

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

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

**LEHTI 3321  
SHEET 3321**

**Erkki Marttila**

## **Pyhäjärven kartta-alueen kallioperä**

**Summary: Pre-Quaternary rocks of the Pyhäjärvi  
map-sheet area**

**GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS  
GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND**

**ESPOO 1993**



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

Kallioperäkarttojen selitykset, Lehti 3321  
Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks, Sheet 3321

Erkki Marttila

## **PYHÄJÄRVEN KARTTA-ALUEEN KALLIOPERÄ**

**Summary: Pre-Quaternary rocks of the Pyhäjärvi map-sheet area**

Geologian tutkimuskeskus — Geological Survey of Finland

Espoo 1993

**Marttila, Erkki 1993.** Pyhäjärven kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Pyhäjärvi map-sheet area. *Geological map of Finland 1 : 100 000. Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks, 3321 Pyhäjärvi.* 64 pages, 13 figures and 8 tables.

The Pyhäjärvi map-sheet area is located in central Finland on the border between the Savo and Pohjanmaa (Ostrobothnia) schist belts. The rocks, which are part of the Precambrian bedrock of Finland, are composed of an ortho- and paragneiss complex, metavolcanic rocks and metasediments that erupted and deposited on it, and intrusive rocks crosscutting all of them. The folding of the main stage of the Svecokarelidic orogeny, regional metamorphism and plutonism are all clearly recorded in the rocks. The rocks of the folded ortho- and paragneiss complex are about 1930 Ma old; the bimodal volcanism is about 1920 Ma old and the granitoids (porphyry granites) are 1883 to 1870 Ma old. The area is part of the intensely tectonized SE - NW trending Ladoga-Bothnian Bay zone. The predominant fractures and faults trend N 40° W, N 45° E and almost N - S. The movement zones exhibit high-grade cordierite-garnet-anthophyllite/biotite rocks and low-grade talc-chlorite schists, sericite quartzites and sericite schists.

The Pyhäsalmi Cu-Zn-S mine and the Mullikkoräme Zn-Cu-S mine are located in the map sheet area. The mineralization is characterized by volcanic-exhalative, hydrothermal-metamorphic and tectonic-deformational processes.

The text is in Finnish, with figure legends, table titles and a summary in English.

Key words: areal geology, explanatory text, bedrock, Proterozoic, Pyhäjärvi, Finland.

*Erkki Marttila  
Geological Survey of Finland  
P.O. Box 1237  
SF-70701 Kuopio  
Finland*

*Present address:  
Erkki Marttila  
Samoilijantie 3 A 1  
SF-70200 Kuopio,  
Finland*

ISBN 951-690-474-2

Vammalan Kirjapaino Oy 1993

**Marttila, Erkki, 1993.** Pyhäjärven kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Pyhäjärvi map-sheet area. *Suomen geologinen kartta 1 : 100 000. Kallioperäkarttojen selitykset, 3321 Pyhäjärvi.* 64 sivua, 13 kuvaa ja 8 taulukkoa.

Pyhäjärven kartta-alue sijaitsee Väli-Suomessa Savon ja Pohjanmaan liuskevyöhykkeitten rajalla. Alueen kivilajit kuuluvat Suomen prekambriiseen kallioperään ja koostuvat orto- ja paragneissikompleksista, sen päälle purkautuneista ja kerrostuneista metavulkaanisista ja metasedimenttisistä kivilajeista sekä niitä lävistävistä intrusiivikivistä. Svekokarelidisen orogenian päävaiheen poimutuksen, alueellisen metamorfoosin ja plutonismien merkit ovat selvästi todettavissa. Poimuttuneen orto- ja paragneissikompleksin kivilajit ovat iältään noin 1930 Ma, bimodaalinen vulkanismi noin 1920 Ma ja granitoidit (mm. porfyrygraniitit) 1883...1870 Ma. Alue on voimakkaasti tektonisoituneessa, kaakko - luode - suuntaisessa Laatokka - Perämeri -vyöhykkeessä. Selvimät ruhje- ja siirrossuunnat ovat N 40° W, N 45° E ja lähes N - S. Liikuntovyöhykkeissä on sekä korkean metamorfoosiasteen kordieriitti-granaatti-antofylliitti/biotiittikiviä että alhaisen metamorfoosiasteen talkki-kloriittiliuskeita, serisiittikvartsiitteja ja serisiittiliuskeita.

Kartta-alueella sijaitsevat Pyhäsalmen kupari-sinkki-rikkikaivos ja Mullikkorämeen sinkki-kupari-rikkikaivos. Malmiutumisen aiheuttajina pidetään kallioperän raoissa ja ruhjeissa liikkuneita liuoksia ja kaasuja sekä kallioperässä tapahtuneita liikuntoja.

Suomenkielisen tekstin lisäksi on englanninkielinen yhteenveto; kuva- ja taulukkoktekstit ovat kaksikielisiä.

*Erkki Marttila  
Geologian tutkimuskeskus  
P.O. 1237  
70701 Kuopio*

*Nykyinen osoite:  
Erkki Marttila  
Samoilijantie 3 A 1  
70200 Kuopio*

## SISÄLTÖ - CONTENTS

TUTKIMUSVAIHEET	7
ALUEEN MORFOLOGIA JA KALLIOPERÄN PALJASTUNEISUUS	9
KALLIOPERÄN PÄÄPIIRTEET	9
ORTO- JA PARAGNEISSIKOMPLEKSI	10
PINTASYNTYISET ELI SUPRAKRUSTISET KIVILAJIT	11
Vulkaanista alkuperää olevat kivilajit	11
Emäksisiä laavakiviä	11
Pyroklastisia metavulkaniitteja	13
Happamia metavulkaniitteja	15
Yhteenveto	21
Sedimenttisyntyiset kivilajit	21
Kvartsimaasälpagneissit	21
Kiille- ja sarvivälkepitöiset gneissit	21
Grafiittipitoiset gneissit	23
Karsi- ja kalkkikivet	23
SYVÄSYNTYISET ELI INFRAKRUSTISET KIVILAJIT	27
Hornblendiitit ja gabrot	27
Dioriitit ja kvartsidioriitit	28
Granitoidiset kivilajit	31
Granodioriitit	32
Graniitit	34
Porfyyrinen granosyeniitti	37
Juonikivet	40
Diabaasi- ja porfyriitti- ja porfyryjuonet	40
Graniittiset juonet	47
MUUTTUNEET KIVILAJIT	47
METAMORFOOSI JA TEKTONIIKKA	49
KIVILAJIEN IKÄSUHTEITA JA STRATIGRAFIAA	50

TALOUDELLISIA AIHEITA . . . . .	52
Malmit ja malmimineralisaatiot . . . . .	52
Rakennuskiviä . . . . .	53
RETKEILYKOhteITA . . . . .	54
Summary: PRE-QUATERNARY ROCKS OF THE PYHÄJÄRVI MAP-SHEET AREA . . . . .	58
Introduction . . . . .	58
Ortho- and paragneiss complex . . . . .	58
Supracrustal rocks . . . . .	58
Infracrustal rocks . . . . .	59
Dyke rocks . . . . .	60
Metamorphism, tectonics and stratigraphy . . . . .	60
KIRJALLISUUTTA - LITERATURE . . . . .	62

03	06	09	12
02	05	08	11
01	04	07	10

B	D
A	C

1 : 20 000 ja 1 : 10 000 karttojen lehtijaot, joita on käytetty paikanmäärityksiin tekstissä, kuvissa ja taulukoissa.  
*Division of the 1 : 20 000 and 1 : 10 000 maps, used for location of observations in the text and in the figure and table captions.*

## TUTKIMUSVAIHEET

Kallioperäkartta 3321 Pyhäjärvi (Marttila 1992a) liittyy Geologian tutkimuskeskuksen julkaisemaan Suomen kallioperäkarttasarjaan mittakaavassa 1 : 100 000. Lehteä rajoittavat aikaisemmin julkaistut kallioperäkarttalehdet lännessä Reisjärvi 2343 (Salli 1963, 1967), etelässä Pihtipudas 3314 (Salli 1969, 1971), idässä Kiuruvesi 3323 (Marttila 1977, 1981) ja pohjoisessa Kärsämäki 3322 (Marttila 1992b).

Pyhäjärven karttalehti käsittää pääosan Pyhäjärven kunnasta (muutettu vuoden 1993 alusta Pyhäsalmen kaupungiksi) ja osia Pihtiputaan kunnasta, Haapajärven kaupungista ja vähäisiä alueita Kiuruveden ja Pielaveden kunnista. Pyhäjärvi ja Haapajärvi kuuluvat Oulun lääniin, Pihtipudas Keski-Suomen lääniin ja Kiuruvesi sekä Pielavesi Kuopion lääniin.

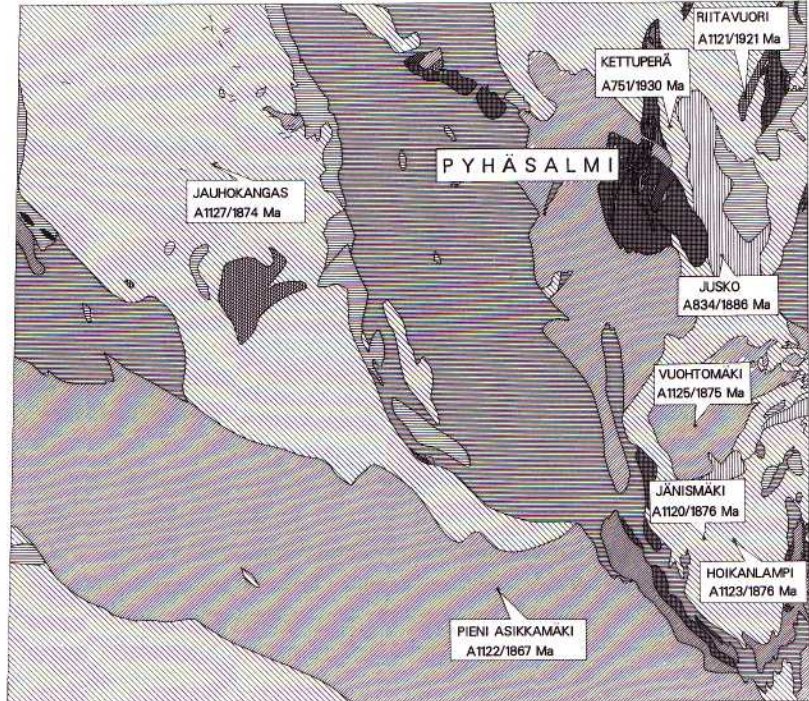
Alueen varhaisimpia geologisia tutkimuksia ovat silloisen Geologisen komissionin geologin J. N. Soikeron vuonna 1911 tekemät kallioperäkartoitukset. Myöskin tohtori Eero Mäkisen Keski-Pohjanmaan kallioperäkartoitukset ulottuivat Pyhäjärvelle. Mäkisen (1916) julkaisussa on liitteenä Keski-Pohjanmaan 1 : 800 000 mittakaavainen geologinen kartta, johon kuuluu myös Pyhäjärven alue. W. W. Wilkman johti seudun tutkimuksia vuonna 1919. Pyhäjärven 3321 kallioperäkartan pohjoisosa kuuluu hänen julkaisemaansa, 1 : 400 000 mittakaavaisen Suomen Geologisen yleiskartan Kajaanin kivilajikarttaan C4 (Wilkman 1929, 1931) ja eteläpuoli Kuopion kivilajikarttaan C3 (Wilkman 1935, 1938).

Pyhäjärven seudun kallioperätutkimukset alkoivat Outokumpu Oy:n toimesta Pyhäsalmen Ruotasen malmiesiintymän löydön jälkeen vuonna 1959. Kartoitusta suorittivat eräät geologian opiskelijat ja allekirjoittanut. Litologinen karttakuva alkoi hahmottua jo vuonna 1966.

Geologian tutkimuskeskus aloitti yhteistyössä Turun yliopiston Geologian laitoksen kanssa alueen kallioperäkartoituksen kesällä 1982. Allekirjoittaneen apuna toimi tällöin opiskelija Jyrki Hahlanterä. Vuonna 1983 kartoitus siirtyi kokonaan Geologian tutkimuskeskuksen tehtäväksi. Allekirjoittaneen kenttäapulaisina alueella ovat toimineet geologian opiskelijat Markus Ekberg 1983 ja 1984, Heikki Haapakoski 1983, Tapio Glumoff 1984, Sakari Koivula 1985 ja Jukka Husa 1985.

Maastokarttoina käytettiin pääasiallisesti 1 : 20 000 -mittakaavaisia peruskarttoja, mutta Maanmittaushallituksen suorittaessa uudelleenkartoitusta saatiin loppuvaiheessa käyttöön myös keskeneräisiä 1 : 10 000 -mittakaavaisia peruskarttoja. Myös Geologian tutkimuskeskuksen aeromagneettinen harmaasävykartta ja osasta aluetta myös painovoimakartat ovat olleet käytettävissä.

