Luosujoen tyypileikkauksesta (2732 01). Ylläksen Tunturinhännästä Luosujoen kautta lounaaseen Niesaselän itäpuolitse kiertyvä muodostuma on kuitenkin magnetiittirunsaautensa vuoksi varsin hyvin rajattavissa aeromagneettisilta kartoilta. Luosujoen muodostuma rajautuu peitteisin kontaktein Niesakeron ja Ylläksen muodostumien väliin. Muodostuma on tulkittu Ylläksen muodostuman alimmaksi jäseneksi Lainion ryhmässä (ks. Leh-tonen ym. 1992).

Luosujoen muodostuman kontaktit ovat vahvasti tektonisoituneet. Muodostumaa luonnehtii muutenkin vahva deformatiivisuus, mikä ilmenee mm. pyö-

PITKÄVUOMA
 2713 12 C

- KARSIKIVEÄ, JOSSA KVARTSIITTIMURSKALEITA
Skarn rock with quartzite inclusions
- JUURAKKOJÄRVEN MUODOSTUMA
Juurakkojärvi Formation
- Kiillegneissää
Mica gneiss
- Kvartsiittia / arkoosigneissää
Quartzite / arkose gneiss
- RAUTUVAARAN MUODOSTUMA
Rautuvaara Formation
- Kiisupitoista kvartsi-maasälpäliusketta
Sulphide-bearing quartz-feldspar schist
- Grafiittiliusketta
Graphite schist
- Sillimaniittia
Sillimanite
- Kerroksellisuus
Bedding
- Pysty kerroksellisuus
Vertical bedding
- Topin suunta ristikerroksista
Top of the beds from cross bedding
- Paljastuma
Outcrop



Kuva 17. Pitkävuoman kohteen geologinen kartta; yksinkertaistettu J. Väänänen v. 1982 laatimasta detaljistikartasta.

Fig. 17. Geological map of Pitkävuoma study area; simplified after detailed map by J. Väänänen 1982.

ristyneiden pallojen puikkomaisena venymänä. Luosujoen leikkauksessa muodostuma koostuu huonosti lajittuneesta, heterogeenisestä materiaalista. Pallo-materiaalista on tunnistettavissa monia stratigrafisesti alempien muodostumi-en kivilajeja kuten mafista vulkaniittia ja diabaasia (ks. Rastas 1984). Hetero-geeninen matriksi on grauvalkamaista. Luosujoen muodostuman pallomateri-aali viittaa varsin pitkään kulutuksen kauteen ja diskordanssiin stratigrafisesti alempiin yksiköihin nähden.

Ylläksen, Tapojärven, Juurakkojärven ja Ison Pirttivaaran muodostumat

Ylläksen (2731 03), Tapojärven (2713 09, 06), Juurakkojärven (2713 11, 12) ja Ison Pirttivaaran (2713 07) muodostumat edustavat ylintä litostratigrafista tasoa Kolarin ja Kurtakon alueilla. Niissä on Mikkolan (1941) Kumpu-Oranie-men muodostuman piirteitä. Ne koostuvat pääosin kvartsiitteista ja kiillegneis-seistä. Konglomeraattivälikerroksia on havaittu. Varsin hyvin säilyneet sedi-menttirakenteet, etenkin ristikerroksellisuus, ovat tyypillisiä. Muodostumien alakontaktit eivät yleensä ole näkyvissä. Kontaktit on arvioitu teräviksi ja nii-den voidaan olettaa olevan merkittäviä hiatuspintoja (ks. Rastas 1980).

Ylläksen muodostuma ei ole paljastunut Kurtakon alueella (ks. Väänänen 1992). Muodostuma on tarkasteltavissa Kittilän kartta-alueen puolella Luosu-

joen muodostuman leikkauksen itäisellä jatkeella. Ylläksen muodostuman useita kymmeniä metrejä paksu leikkaus alkaa ristikerroksellisella serisiittikvartsiitilla, joka muuntuu ylöspäin ortokvartsiitiksi (ks. Rastas 1984).

Tapojärven muodostuman tyyppileikkaus on nähtävissä Tapojärvellä (2714 07) (Hiltunen 1982, kuva 21). Muodostuman alaosa luonnehtii ristikerroksisen serisiittikvartsiitti, jossa on konglomeraattivälikerroksia (kuva 16). Osa palloista on jaspista. Kvartsiitti vaihettuu ylöspäin kiilleliuskeeksi. Nämä pääpiirteet ovat esillä myös Kolarin alueen Lietorovassa (2713 09).

Juurakkojärven muodostuman pohjoinen alakontakti Rautuvaaran muodostuman grafiittiliusketta vasten on nähtävissä Pitkävuomalla (2713 12B). Juurakkojärven muodostumassa on alinna ristikerroksista kvartsiittia, joka vaihettuu ylöspäin kiillegneissiksi (ks. kuva 17). Muodostuman eteläreunan kontakti on vahvasti tektonisoitunut (Väänänen 1989).

Ison Pirttivaaran muodostuman n. 100 m paksu tyyppileikkaus alkaa metagrauvakkamaisella tuffiitilla (Väänänen 1989), jonka päällä on polymiktinen konglomeraatti- ja edelleen kvartsiittipatja (kuva 18). Ristikerroksellisuus on leikkauksen tyyppillinen rakennepiirre, josta saadaan säännöllisesti toppi länteen. Konglomeraatin pallot ovat vahvasti venyneet. Metagrauvakassa ja konglomeraatissa on Luosujoen muodostuman piirteitä. Kontaktit eivät ole nähtävissä.

Alueellinen korrelointi

Kolarin ja Kurtakon alueiden eräillä yksiköillä on fyysiset jatkeet hyvinkin laajalle ympäristöön eikä niiden korrelointi tuota ongelmia (ks. Räsänen ym. 1995). Toisaalta eräiden muiden yksiköiden pilkkoutuminen metamorfoosi- ja deformaatioasteeltaan vaihteleviin blokkeihin aiheuttaa tulkintaongelmia seurattaessa stratigrafista yksikköä jopa alueiden sisällä.

Venejärven kompleksi on liitetty osaksi Keski-Lapin graniittikompleksia. Kompleksi ulottuu Ruotsin puolelle, Pajalan alueen kaakkois- ja koillisiin ns. migmatiittigraniittina (Padget 1977). Teuravuoman muodostuma muistuttaa eräiden geokemiallisten ominaisuuksien perusteella ns. Kaukosen mantelikiiven eteläosaa (Rastas, henk. tiedonanto). Teuravuoman muodostuman komatiittisiin kiviin verrattavia geokemiallisia piirteitä on myös Möykkelmän doomia ympäröivissä komatiittisissa vulkaniiteissa samoin kuin Sallan alueen Mäntyvaaran muodostuman laavakivissä (ks. Räsänen ym. 1989, Manninen 1991, Lehtonen ym. 1992). Näissä yksiköissä on näkyvissä selvä sialisen kuoren kontaminaatio. Teuravuoman muodostuman vastinetta ei tunneta Ruotsin puolella Pajalan tai Huukin alueilla.

Niesakeron ja Rautuvaaran muodostumien jatkeet ulottuvat Rautuvaarasta (2713 12) Kihlangin (2714), Kittilän (2732) ja Muonion (2723) kartta-alueille. Niesakeron muodostumalla on monia yhteisiä piirteitä Muonion alueen Arkooigneissimuodostuman kanssa (vrt. Lehtonen 1984). Toisaalta Rautuvaaran muodostuman jatkeet lounaassa Kolarin kartta-alueella ovat osittain tulkinnanvaraiset. Pajalan kartta-alueilta ei varmuudella tunneta Niesakeron muodostuman



Kuva 18. Konglomeraattia. Ison Pirttivaaran muodostuma.

Fig. 18. Conglomerate. Iso Pirttivaara Formation.

Iso Pirttivaara, 2713 07C. x = 7460.6; y = 2486.9. Kuva - photo Jukka Väänänen.

stratigrafisia vastineita. Haisujupukan muodostumalla on ilmeiset jatkeet Vrittiövaaran muodostumaan, jonka tyyppialue sijaitsee Vrittiövaarassa, Sodankylän kunnan länsiosassa (Nikula 1985). Vrittiövaaran muodostumassa tavataan vuorovesiympäristöön viittaavia sedimenttirakenteita. Sille ovat ominaisia vihreätä kiillettä sisältävät serisiittikvartsiitit, kuten Haisujupukan muodostumalokin.

Kolarin muodostuman vulkaniitit on rinnastettu stratigrafisesti Kittilän vihreäkivialueen vulkaniitteihin (ks. Silvennoinen ym. 1980, Lehtonen ym. 1985a). Nykyisin Kittilän vihreäkivialueen vulkaniitit jaetaan ofioliittivyöhykkeen erottamiin Savukosken ja sen päällä olevaan Kittilän ryhmiin (Lehtonen ym. 1992, Räsänen ym. 1995, Lehtonen ym. painossa). Kolarin muodostumassa on petrografisia ja geokemiallisia viitteitä lähinnä Savukosken ryhmän yksiköiden vastineista. Toistaiseksi aineistoa ei ole kuitenkaan riittävästi Kolarin muodostuman jakamiseen Savukosken ryhmän tavoin. Kolarin muodostuman rinnastus Pajalan ja Huukin alueen vulkaniitteihin (ks. Lindroos 1974, Padget 1977, Lindroos & Henkel 1981) on ongelmallista, sillä uusi geokemiallinen tutkimus viittaa Ruotsinkin puolella useampaan päällekkäiseen vulkaniittiyksikköön (O. Martinsson 1996, tiedonanto).

Kolarin muodostuman Äkäsjokisuun kalkkikivi-kvartsiittiseurueen stratigrafiset vastineet Huukin kartta-alueella, ns. Rautamalmimuodostuma karbonaattikivineen ja sen jatke, Mannakorven dolomiitti-rautamalmi Suomen puolella, on tulkittu Vihreäkivimuodostuman päälle (Lindroos & Henkel 1981). Nämä

yksiköt on tulkittu siten eri asemaan kuin voimakkaammin deformatun ja metamorfoitunut Rautuvaaran muodostuma malmeineen. Karbonaattikivien hiili-isotooppitutkimukset tukevat stratigrafisesti eri asemaa Mannakorven dolomiitti-rautamalmille ja Rautuvaaran muodostumalle (Karhu 1993).

Tapojärven, Juurakkojärven, Ison Pirttivaaran ja Ylläksen muodostumat ovat sedimenttirakenteiden ja asemansa perusteella tulkittavissa klassisen Kumpu-Oraniemen muodostuman (Mikkola 1941) metasedimenttien vastineiksi. Kumpu-Oraniemen muodostuman metasedimentit on toisaalta jaettu nykyisin alempaan Lainion ja ylempään Kummun ryhmään (Lehtonen ym. 1992). Nämä sedimentit ovat aluperin joki- ja matalanmeren kerrostumia Ylläksen muodostuma ja sen alapuolinen Luosujoen muodostuma sijoittuvat Lainion ryhmään. Tapojärven, Ison Pirttivaaran ja Juurakkojärven muodostumat on rinnastettu asemaltaan Ylläksen muodostumaan. Tapojärven muodostuma on yhdistettävissä Ruotsin puolella Huukin alueen ns. Liuskemuodostumaan (Pahakurkkio-ryhmä). Lainion ryhmän muodostumat ovat deformatuneet ns. päädeformaatiovaiheessa, kun taas tämän vaiheen deformaatio ei näy nuoremman Kummun ryhmän muodostumissa (Koistinen & Virransalo 1985, 1986).

KIVILAJIEN LUOKITTELU

Kivilajit on eroteltu Kolarin ja Kurtakon kartoilla eri väreillä vakiintuneen käytännön mukaan. Kurtakon kartalla on lisäksi pintakivien värisävyillä ilmenetty niiden stratigrafista asemaa siten, että stratigrafisesti ylinä olevassa yksikössä kivilajilla on voimakkain sävy.

Sedimenttiperäisistä kivilajeista on käytetty Kolarin ja Kurtakon kartoilla lähinnä kenttähavaintoihin perustuen osittain areniittisten metasedimenttien luokituksia (Pettijohn 1975) ja osittain vakiintuneita erityistermejä. Termi kvartsiitti tarkoittaa hiekkaisia metasedimenttejä yleensä ja viittaa kallioperäkartan keltaisilla sävyillä merkittyihin kenttiin. Mikäli hiekkainen metasedimentti on kyetty määrittelemään tarkemmin, se on päällemerkinnöin kuvattu ortokvartsiitiksi, arkoosikvartsiitiksi tai arkoosigneissiksi. Ortokvartsiitti koostuu lähes yksinomaan kvartsista (> 90%). Arkoosikvartsiitissa on epäpuhtautena runsaasti etenkin maasälpää. Arkoosikvartsiitit ja ortokvartsiitit muodostavat paikoin koostumukseltaan aukottoman sarjan. Arkoosigneissi viittaa voimakkaasti deformatuneeseen ja metamorfoituneeseen arkoosiseen kiveen. Kiilleliuskeet ja -gneissit on merkitty kartoille sinisellä värillä. Kiillerikkaina ne poikkeavat em. kvartsiiteista yleensä selvästi, mutta tulkinnanvaraisia välimuototyyppisiä kuitenkin löytyy. Mustaliuskeet ja kiisuliuskeet on piirretty geofysikaalisten karttojen sähköisten johteiden perusteella paksumpiin kerroksiin viittaavina violetteina kenttinä ja ohuempiin välikerroksiin viittavina päällemerkintöinä ("rautatie"). Mustaliuskeet tarkoittavat grafiittipitoisia, tahraavia liuskeita yleensä. Kiisuliuskeet sisältävät nimensä mukaisesti kiisuja. Niissä voi olla myös hieman grafiittia.

Oranssilla merkittyjen karbonaattikivien päällemerkinnät kartalla (K = kalk-

kikiveä, D = dolomiittia) perustuvat yksittäisiin röntgenmäärityksiin. Karsikiven päällemerkintää (S) kartalla on yleensä käytetty karsireaktion läpikäyneissä kivissä. Kvartsiittien ja metavulkaniittien yhteydessä karsivälikerrokset viittaavat kalsiumsilikaattipitoisuuteen.

Intrusiivikivet ja vulkaniitit on luokiteltu kartoilla pääosin kenttähavaintoihin ja ohuthietutkimuksiin perustuen. Vulkaniitit on jaettu emäksisiin (vihreä) ja intermediäärisiin (harmaa). Lisäksi Teuravuoman ja Kolarin muodostuman kemiallinen luonne on ilmoitettu Kurtakon kartalla. Päällemerkinnöillä on erotettu pyroklastisia (tuffiitti) ja laavasyntysisiä (mantelikivi) vulkaniitteja. Alkuperältään epäselviä amfiboliitteja on paikoin merkitty tumman vihreällä. Graniitti on merkitty punaisella. Sen sijaan muut intrusiivikivet on merkitty kasvavan mafisuuden mukaan alkaen vaalean ruskeasta (kvartsimontsoniitti, montsograniitti) päätyen tummanruskeaan (gabro, diabaasi).

PINTAKIVILAJIT

Vulkaniitit

Teuravuoman muodostuman eteläosan kairauksissa, Pohjasenvaaran pohjoispuolella (2713 10) on havaittu vuorokerroksittain mantelirakenteisia (n. 0,3-40 mm) ja massamaisia amfiboliitteja (kuva 8). Muodostuman pohjoisosassa Pissilehdossa, Teurajärven ympäristössä (2731 02), havaittiin samat piirteet. Vuorottelun on tulkittu ilmentävän laavapatjojen rakenteita, niiden pinta- ja sisäosia. Mantelit ovat etenkin muodostuman eteläosassa deformatuneet linsseiksi ja jopa ohuiksi vaaleiksi viiruiksi. Pohjoisosassa on havaittu hyvin säilyneitä primäärirakenteita, mutta toisaalta myös metasomaattisten muutosten vyöhykkeitä. Muodostuman itäosaan (2731 02, 05) on merkitty myös pyroklastista vulkaniittia kairansyöntitutkimukseen perustuen.

Teuravuoman muodostuman eteläreunalla laavakivet ovat vahvasti suuntauneita. Mantelikivikerrokset koostuvat pääosin sarvivälkkeestä, plagioklaasista, biotiitista ja kvartsista. Mantelit koostuvat yleensä kvartsista ja plagioklaasista. Tyypillisiä aksessorisia mineraaleja ovat titaniitti, zirkoni, kalimaasälpä, apatiitti, kuparikiisu, rikkikiisu ja magneetikiisu. Massamaiset kerrokset voivat olla ultramafisia ja koostua amfibolista ja biotiitista. Muodostuman pohjoisosan vulkaniiteille on ominaista amfiboliverkosto ja kloriittipitoisuus. Tyypillisiä aksessorisia mineraaleja mantelikivissä ovat magneetikiisu, epidootti ja apatiitti sekä massamaisissa amfiboliiteissa rikkikiisu, kuparikiisu ja ilmeniitti. Kloriittipitoisiin tyyppeihin liittyy myös kvartsijuonia.

Teuravuoman muodostumaan rinnastetut Hirvasjängän-Takasen Otusmaan vulkaniitit (2731 07) ovat voimakkaan deformatumisen ja migmatiittituumisen läpikäyneitä ja rakenteet ovat sen tähden tulkinnanvaraisia. Vulkaniittien materiaalin vaihtelu mafisesta intermediääriseen ja toisaalta raitaisesta massamaiseen viittaa pääosin pyroklastisiin kerrostumiin (kuva 23), joissa on mahdollisesti sedimentti- ja laavavälikerroksia. Venejärven eteläpuolen (2731 01) amfiboliitista on löydetty mantelirakenteita.

Niesakeron ja Haisujupukan muodostuman amfiboliittivälikerroksista on niukasti havaintoja (Väänänen 1992). Niistä on löydetty pyroklastiitteihin ja laavoihin viittaavia piirteitä.

Kolarin muodostuman vulkaniitit ovat pääosin raitaisia, pyroklastisiksi tulkittuja amfiboliitteja. Pieni- ja keskirakeiset, raitaiset vulkaniitit Siukovaarassa ja valtatie 21:n kalliroleikkauksissa (2713 11, Kolarin kaatopaikka) ja Muonionjoen rantatörmän paljastumissa (2713 09) ovat tyypillisesti vahvasti metamorfoituneita, tummia amfiboliitteja. Pitkänkoskenrovassa (2713 11, R21) ja Kattilamaassa (2731 02, R19) havaitut silttimäiset felsiset ja mafiset tuffiitit vaikuttavat vähemmän metamorfoituneilta, mutta ruhjeisemmilta. Siukovaaran ympäristössä Kolarin muodostuman vulkaniitit koostuvat pääosin vaihtelevasta määrästä sarvivälkettä, plagioklaasia (oligoklaasia tai andesiinia), kvartssia ja biotiittia. Sarvivälkkeen sijasta ja ohella on havaittu kiven koostumuksesta riippuen muita amfiboileja, kuten kummingtoniittia, tremoliitti-aktinoliittia ja antofylliittia. Aksessorisina mineraaleina on havaittu apatiittia, zirkonia, turmaliinia, titaniittia ja rikki- ja kuparikiisua.

Kolarin alueen luoteisosan (2713 06, 09) vulkaniitit ovat alhaisesta metamorfoosiasteesta johtuen pienirakeisia, usein silttimäisiä liuskeita. Ne ovat oligoklaasi- tai albiittiamfiboliitteja, joissa on myös kloriittia. Sarvivälkkeen ohella tavataan sinivihreää amfibolia. Luntanginkallion ympäristön intermediäristen tuffiittien rapautumispinnan ruskehtava väri johtuu karbonaattipitoisuudesta. Lietorovan (2713 09) länsipuolelle merkitty intermediäärinen tuffiittikenttä on paljastunut Luntanginkalliolla ja sen ympäristössä, Muonionjoen rannalla. Tuffiitti on täällä rapautumispinnaltaan harmaata tai vaalean ruskehtavaa, hienorakeisia, kerrallista liusketta. Mafisemmista liuskeista on saatu tietoa pääosin tutkimusalueen ulkopuolelta (ks. Lindroos 1974, Hiltunen 1982, vrt. Väänänen 1982, 1989). Ne ovat yleensä kerroksellisia, vihreitä tai harmaita, hienorakeisia liuskeita.

Kolarin muodostumaan rinnastetut vulkaniitit Kallon intruusion eteläkontaktissa (2731 08) ovat pääosin mafisia metatuffiitteja, mutta myös mantelikivistä on rakkahavaintoja n. 3 km Haisujupukan eteläpuolella (Rantataro 1988). Lainiojoen vulkaniitissa (2731 09D) tunnetaan vain yksi paljastuma montsoniittisten juonien leikkelemää, massamaista amfiboliittia. Lainiojoen vulkaniitin eteläisellä jatkeella (2731 11) lienee kuitenkin runsaasti tuffiitteja (ks. Vormisto 1968, s. 3).

Pyroklastisten vulkaniittien välikerroksina tavataan yleisesti metasedimenttivälikerroksia. Siukovaaran ympäristössä tavataan kiillegneissi-, arkoosigneissi- ja granaattigneissivälikerroksia tai granaattiamfiboliittivälikerroksia sekä kalkkisiilikaattikivi-, karbonaattikivi- ja mustaliuskevälikerroksia. Kolarin alueen luoteiskulmassa karbonaatti- ja mustaliuskevälikerrokset ovat jopa useita kymmeniä metrejä paksuja (ks. Hiltunen 1982, s. 36-39). Pyroklastisten vulkaniittien ja niihin liittyvien metasedimenttien välillä on aukoton koostumusvaihtelu (Väänänen 1989, s. 18).

Karbonaatti-, karsi- ja kalkkisilikaattikivet

Äkäsjokisuun kalkkikivi on karbonaattikivistä merkittävin. Se on mittasuhteiltaan huomattava, ja sitä on hyödynnetty kahdesta louhoksesta: Äkäsjokisuulta ja Aittamaasta (2713 09). Äkäsjokisuussa kalkkikivi on vahvasti poimuttunut. Aittamaassa kalkkikiven kerroksellisuus on loivasti luoteeseen kaa-tuva. Kalkkikiven rakennetta ja paksuutta valaisevat Nurmen (1989, s. 74) joh-topäätökset: “ Poimutus on vaikuttanut kalkkikiveen voimakkaasti: vielä pää-deformaation aikana kalkkikivi on ollut plastista. Siksi kalkkikivi on puristunut voimakkaasti yhteen ja muodostaa nykyään hyvin jyrkkäkaateisen kerros-tuman ollen poimuttumisen ansiosta useita satoja metrejä paksu.” Aittamaan loiva-asentoisessa linssissä kalkkikivilävistykset ovat n. 60-80 m. Tyypialueellaan Äkäsjokisuulla ja Aittamaassa kalkkikivi on hiilipigmentin harmaaksi tai tummaksi värjäämää, voimakkaasti liuskeista ja raitaista.

Rautuvaaran ja Kolarin muodostumiin sekä viimeksi mainitun stratigrafisiin vastineisiin liittyy dolomiittisia karbonaattikiviä. Dolomiitit sisältävät yleisesti silikaatteja. Rapautumaton pinta on yleensä vaalea, harmahtava. Kolarin ja Niesakeron muodostumiin merkityt karsivälikerrokset ovat itseasiassa kalkkisili-kaatteja sisältäviä kiviä, jotka ovat metamorfoosin eikä metasomatoosin tuoteita. Kalkkisilikaattikivien ja karbonaattikivien välillä tavataan vaihtumistyyppejä. Karbonaattikiveä on nähtävänä muutamia metrejä ympäristöstään ko-hoavina kookkaina paljastumina Ristimellanjärvien etelä- ja luoteispuolella rautatien tuntumassa (2713 12). Paljastumat liittyvät samaan poimuttuneeseen kerrokseen. Mahdollisesti sama kerros pistää esiin myös Äkäslompolon tien kalliroleikkauksessa, n. 1,5 km rautatien risteyksestä luoteeseen (2713 12). Juurakkojärven lounaispuolella (2713 11) on nähtävissä karbonaattikivipaljas-tuma, joka kuuluu n. 15 m paksuun dolomiittikerrokseen (ks. Väänänen 1989, s. 21). Mannakorven (2713 06) peitteisen dolomiitti-karsirautamalmiseurueen jatkeet ovat Ruotsin puolella. Lindroos (1974, s. 9) on kuvannut ohuita karbo-naattikivivälikerroksia Rautamalmimuodostuman alimmasta jäsenestä, fylliitistä. Pääosa karbonaattikivistä sijoittuu alimman jäsenen päälle jopa yli sata metriä paksuina kerroksina, joihin liittyy karsikivi- ja rautamalmikerroksia.

Karsikivet ovat luonteenomaisia etenkin Rautuvaaran muodostumassa (ks. Hiltunen 1982). Kolarin ja Kurtakon kartoille on merkitty karsikiviä vaihtelevan kokoisina kenttinä sekä välikerroksina. Karsikiviin liittyvät tunnetut rautamalmit: Rautuvaara, Sivakkalehto (Sotkavuoma), Juvakaisenmaa (Ristimellanjär-vet) ja Mannakorpi (Kaalamovuoma) Ruotsin puoleisina jatkeineen. Ristimel-lanjärvien karbonaattikiviin liittyy diopsidikarsikiveä, joka on rapautumispin-naltaan varsin vaaleata. Tummanvihreä diopsidikarsityyppi on havaittavissa Juvakaisenmaassa rataleikkauksessa, intrusiivikiven kontaktissa. Mannakorven (2713 06) peitteisen dolomiitti-karsirautamalmiseurueen karsikivi esiintyy kai-raustietojen perusteella jopa n. 200 m paksuna linssinä. Tämä karsikivi koos-tuu kairaustietojen perusteella albiitista ja sarvivälkkeestä (Hiltunen 1982, 118-120). Karsikiveksi on merkitty Kolarin kartalla myös mm. Paloselän lounais-puolen grafiittiliuskeen kontaktiin liittyvä skapoliitti-amfiboli-klinopyroksee-

nikivi (kuva 17). Samantyyppinen karsi on havaittu Luntangin kallion dolomiitin kontaktissa (ei ole merkitty Kolarin karttaan).

Vormisto (1968) kuvaa raportissaan Kurtakon alueen Kaakkurin kairauskohteen (2731 11) karsi- ja karbonaattikiviä seuraavasti: "Mielenkiintoisen kivilajiryhmän - myöskin malminetsinnällisesti - muodostavat karsikivet, jotka läheisesti seurailevat mustaliuskeita. 5-10 metrin paksuisina kerrostumina ne ovat seurattavissa profiilista toiseen; pohjoisimmassa profiilissa karsimuodostuma, mukaan luettuna sen W-reunalla olevat karbonaattikivet, on 40-50 m paksu. Diopsidi ja tremoliitti ovat päämineraalit, mutta varsinkin graniittien ja pegmatiittien voimakkaimmin vaikuttamilla alueilla tavataan runsaasti harmaanviolettiä skapoliittia (erään kokoomusmäärityksen mukaan Na-Cl-komponentti, marialiitti, on vallalla). Sekä rikkikiisua että magneettikiisua tavataan pirotteena ja läiskinä paikka paikoin." Nämä karsi- ja karbonaattikivet ovat Kurtakon geologisella kartalla em. Lainionjoen mafisen vulkaniitin välikerroksia.

Rautamuodostumat

Kolarin alueella säilynyt raitainen rautamuodostuma - kvartsi-magnetiittiraitainen kivi (banded iron formation: BIF) - on nähtävissä muutamia metrejä ympäristöstä kohoavana paljastumana n. 400 m Äkäslompolon tien ja rautatien risteyksen luoteispuolella, Ristimellanjärvien diopsidikarsikivi- ja karbonaattikivikerrosten välissä (2713 12). Tämän rautamuodostuman tummien magnetiittirikkaiden raitojen kanssa vuorottelevissa vaaleissa raidoissa kvartsin ja magnetiitin ohella esiintyy pleokroismin perusteella runsasrautaista amfibolia (kummingtoniitti-gruneriitti) ja biotiittia. Rautamuodostuma on merkitty Kolarin kallioperäkartalle Ristimellanjärvien eteläpuolelle kvartsiin keltaisella värillä ja ch-päällemerkinnällä (serttiä). Poimuttunut rautamuodostuma on useita metrejä paksu. Rautamuodostuma, karbonaattikivi ja karsikivi on tulkittu liittyvän vahvasti metamorfoituneeseen Rautuvaaran muodostumaan, jota täällä myötäilevät Kolarin muodostuman metavulkaniitit. Em. risteyksen itäpuolelle sijoittuvat Juvakaisenmaan rautamalmi ja karsikivi ovat em. rautamuodostuman ja diopsidikarren vahvasti metamorfoituneita vastineita (vrt. Borgström 1928).

Mustaliuskeet ja kiisupitoiset liuskeet

Mustaliuskeet ja kiisupitoiset liuskeet liittyvät välikerroksina Rautuvaaran ja Kolarin muodostumiin ja viimeksi mainitun stratigrafisiin vastineisiin Kurtakon alueella.

Mustaliuskeet ja kiisuliuskeet muodostavat varsin heterogeenisen kivilajiryhmän. Ne ovat pääosin paljastumattomia, mutta näkyvät sähköisinä johteina geofysikaalisilla kartoilla. Niihin kuuluu runsaasti grafiittia sisältäviä liuskeita, jotka sisältävät myös kiisuja sekä toisaalta grafiittittomia, kiisuja sisältäviä liuskeita. Mustaliuskeet ja kiisuliuskeet ovat ruosteisia, harmaita tai tummia, pie-

nirakeisia ja usein silttimäisiä. Silikaattiporfyroblastit tekevät niistä karkearakeisempia.

Mustaliuskeista ja kiisuliuskeista on vaihtumistyyppisiä kiilleliuskeisiin ja kalkkisirikaattikiviin. Tällaisia liuskeita Rautuvaaran muodostumassa ovat ns. kvartsi-maasälpäliuskeet (ks. Hiltunen 1982, ss. 23-28), joiden päämineraaleja plagioklaasin, kalimaasälvän ja kvartsin ohella ovat grafiitti, tremoliitti-aktinoliitti, kummingtoniitti, biotiitti, skapoliitti, diopsidi ja joskus hypersteeni. Lisäaineiksina on havaittu turmaliinia, titaniittia ja rikki-, magneetti- ja kuparikiisua. Kvarssi-maasälpäliuskeet sisältävät Ca-rikkaita, karsimaisia välikerroksia.

Paloselän lounaiskärjessä (2713 12) sijaitsevaan grafiittiliuskeeseen on kairattu kaksi reikää ja se on myös paljastunut. Vahvasti deformatunut, skapoliittiporfyroblasteja sisältävä ja n. 160 m paksu liuske sisältää jopa n. 20 % grafiittia ja 4-7 % rikkiä (Hiltunen 1982, s. 28). Se vaihtuu kiisupitoiseksi kvartsimaaälpäliuskeeksi kvartsiitin kontaktissa (kuva 17). Lakkavaaran intruusion kontaktissa (2713 12) Ristimellenahossa sijaitsevilla paljastumaryhmissä on puolestaan nähtävissä n. 120 m paksu leikkaus ilmeisesti kertautuvista karbonaattikivikerroksista ja grafiitti- ja kiisupitoisista kvartsi-maasälpäliuskepatjoista (kuva 12 ja 13). Koillis-lounaisuuntaisen paljastumaryhmän eteläreunalla on paksuhko karbonaattikivikerros, joka rajoittuu varsin terävästi liuskeisiin. Liuskepatjassa on kuitenkin nähtävissä epämääräistä kalsiumpitoisuuden kasvua kohti karbonaattikiveä, klinopyrokseeni- ja skapoliittivaltaisten välikerrosten muodossa. Myös ohuita karbonaattikivivälikerroksia on havaittu. Kontaktissa karbonaattikiveä vasten on ohuita kiilleliuskekerroksia. Kyseessä on jatkuva kerrossarja, jossa Ca-pitoisuus kasvaa ja kulminoituu karbonaattikivessä. Sedimentaation oikullisuutta kuvastavat kiilleliuskekerrokset kontaktissa.

Juurakkojärven n. 200 m pitkän ja pohjois-eteläisen leikkauksen (2713 11, montut 061-LVP-85, 060-LVP-85; kairanreikä R2-LVP-85) pohjoisosan kiisupitoiset silttikivet on tulkittu Kolarin muodostuman yläosaan (ks. Väänänen 1989, s. 18-21). Pääosa leikkauksesta on kalkkisirikaatti- ja edelleen karbonaattikivikerroksia, joiden kontakti silttikiveen on nopeasti vaihtuva. Itä-länsisuuntainen silttikivipatja on n. 50 m paksu. Siinä on nähtävissä hyvin pieni-piirteinen kerrallisuus. Rapautumispinnaltaan silttikivet ovat harmaita tai kiisuista johtuen ruosteenruskeita. Ne koostuvat vaihtelevista määristä kvartssia, plagioklaasia, vaaleaa kiillettä, skapoliittia ja kiisuja. Kiisut ovat kivessä pölymäisenä pirotteena.

Lindroos (1974) kuvaa Huukin alueen Rautamalmimuodostuman alimmasta jäsenestä grafiittipitoisia fylliittejä, joista tummimmat sisältävät suhteellisen paljon grafiittia ja sulfideja. Vormisto (1968) puolestaan kuvaa raportissaan Kaakkurin ja Lainionkankaan (2731 11) kairauskohteiden mustaliuskeiden koostumuksessa ja ulkonäössä melkoisesti vaihtelua käsittäen "sarjan" heikosti grafiittipitoisista, Fe-kiisupiroitteisista kvartsi-plagioklaasi-biotiittigneisseistä aina mustiin kohtalaisesti Fe-kiisuja (etupäässä magneettikiisua) sisältäviin grafiittiliuskeisiin. Välikerroksina on "puhtaita" kiillegneissejä ja -liuskeita sekä kar-

Kvartsiitit ja arkoosiset metasedimentit

Kvartsiittien ja arkoosisien metasedimenttien ulkoasu vaihtelee huomattavasti (kuvat 10, 11, 16, 18). Ne ovat kiilleliuskeiden ja -gneissien kanssa kartta-alueiden yleisimpiä kivilajeja. Kvartsiitit, arkoosikvartsiitit ja arkoosigneissit kuuluvat useisiin eri yksiköihin: Venejärven kompleksiin, Niesakeron ja Haisujupukan muodostumiin sekä Tapojärven, Ylläksen, Juurakkojärven ja Ison Pirttivaaran muodostumiin. Näiden satoja metrejä paksujen ja laaja-alaisten metasedimenttien ohella niitä on vaatimattomampina välikerroksina mm. Kolarin muodostumassa.

Pohjasenvaaran pohjoisreunaa myötäilevä (2713 10, 2731 01) arkoosigneissi vaihettuu migmatiiteiksi, ja se on liittyy Venejärven kompleksiin. Arkoosigneissin n. 1 m vahvuinen ylin osa koostuu ohuista amfiboliitti- ja kvartsiittikerroksista. Gneissi muuntuu alaspäin karkearakeiseksi. Se koostuu kvartsista, plagioklaasista, kalimaasälvästä ja biotiitista.

Niesakeron ja Haisujupukan muodostumien kvartsiiteissa ja arkoosigneisseissä on säilynyt paikoin primääripiirteitä. Kerroksellisuuteen viittaava raitaisuus on yleistä. Karkilaen ja Kuusilaen ympäristössä on havaittu loivaa ristikerroksisuutta ja suorakerroksisuutta. Ristikerroksisuutta on havaittu myös Kurtakoselässä (2731 05) (kuva 11), Haisujupukassa (2731 08) ja Kaukosen Hangasvaarassa (2731 12).

Niesakeron muodostuman kvartsiitit ja arkoosigneissit ovat vahvasti metamorfoituneita ja deformatiivisia. Leikkaavat graniitti- ja pegmatiittijuonet ovat tyypillisiä. Koostumusvaihtelu on varsin huomattavaa. Muodostuman alaosan Niesakeron antiformin sisäosan (2731 03)- arkoosigneissit ja kvartsiitit ovat tyypillisesti sillimaniittipitoisia, harmaita tai punertavia, pääosin kvartsista, kalimaasälvästä ja kiilteistä koostuvia kiviä. Magnetiittipirote on yleistä. Antiformin sisäosista kyljille päin - stratigrafiassa ylöspäin - löytyy myös varsin puhtaita, vaaleita kerroksia, kuten Sivakkaselässä (2713 12), ja jopa ortokvartsiittia, kuten Karkilaen (2731 03) seutuvilla. Muodostuman yläosassa on ominaista vaihteleva kalkkipitoisuus, joka ilmenee kalkkisilikaattien mukaan väreiltään vaihtelevina välikerroksina. Monin paikoin kalkkipitoisuudesta on osoituksena muutamien senttimetrien läpimittaisia sarvivälke-pyrokseeni-epidoottikasumia. Pikku Hevosmaan laen (2731 03D) tienoilla on nähtävissä n. 400 m pitkä leikkaus antiformin reunaosan poikki. Leikkaus alkaa laen länsipuolelta sillimaniittipitoisella arkoosikvartsiitilla. Laen länsirinteellä plagioklaasin, epidootin, sarvivälkkeen, skapoliitin ja karbonaatin määräsuhteiden mukaan väri vaihtelee vihreästä harmaaseen. Laella on nähtävissä muutamien kymmenen metrin paksuinen patja, jossa tavataan konglomeraattimaisia piirteitä. Laen itärinteellä leikkaus jatkuu runsaasti tummaa granaattia, skapoliittia, pyrokseenia ja epidootia sisältävällä kerroksella.