Kivilajianalyysit on tehty Geologian tutkimuskeskuksen kemian laboratoriossa ja Rautaruukki Oy:n Raahen laboratoriossa. REE-analyysit (taulukko 8) on tehty Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa. Geologian tutkimuskeskuksen isotooppigeologian yksikkö (O. Kouvo ja M. Vaasjoki) vastaa karttalehden radiometrisistä iänmäärittäyksistä. Iänmäärittäyskivilajien näytteenottoaikat ilmenevät kuvasta 1.



Kuva 1. Isotooppigeologiset iänmäärittäykset.  
Fig. 1. Isotope geological age determinations.

Jukka Eskelinen, Keijo Kinnunen ja Tiina Miskala ovat avustaneet kartan piirtämisessä. Anni Vuori ja Keijo Kinnunen ovat digitoineet kartan Jukka Kousan opastuksella. Tiina Miskala on kirjoittanut tekstin tietokonepääteelle. Käsikirjoituksen on tarkastanut Ilkka Laitakari ja viimeistellyt painokuntoon Pekka Kallio. Englanninkielisen tiivistelmän ja yhteenvedon käänsi Gillian Häkli.

Uudempia tutkimuksia, jotka koskettelevat joko yksinomaan tai laajemman alueen yhteydessä Pyhäjärven geologiaa, ovat tehneet Pyhäjärven kaivoksesta Helovuori (1964, 1976, 1978, 1979), Ekberg & Penttilä (1986) ja Mäki (1986). Malmitutkimuksiin liittyviä geokemiallisia ympäristötutkimuksia ovat tehneet Rehtijärvi et al. (1981) sekä Mäkelä et al. (1987). Pyhäjärven geologiaa laajemman tutkimuksen yhteydessä ovat lisäksi käsitelleet Huhtala et al. (1978), Huhtala (1979), Simonen et al. (1978), Ward (1984), Marttila (1987), Vaasjoki & Sakko (1988), Hölttä (1988) sekä Kousa et al. (in



prep.). Yliopistollisia pro gradu -opinnäytteitä ovat alueelta tehneet Nikander (1976), Ekberg (1984), Meriläinen (1985) ja Koivula (1987).

Vuosina 1983...1986 alueella, joka käsitti lehdet 3312, 3314, 3321 ja 3323, oli toiminnassa malminetsinnällinen monimenetelmätulkintaprojekti, ns. MM -projekti, jonka tulokset on julkaistu Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusraportteina 80 (Gaál 1988) ja 84 (Kuosmanen 1988).

Yhteistyö Outokumpu Oy:n geologien kanssa on ollut kitkatonta ja tekijä on saanut käyttöönsä runsaasti aikaisempien ja uudempien tutkimusten aineistoa.

## ALUEEN MORFOLOGIA JA KALLIOPERÄN PALJASTUNEISUUS

Kartta-alueita hallitsee sen keskiosassa oleva Pyhäjärvi, joka jakaa alueen itäiseen ja läntiseen puoliskoon. Syvälle pistävät lahdet, repaleiset niemenrannat sekä runsaat kallioiset saaret ja luodot ovat järvelle ominaisia. Sen pinta on noin 140 metriä merenpinnan yläpuolella ja syvimmät kohdat ovat noin 30 metrin syvyisiä.

Alueen pinnanmuodostus on hyvin vaihteleva. Itäpuoli on kallioista ja mäkistä. Vedenjakajana toimivan ylänköalueen korkeimmat kohdat ovat Ristimäki (216.5 m) ja Vuohotmäki (196.8 m). Pyhäjärven eteläpuolelta länsiluoteeseen suuntautuva porfyyrigraniitti muodostaa kalliopinnaltaan rikkonaisen ja louhikkoisen selänteen, jonka korkeimmat kohdat ovat Asikkamäki ja Havukkamäki (200...201 m). Avokalliota on runsaimmin länsiosassa Pitäjänmäen ympäristössä, missä korkein kohta on noin 220 metriä. Länsipuolella on Hiidenkylältä Haapajärvelle ulottuva kaakko - luodesuuntainen Pitkäkankaan harju, jonka korkein kohta on noin 210 metriä. Harjuaines on levinnyt laajalle molemmin puolin selännettä, minkä johdosta kalliopaljastumat ovat tällä alueella harvinaisia. Suo- ja neva-alat sijoittuvat pääosin Pyhäjärven länsipuolelle, mutta pienempiä on muuallakin.

Alueen topografia kuvastaa selvästi maapeitteen alla olevan kallioperän muotoa ja rikkonaisuutta. Järvien lahdemat, lampien muodot, jokien ja purojen suunnat sekä Pitkäkankaan harju tuovat esiin särkyneen kalliokuoren pääruhuosuunnat NW - SE, NE - SW ja N - S. Kartta-alueen paljastumatiheys on riittävä 1 : 100 000 -mittakaavaiselle kallioperäkartalle. Tämä johtunee granitoidisten kivilajien runsaudesta.

## KALLIOPERÄN PÄÄPIIRTEET

Alueen kallioperä rakentuu sekä pintasyntyisistä eli suprakrustisista että syväsyntyisistä eli infrakrustisista kivilajeista. Pintasyntyisiin kuuluvat sedimenttisyntyiset ja vulkanogeeniset eli tulivuorten purkaustuotteista muodostuneet kivilajit. Juonet edustavat välimuotoa eli ovat puolipinnallisia. Oman ryhmänsä muodostavat edellisistä osittaisen sulamisen ja uudelleen kiteytymisen kautta muodostuneet anatektiset kivilajit sekä metamorfoosissa niin voimakkaasti muuttuneet kivilajit, että niiden alkuperää ei ole onnistuttu yksiselitteisesti määrittämään. Hienorakeiset sedimenttisyntyiset gneissit ovat paikoin karkeutuneet

ja saaneet syväkivimäisiä piirteitä. Toisaalta magmasyntyiset kivilajit ovat deformatuneet, hiertyneet ja myloniittituneet gneisseiksi. Migmatisaatio on muodostanut seoskivilajeja.

## ORTO- JA PARAGNEISSIKOMPLEKSI

Stratigrafiassa alueen vanhinta osaa edustaa para- ja ortogneisseistä koostuva kivilajikompleksi, joka toimii alustana vulkanogeenisille ja sedimentogeenisille suprakrustisille kivilajeille. Näitä ns. orto- ja paragneissikompleksin kivilajeja tavataan Pyhäjärven itäpuolella 10 -lehdellä Haapamäen doomimuodostumana, jota suprakrustiset kivilajit kaarena reunustavat. Toinen laajahko alue on 12 -lehdellä.

Orto- ja paragneissikompleksin kivilaji on harmaata, osin punertavaa, koostumukseltaan pääasiassa biotiittisarvivälkegranodioriittia. Se on paikoin melko homogeenista ja enemmän tai vähemmän suuntautunutta, toisin paikoin hyvinkin heterogeenista ja paragneissimäistä. Siinä on eri asteisia osittain sulaneita, nebuliittisia liuskefragmenttien jäänteitä. Kivilajien asteittainen metamorfoituminen on havaittavissa Haapamäen doomissa Hoikanlammen itäpuolella kiillegneissin muuttumisessa selvästi suuntautuneeksi keskirakeiseksi granodioriittigneissiksi ja edelleen lännempänä Jänismäessä keskirakeiseksi syväkiven näköiseksi, tosin myöhemmin deformatuneeksi biotiitti-sarvivälkesilmäkkeitä sisältäväksi granodioriittigneissiksi. Näiden kolmen kivilajin kemialliset koostumukset ovat hivenaineita myöten hyvin samanlaiset (analyysit 42, 43 ja 44). Hoikanlammen kiillegneissin ja granodioriittigneissin sekä Jänismäen granodioriittigneissin mineraalikoostumus on vähäisin vaihteluin samanlainen: plagioklaasi (oligoklaasi - andesiini), kvartsi, sarvivälke, biotiitti ja mikrokliini sekä hivenmineraaleina: epidootti, titaniitti, apatiitti ja zirkoni. Jänismäen granodioriittigneissin epäyhenteinen zirkoniseurue viittaa kivilajin pintasyntyisyyteen.

Runsas graniitti-, apliitti- ja pegmatiitti-intruusiot suonittavat ja juonittavat 10 -lehden orto- ja paragneissikompleksia erityisesti doomin itäpuolella. Doomien länsipuolella kivilaji on "syväkivimäisempää", osittain myös kvartsidioriittista, kuten Iso Suutarinmäessä.

12 -lehdellä granodioriittigneississä on siellä täällä tummia liuske- ja uraliitti- ja/tai plagioklaasiporfyriittisulkeumia. Ne ovat yleensä vain 5...20 cm:n läpimittaisia, osin teräväräjäisiä, osin haamumaisia. Kokkokallion alueella ja Kettuperällä kivilajia leikkaavat lukuisat, lähes pohjois - eteläsuuntaiset, muutamasta senttimetristä yli metriin levyiset, emäksiset ja intermediaariset juonet (Koivula 1985).

Granodioriitti on harmaata tai hieman punertavasävyistä. Kivilaji on tavallisesti suuntautunutta ja raekooltaan 2...4 mm, paikoin karkearakeisempaa. Päämineraalit ovat: kvartsi, plagioklaasi (oligoklaasi - andesiini), mikrokliini, biotiitti ja sarvivälke. Hivenmineraaleina on epidoottia, titaniittia, apatiittia ja zirkonia. Kettuperän granodioriitin zirkonifraktio on jonkin verran heterogeeninen. Zirkonikiteissä on vyöhykkeisyyttä ja muutamien kiteiden keskus on selvästi tummempi ja pyöristynyt. Kivessä on täälläkin paragneissin piirteitä.

11 -lehdellä orto- ja paragneissisiä sekoittavat Komun kvartsidioriitti-dioriitti ja Vuohmäen - Ristimäen porfyrygraniitti. Orto- ja paragneissikompleksin mobiloituminen ja uudelleen kiteytyminen vaikeuttavat sen erottamista nuoremmista, sitä intrudoivista kivilajeista. Näin on laita mm. Vastuksen granodioriitti-kvartsidioriitin (12;  $x = 7065,60$ ;  $y = 3452,20$ ) sekä Hietakylän ja Jokikylän Tervakallion granodioriitin kohdalla lehdellä 09.

## PINTASYNTYISET ELI SUPRAKRUSTISET KIVILAJIT

Metamorfoituneet pintasyntyiset kivilajit ovat alkuperältään sedimenttisiä tai vulkaanisia. Selvästi sedimenttisyntyiset gneissit ja liuskeet muodostavat melko yhtenäisen alueen 08 ja 09 -lehdillä. Pienempiä migmatiittituneita gneissialueita on lisäksi lehdillä 02, 10 ja 11. Vulkaaniittisyntyiset kivilajit puolestaan ovat pitkänomaisina kapeina vyöhykkeinä ja muutamina laajempinakin, kivilajeiltaan vaihtelevina alueina sekä Pyhäjärven itä- että länsipuolella (Kousa et al., in prep.).

### Vulkaanista alkuperää olevat kivilajit

Vulkaanisperäiset kivilajit koostuvat pääasiallisesti tulivuorenpurkauksissa ilmaan lentäneestä pyroklastisesta aineksesta, mutta selviä laavojakin on. Alkuperäiset rakennepiirteet ovat monissa kivilajeissa vielä havaittavissa, vaikka ne ovat enemmän tai vähemmän metamorfoituneet. Nämä metavulkaaniitit ovat koostumukseltaan emäksisiä basaltteja tai intermediaarisia basalttisia andesiitteja ja dasiitteja sekä happamia ryodasiitteja ja ryoliitteja.

### Emäksisiä laavakiviä

Hyvin rakennepiirteensä säilyttäneitä tyynylaavoja on 12 -lehdellä Reijusnevan ja Mullikkorämeen länsipuolella Jylkynkankaalta pohjoiseen Tetrinmäelle suuntautuvassa, noin 4 km:n pituisessa ja noin 200 m:n levyisessä vyöhykkeessä. Vihertävänmustan laavan suurimmat tyynyt ovat läpimitaltaan lähes metrin. Monien tyynyjen keskiosa on uraliittiporfyriittia, jossa uraliittihajarakeet ovat 5...7 mm:n pituisia. Tyynyjen reunoissa on 1...2 cm:n paksuinen, tummempi, hienorakeinen tai tiivis massamainen kuorikerros. Etenkin vyöhykkeen eteläosassa voi nähdä vähäistä mantelirakennetta, jossa mantelit ovat epidoottia, albiittia, vähän karbonaattia tai kvartssia. Vyöhykkeen pohjoispuolen länsiosassa laavan tyynyt ovat isoja ja selväpiirteisiä (kuva 2). Itään päin tyynyjen koko pienenee ja useat niistä ovat särkyneet kellanvihreäksi epidoottivaltaiseksi tyynybreksiaksi. Tyynylaavan päämineraalit ovat sarvivälke, epidootti ja plagioklaasi, jota on edellisiä vähemmän. Hivenmineraaleina on titaniittia ja sulfidimineraaleja. Tämän vyöhykkeen tyynylaavat ovat koostumukseltaan basaltteja ja basalttisia andesiitteja (analyysit 7, 10, 11, 13 ja 17).



Kuva 2. Tyynylaavaa. Laatta 15 cm.

*Fig. 2. Pillow lava. Tag 15 cm.*

Tetrimmäki, Pyhäjärvi. 3321 12; x = 7069,24; y = 3458,92. Outokumpu Oy.

Emäksiset ja intermediaariset porfyriittijuonet lävistävät tiheänä parvena etupäässä breksiaa. Ne ovat paria 50...70 cm leveää juonta lukuunottamatta 10...30 cm:n levyisiä, ja niiden suunnat vaihtelevat välillä N - S...NNW - SSE (Koivula 1987). Tetrimmäessä tyynylaavan länsipuolella on hapanta arkosiittista metavulkaniittia ja itäpuolella graniittia. Mullikkorämeellä tyynylaava rajoittuu metavulkaniitteihin ja serisiittikvartsiitteihin.

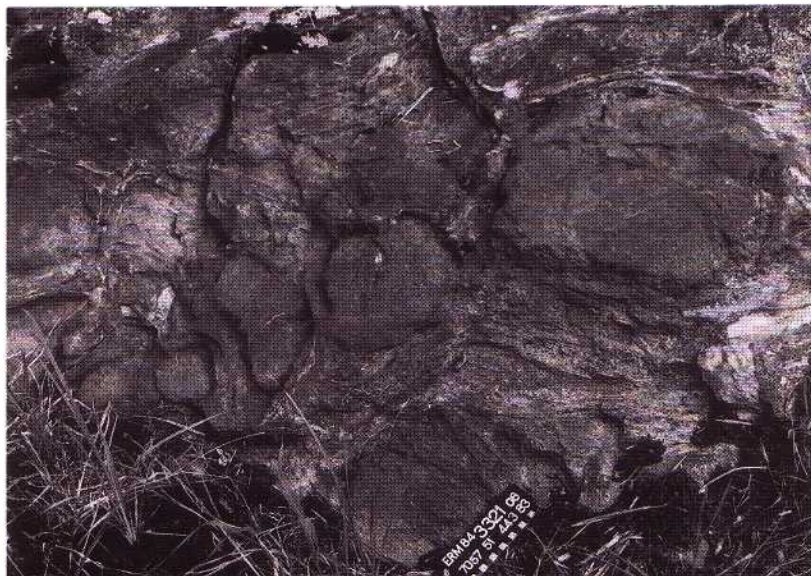
Mukurinperällä, Ruotasan kaivokselta noin kilometri lounaaseen on heikosti deformatunutta tyynylaavaa, joka kuuluu Ruotasan liuskejakson heterogeeniseen metavulkaniittiympäristöön. Tyynyt ovat läpimitaltaan 10...15 cm ja niitä reunustaa 1...2 cm:n paksuinen hienorakeinen jäähtymiskuori. Tyynyjen välit ja monien tyynyjen keskukset ovat vaaleanvihertäviä ja syöpyneitä. Tyynyjen välimassassa on hieman pyriittipirotetta. Laava on koostumukseltaan basalttista andesiittia (analyysi 23). Sitä leikkaa 15 cm:n levyinen, N - S suuntainen, tummanharmaa, intermediaarinen porfyriittijuoni.

Kaivosalueen rataleikkauksessa on basalttista tyynylaavaa (analyysi 6). Sen tyynyt ovat deformatuneet pitkänomaisiksi nauhoiksi ja linsseiksi.

Lokinkivi-nimisellä luodolla, Pyhäjärven länsiosassa (08 B) on uraliittiporfyriittilaavaa, joka näyttää vierineen pyroklastisen kerroksen päälle (kuva 3). Rajakohta on epäselvä, koska myös pyroklastinen aines sisältää uraliittihajarakeita. Laavan 5...7 mm:n pituisten hajarakeiden keskustassa on augiitin jäänteitä ja reunassa vaaleanvihreää sarvivälkettä.

Raekooltaan 0,5...0,7 mm:n perusmassa on vaaleanvihreää sarvivälkettä ja labradoriittia ( $An_{60}$ ). Plagioklaasirakeet ovat melkoisesti skapoliittituneita. Hivenmineraaleina on hieman kalsiittia. Kemiallinen koostumus (analyysit 1 ja 2) viittaa hyvin emäksiseen, pikriittiseen basalttiin. Lamminaholla 4 -tien leikkauksessa (09 A) on kiillegneissin alapuolella voimakkaasti deformatunutta basalttista laavaa (analyysi 9). Sen korkea





Kuva 3. Emäksistä metalaavaa. Laatta 15 cm.

*Fig. 3. Mafic metalava. Tag. 15 cm.*

Lokinkivi, Pyhäjärvi. 3321 08; x = 7057,51; y = 3443,83.

MgO -pitoisuus (12,65 %) ja  $K_2O / Na_2O$  -suhde (2,27) ovat poikkeukselliset alueen muihin metavulkaniitteihin verrattuna. Kiven päämineraaleina ovat tremoliitti - aktinoliitti ja biotiitti sekä sekundaarisena hivenmineraalina plagioklaasi.

Ruotasella kaivoksen lähiympäristössä on deformatunutta basalti-andesiittista laavaa (analyysi 22) sekä laava- ja pyroklastisyntyisiä deformatuneita basaltteja ja basalti-andesiitteja (analyysit 8, 15 ja 21). Kaivokselta kaakkoon Soidinmäellä ja Topiskonrämellä on Ruotasen liuskejakson kaltaisia basalttisia metavulkaniitteja (analyysit 3 ja 5). Deformatumisesta huolimatta osa niiden laava- ja pyroklastirakenteista on vielä tunnistettavissa.

### Pyroklastisia metavulkaniitteja

Eskoperän Kauniskankaalla (09 B) on metavulkaniittialueen pohjoisreunassa vulkaanista konglomeraattia ja heittelebregksiaa (kuva 4). Sen fragmentit koostuvat emäksisistä, intermediaarisista ja happamista metavulkaniiteista ja erilaisista gneisseistä. Fragmentit ovat 10...15 cm:n pituisia, osa niistä on särmikkäitä osa särmiltään pyörityneitä tai muodoltaan lähes pyöreistä soikeisiin. Tiiviisti sulloutuneitten fragmenttien välissä on hienorakeista, pyroklastista ainesta. Eteläosan hienorakeisissa raitaisissa sarvivälkelabradoriittituffiliuskeissa (analyysi 12) on myös lapillituffikerroksia. Joissakin vaaleanharmaissa kerroksissa on sarvivälkkeen ohella kummingtoniittia. Itäosassa on pyroklastisyntyisiä uraliittihajarakeisia metavulkaniitteja.



Kuva 4. Vulkanista konglomeraattia. Laatta 15 cm.

*Fig. 4. Volcanic conglomerate. Tag 15 cm.*

Kauniskangas, Eskoperä, Pyhäjärvi. 3321 09; x = 7067,46; y = 3442,86.

Ruotasella ja sieltä etelään Maaselänlahden itäpuolelle (10 A ja B) ja edelleen Matarankalliolle (10 A) ulottuvassa metavulkaniittivyöhykkeessä on erilaisia pyroklastisia kivilajeja. Ruotasen ja Maaselänlahden itäpuolen metavulkaniiteissa on vähäisiä heittelebrensiakerroksia uraliittiporfyriittisten metatuffien joukossa. Maaselänlahden breksiassa fragmentit ovat emäksisiä, intermediaarisia ja happamia (kuva 5). Tämän vyöhykkeen uraliittiporfyriittisten metatuffien kemiallisia koostumuksia edustavat analyysit 16 ja 24. Emäksisissä ja intermediaarisissa metatuffeissa heittelemateriaali on hienorakeista. Sen koostumusta edustavat analyysit 19, 20 ja 26. Osa Jokelaisnevan metatuffeista on koostumukseltaan dasiittista (analyysi 28).

Maaselänlahden ja Matarankallion metavulkaniittivyöhyke kaartaa katkeilevana nauhana itään Hulanperälle ja Kepukkaperälle. Täällä vulkaniittiset kivilajit sisältävät myös sedimenttiainesta ja ovat voimakkaasti metamorfoituneita ja muuttuneita. Niitä onkin käsitelty muuttuneiden kivilajien ja metamorfoosin yhteydessä.

Myös Pyhäjärven länsipuolella on kapeahko metavulkaniittivyöhyke, jonka kivilajit ovat pyroklastisyntyisiä ja vaihtelevat koostumukseltaan emäksisistä happamiin. Kätkyntiemen pohjoisosassa (08 B) on heittelebrensiä, jonka uraliittiporfyriittifragmentit ovat hienorakeisessa metatuffissa (analyysi 14). Ne liittyvät läheiseen Olkkosenmäen uraliittiporfyriittiseen (analyysi 4) ja basalti-andesiittiseen metatuffiin (analyysi 18). Kätkyntiemen eteläkärjessäkin on Olkkosenmäen kivilajia muistuttavaa emäksistä metatuffia (analyysi 25).

Kätkyntiemeltä pohjoiseen ryodasiittiset ja dasiittiset metatuffit sisältävät vain hyvin vähän emäksisiä välikerroksia. Rapautumispinnalta vaaleat, hieman punertavat ja





Kuva 5. Vulkaanista breksiaa. Vasara 60 cm.

*Fig. 5. Volcanic breccia. Hammer 60 cm.*

Ollinniemi, Maaselänlahti, Pyhäjärvi. 3321 10; x = 7047,00 y = 3452,43.

murros­pinnalta harmaat metatuffit sisältävät runsaasti jyvämäisiä 2 x 6...8 mm:n plagioklaasihajarakeita paikoin hyvin säilyneissä kerroksissa. Kemismiltään metatuffit ovat Jokelaisnevan kivilajin kaltaisia ryodasiitteja ja dasiitteja (analyysit 29 ja 27).

Valkeuslammilla metavulkaniittia lävistää diabaasi. Hoikassa Väätinperän granodioriitti - kvartsidioriitti breksioi ja hornfelsoi puolestaan metavulkaniittia. Vyöhykkeen itäpuoliset kiillegneissit ovat stratigrafiassa vulkaniittien päällä.

### Happamia metavulkaniitteja

Happamia metavulkaniitteja on huomattavasti vähemmän kuin emäksisiä. Happamiin metatuffeihin liittyy Ruotasen kaivoksen läheisyydessä ja Riitavuoressa kvartsi­porfyyrista metalaavaa. Noin 2 mm:n läpimittaiset, pyöreähköt ja syöpyneet kvartsihajarakeet ovat harvakseltaan hienorakeisessa, rapautumispinnalta vaaleanpunertavassa ja sisältä harmah­tavassa perusmassassa. Plagioklaasi on oligoklaasia. Lisäksi on hieman biotiittia, joka usein on osittain kloriittiutunut. Vähäinen mikrokliinimäärä saattaa olla sekundaarista. Hivenmineraalina on epidoottia. Riitavuoren happaman kvartsi­porfyyrin zirkonin U-Pb ikä on  $1921 \pm 2$  Ma.

Happamat metatuffit ovat hienorakeisia ja raitaisia. Vaaleitten hieman punertavien kerrosten välissä on vaihtelevan paksuisia kerroksia tummaa amfiboliittia, jossa amfiboli­na on tavallisesti sarvivälke, paikoin kummingtoniitti tai antofylliitti. Metatuffien yhteydessä on monin paikoin metatuffiittia. Happamien metatuffien päämineraalien, kvartsin ja plagioklaasin lisäksi on biotiittia, sarvivälkettä ja mikrokliinia. Plagioklaasi

Taulukko 1. Metavulkaniittien kemiallisia koostumuksia.  
 Table 1. Chemical composition of metavolcanic rocks.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SiO <sub>2</sub>	44.01	45.54	46.97	47.48	48.26	48.75	49.66	49.70
TiO <sub>2</sub>	0.41	0.50	0.42	0.55	0.46	0.59	0.51	0.49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.39	16.07	15.99	17.96	15.95	17.76	13.92	16.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	10.49	11.42	11.53	12.42	11.85	12.63	12.27	11.59
MnO	0.17	0.20	0.23	0.21	0.24	0.19	0.41	0.18
MgO	11.69	9.59	9.26	6.78	8.11	5.47	7.73	7.67
CaO	14.19	12.04	11.52	11.54	12.00	9.52	12.25	11.08
Na <sub>2</sub> O	1.11	0.98	2.83	1.95	1.08	4.22	2.40	2.56
K <sub>2</sub> O	0.45	0.86	0.74	0.61	1.73	0.34	0.30	0.25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.09	0.12	0.19	0.07	0.06	0.11	0.06
C/HH				0.05	0.05	0.46		0.01
Summa	97.93	97.29	99.61	99.74	99.80	99.99	99.56	99.80
Sr	0.027	0.029	0.010	0.046	0.015	0.004	0.016	0.017
Zr	0.002	0.003	0.030	0.005	0.003	0.004	0.004	0.003
Ba	0.010	0.027	0.015	0.020	0.024	0.011	0.009	0.011
V	0.025	0.020	0.027	0.026	0.028	0.033	0.028	0.027
Cr				0.016	0.004		0.021	
Cu	0.005	0.006	0.003	0.010	0.016	0.035	0.002	0.002
Zn	0.005	0.007	0.014	0.009	0.008	0.010	0.010	0.008
Ni	0.015	0.013	0.013	0.005	0.008	0.003	0.016	0.007
S	0.072	0.036	0.031	0.019	0.024	0.325	0.003	0.003
Y					0.003			

1. Emäksinen metalaava - *Basic metalava*. Lokinkivi, Pyhäjärvi. 08; x = 7057,55; y = 3443,82.
2. Emäksinen metalaava - *Basic metalava*. Lokinkivi, Pyhäjärvi. 08; x = 7057,55; y = 3443,82.
3. Emäksinen metalaava - *Basic metalava*. Soidinmäki, Pyhäjärvi. 11; x = 7059,00; y = 3455,00.
4. Uraliittiporfyriitti metatuffi - *Uraliteporphyrite metatuff*. Olkkosenmäki, Pyhäjärvi. 08; x = 7056,94; y = 3440,22.
5. Emäksinen metavulkaniitti - *Basic metavolcanic rock*. Topiskonräme, Pyhäjärvi. 11; x = 7059,62; y = 3455,44.
6. Emäksinen metalaava - *Basic metavolcanic rock*. Kaivosalue - *Mine area*, Pyhäjärvi. 12; x = 7062,65; y = 3452,77.
7. Tyynylaava - *Pillow lava*. Tetrinmäki, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,14; y = 3458,94.
8. Emäksinen metalaava - *Basic metalava*. Kaivosalue - *Mine area*, Pyhäjärvi. 12; x = 7061,81; y = 3453,18.