Haisujupukan muodostuman kvartsiiteista on edustava leikkaus Haisujupukassa (2731 08). Kiillegneissillä alkavan metasedimenttipatjan kvartsiitti puhdistuu stratigrafiassa ylöspäin kuten Niesakeron muodostumassa. Vihreät fuksiit-

tikiilleraidat ovat ominaisia (kuva 10). Merkit kalkkisirikaatteja sisältävistä kerroksista ovat vähäisiä. Puhtaat kvartsiittityypit voivat olla vaaleita ja lasimaisia, ja niissä erottuu paikoin klastisuus kuten Ranta-Palonselässä (2731 09) tai Hangasvaarassa (2731 12). Kurtakkoselän (2731 05) kvartsiitit ovat paljastuneena laella ja alarinteessä Kolarin-Kallon tien pysäköintipaikan pohjoispuolella. Ne ovat harmaita arkoosikvartsiitteja maasälpien ja kiilteiden suhteellisesta runsaudesta johtuen. Primääripiirteitä on jäljellä; paljastumissa on nähtävissä tummia kvartsiklasteja sisältäviä kerroksia ja ristikerrosrakenteet ovat yleisiä.

Tapojärven, Juurakkojärven, Ison Pirttivaaran ja Ylläksen muodostumien kvartsiitit ja arkoosigneissit ovat yleisesti blastoklastisia, ja sedimenttirakenteita on säilynyt. Tapojärven muodostumalle ovat ominaisia ristikerroksellisuus ja konglomeraattikerrokset. Juurakkojärven muodostumassa on tavattu ristikerroksisuutta ja kerrallisuutta. Ison Pirttivaaran muodostuma on paljastunut huonosti, mutta siinäkin on nähtävissä em. piirteitä. Ylläksen muodostuma ei ole paljastunut käsiteltävillä kartta-alueilla. Näihin muodostumiin ei näytä liittyvän ortokvartsiitteja.

Lietorovassa (2713 09) on useita Taporovan muodostuman rakka- ja paljastuma-alueita rapautumispinnaltaan vaaleanharmaata arkoosikvartsiittia. Klastinen rakenne, varsin pienikokoinen ristikerroksisuus ja raskasmineraaliraidat ovat kivessä tyypillisiä piirteitä. Raekoko vaihtelee hienorakeisesta varsin karkeaan. Yleensä suhteellisen karkeat tyypit ovat paljastuneena. Paikoin tavataan muodostuman sisäisiä polymiktisiä konglomeraattikerroksia. Kiilleliuskevälikerrokset ovat yleisiä. Arkoosikvartsiittia ja konglomeraattia tavataan Lietorovan kvartsiittien jatkeilla Ison Pissilaen rakoissa ja Mettojänkänharjun paljastumissa (2713 09). Mettojänkänharjun arkoosikvartsiitit ovat yleensä vaaleita ja pienirakeisia. Isossa Pirttivaarassa (2713 07) on nähtävissä ristikerrosrakenteita sisältävä leikkaus: tuffiittinen metagrauvakka - polymiktinen konglomeraatti - arkoosikvartsiitti. Stratigrafisesti alinna oleva, tummanharmaa metagrauvakka vaihettuu konglomeraatiksi, joka puolestaan vaihettuu terävästi harmaaksi kvartsiitiksi.

Tapojärven muodostuman arkoosikvartsiitti koostuu pääosin aaltosammuvista kvartsiijyväsistä ja sisältää myös runsaasti kalimaasälpää ja kiilteitä. Muskoviittisuomuja on usein niin paljon, että voidaan puhua serisiittikvartsiitista. Raskasmineraalijuovat ovat pääosin magnetiittia. Magnetiitin ohella turmalini ja zirkoni ovat tyypillisiä aksessorisia mineraaleja. Mettojänkänharjun kivissä kalimaasälvän ohella tavataan myös plagioklaasia ja muskoviitin ja biotiitin ohella kloriittia. Mettojänkänharjusta E-suuntaan metamorfoosiaste nousee, ja kivessä tavataan mm. fibroliittista sillimaniittia. Juurakkojärven muodostuman Petäjämään (2713 12, 2731 03) gneisseihin liittyy sormenpään kokoisia kvartsisillimaniittikyhmyjä (Väänänen 1982, kuva 9). Ison Pirttivaaran kvartsiitti on arvioitu alkuperältään kvartsiivakaksi. Se koostuu pääosin kvartsiista ja biotiitista sisältäen myös maasälpää, magnetiittia, muksoviittia, titaaniittia ja turmaliniä.

Kolarin kallioperäkartalle on merkitty ortokvartsiitteja Muonionjoen rantaan,

Aittamaahan (2713 09) ja siitä n. 4 km länteen (Lutanginkallio). Nämä ohuet - joitakin metrejä tai muutamia kymmeniä metrejä paksut - kvartsiittikerrokset liittyvät Äkäsjokisuun kalkkikiveen. Lutanginkallion kvartsiitti on parhaiten paljastunut. Kvartsiitti on varsin rikkonaista. Paikoin kerroksellisuus ja blastoklastinen rakenne ovat nähtävissä. Pyöristyneet kvartsiijyväset erottuvat paljain silmin. Vähäinen välimassa koostuu pääosin kalimaasälvästä ja muskoviitista. Kivi on rapautumispinnaltaan paikoin huomiota herättävän sinertävää. Lutanginkallion kvartsiitti-kalkkikiviseurie muistuttaa klassista matalan meren kratonista ortokvartsiitti-karbonaattikiviassosiaatiota (esim. Pettijohn 1975).

Kiilleliuskeet ja kiillegneissit

Kiilleliusketta on olennaisena osan Tapojärven muodostumassa ja kiillegneissisiä Haisujupukan ja Niesakeron muodostumissa sekä Venejärven kompleksissa. Tyypillisesti kiillerikkaat metasedimentit vaihettuvat kvartsiiteiksi ja toisaalta muiksi pintakivilajeiksi, kuten Kolarin muodostumassa pyroklastisiksi vulkaniiteiksi.

Tapojärven muodostuman kiilleliusketta tavataan Lietorovan, Ison Pissilaen ja Mettojängän harjun alueilla (2713 09, 12). Peitteinen Aareakankaan-Kaalamovuoman (2713 06) kiilleliuskejako on rajattu Kolarin geologiselle kartalle Ruotsin puolella tehtyihin havaintoihin ja matalalentogeofysiikkaan perustuen. Kiilleliuskevälikerrokset kvartsiiteissa ovat yleisiä. Kiilleliuskeet ovat harmaita ja hieno- tai pienirakeisia. Biotiitti- ja muskoviittisuomut ovat olennaisina aineksina. Muita päämineraaleja ovat kvartsi ja maasälvät sekä paikoin kloriitti. Aksessorisina mineraaleina on yleensä turmaliinia, zirkonia, apatiittia ja etenkin raskasmineraaliraidoissa magnetiittia tai hematiittia. Sedimenttirakenteita on säilynyt monin paikoin. Kerrallista kiilleliusketta on paljastunut Tapojoen alajuoksun ja Mettojängän välisellä alueella (2714 10, 2713 09). Lietorovan, Ison Pissilaen ja Mettojängänharjun kiilleliuskeissa on havaittu ristikerrosrakenteita. Aareakankaan-Kaalamovuoman kiilleliuskejaksossa Ruotsin puolella Aareavaarassa, on havaittu kerrallisuutta ja ristikerrosrakenteita. Toppi on säännöllisesti luoteeseen. Lietorovan ja Mettojängänharjun alueelta itään ja pohjoiseen nouseva metamorfoosiaste ilmenee kiilleliuskeissa mm. stauroliitti- ja andalusiittiporfyroblasteina (ks. Lehtonen 1981, Väänänen 1982). Kiilleliuskeiden muuntuminen sillimaniittipitoisiksi kiillegneisseiksi on nähtävissä Äkäsjoen siirrosvyöhykkeen tuntumassa, mm. Äkäsjokisuussa (2713 09).

Korkeahkosta metamorfoosiasteesta huolimatta Juurakkojärven muodostuman (2713 12) fibroliittista sillimaniittia sisältävissä kiillegneisseissä on tavattu primäärirakenteita, kuten kerrallisuutta ja slumping-rakennetta.

Kolarin muodostuman vulkaniitteihin liittyy kerrallisia kiillegneissi- ja kiilleliuskevälikerroksia (ks. Väänänen 1989). Näissä välikerroksissa esiintyy amfiboleja, kuten sarvivälkettä, tremoliitti-aktinoliittia tai kummingtoniittia sekä aksessorisia kiisuja. Vaihettumistyyppenä tuffiitteihin ja toisaalta kvartsiitteihin on myös havaittu.

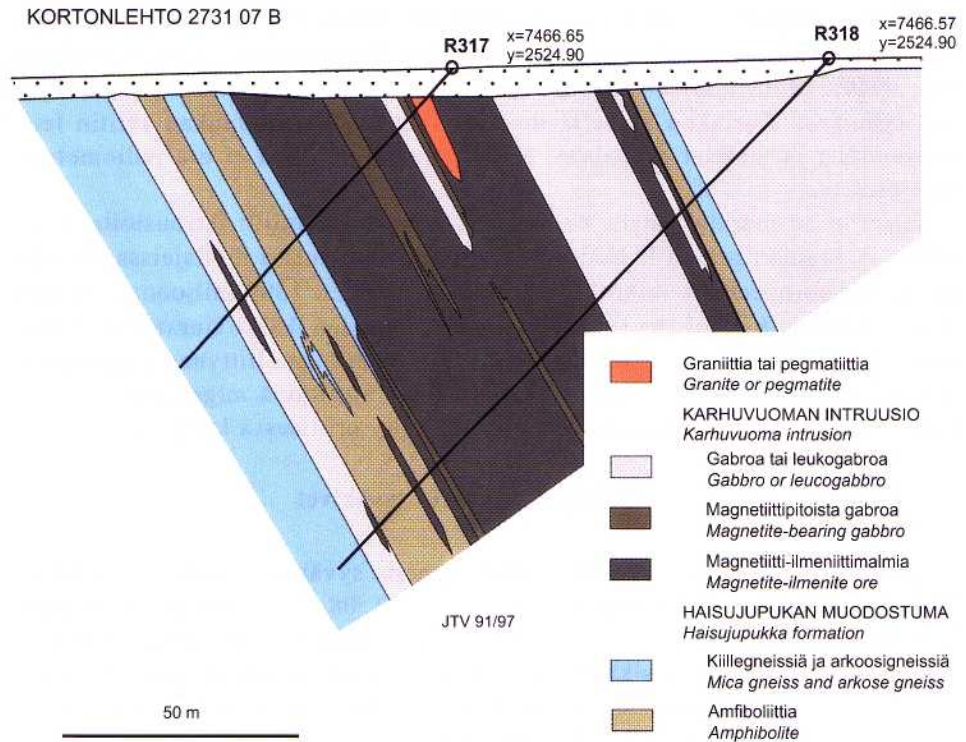
Niesakeron ja Haisujupukan muodostumien kiillegneissit ovat yleensä vahvasti deformatuneita ja metamorfoituneita. Haisujupukan muodostuman andalusiitti- ja fibroliittipitoisissa kiillegneisseissä Kurtakkoselässä (2731 05) on paikoin havaittu kerrallisuutta. Mahdollisesti sama Al-rikas gneissikerros on hyvin esillä myös Haisujupukan pohjoisosassa (ks. Rantataro 1988, s. 14-23), Sainlaessa, Sarvistossa ja Karhupalossa ja Karhukummuilla (2731 08, 07). Tälle gneissille on ominaista harmaa porfyroblasteista rypyläinen rapautumispinta. Alumiiniporfyroblastien määrä vaihtelee. Gneissiin liittyy vihreitä fuksiittiraitoja. Paikoin tässä gneississä on runsaasti magnetiittipirotetta. Niesakeron muodostuman (2731 03) gneissit ovat graniittiutuneita. Migmatiittiutumisen on lopulta tuhonnut täydellisesti primääripiirteet, kuten Haisujupukan muodostuman alaosassa ja Venejärven kompleksin piirissä (kuva 7, 24). Biotiitti, muskoviitti, kvartsi ja maasälvät ovat kiillegneissien tyypilliset päämineraalit. Aksessorisina mineraaleina on havaittu yleensä apatiittia, zirkonia ja magnetiittia.

Konglomeraatit

Konglomeraatteja on löydetty kaikista kartta-alueiden metasedimenttimuodostumista. Yleensä konglomeraatit liittyvät välikerroksina kvartsiitteihin ja arkoosigneisseihin, kuten Ison Pirttivaaran, Tapojärven muodostumissa (kuva 16, 18). Kuten edellä mainittiin, myös Niesakeron muodostumaan liittyy fragmentaarinen kivilaji. Joitakin vähäisiä pallosia on havaittu myös Haisujupukan muodostuman kvartsiiteissa ja Venejärven kompleksin arkoosigneisseissä. Nämä konglomeraattikerrokset on merkitty kartoille symbolilla. Sen sijaan Luosujoen muodostuma on todella huomattava, useita kilometrejä pitkä ja muutamia satoja metrejä paksu konglomeraatti (kuva 15). Se on rajattu erillisenä kenttänä Kurtakon kartalle (2731 03).

Tapojärven muodostuman konglomeraatteja on nähtävissä Lietorovassa (2713 09). Konglomeraatit ovat välikerroksina arkoosikvartsiitissa ja paksuudeltaan korkeintaan 1 metrin luokkaa. Pallot ovat pyörityneitä ja läpimitaltaan muutamia senttejä. Ne ovat punaista tai tummaa jaspista ja vaalea kvartsiittia. Myös liuskefragmentteja löytyy. Välimassa koostuu pääosin kvartsijyväsistä. Kiilteitä, maasälpää ja opaakkirakeita on välimassassa vaihtelevia määriä. Lietorovan konglomeraatit muistuttavat Mikkolan (1941) kumpukvartsiitteja. Vastaavanlaisia konglomerattivälikerroksia tavataan myös Pissilehdon ja Ison Pissilaen alueilla (2713 09). Ison Pirttivaaran (2713 07) konglomeraatissa ja stratigrafisesti alla olevassa metagrauvakassa on varsin runsaasti mafista vulkaanista ainesta sekä matriksissa että fragmenteissa. Vulkaaninen materiaali selvästi vähenee metagrauvakasta konglomeraattiin. Fragmentit ovat venyneitä valitsevan lineaation mukaan.

Luosujoen muodostuman konglomeraattia on löydetty vain yhdestä rakasta Kuusilaen eteläpuolella (2731 03). Konglomeraatti on erittäin vahvasti deformatunut. Sen pallot ovat venyneet poikkileikkaukseltaan pyöreiksi puikoiksi. Pallot ovat pääosin kvartsiittia, mutta joukossa on runsaasti amfiboliittipallo-



Kuva 19. Leikkaus Karhuvuoman intruusion ja Haisujupukan muodostuman kontaktista. Montutukseen ja kairaukseen perustuva tulkinta.

Fig. 19. Geological cross-section from the contact of the Karhuvuoma intrusion and Haisujupukka Formation. Interpretation based on trenching and diamond drilling.

sia (kuva 15). Matriksissa on runsaasti biotiittia, sarvivälkettä, kvartssia, kalsiumsilikaatteja, magnetiittia, skapoliittia ja karbonaattia. Magnetiitin ansios-ta muutoin Kurtakon alueella paljastumaton muodostuma onkin suhteellisen tarkasti rajattavissa aeromagneettiselta kartalta. Konglomeraatin sininen pohjaväri Kurtakon geologisella kartalla johtuu matriksin on grauvak-kamaisesta luonteesta (Rastas 1984).

Niesakeron muodostuman Pikku Hevosmaan (2731 03) laen konglomeraat-tia muistuttavan kivilajin gneissifragmentit voivat Hiltusen (1982) mukaan olla viite siitä, että muodostuman kerrostumisalusta on gneissigraniitti. Hai-sujupukan muodostuman Kurtakkoselän (2731 05) kvartsiitteihin sisältyy vähäisiä karkeaklastisia kerroksia, jotka on merkitty konglomeraattina kar-talle.

SYVÄKIVET

Kolarin ja Kurtakon alueiden merkittävimmät syväkivet ovat granitoideja. Granitoidit ja Kolarin alueen pohjoisosan gabrot ja dioriitit ovat synorogeeni-

sia ja ne liittyvät iältään n. 1870- 1886 miljoonaa vuotta vanhaan Haaparannan sviittiin, jota aikaisemmin kutsuttiin Haaparannan sarjaksi (Ödman ym. 1949). Muut mafiset intrusiivikivet ovat gabroja tai diabaaseja. Erityisen ryhmänsä Kurtakon alueella muodostavat ns. Karhujupukan sviitin leukokraattiset ja mafiset syväkivet. Karhujupukan sviitistä ei ole radiometristä ajoitusta.

Kartoille on merkitty myös vaihtelevan kokoisia graniitti-intruusioita. Graniittia ja pegmatiittia on lisäksi juonina ja suonina muissa kivilajeissa. Pääosa on myöhäisorogeenista mikrokliinigraniittia vastaten 1809 miljoonan vuoden ikäistä Kihlangin graniittia tai 1773 miljoonan vuoden ikäistä Tiuramatalan graniittia (ks. Lehtonen 1988, Rastas 1980). Osa graniiteista liittyy geneettisesti Haaparannan sviittiin. Graniittista neosomia sisältäviä migmatiitteja tavataan Venejärven kompleksissa. Niitä on käsitelty erillisessä kappaleessa.

Karhujupukan sviitin syväkivet

Karhujupukan sviitin vahvasti deformatuneita syväkiviä tunnetaan nimensä mukaisesti Karhujupukan ympäristössä (2731 07, 08, 10). Sviitti on kvartäärikerrostumien peitossa ja sen levinneisyys ja yksittäisten intrusioiden mittasuhteet perustuvat geofysikaalisiin mittaustuloksiin ja kairauksiin. Sviittiin kuuluu kolme gabroidista intruusiota: Karhuvuoman, Hävityskuusikon ja Sainlaen intruusiot. Näiden lisäksi Kurtakon kartalle on merkitty intruusiot muutama kairansydämen ja geofysiikan perusteella Hävityskuusikon intruusion itä- ja länsipuolelle sekä Kerpuanvaaran eteläpuolelle (2731 10).

Jyrkästi etelään kaatuvan Karhuvuoman intruusioon liittyy Ti-V-Fe-esiintymä (Karvinen 1989, 1992). Karhujupukan sviitin iästä voidaan todeta vain, että se on kompressiovaiheeseen (D_1 , D_2) nähden joko syn- tai pretektoninen.

Karhuvuoman intruusio

Karhuvuoman intruusio on pintaleikkaukseltaan linssimäinen. Sillä on pituutta n. 7 km ja syvyysulottuvuutta n. 200 m (ks. Turunen 1992). Se on rakenteeltaan kerroksellinen. Tosin kerroksellisuus on deformaatiossa ja metamorfosisissa hämärtynyt. Teräväpiirteistäkin kerroksellisuutta on havaittu. Etenkin jalokapuolen ultramafiset kerrokset erottuvat hyvin. Pääosa intruusiosta on amfiboliittiutunutta gabroa. Gabrossa on plagioklaasivaltaisia leukokraattisia kerroksia. Ne ovat Al_2O_3 -rikkaita (yli 20%), koostumukseltaan jopa anortosiittia. Gabroon liittyy sen kattopuolelle (eteläpuolelle) tonaliitti. Sen geneettinen suhde gabroon on epäselvä.

Karhujupukan luoteispuolella on nähtävissä em. tonaliitin ja eteläpuolen migmatiittien terävä ja jyrkästi etelään kaatuva kontakti (124-JTV-78). Kontaktissa tonaliitti on graniittijuonia sisältävää sarvivälkegneissiä. Peitteinen tonaliitti on seuraavan kerran tavoitettu kairanreiässä R309 n. 800 m luoteeseen em. kontaktipaljastumasta. Tonalitiitti on täällä magnetiittipirotteista, vahvasti suuntautunutta ja sisältää graniittijuoniverkostoa. Biotiitin ja sarvivälkkeen li-



Kuva 20. Magnetiittigabro. Karhuvuoman intruusio. Rakkaa.
Fig. 20. Magnetite gabbro. Boulder field. Karhuvuoma intrusion.
Kortonlehto, 2731 07B. x = 7446,6; y = 2524,8. Kuva - photo Jukka Väänänen.

Kuva 21. Kvartsimontso-
dioriitti. Kallon intruusio.
Ikänäytepaikka (A0746).
*Fig. 21. Quartz monzo-
diorite. Kallio intrusion.*
*Sample (A0746) for dating
was collected from this
rock.*
Haisuvuoma, 2731 08D. x
= 7477,50; y = 2527,00.
Kuva - photo Jyrki Ranta-
taro



sääntymisen myötä tonaliitti vaihettuu mafiseksi, varsin karkearakeiseksi ja suuntautuneeksi gabroluokan syväkiveksi, joka on osittain granaattipi-toista. Gabroissa tavataan pienirakeista amfiboliittia, joka on tulkittavissa autoliitiksi tai juoneksi. Gabroiin liittyy myös muutamia metrejä paksuja ultramafisia amfibolirikkaita kerroksia ja metamorfisia korona- ja symplek-tiittirakenteita.

Jalkapuolen (pohjoispuolen) kontaktia kohti esim. rei'issä R301 ja R302 gab-roidi muuntuu plagioklaasivaltaiseksi lähestyessä mineraalikoostumukseltaan leukogabroa ja jopa anortosiittia. Anortosiittiseen tyyppiin liittyy magnetiitti-ilmeniittipirotteisia kerroksia. Paikoin (R301-38.50-48.90) tavataan magnetiitti- ja ilmeniittirikkaita kerroksia, joita erottaa anortosiittisestä syväkivestä ohut amfibolisauma. Jalkapuolen kiillegneissin ja Ti-V-Fe-esiintymän väliin jää kar-sityyppinen raitainen ja usein magnetiittipitoinen amfiboliittikerros. Amfibo-liittia tavataan myös välikerroksena jalkapuolen gneississä. Amfiboliitti on mah-dollisesti alkuperältään mafinen vulkaniitti. Kyseessä voi olla kuitenkin intruusion kielekkeinen, deformatunut jäähtymissauma ympäristöä vasten.

Kortonlehdossa, n. 4 km itään Karhujupukasta on paikannettu Karhuvuoman intruusion ja jalkapuolen kiillegneissin kontakti montuttamalla ja kairaamalla (kuva 19). Kortonlehdon leikkaus sen eteläreunalta pohjoiseen alkaa suuntau-tuneella karkearakeisella sarvivälkegabrolla. Samoin kuin Karhujupukan tut-kimuskohteella, leukokraattiset kerrokset ja magnetiitti-ilmeniittikerrokset il-mestyvät syväkiveen jalkapuolen kontaktia lähestyttäessä. Leukokraattisissa kerroksissa esiintyy kookkaita granaattiporfyroblasteja. Kortonlehdon leikka-uksessa on havaittu viitteitä gabron primäärirakenteista, joita deformaatio ja metamorfoosi eivät ole täysin tuhonneet; suuntautumattomat, pääosin vieras-muotoiset plagioklaasiliistakkeet (jopa 3 cm) erottuvat sarvivälke-titaniittimas-sassa (R321 76.10-78.00, 84.20-87.00). Metamorfoosissa plagioklaasiliistak-keet ovat kuitenkin täydellisesti granuloituneet ja toisaalta sarvivälke-titaniit-timassa on osaksi syrjäyttänyt plagioklaasia tehden rakenteesta verkostomais-ta. Deformaation vaikutus näkyy vähittäisenä: magmaattinen järjestäytymätön ja mahdollinen virtausrakenne muuttuu vähitellen vahvaksi suuntaukseksi. Kortonlehdossa intruusion jalkapuolen kontakti on periaatteessa samankaltai-nen kuin Karhujupukan leikkauksessa: Ti-V-Fe-esiintymää erottavat gneissi-patjasta amfiboliittikerrokset. Leukogabroa tavataan myös gneissipatjassa ehkä intrusiivisena kielekkeenä (R317 66.20-70.40). Paikallisissa lohcareissa (ks. kuva 20) ovat mielenkiintoisena piirteinä mafis - ultramafiset sulkeumat, ehkä autoliitit. Graniitti- ja pegmatiittijuonet ovat tyypillisiä koko leikkauksessa.

Karhuvuoman intruusion primääripiirteet, kuten magmaattinen tekstuuri ovat hämärtyneet mm. plagioklaasin granuloituessa ja mafisten mineraalien uralliit-tiutuessa. Sarvivälkepitoisuudet ilmentänevät primäärien silikaattien, lähinnä pyrokseenien ja/tai oliviinin määriä kivessä. Karhuvuoman intruusion kerrok-sellinen rakenne viittaa magmasäiliössä tapahtuneeseen fraktioitumiseen. Jal-kaapuolen Ti-V-Fe- ja leukogabrokerrokset ovat ilmeisesti kiteytyneet intruusi-on yläosassa, joten linssimäiseksi deformatunut intruusio on tulkittavissa yli-kaatuneeksi.

Hävityskuusikon ja Sainlaen intruusiot

Hävityskuusikon ja Sainlaen vaatimattomankokoiset intruusiot ovat geofysikaalisilta ominaisuuksiltaan ja mineralogiselta koostumukseltaan samankaltaisia. Intruusiot ovat pääosin ultramafisia. Intruusiot ovat metamorfoituneet lähinnä amfiboli-pyrokseenikiviksi. Amfiboli on väritöntä ja pyrokseeni on pääosin ortopyrokseenia. Intruusioissa on myös mafisia osia. Ne ovat metamorfoituneet epidooti-kloriittikiviksi. Niissä on paikoin jäljellä plagioklaasia. Intruusioita leikkaavat lukuisat paksut graniitti- ja pegmatiittijuonet. Intruusioista puuttuvat Ti-V-Fe-esiintymät, vaikka magneettiset ja painovoima-anomaliat antoivat odottaa esiintymiä näistäkin intruusioista (Karvinen henk. tiedonanto 1988, vrt. Turunen 1992).

Hävityskuusikon ja Sainlaen intruusioiden geneettinen yhteys keskenään ja lisäksi Karhuvuoman intruusioon on kirjoittajan mielestä mahdollista. Karhuvuoman intruusiosta Korttonlehdosta löydetty ultramafiset sulkeumat ovat ehkä viitteitä komagmaattisuudesta. Mahdollisesti Sainlaen ja Hävityskuusikon intruusiot ovatkin deformaatiossa irtileikkautuneita osia kookkaammasta Karhuvuoman intruusiosta.

Haaparannan sviitin syväkivet

Haaparannan sviitin syväkivistä merkittävimmät Kolarin ja Kurtakon alueilla ovat Lakkavaaran, Jalokosken ja Kallon intruusiot. Lakkavaaran ja Kallon granitoidi-intruusiot ovat saaneet modaalikoozumusta luonnehtivan kenttänimen "montsoniitti". Jalokosken intruusio on koostumukseltaan gabroidinen. Jalokosken ja Lakkavaaran intruusiot liittyvät Muonion-Kihlangin alueen KMD-seurueeseen (Lehtonen 1988). Lehtosen mukaan KMD-seurue edustaa kogeneettistä magmaattista sarjaa. Sviitin syväkivet ovat synorogeenisen luonteensa mukaisesti suuntautuneita kiviä ja niiden kontaktit sivukiviin nähden ovat konformit.

Granitoidit

Lakkavaaran ja Kallon intruusioiden mittasuhteet kartoilla perustuvat pääosin geofysikaalisiin karttoihin. Tosin Lakkavaaran intruusio on merkittävästi paljastunutkin. Kallon ja Lakkavaaran intruusioissa on havaittu differentioitumista siten, että niiden reunaosat ovat emäksisemmät kuin keskus. Ominainen piirre on intermediääriset tai mafiset sulkeumat, jotka on tulkittu autoliiteiksi tai restiiteiksi eli intruusioon geneettisesti liittyviksi sulkeumiksi (Lehtonen 1988, Rantataro 1988). Kolarin alueen kartan lounaiskulmaukseen (2713 07) ja pohjoisosaan (2713 09) on merkitty lisäksi joitakin pienempialaisia granitoideja. Havaintoaineisto näistä granitoideista on vähäinen, joten karttakuva niistä ei ole kovin luotettava.

Lakkavaaran kvartsimontsoniittinen intruusio on varsin hyvin paljastunut laajoina kallioina ja rakkoina. Tälle intruusiolle on ominaista ruskeanpunertava värisävy. Leikkaavat pegmatiittijuonet ovat yleisiä. Suuntaus erottuu etenkin tappimaisten sarvivälkerakeiden ansiosta. Tekstuuri on hypidiomorfinen tai blastohypidiomorfinen ja hieman ruhjeinen. Intruusio on raekooltaan kes-

ki-karkearakeista. Mineraalikoostumukseltaan se on maasälpävaltainen. Pistelaskujen perusteella on saatu kvartsimontsoniittisia, kvartsimontsodioriittisia, montsodioriittisia, kvartsidioriittisia ja granodioriittisia modaalikoostumuksia (IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks 1973). Plagioklaasin ja kali-maasälvän määräsuhteet vaihtelevat, mutta plagioklaasia on aina selvästi enemmän. Lähes säännöllisesti esiintyy sarvivälkettä ja biotiittia. Kvartsia on aina jossain määrin. Klinopyrokseenia on havaittu melko usein. Aksessorisista mineraaleista tyypillisiä ovat apatiitti, titaniitti, magnetiitti ja zirkoni. Sekä raekoko että mineraalikoostumus voivat vaihdella huomattavasti jopa pienellä alalla.

Lakkavaaran intruusion kontaktivyöhykettä Rautuvaaran muodostumaan on tutkittu kairauksin, ja siinä on havaittu eräitä säännönmukaisuuksia. Noin 30 - 100 m paksu kontaktivyöhyke on dioriittinen. Maasälpä on lähes yksinomaan plagioklaasia. Dioriittisen kiven koostumus muuntuu mafisemmaksi kohti Rautuvaaran muodostumaa. Muodostuman ja dioriittisen magman välillä on tapahtunut metasomaattisia reaktioita, jotka olivat tärkeitä myös malminmuodostuksessa (Hiltunen 1982).

Kallon intruusion reunaosat ovat emäksisemmät kuin keskusta (Rantataro 1988). Lisäksi itäosassa (Lehtovaara, 2731 09, 12) on emäksisempiä osia. Hallitseva tyyppi sisäosissa on kvartsimontsodioriittinen, jolle on ominaista rapautumispinnalla hyvin erottuvat sarvivälke- ja plagioklaasirakeet (kuva 21). Apatiitti, epidootti, allaniitti, zirkoni ja titaniitti ovat tyypillisiä aksessorisia mineraaleja. Kallon intruusion kontaktivyöhykkeessä liuskeita vasten Mäntyvaarassa (2731 08) ja Haisujupukassa (2731 08) intruusio on tonaliittinen, mutta se muuntuu nopeasti kvartsimontsodioriittiseksi. Rantataron (1988) mukaan Kallon intruusion tunkeutuminen on tapahtunut useassa vaiheessa. Varhaisimmassa vaiheessa syntyi mafisia juonikivilajeja ja autoliitteja muodostanut sula, joka jähmettyi intruusion päävaiheen tunkeutuessa. Viimeisessä vaiheessa ovat jäännössulista muodostuneet ympäristöä leikkaavat vaaleat kvartsimontsoniitit, joita tavataan mm. Poro-Heikinpalossa (2731 12). Tätä tyyppiä edustavat ehkä myös montsograniitiksi määritetyt osat Kallon intruusion luoteisosassa (2731 03, 06).

Gabrot ja dioriitit

Jalokosken gabron ohella gabroja ovat Kolarin alueen lounaiskulmauksen (2713 07) syväkivet. Jalokosken gabrosta tunnetaan useita paljastumia Muonionjoessa. Jalokosken gabron kontaktit on piirretty geofysikaalisten karttojen perusteella. Tiedot lounaiskulmauksen gabroista ovat vähäisiä, ja ne on piirretty geofysikaalisten anomalioiden perusteella. Kolarin kylän kohdalle merkitty gabro perustuu paljastumaan joessa. Gabrointruusioihin liittyy myös epämääräisiä dioriittisia osuuksia, joita ei ole merkitty geologiselle kartalle. Sen sijaan Lakkavaaran intruusion kaakkoiskontaktiin liittyvä dioriitti on merkitty epäyhtenäisenä Rautuvaaran eteläpuolelta (2713 12) Juvakaisenmaalle ja edelleen Muonionjokeen saakka.

Jalokosken intruusion koostumus vaihtelee lähes ultramafisesta interme-

diääriseen. Kaalamakosken paljastumissa (2714 04), Kolarin alueen pohjoispuolella, on todettu oliviinigabroa (Lindroos & Henkel 1981). Kolarin alueella todettu modaalinen koostumus vaihtelee leukogabrosta dioriittiin ja leukomontsodioriittiin ja raekoko keskirakeisesta karkeaan. Päämineraalit ovat plagioklaasi, amfiboli, klino- ja ortopyrokseeni ja biotiitti. Satunnaisesti tavataan kvartssia ja kalimaasälpää. Amfiboli on syntynyt uraliittitumalla pyrokseenista ja väriltään yleensä sinivihreää. Skapoliitti on yleinen plagioklaasin muuttumistuote. Magnetiitti, ilmeniitti, apatiitti ja zirkoni ovat yleisimmät aksessoriset mineraalit. Magnetiittirikasteesta on määritetty tavanomaista suurempia Ti- ja V-pitoisuuksia (Hiltunen 1982, s. 45). Rikkiä on myös havaittu. Gabron keskuksen tekstuuri vaihtelee hypidiomorfisesta blastohypidiomorfiseen. Intruusion kaakkoisessa kontaktivyöhykkeessä, Aareakosken rantapaljastumissa, gabro on vahvasti liuskeista ja ilmeisesti graniittitunutta kalimaasälpä- ja kvartsipitoisuudesta päätellen. Intruusion keskiosista leukomontsodioriitista tehty zirkoni-ikämääritys antaa tulokseksi 1871 ± 4 Ma.

Lakkavaaran intruusioon liittyvä dioriitti on piirretty kartalle lähinnä Rautaruukki Oy:n kairauksiin perustuen. Muutamia rakkoja ja paljastumia tunnetaan Rautuvaaran muodostuman kontaktin tuntumassa Juvakaisenmaan-Erihnäistenmaan alueella Rautuvaaran radan varressa ja Paloselkään vievän tien varressa (2713 12). Dioriitti on vahvasti liuskeinen. Se on modaali-koostumukseltaan lähinnä montsodioriittia. Päämineraalit ovat plagioklaasi (An 20-30), sarvivälke, biotiitti ja kalimaasälpä. Kvartssia voi esiintyä vähäisiä määriä. Aksessorisina mineraaleina on havaittu apatiittia, titaniittia ja magnetiittia.

Graniitit ja pegmatiitit

Graniitit ja pegmatiitit ovat yleisiä sekä Kolarin että Kurtakon alueilla. Ne esiintyvät yleensä suonina ja juonina, joita symboloivat punaiset "liekit" kartoilla. Joitakin erillisiä intruusioita on myös merkitty geologisille kartoille.

Lakkavaaran intruusion lounaiskontaktiin (2713 09, 12) liittyy punertavaa, suuntautunutta, osittain pegmatiittista graniittia, jonka suhde intruusioon on kuitenkin epäselvä; mahdollisesti se onkin Kihlangin graniitin tyyppistä myöhäisorogeenista graniittia. Äkäsjokisuun kalkkikiveä leikkaava huomattava pegmatiittijuoni saattaa olla samaa graniittia. Myöhäisorogeeniseen vaiheeseen liittyy korkea metamorfoosiaste ja alkava anateksis, joka ilmenee mm. vaihtelevina graniittitumaisilmiöinä kuten pegmatiittisilmäkkeinä ja juonekkeina. Varsinainen migmatiittituuminen kuitenkin puuttuu Kolarin alueelta ja Kurtakon alueen pohjoisosasta.