Taulukko 1. jatkuu. *Table 1. cont.*

	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
SiO <sub>2</sub>	50.11	50.31	50.37	51.06	51.43	51.65	51.95	52.00
TiO <sub>2</sub>	0.54	0.51	0.54	1.52	0.58	0.65	0.63	0.74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.17	14.04	14.42	17.14	17.72	17.53	15.68	16.20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	12.22	10.64	10.16	11.20	10.01	11.98	10.66	9.06
MnO	0.21	0.40	0.35	0.16	0.22	0.18	0.19	0.20
MgO	12.65	8.40	8.05	5.63	5.45	3.71	6.38	8.21
CaO	10.02	12.70	12.39	7.34	10.26	9.92	10.78	10.39
Na <sub>2</sub> O	0.71	2.05	2.34	3.45	3.40	2.49	2.67	2.49
K <sub>2</sub> O	1.61	0.38	0.27	1.83	0.18	1.12	0.54	0.35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.28	0.10	0.09	0.35	0.14	0.25	0.16	0.12
C/HH	0.01			0.01		0.79		0.01
Summa	99.53	99.53	98.98	99.69	99.39	100.27	99.64	99.77
Sr	0.028	0.018	0.016	0.047	0.022	0.058	0.025	0.025
Zr	0.007	0.004	0.005	0.018	0.004	0.005	0.006	0.008
Ba	0.046	0.020	0.013	0.049	0.010	0.036	0.010	0.010
V	0.026	0.027	0.027	0.020	0.032	0.028	0.025	0.020
Cr	0.091			0.005		0.011		0.050
Cu	0.006	0.001	0.001	0.002	0.032	0.009	0.006	0.000
Zn	0.011	0.009	0.008	0.010	0.025	0.011	0.012	0.014
Ni	0.029	0.018	0.029	0.006	0.021	0.003	0.006	0.015
S	0.183	0.001	0.041	0.085	0.061	0.023	0.072	0.002
Y				0.002				

9. Emäksinen metavulkaniitti - *Basic metavolcanic rock*. Lamminaho, Pyhäjärvi. 09; x = 7060,80; y = 3441,88.

10. Tyynylaava - *Pillow lava*. Tetrinmäki, Pyhäjärvi. 12; 7069,18; y = 3458,92.

11. Tyynylaava - *Pillow lava*. Tetrinmäki, Pyhäjärvi. 12; 7069,24; y = 3458,92.

12. Emäksinen metavulkaniitti - *Basic metavolcanic rock*. Eskoperä, Pyhäjärvi. 09; x = 7067,29; y = 3443,14.

13. Tyynylaava - *Pillow lava*. Jylkynkangas, Pyhäjärvi. 12; 7067,83; y = 3458,64.

14. Emäksinen metatuffi - *Basic metatuff*. Kärkelä, Pyhäjärvi. 05; x = 7058,70; y = 3439,94.

15. Emäksinen metavulkaniitti - *Basic metavolcanic rock*. Lippikylä, Pyhäjärvi. 12; x = 7060,86; y = 3452,96.

16. Uraliittiporfyyriäinen metatuffi - *Uraliteporphyry metatuff*. Olinniemi, Pyhäjärvi. 10; x = 7047,16; y = 3452,30.

Taulukko 1. jatkuu. *Table 1. cont.*

	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
SiO <sub>2</sub>	52.57	53.08	53.81	54.06	54.10	54.26	54.27	54.37
TiO <sub>2</sub>	0.51	0.43	0.28	0.82	0.53	0.50	0.38	1.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.61	17.42	12.20	18.15	16.32	17.52	14.53	16.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	11.85	10.74	5.41	10.47	11.20	9.54	9.00	10.54
MnO	0.34	0.19	0.18	0.18	0.17	0.18	0.11	0.12
MgO	6.77	5.30	11.98	3.38	5.26	4.51	8.14	5.01
CaO	10.79	9.07	13.82	7.62	5.91	7.76	9.93	8.47
Na <sub>2</sub> O	2.65	2.55	1.85	2.76	3.88	5.05	2.80	2.40
K <sub>2</sub> O	0.32	0.80	0.26	2.05	2.05	0.24	0.28	1.31
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10	0.15	0.09	0.19	0.09	0.13	0.07	0.17
C/HH		0.05	0.01	0.63		0.09	0.48	0.01
Summa	99.51	99.78	99.89	100.31	99.51	99.78	99.99	99.59
Sr	0.015	0.034	0.027	0.021	0.016	0.007	0.019	0.035
Zr	0.004	0.004	0.016	0.008	0.005	0.002	0.002	0.010
Ba	0.014	0.017	0.010	0.075	0.029	0.013	0.023	0.029
V	0.022	0.021	0.004	0.022	0.027	0.029	0.025	0.022
Cr		0.010	0.002	0.007		0.007	0.035	0.018
Cu	0.001	0.021	0.000	0.002	0.007	0.001	0.007	0.007
Zn	0.030	0.008	0.009	0.013	0.011	0.009	0.008	0.009
Ni	0.017	0.004	0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.006
S	0.012	0.006	0.009	0.003	0.299	0.018	0.207	0.289
Y						0.003	0.002	

17. Tyynylaava - *Pillow lava*. Tetrinmäki, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,67; y = 3458,88.
18. Emäksinen metatuffi - *Basic metatuff*. Olkkosenmäki, Pyhäjärvi. 08; x = 7056,88; y = 3440,24.
19. Emäksinen metatuffi - *Basic metatuff*. Jokelaisneva (N), Pyhäjärvi. 10; x = 7049,80; y = 3453,15.
20. Emäksinen metatuffi - *Basic metatuff*. Matarankallio, Pyhäjärvi. 10; x = 7042,44; y = 3455,96.
21. Emäksinen metatuffi - *Basic metatuff*. Kaivosalue - *Mine area*, Pyhäjärvi. 12; x = 7062,10; y = 3453,00.
22. Emäksinen metalaava - *Basic metalava*. Kaivosalue - *Mine area*, Pyhäjärvi. 12; x = 7062,07; y = 3452,60.
23. Tyynylaava - *Pillow lava*. Mukurinperä, Pyhäjärvi. 12; x = 7061,34 y = 3452,06.
24. Uraliittiporfyyriinen metatuffi - *Uraliteporphyry metatuff*. Pullosuo (SW), Pyhäjärvi. 10; x = 7046,90; y = 3453,18.

Taulukko 1. jatkuu. *Table 1. cont.*

	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.
SiO <sub>2</sub>	55.08	57.07	61.49	61.66	63.53	67.70	72.26	73.35
TiO <sub>2</sub>	0.41	0.73	0.63	0.61	0.58	0.54	0.18	0.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.43	18.84	16.50	16.96	16.58	15.30	13.85	13.51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	7.83	9.51	6.81	7.24	6.51	3.08	3.98	3.52
MnO	0.15	0.21	0.10	0.10	0.12	0.06	0.11	0.06
MgO	3.05	2.47	2.66	2.61	1.70	1.31	0.88	0.25
CaO	8.88	7.69	5.13	4.65	5.31	4.04	1.71	1.84
Na <sub>2</sub> O	2.91	0.85	3.61	3.04	2.47	6.25	2.50	4.59
K <sub>2</sub> O	0.83	2.09	2.39	2.71	2.48	1.04	3.66	2.20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.21	0.16	0.17	0.18	0.18	0.02	0.07
C/HH	0.02	0.01	1.01		1.03	0.82	0.45	
Summa	98.70	99.68	100.49	99.75	100.49	100.32	99.60	99.71
Sr	0.047	0.018	0.037	0.029	0.032	0.012	0.008	0.009
Zr	0.005	0.011	0.014	0.016	0.013	0.022	0.015	0.031
Ba	0.042	0.075	0.070	0.059	0.062	0.023	0.077	0.056
V	0.013	0.019	0.015	0.012	0.011	0.008	0.000	0.002
Cr	0.002	0.002	0.004		0.003	0.003	0.001	
Cu	0.000	0.007	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.008	0.020	0.009	0.009	0.009	0.003	0.015	0.005
Ni	0.003	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001
S	0.005	0.135	0.008	0.031	0.005	0.001	0.004	0.005
Y	0.001	0.002	0.005		0.006	0.005	0.007	

25. Mafinen metatuffi - *Mafic metatuff*. Kirjavatsaari, Pyhäjärvi. 08; x = 7052,00 y = 3444,77.
26. Intermediaarinen metavulkaniitti - *Intermediate metavolcanic rock*. Maaselänlahti, Pyhäjärvi. 10; x = 7044,60 y = 3453,55.
27. Intermediaarinen (dasiittinen) metatuffi - *Intermediate (dacitic) metatuff*. Valkeuslampi, Pyhäjärvi. 06; x = 7066,96 y = 3437,90.
28. Intermediaarinen (dasiittinen) metatuffi - *Intermediate (dacitic) metatuff*. Jokelaisneva, Pyhäjärvi. 10; x = 7049,83 y = 3453,30.
29. Intermediaarinen (ryodasiittinen) metatuffi - *Intermediate (rhyodacitic) metatuff*. Valkeuslampi, Pyhäjärvi. 06; x = 7067,03 y = 3437,88.
30. Intermediaarinen (ryodasiittinen) metatuffi - *Intermediate (rhyodacitic) metatuff*. Riitavuori, Pyhäjärvi. 12; x = 7066,22; y = 3457,53.
31. Kvartsiporfyyri (metaryoliitti) - *Quartzporphyry (metarhyolite)*. Kaivosalue - *Mine area*, Pyhäjärvi. 12; x = 7062,46; y = 3452,50.
32. Hapan metavulkaniitti - *Acid metavolcanic rock*. Heikinaho, Pyhäjärvi. 12; x = 7067,64; y = 3458,08.

Taulukko 1. jatkuu. *Table 1. cont.*

	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.
SiO <sub>2</sub>	76.04	76.71	76.88	78.10	78.37	78.96	79.71	79.99
TiO <sub>2</sub>	0.18	0.20	0.16	0.15	0.12	0.12	0.11	0.11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.43	12.32	11.75	11.82	11.95	12.53	12.50	11.64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	3.53	3.08	2.69	2.17	1.63	0.30	0.32	1.21
MnO	0.05	0.03	0.09	0.04	0.02	0.02	0.01	0.02
MgO	0.80	0.36	1.76	0.27	0.22	0.05	0.07	0.23
CaO	1.59	1.97	0.85	2.35	1.31	0.37	0.44	0.70
Na <sub>2</sub> O	1.39	4.94	3.76	4.08	4.88	6.43	6.35	5.39
K <sub>2</sub> O	4.46	0.09	1.02	0.15	0.43	0.18	0.16	0.44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
C/HH				0.09		0.30		
Summa	99.50	99.74	98.97	99.25	98.94	99.27	99.68	99.74
Sr	0.003	0.008	0.006	0.012	0.012	0.003	0.003	0.005
Zr	0.013	0.017	0.024	0.018	0.018	0.021	0.022	0.019
Ba	0.052	0.006	0.034	0.015	0.039	0.007	0.008	0.038
V	0.001	0.001	0.001	0.001	n.d.	n.d.	0.000	0.001
Cr				0.001				
Cu	0.002	0.000	0.000	0.000	0.004	n.d.	0.000	0.000
Zn	0.006	0.002	0.013	0.001	0.002	n.d.	0.001	0.002
Ni	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
S	0.391	0.016	0.172	0.006	0.096	0.001	0.000	0.018
Y				0.004				

33. Hapan metavulkaniitti - *Acid metavolcanic rock*. Topiskonräme (SE), Pyhäjärvi; 11; x = 7059,62; y = 3455,44.

34. Hapan metatuffi - *Acid metatuff*. Rättävuori, Pyhäjärvi; 12; x = 7061,52; y = 3459,90.

35. Hapan metatuffi - *Acid metatuff*. Salmelanperä, Pyhäjärvi; 11; x = 7057,62; y = 3458,25.

36. Hapan metavulkaniitti - *Acid metavolcanic rock*. Rättävuori, Pyhäjärvi. 12; x = 7061,50; y = 3459,88.

37. Kvartsi porfyri (metaryoliitti) - *Quartzporphyry (metarhyolite)*. Kaivosalue - *Mine area*, Pyhäjärvi. 12; x = 7061,93; y = 3453,12.

38. Kvartsi porfyri (metaryoliitti) - *Quartzporphyry (metarhyolite)*. Riitavuori, Pyhäjärvi. 12; x = 7066,19; y = 3457,49.

39. Kvartsi porfyri (metaryoliitti) - *Quartzporphyry (metarhyolite)*. Riitavuori, Pyhäjärvi. 12; x = 7066,26; y = 3457,44.

40. Kvartsi porfyri (metaryoliitti) - *Quartzporphyry (metarhyolite)*. Kaivosalue - *Mine area*, Pyhäjärvi. 12; 7061,92; y = 3453,16.

on oligoklaasi - andesiinia ja sen rakeet ovat yleisesti muuttumisesta samentuneet. Mikrokliinin osuus kasvaa metatuffiiteissa. Hivenmineraaleina metatuffeissa ja metatuffiiteissa on epidootia, titaniittia ja malmitumispaikoissa sulfidimineraaleja.

Metavulkaniittien yhteydessä on myös metaserttejä mm. Ruotasen vyöhykkeessä ja Mullikkorämeen muuttuneissa vulkaniiteissa.

Happamien metavulkaniittien ja metatuffiittien koostumuksia edustavat analyysit 31...40. Yleinen piirre näissä kivilajeissa on korkea  $\text{SiO}_2$  -pitoisuus, kvartsiporfyriilaisissa ja metatuffeissa selvä natriumvaltaisuus kaliumiin verrattuna ja kaliumpitoisuuden lisääntyminen metatuffiiteissa. Kokonaisuutena happamat metavulkaniitit sijoittuvat luokittelussa ryoliittikenttään.

### **Yhteenveto**

Pyhäjärven alueen metavulkaniiteista on tulossa yksityiskohtaisempi tutkimus (Kousa et al., in prep.). Sen mukaan vulkaniitit ovat luonteeltaan bimodaalisia; emäksisiä ja happamia. Tämä bimodaalisuus ilmenee selvänä Pyhäjärven itäpuolella. Intermediaaristen vulkaniittien osuus on hyvin niukka, melkein olematon. Järven kaakkois- ja länsipuolen dasiitti - andesiittiset metavulkaniitit asettuvat emäksisten ja happamien metavulkaniittien yläosaan. Metavulkaniittien  $\text{K}_2\text{O}$  -pitoisuus suhteessa  $\text{SiO}_2$  -pitoisuuteen on länsipuolella yleensä korkeampi kuin itäpuolella.

## **Sedimenttisyntyiset kivilajit**

### **Kvartsimaasälpagneissit**

Kvartsimaasälpagneissejä on vain Kuusenmäen - Särkipäran alueella (12 D) Riita-vuorella ja Heikinahossa, missä ne ovat vuorottelevina kerroksina happamissa metaryoliittisissa vulkaniiteissa. Kivilaji on pinnalta punertavaa ja sisältä punertavanharmaata. Raekoko vaihtelee, mutta on enimmäkseen keskirakeinen. Kivi muistuttaa ulkonäöltään lähinnä apliittista gneissia. Päämineraalit ovat mikrokliini, kvartsi ja plagioklaasi (albiitti - oligoklaasi) sekä hieman biotiitti - kloriittia tai muskoviittia. Mikrokliini laikuttaa plagioklaasia ja muodostaa kvartsin kanssa luurankorakenteista mikropegmatiittia. Ilmeisesti kvartsimaasälpagneissin ainekset ovat orto- ja paragneissikompleksin arkoosisia rapautumistuotteita ja muodostavat vain ohuita säilyneitä kerroksia vulkaniittien alaosaan.

### **Kiille- ja sarvivälkepitoiset gneissit**

Alueen gneissit ovat lähtökivilajinsa kerrosten mineraalikoostumuksen vaihtelusta johtuen enemmän tai vähemmän raitaisia (kuva 6). Tummanharmaitten peliittisten kerrosten päämineraalit ovat biotiitti, plagioklaasi (oligoklaasi - andesiini), kvartsi. Lisäksi on vaihteleva määrä mikrokliinia ja muskoviittia. Psammiittiset kerrokset ovat



Kuva 6. Vaaka-asentoisia, psammiittisia kerroksia kiillegneississä. Laatta 15 cm.

*Fig. 6. Horizontal, psammitic layers in mica gneiss. Tag. 15 cm.*

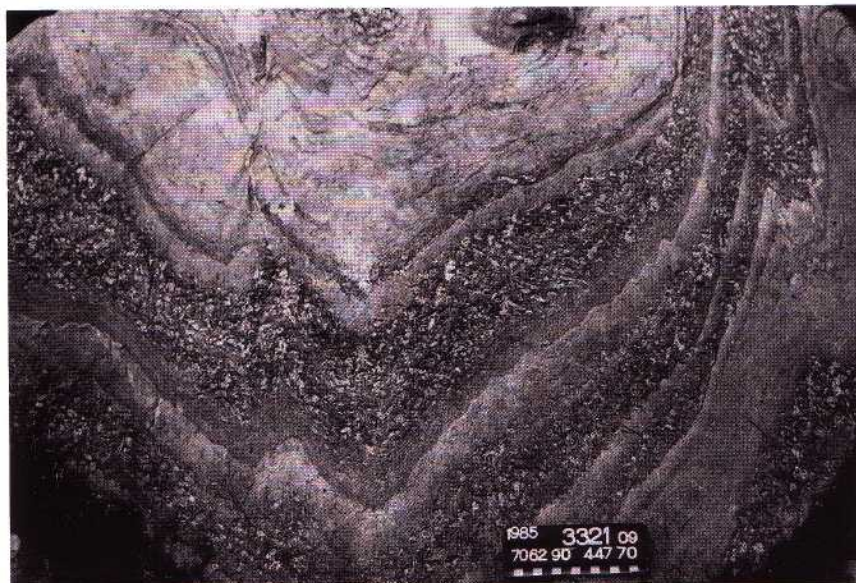
Hiidenkari, Pyhäjärvi. 3321 08; x = 7055,00; y = 3446,75.

vaaleanharmaita ja sisältävät tummiin mineraaleihin verrattuna runsaasti maasälpää ja kvartsia. Raekokokin on tästä johtuen peliittosia karkeampi. Maasälpä on pääasiassa plagioklaasia (oligoklaasia) ja tummana mineraalina on biotiittia. Mikrokliinin ja sarvivälkkeen määrä vaihtelee.

Kiillegneissit ovat mineraalikoostumukseltaan yleensä biotiittiplagioklaasigneissejä, joissa mikrokliinia itse kiviaineksena on niukasti tai se puuttuu kokonaan. Graniittiset, kvartsi- ja maasälpäpitoiset suonet ja juonet migmatisoivat poimuttuneita gneissejä monin paikoin. Porfyroblasteina on almandiinia ja sillimaniittia, joko yhdessä tai erikseen. Niitä on runsaasti Emoniemen rantakallioissa, Pellikkamäessä (kuva 7), Vittouvennevan itäpuolella Rommakonkorvessa, Tuoriniemessä, Huhmarniemessä ja Kätkyntiemen itärannan luodoilla. Kairauksissa niitä on havaittu Maaselänlahden itäpuolella. Heinänen itäpuolella Haasiapurola (06 C) kiillegneissialueen länsireunan suuressa ruhjelinjassa on kairasydämessä tavattu alhaisempaa metamorfoosilämpötilaa edustavaa andalusiittigranaattikiillegneissia (Hölttä 1988, s. 20).

Sedimenttisen ja emäksisen pyroklastiaineksen sekoituksesta muodostuu metamorfoosisa eriasteisia biotiittisarvivälke- ja sarvivälkebiotiittigneissejä. Nekin ovat tavallisesti raitaisia. Sarvivälkepitoisia kiillegneissejä on lehdellä 10, missä ne Hulanperällä ja Matarankallion alueella ovat assosioituneet läheisesti sarvivälke- ja kiillegneissien sekä eri tyyppisten granaatti-kordieriittikivien kanssa. Päämineraalit ovat plagioklaasi (andesiini), sarvivälke, biotiitti ja kvartsi. Sarvivälkepitoisissa gneisseissä on emäksisten pyroklastisten metavulkaniittien yhteydessä niin runsaasti sarvivälkettä, että niitä voidaan





Kuva 7. Sillimaniittiporfyroblastisia kerroksia poimuttuneessa kiillegneississä. Laatta 15 cm.  
 Fig. 7. Layers with sillimanite porphyroblasts in folded mica gneiss. Tag 15 cm.  
 Pellikkämäki, Pellikkaperä, Pyhäjärvi. 3321 09; x = 7062,9; y = 3447,70.

sanoa jo sarvivälkegneisseiksi. Emäksisistä metavulkaniiteista ne erottaa kvartsipitoisuutensa perusteella.

Tämän ryhmän gneissien kemialliset koostumukset vastaavat granodioriitteja, kvartsi-dioriitteja ja dioriitteja. Niiden lähdemateriaalina ovat savi, hiekka ja grauvakka sekä sarvivälkegneisseissä niihin sekoittunut emäksinen pyroklastinen aines.  $\text{SiO}_2$  -pitoisuuden pienetessä raudan, magnesiumin, titaanin ja mangaanin pitoisuudet kasvavat. Sen sijaan alumiinin, kalsiumin ja natriumin pitoisuuksissa muutos on vähäinen, mikä johtunee plagioklaasin (oligoklaasin) rapautumisesta (taulukko 2). Kalipitoisuuden vaihtelu taas johtunee kalimaasälpäsuonisuudesta ja -porfyryisuudesta.

### Grafiittipitoiset gneissit

Kiille- ja sarvivälkegneissien grafiittipitoisuus on vähäinen. Grafiittia on Komujärven itäpuolella, Emoniemen eteläkärjen luodoilla ja Suonenlahden rantakallioissa sekä Matarankallion jaksossa. Vähäistä grafiittipitoisuutta on myös Hulanperällä kiillegneissien ja vulkaniittien yhteydessä, grafiitti- ja karsiraitaisuutena.

### Karsi- ja kalkkikivet

Karsi- ja kalkkikivet muodostavat korkeintaan 100...150 m:n paksuisia kerroksia kiillegneissien ja metavulkaniittien yhteydessä. Niitä on Ruotasen liuskejakson länsiosassa (12

Taulukko 2. Erilaisten gneissikivilajien kemiallisia koostumuksia  
Table 2. Chemical compositions of different types of gneisses

	41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.
SiO <sub>2</sub>	69.90	69.67	67.96	67.19	66.94	65.67	65.72	65.60
TiO <sub>2</sub>	0.46	0.41	0.44	0.55	0.54	0.70	0.57	0.43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.34	15.50	15.72	15.41	14.59	14.76	14.99	16.62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	3.95	3.23	3.93	4.50	6.15	6.76	5.86	4.48
MnO	0.06	0.05	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.07
MgO	0.77	1.38	1.54	1.82	3.06	2.62	2.37	1.67
CaO	2.48	3.04	3.47	3.89	3.06	1.51	5.05	4.81
Na <sub>2</sub> O	3.30	4.25	4.19	4.00	2.46	2.61	3.51	4.30
K <sub>2</sub> O	3.27	2.13	2.24	2.14	2.50	4.43	1.37	1.40
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.10	0.10	0.11	0.16	0.09	0.12	0.14
C/HH	0.01	0.01	0.01	0.03	0.05	1.19	0.01	0.74
Summa	99.67	99.77	99.67	99.71	99.58	100.41	99.66	100.26
Sr	0.018	0.039	0.051	0.038	0.025	0.016	0.046	0.056
Zr	0.032	0.014	0.015	0.017	0.017	0.023	0.013	0.012
Ba	0.095	0.059	0.063	0.064	0.060	0.070	0.051	0.049
V	0.004	0.006	0.007	0.009	0.013	0.013	0.011	0.008
Cr	0.005	0.008	0.008	0.009	0.019	0.023	0.008	0.028
Cu	0.000	0.001	0.000	0.001	0.003	0.002	0.004	0.003
Zn	0.008	0.005	0.006	0.005	0.009	0.009	0.006	0.004
Ni	0.002	0.003	0.003	0.003	0.007	0.007	0.004	0.002
S	0.005	0.011	0.006	0.010	0.059	0.080	0.056	0.033

41. Suonigneissi - *Veined gneiss*. Lamminaho, tieleikkaus, Pyhäjärvi. 09; x = 7060,80; y = 3441,88.
42. Kiillegneissi - *Mica gneiss*. Hoikanlammesta E, Pyhäjärvi. 10; x = 7047,85; y = 3458,13.
43. Granodioriittigneissi (paragneissi) - *Granodiorite gneiss (paragneiss)*. Hoikanlammesta E, Pyhäjärvi. 10; x = 7047,95; y = 3458,10.
44. Granodioriittigneissi (paragneissi) - *Granodiorite gneiss (paragneiss)*. Jänismäki, tieleikkaus, Pyhäjärvi. 10; x = 7047,27; y = 3456,70.
45. Kiillegneissi - *Mica gneiss*. Kätkytmiemi, Kähärä, Pyhäjärvi. 08; x = 7053,86; y = 3441,32.
46. Kiillegneissi, suonigneissi - *Veined mica gneiss*. Lamminaho, Huhmarniemi, Pyhäjärvi. 08; x = 7057,33; y = 3442,82.
47. Suonigneissi - *Veined gneiss*. Lehtoperä, Pyhäjärvi. 11; x = 7051,88; y = 3458,86.
48. Kiillegneissi, suonigneissi - *Veined mica gneiss*. Lehtoperä, Pyhäjärvi. 11; x = 7051,88; y = 3458,86.