Graniittiset suonet ja juonet ovat varsin yleisiä Kurtakon alueella muualakin kuin Venejärven kompleksissa. Ison Kelhun ylittävän tien ja Kelhujupakan tien varteen sattuu huomattavia punertavan homogeenisen ja suuntautumattoman graniitin rakkoja, joiden perusteella on kartalle merkitty intruusioidet. Paikoin näissä graniiteissa on havaittavissa myös migmatiittisia sulkeumia. Yleensä Kurtakon alueen graniitti-intruusioidet on piirretty suhteel-

lisen harvojen paljastumien perusteella, joten osa voi osoittautua yksityiskohtaisemmissa tutkimuksissa juoniksi tai pieniksi osueiksi.

Migmatiitit

Venejärven kompleksin migmatiitit ovat vallitsevia Kurtakon alueen eteläosassa ja Kolarin alueen kaakkoiskulmauksessa. Migmatiitit esiintyvät vaihtelevina rakennetyypeinä, joita on pyritty erottamaan myös Kurtakon geologiselle kartalle erilaisin päällemerkinnöin. Migmatiittien vaalean sininen pohjaväri viittaa kiillegneisiin, joka on arvioitu yleisimmäksi paleosomiksi. Myös arkoosigneissi- ja amfiboliittivälikerroksia ja -jäänteitä on havaittu. Sedimenttirakenteita ei ole havaittu, mutta yleinen raitaisuus voi olla kerroksellisuudesta johtuvaa.

Selkeät migmatiittityypit ovat harvinaisia (ks. Mehnert 1971). Migmatiitit ovat vielä lisäksi yleensä poimuttuneita. Yleisin tyyppi on lähinnä suonigneissii eli phlebiittistä rakennetta, jossa graniittiset neosomijuonekkeet ovat konformeja. Kartalle on rajattu myös nebuliittista eli haamumaista migmatiittia, jossa paleosomi- ja neosomiaineksia on yleensä mahdotonta erottaa toisistaan ja kivi muistuttaa suuntautunutta granitoidia (kuva 7). Nebuliittisten migmatiittien vyöhyke on erotettu Karhujupukan-Ison Kelhun-Ruostevaaran alueelle (2731 04, 07) karkeasti ottaen suonigneissivyöhykkeen keskelle. Kirjallisuuden perusteella migmatisaatio on yleensäkin intensiivisintä migmatiittimassivien sisäosissa (vrt. Mehnert 1971). Esim. Karhujupukan migmatiitti on pääosin tiheäraitaista nebuliittista migmatiittia, joka sisältää biotiittirikkaita melanosomeja ja paleosomijäänteitä. Jäänteiden perusteella metasedimenttien koostumus on vaihdellut epäpuhtaasta kvartsiittista arkoosigneisiin ja sillimaniittipitoiseen kiillegneisiin. Joitakin havaintoja on myös ohuista amfiboliittivälikerroksista. Neosomi on graniittia tai granitoidia, jossa on yleisesti magnetiittipirotetta.

Migmatiittien ja graniitti-intruusioiden ikäsuhde ei ole aivan selkeä. Ilmeisesti migmatiittituumien on varhaisempi vaihe. Tähän viittaavat migmatiitteja yleisesti leikkaavat graniittiset juonet ja migmatiittiset sulkeumat em. suuntautumattomissa graniiteissa. Alustava arvio Sm-Nd-analyysin perusteella on, että migmatisaatio on proterotsooinen (Huhma 1992, tiedonanto).

JUONET

Kolarin ja Kurtakon alueilla on havaittu koostumukseltaan ja iältään monenlaisia juonia. Huomattavimmat juonikivet ovat mafisia ja ne liittyvät lähinnä vulkaaniteihin sekä Kolarin että Kurtakon alueilla. Havaintoja on myös huomattavista felsistä ja ultramafisista juonista.

Mafiset ja ultramafiset juonet

Juonikivistä merkittävimpiä ovat mafiset juonet, diabaasit. Ne on merkitty kartalle pitkänomaisten positiivisten magneettisten anomalioiden perusteella, sillä paljastu-



Kuva 22. Diabaasia. Kolikko 2.5 cm. Tieleikkaus, n. 4.5 km Kolarista pohjoiseen.

Fig. 22. Diabase. Diameter of coin 2.5 cm. Road cut, ca. 4.5 km north of Kolari.

2713 11B. x = 7478,1; y = 2491,9. Kuva - photo Jukka Väänänen

mat ovat Siukovaaran-Halingonjärven (2713 11) aluetta lukuunottamatta harvinaisia (kuva 22). Tällä tavalla ei kuitenkaan kyetä varmuudella erottamaan diabaaseja gabroista. Osa tumman ruskealla kartoille merkityistä intrusiivisista kivistä vulkaniittienkin yhteydessä voi olla gabroja. Tummanruskealla on merkitty myös Haisujupukassa (2731 08) Kallon montsoniitin kontaktissa oleva tumma kvartsi-dioriittijuoni (Rantataro 1988). Diabaasit ovat metamorfoituneet massamaisiksi amfiboliiteiksi.

Siukovaaran-Halingonjärven itä-läntiset diabaasit ovat hyvin esillä kahdessa valtatie kalliroleikkauksessa Siukovaaran itäpuolella (Väänänen 1989, s. 19). Huomattavimmat niistä ovat differentioituneet. Niiden pohjoisreunat ovat suhteellisen karkearakeiset (3-5 mm) ja ne koostuvat pääosin sarvivälkkeestä, plagioklaasista (An_{20-25}), klinopyrokseenista, kvartsista ja magnetiitista. Titaniitti ja apatiitti ovat tyypillisimmät aksessoriset mineraalit. Pohjoisreunat on tulkittu juonien yläosiksi. Eteläreunaa kohti klinopyrokseeni vähenee, sarvivälkkeen ja plagioklaasin (n. An_{40}) määrä kasvaa sekä kvartsin ja magnetiitin osuus vähenee aksessoriseksi. Näiden pääpiirteiden ohella näissä juonissa on raitaisuutena ilmenevää kerroksellisuutta. Juonet ovat useita kilometrejä pitkiä ja muutamia satoja metrejä paksuja. Ne ovat tunkeutuneet vulkaniittipatjaan konformisti ja käyneet läpi samat deformaatiovaiheet kuin vulkaniittitkin. Paksuimmasta diabaasista tehty ikämääritys antoi 2027 ± 33 Ma (Hiltunen 1982).

Ultramafisista juonikivistä on havaintoja Kurtakon alueelta. Hornblendiittisiä juonia on havaittu Perälaessa ja Hirvasselän länsiosassa, metsäteiden riste-

yksessä (2731 07). Risteyksen juoni on merkitty kartalle. Tämä n. 10 m paksu hornblendiittijuoni on tumma ja varsin karkearakeinen. Se koostuu nimensä mukaisesti pääosin sarvivälkkeestä, jossa on hieman klinopyrokseenia. Aksessorisina mineraaleina on magnetiittia ja titaniittia. Juoni on intrudoitunut konformisti metasedimentteihin ja deformatunut päädeformaatiovaiheissa. Ultramafisista juonista on havaintoja myös Kaukosen eteläpuolelta Takamaasta (2731 12), Kittilän valtatiehen länsipuolelta. Arviolta useita metrejä paksu massamainen juonikivi on tunkeutunut kiillegneissihin konformisti. Se koostuu pääosin amfibolista ja serpentiinistä. Magnetiittia on myös varsin runsaasti. Oliiviinia on jäljellä amfiboli-serpentiinimassassa.

Kurtakon alueella on havaittu alkuperältään tulkinnanvaraisia granaattiamfiboliittisulkeumia migmatiiteissa ja kiillegneisseissä. Ne ovat vaihtelevan kokoisia ja rakenteeltaan massamaisia. Edustavin esimerkki näistä sulkeumista on Isosta Palosta (2731 01). Granaattiamfiboliittisulkeumat ovat täällä vaakaleikkaukseltaan useita neliömetrejä. Ne ovat pyöreähköjä ja sisältävät silminnähten runsaasti granaattia. Sulkeumat ovat migmatiitissa jononaisesti ja tulkittavissa katkeilleeksi juoneksi. Huomattavasti pienempiä granaattiamfiboliittisulkeumia on havaittu Sainlaesta (2731 08).

Felsiset ja intermediääriset juonet

Graniittiset juonet ovat hyvin yleisiä Kolarin ja Kurtakon alueilla. Vain huomattavia felsisiä juonia on merkitty kartoille.

Äkäsjokisuun kalkkikiveä leikkavat n. koillis-lounaissuuntaiset graniittiset pegmatiittijuonet on merkitty Kolarin kartalle pegmatiittijuonen symbolilla. Nämä juonet on havaittu lohkarajonoina kalkkikivialueella (Mukankangas, 2713 09). Haisujupukassa on havaittu merkittävä konformi granodioriittijuoni (Rantataro 1988). Tämä n. 700 m pitkä ja useita metrejä paksu juoni on merkitty Kurtakon kartalle. Kurtakon kartalle on merkitty myös Lainionjoen vulkaniittia leikkaava granitoidijuoni. Tämä ehkä Kallon intruusioon liittyvä juonikivi havaittiin Lainiojoen varressa paljastumassa n. 1.5 km Kaukosen-Kurtakon tieltä etelään (2731 09). Noin 5 m paksu leikkaava, koillis-lounaissuuntainen graniittijuoni leikkaa suoraviivaisesti em. deformatunutta Hirvasselän hornblendiittijuonta. Intermediäärisistä juonikivistä on havaintoja Otusmaasta (2731 07). Joitakin tai muutamia kymmeniä senttimetrejä paksut juonet leikkaavat täällä vulkaanisia kivilajeja (kuva 23).

RAKENNE JA METAMORFOOSI

Kolarin ja Kurtakon alueiden rakennegeologiset ja metamorfiset pääpiirteet hahmottuivat kallioperäkartoituksissa jo 1900-luvun alkuvuosikymmenillä (E. Mikkola 1936, 1937, 1941). E. Mikkolan kuvaukset ns. Länsi-Lapin sillimaaniittigneisseistä luonnehtivat hyvin Kolarin ja Kurtakon alueiden pääosin varsin korkeata metamorfoosiastetta. 1950- ja etenkin 1970- ja 1980-luvulla kart-

ta-alueilla ja lähiympäristössä tehtiin yksityiskohtaisempia rakennegeologisia ja metamorfisia tutkimuksia, joihin perustuen Kolarin ja Kurtakon kallioperän duktiilit rakenteet ovat kehittyneet monivaiheissa deformaatioissa ja metamorfoosissa pääosin amfiboliittifasieksen oloissa (Lackschewitz 1957, Hiltunen & Tontti 1976, Kuivasaari 1980, Väänänen 1982, Koistinen ja Virransalo 1985, 1986, Koistinen 1986, Virransalo 1987).

Kolarin ja Kurtakon alueiden yhteys koko Keski-Lapin liuskealueen rakennesysteemiin alkoi hahmottua etenkin Pohjoiskalottiprojektin myötä (ks. Geological Map, Northern Fennoscandia, 1:1 000 000. 1987; Metamorphic, Structural and Isotopic Age Map, Northern Fennoscandia, 1:1 000 000. 1988., vrt. myös Koistinen 1986, Gaál et al. 1989). Nykyään Kolarin ja Kurtakon alueen duktiilien rakenteiden kehitys ja metamorfoosi liitetään kompressionaaliseen svekokarelidiseen deformaatioon. Koillis-lounaisesta pohjois-eteläiseen vaihdellut pääpuristus purkautui n. pohjois-eteläsuuntaisiin hiertovyöhykkeisiin (Ward ym. 1989, Kärki ym. 1993). Kolarin ja Kurtakon alueet liittyvät ns. Pajalan hiertovyöhykkeeseen. Duktiileja rakenteita leikkaa huomattavasti nuorempi, hauraassa kentässä tapahtunut pääosin luoteis-kaakkosuuntainen siirrostus (kuva 2), joka on ilmeisesti edelleen aktiivinen (ks. Kuivamäki 1986, Veriö ym. 1993).

Rakenteet

Kolarin ja Kurtakon alueiden kallioperää luonnehtii koillis-lounaissuuntainen poimutus, ylityönnöt ja siirrostus, joka lohkaa antiformali-synformirakenteita. Liuskeisuuden kulku on yleensä koillis-lounaissuuntainen ja lineaation kaade loivasti lounaaseen. Iso Pirttivaaran-Kurtakon siirrosvyöhykkeen kaakkoispuolella selkeät koillis-lounaissuuntaiset rakenteet osittain häiriintyvät; ne kiertyvät Kallon intruusion ympärille. Kaikkia koillis-lounaissuuntaisia suurrakenteita leikkaavat n. luoteis-kaakkoissuuntaiset siirrokset.

Hiltusen ja Tontin (1976) mukaan Kolarin alueen vallitsevat antiformali-synformirakenteet (F_1 , F_2) ovat syntyneet ns. päädeformaatiovaiheen luode-kaakkoissuuntaisessa puristuksessa. Koistisen (1986) tulkinnan mukaan Kolarin vallitsevat rakenteet ovat D_2 -vaiheen F_2 -poimuja ja niiden akselitasoja myötäilevää kiilalohkoutumista. Nämä peittävät tehokkaasti varhaisempia rakennepiirteitä (D_1). Toisaalta nuoremmat vaiheet (D_3 , D_4 , D_5) erottuvat heikosti. Metamorfisten porfyroblastien kasvun on kuitenkin todettu alkaneen jo staattisessa D_{1c} -vaiheessa (Koistinen ja Virransalo 1985) ja jatkuneen D_2 :n aikana. D_{1c} -vaihetta luonnehtii suuntautumaton metamorfisten porfyroblastien kasvu, josta yli kerrosrajojen. D_2 -vaiheeseen liittyy puolestaan metamorfisten mineraalien vahva lineaatio. D_2 on Koistisen ja Virransalon mukaan ensimmäinen vaihe, jossa poimutukseen liittyy selvä akselitasoliuskeisuus (S_2). D_2 :n lineaatio ja liuskeisuus vallitsevat kaikissa litostratigrafisissa yksiköissä, diabaaseissa ja Haaparannan sviitin syväkivissä. D_2 :n lineaatio on kehittynyt erityisen hyvin Lakkavaaran intruusioon.

Yleensä kerroksellisuus (S_0/S_1) ja S_2 ovat paljastumilla samansuuntaisia



Kuva 23. Tuffiittia leikkaa harmaa, intermediäärinen juoni ja graniittinen juoni (kuvan alaosa). Teuravuoman muodostuman stratigrafinen vastine. Tunnuslevy 12 cm.
Fig. 23. Tuffite cut by a grey intermediate dyke and a younger granite dyke (lower part of figure). A correlative unit of the Teuravuoma Formation. Tag 12 cm.
Takanen Otusmaa, 2731 07C. x = 7460,8; y = 2525,1. Kuva - photo Jukka Väänänen



Kuva 24. $D_{n+1}(D_2?)$ - poimutusta Venejärven kompleksin migmatiitissa. Tunnuslevy 16 cm.
Fig. 24. $D_{n+1}(D_2?)$ folding in migmatite of the Venejärvi Complex. Tag 16 cm.
Iso Palo, 2731 01A. x = 7461,6; y = 2504,8. Kuva - photo Jukka Välimaa.

ja toisaalta poimurakenteet melko harvinaisia. Porfyroblastien kasvu ja F_2 -akselitasoliuskeisuus ovat tarkasteltavissa mm. Kolarin kaatopaikan leikkauksen (2713 11) tuffiittisissa amfiboliiteissa ja diabaaseissa. Akselitasoliuskeisuuteen liittyy selvä ja voimakas amfiboliporfyroblastien D_2 -lineaatio. Varhaisempi D_{1c} -amfiboli on sen sijaan kasvanut staattisesti ilman suuntausta paikoin yli kerrosrajojen. Äkäsjoen kalkkikivessä, Muonionjoen rannassa, on nähtävissä D_2 -vaiheen tyypillisiä, kerroksellisuutta deformaivia F_2 -poimurakenteita. F_2 -poimut ovat slip-fold-tyyppisiä; akselitasoliuskeisuus selvästi leikkaa poimun päätä. Lisäksi kalkkikiveen on rekisteröitynyt vaatimattomampia, D_2 -rakenteita deformaivia rakenteita (F_3). F_2 -poimuja on löydetty myös esim. Niesaselän sillimaniittikyhmäisistä arkoosigneisseistä (2731 01). Poimuakselin suunnassa on sillimaniitin metamorfinen lineaatio. Havainnollinen $S_0(S_1)/S_2$ -leikkaus, jossa on esillä myös S_2 :a rypyttävä krenulaatio (S_3), on nähtävissä Tapojoella (2714 07), hieman kartta-alueiden ulkopuolella, kerrallisessa andalusiittikiilleliuskeessa (Väänänen 1982, kuva 5).

Lakkavaaran intruusion malmigeologisesti merkittävä itäkontakti on loivasti luoteeseen kaatuva ylityöntöpinta (ks. Hiltunen ja Tontti 1976, Hiltunen 1982, vrt. Koistinen 1986). Koistinen (1986) arvioi tämän Hannukaisen-Ristimellan ylityönnön myöhäis- D_2 -vaiheeseen kuuluvaksi. Vastaavanlaisia ylityöntöpintoja voi olla muitakin, mutta ne ovat peittyneet myöhäisemmän siirrotuksen alle. Mm. jyrkkäkaateinen Äkäsjoen siirros kuuluu myöhäisempään siirrostusvaiheeseen ja leikkaa em. Hannukaisen-Ristimellan ylityöntöpintaa. Äkäsjoen siirrokseen liittyvää myloniittia on Lakkavaaran intruusiassa Suuvaarassa (2713 12). Tämä myloniitti on merkitty Kolarin geologiseen karttaan. Hiltunen ja Tontti (1976) luonnehtivat tätä leikkaavaa siirrosta syvälle ulottuvaksi fraktuuriiksi, joka oli toiminut toistuvasti Kolarin alueen rakenteiden kehittyessä. Koistisen (1986) mukaan siirros kuuluu ns. Kolarin-Suasselän fraktuuriin, joka leikkaa Kittilän alueella Kumpu-muodostumaa ja olisi siten suhteellisen nuori. Vastaavanlaisia siirrosvyöhykkeitä on kehittynyt useita; mm. Rautuvaaran ja Lakkavaaran sekä Niesaselän ja Juurakkojärven kaakkoispuolelle. Äkäsjoen siirrokseen lienee rinnastettavissa myös Iso Pirttivaaran-Kurtakon fraktuuri. Teuravuoman muodostuman kloriittiluiskevyöhykkeet Pissilehdossa (2731 oletettavasti liittyvät tähän siirrosvyöhykkeeseen. Kattilanmaan (2731 02) syväkairauksissa havaittu poikkeuksellisen paksu maapeite (yli 30 m) johtunee siirrosvyöhykkeen ympäristöä heikommasta kulutuskestävyydestä.

Iso Pirttivaaran-Kurtakon siirrokseen kaakkoispuolen eli käytännössä Kurtakon alueen deformaation tarkastelu perustuu lähinnä Venejärven kompleksista Isossa Palossa (2731 01) ja Hirvasselän alueen (2731 04, 07) stratigrafisista yksiköistä tulkittuun rakennekehitykseen. Kolarin ja Kurtakon alueiden tietyt suurrakenteet ovat luonnollisesti yhteisiä molemmille alueille. Alustavissa paljastumahavaintoihin perustuvissa tulkinnoissa on havaittu myös samankaltaiset päädeformaatiovaiheen rakenteet. Yksityiskohtainen deformaatiovaiheittain tehtävä rinnastus ei kuitenkaan ole ongelmaton. Lisäksi otettava huomioon se

mahdollisuus, että kompleksiin sisältyy mahdollisesti arkeisia kiviä ja jäljellä on myös arkeisia rakenteita (vrt. Virransalo 1987).

Hirvasselän stratigrafisista yksiköistä tulkitut rakenteet ovat pääpiirteissään seuraavat:

D₁, D₂) Päädeformaatiovaiheen varhaisimpina rakenteina erottuvat kerroksellisuus/raitaisuus (S₀) ja sen päälle kehittynyt vallitseva metamorfinen liuskeisuus (S₁), budinoitumista ja harvinaisia tiukkoja isokliinisiä pienoispoimuja (F₁). S₀ ja S₁ ovat erottettavissa vain F₁-poimujen päissä. Anatektista graniitti-neosomia (migmatiittiutumista) on mm. budinaasien paineminimeissä. Näiden rakenteiden päälle ovat kehittyneet D₂:n voimakkaat rakenteet. Ne ilmenevät yleensä varsin tiukkana poimutuksena (F₂) ja lineaationa. F₂:n akselitasoliuskeisuus S₂ on kohtalaisesti kehittynyt. Loiva-akseliset F₂-poimut ovat vaihtelevissa asennoissa myöhemmästä deformaatiosta johtuen ja poiketen suunnaltaan itä-läntisen molemmin puolin. Harvinaiset, osaksi konformit ja osaksi vinoasti S₁:a leikkaavat intermediääriset juonet ovat poimuttuneet F₂:n mukaan, ja niissä on D₂-lineaatio ja -liuskeisuus.

D₃, D₄, D₅) D₃ vaihe on pääteltävissä epäsäännöllisesti kehittyneinä, terävinä tai avoimina, pystytköinä poimuina (F₃) tai taipumisena, krenulaationa, sekä neosomijuonekkeina F₃:n heikosti kehittyneillä akselitasoliuskeisuuspinnoilla. Osa juonista on pegmatoideja. Nuorimmat deformaatiovaiheet ilmenevät leikkaavina graniittisina rakojuonina ja intrusioina (D₄) ja rakoiluna (D₅).

Isosta Palosta tulkitut rakenteet pääpiirteissään Virransalon (1987) mukaan ovat seuraavat:

D_n, D_{n+1}) Ison Palon migmatiittia leimaavat loivat tai vaa'at rakenteet. Mahdollisesti vanhimman deformaatiovaiheen D_n (D₁ ?) rakenteena erottuu metamorfinen raitaisuus, joka aiheutuu graniittisen neosomiaineksen ja biotiittirikkaan restiittiaineksen vaihtelusta. Raitaisuuden suunnassa on nähtävissä voimakas, lähes vaaka liuskeisuus S_n (S₁ ?) sekä isokliininen pienoispoimutus F_n (F₁ ?) tai budinoituminen. Primääripiirteet, kuten kerroksellisuus puuttuvat. Voimakkain deformaatiovaihe D_{n+1} (D₂ ?) puolestaan ilmenee makaavana, akseliltaan suunnilleen pohjois-eteläisenä tiukkana poimutuksena F_{n+1} (F₂ ?), joka poimuttaa em. tasoa S_n (kuva 24). F_{n+1}-poimutukseen liittyy myös vahva läpikotainen lineaatio ja akselitasoon graniittista neosomia.

D_{n+2}, D_{n+3}) Paljastumilla on havaittavissa myös vaatimattomampia, nuorempia rakennepiirteitä, mm. raitaisuuden akselitasoltaan pysty, n. luoteis-kaakoinen avoin poimutus ja leikkaavia graniittijuonia sekä rakoilua.

Rinnastamalla Hirvasselän ja Ison Palon päädeformaatiovaiheet (D₁- D₂ ja D_n- D_{n+1}) ja myöhäisemmät vaiheet on saatu seuraava alustava Kurtakon alueen rakennekehitystulkinta:

päädeformaatio tapahtui jatkuvana kompressionaalisena prosessina, johon liittyi korkean metamorfoosiasteen anatektisten sulien synty. Ison Palon poimutuksen perusteella voidaan päätellä, että päädeformaatio tapahtui suunnilleen itä-läntisen puristuksen alaisena. Poimutus tapahtui tässä kehitysvaiheessa lä-

hes vaa'an akselin mukaan. Vahva D_2 -lineaatio ja makaavat rakenteet yleensä johtuvat mahdollisesti poimutukseen liittyvästä pohjois-eteläisestä duktiilista liukumasta (ductile flow). Migmatiitti on voinut toimia tässä vaiheessa merkittävänä liukupintana. D_2 -vaiheessa avautui myös magmakanavia mm. Hirvasselän intermediäärisille juonille. Juonet kuuluvat ehkä Haaparannan sviitin ikäiseen magmatismiin. Mahdollisesti jo D_2 :n loppupuolella alkoi deformaatiotyyli muuttua ja jännityskenttä vaihtui. Pääjännityksen suunta muuttui suunnilleen pohjois-eteläiseksi ja ehkä lopulta lähes vertikaaliksi. D_1 - D_2 -vaiheen makaavat rakenteet puristuivat vaihteleviin asentoihin. Nämä rakenteet erottuvat itä-läntisinä katkeilleina kaarimaisina piirteinä nykyisellä eroosiotasolla Hirvasselän ympäristössä. Mm. Karhuvuoman jyrkkäasentoinen intruusiolaatta edustaa näitä makroskaalan rakenteita. Kallon intruusio on toiminut ehkä eräänlaisena passiivisena törmäysalustana poimujen kasautuessa sitä vasten. Itse intruusio on deformoitunut vain lievästi (vrt. Rantataro 1988). D_3 :n rakenteet merkitsevät ratkaisevaa muutosta orogeenisessä kehityksessä; plastinen poimutus alkoi muuttua hauraan kentän rakenteiksi (D_4 , D_5). Avautuneisiin kanaviin intrudoitunut graniitti ei ollut enää välttämättä anatektista in situ. Iso Pirtti-vaaran-Kurtakon fraktuuri on osa merkittävää suurtektonista rakennetta, joka kehittyi tai uudelleenaktivoitui tässä vaiheessa. Rakoilu ilmentää lopulta ehkä jo luoteis-kaakkoissuuntaisiin siirroksiin liittyviä liikuntoja.

Ison Palon keskeisten paljastumien ulkopuolelta on havaittu yksittäinen akseliltaan lähes itä-läntinen slip-rakenteinen poimu (F_{n+2} ?), joka poimuttaa puolestaan tiukkaa poimua (F_{n+1} ?). Slip-rakenteisena poimu on rinnastettavissa Kolarin alueella tyypilliseen D_2/F_2 -rakenteeseen. Virransalon (1987) mukaan em. rakenneyhdistelmä muistuttaa Savukosken Tuntsan F_{n+1} - F_{n+2} -yhdistelmää. Hän esittääkin mielenkiintoisen, luonnollisesti hyvin varauksellisen rinnastuksen: Venejärven kompleksissa ja Tuntsan migmatiiteissa on ollut ainakin kaksi merkittävää deformaatiovaihetta ennen lapponisten liuskeiden D_2 -vaihetta.

Metamorfoosi

Pääosa Kolarin ja Kurtakon alueiden kallioperästä on kokenut lämpötilaan perustuvan luokittelun mukaan (Winkler 1975) keskiasteen metamorfoosin (Väänänen 1982). Keskiasteen kiviin liittyy myös korkean asteen kiviä. Suunnilleen Äkäsjoen siirroksen erottama, syväkivien ympäröimä luoteinen lohko on metamorfoitunut sen sijaan alhaisen asteen paine-lämpötilakentässä. Metamorfoosiaste-ero Äkäsjoen siirroksen eri puolilla kuvastaa prograadia kehitystä: luoteisessa lohkoissa on säilynyt varhaisempi vaihe, jonka päälle on kehittynyt kaakkoisosassa kuoren tektoniseen vahventumiseen liittyvä lämpömetamorfinen vaihe. Painetyyppiluokittelun (Miyashiro 1975) mukaan Kolarin ja Kurtakon alueilla on kysymys alhaisen ja kohtalaisen paineen kenttien väliin sijoittuvasta metamorfoosista. Luonteenomaiset Al_2SiO_5 -polymorfit ovat sillimaniitti ja andalusiitti. Kohtalaiseen tai korkeaan paineeseen viittaavaa kyaniittia, joka on yleinen Keski-Lapin liuskealueen itäosassa ja Peräpohjan liuskealueen pohjoisreunalla, ei ole havaittu (vrt. Rask 1982,

Taulukko 2. Geotermobarometrisiä määrittäviä Kolarin, Kurtakon ja Kihlängin kartta-alueilta.
 Table 2. Geothermobarometric values for the Kolari, Kurtakko and Kihlanki map-sheet areas.

Granaatti-biotiittitermometria. Granaattikiilleliuske (2714 10, Tapojoki, TPV-33-1-87)
 Garnet-biotite thermometry. Garnet mica schist (2714 10, Tapojoki, TPV-33-1-87)

BIO	GRA	Ferry & Spear 1978	Ganguly & Saxena 1984	Pigage & Greenwood 1982	Perchuk & Lavrenteva 1983	Hodges & Spear 1982
kontakti-contact	reuna-rim	564 °C	609 °C	540 °C	724 °C	559 °C
matriksi-matrix	keskus-core	517 °C	582 °C	702 °C	532 °C	577 °C

Granaatti-biotiittitermometria. Kordieriitti-gedriitti-granaattigneissi (2713 11, Saaripudas, 701-36-LVP-85).
 Garnet-biotite thermometry. Cordierite-gedrite-garnet gneiss (2713 11, Saaripudas, 701-LVP-85)

BIO	GRA	Ferry & Spear 1978	Ganguly & Saxena 1984	Pigage & Greenwood 1982	Perchuk & Lavrenteva 1983	Hodges & Spear 1982
kontakti-contact	reuna-rim	592 °C	539 °C	639 °C	574 °C	616 °C
matriksi-matrix	keskus-core	461 °C	469 °C	540 °C	499 °C	486 °C

Granaatti-klinopyrokseeni-termobarometria. Mafinen juonikivi (Sainlaki, 2731 08, 88-MET-79)
 Garnet-clinopyroxene thermobarometry. Mafic dyke. (2731 08, Sainlaki, 88-MET-79)

DIOP	GRA	Ellis & Green 1979	Newton & Perkins 1982	Powell & Holland 1988
	keskus-core	789 °C	8.4 kb	11.8 kb
	reuna-rim	733 °C	7.2 kb	10.5 kb

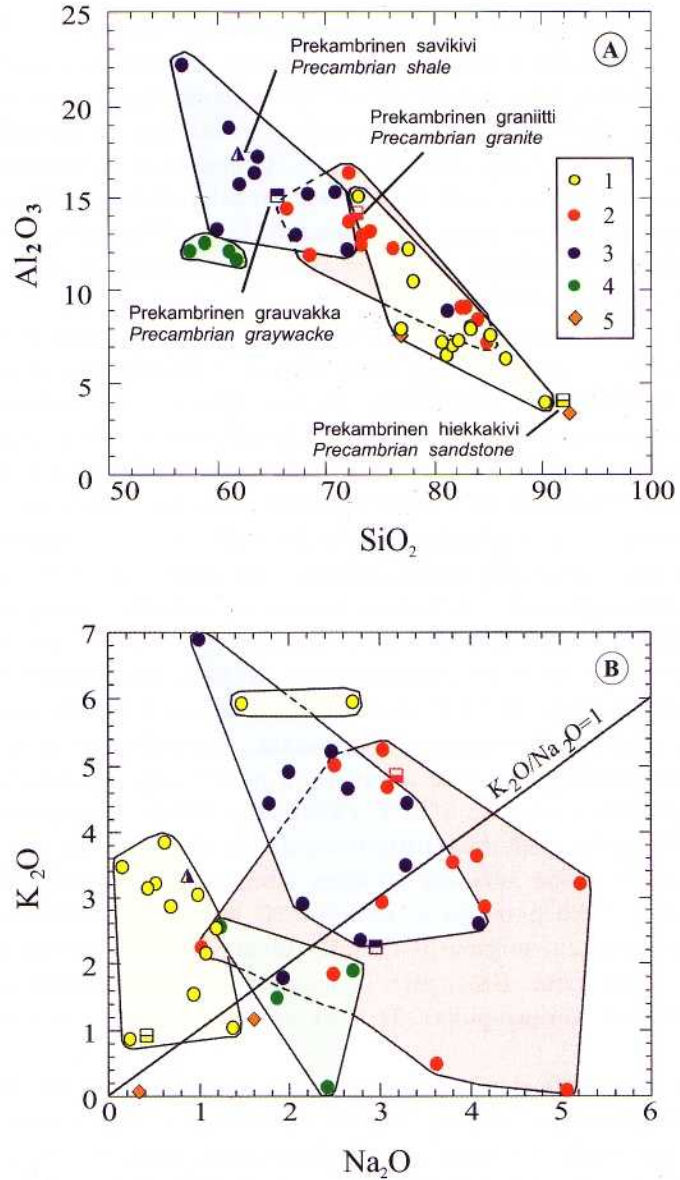
Lappalainen 1994). Mahdollisen alueellismetamorfisen vyöhykkeisyyden toteamiseksi ovat paljastumat ja soveliaat kivet aivan liian epätasaisesti ja kautuneet. Mahdollisena kontaktimetamorfisena ilmiönä mainittakoon kiillegneissien prismaattinen sillimaniitti Kallon intruusion kontaktissa (Rantataro 1988).

Luoteislohkon alhaista metamorfoosiastetta kuvastavat Muonionjoen ranta-paljastumien (Aareanvaara, 2713 06) varsin hyvin säilyneet, pienirakeiset kiilleliuskeet ja metavulkaniitit. Metavulkaniiteille ovat ominaisia hienorakeisessa kloriitti- oligoklaasi-kvartsimassassa esiintyvät sinivihreät amfiboliporfyroblastit. Mineraaliparageneesit viittaavat alhaisen asteen metamorfoosiin. Metorfoosiaste näyttää kohoavan lohkon pohjoisosissa, Tapojärven ympäristössä, kartta-alueen ulkopuolella, missä kiilleliuskeissa on havaittu monin paikoin stauoliittia, granaattia, Mg-rikasta kloriittia ja andalusiittia. Stauoliitin ilmaantuminen rajaa minimilämpötilaksi n. 530-550

°C. Lohkon itäosassa (2714 07), Äkäsjoen siirroksen tuntumassa, Al-rikkaisiin kiilleliuskeisiin on kehittynyt D_2 -vaiheessa andalusiitin ohella fibroliittista sillimaniittia, joka merkitsee em. korkeampaa lämpötilaa (vrt. esim. Yardley 1989, s. 86-87). Toisaalta reliktiivä granaattia ja stauroliittia on havaittu sulkeumina syn- D_2 -andalusiitissa. Granaatti-biotiittitermometria-tulokset granaattikiilleliuskeesta vaihtelevat menetelmästä ja mittauspisteestä johtuen; reuna/kontakti antaa korkeamman lämpötilan kuin keskus/matriksi (ks. taulukko 2) viitaten staattisen vaiheen granaatin (keskus) tasapainottuneeseen D_2 -vaiheen (reuna) korkeammassa lämpötilassa.

Pääosalla kartta-alueista kivet ovat vahvasti uudelleenkiteytyneitä ja rae-kooltaan selvästi karkeampia kuin luoteiosassa. Vulkaniitit ovat tuffiittisia oligoklaasi- ja andesiiniamfiboliitteja. Kolarin kaatopaikan kalliroleikkauksen tuffiittien joukossa tavataan granaatti-kordieriittiamfiboliitteja, joiden granaatissa on samankaltainen vyöhykkeellisyys kuin Tapojoen granaattikiilleliuskeessa. Granaatti on tasapainottunut vasta D_2 -vaiheessa. Granaatti-biotiittitermometrian (taulukko 2) odotettua alhaisemmat lämpötilat selittyvät ehkä sekundäärisellä muuttumisella, sillä amfiboliitti on kloriittitunut. Kordieriitti-granaatti-termobarometria (ei esitetty) antaa myös varsin alhaisia lämpötiloja (450-500 °C) ja paineeksi n. 5.5-5.8 kb. Peliittiset kivet ovat tyypillisesti sillimaniittipitoisia biotiitti-muskoviittigneissejä. Monin paikoin gneisseissä on graniittisia vaihtelevan kokoisia juonekkeitä johtuen ehkä alkavasta osittaisesta sulamisesta. Äkäsjokisuun ja Petäjämaan (2713 12) sillimaniittigneisseille on arvioitu mineraaliparageneesien perusteella kiteytymislämmöksi n. 650 °C (Väänänen 1982). Haisujupukan alueella (2731 08) granaattikordieriittigneisseille ja diopsidi- ja sarvivälkepi-toisille metatuffeille on arvioitu korkean lämpötilan amfiboliittifasioksen P-T-olot; noin n. 5 kb paine ja n. 680-700 °C lämpötila (Rantataro 1988). Venejärven kompleksin migmatiitit edellyttävät korkeaa metamorfoosias-tetta, samoin kuin esim. ilmeniitin ja magnetiitin uudelleenkiteytyminen erillisiksi rakeiksi Karhujupukan Ti-V-Fe-esiintymässä (ks. Karvinen ym. 1989).

Pintakivien metamorfiset parageneesit ovat tasapainottuneet yleensä vallin-neen amfiboliittifasioksen oloissa. Eräissä mafisissa kivissä on kuitenkin ha-vaittu granuliittifasioksen korona- ja symplektiittirakenteita (ks. esim. Yardley 1989, ss. 161-164). Granaattiamfiboliiteissa ja Karhujupukan sviitin syväki-vissä on nähtävissä granaatin ympärillä plagioklaasikehä ja uloimpana pyrok-seenikehä (vrt. Hölttä 1988). Sekä klino- että ortopyrokseenia on havaittu, mutta yleensä pyrokseeni on hydrautunut sarvivälkkeeksi ja biotiitiksi. Granaatin hajoaminen plagioklaasiksi ja pyrokseeniksi voisi johtua yleensä PT-olojen alenemisestä, mutta myös lämpenemisestä isobaarisesti tai lämpenemisestä ja samanaikaisesta paineen alenemisestä (vrt. Moecher ym. 1988, s. 96). Granaatti-klino- ja ortopyrokseenitermobarometrian perusteella vyöhykkeisen gra-naatin reunat ovat kiteytyneet alhaisemmissa PT-oloissa kuin keskus (tau-lukko 2).



Kuva. 25. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden sedimenttikivien Al_2O_3/SiO_2 - (A) ja K_2O/Na_2O -diagrammi (B) (ks. taulukko 3 ja Hiltunen 1982, taulukot 1, 4). Prekambristen kivien keskikoostumukset Condien (1993) mukaan.

Fig. 25. (A) Al_2O_3 vs. SiO_2 and (B) K_2O/Na_2O diagram for sedimentary rocks of the Kolarin and Kurtakko map-sheet areas (see Table 3 and Hiltunen 1982, Tables 1, 4). Average compositions of Precambrian rocks from Condie (1993).

1 = Kvartsiittia- Quartzite 2 = Arkoosista metasedimenttia- Arkosic metasediment 3 = Kiillegneissii- Mica gneiss 4 = Metagrauvalkkaa- Metagreywacke 5 = Matriksia tai fragmenttia- Matrix or fragment

IKÄMÄÄRITYKSET

Kolarin ja Kurtakon alueiden kivien radiometrisiä ikätuloksia ja niihin liittyvää problematiikkaa on käsitelty seikkaperäisesti aikaisemmin, ja lisäksi on tekeillä yhteenveto Keski-Lapin ikämäärittämisistä (Hiltunen 1982, Huhma ym., valmisteilla). Tässä selityksessä todetaan keskeisimmät tulokset ja niiden merkitys.

Kolarin ja Kurtakon alueiden korkein radiometrinen zirkoni-ikä, 2027 ± 33 miljoonaa vuotta (näyte A0946), on määritetty Saariputaan paksuimmasta differentioituneesta diabaasista. Tämä tulos on tyypillinen paleoproterotsooiselle nuoremman ikäryhmän diabaasille (ks. Räsänen ym. 1995). Diabaasi on tunkeutunut Kolarin muodostuman vulkaniitteihin antaen niille minimi-ian. Haaparannan sviitin syväkivien zirkoni-iat, mm. Kallon intruusion 1886 ± 4 (A0746) ja mm. Jalokosken intruusion 1871 ± 4 (A0142) miljoonaa vuotta, antavat puolestaan kallioperän synorogeenisen eli päädeformaatiovaiheen iäkiä. Kihlangin graniitin (1809 milj. vuotta) tyyppiset graniitit puolestaan heijastavat myöhäisorogeenista vaihetta Kolarin ja Kurtakon alueilla. Nuorin zirkoni-ikä, 1748 ± 7 miljoonaa vuotta, on saatu Rautuvaaran muodostumaan liittyvistä karsikivestä (A0949) ja pegmatoidista (A0959). Mitään näin nuorta magmaattista vaihetta ei alueelta tunneta.

Titaniitti-iat ovat säännöllisesti alhaisempia kuin vastaavien kivien zirkoni-iat. Lisäksi titaniitti-iat ovat kivistä riippumatta samaa luokkaa. Saariputaan diabaasin titaniitti-ikä on n. 1820 miljoonaa vuotta ja Kallon intruusion titaniitti-ikä on n. 1832 miljoonaa vuotta. Titaniitti-iat on tulkittu kuvastavan alueellismetamorfoosin ja voimakkaan uudelleenkitäytymisen vaihetta.

GEOKEMIA

Tässä selityksessä tarkastellaan Kolarin ja Kurtakon alueen metasedimenttiyksiköiden, vulkaniittiyksiköiden ja Haaparannan sviitin syväkivien geokemian lisäksi Karhujupukan sviitin syväkivien sekä hieman eräiden juonikivien geokemiaa. Käsitellyt kemialliset analyysit on koottu taulukoihin 3-7 ja niiden ottopaikat on merkitty kuvaan 31. Rantataron (1988) Kallon intruusiota koskevaa tutkimusta lukuun ottamatta aikaisemmat geokemialliset tutkimukset koskivat tai sivusivat lähinnä Kolarin aluetta (Hiltunen 1982, Lehtonen 1988, Väänänen 1989).

Sedimenttikivet

Kolarin ja Kurtakon alueiden sedimenttikivien analyysit ovat Tapojärven, Ison Pirttivaaran, Niesakeron ja Haisujupukan muodostumista sekä Venejärven kompleksista (taulukko 3). Kirjallisuudesta (Hiltunen 1982, taulukko 1) on analyysiaineistoa mukana Al_2O_3 vs. SiO_2 - ja Na_2O vs. K_2O -diagrammeissa (kuva

25). Tapojärven muodostumasta analyysistä on varsin kattavasti, mutta muista yksiköistä rajoitetusti. Analyysit ovat pääosin epiklastisista metasedimentteistä. Oman mielenkiintoisen ryhmänsä muodostavat Ison Pirttivaaran muodostuman sedimentaatiotarjan metagrauvakka-, kvartsiitti- ja konglomeraatinäytteet (ks. Väänänen 1989). Luosujoen muodostuman vulkaanista matriksinäytettä on käsitelty vulkaniittien yhteydessä (kuva 26).

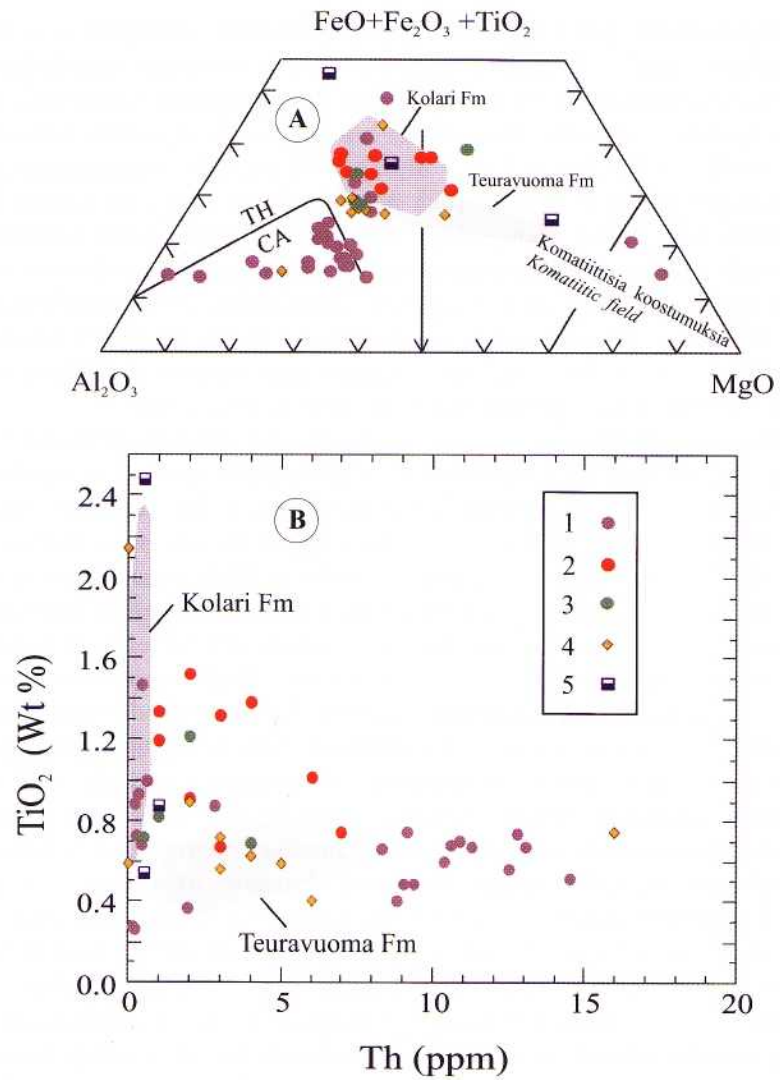
Na_2O vs. K_2O - ja SiO_2 vs. Al_2O_3 -diagrammeilla ilmenee metasedimenttien huomattava koostumusvaihtelu ja epäkypsyys. Joitakin kvartsiitteja tulisi nimetä uudelleen kemiallisen koostumuksen perusteella arkoosigneisiksi tai -kvartsiiteiksi ja vastaavasti joitakin arkoosigneisistä kiillegneisiksi. Ison Pirttivaaran muodostuman metagrauvakat erottuvat omaksi ryhmäkseen molemmilla diagrammeilla johtuen mafisesta rapautumisaineuksesta.

Na_2O vs. K_2O -diagrammilla arkoosiset metasedimentit jakautuvat säännötömästi kali- ja natronarkosiitteihin. Kiillegneissien ja -liuskeiden koostumus-
kenttä poikkeaa keskimääräisestä grauvakasta selvästi etenkin korkeahkon kalin määrän vuoksi. Sensijaan Ison Pirttivaaran metagrauvakoiden alkalipitoisuudet ovat raudan ja magnesiumin runsauden vuoksi selkeästi pienemmät kuin keskimääräisessä metagrauvakassa. Venejärven kompleksin arkoosisista gneisseistä kaksi (taul. 3, anal. 26, 27) on koostumukseltaan lähellä keskimääräistä prekambrista graniittia. Kvartsiiteista vain Niesakeron muodostuman ortokvartsiittinäyte (Hiltunen 1982, taul. 1: $\text{Na}_2\text{O} = n. 0,2 \%$, $\text{K}_2\text{O} = 0,9\%$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 4,5$) ylittää keskimääräisen prekambriksen kvartsiitin tasolle kypsytydessä. Ison Pirttivaaran konglomeraatin pallossa on poikkeavan alhaiset alkalipitoisuudet ja alhainen $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ -suhde (0.2).

SiO_2 vs. Al_2O_3 -diagrammilla on analyysiaineistossa nähtävissä Ison Pirttivaaran metagrauvakoita lukuun ottamatta selvä negatiivinen korrelaatio, mikä johtuu pääosin kvartsin laimentavasta vaikutuksesta. Kiilleliuskeet ja -gneissit ryhmittyvät tällä diagrammilla pääosin keskimääräisen prekambriksen grauvakan koostumuspisteen ympärille. Poikkeuksena on Al_2O_3 -rikas (n. 22 %) Haisujupukan muodostuman sillimaniittigneissi, joka sisältää myös rautaa, titania ja fosforia runsaammin kuin muodostuman tyypillisemmät kiillegneissit (taul. 3, anal. 28-31). Raudan ja magnesiumin runsauden vuoksi Ison Pirttivaaran metagrauvakoiden koostumuspisteet eivät noudata yleistä trendiä. Metagrauvakoiden ja sedimentaatiotarjassa päälle kerrostuneiden konglomeraatin ja kvartsiittien koostumuserot ilmentävät merkittävää muutosta sedimentaatiomateriaalissa ja -oloissa. Konglomeraatin pallo ja Niesakeron muodostuman ortokvartsiitti (Hiltunen 1982, taul. 1: $\text{SiO}_2 = n. 90,2 \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = n. 4 \%$) edustavat tälläkin diagrammilla pisimmälle kehittynyttä kypsyä. Venejärven kompleksin arkoosisista gneisseistä kaksi on SiO_2 vs. Al_2O_3 -diagrammillakin koostumukseltaan lähellä keskimääräistä prekambrista graniittia. Mahdollisesti nämä ovat ortogneissejä.

Vulkaniitit

Tarkastelun kohteena on aikaisemmin käsittelemättömiä vulkaniittiana-



Kuva 26. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden vulkaniittien koostumuksia Jensenin kationidiagrammilla ($Al_2O_3 - FeO+Fe_2O_3+TiO_2 - MgO$) (A) ja Th vs. TiO_2 -diagrammilla (B). Vertailuaineistona LVP:n Kolarin ja Teuravuoman muodostuman koostumusentät (Väänänen 1989).

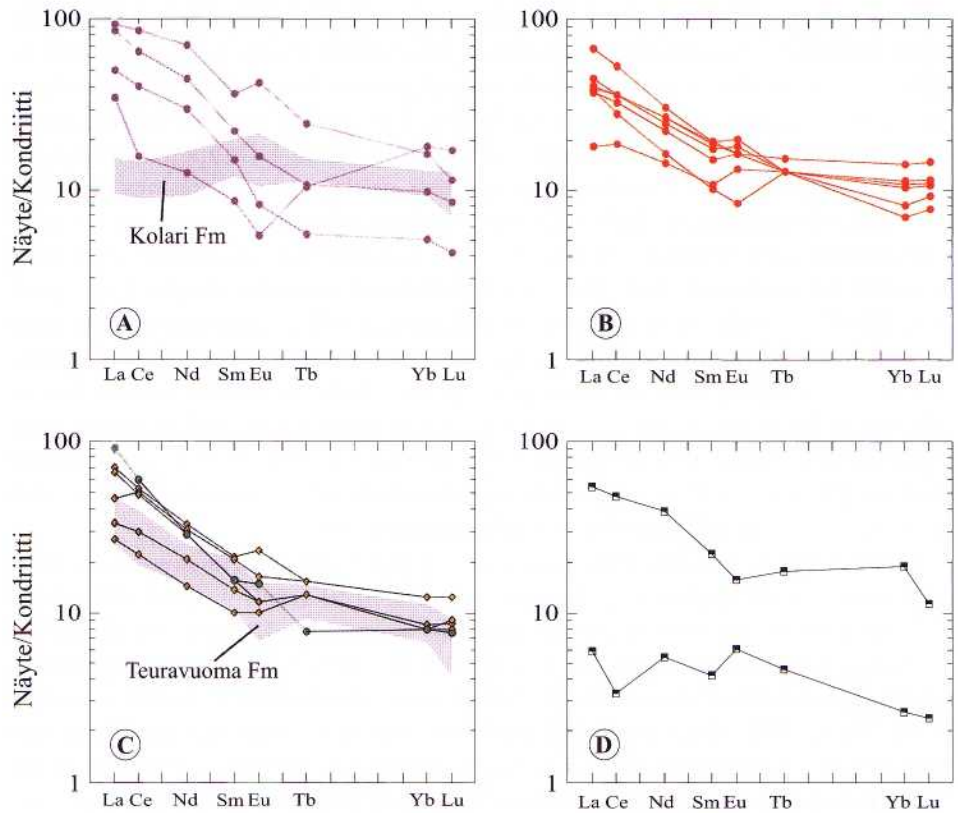
Fig. 26. (A) Jensen cation plots and (B) Th vs. TiO_2 diagram for volcanic rocks of the Kolarin and Kurtakko map-sheet areas. Composition fields of the Kolarin and the Teuravuoma formations from analyses of the LVP (Väänänen 1989) for comparison.

- 1 Kolarin muodostuman koilliset jatkeet- Northeastern extension of the Kolarin Formation
- 2 Kolarin muodostuman vastineet- Units correlated with the Kolarin Formation
- 3 Haisujupukan muodostuman vulkaaniset välikerrokset- Volcanic intercalations of the Haisujupukka Formation
- 4 Teuravuoman muodostuman vastineet- Units correlated with the Teuravuoma Formation
- 5 Juonikiviä, Luosujoen muodostuman vulkaaninen matriksi- Dyke rocks, volcanic matrix of the Luosujoki Formation

lyyseyä Kolarin muodostumasta ja muodostuman stratigrafisista vastineista Kurtakon alueella. Lisäksi analyysyjä on Teuravuoman muodostuman stratigrafisista vastineista ja Haisujupukan muodostuman vulkaniittivälikerrokista Kurtakon alueella. Geokemiaa on tarkasteltu Jensenin kationidiagrammin ($\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 - \text{MgO}$) ja Th vs. TiO_2 -diagrammin jakaumien perusteella (kuva 26). Luosujoen muodostuman mafisesta matriksista Kuusilaesta, Ison Palon granaattiamfiboliitista ja Hirvasselän hornblendiitista on myös analyysit näillä diagrammeilla. Vulkaniittien geokemiaa on tarkasteltu myös kondriittinormalisoidujen lantanidijakaumien (taulukko 4, anal. 136-153; kuva 27) perusteella. Tarkastelun pohjana on LVP:n tuloksena syntynyt näkemys Kolarin ja Teuravuoman muodostumien geokemiasta (Väänänen 1989), joka esitetään lyhyesti seuraavassa kappaleessa.

Teuravuoman muodostuman vulkaniitit ovat pääosin komatiittisia laavakiviä, Fe- ja Ti-rikkaita tholeiittisia välikerroksia tavataan satunnaisesti. Komatiittiset kivet muodostavat jatkuvan sarjan, jonka MgO-pitoisuus vaihtelee välillä n. 23 - 5,5 % ja vastaavasti Cr- ja Ni-pitoisuus välillä 8830-128 ja 832-27 ppm. Sarjan kehittyminen korkean MgO-pitoisuuden jäsenistä alhaisen MgO-pitoisuuden jäseniin johtui alhaisen paineen fraktioivasta kiteytymisestä. Komatiittisten kivien rikastuminen keveistä lantanideista ja niiden alhaiset Ta/La-, P/Zr-, Ti/Th- ja mm. Ti/Zr-suhteet viittaavat kontaminaatioon sialisen kuoren materiaalista. Kolarin muodostuman pyroklastiset amfiboliitit ovat pääosin tholeiittisia. Niiden hivenaineiden ja lantanidien jakaumat muistuttavat resenttien valtameren keskiselänteen basalttien (MORB) jakaumia. Muodostumassa on myös kalkkialkalisia vulkaniitteja. Sedimentaatioprosessien vaikutus vulkaanisen materiaalin lajittumiseen ja sekoittumiseen epiklastiseen ainekseen ilmenee aukottomana pääalkuaineiden koostumusvaihteluna ja hivenalkuaineiden fraktioitumisena.

Teuravuoman muodostuman stratigrafisiksi vastineiksi arvioitujen, Majavaselän, Takasen Otusmaan ja Muotkavaaran vulkaniittien (taulukko 4, anal. 62, 74-76, 79-82) jakaumat hajaantuvat diagrammoilla huomattavasti. Jensenin diagrammilla jakauma ulottuu kalkkialkalisesta tholeiittiseen ja komatiittiseen kenttään. TiO_2 -pitoisuus (< 1%) on alhainen yhtä näytettä (anal. 75) lukuun ottamatta. Majavaselän ja Muotkavaaran laavakivet erottuvat selvästi omaksi ryhmäkseen ja sijoittuvat yhtä analyysiä (anal. 82) lukuun ottamatta Teuravuoman muodostuman kenttään Th vs. TiO_2 -diagrammilla. Takasen Otusmaan vulkaniitit sen sijaan hajaantuvat täydellisesti. Toinen laavakivi sisältää TiO_2 :a kohtalaisesti (n. 2,14 %), mutta on Th-köyhä (0 ppm) ja toinen puolestaan sisältää TiO_2 :a (0,75 %) niukasti, mutta on Th-rikas (16 ppm). Edellinen edustanee Teuravuoman muodostumassa tavattavia tholeiittisia välikerroksia. Jälkimmäisellä on komatiittisten kivien tyypillinen alhainen TiO_2 -pitoisuus. Poikkeuksellisen korkea Th-pitoisuus saattaa johtua graniittituumisesta, sillä graniittijuonia on tässä kivessä runsaasti. Takasen Otusmaan tuffiittinen vulkaniitti sijoittuu kohtalaisen Th-pitoisena (6 ppm) ja TiO_2 -köyhänä (0,4 %) hieman Teuravuoman muodostuman laavakivien kentän ulkopuolelle johtuen ilmeisesti sedimentaatioprosessien aiheuttamasta fraktioitumisesta.



Kuva 27. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden vulkaniittien (A, B, C) ja Karhuvuoman intruusion (D) kondriittinormalisoituja lantanidijakaumia (taulukko 7). Kuvien A, B ja C symbolit, ks. kuva 26: 1-4.

Fig. 27. (A, B, C) Chondrite-normalized REE patterns for samples of volcanic rocks and (D) samples from Karhuvuoma intrusion of the Kolari and Kurtakko map-sheet areas (Table 7). Symbols in Figs A, B and C as in Figure 26 (1-4).

Haisujupukan muodostuman vulkaaniittivälikerrosten (taulukko 4, anal. 61, 63, 69, 70, 73), Otusmaan, Takamaan, Maijavaaran ja Aidanpäänjängkän vulkaniitit jakautuvat Jensenin diagrammilla tholeiittiseen kenttään Kolarin muodostuman tavoin; vain Palopetäjävaaran vulkaniitin sijoituessa niukasti komatiittikentän puolelle. Niissä on suhteellisen alhainen TiO_2 - (n. 0,7-1,3 %) ja Th-pitoisuus (n. 0- 2 ppm) lukuun ottamatta Aidanpäänjängkän näyttettä, jossa Th-pitoisuus on 4 ppm. Tämä näyte sijoittuikin Teuravuoman muodostuman kenttään Th vs. TiO_2 -diagrammilla. Muut näytteet ovat Kolarin muodostuman kentässä tai välittömästi vieressä. Takamaan ja Palopetäjävaaran vulkaniitit plottautuvat Kolarin muodostuman kenttään Th vs. TiO_2 -diagrammilla. Viiden analyysin perusteella näyttää Haisujupukan muodostuman vulkaniittivälikerroksissa olevan sekä lievästi kontaminoitunutta että kontaminoitumatonta ainesta.

Kolarin muodostuman Kattilamaan ja Pitkäkoskenrovan kairasydänanalyy-

sit jakautuvat Jensenin diagrammilla pääosin tholeiittiseen ja kalkkialkaliiseen kenttään. Laavakivet painottuvat tholeiittikenttään. Kaksi näytettä sijoittuu komatiittikenttään. Laavakivet jakautuvat toisaalta pääosin Kolarin muodostuman kenttään Jensenin ja Th vs. TiO_2 -diagrammilla. Kalkkialkaliset vulkaniitit ovat tuffiitteja. Osa näistä on pitkälle lajittuneita silttimäisiä välikerroksia. Tuffiitit keskittyvät selvästi erilleen tholeiittisistä myös Th vs. TiO_2 -diagrammilla. Kalkkialkaliset tuffiitit edustavat ilmeisesti eri magmalähdettä kuin tholeiittiset kivet. Tosin sedimentaatioprosessit ovat muokanneet koostumusta. Em. kahden komatiittisen näytteen (taulukko 4, anal. 48, 49) Cr- (4380, 4800 ppm) ja Ni-pitoisuudet (414, 1860 ppm) ovat poikkeuksellisen korkeita. Niiden Al_2O_3 - (n. 2 %), TiO_2 - (< 0,4 %) ja Th-pitoisuudet (< 1 ppm) ovat alhaiset ja ne jäävät Kolarin muodostuman kentän ulkopuolelle ja myös Teuravuoman muodostuman ulkopuolelle omaksi alaryhmäkseen. Toisessa näytteessä La-pitoisuus (17,5 ppm) on huomattavan korkea johtuen analyysivirheestä tai sekundäärisestä muuttumisesta, sillä näytteet ovat ruhjeliuskeisia ja karbonaattipitoisia.

Kolarin muodostuman stratigrafiseksi vastineiksi tulkitut, Haisujupukan, Mäntyvaaran ja Kuusijupukan ja Lainiojoen vulkaniitit (taul. 4, anal. 60, 64-68, 77-78) painottuvat tholeiittiseen kenttään ja samalla Kolarin muodostuman kenttään Jensenin diagrammilla. Lainiojoen massamainen vulkaniitti ja Kuusijupukan mantelikivi sijoittuvat hieman Kolarin muodostuman kentän ulkopuolelle. Th vs. TiO_2 -diagrammilla Lainiojoen molemmat näytteet sijoittuvat kuitenkin lähes Kolarin muodostuman kenttään. Niiden TiO_2 -pitoisuus vastaa Kolarin muodostuman tuffien keskimääräistä TiO_2 -pitoisuutta, mutta Th on hieman koholla. Ehkä kyseessä on sekundäärinen muuttuminen, sillä paljastumia leikkelevät granitoidijuonet.

Kuusijupukan, Haisujupukan ja Mäntyvaaran näytteet jakaantuvat Th vs. TiO_2 -diagrammilla karkeasti kahteen alaryhmään: kohtalaisen TiO_2 - (1,3 % < TiO_2 < 1,5 %) ja alhaisen Th-pitoisuuden (Th = 1-4 ppm) ja toisaalta alhaisen TiO_2 - (TiO_2 < 1,2 %) ja kohtalaisen Th-pitoisuuden (Th = 2-7 ppm) ryhmiin. Viimeksi mainittu ryhmä voidaan jakaa vielä Th-pitoisuuden mukaan alaryhmiin, joissa Th-pitoisuus on 3-2 ja toisaalta 6-7 ppm. Näistä kaksi analyysiä plottautuu Teuravuoman muodostuman tuntumaan. Kaikissa ryhmissä on sekä pyroklastisia että laavakiviä. Näyttää siltä, että Kuusijupukan, Haisujupukan ja Mäntyvaaran vulkaniiteissa on tapahtunut Th-pitoisuuksien perusteella kuoren kontaminaatiota, mikä ei ole tyypillistä Kolarin muodostumalle.

Luosujoen muodostuman Kuusilaen matriksinäyte (taulukko 4, anal. 71) vastaa pääalkuainekoostumukseltaan varsin hyvin Kolarin muodostuman pyroklastiitteja (kuva 26). Hivenpitoisuudet ja esim. La/Sm-suhde (n. 3,7) vastaavat Kolarin muodostuman tuffiitteja, joiden koostumuksessa havaitaan sedimentaatioprosessien aiheuttamaa fraktioitumista (vrt. Väänänen 1989, taulukko 1). Oletettavasti matriksi on saanut aineksensa lähinnä Kolarin muodostuman tholeiittisistä vulkaniiteista.

Edellä käsiteltyjen vulkaniittiyksiköiden lantanidijakaumat (taulukko 7, anal. 136-155) osoittavat pääosin rikastumista keveistä lantanideista (kuva 27 A, B,

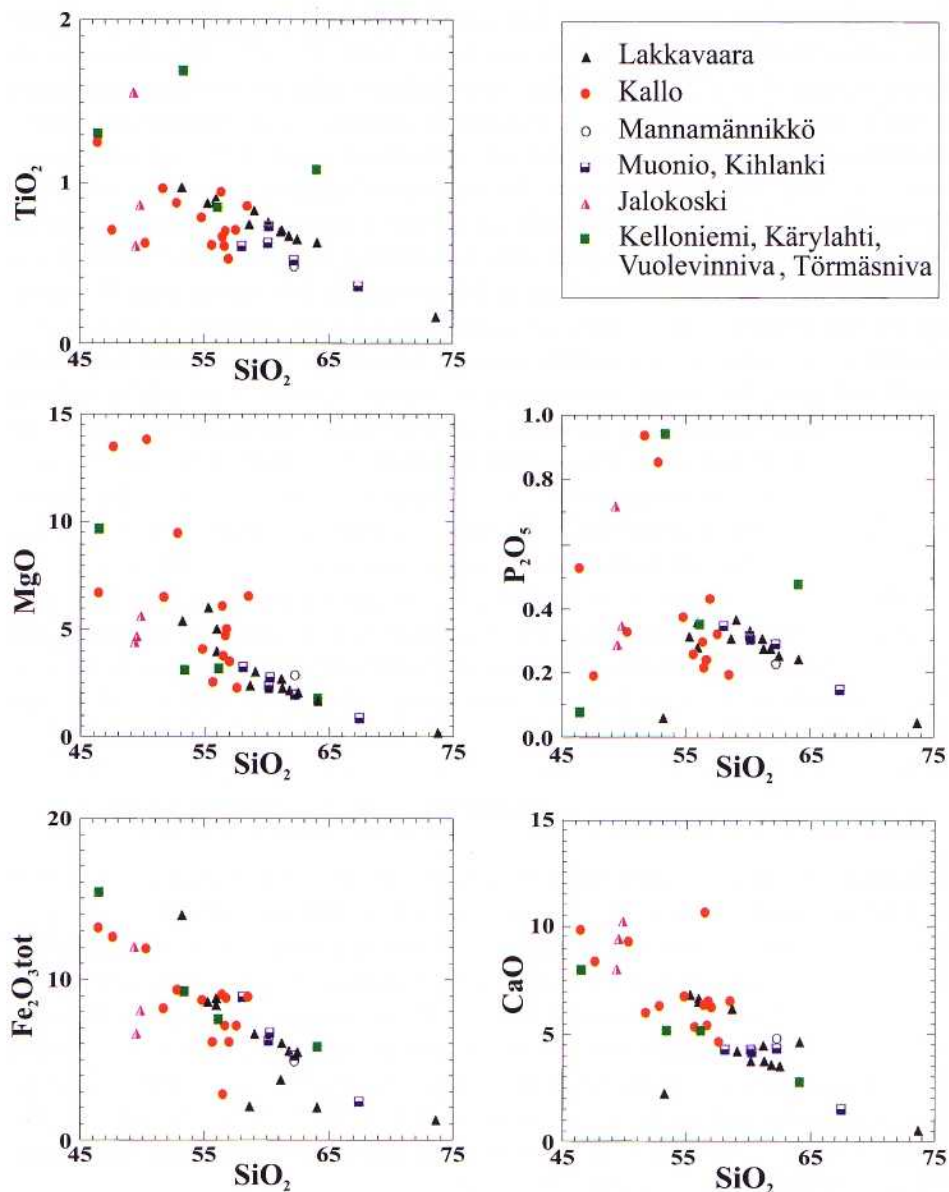
C). Geokemiallisen luonteensa mukaisesti Kattilamaan ja Pitkänkoskenrovan kalkkialkalisissa pyroklastiiteissa (anal. 150, 151-152) rikastuminen on hyvin selkeä (kuva 27 A). Näiden näytteiden osalta on otettava huomioon myös sedimentaatioprosessien fraktioiva vaikutus (vrt. Väänänen 1989). Kattilamaan tholeiittisen massamaisen vulkaniitin (anal. 151) jakauma poikkeaa yleisestä trendistä selvästi. Se on jossain määrin rikastunut sekä keveistä että raskaista lantanoideista ja toisaalta köyhtynyt Eu:sta. Tällaista jakaumaa ei ole tunnettu Kolarin muodostumasta (vrt. Väänänen 1989, kuva 21). Haisujupukan, Kuusijupukan ja Mäntyvaaran näytteistä vain Haisujupukan mantelikiven (anal. 141) jakauma (kuva 27 B) lähestyy Kolarin muodostuman pyroklastiittien varsin tasaisia jakaumia. Muut näistä näytteistä osoittavat ehkä kuoren kontaminaatiota, johon viittasivat jo edellä todetut Th-pitoisuudet. Mahdollisesti näiden vulkaniittien stratigrafista asemaa on tarkistettava; kyseessä ovatkin ehkä Haisujupukan muodostuman välikerrokset. Kuoren kontaminaatiolla lienee merkittävä osa keveiden lantanidien rikastumisessa Teuravuoman vastineen näytteessä (anal. 138) ja Haisujupukan muodostuman välikerrosten näytteissä (anal. 137, 139, 145, 149).

Kolarin muodostuman ja stratigrafisten vastineiden näytteet Kurtakon alueelta jakautuvat kemismiltään poikkeaviin alaryhmiin. Toisaalta Haisujupukan muodostuman vulkaniittinäytteet eivät ole välttämättä erotettavissa kemismiltään selkeästi Kolarin tai Teuravuoman muodostumien tai niiden vastineiden näytteistä.

Syväkivet

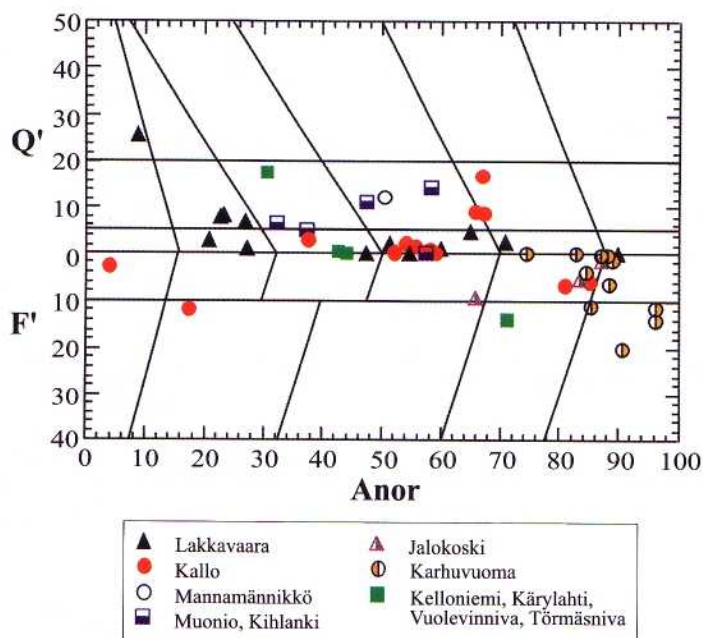
Syväkivistä on tarkasteltu Kolarin ja Kurtakon alueiden Haaparannan sviitin ja Karhujupukan sviitin intruusioiden geokemiaa. Haaparannan sviitin analyysit ovat pääosin Kallon, Lakkavaaran ja Jalokosken intruusiosta. Näytteitä on myös sviitin vähäisemmistä intruusiosta (taulukko 5). Haaparannan sviitin syväkivien tarkastelu pohjautuu Lehtosen (1988) perusteelliseen petrokemialliseen selvitykseen Muonion-Kihlangin granitoideista ja Rantataron (1988) Kallon intruusion tutkimuksiin. Lehtosen syväkivinäytteistä teetettyjä analyysijä on mukana tarkastelussa (taulukko 5, anal. 106-110; kuva 28, 29). Karhujupukan sviitin analyysit ovat Karhuvuoman intruusiosta. Karhujupukan sviitin geokemiaa ei ole aikaisemmin käsitelty.

Jalokosken ja Lakkavaaran intruusioiden liittyvät Lehtosen (1988) mukaan geokemiallisesti Muonion-Kihlangin alueen KMD-seurueeseen. KMD-seurueessa on sekä subalkalisia että alkalisia koostumuksia. KMD-seurueen intruusioiden geokemialliselta luonteeltaan I-tyyppisiä (Chappel & White 1974) niille on ominaista laaja differentioituminen. Lehtonen päätteli KMD-seurueen edustavan kogeneettistä sarjaa, jonka synty on tapahtunut emäksisen magman fraktioivan kiteytymisen tai emäksisen kiven osittaisen sulamisen kautta. Kallon differentioituneen intruusion kalkkialkalisella kivilajisarjalla on Rantataron mukaan myös I-tyyppisille granitoideille ominainen laaja koostumusvaihtelu (SiO_2 : n. 49-74 %), alhainen $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ -suhde (yleensä <1) ja



Kuva 28. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden Haaparannan sviitin näytteiden MgO:n, Fe₂O₃tot:n, CaO:n, TiO₂:n ja P₂O₅:n vaihtelu SiO₂:n suhteen (taulukko 5). Vertailuaineistona eräitä Muonion-Kihlankin alueen granitoidianalyyssejä.

Fig 28. Variation diagrams for samples of the Haaparanta suite in the Kolari and Kurtakko areas. MgO, Fe₂O₃tot, CaO, TiO₂ and P₂O₅ plotted against SiO₂. Some granitoid analyses from the Muonio-Kihlanki area for comparison (Table 5).