Taulukko 2. jatkuu. Table 2. cont.

	49.	50.	51.	52.	53.	54.	55.
SiO <sub>2</sub>	61.78	61.64	58.55	59.78	59.67	57.43	60.54
TiO <sub>2</sub>	0.65	0.64	1.02	0.61	0.78	0.84	0.76
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.61	17.28	17.07	15.86	17.13	16.81	16.79
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	7.36	6.58	8.98	9.24	7.15	8.71	8.72
MnO	0.11	0.11	0.13	0.15	0.11	0.12	0.07
MgO	2.44	2.19	1.81	3.94	3.67	4.61	3.92
CaO	4.96	4.89	4.58	5.06	6.09	5.63	2.15
Na <sub>2</sub> O	2.94	3.66	3.42	2.63	2.99	3.00	2.56
K <sub>2</sub> O	2.69	2.40	3.42	2.15	1.88	2.40	3.79
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.21	0.29	0.22	0.18	0.17	0.13
C/HH	0.01	0.84	0.68	0.01	1.57	0.01	0.31
Summa	99.71	100.44	99.95	99.65	101.22	99.73	99.74
Sr	0.027	0.038	0.026	0.028	0.038	0.029	0.023
Zr	0.014	0.014	0.047	0.011	0.013	0.015	0.011
Ba	0.061	0.059	0.136	0.049	0.050	0.052	0.045
V	0.012	0.009	0.013	0.017	0.014	0.018	0.018
Cr	0.004	0.014	0.011	0.018	0.018	0.015	0.018
Cu	0.002	0.000	0.000	0.007	0.003	0.000	0.001
Zn	0.010	0.011	0.014	0.011	0.009	0.011	0.015
Ni	0.003	0.002	0.004	0.006	0.004	0.003	0.011
S	0.029	0.009	0.037	0.216	0.008	0.002	0.014

49. Kiillegneissi - *Mica gneiss*. Selkäsaari, Pyhäjärvi. 07; x = 7049,86; y = 3447,55.
50. Kiillegneissi - *Mica gneiss*. Elämäjärvi, Kallioniemi, Pihtipudas. 04; x = 7040,32; y = 3436,68.
51. Porfyryinen biotiittigneissi - *Porphyritic biotite gneiss*. Elämäjärvi, Nuottaniemi, Pihtipudas. 04; x = 7040,64; y = 3437,50.
52. Kerrallinen kiillegneissi - *Graded mica gneiss*. Kalttosperä, Honkalamesta N, Pyhäjärvi. 10; x = 7041,82; y = 3459,33.
53. Sarvivälkebiotiittigneissi - *Hornblende biotite gneiss*. Maaselänlahti, Tikanniemi, Pyhäjärvi. 10; x = 7045,40; y = 3452,15.
54. Kiillegneissi, sulkeuma porfyrygraniitissa - *Mica gneiss, an inclusion in porphyritic granite*. Pitäjänmäestä N, Lepuukallio, Pyhäjärvi. x = 02; x = 7054,03; y = 3426,80.
55. Sillimaniittikiillegneissi - *Sillimanite mica gneiss*. Pellikkaperä, Pellikkamäki, Pyhäjärvi. 09; x = 7062,90; y = 3447,70.

Taulukko 2. jatkuu. Table 2. cont.

	56.	57.	58.	59.	60.	61.	62.
SiO <sub>2</sub>	59.72	53.71	53.22	50.90	69.60	77.59	76.88
TiO <sub>2</sub>	0.70	0.84	0.70	0.90	0.48	0.15	0.16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.43	18.57	17.74	14.65	15.50	12.05	11.75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	8.39	11.05	15.00	22.49	4.06	2.33	2.69
MnO	0.06	0.10	0.34	0.33	0.11	0.04	0.09
MgO	3.59	4.77	3.29	5.32	4.83	0.28	1.76
CaO	2.20	1.56	4.23	1.15	0.19	2.54	0.85
Na <sub>2</sub> O	3.31	2.15	2.25	0.11	0.73	4.06	3.76
K <sub>2</sub> O	3.64	5.14	2.06	3.60	3.81	0.18	1.02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.04	0.19	0.17	0.09	0.02	0.01
C/HH	1.48	1.82	0.46	0.27		0.31	0.82
Summa	100.69	99.75	99.48	99.89	99.40	99.35	99.79
Sr	0.022	0.013	0.027	0.002	0.002	0.011	0.006
Zr	0.013	0.015	0.008	0.008	0.022	0.017	0.024
Ba	0.062	0.052	0.079	0.032	0.121	0.014	0.034
V	0.019	0.024	0.020	0.031	0.003	0.001	0.001
Cr	0.023	0.026	0.012	0.013	0.002	0.019	0.019
Cu	0.019	0.003	0.033	0.001	0.000	0.000	0.000
Zn	0.014	0.020	0.089	0.016	0.009	0.001	0.013
Ni	0.009	0.011	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002
S	0.362	0.057	0.296	0.010	0.742	0.009	0.172

56. Sillimaniittikiillegneissi - *Sillimanite mica gneiss*. Eskoperä, Rommakonkorpi, Pyhäjärvi. 09; x = 7068,33; y = 3441,30.

57. Sillimaniittikiillegneissi - *Sillimanite mica gneiss*. Emoniemi, Rauhakallio, Pyhäjärvi. 08; x = 7057,71; y = 3448,03.

58. Granaattibiotiittikivi - *Garnet biotite rock*. Haapamäki, Matarasta n. 800 m NW, Pyhäjärvi. 10; x = 7043,10; y = 3455,65.

59. Granaattibiotiittikivi - *Garnet biotite rock*. Haapamäki, Matarasta n. 600 m E, Pyhäjärvi. 10; 7042,52; y = 3456,58.

60. Kordieriittibiotiittigneissi - *Cordierite biotite gneiss*. Korvenkallio, N-osa, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,38; y = 3459,48.

61. Kordieriittiantofylliittigneissi - *Cordierite anthophyllite gneiss*. Komu, Rättävuori, Pyhäjärvi. 12; x = 7061,26; y = 3459,35.

62. Hapan leptoniittigneissi - *Acid leptite gneiss*. Salmelanperä, Pyhäjärvi. 11. x = 7057,62; y = 3458,25.

A) sekä Maaselänlahden itäpuolella Vuohtomäeltä (11 A) Matarankallion alueelle (10 A ja C). Kalliopaljastumina karsikiviä on näkyvissä vain Ruotasella, Jokelaisnevilla ja Matarankallion alueella. Muualla tässä jaksossa karsi- ja kalkkikiviä on todettu Outokumpu Oy:n syväkairauksissa.

Karsikivien päämineraalit ovat diopsidi, tremoliitti - aktinoliitti ja plagioklaasi ( $An_{40}$ ) sekä lisämineraalit titaniitti, epidootti ja kvartsi. Diopsidi on yleensä muita isompina rakeina ja sen reunaosissa on vaaleaa tremoliittia. Rakeitten sisässä on epidoottia, karbonaattia, kvartsia ja maasälpää. Tremoliitti - aktinoliitti on sälöinen, vaalea ja pleokroismiltaan heikosti vihertävä. Plagioklaasin määrä vaihtelee, mutta yleensä sitä on niukasti. Se on tavallisesti vyöhykkeistä ja sisältä samentunutta. Titaniittia on sekä kiilamaisina että muurahaisenmunan muotoisina rakeina. Epidoottia on paikoin runsaasti zoisiitti-klinozoiisiitti-pistasiittikasaumina. Paikoin se on prismoina plagioklaasi-epidootti-titaniitti-apatiittiraidoissa. Granaattipitoisia diopsidi- ja tremoliittikarsia on havaittu syväkairauksessa Ruotasella. Karbonaatti on pääasiassa dolomiittia. Sitä on Matarankallion alueella todettu kairauksessa yhteensä noin 20 m (PYO-77; x = 7043,48; y = 3455,27).

Karsi- ja kalkkikivien yhteydessä havaittu kivilajiseurie on Matarankalliolla idästä länteen lueteltuna: plagioklaasihajarakeita sisältävä, hienorakeinen sarvivälkebiotiittigneissi; vaalea, grauvalkamainen kvartsimaasälpäliuske; diopsidi-tremoliittikarsi; grafiittipitoinen liuske ja raitainen, grafiittipitoinen, hapan metavulkaniitti.

Matarankallion pohjoispuolella järjestys koillisesta lounaaseen on: kiillegneissi, granaatti-kordieriitti-antofylliittikivi, diopsidi-tremoliittikarsi, grafiittipitoinen liuske, hapan metavulkaniitti ja emäksinen metavulkaniitti.

Hulanperällä on granaatti-kordieriittikivien yhteydessä paikoin ohuita, karsi- ja grafiittipitoisia kerroksia. Ne ovat sielläkin stratigrafiassa kiillegneissien ja metavulkaniittien välissä.

Ruotasen liuskejaksossa Pyhäsalmeilla ovat karsi- ja kalkkikivet emäksisten ja happamien metavulkaniittien vyöhykkeessä ja muodostavat grafiittipitoisten liuskeiden kanssa välikerroksia happamiin metavulkaniitteihin.

Maaselänlahden karsi- ja grafiittipitoinen vyöhyke on osoittautunut malmimineralisaationsa johdosta mielenkiintoiseksi. Outokumpu Oy:n syväkairauksissa on todettu vähäisiä kupari-, sinkki-, lyijy- ja kulta- anomalioita. Litogeokemialliset tutkimukset viittaavat Vihanti-tyyppiseen ympäristöön.

## SYVÄSYNTYISET ELI INFRAKRUSTISET KIVILAJIT

### Hornblendiitit ja gabrot

Vaikka infrakrustiset kivilajit ovat karttalehdellä enemmistönä, niistä emäksisimpiä, mafisia hornblendiitteja on vain pieninä pakuina lehdellä 03 C, Lohijoen eteläpuolella. Pakujen keskiosissa on uraliittituneita pyrokseeneja, ja reunaosa on yleensä amfiboliittitunut. Kivilaji on pinnalta hiukan vihertävän mustaa. Keskiosan vaalea,

uraliittinen amfiboli (tremoliitti) on tiheinä, 6...7 mm:n sälökimppuina hienorakeisessa, amfibolia ja biotiitti - flogopiittia sisältävässä välimassassa. Tremoliittia on noin 90 %. Siinä on sulkeumina titaniittia (leukokseenia), apatiittia ja pieniä rutiilineulasia sekä opaakkina mineraalina rautakiisua, joka näkyy kallion pinnassa vähäisinä ruosteläikkinä. Biotiitti - flogopiitti on amfibolissa pieninä suomuina. Muuttumistuotteena on hieman kloriittia.

Uraliittiporfyriittinen hornblendiitti muuttuu pahkujen reunoilla suuntautuneeksi amfiboliitiksi. Sen tremoliitti - sarvivälkehajarakeet ovat särkyneet ja niiden joukossa on pieniä plagioklaasirakeita ( $An_{50}$ ). Hivenmineraaleina on titaniittia, apatiittia, karbonaattia ja opaakkeja mineraaleja.