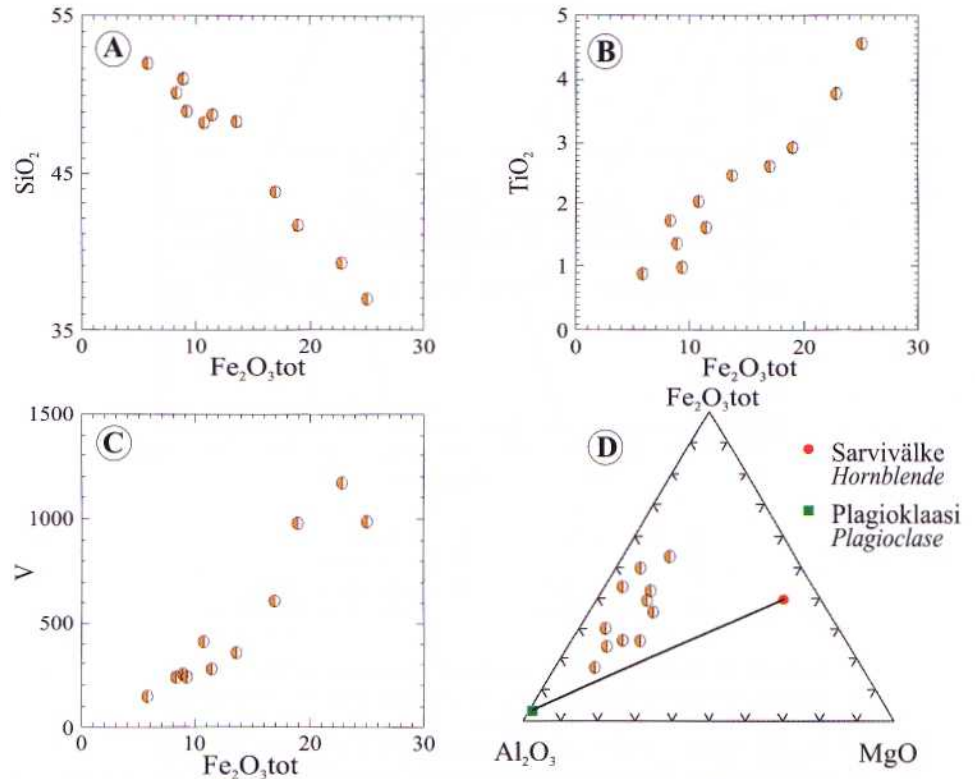


Kuva 29. Haaparannan sviitin (symbolit kuten kuvassa 28) ja Karhuvuoman intruusion näytteiden koostumuksia Anor vs. Q'(F') -diagrammilla (Streckeisen & Le Maitre 1979).

Fig. 29. Anor vs. Q'(F') diagram (Streckeisen & Le Maitre 1979) for samples of the Haaparanta Suite (symbols as in Figure 28) and the Karhuvuoma intrusion.

korkeat CaO:n ja Na₂O:n määrät.

Kolarin ja Kurtakon alueiden Haaparannan sviitin syväkivet ovat säännöllisesti alkalimaasälpä-albiitti-normatiivisia ja pääosin kvartsinormatiivisia. Q'(F')-Anor-luokitteludiagrammilla (kuva 29) ne painottuvat montsoniittien, kvartsimontsoniittien, kvartsimontsodioriittien ja montsodioriittien kenttiin sekä syeniittien kenttiin (Streckeisen & Le Maitre 1979). Nefeliinormatiiviset kivet hajaantuvat normatiivista maasälvän sijaista sisältävien syeniittien, montsoniittien, montsodioriittien ja montsogabrojen kenttiin. Variaatiodiagrammeilla Kolarin ja Kurtakon alueiden Haaparannan sviitin keskeisten intruusioiden pääkomponenteista MgO, Fe₂O₃tot ja CaO käyttäytyvät kasvavan SiO₂:n suhteen pääosin tavanomaisen magmaattisen kiteytymisdifferentiaatiomallin mukaisesti samaan tapaan kuin Muonion-Kihlangin KMD-seurueessa. TiO₂ ja P₂O₅ käyttäytyvät geokemiallisen luonteensa mukaisesti pääosin säännönmukaisesti siten, että ne rikastuvat SiO₂-pitoisuuden ollessa n. 51-60 %. Kaarevat trendit laskevat tasaisesti näistä arvoista emäksiseen ja happamaan suuntaan. TiO₂:sta ja P₂O₅:sta rikastuneet kivet sisältävät tyypillisesti titaania ja fosforia sitovia aksessoreja, kuten titaniittia ja apatiittia. Magmaattinen kehityshistoria näyttäisi siten eräistä poikkeavista analyyseistä huolimatta olevan eri intruusioissa samankaltainen. Vertailtaessa Kolarin-Kurtakon ja Muonion-Kihlangin intruusioiden



Kuva 30. Karhuvuoman intruusion näytteiden Fe₂O₃tot vs. SiO₂- (A), Fe₂O₃tot vs. TiO₂- (B), Fe₂O₃tot vs. V- (C) ja Al₂O₃-Fe₂O₃tot-MgO -diagrammi (D).

Fig. 30. (A) Fe₂O₃tot vs. SiO₂, (B) Fe₂O₃tot vs. TiO₂, (C) Fe₂O₃tot vs. V and (D) Al₂O₃-Fe₂O₃tot-MgO diagram for samples from the Karhuvuoma intrusion.

kehitystä em. diagrammien valossa havaitaan Kolarin ja Kurtakon analyysiaineiston olevan laajempi: näytteiden SiO₂-pitoisuuden minimi on 46,5 % ja maksimi 74 % ja vastaavasti Muonion-Kihlangin alueella 55 % ja 75 %. Emäksiset differentiaatit puuttuvat Muonion-Kihlangin alueelta.

Kolarin ja Kurtakon alueiden Haaparannan sviitin ja Muonion-Kihlangin KMD-seurueen intruusioiden La/Sm- ja La/Lu-suhteista (ks. taulukko 5) voidaan päätellä niiden olevan säännöllisesti keveistä lantanideista (LREE) rikastuneita. Toisaalta lantanidikonsentraatio kasvaa SiO₂:n lisääntyessä arvoon n. 60%, minkä jälkeen konsentraatio laske selvästi. Tämä ilmiö näyttäisi olevan sopusoinnussa em. pääalkuaineiden fraktioitumisen sekä titaniitti- ja apatiittipitoisuuden kanssa, sillä nämä mineraalit nimittäin sitovat lantanideja. Lehtonen (1988, s. 60) arvioi sarvivälkkeen fraktioitumisen kontrolloineen REE-SiO₂-suhdetta magmassa.

Karhuvuoman intruusion kemialliset analyysit ovat kerroksellisen yläosan amfiboliittituneista gabroista, joista osa on leukokraattisia. Pääosa näytteistä on nefeliininormatiivisia ja toisaalta oliiviini- ja/tai pyrokseeninormatiivisia viitaten SiO₂-köyhään systeemiin: SiO₂-pitoisuudet vaihtelevat rajoissa 36,6-51,6 %. SiO₂:een nähden Fe₂O₃:lla ja TiO₂:lla on negatiivinen korrelaatio; SiO₂-

köyhimmät ovat Fe- ja Ti-rikkaimpia ja samalla magnetiitti- ja ilmeniittirik-
kaimpia. SiO_2 -rikkaimmat koostumukset ovat leukokraattisista kerroksista.
Kuvan 30 A, B ja C jakaantumistrendeiltä voidaan päätellä silikaattien, ilmei-
sesti lähinnä klinopyrokseenin, ja toisaalta oksidien kontrolloineen Ti:n ja
V:n jakaantumista magmassa. Magman evoluutiota on tarkasteltu myös
 Al_2O_3 - Fe_2O_3 -tot-MgO-diagrammilla (30 D), joka havainnollistaa plagioklaa-
sin, tummien silikaattien ja oksidien määräsuhteita. Sarvivälke-plagiokaa-
sijana määrittelee diagrammilla oksideista vapaat (metamorfiset) koostumuk-
set.

Hivenalkuaineet V, Cr, Cu, Co ja Ni sekä toisaalta S heijastavat malmineraa-
lien pitoisuuksia Karhuvuoman metamorfoituneen intruusion näytteissä. Hi-
venalkuaineilla on keskenään kohtalainen positiivinen korrelaatio (taulukko 6).
Korrelaatio korostuu, kun tarkastellaan näytteistä magnetiittirik-
kaimpia, sillä ne ovat myös ilmeniitti- ja sulfidirikkaimpia. V:n ja Cr:n pitoisuudet ovat riip-
puvaisia oksidien määristä, sillä vanadiinia on sitoutunut lähinnä magnetiitti-
tiin ja ilmeniittiin sekä kromia magnetiittiin (ks. Karvinen ym. 1989). Sili-
kaatteihin sitoutuneet V ja Cr ovat lähinnä sarvivälkkeessä, joka on intruusion
pääasiallinen metamorfinen mafinen silikaatti. Scandiumilla on positiivinen
korrelaatio MgO:n kanssa viitaten siihen, että se on sitoutunut lähinnä sarvi-
välkkeeseen. Zn lienee sitoutunut lähinnä magnetiittiin, sillä analyysinäytteis-
sä ei havaittu herkyniittirakeita.

Karhuvuoman intruusion lantanidianalyysit ovat runsaasti magnetiittia sisäl-
tävästä leukokraattisesta ja mafisesta gabrokerroksesta (taulukko 7, anal. 154,
155). Leukogabrossa on lievä positiivinen Eu-anomalia, ja sen pitoisuustaso
on huomattavasti alhaisempi kuin gabron, jossa on puolestaan negatiivinen Eu-
anomalia (kuva 27). Leukogabro on LREE-alkuaineista köyhtynyt, kun taas
gabro on niistä rikastunut. Leukogabron korkea La/Ce-suhde viittaa ehkä La:n
analyysivirheeseen. Molemmat ovat HREE-alkuaineista hieman köyhtyneitä.
Leukogabron jakaumasta voidaan todeta, että lievä positiivinen Eu-anomalia
kuvastaa lähinnä plagioklaasirik-
kautta; plagioklaasi tunnetusti sitoo Eu:a. Ky-
seessä voi olla plagioklaasikumulaatti. Gabron LREE-elementeistä rikastumi-
nen merkitsee ilmeisesti pyrokseenien fraktioitumista magmasta jossakin ke-
hitysvaiheessa, ja toisaalta negatiivinen Eu-anomalia merkitsee, että plagioklaa-
sia on myös poistunut.

Karhujupukan Ti-V-Fe-esiintymässä on todettu n. 40 % Fe, 5,5 % Ti ja n.
4000 ppm V (Karvinen & muut 1988). Fe_2O_3 vs. TiO_2 -diagrammilla näkyvän
trendin (kuva 30 B) perusteella laskettu (ei esitetty) Ti:n määrä, n. 5 %, vastaa
suunnilleen em. todettua määrää. Edelleen Fe_2O_3 vs. V -jakautumistrendiltä
(kuva 30 C) päätelty V:n määrä on n. 2000-3000 ppm luokkaa. Vaihtelu joh-
tuu siitä, että jakaumatrendillä on hajontaa. Ti-V-Fe-malmien kehittyminen
selitetään ns. Fennerin sarjalla (ks. esim. Paakkola ym. 1986). Kehitys alkaa
kuivasta emäksisestä magmasta, jonka lämpötila ja hapen fugasiteetti ovat
olleet korkeat. Mikäli systeemi pysyy suljettuna olosuhteet suosivat pla-
gioklaasin kiteytymistä ja mafisissa mineraaleissa korkeaa Mg/Fe-suhdet-



Kuva 31. Kolarin (2713) ja Kurtakko (2731) kartta-alueiden yleistetty stratigrafinen kartta, johon on merkitty taulukoiden 3-5 analyysinäytteiden [○] sedimenttikiveä, [Δ] vulkaniittia, [□] syväkiveä] ja LVP:n Teuravuoman [⊗] ja Kolarin muodostuman vertailunäytteiden [★] ottoapaikat. Lyhenneet ks. taulukko 1.

Fig. 31. Generalised stratigraphical map of Kolarin and Kurtakko areas. Symbols refer to the sites of the chemical analyses in Tables 3-5 [○] sedimentary rock, [Δ] volcanic rock, [□] igneous rock], and of analyses of the LVP [Teuravuoma Formation (⊗), Kolarin Formation (★)]. For abbreviations, see Table 1.

ta. Syntyy anortosiitteja ja duniitteja sekä runsaasti piidioksidia, rautaa, titaania ja vanadiinia sisältävä jäännössula. Kehitys ei kuitenkaan pääse yleensä tapahtumaan suljettuna, vaan ympäristöstä tullut vesi aiheuttaa merkittäviä olosuhteiden muutoksia. Vesi nostaa hapen osapainetta sulassa aiheuttaen magnetiitin kiteytymisen jäännössulasta. Em. kehitysmallin valossa emäksisten-ultraemäksisten Hävityskuusikon ja Sainlaen intrusiot ovat mahdollisesti Karhujupukan sviitin varhaisia Mg- ja Ca-rikkaita differentiaatteja.

Juonet

Juonikivistä merkittävimpien, diabaasien geokemiaa on tarkasteltu LVP:n raportissa (Väänänen 1989). Diabaasit ovat luonteeltaan tholeiittisia. Differentioitumisesta johtuen diabaasien kemiallisissa koostumuksissa on selvää vaihtelua. SiO_2 -pitoisuus vaihtelee välillä n. 42-60 %, MgO välillä 0,2-12,3 % ja Fe_2O_3 tot välillä 8,7-30,5 %. Fe:n ohella Fe-riikkaat differentiaatit (Fe_2O_3 tot = 19-30,5 %) ovat rikastuneet TiO_2 :sta (~1,7 %), Na_2O :sta (~3,7 %) ja P_2O_5 :sta (~0,2 %). Toisaalta ne ovat köyhtyneet MgO :sta (~3 %), CaO :sta (~7 %) ja Al_2O_3 :sta (~11 %). Differentioituminen ilmenee myös hivenalkuainemäärissä. Fe-rikkaiden differentiaattien Cr- (~65 ppm) ja Ni-määrät (~30 ppm) ovat alhaiset verrattuna vastaaviin keskimääräisiin arvoihin (231 ja 80 ppm). Fe-differentiaattien Zr- (~113 ppm), La- (5 ppm) ja Sm-pitoisuudet (~5 ppm) ovat puolestaan suunnilleen kaksinkertaiset verrattuna keskimääräisiin pitoisuuksiin.

Muista juonikivistä on muutamia esimerkkianalyysejä Kurtakon alueelta. Vulkaniittien diagrammeissa (kuva 26) granaattiamfiboliitti (Iso Palo) sijoittuu Fe-tholeiittien kenttään ja samalla em. diabaasien Fe-differentiaattien kenttään. Ison Palon juonikivi poikkeaa kuitenkin Fe-differentiaattien koostumuksesta mm. korkeahkon TiO_2 :n (2,49 %), alhaisen Na_2O :n (0,75 %) ja mm. alhaisen Cr/Ni-suhteen (~0,6) puolesta (vrt. Väänänen 1989, taulukko 1). Hirvaselän hornblendiiittinen juoni sijoittuu komatiittien kenttään. Komatiittiseen luonteeseen viittaavat myös Cr- (1410 ppm) ja Ni-pitoisuus (149 ppm). Juonen CaO-pitoisuus (14,0 %) on huomattavan korkea, mikä ei ole komatiiteille luonteenomaista. Juonen $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ -suhde (-11) ei myöskään ole kondriittinen (~20).

GEOLOGINEN KEHITYS

Kolarin ja Kurtakon alueita koskeva näkemys geologisesta evoluutiosta perustuu lähinnä LVP:n raportteihin (Väänänen 1989). Näkemys on täsmentynyt myöhemmin (vrt. Väänänen 1991).

Teuravuoman muodostuman komatiittiset laavat purkautuivat ekstensiovaiheessa arkeiselle gneissikratonille kehittyneeseen repeämälaaksoon. Niesakeron ja Haisujupakan muodostumien epäkypsät sedimentit kerrostuivat varsin nopeasti laajenevaan altaaseen. Rautuvaaran ja Kolarin muodostumien kivilajiseurueet - pyroklastiset vulkaniitit, mustaliuskeet ja karbonaattikivet ja rautamuodostuma (BIF) - ilmentävät äkillisiä vulkaanisia purkauksia ja toisaalta pitkiä vakaita merellisiä kerrostumisoloja osaksi suljettujen altaiden pelkistävässä ympäristössä. Kolarin muodostumaan intrudoituneet diabaasit (n. 2.0 Ga) antavat tämän vulkaanis-sedimentäärisen vaiheen minimi-ian. Vaiheen on tulkittu kuvastavan ekstension päättymistä ja enteilevän alkavaa kompressiota, joka kehittyi Svekokarelidiseksi orogeniaksi. Kolarin muodostuman päälle kerrostuneet Luosujoen, Tapojärven ja siihen rinnastettujen Juurakkojärven, Ison Pirttivaaran ja Ylläksen muodostumien fluviaaliset, osaksi karkeaklastiset metasedimentit ovat Svekokarelidisen orogenian aiheuttamien huomattavien topografiaerojen tasoittumisen tulosta. Orogeniaan liittyi Kolarin ja Kurtakon alueilla monifaasinen deformaatio ja metamorfoosi. Metamorfoosi tapahtui alhaisen - keskiasteen ja osaksi jopa korkean asteen paine-lämpötilaoloissa. Vahvin deformaatiofaasi D_2 on muokannut synorogeenisia Haaparannan sviitin syväkiviä (n. 1.9 Ga) ja em. fluviaalisia muodostumia.

TALOUDELLISET AIHEET

Yleistä

Pääosa tunnetuista taloudellisista aiheista on löydetty Kolarin alueen poh-

joisosasta, jonne myös rakennettiin Rautaruukki Oy:n ja Partek Oy:n tuotantolaitokset. Äkäsjokisuun kalkkikivi ja Juvakaisenmaan rautaeiintymä on tunnettu jo vuosisatoja (ks. Eskola ym. 1919; Borgström 1928). Äkäsjokisuun kalkkikiven tutkimukset johtivat sementtitehtaan avaamiseen v. 1968 (ks. Lackschewitz 1958, Kitunen 1970). 1940-luvulta alkaen Kolarin kartta-alueella ja Kurtakon alueen luoteisosassa harjoitettu malminetsintä johti v. 1975 Rautuvaaran kaivoksen ja v. 1979 Hannukaisen avolouhoksen avaamiseen Rautaruukki Oy:n toimesta (Hiltunen & Tontti 1976, Hiltunen 1982). Sekä kaivostoiminta että sementin valmistus on kannattamattomana lopetettu.

Malmit ja malmiaiheet

Tunnetut rautamalmit ja -malmiaiheet liittyvät geologisilla kartoilla karsikiviksi merkittyihin kivilajikenttiin: Rautuvaara, Sivakkalehto (Sotkavuoma), Juvakaisenmaa (Ristimellanjärvi) ja Mannakorpi (Kaalamovuoma) Ruotsin puoleisine jatkeineen. Rautuvaaran muodostuma on ollut taloudellisesti merkittävin Kolarin-Kurtakon alueella, sillä siihen liittyy useita esiintymiä, joista merkittävimmät ovat Rautuvaaran (2713 12, 2714 10) ja Hannukaisen (2714 10) malmit. Malmien päätuote oli rauta ja lisäksi Hannukaisessa kupari. Näiden malmien sedimenttialkuperästä on viitteenä mm. Ristimellän rautamuodostuma. Rikki-isotooppitutkimukset tukevat kemiallisedimenttistä alkuperää (Mäkelä & Tammenmaa 1978). Kuivasaari (1980, s. 83) kirjoittaa: "Rautuvaaran malmeja voidaan kutsua mineraaliparageneesiensa perusteella karsimalmeiksi. Lisäksi on karsimalmien joukosta todettu vähäisiä jäänteitä kvartsiraitaisesta malmityypistä. Malmeissa on piirteitä, jotka antavat aiheen pitää niitä synnyltään sedimenttisinä. Toisaalta eräät havainnot viittaavat raudan myöhäiseen mobilisaatioon ja metasomaattisten tekijöiden aiheuttamaan malmien rikastumiseen". Lakkavaaran intruusion ja sen jatkeiden osuus rautamalmien rikastajana on ollut ratkaiseva (ks. Hiltunen 1982).

Rautaruukki Oy tutki Kolarin alueen lounaisosan intruusioihin liittyviä magneettisia anomaliaita 1970-luvulla (RO 10/73). Nämä osoittautuivat magnetiittiesiintymiksi, joilla ei ole taloudellista merkitystä. Outokumpu Oy tutki 1960-luvulla Kurtakon alueen itäosan (2731 11) sähköisiä anomaliaita, jotka osoittautuivat kiisuesiintymiksi mustaliuskeissa ja karsikivissä (Vormisto 1968). Näiden, ns. Kittilän Kaakkurin ja Lainionkankaan kiisuesiintymien sulfidit olivat pääosin magneettikiisua ja rikkikiisua.

Tuorein malminetsinnän tulos on GTK:n löytämä Karhujupakan-Kortonlehdon Ti-V-Fe-esiintymä, joka muistuttaa ominaisuuksiltaan Otanmäen Ti-V-Fe-malmia. Karhuvuoman intruusion kerroksellisen rakenne viittaa magmasäiliössä tapahtuneeseen fraktioitumiseen, joka johti leukokraattisen gabron ja magnetiitti-ilmeniittipirotteen syntyyn säiliön alaosaan. Ti-V-Fe-esiintymä ja sen isäntäkivi ovat vahvasti deformatuneet ja uudelleenkiteytyneet korkean asteen metamorfoosissa. Metamorfoosista johtuen magnetiitti ja ilmeniitti tavataan erillisinä rakeina, mikä on rikastamista ajatellen merkittävää (Karvinen ym. 1989). Malmin kokonaismääräksi on arvioitu n. 5 mil-

joonaa tonnia. Keskipitoisuuksiksi on saatu Karhujupukassa n. 40 % Fe, 5,5 % Ti, 0,3 % V, 0,4 % Cr, 400 ppm Ni, 300 ppm Cu, 200 ppm Zn, 60 ppm Ga, 100 ppb Pt, 100 ppb Pd ja 20 ppb Au. Korttonlehdossa keskipitoisuudet ovat hieman alhaisemmat (Karvinen 1992).

Teollisuusmineraalit, rakennuskivi- ja kiviainesesiintymät

Merkittävin teollisuusmineraaliesiintymä Kolarin alueella on edellä useissa yhteyksissä käsitelty Äkäsjoeksiun kalkkikivi. Sementin tuotannossa kalkkikiven ohella tarvittu kiillegneissi tuotiin Äkäsjoeksiun sementtitehtaalle aluksi Sodankylästä asti. 1980-luvulla aloitettiin tämän raaka-aineen louhinta alle 10 km päästä, Äkäsjoen varresta (2713 12), Tapojoen muodostuman andaluusiittikiilleliuskeesta, joka siten osoittautui kalkkikiven lisäksi teollisuusmineraaliesiintymäksi.

Kolarin alueella on grafiittiaiheita, joita on tutkittu Rautaruukki Oy:n toimesta (RO 10/78). Niiden käyttömahdollisuuksia energiantuotannossa on tarkastellut Sarapää (1982).

Saarenputaalla grafiittiliuskeet on tulkittu Kolarin muodostuman välikerrokiksi ja Paloselän lounaiskärjen, ns. Juurakkojärven huomattava grafiittiliuske (ks. s. 34), Rautuvaaran muodostumaan. Esiintymien keskimääräinen grafiittipitoisuus jää alle taloudellisen määrän, joka on n. 20%.

Kolarin ja Kurtakon alueilla on suoritettu myös rakennuskivi- ja kiviainestutkimusta GTK:n toimesta. Vanhojen kivenottoaikkojen lisäksi tutkittiin uusia kohteita Kallon ja Lakkavaaran intruusiossa sekä Ison Kelhun graniitissa (Rask 1986).

Summary:

**PRE-QUATERNARY ROCKS OF THE KOLARI AND KURTAKKO
MAP-SHEET AREAS**

Introduction

The adjoining Kolari (2713) and Kurtakko (2731) map sheet areas are located in northern Finland, at the Swedish border (Figs 1 and 2). Systematic mapping of these areas was started by the Geological Commission of Finland in 1902, and they are included in the 1:400 000 scale map-sheets of Muonio and Sodankylä (Mikkola 1936, 1937, 1941). The geology of the northern parts of the Kurtakko and Kolari areas was outlined by Hackman (1927) in his study of the Kittilä area. More recent mapping of the Kolari and Kurtakko areas was carried out by the Geological Survey of Finland (GSF) in 1978-1984. As a result, the geological map of the Kolari area was published in 1984 (Väänänen 1984) and that of the Kurtakko area in 1992 (Väänänen 1992). The geology of the Kolari and Kurtakko areas has been discussed in reports of the Lapland Volcanite Project (LVP) and also in thematic maps and articles connected with the bedrock mapping of northern Finland (Silvennoinen et al. 1980, Lehtonen et al. 1985, Geological Map, Northern Fennoscandia, 1:1 000 000, 1987; Väänänen 1989, 1990, 1991; Räsänen et al. 1995).

The Kolari area has been known for the iron ore of Juvakaisenmaa since the late 17th century and for the carbonate at Äkäsjokisuu since the 18th century. Study of these economically important rocks began in the early 1900s (Eskola et al. 1919, Borgström 1928). Intensive exploration during and after the Second World War resulted in the opening of an open pit and a cement factory at Äkäsjokisuu (1968) and an iron mine (1975) at Rautuvaara. In connection with prospecting several articles and theses were written on the subject of the iron ores and carbonate rocks (Lackschewitz 1958, Mikkola 1960, Stigzelius & Ervamaa 1962, Shaikh 1964, Lindberg 1976, Kuivasaari 1978, Nurmi 1989). In addition, exploration carried out by the Rautaruukki Oy provided much information on the regional geology (Hiltunen & Tontti 1976, Hiltunen 1982). Hiltunen (1982) described the geology and defined lithostratigraphical units of the northern part of the Kolari area and the northwestern corner of the Kurtakko area.

Geological outline

The Kolari and Kurtakko areas, together with the Kihlanki (Lehtonen 1981) and Kittilä (Rastas 1984) areas form a regionally and geologically coherent part of the Central Lapland Schist Belt (CLB). Palaeoproterozoic supracrustal rocks mainly prevail in the Kolari and Kurtakko map-sheet areas belonging to the Lapponian metasediments and metavolcanites (cf. Mikkola 1941, Silvennoinen et al 1980, Silvennoinen 1985). The supracrustals contain large intrusive rock bodies and minor dykes. In the southern parts of the Kolari and Kurtakko areas the CLB is bordered by the Venejärvi Complex (VEC).

The supracrustal rocks of the CLB are here classified and described as lithostratigraphical formations and the rocks of the VEC as lithodemic units (NAS-CN 1983, Nystuen 1989). From oldest to youngest the lithostratigraphical units are the Teuravuoma Formation (TeF), the Haisujupukka Formation (HjF) and the correlative Niesakero Formation (NiF), the Rautuvaara Formation (RvF), the Kolari Formation (KyF), the Luosujoki Formation (LjF), the Tapojärvi Formation (TpF) and the correlative Iso Pirttivaara (IpF), Ylläs (YlF) and Juurakojärvi (JuF) Formations (Table 1, Fig. 2). In principle, this stratigraphical division is applied on the geological map of the Kurtakko area. No distinction is made on the map between the Niesakero and correlative Haisujupukka Formation, which are shown jointly as the Niesakero Formation.

Venejärvi Complex

The Venejärvi Complex, which consists of various migmatites (Fig. 7, 24), is structurally the lowermost unit. Palaeosomes are mainly gneisses, generally metasedimentary rocks in origin. There are also indications of orthogneisses. In the 1980s, the Venejärvi Complex was assigned to the Archaean Basement (Väänänen 1989). However, preliminary Sm-Nd isotopic dating indicates a Proterozoic age for migmatization (Huhma, personal comm.). Today the Venejärvi Complex is thought to represent the northern margin of the Central Lapland Granite Complex, where Archaean paleosomes may occur and there is a significant Archaean component in the Palaeoproterozoic granites (see Lauerma 1982, Huhma 1986).

Lithostratigraphical units

Teuravuoma Formation

The lowermost lithostratigraphical unit, defined as the Teuravuoma Formation by Väänänen (1989), covers the central part of the combined Kolari and Kurtakko areas. This formation, which consists of alternating massive and amygdaloidal komatiitic metalavas (Fig. 8), is practically completely covered by

Quaternary deposits; it was delineated with the aid of coherent negative magnetic and positive gravity anomalies. It is estimated to be 1-1.5 km thick. Its lower contact with the Venejärvi Complex has been penetrated by diamond drilling. The contact is tectonic and slopes gently to the north. The type section above this contact consists of intensely deformed metalavas. The upper contact has not been encountered.

The massive and amygdaloidal metalavas of the Teuravuoma Formation suggest a shallow marine or perhaps subaerial environment of deposition. Small units correlative with the Teuravuoma Formation and scattered in the Kurtakko area consist of massive and amygdaloidal amphibolites with occasional pyroclastic and sedimentary intercalations (Fig. 23). These units are poorly known and have not yet been defined. The Teuravuoma Formation has been correlated stratigraphically with the Kaukonen amygdaloid in Kittilä, the komatiitic rocks of the Möykkelmä dome in Sodankylä and the volcanic rocks of the Mäntyvaara Formation in Salla (see Rastas 1980, Räsänen et al 1989, Manninen 1991), all of which are included in the Onkamo Group (Räsänen et al 1995, Lehtonen et al., in press).

The Niesakero and Haisujupukka Formations

Mikkola (1941, p. 164-170) described the rocks of the Niesakero and Haisujupukka Formations as sillimanite gneisses of western Lapland and, with certain reservations, considered them to form the lowermost horizon of the older, "Lapponian" series of quartzites and mica schists.

The Niesakero Formation was earlier called the Niesakero-Kuertunturi quartzite complex by Hiltunen (1982). Covering the northwestern corner of the Kurtakko (2731 03) and the northeastern corner of the Kolari area (2713 12), it consists mainly of psammitic metasediments, such as quartzites and arkosic gneisses. Mica gneiss and amphibolite interbeds also occur; granitic veinlets are typical. The Formation is more than 1 km thick, and the basement has not been observed. Although the formation is fairly well exposed the contacts are covered. A sharp contact between the Niesakero Formation and the overlying Rautuvaara Formation is, however visible in some drill cores (Hiltunen 1982). The type area of the Niesakero Formation is the Niesakero antiformal ridge (2731 03). The lower part of the antiform consists of immature, gneissic, sillimanite-bearing quartzites and arkose gneisses with mica gneiss intercalations. These rocks pass upwards into more mature types, including even orthoquartzite with indistinct cross-bedding structures. Calc-silicate-bearing interbeds are typical of the upper part.

The Haisujupukka Formation covers the middle and eastern parts of the Kurtakko area. It mainly consists of mica gneisses and quartzites (Figs 10, 11). The type section in the Haisujupukka hill (2731 08) includes, from bottom to top, Al-silicate-bearing mica gneisses, quartzites and garnet-cordierite mica gneisses (Rantataro 1988). The mutual contacts of these layers are gradual.

The lower mica gneisses are inhomogenous, strongly deformed and migmatized and contain muscovite and sillimanite and corundum porphyroblasts. The thickness of this unit ranges from ca. 140 to 400 m. The lower part of the thick quartzitic layer (ca. 800 m) consists of immature arkosic gneisses with calc-silicate bearing intercalations. These arkosic gneisses grade upwards into quartzites with rare cross-bedding structures and the green mica-rich (fuchsite) intercalations typical of Lapponian quartzites (cf. Silvennoinen 1985). The garnet-cordierite gneisses (ca. 600 m) differ clearly from the lower mica gneisses, being rather homogenous. Volcanic intercalations have also been found in the Haisujupukka Formation, which is an extension of the Virttiövaara Formation in Sodankylä parish (cf. Lehtonen et al. 1992). The lithology of these metasediments suggests a shallow marine and tidal environment of deposition (Nikula 1988).

Quartzites are the dominant rocks in the Niesakero Formation and mica gneisses in the Haisujupukka Formation. Even so, thick layers of quartzites are typical of both formations. These immature quartzites grade upwards in the stratigraphy into purer types, even orthoquartzites. The Niesakero and Haisujupukka Formations were recently assigned to units of the Sodankylä Group (Räsänen et al 1995).

Rautuvaara Formation

Amphibolites, carbonate rocks, sulphide and graphite schists, skarn rocks and skarn iron ores characterise the next, rather thin unit (20-200 m), the Rautuvaara Formation (Figs 12, 13, 17), which was defined by Hiltunen (1982). This formation is visible in the Kolari area in contact with the Lakkavaara intrusion. Although poorly exposed, the formation is locally well-known in detail by virtue of intensive ore exploration by Rautaruukki Oy. The rocks of the Rautuvaara Formation are strongly deformed and metamorphosed. Primary features, e.g. banding of iron-rich minerals and quartz in the BIF of Ristimella, are locally present.

Kolari Formation

The Kolari Formation is located in the vicinity of Kolari village. It was called the Kolari Greenstone Formation by Hiltunen (1982). The contacts between the Kolari and Rautuvaara Formations are not visible and their mutual stratigraphical relationship is still unclear (cf. Hiltunen 1982). The Kolari Formation consists of amphibolitic pyroclastic rocks (Fig. 14) with pelite, black schist and carbonate rock interbeds. Diabases (ca. 2.0 Ga) are associated with the formation. The type section of the Kolari Formation is at Saaripudas, ca. 6 km north of Kolari village, where the formation is exposed in a 200-m-long road cut. North and south of the road cut diamond drill holes and trenches

made by the LVP enabled a ca. 1.5-km-long cross-section to be established (Väänänen 1989). The southern part of this section consists mainly of pyroclastic rocks and diabases. To the north of the road cut increasingly clastic metasediment and carbonate rock interbeds occur. In the north the section ends at a tectonic contact with the Juurakkojärvi Formation.

A unit correlative with the Kolari Formation in the northwestern corner of the Kolari area was defined as the Siekkijoki Greenstone Formation by Hiltunen (1982) and was later included in the Kolari Formation (Väänänen 1989). The northeastern, unexposed extension of the Kolari Formation has been drilled in the Pitkänkoskenrova (2713 11) and Kattilamaa (2731 02) areas. Other units potentially correlative with the Kolari Formation are scattered throughout the Kurtakko area. These units, encountered in the Haisujupukka, Mäntyvaara, Kuusijupukka (2731 08) and Lainiojoki (2731 09) areas, have not yet been defined lithostratigraphically.

The Kolari Formation has been correlated with the greenstones of the CLB in the Kittilä area (cf. Silvennoinen et al. 1980, Lehtonen et al. 1985). Nowadays these greenstones are divided into the Savukoski and Kittilä Groups (see Lehtonen et al. 1992, in press; Räsänen et al. 1995), which are separated by a tectonic zone with ophiolitic rocks. Petrographical and geochemical evidence of the Kolari Formation refers to units of the Savukoski Group. Correlation with volcanic rocks on the Swedish side of the border is problematic (cf. Lindroos 1974, Padget 1977, Lindroos & Henkel 1981), due to new geochemical indications in the Pajala and Huuki areas (O. Martinsson, pers. comm., 1996), suggesting the presence of several volcanic units.

Luosujoki Formation

The next unit in the stratigraphy is the Luosujoki Formation. It occurs in the eastern limb of the Niesakero antiformal ridge in the Kurtakko area, and is ca. 15 km long and several hundreds of metres thick. The Luosujoki Formation is best known in the southwestern part of the Kittilä area, where the type section is seen along the river Luosujoki (Rastas 1980, 1984; Hiltunen 1982). Called volcanic agglomerate by Mikkola (1941), the Luosujoki Formation consists of polymictic conglomerate beds composed of poorly sorted volcanic, metasedimentary and intrusive material (Fig. 15). Carbonate rock intercalations have been found in the conglomerate bed in the upper contact zone with the Ylläs Formation. A characteristic feature of the Luosujoki Formation is the abundance of magnetite in the matrix. The pebbles are strongly elongated in the direction of the prevailing lineation in the Niesakero antiformal ridge. In the northwestern corner of the Kurtakko area the Luosujoki Formation is exposed in a small block field, but as a magnetite-bearing unit it is easily distinguished on magnetic maps.

The stratigraphical position of the Luosujoki Formation is to some extent ambiguous. The mafic volcanic matrix of this formation and geochemical data

refer to the underlying Kolari Formation as a source material. In the 1970s and 1980s, the Luosujoki Formation, the overlying Ylläs Formation and also the Tapojärvi Formation in the Kolari area were correlated with the younger sedimentary series of the Kittilä and Sodankylä areas (see Hiltunen & Tontti 1976, Rastas 1980, Hiltunen 1982), called the Kumpu-Oraniemi Formation by Mikola (1941). More recently these sedimentary rocks were divided into the lower Lainio and the upper Kumpu Groups and were interpreted as fluvial, shallow-water sediments in origin (Lehtonen et al 1992). The Luosujoki Formation and the Ylläs Formation represent the Lainio Group, and were deposited disconformably on the older units.

Tapojärvi, Ylläs, Juurakkojärvi and Iso Pirttivaara Formations

The Tapojärvi Formation and the correlative units, the Ylläs, Juurakkojärvi and Iso Pirttivaara Formations, represent the topmost lithostratigraphical horizon in the Kolari and Kurtakko areas. They are composed mainly of quartzites and mica gneisses or mica schists. Polymictic conglomerate interlayers also occur (Fig. 16). Well-preserved sedimentary structures, such as cross-bedding and slumping structures, are characteristic of these formations, the lower contacts of which are not visible. No clear angular unconformities can be seen, but the contacts probably represent a hiatus and major erosional period (cf. Rastas 1980, Silvennoinen 1985, Väänänen 1989, Lehtonen et al 1992).

The Tapojärvi Formation is exposed in the northern Kolari area, but the type section is at Tapojärvi in the Kihlanki area (Hiltunen 1982). Quartzites with cross-bedding and conglomerate interlayers characterise the lower part of the Tapojärvi Formation. Some of the pebbles are red jasper. Quartzites pass upwards into mica schist. The thickness of the Tapojärvi Formation may exceed 1000 m.

Quartzites of the Ylläs Formation are well-exposed in the southwestern Kittilä area (Rastas 1980, 1984). The tongue-shaped part of this formation, which reaches the Kurtakko area is not exposed. The sharp contact between the Juurakkojärvi Formation (Väänänen 1989) and the underlying Rautuvaara Formation is exposed at Pitkävuoma (Fig. 17). The lowermost part of the Juurakkojärvi Formation is quartzite with cross-bedding structures. The quartzite grades upwards into arkosic gneiss and mica gneiss with occasional slumping structures.

The lithology of the ca. 100 m thick type section of the Iso Pirttivaara Formation from the lowest to the uppermost unit, is: metagreywacke, polymictic conglomerate and quartzite (Väänänen 1989). The basement of this formation is not visible nor is its thickness known. The visible section of the metagreywacke is ca. 50 m thick. The metagreywacke with small-scale cross-bedding contains abundant intermediate to mafic volcanic material, and the contact with the overlying conglomerate is gradual. Metavolcanite and quartzite pebbles together with metagreywacke interlayers are typical of the conglomerate (Fig.

18), which is ca. 10 m thick. The quartzite pebbles have a well-developed weathered rim. The erosional contact between the conglomerate and the overlying quartzite is sharp, and planar cross-bedding is characteristic of the quartzite.

Intrusive rocks

The dominant intrusions are the Kallo quartz monzodiorite (1886 ± 4 Ma) in the Kurtakko area and the Lakkavaara quartz monzonite and Jalokoski gabbro (1871 ± 4 Ma) in the Kolari area. These large synorogenic plutons are part of the Haaparanta Suite (HAS, table 1, Fig. 2). Among the minor intrusions are the mafic-ultramafic and leucocratic gabbroic rocks of the Karhujupukka Suite (KAS), the age of which is unknown. The most important unit of the suite is the heavily deformed Karhuvuoma intrusion, which contains Ti-V-Fe deposits (Fig. 19), and in which layers rich in magnetite and ilmenite are associated with leucocratic gabbro layers. This intrusion has features resembling those of the Otanmäki gabbro-anorthosite intrusion (ca. 2065 Ma) in Oulu province (Kerkkonen 1979, Paakkola et al. 1986). Other units are the Hävityskuusikko and Sainlaki intrusions. Besides granitic rocks of the Venejärvi Complex, there are small granite and pegmatitic bodies penetrating the supracrustal rocks of the CLB. These have been interpreted as the youngest intrusive rocks of the Kolari and Kurtakko areas and related to the Kihlanki (1809 Ma) and Tiuramatala and Kittilä (1773 Ma) granites (Rastas 1980, Lehtonen 1988).

Dyke rocks

Dyke rocks varying in age and composition have been found in the Kolari and Kurtakko areas. Prominent among them are diabases. Some ultramafic and felsic dykes have also been encountered and are marked on the Kolari and Kurtakko geological maps.

The diabases (2027 ± 33 Ma, Hiltunen 1982) are associated and were deformed with volcanic rocks of the Kolari Formation and its correlative units. With the exception of the road cuts at Saaripudas, no outcrops of diabases are known. The diabases have therefore mostly been drawn on the basis of narrow and long positive magnetic anomalies. The largest diabase dyke at Saaripudas is several hundreds of metres thick and more than 6 km long. In fact, these diabases are differentiated sills with plagioclase- and magnetite-rich layers in their upper part.

Concordant hornblendite dyke rocks at Hirvasselkä in the Kurtakko area (2731 ± 07) intruded into and were deformed with quartzites of the Haisujupukka Formation. Concordant serpentinite dyke rocks have been found at Takamaa in the Kurtakko area (2731 ± 12), where they are associated with mica gneiss of the Haisujupukka Formation. Garnet amphibolite dyke rocks are associated with migmatites of the Venejärvi Complex.

Structure and metamorphism

The bedrock of the Kolari and Kurtakko map sheet areas has a polyphase deformation and metamorphic history (Hiltunen & Tontti 1976, Koistinen & Virransalo 1985, Väänänen 1989), and is characterised by Palaeoproterozoic northeast-southwest trending folding, overthrusting and faulting. The Iso Pirttivaara-Kurtakko fault (IK) separates the Teuravuoma Formation from the Kolari Formation, dividing the bedrock roughly into two blocks (Fig. 2). In the southeastern block, northeast-southwest trending structures have been rearranged; ductile structures turn around the Kallo intrusion. Structures of the main deformation phase, D_2 , prevail in the northwestern block; the northeast-southwest trending folds and often vertical axial plane schistosity overprint the earlier (D_1) structures (Koistinen & Virransalo 1985, Koistinen 1986, Virransalo 1987). According to the preliminary interpretation of the structures, the main deformation phases are the same on both sides of the IK. In detail, correlation of the phases (D_1 , D_2 correspondingly) is complicated by the possible Archaean rocks and structures of the Venejärvi Complex. According to observations, porphyroblasts started to grow during the static D_{1c} stage and continued during the D_2 stage, involving strong lineation (Koistinen & Virransalo 1985). The structures of the D_2 phase dominate the intrusions of the Haaparanta Suite (ca. 1.9 Ga), but did not develop in the 1.8 Ga granites. Northeasterly trending faults cut the intrusive rocks, too. Younger phases (D_3 , D_4) are visible as mesoscopic crenulation of the D_2/S_2 schistosity planes. Northeast-southwest ductile structures are crosscut by northwesterly trending faults of a young brittle deformation stage (cf. Kuivamäki 1986, Veriö et al 1993).

The mineral assemblages observed indicate low-pressure regional metamorphism in the Kolari and Kurtakko map sheet areas. The northeast-southwest trending Äkäsjoki fault (2713 09, 12) divides the combined map sheet areas roughly into two blocks of different metamorphic grades. The northwestern block was metamorphosed mainly at a low grade and the southeastern block at a medium and even high grade. Characteristic Al_2O_3 polymorphs are sillimanite and andalusite; kyanite has not been observed. The metavolcanites and pelitic metasediments of the northwestern block are fine-grained, chlorite-bearing albite or oligoclase amphibolites and mica schists. The metamorphic grade seems to rise to the north and east within this block. The appearance of staurolite limits the minimum temperature to ca. 530-550 °C (Winkler 1975). The andalusite and fibrolitic sillimanite found at the borders of the block imply still higher temperatures. The temperatures of a mica schist based on garnet-biotite thermometry vary, depending on the method of calculation and the sample (Table 2, Tapojoki). The rims of garnets tend to yield higher temperatures than do cores, indicating prograding metamorphism. In the southeastern block, the metavolcanites are often medium-grained garnet-bearing oligoclase or andesine amphibolites, and the metapelites are typically sillimanite-bearing mica gneisses. The temperatures of a cordierite-gedrite-garnet gneiss, based on garnet-biotite thermometry, range from ca. 460 °C to 640 °C (Table 2, Saaripu-

das). The temperatures of this gneiss calculated by cordierite-garnet thermobarometry (not presented) are quite low, ca. 450-520 °C, but the rock yields high pressures, ca. 5.5-5.8 kb. In general, the metamorphic parageneses reached equilibrium under amphibolite facies conditions. Corona and symplectite textures of granulite facies have been preserved in some igneous rocks of the Kurtakko area (Table 2, Sainlaki).

Geochemistry

The following presents geochemical data on the metasedimentary, volcanic and intrusive rocks of the Kolari and Kurtakko areas (Figs 25-30). The geochemical examination of the volcanic rocks was based mainly on the study of the LVP (Väänänen 1989), and that of the Haaparanta Suite the thesis of Lehtonen (1988). Analytical data of Hiltunen (1982) have also been used. The emphasis in these earlier studies was on the Kolari area, only the Kallo intrusion (Rantataro 1988) in the Kurtakko area having earlier been submitted to geochemical studies.

On the Na₂O vs. K₂O and SiO₂ vs. Al₂O₃ diagrams, arkosic metasediments show a wide scatter, containing both potassium- and sodium-rich varieties (Fig. 25). Mica gneisses are potassium-rich and so deviate from the average Precambrian metagreywacke (see Condie 1993). Al₂O₃-rich (ca. 22 wt%) varieties occur among the mica gneisses in lower parts of the Haisujupukka Formation. Quartzites are mainly potassium-rich types. Only in one orthoquartzite sample from the Niesakero Formation does the maturity (SiO₂ = 90.2%, Al₂O₃ = 3.99%, Na₂O = 0.23%, K₂O = 0.89%) reach the level of an average Precambrian quartzite. Analyses of a section of the Iso Pirttivaara Formation clearly indicate different sources for the metagreywackes and the other metasediments. The volcanic material of the metagreywackes causes them to deviate from the trend of the other metasediments on a SiO₂ vs. Al₂O₃ diagram. Two of the Venejärvi Complex gneiss samples are close to an average Precambrian granite in composition (Condie 1993); these two samples may represent orthogneisses.

The compositional fields of the Teuravuoma and Kolari Formations based on analyses of the LVP, are presented in Figs 26 and 27. The geochemical character of the metalavas in the Teuravuoma Formation is mainly komatiitic, and Fe- and Ti-rich tholeiitic metalavas occur occasionally. The komatiitic rocks form a continuous suite, the MgO content ranging from 5% to 23%. The TiO₂ content varies between 0.4% and 0.8% and the Al₂O₃/TiO₂ ratio is close to chondritic (ca. 20). The LREE-enriched REE patterns and the low Ti/Th ratio suggest upper crustal contamination. The reduction in the MgO content to 5% was due to crystal fractionation after contamination (Väänänen 1989). The pyroclastic schists of the Kolari Formation are mainly tholeiitic. The immobile trace element and REE patterns of the tuffs resemble those of recent ocean floor tholeiites (MORB); there are also indications of calc-alkaline eruptions.

New analyses, mainly from the Kurtakko area, are marked with special sym-

bols and compared with compositional fields of the Teuravuoma and Kolari Formations in Figs 26 and 27. The samples of the units correlative with the Kolari Formation and the extension of the Kolari Formation in the Kurtakko area are divided into tholeiitic, calc-alkaline and komatiitic geochemical groups. The high Cr (4380, 4800 ppm) and Ni (414, 1860 ppm) contents and the low TiO_2 (< 0.4%) and Th (< 1 ppm) contents of two carbonate-bearing komatiitic samples (Kattilamaa) are typical of komatiites, but the low Al_2O_3 contents (ca. 2%) and the high La content (17 ppm) of the other komatiitic sample indicate strong secondary alteration. The samples of the volcanite intercalations of the Haisujupukka Formation are mainly tholeiitic with relatively low TiO_2 (ca. 0.7-1.3%) and Th (ca. 0-2 ppm). Some of these samples suggest contamination with crustal material (e.g., Aidanpäänjänkkä- Th 4 ppm). Tholeiitic and calc-alkaline intercalations occur in correlative units of the Teuravuoma Formation in the Kurtakko area. All REE patterns of rocks from the Kurtakko area, even those from the extension of the Kolari Formation and other units correlative with it, are enriched in LREE (see Fig. 27). LREE enrichment of the calc-alkaline pyroclastites of Kattilamaa and Pitkänkoskenrova is clear. Only the REE pattern of an amygdaloid (Kuusijupukka) approaches typical patterns of the Kolari Formation. A part of the units correlated with the Kolari Formation may represent volcanic intercalations of the Haisujupukka Formation. The LREE enrichments of these intercalations (anal. 139, 145-146, 149) are further indications of contamination by crustal material.

The Kallo and Lakkavaara intrusions of the Haaparanta Suite in the Kolari and Kurtakko areas are I-type, mainly quartz-normative granitoids and partly nepheline-normative montzogabbros (see Figs. 28, 29). The geochemical character of these intrusions resemble that of the KMD Suite of Muonio and Kihlanki (Lehtonen 1988). The available analyses of the Karhujupukka Suite are from amphibolitic rocks of the Karhuvuoma intrusion. The compositions of these samples are mainly nepheline-normative and olivine and/or pyroxene-normative, indicating an SiO_2 -poor system (cf. Fig. 29). There is a good negative correlation between SiO_2 and elements incorporated in oxides such as Fe_2O_3 , TiO_2 and V as seen in the straight mixing lines of oxides and silicates in variation diagrams (Figs 30 A, B, C). The Al_2O_3 - Fe_2O_3 - MgO diagram reflects a magmatic evolution to leucocratic and mafic compositions caused by varying relative abundances of plagioclase, oxides and mafic silicates (Fig. 30 D).

Geological evolution

The geological evolution of the Kolari and Kurtakko areas has been discussed by Väänänen (1989, 1991).

The metalavas of the Teuravuoma Formation extruded in a rift that developed on an Archaean granite gneiss craton. The immature psammitic and pelitic metasediments of the Niesakero and Haisujupukka Formations accumulated during the extension of the rift. The rock associations of the next formations in

the stratigraphy, the Rautuvaara and Kolari Formations, indicate that, with the exception of short volcanic eruptions, the basin was shallow and relatively stable. This stage is interpreted as representing the termination of the extension. The diabases (ca. 2 Ga) associated with the Kolari Formation provide a minimum age for this volcanic stage. The Kolari Formation was followed by the Luosujoki and Tapojärvi Formations, representing an erosional period and unconformity in relation to the older rocks. The accumulation of these thick fluvial formations indicates major topographic differences in the craton, possibly caused by the Svecokarelidic orogeny. The supracrustal rocks of the Kolari and Kurtakko areas underwent polyphase deformation and metamorphism. The strongest deformation phase was D_2 , which also affected synorogenic intrusions (ca. 1.9 Ga) of the Haaparanta Suite. The regional metamorphism was of low-pressure type and varied from low to medium and even high grade.

Economic geology

The Juvakaisenmaa iron deposit has been known since the late 17th century and the Äkäsjokisuu calcite carbonate rock has been exploited since the 1800s (Eskola et al. 1919, Borgström 1928, Mikkola 1941). These deposits are associated with the Rautuvaara and the Kolari Formations, respectively. Several other stratabound skarn iron ore bodies have also been found within the Rautuvaara Formation (Hiltunen 1982). Contact metamorphic and metasomatic effects of the Lakkavaara intrusion played a decisive role in upgrading the ores (cf. Hiltunen 1982). The most important ore deposit in the Kolari area is that of Rautuvaara. After intensive exploration by Suomen Malmi Oy and Rautaruukki Oy in the 1950s and 1960s, the Rautuvaara mine was opened by Rautaruukki Oy in 1975. The output of the Rautuvaara mine consisted solely of magnetite concentrate.

Exploration of the Äkäsjokisuu carbonate rock in the 1950s and 1960s led to the opening of a cement factory at Äkäsjokisuu by Partek Oy in 1968. The aluminium-rich rock used for cement production was initially transported from Sodankylä. In the early 1980s, a quarry of andalusite mica schist of the Tapojärvi Formation was opened on the river Äkäsjoki. Thus the mica schist of the Tapojoki Formation also proved to be a viable industrial mineral deposit. The cement factory (Partek) and the mine and open pit (Rautaruukki Oy) were closed in the late 1980s. Some graphite deposits in the Rautuvaara and Kolari Formation were explored by Rautaruukki Oy in the 1970s, the most promising being those at Saaripudas and Juurakkojärvi in the Kolari area (see Fig. 17). The average graphite content of these deposits is, however, below the economic grade, 20%, for energy production (Sarapää 1982).

In 1988, the GSF discovered a Ti-V-Fe deposit at Karhujupukka and later another at Korttonlehto, in the Kurtakko area (Karvinen et al 1989, Karvinen 1992). The host rocks of three Ti-V-Fe deposit sheets are leucocratic gabbroic rocks of the Karhujupukka Suite. Ti-V-Fe deposits were enriched during mag-

matic differentiation but were later strongly metamorphosed under high grade conditions. The metamorphic granoblastic texture facilitates exploitation of the ore deposits. The amount of ore extractable from an open pit has been estimated at ca. 5 million tonnes (Karvinen 1992). The GSF has also made preliminary dimension stone assessments in the Kolari and Kurtakko areas (Rask 1986).

KIRJALLISUUS - REFERENCES

- Borgström, L. H. 1928.** On the iron ore of Juvakaisenmaa. *Fennia* 50 (20), 20 s.
- Chappel, B.W. & White, A.J.R. 1974.** Two contrasting granite types. *Pac. Geol.* 8, 173-174.
- Ellis, D.J. & Green, D.H. 1979.** An experimental study of the effect of Ca upon garnet clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 71, 13-22.
- Eriksson, T. 1954.** Pre-Cambrian geology of the Pajala district, Northern Sweden. *Sveriges Geologiska Undersökning, Serie C. N:o 522.* 1-38.
- Eskola, P. E., Hackman, V., Laitakari, A. & Wilkman, W. W. 1919.** Suomen kalkkikivi. *Geoteknillisiä julkaisuja* 21. 265 s.
- Ferry, J. M. & Spear, F.S. 1978.** Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 66, 113-117.
- Gaál, G., Berthelsen, A., Gorbatshev, R., Kesola, R., Lehtonen M.I., Marker, M. & Raase, P. 1989.** Structure and composition of the Precambrian crust along the POLAR Profile in the northern Baltic Shield. *Tectonophysics* 162, 1-25.
- Ganguly, J. & Saxena, S.K. 1984.** Mixing properties of aluminosilicate garnets: constraints from natural and experimental data, and applications to geothermobarometry. *American Mineralogist* 69, 88 - 97.
- Geijer, P. 1931.** Berggrunden inom malmtrakten Kiruna-Gällivare-Pajala. Summary: Pre-Cambrian geology of the iron-bearing region Kiruna - Gällivare - Pajala. *Sveriges Geologiska Undersökning, Series C 366.* 225 s.
- Geological Map, Northern Fennoscandia, 1 : 1 mill. 1987.** Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden. Helsinki.
- Hackman, V. 1927.** Studien über den Gesteinaufbau der Kittilä-Lappmark. *Bulletin de la Commission géologique Finlande* 79. 105 s.
- Hiltunen, A. 1982.** The Precambrian geology and skarn iron ores of the Rautuvaara area, northern Finland. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 318. 133 s.
- Hiltunen, A. & Tontti, M. 1976.** The stratigraphy and tectonics of the Rautuvaara iron ore district, northern Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 48, 95-109.
- Hodges, K.V. & Spear, F.S. 1982.** Geothermometry, geobarometry and Al_2SiO_5 triple point at Mt. Moosilauke, New Hampshire. *American Mineralogist* 67, 1118-1134.
- Huhma, H. 1986.** Sm-Nd, U-Pb and Pb-Pb isotopic evidence for the origin of the Early Proterozoic Svecokarelian crust in Finland. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 337. 48 s.
- Hölttä, P. 1988.** Metamorphic zones and the evolution of granulite grade metamorphism in the early Proterozoic Pielavesi area, central Finland. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 344. 50 s.
- IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks 1973.** Classification and nomenclature of plutonic rocks. *Geotimes*, October 1973, 26-30.
- Karhu, J. 1993.** Paleoproterozoic evolution of the carbon isotope ratios of sedimentary carbonates in the Fennoscandian Shield. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 371. 87 s.
- Karvinen, A. 1989.** Kolarin Karhujupakan titaani-vanadiini-rautamalmitutkimukset vuosina 1986-1988, Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M19/2731/89/1/10. 15 s. + 11 liit.
- Karvinen, A. 1992.** Karhujupakan ympäristön titaani-, vanadiini-, rautamalmitutkimukset Kolarissa ja Kittilässä vuosina 1990-1991. *Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M19/2731/92/1/10.* 10 s.
- Karvinen, A., Kojonen, K. & Johanson B. 1989.** Geology and mineralogy of the Karhujupukka Ti-V-Fe deposit in Kolari, Northern Finland. *Teoksessa: S. Autio (toim.) Current Research 1988. Geological Survey of Finland, Special Paper* 10, 95-99.
- Kitunen, K. 1970.** Paraisten Kalkki Oy:n Kolarin sementtitehdas. *Vuoriteollisuus* 1, 25-27.
- Koistinen, T. 1986.** Kittilän Pahtavuoma-Sirkka-alueen rakennegeologiasta ja malminetsinnästä. *Kuvatulkinta. Outokumpu Oy. Malminetsintä. Raportti* 020/2741-2744/TJK/1986.
- Koistinen, T. & Virransalo, P. 1985.** Kittilän Pahtavuoma-Sirkka-alueen rakennegeologiasta ja malminetsinnästä. *Outokumpu Oy. Malminetsintä. Tutkimusraportti, osa I (julkaisematon raportti).*
- Koistinen, T. & Virransalo, P. 1986.** Kittilän Pahtavuoma-Sirkka-alueen rakennegeologiasta

- ja malminetsinnästä. Outokumpu Oy. Malmietsintä. Tutkimusraportti, osa II (julkaisematon raportti).
- Kortelainen, V. 1983.** Sirkka-konglomeraatin ja Levitunturin kvartsiitin sedimentologia Kittilässä. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, geologian ja paleontologian laitos. 101 s.
- Kuivasaari, T. 1980.** Rautuvaaran kaivoksen geologiasta. Pro gradu-tutkielma. Turun yliopisto, geologian ja mineralogian osasto. 86 s.
- Kuivamäki, A. 1986.** Havaintoja Venejärven ja Ruostejärven postglasiaalisista siirroksista. Geologian tutkimuskeskus, ydinjätteiden sijoitustutkimukset. Tiedonanto YST - 52. 20 s.
- Kärki, A., Laajoki, K. & Luukas, J. 1993.** Major Paleoproterozoic shear zones of the central Fennoscandian Shield. *Precambrian Research* 64, 207-223.
- Lackschewitz, W. 1958.** Geologisch-petrographische Untersuchungen im Praekambrium von Kolari-Äkäsjoen suu in West Lapland. Pro gradu-avhandling, Åbo Akademi. 73 s.
- Lappalainen, M. 1994.** Kallioperän monivaiheisen deformaation ja alhaisen paineen metamorfoosin suhde Rovaniemen ympäristössä. Pro gradu-tutkielma, Oulun yliopisto, geologian laitos. 64 s.
- Lauerma, R. 1982.** On the ages of some granitoid and schists complexes in Northern Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 54, 85-100.
- Lehtonen, M. 1981.** Kihlanki. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000, kallioperäkartta, lehti 2714. Geologinen tutkimuslaitos.
- Lehtonen, M. 1984.** Muonion kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Muonio map-sheet area. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000 kallioperäkartojen selitykset, lehti 2723. Geologian tutkimuskeskus. 71 s.
- Lehtonen, M. 1988.** Muonion-Kihlangin alueen geologiasta ja granitoidien petrokemiasta. Lisensiaattitutkielma. Helsingin yliopisto, geologian laitos. 102 s.
- Lehtonen, M., Manninen T., Rastas, P., Väänänen, J., Roos, S.I. & Pelkonen R. 1984.** Geological map of Central Lapland, Northern Finland, 1 : 200 000. Espoo: Geological Survey of Finland.
- Lehtonen, M., Manninen T., Rastas, P., Väänänen, J., Roos, S.I. & Pelkonen R. 1985a.** Keski-Lapin geologisen kartan selitys. Summary and discussion: Explanation to the geological map of Central Lapland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 71. 56 s.
- Lehtonen, M., Rastas, P. & Väänänen J. 1985b.** Geological map of West Northern Finland, 1 : 200 000. Espoo: Geological Survey of Finland.
- Lehtonen, M., Manninen, T & Rastas, P. (toim.) 1986.** Lapin vulkaniittiprojekti. Vuosikertomus 1985. Geologian tutkimuskeskus, raportti K/1986/1. 33 s.
- Lehtonen, M. I., Manninen, T., Rastas, P. & Räsänen, J. 1992.** On the early Proterozoic metavolcanic rocks in Finnish Central Lapland. Teoksessa: Balagansky, V. & Mitrofanov, F. (toim.) Correlation of Precambrian Formations of the Kola-Karelian Region and Finland. Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, 1992. 86 s.
- Lehtonen, M., Airo, M-L., Eilu, P., Hanski, E., Kortelainen, V., Lanne, E., Manninen, T., Rastas, P., Räsänen, J. & Virransalo, P. 1998.** Kittilän vihreäkivialueen geologia. Summary: The stratigraphy, petrology and geochemistry of the Kittilä greenstone area, Northern Finland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 140. 144 s.
- Manninen, T. 1991.** Sallan alueen vulkaniitit. Lapin vulkaniittiprojektin raportti. Summary: Volcanic rocks in the Salla Area, northeastern Finland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 104. 97 s.
- Mehnert, K. R. 1971.** Migmatites and origin of granitic rocks. Amsterdam: Elsevier. 405 s.
- Metamorphic, Structural and Isotopic Age Map, Northern Fennoscandia, 1 : 1 mill. 1988.** Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden, Helsinki.
- Mikkola, E. 1936.** Muonio. Suomen geologinen yleiskartta 1 : 400 000, kivilajikartta, lehti B7. Suomen geologinen toimikunta.
- Mikkola, E. 1937.** Sodankylä. Suomen geologinen yleiskartta 1 : 400 000, kivilajikartta, lehti C7. Suomen geologinen toimikunta.
- Mikkola, E. 1941.** Muonio-Sodankylä-Tuntsajoki. Suomen geologinen yleiskartta 1 : 400 000, kivilajikartan selitys, lehdet B7-C7-D7. Suomen geologinen toimikunta. 286 s.
- Mikkola, T. 1960.** Kolarin rautamalmeista. *Geologi*, 12 (8), 89-90.
- Miyashiro, A. 1975.** Metamorphism and metamorphic belts. London: George Allen & Unwin Ltd. 492 s.
- Moecher, D.P., Essene, E.J. & Anovitz, L.M. 1988.** Calculation and application of clinopyroxene-garnet-plagioclase-quartz geobarometres. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 100, 92-06.

- Mäkelä, M. & Tammenmaa, J. 1978.** Lapin rikki-isotooppitutkimus vuosina 1974-1976. Summary: Sulfur isotope studies in Finnish Lapland, 1974-1976. Geologinen tutkimuslaitos, Tutkimusraportti 24. 64 s.
- Newton, R.C. & Perkins, D. 1982.** Thermodynamic calibration of geobarometres based on the assemblages garnet-plagioclase-orthopyroxene(clinopyroxene)-quartz. *American Mineralogist* 67, 203-222.
- Nikula, R. 1985.** Sodankylän Vörttiö- ja Vörttiövaaran metasedimenttien paleosedimenttaatioympäristöt. Pro gradu -tutkielma. Oulun yliopisto, geologian laitos, 109 s.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature (NACSN) 1983.** North American stratigraphic code. *AAPG Bulletin* 67 (5), 841-875.
- Nurmi, H. 1989.** Kolarin Äkäsjokisuun kalkkikiviesiintymä. Pro gradu-tutkielma. Turun yliopisto, geologian ja mineralogian osasto, 81 s.
- Nystuen, J. P. 1989.** (toim.): Rules and recommendations for naming geological units in Norway. By the Norwegian committee on stratigraphy (NCS), 1989. Regler og råd for navnsetting av geologiske enheter i Norge. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 66, suppl. 1. 96 s.
- Paakkola, J., Piirainen, T. & Piispanen, R. 1986.** Geologiset prosessit ja niiden malminmuodostus. Teoksessa: Papunen, H., Haapala, I & Rouhunkoski, P. (toim.) Suomen malmigeologia. Metalliset malmiesiintymät. Helsinki: Suomen Geologinen Seura ry. 317 s.
- Padget, P. 1977.** Beskrivning till berggrundskartbladen Pajala NV, NO, SV, SO. Sveriges Geologiska Undersökning Series Af, Nr 21-21. 73 s.
- Perchuk, L.I & Lavrenteva, I.V. 1983.** Experimental investigation on exchange equilibria in the system cordierite-garnet-biotite. Teoksessa: Saxena, S.K. (toim.) Kinetics and equilibria in mineral reactions. *Adv. in Phys. Geochem.* 3, 199-239.
- Pettijohn, F. 1975.** Sedimentary Rocks. Third Edition. New York: Harper & Row Publishers. 628 s.
- Pigage, L.C. & Greenwood, H.J. 1982.** Internally consistent estimates of pressure and temperature: The staurolite problem. *American Journal of Science* 282, 943-969.
- Powell, R. & Holland, T.J.B. 1988.** An internally consistent dataset with uncertainties and correlations; Applications to geobarometry, worked examples and computer program. *Journal of Metamorphic Geology* 6, 173-204.
- Rantataro, J. 1988.** Kallon batoliitin ja ympäröivien Lapponin liuskeiden geologiasta. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, geologian laitos. 133 s.
- Rask, M. 1986.** Pohjois-Suomen rakennuskiviesiintymät. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M 10.1/-86/1/86. 40 s.
- Rask, M. 1982.** Kohtalaisen paineen metamorfoosista Kelujärven alueen metapeliiteissä Keski-Lapissa. *Res Terrae, Ser. B, No. 5*, 81-97.
- Rastas, P. 1980.** Stratigraphy of the Kittilä area. Teoksessa: Silvennoinen, A. (toim.) Jatulian geology in the eastern part of the Baltic Shield. Proceedings of a Finnish-Soviet Symposium held in Finland 21-26th August 1979. The Committee for Scientific and Technical Cooperation between Finland and Soviet Union, Rovaniemi. 145-151.
- Rastas, P. 1984.** Kittilä. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000, kallioperäkartta, lehti 2732. Geologinen tutkimuslaitos.
- Räsänen, J., Hanski, E. & Lehtonen, M. 1989.** Komatiites, low-Ti basalts and andesites in the Möykkelmä area, Central Finnish Lapland. Report of the Lapland Volcanite Project. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 88. 41 s.
- Räsänen, J., Hanski, E., Juopperi, H., Kortelainen, V., Lanne, E., Lehtonen, M., Manninen, T., Rastas, P. & Väänänen, J. 1995.** New stratigraphical map of Central Finnish Lapland. Teoksessa: Kohonen, T. & Lindberg, B (toim.) Abstracts. The 22nd Nordic Geological Winter meeting, Turku, 1996. s. 182.
- Salkh, N. A. 1964.** Studien über das Rautuvaara-Erzgebiet in Finnisch-Lappland. Wienin yliopisto. 86 s. (väitöskirja)
- Sarapää, O. 1982.** Grafiitin käyttömahdollisuudet energiantuotannossa ja tarkoitukseen soveltuvien grafiittiesiintymien löytymismahdollisuudet Suomessa. Abstract: Usability of graphite in the production of energy and the likelihood of finding suitable graphite deposits in Finland. Geologinen tutkimuslaitos. Malmiosasto. Grafiittitutkimus. M 81/1982/1.
- Sederholm, J. 1932.** On the geology of Fennoscandia with special reference to Precambrian. *Bulletin de la Commission géologique Finlande*, 98. 30 s.
- Silvennoinen, A., Honkamo, M., Juopperi, H., Lehtonen, M., Mielikäinen, P., Perttunen, V., Rastas, P., Räsänen, J., & Väänänen, J. 1980.** Main features of the stratigraphy of North Finland. Teoksessa: Silvennoinen, A. (toim.) Jatulian geology in the eastern part of the Baltic Shield. Proceedings of a Finnish-Soviet Symposium held in Finland 21-26th

- August 1979. The Committee for Scientific and Technical Co-operation between Finland and the Soviet Union, Rovaniemi. 153-162.
- Silvennoinen, A. 1985.** On the Proterozoic stratigraphy of Northern Finland. Teoksessa: Laajoki, K. & Paakkola, J. (toim.) Proterozoic exogenic processes and related metallogeny. Proceedings of the symposium held in Oulu, Finland, August 15-16, 1983. Geological Survey of Finland, Bulletin 331. 107-116.
- Streckeisen, A.L. and Le Maitre, 1979.** A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen 136, 196-206.
- Stigzelius, H. & Ervamaa, P. 1962.** Lapin kivennäisvarat. English Summary: Mineral Resources of Lapland. Geoteknillisiä julkaisuja 67. 56 s.
- Tuisku, P. 1985.** The origin of scapolite in the Central Lapland schist area, northern Finland; preliminary results. Teoksessa: Laajoki, K. & Paakkola, J. (toim.) Proterozoic exogenic processes and related metallogeny. Proceedings of the symposium held in Oulu, Finland, August 15-16, 1983. Geological Survey of Finland, Bulletin 331, 159-173.
- Turunen, P. 1992.** Geofysikaaliset malminetsintätutkimukset Kolarin Karhujupukassa ja Kittilän Hävityskuusikossa vuosina 1987-1991. Geologian tutkimuskeskus. Pohjois-Suomen aluetoimisto, työraportti Q 19/2731/1992/1. 22 s., 70 liitettä.
- Virransalo, P. 1987.** Lapin vulkaniittiprojekti. Rakennegeologinen raportti. Geologian tutkimuskeskus. Julkaisematon raportti.
- Vormisto, K. 1968.** Kittilä, Kaakkuri Ktä/2, Lainionkangas Ktä/3. Tutkimusraportti. OKME/Rovaniemi.
- Veriö, A., Kuivamäki, A. & Vuorela, P. 1993.** Kallioperän murroslinjojen nykyliikunnoista. Maanmittauslaitoksen murroslinjaväaaitukset 1974-1992. Tiedonanto YST-84. Geologian tutkimuskeskus. Ydinjätteiden sijoitustutkimukset. 189 s.
- Väänänen, J. 1982.** Kolarin alueen kallioperän metamorfoosista. Res Terrae, Ser. B, No. 5, 108-122.
- Väänänen, J. 1984.** Kolari. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000, kallioperäkartta, lehti 2713. Geologinen tutkimuslaitos.
- Väänänen, J. 1986.** Aluetutkimukset. Kolari. Teoksessa: Lehtonen, M., Manninen T. & Rastas, P. (toim.), Lapin vulkaniittiprojekti, vuosikertomus 1985. Geologian tutkimuskeskus, Reaportti K/1986/1, 17-21.
- Väänänen, J. 1987a.** Aluetutkimukset. Kolari. Teoksessa: Manninen T., Hanski, E., & Kesola, R. (toim.), Lapin vulkaniittiprojekti, vuosikertomus 1986. Geologian tutkimuskeskus, Raportti K/1987/1, 19-23.
- Väänänen, J. 1987b.** Geochemistry of Proterozoic komatiitic and tholeiitic metavolcanics of the Kolari area, Finnish Lapland. Teoksessa: Abstracts, IGCP 217 Symposium 'Proterozoic geochemistry', Lund, June 3-6, 1987, s. 88.
- Väänänen, J. 1989.** Kolarin alueen vulkaniitit, Lapin vulkaniittiprojektin raportti. Summary: Volcanic rocks of the Kolari area, western Finnish Lapland. Report of the Lapland Volcanite Project. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti. 86. 79 s.
- Väänänen, J., 1990.** Geochemistry and stratigraphic position of the Early Proterozoic volcanic rocks of the Kolari area, Northwestern Finland. Teoksessa: Abstracts, IGCP 217 Symposium 'Proterozoic geochemistry', Helsinki, December 13-14, 1990, s. 45.
- Väänänen, J. 1991.** Kolari area. Teoksessa: Tuisku, P. & Laajoki, K. (editors), Excursion guide to Lapland 21-24 August. Metamorphism, deformation and structure of the crust, Oulu, Finland, 26-27 August 1991. Res Terrae, Ser. A, No 6, Oulu 1991, 19-23.
- Väänänen, J. 1992.** Kurtakko. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000, kallioperäkartta, lehti 2731. Geologian tutkimuskeskus.
- Ward, P., Härkönen, I., Nurmi, P. & Pankka, H. 1989.** Structural studies in the Lapland greenstone belt, northern Finland and their application to gold mineralization. Julkaisussa: Autio, S. (toim.) Current Research 1988. Geological Survey of Finland, Special Paper 10, 71-77.
- Winkler, H. 1979.** Petrogenesis of metamorphic rocks. 5. painos Springer-Verlag, New York. Heidelberg. 348 s.
- Yardley, B., W., D. 1989.** An introduction to Metamorphic Petrology. London: Longman. 248 s.
- Ödman, O. 1957.** Berkrivning till bergsgrundkarta över urberget i Norrbottens län. Sveriges Geologiska Undersökning Serie Ca 41. 151 s.
- Ödman, O., Härme, M., Mikkola, A. & Simonen, A. 1949.** Den svensk-finska exkursionen i Tornedalen sommaren 1948. Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar 71, 113-126.

Liite 1 - Appendix 1

Taulukko 3. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden sedimenttikivien kemiallisia koostumuksia.