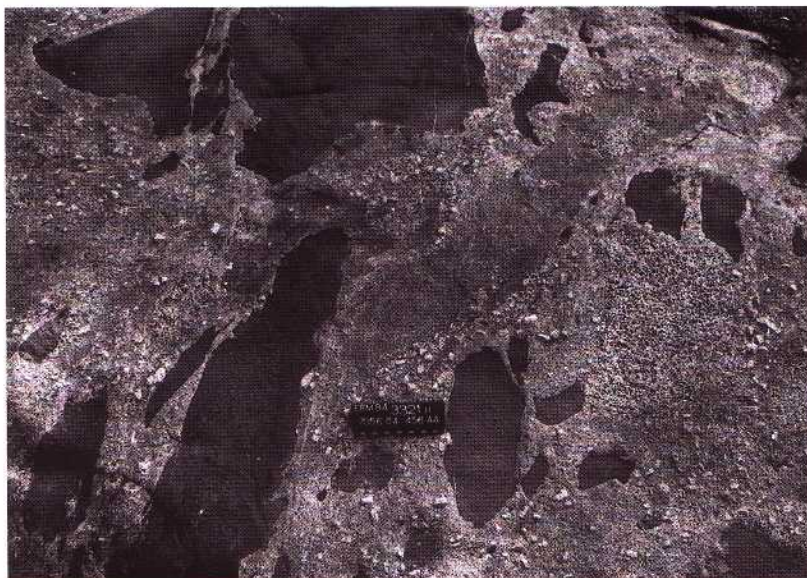
Hornblendiitti on todennäköisesti läheisen Kumisevan gabron (lehti 2343 12) satelliitti ja syntynyt samoihin aikoihin, kuten myös Selkäinjärven pohjoispuolen sarvivälkegabro (lehti 05), joka on alaltaan vain 5...6 km<sup>2</sup>. Gabro on heterogeenista, mustaa tai tummanharmaata, raekooltaan 2...3 mm:stä 4...6 mm:iin ja sisältää paikoin jopa 3...5 cm:n sarvivälkesälökimppuja. Kivi on enimmäkseen suuntautumaton, paikoin kuitenkin suuntautunutta ja amfiboliittista. Koostumus vaihtelee sarvivälkegabrosta dioriittiin. Sen plagioklaasin An -pitoisuus vaihtelee bytowniittista ( $An_{71}$ ) labradoriittiin ( $An_{56}$ ) ja dioriittisissa osissa andesiiniin ( $An_{40}$ ). Plagioklaasi on alueen pohjoisosassa liistakkeista ja antaa kivilajille ofiittista muistuttavan asun. Joissakin plagioklaasirakeissa on vyöhykkeisyyttä. Sarvivälkettä on yhtä paljon tai hieman vähemmän kuin plagioklaasia. Sen pleokroismi on vihreä - kellanvihreä. Muutamissa sälöissä on tremoliittikeskus. Biotiittia on hyvin vähän, ja osa siitäkin on kloriittitunutta. Mikrokliinia ja kvartseja on sekundaarisina hivenmineraaleina. Muuttumistuloksia ovat epidootti ja kloriitti. Hivenmineraaleina on titaniittia (paikoin leukokseenia), epidoottia ja zirkonia. Opaakkeina mineraaleina on ilmeniittä, magnetiittia ja rautakiisuja.

Sekä hornblendiittiä että gabroa breksioivat kvartsi, apliitti ja pegmatiitti. Gabroesiintymään on Rautaruukki Oy:n toimesta vuonna 1979 tehty kaksi tutkimussyväkairausta Rehulan talon ja Selkäinjärven väliseen maastoon (R1;  $x = 7058,665$ ;  $y = 3434,835$ ; syvyys 154,10 m ja R2;  $x = 7057,635$ ;  $y = 3434,700$ ; syvyys 205,85 m). Magneettisten mittausten tulkin mukaan esiintymä on uraliittigabrolaatta, jonka kaade on 30°...45° itään. Siinä on välikerroksina amfiboliittia, leukogabroa ja anortosiittia. Sen titaani- ja vanadiinipitoisuudet osoittautuivat vähäisiksi, kuten analyysistäkin (64) voi todeta.

### Dioriitit ja kvartsidioriitit

Komujärven ympäristössä on noin 20 km<sup>2</sup>:n laajuinen syväkivi-intruusio, jonka itäinen, noin 5 km<sup>2</sup>:n ala on dioriittinen ja muu osa kvartsidioriittinen. Dioriitti on tummanharmaata ja yleensä suuntautumaton tai vain heikosti suuntautunutta, mutta Komujärven itärannan monissa kallioissa on gneissiytymistä. Intruusion kivilajien keskimääräinen raekoko on 2...3 mm. Komun koulun luona kiven päämineraalit ovat plagioklaasi ( $An_{50...53}$ ), sarvivälke - kummingtoniitti ja biotiitti. Plagioklaasi on liistakkeinen, selväla-





Kuva 8. Intrusiivibreksiaa Komun kvartsidioriitin reunaosassa. Laatta 15 cm.  
 Fig. 8. Intrusive breccia in the marginal zone of the Komu quartz diorite. Tag 15 cm.  
 Särkijärven eteläpuolipuoli, Pyhäjärvi. 3321 11; x = 7056,64; y = 3456,44.

mellinen ja yleisesti vyöhykkeinen. Sen vaikutuksesta kivessä on ofiittisuutta. Sarvivälke on syntynyt ilmeisesti kummingtoniitin ja plagioklaasin reaktiotuloksena (Seitsaari 1952). Vihreitten sarvivälkesälöjen keskiosissa on väritöntä lamellista kummingtoniittia. Biotiittia on pääosin sarvivälkerakeiden reunoilla. Se on pleokroismiltaan tummanruskea -vaaleanruskea. Suomessa on sulkeumina omamuotoisia apatiittikiteitä ja opaakkeja mineraaleja, joita on myös suomujen reunoilla. Joissakin suomuissa on rutiilineulas-kaumia. Kvartsia on hivenmineraalina sarvivälkerakeiden sisällä ja plagioklaasiliistakkeiden välissä. Kiven koostumus viittaa gabro - dioriittiin, jossa plagioklaasia ja tummia mineraaleja on kumpiakin noin 50%. Kemiallinen koostumus (analyysi 63) tukee luokitusta.

Kvartsidioriitti on vaaleanharmaata, yleensä myös suuntautumaton tai heikosti suuntautunut ja keskirakeista. Kiven päämineraalit ovat järven pohjoispuolella Kurenkankaalla ja Olkkosessa paljousjärjestyksessä plagioklaasi (andesiini), sarvivälke, biotiitti ja kvartsi. Plagioklaasi on melko tervettä ja selvälamellista. Albiitti- ja perikliinilakien lisäksi on Karlsbadin kaksostusta. Liistakkeissa on vähäistä vyöhykkeisyyttä. Sarvivälke on pleokroismiltaan sinivihreä - vaalea kellanvihreä. Sälöt ovat keskustassa vaalean laikukkaita ja sisältävät sulkeumina plagioklaasia, apatiittia ja opaakkia. Biotiittisuomut ovat vastaavasti ruskeita - vaalean kellanruskeita ja sisältävät runsaasti apatiitti- ja titaniittisulkeumia sekä joitakin zirkoni- ja allaniittirakeita. Kvartsia on muiden mineraalien välissä 5...10 %. Vaaleita mineraaleja on 60...70 %, lopun muodostavat biotiitti-sarvivälkekasauumat. Rakenne on paikoin ofiittista.

Taulukko 3. Dioriittien ja kvartsidioriittien kemiallisia koostumuksia.  
 Table 3. Chemical compositions of diorites and quartz diorites.

	63.	64.	65.	66.	67.	68.	69.
SiO <sub>2</sub>	52.88	53.04	55.23	55.15	61.27	61.21	62.16
TiO <sub>2</sub>	0.72	0.94	0.79	1.15	0.75	0.62	0.57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.57	16.52	17.84	15.85	16.02	16.29	17.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.37	10.04	9.47	10.01	6.90	7.18	6.25
MnO	0.17	0.16	0.14	0.18	0.12	0.11	0.09
MgO	5.23	6.66	3.79	5.00	2.99	2.97	2.24
CaO	8.62	8.20	7.18	8.03	5.39	5.98	5.10
Na <sub>2</sub> O	2.80	2.85	2.97	3.46	3.46	3.44	3.50
K <sub>2</sub> O	0.88	1.08	1.93	0.63	2.14	1.72	2.44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23	0.20	0.22	0.19	0.15	0.16	0.14
HH	0.80	1.77	1.15	0.70		0.02	0.03
Summa	99.27	101.46	100.71	100.35	99.21	99.70	99.73
Sr	0.040	0.031	0.038	0.037	0.065	0.037	0.033
Zr	0.006	0.009	0.009	0.010	0.017	0.012	0.016
Ba	0.035	0.019	0.038	0.015	0.08	0.051	0.077
V	0.026	0.022	0.019	0.024		0.016	0.011
Cr	0.013	0.048	0.006	0.017		0.009	0.008
Cu	0.005	0.001	0.002	0.002		0.003	0.001
Zn	0.010	0.011	0.010	0.009		0.007	0.008
Ni	0.003	0.009	0.002	0.006		0.003	0.002
S	0.030	0.048	0.025	0.009		0.024	0.008
Rb					0.00		

63. Gabro-dioriitti - *Gabbro diorite*. Komu, koulu, Pyhäjärvi. 12; x = 7060,62; y = 3458,35.

64. Sarvivälkegabbro-dioriitti - *Hornblende gabbro diorite*. Rehula, Parkin talo, Pyhäjärvi. 05; x = 7058,54; y = 3436,16.

65. Sarvivälkedioriitti - *Hornblende diorite*. Väätinperä, Välikangas S, Pyhäjärvi. 06; x = 7065,95; y = 3435,17.

66. Dioriitti - *Diorite*. Iso Suutarinmäki, Pyhäjärvi. 11; x = 7048,23; y = 3453,38.

67. Kvartsidioriitti - *Quartz diorite*. Komujärvi S, Juskonvuori, Pyhäjärvi. 11; x = 7059,18; y = 3456,40.

68. Kvartsidioriitti - *Quartz diorite*. Vuotomäki, Herttuaräme, Pyhäjärvi. 11; x = 7051,37; y = 3452,64.

69. Kvartsidioriitti - *Quartz diorite*. Jauhokangas, Pyhäjärvi. 06; x = 7063,18; y = 3434,12.

Juskonvuoren kvartsidioriitti järven eteläpuolella on myös vaaleanharmaata, keski- ja tasarakeista (3...5 mm), suuntautumaton tai heikosti pilsteistä. Sen päämineraalit ovat paljousjärjestyksessä plagioklaasi (andesiini), sarvivälke, biotiitti ja kvartsi. Tummat mineraalit muodostavat paikoin 1...2 cm:n kasaumia, jolloin kivi näyttää täplikkäältä. Kasaumat lienevät varhaiskiteytyymiä. Kvartsidioriitin kemiallinen koostumus ilmenee analyysistä 67. Komun eli Juskon dioriitti - kvartsidioriitti intruusio breksioi reunaosisaan kiille- ja sarvivälkegneissejä sekä metavulkaniitteja. Salmelanperällä kiille- ja sarvivälkegneissimurskaleet ovat kooltaan 1...2 m<sup>2</sup>. Särkijärven ympäristössä murskaleet ovat pienempiä, ja gneissien lisäksi on metavulkaniittisia uraliitti- ja plagioklaasiporfyyriittejä, amfiboliittia ja ryoliittia (kuva 8). Joissakin kohdin on tavattu vielä joitakin granodioriittisia fragmentteja.

Olkkosessa noin 140 cm:n levyinen plagioklaasiporfyyriittijuoni lävistää itä - länsi suuntaisesti kvartsidioriittia ja sen murskaleita. Juskonvuorella 20 cm:n levyinen, emäksinen juoni lävistää kvartsidioriittia kaakko - luode suunnassa. Intruusion eteläosissa ja Komujärven itärannalla on runsaasti eri levyisiä ja eri suuntaisia, paikoin jopa breksioivia, apliitti- ja graniitipegmatiittijuonia.

Iso Suutarinmäen dioriitti-kvartsidioriitti Pyhäjärven itäpuolella on harmaata, tasa- ja keskirakeista ja suuntautumaton. Mineraalit ovat: osittain liistakkeinen plagioklaasi (andesiini), biotiitti, sarvivälke ja kvartsi sekä tummien mineraalien yhteydessä hivenmineraalit: kiilamainen ja pyörästynyt titaniitti ja omamuotoinen epidootti. Alueen kivianalyysi (analyysi 66) edustaa dioriittikoostumusta. Iso Suutarinmäessä dioriitti - kvartsidioriittia leikkaavat terävästi intermediaarinen porfyriittijuoni ja useat 1...3 m:n levyiset pegmatiittijuonet.

Vuotomäen porfyrygraniitti-intruusion läheisyydessä on lisäksi useissa paikoissa granodioriittiin läheisesti liittyvää kvartsidioriittia ja dioriittia, jotka granodioriittia tummemman harmana eroavat siitä. Sarvivälkettä on yleensä biotiittia runsaammin, plagioklaasi on andesiinia, ja kvartsia on niukasti. Tummia mineraaleja on vähän enemmän kuin vaaleita. Herttuarämeen kvartsidioriitin kemiallinen koostumus (analyysi 68) edustaa näitä kivilajeja.

Pyhäjärven länsipuolella Väätinperällä (06 D), Jauhokankaalla (06 A), Katvalankankaan -Peräkankaan alueella (03 D) ja Tervanevalla (05 B) olevat dioriitit ja kvartsidioriitit kuuluvat laikkuina isoon alueelliseen granodioriittikompleksiin, eivätkä olennaisesti eroa yllämainituista vastaavista kivilajeista. Väätinperän ja Jauhokankaan kivilajien kemiallisista koostumuksista (analyysit 65 ja 69) päätellen voidaan edellisen katsoa olevan dioriittia ja jälkimmäisen kvartsidioriittia. Niitä leikkaavat juonina diabaasi, emäksinen porfyriitti ja kvartsimaaämpäporfyryri sekä granitoidiset apliitit ja pegmatiitit.