Table 3. Chemical compositions of sedimentary rocks in the Kolari and Kurtakko map-sheet areas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂ %	82,59	73,45	86,59	76,93	63,76	83,40	80,66	61,18	84,97	72,98	63,56	61,14	57,57	76,95
TiO ₂	0,30	0,42	0,22	1,13	0,62	0,25	0,79	0,71	0,11	0,61	0,64	1,50	2,00	0,98
Al ₂ O ₃	9,15	12,97	6,38	8,02	17,27	7,96	7,25	18,91	7,25	15,03	16,42	12,10	12,07	7,61
Fe ₂ O ₃ tot	1,25	3,10	0,75	5,99	6,18	1,09	2,04	6,28	1,11	1,31	6,10	12,87	14,41	7,91
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,08	0,04	0,00	0,00	0,09	0,07	0,19	0,08
MgO	0,68	1,45	0,58	1,31	3,15	0,79	2,11	2,61	0,80	0,88	2,85	5,35	2,93	1,76
CaO	0,69	0,36	0,26	0,74	1,03	0,53	2,35	1,23	0,31	0,46	0,92	2,02	7,85	1,58
Na ₂ O	3,62	3,81	1,19	0,69	2,64	0,99	1,07	3,30	2,48	1,47	2,46	2,69	2,42	1,60
K ₂ O	0,51	3,55	2,53	2,85	4,66	3,05	2,16	4,43	1,85	5,91	5,23	1,92	0,16	1,18
P ₂ O ₅	0,07	0,10	0,10	0,08	0,14	0,09	0,09	0,11	0,04	0,11	0,16	0,08	0,08	0,07
<i>Summa</i>	<i>98,86</i>	<i>99,21</i>	<i>98,60</i>	<i>97,74</i>	<i>99,49</i>	<i>98,15</i>	<i>98,60</i>	<i>98,80</i>	<i>98,92</i>	<i>98,76</i>	<i>98,43</i>	<i>99,75</i>	<i>99,69</i>	<i>99,72</i>

1	112A-JTV-78	Arkoosikvartsiiiti- <i>Arkose quartzite</i>	Mettojätkänharju	7487.95	2488.18
2	112B-JTV-78	Arkoosikvartsiiiti- <i>Arkose quartzite</i>	Mettojätkänharju	7487.95	2488.18
3	113-JTV-78	Kvartsiiiti- <i>Quartzite</i>	Mettojätkänharju	7487.77	2487.93
4	213B-JTV-78	Serisiittikvartsiiiti- <i>Sericite quartzite</i>	Lietorova	7487.70	2483.31
5	248-JTV-78	Kiilleliuske- <i>Mica schist</i>	Muonionjoki	7485.10	2477.52
6	12-JTV-79	Kvartsiiiti- <i>Quartzite</i>	Pissilaki	7489.76	2485.32
7	18-JTV-79	Kvartsiiiti- <i>Quartzite</i>	Pissilaki	7489.38	2485.86
8	21-JTV-79	Kiilleliuske- <i>Mica schist</i>	Muonionjoki	7485.10	2477.52
9	105-JTV-79	Arkoosigneissi- <i>Arkose gneiss</i>	Muonionjoki	7484.09	2485.94
10	49-JTV-80	Kvartsiiiti- <i>Quartzite</i>	Lietorova	7489.10	2484.42
11	81B-JTV-80	Kiillegneissi- <i>Mica gneiss</i>	Muonionjoki	7484.46	2485.96
12	709.1-LVP-85	Metagrauvakka- <i>Metagraywacke</i>	Pirttivaara	7460.71	2486.91
13	709.4-LVP-85	Metagrauvakka- <i>Metagraywacke</i>	Pirttivaara	7460.71	2486.92
14	709.5-LVP-85	Ark. matriksi- <i>Arkosic matrix</i>	Pirttivaara	7460.71	2486.92
1-10.		Tapojärven muodostuma - <i>Tapojärvi Formation</i>			
11-14.		Ison Pirttivaaran muodostuma - <i>Iso Pirttivaara Formation</i>			

Liite 1 (jatkoa) Appendix 1 (continued)

Taulukko 3. (jatkoa)

Table 3.(continued)

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
SiO ₂ %	61,85	92,48	58,97	81,16	81,65	84,01	67,29	71,99	73,34	72,16	76,32	74,12	72,14	62,10	81,30	56,87	70,92
TiO ₂	1,18	0,11	0,95	0,65	0,65	0,29	0,37	0,61	0,51	0,13	0,13	0,34	0,48	0,65	0,31	0,88	0,37
Al ₂ O ₃	11,61	3,30	12,51	6,59	7,12	8,50	12,99	12,19	12,43	16,36	12,31	13,22	13,70	15,77	9,01	22,23	15,33
Fe ₂ O ₃ tot	12,91	1,46	12,58	5,85	5,49	1,96	4,69	5,45	4,16	0,88	2,57	2,19	3,31	8,32	2,59	9,42	3,28
MnO	0,19	0,03	0,22	0,09	0,08	0,00	0,08	0,07	0,05	0,02	0,02	0,04	0,06	0,16	0,03	0,09	0,05
MgO	5,64	0,48	6,04	1,44	1,46	1,26	4,82	1,78	1,09	0,10	0,13	0,45	0,54	3,93	1,12	1,80	0,58
CaO	2,43	1,40	5,01	1,38	0,66	0,18	2,54	2,31	2,11	1,61	0,55	1,04	1,53	3,61	1,49	1,15	2,42
Na ₂ O	1,23	0,33	1,86	1,38	0,93	1,02	3,29	2,78	3,01	5,22	4,08	3,04	3,09	2,15	1,93	1,99	4,09
K ₂ O	2,56	0,08	1,51	1,07	1,56	2,27	3,48	2,35	2,94	3,21	3,63	5,25	4,68	2,92	1,80	4,91	2,60
P ₂ O ₅	0,08	0,04	0,07	0,06	0,08	0,05	0,09	0,08	0,08	0,02	0,01	0,07	0,11	0,12	0,03	0,28	0,05
Summa	99,69	99,71	99,72	99,68	99,69	99,53	99,64	99,60	99,72	99,71	99,74	99,76	99,64	99,73	99,61	99,63	99,69

15	709.6-LVP-85	Metagrauvakka- <i>Metagraywacke</i>	Pirttivaara	7460.71	2486.92
16	709.10-LVP-85	Kvartsipallo- <i>Quartz pebble</i>	Pirttivaara	7460.71	2486.93
17	709.11-LVP-85	Metagrauvakka- <i>Metagraywacke</i>	Pirttivaara	7460.71	2486.93
18	709.12-LVP-85	Kvartsitti- <i>Quartzite</i>	Pirttivaara	7460.71	2486.94
19	709.14-LVP-85	Kvartsitti- <i>Quartzite</i>	Pirttivaara	7460.71	2486.94
20	85B-JTV-80	Arkoosigneissi- <i>Arkose gneiss</i>	Muonionjoki	7484.16	2486.91
21	R5-66.05-LVP	Külleigneissi- <i>Mica gneiss</i>	Pohjasenvaara	7465.22	2494.54
22	R5-71.37-LVP	Külleigneissi- <i>Mica gneiss</i>	Pohjasenvaara	7465.22	2494.54
23	R5-75.92-LVP	Arkoosigneissi- <i>Arkose gneiss</i>	Pohjasenvaara	7465.22	2494.54
24	R5-79.17-LVP	Arkoosigneissi- <i>Arkose gneiss</i>	Pohjasenvaara	7465.22	2494.54
25	R5-87.45-LVP	Arkoosigneissi- <i>Arkose gneiss</i>	Pohjasenvaara	7465.22	2494.54
26	14-MET-79	Arkoosigneissi- <i>Arkose gneiss</i>	Muotkavaara	7460.60	2509.85
27	19-MET-79	Arkoosigneissi- <i>Arkose gneiss</i>	Nenävaara	7468.31	2507.64
28	46-JTV-81	Külleigneissi- <i>Mica gneiss</i>	Haisujupukka	7472.78	2528.05
29	R301 83.50	Külleigneissi- <i>Mica gneiss</i>	Karhujupukka	7466.97	2520.85
30	48-KJL-78	Sillimanittigneissi- <i>Sillimanite gneiss</i>	Karhupalo	7470.33	2521.40
31	6C-JTV-84	Külleigneissi- <i>Mica gneiss</i>	Oravavaara	7469.86	2519.65
15-19.	Ison Pirttivaaran muodostuma - <i>Iso Pirttivaara Formation</i>		21-27.	Venejärven kompleksi - <i>Venejärvi Complex</i>	
20.	Niesakeron muodostuma - <i>Niesakero Formation</i>				
28-31.	Haisujupakan muodostuma - <i>Haisujupukka Formation</i>				

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 4. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden vulkaniittien ja eräiden juonikivien kemiallisia koostumuksia (jatkuu).

Table 4. Chemical compositions of volcanic rocks and some dyke rocks in the Kolari and Kurtakko map-sheet areas (continues).

	32	33	34	35	36	37	38
SiO ₂ %	43,90	73,60	67,00	50,30	60,70	61,30	51,60
TiO ₂	0,44	0,30	0,40	0,59	0,37	0,40	0,89
Al ₂ O ₃	12,00	15,20	16,20	14,20	15,00	14,70	15,20
Fe ₂ O ₃ tot	2,52	0,53	1,07	4,79	5,02	4,25	12,20
MnO	0,10	0,01	0,02	0,05	0,03	0,04	0,05
MgO	6,30	0,50	1,37	6,72	6,28	6,44	7,66
CaO	13,80	1,32	3,31	8,87	3,73	3,80	4,04
Na ₂ O	6,13	7,99	8,42	5,54	7,26	7,24	5,64
K ₂ O	0,12	0,15	0,17	2,50	0,88	0,66	2,45
P ₂ O ₅	0,08	0,08	0,11	0,08	0,14	0,14	0,04
C	4,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Summa</i>	<i>89,39</i>	<i>99,67</i>	<i>98,07</i>	<i>93,64</i>	<i>99,40</i>	<i>98,97</i>	<i>99,77</i>
As ppm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6
Sb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Au	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004
La	11,7	32,2	11,7	6,9	6,9	4,4	9
Sm	2,7	5	2,4	0,7	2,3	2,7	2,4
Lu	0,2	0,2	0	0,2	0,3	0,3	0,3
Cr	75	46	64	121	224	137	183
Ni	40	24	21	43	41	54	104
Co	4,6	2,4	3,8	21	30	37	45
Sc	42	6,1	4,4	18,3	14,8	8,6	62,2
Ba	42,6	40,4	34,8	41	29	47,8	150
Rb	8,8	10	8,8	121	41,3	27,3	88,9
Ta	0,8	0,4	0,6	0,7	0,2	0,4	0,2
U	1,7	2,1	1,1	1,1	0,2	1,9	0,6
Th	12,2	7,8	9,3	9,6	2	8,8	0,3
Br	0,4	0,7	0,3	0,4	2	0,9	3,3
Cu	10	10	10	10	20	20	20
Cs	0,4	0,4	0,4	3,7	1,3	0,8	3
S	60	20	10	30	670	1090	410
V	60	30	50	150	120	70	310
Zr	110	250	200	130	90	160	50
Sr	40	10	20	40	20	20	40

32	R19	20.50	Tuffiitti-Tuffite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
33	R19	26.00	Tuffiitti-Tuffite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
34	R19	41.90	Tuffiitti-Tuffite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
35	R19	57.00	Tuffiitti-Tuffite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
36	R19	68.00	Tuffiitti-Tuffite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
37	R19	72.70	Tuffiitti-Tuffite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
38	R19	81.60	Tuffiitti-Tuffite	Kattilamaa	7478.29	2500.46

32-38. Kolarin muodostuman koilliset jatkeet - *Northeastern extension of the Kolari Formation*

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 4. (jatkoa)
Table 4. (continued)

	39	40	41	42	43	44	45
SiO ₂ %	52,30	52,20	43,50	44,80	49,20	51,50	61,60
TiO ₂	0,68	0,99	0,94	1,46	0,73	0,51	0,74
Al ₂ O ₃	15,40	15,00	11,60	11,70	18,10	14,50	15,10
Fe ₂ O ₃ tot	10,87	12,70	15,44	22,59	8,71	3,00	1,72
MnO	0,04	0,04	0,07	0,05	0,03	0,05	0,05
MgO	7,85	6,20	5,01	5,96	5,83	5,67	2,65
CaO	3,61	4,05	12,80	5,74	6,43	9,84	6,74
Na ₂ O	5,44	6,30	5,39	5,40	5,23	6,26	7,72
K ₂ O	3,14	2,24	0,95	1,07	2,69	1,46	0,06
P ₂ O ₅	0,02	0,06	0,09	0,12	0,06	0,11	0,16
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Summa</i>	<i>99,35</i>	<i>99,78</i>	<i>95,79</i>	<i>98,90</i>	<i>97,01</i>	<i>92,91</i>	<i>96,53</i>
As ppm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6
Sb	0,09	0,15	0,16	0,07	0,06	0,33	0,38
Au	0,004	0,004	0,004	0,022	0,004	0,003	0,009
La	64,8	6,9	8,5	5,8	4,5	42,1	22,8
Sm	7,4	2,5	1,5	1,7	1,7	5,4	6,4
Lu	0,1	0,4	0,9	0,3	0,4	0,1	0,4
Cr	200	153	29	31	25	73	84
Ni	48	80	113	90,1	38,1	23,8	22,7
Co	51	36	213	143	45	7,6	5,4
Sc	65	60	45	67	52	14	19
Ba	177	78	50	55	150	62	37
Rb	113	119	39	42	107	54	8
Ta	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,9	0,7
U	0,5	0,4	0,6	0,2	0,1	1,4	1,4
Th	0,4	0,6	0,3	0,4	0,3	14,5	9,1
Br	0,5	0,5	1,7	0,9	12,2	0,3	0,3
Cu	30	30	960	480	20	10	20
Cs	3,7	3,3	0,9	0,8	2	2,5	0,4
S	170	110	18100	15300	790	70	100
V	270	360	320	680	240	70	120
Zr	30	60	70	100	60	130	150
Sr	40	30	60	40	90	30	20

39	R19	84.60	Tuffiitti-Tuffite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
40	R19	90.15	Massam. vulkaniitti-Massive volcanite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
41	R19	93.70	Massam. vulkaniitti-Massive volcanite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
42	R19	98.10	Massam. vulkaniitti-Massive volcanite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
43	R19	117.50	Massam. vulkaniitti-Massive volcanite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
44	R19	32.20	Tuffiitti-Tuffite	Kattilamaa	7478.29	2500.46
45	R21	28.05	Silttikivi-Siltstone	Pitkänkoskenrova	7476.36	2497.26

39-45. Kolarin muodostuman koilliset jatkeet - Northeastern extension of the Kolarin Formation

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 4. (jatkoa)
 Table 4. (continued)

	46	47	48	49	50	51	52
SiO ₂ %	49,20	55,30	40,20	36,40	64,30	63,80	70,10
TiO ₂	0,88	0,75	0,27	0,26	0,56	0,60	0,49
Al ₂ O ₃	15,40	16,60	1,76	2,12	15,30	15,50	13,50
Fe ₂ O ₃ tot	4,70	1,26	6,43	7,45	4,06	4,52	3,07
MnO	0,05	0,08	0,13	0,07	0,01	0,01	0,01
MgO	6,11	3,59	15,10	26,00	6,87	6,48	4,32
CaO	8,20	6,63	20,60	10,60	0,78	0,47	1,19
Na ₂ O	5,78	8,60	0,40	0,00	7,30	5,90	6,65
K ₂ O	2,67	0,08	0,09	0,77	0,51	1,86	0,46
P ₂ O ₅	0,22	0,21	0,04	0,03	0,16	0,16	0,15
C	n.d.	n.d.	2,96	4,10	n.d.	n.d.	n.d.
Summa	93,20	93,09	87,98	87,79	99,86	99,29	99,94
As ppm	0,5	0,4	1	0,4	0,4	0,4	0,4
Sb	0,2	1	0,2	0,8	0,1	0,1	0,2
Au	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
La	17,3	31,8	17,5	2,8	5,8	22,7	16,7
Sm	2,9	4,5	3,1	0,8	1,3	4,4	2,7
Lu	0,4	0,3	0,1	0,3	0,2	0,3	0
Cr	203	164	4380	4800	117	121	104
Ni	40	27	414	1860	55	63	37
Co	15	3	17	27	5	6	4
Sc	43	24	14	11	17	19	12
Ba	92	44	31	42	36	38	36,6
Rb	87	10	5	22	9	62	17
Ta	0,3	0,6	0,1	0,1	0,6	0,8	0,6
U	0,9	1,8	1,6	0,1	0,4	0,4	0,7
Th	2,9	9,2	0,2	0,2	12,5	10,4	9,4
Br	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
Cu	20	10	20	20	10	10	10
Cs	5,4	0,5	0,3	2,3	0,4	1,5	0,4
S	50	10	20	20	40	30	50
V	280	110	200	80	70	70	60
Zr	100	120	30	20	190	200	220
Sr	20	20	30	30	20	20	20

46	R21	29.60	Tuffiitti-Tuffite	Pitkäkoskenrova	7476.36	2497.26
47	R21	39.80	Silttikivi-Siltstone	Pitkäkoskenrova	7476.36	2497.26
48	R21	42.70	Massam. vulkaniitti-Massive volcanite	Pitkäkoskenrova	7476.36	2497.26
49	R21	48.70	Massam. vulkaniitti-Massive volcanite	Pitkäkoskenrova	7476.36	2497.26
50	R21	62.90	Silttikivi-Siltstone	Pitkäkoskenrova	7476.36	2497.26
51	R21	69.40	Silttikivi-Siltstone	Pitkäkoskenrova	7476.36	2497.26
52	R21	72.30	Silttikivi-Siltstone	Pitkäkoskenrova	7476.36	2497.26

46-52. Kolarin muodostuman koilliset jatkeet - Northeastern extension of the Kolar Formation

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 4. (jatkoa)
Table 4. (continued)

	53	54	55	56	57	58	59
SiO ₂ %	65,60	59,20	59,90	64,50	59,80	59,70	58,40
TiO ₂	0,49	0,67	0,70	0,66	0,74	0,67	0,68
Al ₂ O ₃	14,60	15,10	16,60	15,00	16,10	16,00	15,40
Fe ₂ O ₃ tot	3,19	5,93	6,21	4,39	5,98	6,72	7,58
MnO	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
MgO	4,73	6,68	5,45	6,54	5,90	5,73	5,45
CaO	2,13	3,85	1,34	0,88	2,29	2,01	1,02
Na ₂ O	7,25	6,98	7,48	7,73	7,59	7,44	6,38
K ₂ O	0,07	0,67	1,14	0,05	1,14	1,43	2,55
P ₂ O ₅	0,13	0,15	0,15	0,17	0,16	0,15	0,13
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Summa</i>	<i>98,20</i>	<i>99,26</i>	<i>98,98</i>	<i>99,94</i>	<i>99,71</i>	<i>99,86</i>	<i>97,60</i>
As ppm	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Sb	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1
Au	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
La	9,5	37	19,1	6,9	1,2	22,3	17,8
Sm	2,7	6,8	3,9	2,7	3,6	3,8	3,2
Lu	0,2	0,2	0,4	0	0,3	0,1	0,2
Cr	131	142	114	122	151	141	119
Ni	37	41	42	24	26	31	32
Co	4	7	7	8	10	10	11
Sc	12,5	21,9	22,9	16	24,7	20,2	18,5
Ba	31,4	43,3	37,8	36,9	59,5	67,1	70,9
Rb	7,1	22,6	36,9	8,26	37,1	41,9	80,6
Ta	0,6	0,8	0,6	0,6	1	0,6	0,8
U	0,6	1,6	0,9	1,1	1,2	0,9	0,8
Th	9	13,1	10,9	8,3	12,8	11,3	10,6
Br	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3
Cu	10	10	10	10	10	10	20
Cs	0,3	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5	1
S	510	610	480	490	520	320	330
V	80	140	160	110	140	130	130
Zr	200	190	160	200	190	180	160
Sr	20	20	30	20	20	30	20

53	R21	80.80	Silttikivi- <i>Siltstone</i>	Pitkänkoskenrova	7476.36	2497.26
54	R21	84.65	Silttikivi- <i>Siltstone</i>	Pitkänkoskenrova	7476.36	2497.26
55	R21	87.00	Tuffiitti- <i>Tuffite</i>	Pitkänkoskenrova	7476.36	2497.26
56	R21	90.30	Tuffiitti- <i>Tuffite</i>	Pitkänkoskenrova	7476.36	2497.26
57	R21	93.20	Tuffiitti- <i>Tuffite</i>	Pitkänkoskenrova	7476.36	2497.26
58	R21	97.40	Tuffiitti- <i>Tuffite</i>	Pitkänkoskenrova	7476.36	2497.26
59	R21	100.50	Tuffiitti- <i>Tuffite</i>	Pitkänkoskenrova	7476.36	2497.26

53-59. Kolarin muodostuman koilliset jatkeet - *Northeastern extension of the Kolar Formation*

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 4. (jatkoa)
 Table 4. (continued)

	60	61	62	63	64	65	66
SiO ₂ %	55,00	53,50	54,40	48,90	52,50	49,60	58,20
TiO ₂	0,91	0,90	0,59	0,72	1,19	0,75	1,38
Al ₂ O ₃	12,70	15,60	14,20	16,20	13,40	9,95	11,40
Fe ₂ O ₃ tot	11,30	10,50	9,97	12,00	12,40	16,10	12,00
MnO	0,16	0,18	0,17	0,09	0,18	0,27	0,17
MgO	6,87	5,80	6,43	7,39	6,41	8,59	5,59
CaO	8,86	7,45	9,57	7,72	8,25	11,70	6,49
Na ₂ O	2,92	3,63	3,40	3,97	3,16	1,81	3,29
K ₂ O	0,96	1,78	0,73	1,20	1,07	0,64	1,04
P ₂ O ₅	0,08	0,19	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Summa</i>	99,76	99,53	99,54	98,26	98,64	99,50	99,65
As ppm	< 1	< 1	< 1	1	< 1	1	1
Sb	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Au	< 0.003	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.003	0,006	0,002
La	9,3	11,5	22,4	6,6	9,7	4,5	10,1
Sm	2,4	3,3	2,5	1,6	2,8	1,7	3,1
Lu	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
Cr	243	185	303	270	243	336	323
Ni	86	107	72	110	91	108	109
Co	41	39	45	47	43	52	44
Sc	32,5	26,2	31,4	40,3	34,3	35,4	29,1
Ba	183	664	188	191	236	64	195
Rb	14	78	21	44	47	28	46
Ta	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
U	1,1	1,8	1	< 0.5	< 0.5	1,2	0,5
Th	2	2	5	< 1	1	7	4
Br	2	3	3	3	2	5	3
Cu	8,8	42,8	65	81,3	6,9	7	5,6
Cs	< 1	1	< 1	2	< 1	< 1	< 1
S	199	482	< 100	353	< 100	< 100	< 100
V	190	133	187	215	239	221	167
Zr	65	120	81	46	83	85	116
Sr	107	375	176	148	150	164	197

60	245-JTV-78	Tuffiitti-Tuffite	Haisujupukka	7473.00	2528.55
61	8.3-JTV-81	Amfiboliitti-Amphibolite	Otusmaa	7462.76	2526.73
62	3-JTV-89	Mantelikivi-Amygdaloid	Majavaselkä	7462.90	2515.96
63	37B-JTV-89	Mantelikivi-Amygdaloid	Takamaa	7480.66	2539.28
64	1-JAM-84	Amfiboliitti-Amphibolite	Kuusijupukka	7470.66	2526.96
65	2A-JMR-84	Mantelikivi-Amygdaloid	Kuusijupukka	7470.75	2527.53
66	2B-JMR-84	Amfiboliitti-Amphibolite	Kuusijupukka	7470.75	2527.53

60, 64-66. Kolarin muodostuman stratigrafiset vastineet - Units correlated with the Kolarin Formation

61-63. Teuravuoman muodostuman stratigrafiset vastineet - Units correlated with the Teuravuoma Formation

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 4. (jatkoa)
Table 4. (continued)

	67	68	69	70	71	72	73
SiO ₂ %	58,90	51,20	50,10	49,30	50,30	46,60	54,30
TiO ₂	1,02	1,31	1,21	0,82	0,88	0,67	0,69
Al ₂ O ₃	11,90	13,60	15,30	6,89	10,40	9,69	14,40
Fe ₂ O ₃ tot	10,60	13,50	13,80	14,00	12,00	14,50	10,70
MnO	0,16	0,18	0,20	0,39	0,35	0,26	0,19
MgO	3,96	4,51	6,33	8,74	6,06	7,60	6,27
CaO	8,14	10,60	9,15	16,50	14,40	16,70	8,30
Na ₂ O	4,13	3,61	2,66	1,56	2,64	1,67	3,44
K ₂ O	0,74	0,89	1,01	0,34	0,74	0,44	1,25
P ₂ O ₅	0,16	0,13	0,13	0,07	0,08	0,07	0,09
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Summa</i>	<i>99,71</i>	<i>99,53</i>	<i>99,89</i>	<i>98,61</i>	<i>97,85</i>	<i>98,20</i>	<i>99,63</i>
As ppm	1	1	< 1	< 1	1	1	< 1
Sb	0,2	0,7	< 0,2	< 0,2	0,4	0,6	< 0,2
Au	< 0,002	0,002	< 0,003	< 0,002	< 0,002	0,002	0,018
La	16,5	11	17,2	8,3	8,9	9,5	16,1
Sm	3,1	3	3,4	2,2	2,4	1,6	2,5
Lu	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
Cr	212	n.d.	159	3110	167	267	192
Ni	82	58	99	204	70	84	71
Co	32	35	54	51	38	38	47
Sc	22,4	33,7	29,3	53,5	33,8	32,1	32
Ba	149	133	291	62	134	89	339
Rb	28	65	44	17	17	19	64
Ta	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
U	1,3	1,1	< 0,5	0,6	1	1,4	0,8
Th	6	3	2	1	1	3	4
Br	4	3	3	2	7	14	3
Cu	6,2	6,7	103	12,9	9,9	8,6	67,1
Cs	< 1	2	1	< 1	1	1	2
S	< 100	< 100	< 100	< 100	677	364	< 100
V	111	197	226	177	123	161	184
Zr	110	86	100	55	63	111	81
Sr	199	250	209	72	87	79	181

67	7-ETH-83	Tuffiitti-Tuffite	Kuusijupukka	7471.38	2525.56
68	15-ETH-83	Tuffiitti-Tuffite	Mäntyvaara	7473.30	2523.40
69	39-ETH-83	Amfiboliitti-Amphibolite	Maijavaara	7490.03	2541.12
70	11A-LKP-81	Amfiboliitti-Amphibolite	Palopetäjavaara	7478.22	2530.82
71	19-KJL-78	Matriksi-Matrix	Kuusilaki	7484.78	2504.26
72	56-KJL-78	Tuffiitti-Tuffite	Haisujupukka	7472.30	2528.40
73	64-KJL-78	Amfiboliitti-Amphibolite	Aidanpäänjänkkä	7474.18	2502.87

67, 68 Kolarin muodostuman stratigrafiset vastineet - *Units correlated with the Kolarin Formation*

71. Luosujen muodostuma - *Luosujoki Formation*

69, 70, 72, 73. Haisujupukan muodostuman vulkaaninen välikerros
- *Volcanic intercalation of the Haisujupukka Formation*

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 4. (jatkoa)
 Table 4. (continued)

	74	75	76	77	78	79	80
SiO ₂ %	54,40	46,28	62,87	50,10	49,00	51,87	52,04
TiO ₂	0,75	2,14	0,40	1,33	1,52	0,72	0,63
Al ₂ O ₃	13,39	12,72	15,19	14,87	10,12	14,54	14,67
Fe ₂ O ₃ tot	9,25	17,63	2,92	12,58	10,45	11,20	10,42
MnO	0,11	0,25	0,05	0,11	0,06	0,19	0,17
MgO	7,77	6,46	3,87	5,56	10,44	6,14	7,07
CaO	5,56	8,75	4,61	9,25	12,03	9,47	10,46
Na ₂ O	2,17	2,76	6,47	4,76	3,52	3,48	2,23
K ₂ O	3,44	1,46	0,65	0,59	0,43	0,82	0,44
P ₂ O ₅	0,25	0,25	0,15	0,10	0,03	0,08	0,07
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Summa</i>	<i>97,09</i>	<i>98,70</i>	<i>97,18</i>	<i>99,25</i>	<i>97,60</i>	<i>98,51</i>	<i>98,20</i>
As ppm	2	0	1	1	0	2	0
Sb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Au	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
La	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Lu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cr	393	151	136	30	747	172	410
Ni	168	85	43	80	277	58	75
Co	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sc	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	1770	295	135	100	62	159	74
Rb	202	74	7	6	4	22	9
Ta	0	1	0	0	0	0	0
U	0	0	2	2	2	2	0
Th	16	0	6	1	2	3	4
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	25	241	0	11	0	19	53
Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S	400	400	0	100	0	100	100
V	165	465	86	353	429	252	44
Zr	157	200	189	106	122	80	67
Sr	200	114	87	252	131	188	200

74	105-JTV-78	Amfiboliitti- <i>Amphibolite</i>	Takanen Otusmaa	7460.85	2525.19
75	107-JTV-78	Amfiboliitti- <i>Amphibolite</i>	Takanen Otusmaa	7460.92	2525.18
76	108-JTV-78	Tuffiitti- <i>Tuffite</i>	Takanen Otusmaa	7460.19	2525.19
77	211A-JTV-78	Amfiboliitti- <i>Amphibolite</i>	Lainionjoki	7487.80	2529.13
78	211B-JTV-78	Amfiboliitti- <i>Amphibolite</i>	Lainionjoki	7487.80	2529.13
79	10B-MET-79	Amfiboliitti- <i>Amphibolite</i>	Muotkavaara	7460.54	2509.35
80	16-MET-79	Mantelikivi- <i>Amygdaloid</i>	Muotkavaara	7460.57	2509.55

74-76, 79, 80. Teuravuoman muodostuman stratigrafiset vastineet - *Units correlated with the Teuravuoma Formation*

77, 78. Kolarin muodostuman stratigrafiset vastineet - *Units correlated with the Kolari Formation*

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 4. (jatkoa)
Table 4. (continued)

	81	82	83	84
SiO ₂ %	56,32	48,54	49,40	56,85
TiO ₂	0,56	0,59	0,54	2,49
Al ₂ O ₃	14,15	11,98	6,03	12,32
Fe ₂ O ₃ tot	9,16	11,48	10,70	18,36
MnO	0,16	0,21	0,18	0,27
MgO	6,00	11,61	16,00	2,25
CaO	7,94	10,18	14,00	6,17
Na ₂ O	3,60	1,97	0,90	0,75
K ₂ O	0,87	0,26	0,54	0,33
P ₂ O ₅	0,05	0,06	0,05	0,21
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Summa</i>	<i>98,81</i>	<i>96,88</i>	<i>98,34</i>	<i>99,76</i>
As ppm	0	0	< 1	3
Sb	n.d.	n.d.	< 0.2	n.d.
Au	n.d.	n.d.	< 2	n.d.
La	n.d.	n.d.	3,8	n.d.
Sm	n.d.	n.d.	1,2	n.d.
Lu	n.d.	n.d.	0,1	n.d.
Cr	305	901	1410	31
Ni	84	216	149	50
Co	n.d.	n.d.	55	n.d.
Sc	n.d.	n.d.	55,6	n.d.
Ba	176	62	54	58
Rb	52	14	15	19
Ta	0	5	< 1	3
U	0	0	0,7	5
Th	3	0	<1	0
Br	n.d.	n.d.	3	n.d.
Cu	0	8	7,6	121
Cs	n.d.	n.d.	1	n.d.
S	0	100	304	12
V	217	232	200	251
Zr	60	56	24	170
Sr	228	141	59	40

81	36-PAH-80	Amfiboliitti- <i>Amphibolite</i>	Muotkavaara	7460.11	2508.87
82	11-JTV-84	Amfiboliitti- <i>Amphibolite</i>	Muotkavaara	7460.08	2509.08
83	85-JTV-82	Hornblendiitti- <i>Hornblendite</i>	Hirvasselkä	7463.48	2523.00
84	90-JTV-82	Granaattiamfiboliitti- <i>Garnet amphibolite</i>	Iso Palo	7461.49	2504.91

81, 82. Teuravuoman muodostuman stratigrafiset vastineet - *Units correlated with the Teuravuoma Formation*

83, 84. Juonikiviä - *Mafic dyke rocks*

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 5. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden intrusiivikivien kemiallisia koostumuksia. Vertailuanalyysinä Muonion-Kihlangin alueen granitoideista.

Table 5. Chemical compositions of intrusive rocks in the Kolari and Kurtakko map-sheet areas. Some granitoid analyses of the Muonio-Kihlanki area as material for comparison.

	85	86	87	88	89	90	91
SiO ₂ %	58,76	62,60	61,22	57,07	54,86	61,35	62,33
TiO ₂	0,73	0,64	0,69	0,53	0,78	0,70	0,47
Al ₂ O ₃	15,21	15,41	17,33	17,73	16,47	15,82	15,93
Fe ₂ O ₃ tot	2,17	5,56	3,83	6,25	8,82	6,08	4,96
MnO	0,04	0,08	0,04	0,11	0,13	0,09	0,07
MgO	2,35	2,05	2,70	3,55	4,12	2,26	2,88
CaO	6,23	3,54	4,54	6,33	6,83	3,75	4,82
Na ₂ O	7,36	4,93	7,51	4,57	3,83	4,48	4,72
K ₂ O	0,49	4,23	1,14	2,66	2,94	4,45	2,45
P ₂ O ₅	0,31	0,26	0,31	0,44	0,38	0,28	0,23
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Summa	93,65	99,30	99,31	99,23	99,17	99,25	98,87
As ppm	1,7	2,4	1,1	2,6	2,7	4,9	0,7
Sb	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1
Zn	2020	50	10	60	70	50	30
Au	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,007	0,004
La	38,6	44,8	25,7	48,2	31,2	44,1	17,3
Sm	8,1	5,2	3,2	7	5,6	6,5	3,1
Lu	0,8	0,5	0,4	0,6	0,7	0,8	0,4
Cr	99,4	154	230	184	117	123	306
Ni	63,4	56,5	66,4	52,8	45,6	50	45
Co	8,75	16,2	11,3	23,3	27,3	16,3	16,6
Sc	22	18,6	18,3	14,7	26,9	16,1	11,1
Ba	161	948	428	722	1000	1040	1060
Rb	22,5	137	23,9	115	99,3	192	52,9
Ta	1,5	1,2	1,1	0,5	0,4	1,3	0,5
U	2,8	6,4	2,7	2,7	3	8,4	1,5
Th	22,2	22,6	10,9	19,8	9,5	21,7	3,9
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	0	10	0	20	80	40	10
Cs	1,2	1,1	1,2	5,1	4	4,4	1,2
S	1430	60	30	40	30	80	70
V	80	100	120	90	180	110	80
Zr	440	400	310	130	130	370	150
Sr	320	400	510	870	790	430	710

85	284B-MAT-74	Kvartsisyeniitti-Quartz syenite	Ristimellanlaatas	7484.72	2490.92
86	6A-MET-78	Montsoniitti-Monzonite	Karhakkavaara	7486.74	2492.23
87	6B-MET-78	Montsoniitti-Monzonite	Karhakkavaara	7486.74	2492.23
88	38-JTV-78	Montsoniitti-Monzonite	Kallo	7481.80	2523.64
89	42-JTV-78	Kvartsisyeniitti-Quartz syenite	Haisuvooma	7476.74	2527.44
90	78-JTV-78	Kvartsisyeniitti-Quartz syenite	Karhakkavaara	7487.27	2491.33
91	205-JTV-78	Kvartsimontsoniitti-Quartz monzonite	Mannamännikkö	7487.90	2486.51
85-87, 90.		Lakkavaaran intruusio - Lakkavaara intrusion			
88, 89.		Kallon intruusio - Kallo intrusion			
91.		Mannamännikön intruusio - Mannamännikkö intrusion			

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 5. (jatkoa)

Table 5. (continued)

	92	93	94	95	96	97	98	99
SiO ₂ %	73,78	53,42	64,21	46,60	61,92	55,39	56,03	64,15
TiO ₂	0,17	1,70	1,09	1,32	0,66	0,87	0,90	0,62
Al ₂ O ₃	13,93	16,92	14,65	12,96	15,62	14,33	14,93	17,08
Fe ₂ O ₃ tot	1,30	9,42	5,95	15,50	5,58	8,67	8,48	2,12
MnO	0,01	0,14	0,08	0,07	0,09	0,11	0,11	0,04
MgO	0,19	3,18	1,81	9,77	2,18	6,08	5,06	1,65
CaO	0,54	5,25	2,86	8,08	3,60	6,86	6,71	4,67
Na ₂ O	4,97	4,71	4,05	3,82	4,02	4,63	4,75	8,09
K ₂ O	4,14	3,23	3,86	1,05	5,16	2,21	1,91	0,74
P ₂ O ₅	0,05	0,95	0,48	0,08	0,28	0,32	0,28	0,24
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Summa	99,08	98,92	99,04	99,25	99,09	99,46	99,16	99,40
As ppm	2,5	0,7	0,4	0,4	5,1	0,7	0,7	1,6
Sb	0,3	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,2
Zn	157	154	157	121	139	133	136	187
Au	0,004	0,004	0,004	0,009	0,004	0,003	0,003	0,004
La	9,7	119	89,2	4,7	27,3	24,4	26,2	33
Sm	1,1	15,4	13,3	2,9	4,6	4,9	5,4	6,4
Lu	0,3	0,7	0,4	0,5	0,7	0,6	0,6	0,4
Cr	103	124	218	271	110	261	186	83,6
Ni	45,2	47,8	48,4	91,9	44,3	43,8	65,3	53,4
Co	3,2	20,8	10,9	49,3	15,1	25,9	24,2	7,9
Sc	3,2	28	24,5	47,6	14,2	32,6	31,4	10,8
Ba	987	2390	2060	53,5	1240	500	672	199
Rb	107	55,8	72,1	17,2	187	34,6	40,9	19,2
Ta	1,1	1,4	1,5	0,3	1,1	0,4	0,4	2
U	3,4	1,3	1,4	0,3	6,4	2	1,7	3,9
Th	38,5	1,2	7,2	0,6	19,9	4,4	4,7	28,1
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	0	0	0	190	20	20	0	0
Cs	1,1	0,6	0,9	0,8	5,2	0,8	0,8	1
S	20	1950	1060	510	40	120	40	20
V	20	180	100	330	100	180	170	90
Zr	160	750	530	100	380	170	180	470
Sr	240	500	290	60	470	300	350	450

92	76-MET-78	Graniitti-Granite	Ristimellanaara	7484.17	2492.78
93	84-MET-78	Montsoniitti-Monzonite	Kelloniemi	7460.57	2481.16
94	87-MET-78	Kvartsimontsoniitti-Quartz monzonite	Vuolevinniva	7462.28	2481.14
95	89-MET-78	Montsodioriitti-Monzodiorite	Kärylahti	7463.83	2481.50
96	17-LKP-79	Kvartsisyeniitti-Quartz syenite	Ristimellanlaatas	7485.60	2490.32
97	22-TAK-79	Montsoniitti-Monzonite	Niesajoki	7482.42	2493.22
98	23-TAK-79	Montsoniitti-Monzonite	Niesajoki	7482.90	2493.40
99	66-MET-79	Kvartsimontsoniitti-Quartz monzonite	Ristimellanaho	7483.50	2491.48

92, 96-99.	Lakkavaaran intruusio	- Lakkavaara intrusion
93.	Kelloniemen intruusio	- Kelloniemi intrusion
94, 95.	Kärylahden intruusio	- Kärylahti intrusion

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 5. (jatkoa)
Table 5. (continued)

	100	101	102	103	104	105	106	107
SiO ₂ %	60,23	52,85	56,03	51,81	53,25	59,16	60,26	62,31
TiO ₂	0,75	0,87	0,87	0,97	0,97	0,82	0,63	0,52
Al ₂ O ₃	15,77	10,77	15,55	14,89	16,36	15,89	16,49	16,38
Fe ₂ O ₃ tot	6,42	9,45	8,88	8,35	13,94	6,68	6,33	5,38
MnO	0,10	0,13	0,14	0,12	0,10	0,09	0,11	0,10
MgO	2,28	9,56	3,98	6,60	5,41	3,00	2,44	2,00
CaO	3,75	6,38	6,58	6,08	2,29	4,26	4,36	4,42
Na ₂ O	4,73	1,58	4,16	2,85	6,42	5,05	4,91	4,90
K ₂ O	4,81	6,91	2,57	6,53	0,21	3,98	3,53	2,72
P ₂ O ₅	0,33	0,85	0,36	0,94	0,06	0,37	0,32	0,29
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Summa</i>	<i>99,17</i>	<i>99,36</i>	<i>99,12</i>	<i>99,14</i>	<i>99,01</i>	<i>99,30</i>	<i>99,39</i>	<i>99,02</i>
As ppm	3,8	2,6	0,7	5,8	0,5	0,7	12,6	0,9
Sb	0,4	0,1	0,1	0,4	0,1	0	0	0
Zn	139	103	134	111	161	152	88	154
Au	0,004	0,004	0,004	0,004	0,007	0,004	0	0,004
La	37,5	33	43,5	35,9	5,4	41,9	40,4	31,8
Sm	5,8	6,8	5,6	6	2,1	6,6	7,9	5,2
Lu	0,7	0,1	0,5	0,5	0,5	0,7	0,2	0,2
Cr	94	498	177	290	363	133	50	119
Ni	42,8	103	43,6	70,4	112	46,6	35,8	46,7
Co	3,8	41,4	28,4	28,6	57,6	17,2	43,6	11,9
Sc	13,8	29,7	26,7	26	49,1	16	15	16
Ba	988	2000	1030	3470	87,6	1160	907	985
Rb	167	295	55,6	297	16,6	79,6	110	77,6
Ta	0,9	0,3	0,4	0,9	0,4	0,8	1,4	0,9
U	7	1,3	1,5	4,4	0,6	7,4	3,7	1,8
Th	18,2	5,6	5	15,5	0,4	15,8	5	7,5
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	20	0	30	0	730	0	0	10
Cs	2,7	5,2	2,6	9,6	1	0,9	0,9	0,9
S	40	40	110	40	5720	60	30	30
V	120	180	170	270	250	130	130	90
Zr	360	190	170	200	60	560	200	160
Sr	450	260	530	520	60	540	510	660

100	67-MET-79	Syeniitti-Syenite	Ristimellanhö	7483.64	2491.40
101	103-MET-79	Syeniitti-Syenite	Haisujupukka	7473.73	2528.22
102	44A-JTV-82	Montsoniitti-Monzonite	Ristimellanjärvi	7482.96	2490.97
103	93-JTV-82	Montsosyeniitti-Monzosyenite	Haisujupukka	7473.62	2528.02
104	R 120 92.60	Montsodioriitti-Montzodiorite	Rautuoja	7487.70	2494.50
105	R 120 75.60	Syeniitti-Syenite	Rautuoja	7487.70	2494.50
106	114B-MIL-72	Kvartsimontsoniitti-Quartz monzonite	Muonio	7522.80	2493.00
107	187A-MIL-73	Kvartsimontsoniitti-Quartz monzonite	Muonio	7522.93	2484.78

100, 102, 104, 105. Lakkavaaran intruusio - Lakkavaara intrusion
101, 103. Kallon intruusio - Kallo intrusion
106, 107. Muonion-Kihlangin KMD-seurue - KMD-suite of the Muonio-Kihlanki area.

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 5. (jatkoa)

Table 5. (continued)

	108	109	110	111	112	113	114	115
SiO ₂ %	58,17	67,56	60,36	56,55	55,71	46,48	56,72	56,85
TiO ₂	0,60	0,36	0,73	0,66	0,61	1,26	0,60	0,70
Al ₂ O ₃	15,55	17,48	15,63	17,83	19,39	16,56	16,42	15,57
Fe ₂ O ₃ tot	9,01	2,53	6,81	2,93	6,26	13,27	7,26	8,94
MnO	0,05	0,02	0,11	0,06	0,10	0,17	0,11	0,15
MgO	3,31	0,92	2,79	3,84	2,61	6,84	4,81	5,10
CaO	4,37	1,58	4,23	10,70	5,43	9,89	5,49	6,63
Na ₂ O	7,14	7,61	4,43	6,08	4,04	3,32	4,28	3,42
K ₂ O	0,92	0,83	3,92	0,58	3,67	1,08	2,56	1,78
P ₂ O ₅	0,35	0,15	0,31	0,22	0,26	0,54	0,24	0,25
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Summa</i>	<i>99,47</i>	<i>99,05</i>	<i>99,31</i>	<i>99,46</i>	<i>98,08</i>	<i>99,40</i>	<i>98,50</i>	<i>99,38</i>
As ppm	0,4	1,7	2,5	1,1	1,3	1,4	1,2	1,2
Sb	0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Zn	143	94,8	140	82,9	82,8	91,2	82,6	80,9
Au	0,004	0	0,004	0,003	0,003	0,009	0,003	0,003
La	27,7	20,5	39,4	30,1	27,7	24,6	21	12,3
Sm	4,9	2,7	6,5	5,9	5,3	9,9	4,7	3,8
Lu	0,1	0	0,9	0,3	0,1	0,3	0,2	0,4
Cr	131	41,5	149	44,6	32,6	90,3	192	125
Ni	42,9	30,6	45,3	28,6	32,3	35,2	71,6	35,3
Co	12,7	25,4	21,3	9,9	15,1	41	22,5	26
Sc	20,8	3,4	21,5	22	14,3	39,8	13,3	26,6
Ba	840	313	1000	272	1420	404	1160	600
Rb	14,6	21,7	163	9,7	112	15,2	92,6	74,2
Ta	0,4	0,5	1,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7
U	0,5	1,3	6,6	1,7	2,7	1	3,6	2,4
Th	2,8	2,7	21,8	7,1	9,1	1,6	5,3	5,6
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	0	0	30	10	50	70	10	30
Cs	0,8	0,4	3	0,5	2,4	0,6	2,4	3,3
S	20	0	30	50	130	90	80	60
V	140	50	130	80	130	340	120	190
Zr	110	160	260	80	160	60	110	110
Sr	360	370	460	670	670	810	650	410

108	516-MIL-74	Montsoniitti-Monzonite	Kihlanki	7501.64	2499.48
109	17A-MIL-77	Kvartsimontsoniitti-Quartz monzonite	Kihlanki	7492.74	2489.18
110	6-BES-79	Kvartsisyeniitti-Quartz syenite	Kihlanki	7497.78	2493.53
111	84-JTV-78	Montsodioriitti-Monzodiorite	Paloselkä	7485.26	2529.60
112	111-JTV-78	Montsoniitti-Monzonite	Kotasenvaara	7485.45	2530.15
113	181-JTV-78	Montsodioriitti-Monzodiorite	Kotasenvaara	7485.20	2531.54
114	250-JTV-78	Montsoniitti-Monzonite	Kuusikko	7488.40	2525.65
115	28-JTV-81	Kvartsimontsodioriitti-Quartz monzodiorite	Mäntyvaara	7474.56	2522.70

108-110. Muonion-Kihlangin KMD-seurue - KMD-suite of the Muonio-Kihlanki area.

111-115. Kallon intrusio - Kallio intrusion

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 5. (jatkoa)
 Table 5. (continued)

	116	117	118	119	120	121	122
SiO ₂ %	57,67	56,23	50,33	47,69	58,60	56,47	49,39
TiO ₂	0,70	0,85	0,63	0,70	0,85	0,95	1,56
Al ₂ O ₃	17,29	17,55	9,09	11,17	13,34	15,13	17,69
Fe ₂ O ₃ tot	7,25	7,69	12,00	12,66	9,07	9,15	12,08
MnO	0,11	0,12	0,24	0,23	0,14	0,13	0,18
MgO	2,30	3,22	13,86	13,54	6,68	6,17	4,49
CaO	4,74	5,29	9,34	8,46	6,60	6,48	8,05
Na ₂ O	3,93	3,81	1,19	1,38	2,65	3,07	4,62
K ₂ O	4,46	4,16	1,67	2,19	1,61	1,87	1,89
P ₂ O ₅	0,33	0,36	0,33	0,19	0,20	0,30	0,72
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Summa</i>	<i>98,78</i>	<i>99,27</i>	<i>99,68</i>	<i>98,21</i>	<i>99,74</i>	<i>99,72</i>	<i>100,67</i>
As ppm	4	1,6	1	0,4	0,3	0,3	0,4
Sb	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zn	76,8	79,5	104	120	53,5	47	104
Au	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,004
La	36,7	29,4	18,3	20,6	22	26	52,3
Sm	6,8	5,8	4,7	3,5	4,5	4,6	8
Lu	0,8	0,4	0,4	0,5	0,3	0,2	0,3
Cr	32,3	47,7	1330	1310	204	265	56,5
Ni	29,6	30,6	391	422	60,8	76,2	35,4
Co	16,2	20,9	56,8	56,9	32	35,8	38,4
Sc	13,6	19,1	25,5	22,3	27,6	25	33,4
Ba	2320	1270	527	640	584	791	1340
Rb	191	158	70,3	87,9	58,3	76,5	33,4
Ta	1,7	1,1	1,5	0,8	0,5	0,5	0,5
U	6	3,2	1,3	0,6	1,6	1,2	0,3
Th	25,1	7,8	3,6	2	8,4	3,9	0,7
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	90	120	180	70	200	120	n.d.
Cs	7,5	2,5	5,1	6,4	3,4	5	0,9
S	70	80	30	40	30	20	n.d.
V	170	170	190	180	190	200	n.d.
Zr	360	270	120	110	130	160	n.d.
Sr	600	610	160	200	470	570	n.d.

116	1-JMR-84	Montsoniitti- <i>Monzonite</i>	Rovapää	7480.01	2524.00
117	77-PAH-80	Montsoniitti- <i>Monzonite</i>	Törmäsniiva	7464.89	2483.48
118	4-JMR-85	Montsoniitti- <i>Monzonite</i>	Mäntyvaara	7473.37	2523.71
119	5-JMR-85	Montsoniitti- <i>Monzonite</i>	Mäntyvaara	7473.37	2523.71
120	6A-JMR-85	Kvartsimontsoniitti- <i>Quartz monzonite</i>	Mäntyvaara	7473.37	2523.71
121	6B-JMR-85	Kvartsimontsoniitti- <i>Quartz monzonite</i>	Mäntyvaara	7473.37	2523.71
122	3B-JTV-79	Montsodioriitti- <i>Monzodiorite</i>	Jalokoski	7487.36	2474.84
116, 118-121.		Kallon intruusio	- <i>Kallo intrusion</i>		
117.		Kärylahden intruusio	- <i>Kärylahti intrusion</i>		
122.		Jalokosken intruusio	- <i>Jalokoski intrusion</i>		

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 5. (jatkoa)

Table 5. (continued)

	123	124	125	126	127	128	129	130
SiO ₂ %	49,95	49,60	38,80	41,20	48,60	48,40	50,60	48,00
TiO ₂	0,86	0,60	3,67	2,84	0,90	1,51	1,25	2,39
Al ₂ O ₃	19,51	21,15	19,60	21,70	19,00	15,10	19,70	15,90
Fe ₂ O ₃ tot	8,21	6,75	22,59	18,73	9,01	11,21	8,68	13,41
MnO	0,11	0,09	0,13	0,11	0,14	0,17	0,10	0,19
MgO	5,71	4,76	3,07	2,13	6,43	5,55	4,49	4,73
CaO	10,29	9,44	7,62	8,41	10,90	7,64	9,10	9,38
Na ₂ O	3,71	4,19	3,59	3,83	3,06	2,95	4,25	3,06
K ₂ O	0,86	1,18	0,25	0,28	0,82	1,39	0,82	0,95
P ₂ O ₅	0,35	0,29	0,05	0,02	0,23	0,36	0,16	0,52
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Summa	99,56	98,05	99,38	99,25	99,08	94,24	99,15	98,54
As ppm	1,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Sb	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zn	85,8	87,1	75,9	62,1	64,6	70,3	66,9	65,6
Au	0,005	0,004	0,004	0,007	0,007	0,004	0,004	0,004
La	17,9	16,7	0,7	0,7	12,9	32,7	7,7	27,7
Sm	3,3	2,7	1	0,9	3,4	6,4	3,1	8,8
Lu	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,7
Cr	260	151	1320	898	476	178	122	142
Ni	99,8	80,8	176	255	84,5	94,8	75,1	52,4
Co	45,7	45,1	74,5	70,5	39,1	40,4	32,9	36,4
Sc	24,6	16,8	22,1	16,3	35,6	36,9	28,6	43,5
Ba	483	558	53,7	82,3	208	574	130	163
Rb	16	28,6	10,9	13,4	33,4	56,8	15,9	22,9
Ta	0,4	0,4	0,2	0,1	0,2	0,5	0,5	1,6
U	0,6	0,5	0,2	0,1	0,5	0,5	1,2	2,5
Th	1,1	1,3	0,2	0,2	1	2,2	0,9	2,7
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	n.d.	n.d.	120	290	140	90	220	280
Cs	0,7	1,4	0,5	0,8	1,6	1,8	0,8	0,5
S	n.d.	n.d.	2650	5670	370	440	610	340
V	n.d.	n.d.	1140	950	210	250	220	330
Zr	n.d.	n.d.	40	40	130	190	130	290
Sr	n.d.	n.d.	240	250	240	190	190	130

123	57A-JTV-79	Montsodioriitti-Monzodiorite	Jalokoski	7489.14	2474.42
124	57B-JTV-79	Montsodioriitti-Monzodiorite	Jalokoski	7489.14	2474.42
125	301 15.00	Gabro-Gabbro	Karhujupukka	7466.97	2520.85
126	301 37.10	Gabro-Gabbro	Karhujupukka	7466.97	2520.85
127	302 7.50	Gabro-Gabbro	Karhujupukka	7466.93	2520.87
128	302 17.60	Gabro-Gabbro	Karhujupukka	7466.93	2520.87
129	302 24.65	Leukogabro-Leucogabbro	Karhujupukka	7466.93	2520.87
130	302 29.40	Gabro-Gabbro	Karhujupukka	7466.93	2520.87

123, 124. Jalokosken intruusio - Jalokoski intrusion
125-130. Karhuvuoman intruusio - Karhuvuoma intrusion

Liite 1 (jatkoa) - Appendix 1 (continued)

Taulukko 5. (jatkoa)
 Table 5. (continued)

	131	132	133	134	135
SiO ₂ %	47,90	43,40	49,80	51,60	36,60
TiO ₂	1,94	2,52	1,62	0,78	4,46
Al ₂ O ₃	22,00	17,50	21,70	23,10	15,60
Fe ₂ O ₃ tot	10,54	16,73	8,08	5,58	24,88
MnO	0,10	0,15	0,11	0,08	0,20
MgO	2,53	5,21	3,51	3,41	5,91
CaO	9,40	9,74	8,86	9,91	7,71
Na ₂ O	4,31	3,10	4,36	4,34	2,87
K ₂ O	0,87	0,92	1,14	0,86	0,50
P ₂ O ₅	0,03	0,02	0,07	0,08	0,01
C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Summa</i>	<i>99,61</i>	<i>99,30</i>	<i>99,24</i>	<i>99,74</i>	<i>98,74</i>
As ppm	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5
Sb	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Zn	67,7	68,7	63,9	52,3	60,3
Au	0,004	0,004	0,003	0,003	0,004
La	3,6	0,7	3,9	2,5	3,1
Sm	1	1,2	1,3	0,9	0,8
Lu	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
Cr	322	57,9	93,4	158	1070
Ni	62,3	132	51,5	45	740
Co	30,6	66,4	23,1	18,1	145
Sc	18,2	37	18,2	17,5	28,4
Ba	191	62,3	211	164	70,3
Rb	27,1	24,1	66,8	23,3	17,4
Ta	0,5	0,1	0,4	0,8	0,1
U	3,5	0,9	1,9	1	0,4
Th	0,5	0,2	0,9	0,6	0,5
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	80	200	70	40	580
Cs	1	0,5	1,6	0,6	0,5
S	1640	5600	1270	570	13200
V	380	580	210	120	960
Zr	40	30	50	50	30
Sr	270	180	270	280	140

131	R302	33.10	Gabro-Gabbro	Karhujupukka	7466.93	2520.87
132	R302	36.40	Gabro-Gabbro	Karhujupukka	7466.93	2520.87
133	R302	41.20	Gabro-Gabbro	Karhujupukka	7466.93	2520.87
134	R302	44.80	Leukogabro-Leucogabbro	Karhujupukka	7466.93	2520.87
135	R302	51.20	Gabro-Gabbro	Karhujupukka	7466.93	2520.87

131-135. Karhuvuoman intruusio - Karhuvuoma intrusion

Liite 2 - Appendix 2

Taulukko 6. Karhuvuoman intruusion näytteiden korrelaatiomatriiseja.
Table 6. Correlation matrixes for samples of the Karhuvuoma intrusion.

<i>Muuttuja</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Keskihajonta</i>	<i>Muuttuja</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Keskihajonta</i>
	%	%		ppm	ppm
SiO ₂	45,9	5,07	S	2941	3937
TiO ₂	2,17	1,15	V	486	364
Fe ₂ O ₃ tot	13,57	6,32	Cr	439	447
AL ₂ O ₃	19,17	2,82	Cu	192	154
MgO	4,27	1,43	Ni	161	202
CaO	8,97	1,05	Co	52	36

	<i>SiO2</i>	<i>TiO2</i>	<i>Fe2O3tot</i>	<i>Al2O3</i>	<i>MgO</i>
TiO ₂	-0,95				
Fe ₂ O ₃ tot	-0,98	0,97			
AL ₂ O ₃	0,32	-0,38	-0,42		
MgO	0,01	-0,05	0,02	-0,76	
CaO	0,58	-0,66	-0,62	0,32	0,18

	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>
V	0,7				
Cr	0,56	0,89			
Cu	0,84	0,54	0,45		
Ni	0,95	0,66	0,65	0,88	
Co	0,94	0,8	0,72	0,85	0,95

Liite 3 - Appendix 3

Taulukko 7. Kolarin ja Kurtakon kartta-alueiden kivilajien lantanidianalysejä.

Table 7. REE analyses of rocks in the Kolari and Kurtakko map-sheet areas.

	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
La ppm	9,30	11,50	22,40	6,60	9,70	4,50	10,10	16,50	11,00	17,20	8,30	8,90	9,50	16,10	12,40
Ce	21,00	32,00	38,00	14,00	23,00	12,00	23,00	34,00	23,00	34,00	19,00	20,00	18,00	31,00	26,00
Nd	11,00	15,00	14,00	7,00	12,00	7,00	13,00	15,00	13,00	16,00	10,00	10,00	8,00	14,00	14,80
Sm	2,40	3,30	2,50	1,60	2,80	1,70	3,10	3,10	3,00	3,40	2,20	2,40	1,60	2,50	2,40
Eu	1,00	1,00	0,90	0,60	1,10	0,80	1,20	1,00	1,00	1,40	0,70	1,00	0,50	0,70	0,49
Tb	0,50	0,60	< 0,50	< 0,50	0,50	< 0,50	0,50	< 0,50	0,60	0,60	< 0,50	0,50	< 0,50	< 0,50	0,21
Yb	1,80	2,20	1,40	1,50	1,90	1,20	2,00	1,80	2,50	2,20	1,40	1,90	1,40	1,40	0,88
Lu	0,28	0,33	0,20	0,23	0,29	0,20	0,30	0,28	0,39	0,33	0,21	0,29	0,24	0,24	0,11

136	245-JTV-78	Tuffiitti-Tuffiitti	Haisujupukka	7473.00	2528.55
137	8.3-JTV-81	Amfiboliitti-Amphibolite	Otusmaa	7462.76	2526.73
138	3-JTV-89	Mantelikivi-Amygdaloid	Majavaselkä	7462.90	2515.96
139	37-JTV-89	Mantelikivi-Amygdaloid	Takamaa	7480.66	2539.28
140	1-JAM-84	Amfiboliitti-Amphibolite	Kuusijupukka	7470.66	2526.96
141	2A-JMR-84	Mantelikivi-Amygdaloid	Kuusijupukka	7470.75	2527.53
142	2B-JMR-84	Amfiboliitti-Amphibolite	Kuusijupukka	7470.75	2527.53
143	7-ETH-83	Tuffiitti-Tuffite	Kuusijupukka	7471.38	2525.56
144	15-ETH-83	Tuffiitti-Tuffite	Mäntyvaara	7473.30	2523.40
145	39-ETH-83	Amfiboliitti-Amphibolite	Majavaara	7490.03	2541.12
146	11A-LKP-81	Amfiboliitti-Amphibolite	Palopetäjävaara	7478.22	2530.82
147	19-KJL-78	Matriksi-Matrix	Kuusilaki	7484.78	2504.26
148	56-KJL-78	Tuffiitti-Tuffite	Haisujupukka	7472.30	2528.40
149	64-KJL-78	Amfiboliitti-Amphibolite	Aidanpäänjätkä	7474.18	2502.87
150	R19 41.90	Tuffiitti-Tuffite	Kattilamaa	7478.29	2500.46

Liite 3 - Appendix 3

Taulukko 7. (jatkoa)
Table 7. (continued)

		151	152	153	154	155
La	ppm	8,70	23,00	21,00	1,38	12,80
Ce		10,20	54,00	41,00	0,00	29,00
Nd		6,10	34,00	22,00	0,00	18,10
Sm		1,36	5,90	3,60	0,64	3,40
Eu		0,32	2,60	0,96	0,35	0,91
Tb		0,40	0,96	0,42	0,17	0,66
Yb		3,20	2,90	1,72	0,44	3,20
Lu		0,46	0,30	0,22	0,06	0,29

151	R19	93.70	Mass. vulkaniitti- <i>Massive volcanite</i>	Kattilamaa	7478.29	2500.46
152	R21	28.05	Silttikivi- <i>Siltstone</i>	Pitkänkoskenrova	7476.36	2497.26
153	R21	97.40	Tuffiitti- <i>Tuffite</i>	Pitkänkoskenrova	7476.36	2497.26
154	R301	37.10	Gabro- <i>Gabbro</i>	Karhujupukka	7466.97	2520.85
155	R302	7.50	Gabro- <i>Gabbro</i>	Karhujupukka	7466.93	2529.87

31.10.1998

- * 0034+0043 Signilskär, 1978.
1011 Lägsjärvi, 1978.
* 1012 Mariehamn, 1979.
1013 Käkärä, 1981.
1014 Föglö, 1980.
* 1021 Geta, 1978.
1022+1024 Hullberga, 1992.
* 1023 Kumlinge, 1978.
1031 Utö, 1983.
1032 Korppoo, 1987.
* 1033 Nötö, 1954.
* 1034 Nagu, 1973.
1041 Iniö, 1986.
1042 Vehmaa, 1992.
1043 Turku, 1994.
1131 Uusikaupunki, 1994.
* 1132 Rauma, 1993.
1133 Yläne, 1994.
* 1134 Kokemäki, 1994.
1141 Luvia, 1994.
1143 Pori, 1994.
* 1242 Korsnäs, 1960.
1343 Vexala, 1981.
* 1823 Kilpisjärvi, 1994.
1832 Ropi, 1988.
* 1841 Halti, 1994.
2011 Hanko, 1970.
2012 Perniö, 1955.
2013 Jussarö, 1973.
[* 2014 Tammisaari, 1991.]
* 2021 Salo, 1955.
* 2022 Marttila, 1957.
* 2023 Suomensjärvi, 1955.
* 2024 Somero, 1955.
2031 Mäkiluoto, 1992.
* 2032 Siuntio, 1960.
* 2034 Helsinki, 1967.
2041 Lohja, 1994.
* 2042 Karkkila, 1953.
* 2043 Kerava, 1969.
* 2044 Riihimäki, 1956.
* 2111 Loimaa, 1953.
* 2112 Huittinen, 1976.
* 2113 Forssa, 1954.
* 2114 Toijala, 1973.
* 2121 Vammala, 1967.
* 2122 Ikaalinen, 1952.
2122 Ikaalinen, 1993.
* 2123 Tampere, 1961.
* 2124 Viljakkala-Teisko, 1953.
* 2131 Hämeenlinna, 1949.
* 2132 Valkeakoski, 1970.
* 2133 Kärkölä, 1961.
* 2134 Lammi, 1964.
* 2141 Kangasala, 1964.
2142 Orivesi, 1986.
2143 Padasjoki, 1971.
2144 Kaipola, 1973.
* 2213 Kuru, 1960.
* 2214 Virrat, 1965.
2221 Jalasjärvi, 1990.
2222 Seinäjoki, 1962.
* 2222 Seinäjoki, 1991.
* 2223 Alavus, 1970.
* 2224 Kuortane, 1971.
* 2231 Mänttä, 1976.
* 2232 Keuruu, 1963.
* 2241 Ähtäri, 1970.
* 2313 Alajärvi, 1979.
* 2314 Evijärvi, 1992.
2321 Pietarsaari, 1981.
2322 Kokkola, 1980.
2323 Kaustinen, 1971.
* 2324 Kannus, 1961.
2332 Perho, 1976.
* 2334 Kinnula, 1962.
* 2341 Lestijärvi, 1964.
* 2342 Sievi, 1962.
* 2343 Reisjärvi, 1963.
* 2344 Nivala, 1962.
* 2413 Kalajoki, 1955.
* 2431 Ylivieska, 1955.
* 2432+2414 Pyhäjoki, 1957.
* 2433 Haapavesi, 1958.
* 2434 Vihanti, 1958.
* 2441 Raahen, 1959.
* 2443 Paavola, 1959.
* 2533 Haukipudas, 1986.
* 2541 Kemi, 1971.
* 2542+2524 Karunki, 1972.
* 2543 Simo, 1975.
* 2544 Runkaus, 1971.
* 2713 Kolari, 1984.
2714 Kihlanki, 1981.
* 2723 Muonio, 1980.
* 2731 Kurtakko, 1992.
2732 Kittilä, 1984.
* 3012 Pellinki, 1965.
* 3021 Porvoo, 1964.
* 3022 Lapinjärvi, 1962.
* 3023+3014 Kotka, 1970.
* 3024 Karhula, 1965.
* 3041+3043 Haapasaari, 1972.
* 3042 Hamina, 1973.
* 3044 Vaalimaa, 1979.
* 3111 Lahti, 1964.
* 3112 Heinola, 1970.
* 3113 Kouvolan, 1963.
* 3114 Vuohijärvi, 1969.
* 3121 Sysmä, 1977.
* 3122 Joutsa, 1982.
* 3123 Mäntyharju, 1978.
3124 Hirvensalmi, 1988.
* 3131 Luumäki, 1975.
* 3132 Savitaipale, 1965.
* 3133 Ylämaa, 1979.
* 3134 Lappeenranta, 1964.
* 3141 Ristiina, 1990.
* 3142 Mikkeli, 1980.
* 3144 Sulkava, 1966.
3224 Karttula, 1991.
3231 Haukivuori, 1984.
3232 Pieksämäki, 1971.
3233 Rantasalmi, 1973.
* 3234 Varkaus, 1980.
* 3311 Viitasaari, 1966.
* 3312 Pihtipudas, 1969.
* 3313 Vesanto, 1985.
* 3314 Pielavesi, 1977.
* 3321 Pyhäjärvi, 1992.
3322 Kärsämäki, 1992.
* 3323 Kiuruvesi, 1977.
* 3332 Lapinlahti, 1987.
* 3334 Nilsia, 1980.
* 3341 Iisalmi, 1990.
3343 Rautavaara, 1997.
* 3422 Oulujoki, 1983.
3423 Utajärvi, 1994.
3424 Sanginkylä, 1992.
3431 Kajaani, 1997.
3433 Sotkamo, 1981.
3434 Paltamo, 1993.
3442 Puolanka, 1990.
3443 Hyrynsalmi, 1989.
* 3511 Kiiminki, 1984.
3531 Jonku, 1977.
3541 Rytinki, 1979.
3543 Loukusa, 1980.
* 3612 Rovaniemi, 1996.
3642 Pelkosenniemi, 1979.
* 3643 Kursu, 1967.
3644 Vuotostunturi, 1983.
* 3713 Sodankylä, 1979.
* 3714 Sattanen, 1980.
3723 Peurasuvanto, 1993.
3733+4711 Savukoski, 1986.
* 3943+4912+4914 Näätämö, 1994.
* 4112+4111 Imatra, 1966.
* 4121 Virtutjoki, 1987.
4122 Lohilahti, 1992.
* 4123+4114 Parikkala, 1982.
* 4124+4124 Punkaharju, 1980.
* 4213 Kerimäki, 1975.
* 4214 Rääkkylä, 1985.
* 4221 Heinävesi, 1993.
* 4222 Outokumpu, 1971.
4223 Joensuu, 1985.
* 4224 Kontiolampi, 1971.
* 4231 Kitee, 1973.
* 4232+4234 Tohmajärvi, 1967.
* 4241 Kiihtelysvaara, 1971.
4242 Eno, 1983.
* 4243 Oskajärvi, 1983.
4244+5222 Homantsi, 1973.
* 4311 Sivakkavaara, 1971.
4322 Puukari, 1993.
* 4411 Ontojoki, 1976.
* 4412 Hiisijärvi, 1973.
* 4413 Kuhmo, 1978.
4414+4432 Lentiira, 1993.
* 4421 Moisiovaara, 1986.
* 4423+4441 Ala-vuoksi, 1987.
4522 Vasaraperä, 1989.
* 4524+4542 Kuusamo, 1973.
* 4613 Rukatunturi, 1982.
* 4621+4623 Salla, 1967.

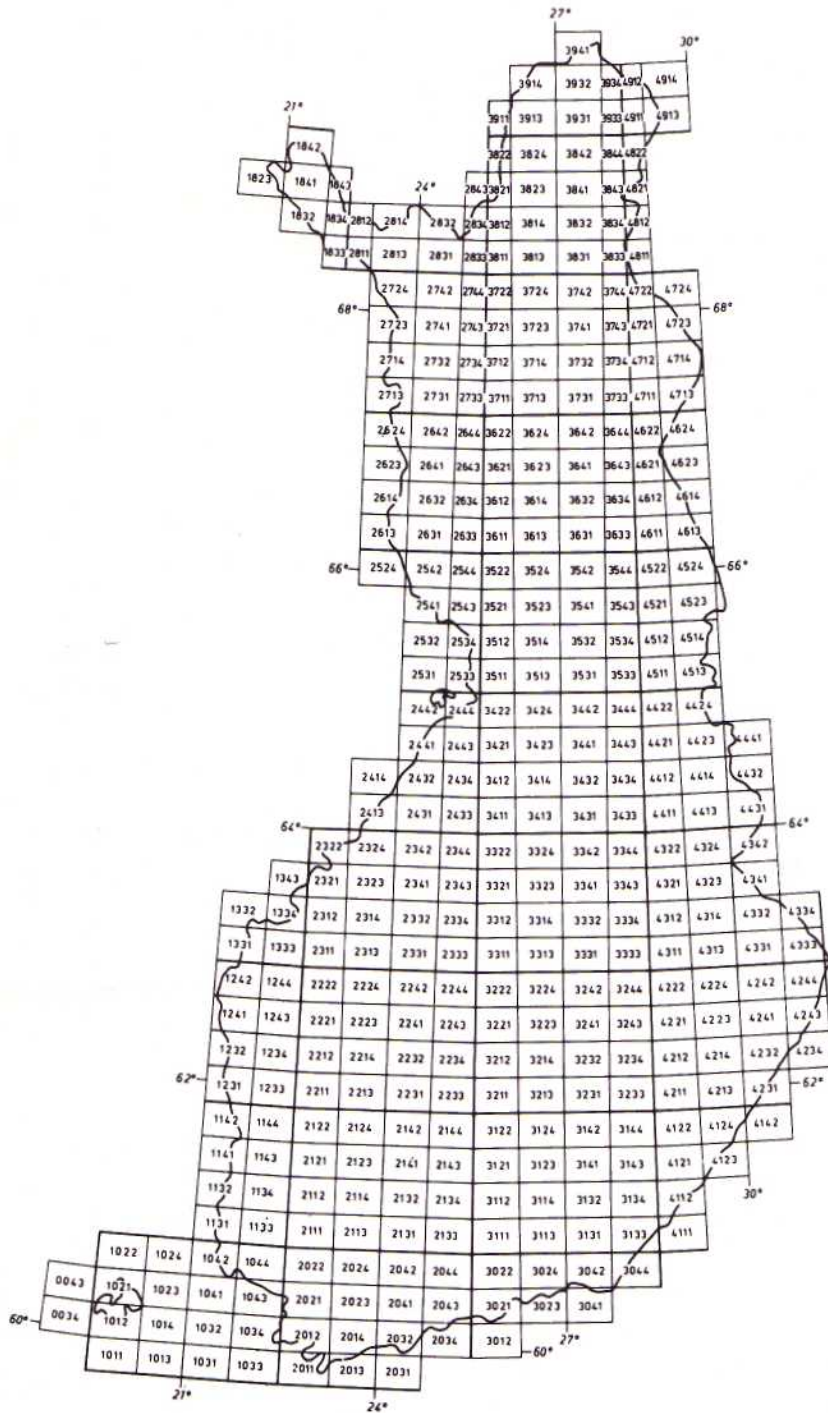
Karttoja ja karttaselityksiä myy:

Geologian tutkimuskeskus (GTK)
Julkaisumyynti
PL 96
02151 Espoo
Puh. 0205 50 11

The maps and explanations may be purchased at:

Geological Survey of Finland
Publication sales
P.O. Box 96
FIN-02151 Espoo, Finland
Phone +358 205 50 11

E-mail: info@gsf.fi; WWW-address: <http://www.gsf.fi>



Kartalehtijako 1:100 000
Map division 1:100 000



9 789516 907034

ISBN 951-690-703-2