### Granitoidiset kivilajit

Granitoidiset kivilajit käsittävät valtaosan Pyhäjärven kartta-alueesta. Mäkinen (1916, s. 37) ryhmitti Keski-Pohjanmaan graniitit neljään päätyyppiin esittäen ne myös Pyhäjärveltä. Wilkman (1931, s. 147...148) lisäsi joukkoon granodioriitit ja jakoi Pyhäjärven

graniittikivilajit purkausjärjestyksen perusteella kuuteen ryhmään. Nykyiset havainnot tukevat pienin muutoksin jakoa kuuteen ryhmään: 1. granodioriitti, 2. harmaa keski- ja tasarakeinen biotiittigraniitti, 3. porfyriigraniitti ja porfyyrinen epidoottikvartsisyeniitti, 4. vaaleanharmaa pieni- ja tasarakeinen mikroliinigraniitti, 5. vaaleanharmaa pienihajarakeinen "ryynikivi" eli graniittiapliitti sekä 6. apliitti ja pegmatiitti.

## Granodioriitit

Kartta-alueen länsiosassa granodioriitti peittää alan Väätinperältä (06) Hiidenkylälle (05), missä kivilaji Selkäinjärven itäpuolella on melkoisesti gneissiytynyttä. Alueen länsiosassa, lähempänä Katvalankangasta (03) granodioriitti vaihtuu monin paikoin kvartsidioriittiseksi.

Väätinperällä granodioriitti on vaaleanharmaata, keski- ja tasarakeista (3...5 mm), suuntautumaton tai heikosti suuntautunutta. Se sisältää siellä täällä hienorakeisia, tummanharmaita tai tummia liuske-, uraliittiporfyriitti-, plagioklaasiporfyriitti- ja metavulkaniittifragmentteja, jotka ovat kooltaan 3 x 5...5 x 10 cm. Osa fragmenteista on reunoiltaan sulaneita ja haamumaisia, osa taas teräväreunaisia ja särmikkäitä, ilman reaktiosaumaa. Fragmentit ovat ehkä tempautuneet vanhemmista sivukivistä granodioriittimagmaan intrudoitumisvaiheessa. Intrusion itälaidalla granodioriitti breksioi ja hornfelloi pyroklastista, ryodasiittista metavulkaniittia.

Väätinperän granodioriitin päämineraalit ovat plagioklaasi, joka on oligoklaasi - andesiinia ja usein vyöhykkeistä, harmaa kvartsi, ristikkorakenteinen, loimupertiittinen mikroliini, sarvivälke ja biotiitti. Sarvivälkkeen ja biotiitin suhde vaihtelee. Hivenmineraaleina on apatiittia ja zirkonia sekä sarvivälkkeen ja biotiitin lohkoraioissa titaniittia ja epidoottia. Muuttumistuloksena on kloriittia.

Granodioriittialueen eteläosassa kivilaji on yleensä selvästi suuntautunutta ja enemmän tai vähemmän pilsteytynyttä. Selkäinjärven itäpuolella se on jopa gneissiytynyttä. Mineraalikoostumus ei juuri eroa Väätinperän granodioriitista.

Koko alueen granodioriittia leikkaavat monin paikoin 0.5...20 m:n levyiset, ofiittiset diabaasijuonet ja parissa paikassa lisäksi kvartsimaa- ja porfyrijuonet. Myös alueen nuorimmat, erisuuntaiset ja -levyiset apliitti- ja pegmatiittijuonet lävistävät yleisesti granodioriittia. Porfyriigraniitin eteläpuolella, Isokankaalla (01 C) granodioriitti on harmaata, paikoin hieman punertavaa, keskirakeista ja hyvin suuntautunutta, osin gneissimäistä. Kivilaji ei ole tasalaatuista ja sisältää runsaasti kiillegneissifragmentteja. Granodioriitti jatkuu läheisillä Reisjärven (Salli 1963) ja Kinnulan (Nykänen 1962) kallioperäkarttalehdillä. Elämäjärven kaakkoisrannalla (04 C) granodioriitti on hyvin vaihtelevaa ja verrattavissa Sallin (1971, s.25) kuvaamiin Pihtiputaan Saaninjärven ja Iso-Liitonjärven välisiin granodioriitteihin. Tämän alueen granodioriitit vaikuttavat pintasyntyisten kivilajien sulamistuotteista kiteytyneiltä, kun verrataan kemiallisia koostumuksia Väätinperän granodioriitteihin, jotka todennäköisesti ovat varsinaisia magmakivilajeja. Granodioriittien kemiallisia koostumuksia on taulukossa 4.



Taulukko 4. Granodioriittien ja syeniittien kemiallisia koostumuksia.  
 Table 4. Chemical compositions of granodiorites and syenites.

	70.	71.	72.	73.	74.	75.	76.	77.
SiO <sub>2</sub>	69.05	67.59	66.43	66.00	65.39	65.28	63.00	58.39
TiO <sub>2</sub>	0.44	0.38	0.58	0.41	0.28	0.26	0.56	0.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.84	16.54	15.33	16.23	16.24	16.92	16.04	18.22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	5.05	3.54	4.66	4.80	3.42	2.99	6.04	8.17
MnO	0.10	0.06	0.07	0.07	0.04	0.03	0.10	0.13
MgO	0.84	1.38	1.23	1.85	0.21	0.18	2.69	1.67
CaO	2.83	2.91	2.75	3.09	4.15	3.61	4.65	3.55
Na <sub>2</sub> O	4.07	3.68	2.81	2.68	3.28	3.74	2.91	3.33
K <sub>2</sub> O	2.02	3.28	4.30	3.53	5.47	6.42	3.02	4.85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.09	0.15	0.10	0.04	0.05	0.11	0.30
C/HH	0.70	0.66						
Summa	98.35	99.45	98.31	98.76	98.52	100.18	99.12	100.17
Sr	0.020	0.025	0.029	0.027	0.027	0.021	0.028	0.026
Zr	0.021	0.014	0.025	0.008	0.024	0.037	0.010	0.058
Ba	0.12	0.07	0.13	0.09	0.06	0.080	0.06	0.191
V						0.003		0.011
Cr						0.007		0.004
Cu						0.000		0.002
Zn						0.002		0.012
Ni						0.002		0.002
S						0.006		0.023
Rb	0.00	0.015	0.010	0.013	0.012		0.009	

70. Granodioriittigneissi - *Granodiorite gneiss*. Kettuperä, Kettumäki, Pyhäjärvi. 12; x = 7064,58; y = 3454,06.
71. Granodioriitti - *Granodiorite*. Väätinperä, Matopajukonkallio, Pyhäjärvi. 06; x = 7067,30; y = 3435,02.
72. Granodioriitti - *Granodiorite*. Lintumäki, Pyhäjärvi. 11; x = 7056,48; y = 3457,08.
73. Keskirakeinen granodioriittigneissi - *Medium-grained granodiorite gneiss*. Hiidenkylä, Hietala, Pyhäjärvi. 05; x = 7051,34; y = 3438,66
74. Epidoottikvartsisyeniitti - *Epidote quartz syenite*. Vuorijärvi, eteläpuoli, Pihtipudas. 01; x = 7047,15; y = 3427,35.
75. Epidoottikvartsisyeniitti - *Epidote quartz syenite*. Vuorijärvi, eteläpuoli, Pihtipudas. 01; x = 7047,15; y = 3427,35.
76. Harmaa, keskirakeinen granodioriittigneissi - *Grey, medium-grained granodiorite gneiss*. Elämäjärvi, Isokangas, Pihtipudas. 01; x = 7042,16; y = 3428,14.
77. Porfyyrinen granosyeniitti - *Porphyritic granosyenite*. Eskoperä, Kauniskangas, Pyhäjärvi. 09; x = 7067,46; y = 3442,84.

## Graniitit

### Harmaa keski- ja tasarakeinen biotiittigraniitti

Ryhmään kuuluvaa vaaleanharmaata tai harmaata, hieman punertavaa keskirakeista (3...5 mm) graniittia on Korvenkallion alueella (12 D). Graniitti on heikosti suuntautunutta tai pilsteistä. Tummia liuskesulkeumia on vain vähän siellä täällä. Kiven päämineraalit ovat mikrokliini, kvartsi, plagioklaasi ja biotiitti sekä lisämineraalit epidootti, apatiitti ja zirkoni. Mikrokliini on ristikkorakeista ja loimupertiittistä. Rakeet ovat melko terveitä ja muita suurempia. Kvartsia on saman verran kuin mikrokliinia. Rakeet ovat deformatuneita ja granuloituneita. Plagioklaasi on oligoklaasi - andesiinia ( $An_{30}$ ). Rakeitten keskus on saussuriittiutunutta, ja joissakin rakeissa mikrokliini on "syönyt" plagioklaasia. Myrmeikiittiä on muutamissa rakeissa. Plagioklaasia on vähemmän kuin mikrokliinia. Biotiittia on huomattavasti vähemmän kuin vaaleita mineraaleja. Sen pleokroismi on tummanruskea - kellanruskea. Suomut ovat repaleisia ja kiertävät maasälpä- ja kvartsirakeitten välissä.

Korvenkallion länsipuolella (analyysi 78) kivilaji on punaista, pienirakeista ja rikkoutunutta. Kiveä leikkaavat apliittiset ja pegmatiittiset juonet. Outokumpu Oy:n syväkairauksissa Mullikkorämeellä on Korvenkallion graniitin todettu työntyneen muuttuneiden metavulkaniittien päälle. Tämän graniitin suhdetta porfyrygraniittiin ei tunneta. Liittovuonna (3324 01 A) graniitilla näyttää olevan asteittainen kontakti grano- ja kvartsidioriittiin.

### Porfyrygraniitti ja porfyyrinen epidoottikvartsisyeniitti

Laaja 7...8 km leveä porfyrygraniittialue ulottuu Pyhäjärven eteläpuolelta länsiluoteeseen Pitäjänmäelle. Kivilaji on punertavaa tai punertavanharmaata ja monin paikoin se saa tummanpunaisen maasälvän yhteyteen pistaasinvihreää väriä epidootista. Graniitti sisältää tiheään sulloutuneita, usein kylki kyljessä olevia mikrokliiniharakeita, joiden keskimääräinen koko on noin 1 x 3 cm, mutta suurimmat ovat jopa 3 x 6 cm:n kokoisia. Kivi on paikoin vain heikosti deformatunutta, jolloin mikrokliiniharakeet ovat lähes ehyinä suorakaiteina. Kivilaji on vaihtelevassa määrin deformatunutta, monin paikoin puristussuuntautunutta. Hajarakeet ovat muutamilla alueilla särkyneet silmämaisiksi. Hajarakeiden välimassa on raekooltaan keskimäärin 1...3 mm ja koostuu kvartsista, maasälvistä ja tummista mineraaleista. Mikrokliini on punertavaa ja yleensä tervettä, ristikkorakeista ja Karlsbadin lain mukaan kaksostunutta. Havukkamäessä, Hiideniemessä ja Hujakosta Pitäjänmäelle porfyrygraniitissa on runsaasti epidoottia. Rautaoksidin tummanpunaiseksi värjäämät mikrokliinirakeet ovat tällöin pistaasinvihreän epidoottimassan ympäröimiä. Kvartsi on vaaleaa tai tummanharmaata. Se on deformatunutta ja muodostaa mikrokliiniharakeiden reunaan maasälpäpien kanssa hienorakeista granulaaria. Kvartsi on joko yksittäisinä rakeina, ketjumaisina nauhoina tai raekasaamina. Plagioklaasi on välimassassa 2...5 mm:n läpimittaisina rakeina. Sitä on huomattavasti vähemmän kuin mikrokliinia. Se on yleensä oligoklaasia ( $An_{<30}$ ), mutta epidoottisissa kivissä albiittia ( $An_{<10}$ ). Joissakin mikrokliiniharakeissa on havaittavissa oligoklaasike-

hä. Muuttumistuotteena on saussuriittia. Biotiitti on pleokroismiltaan vihertävänruskea - vaalea kellanruskea. Suomut ovat taipuneet hajarakeiden ympärille ja niiden reunat ovat repaleiset. Suomuissa on tumman kehän ympäröimiä apatiitti- ja zirkonirakeita. Sarvivälkettä on biotiitin ohella, mutta huomattavasti sitä vähemmän. Sen pleokroismi on sinivihreä - vaalea kellanvihreä. Biotiitin ja sarvivälkkeen yhteydessä on enemmän tai vähemmän epidoottia ja kloriittia. Joissakin edellä mainituissa paikoissa epidootti ja kloriitti ovat lähes ainoat tummat mineraalit. Muuttumistuloksina syntyneiden epidootin, kloriitin ja saussuriitin lisäksi on hivenmineraaleina apatiittia, zirkonia, titaniittia, magnetiittia ja hematiittia. Zirkoni on tavallisesti vyöhykkeistä. Titaniitti on pyöristyneinä tai kiilamaisina rakeina ja osassa rakeista on ilmeniittikeskus. Magnetiittia ja hematiittia on epidootin yhteydessä jopa senttimetrin tai parin läpimittaisina kasaumina.

Porfyrygraniitissa ja sen epidoottipitoisissa muunnoksissa on sulkeumina tummia mineraaleja sisältäviä, hienorakeisia, vaaleanharmaita, raitaisia gneissejä. Ne ovat liuskeisuuden suunnassa ja paksuudeltaan muutamasta senttimetristä pariin metriin. Monien sulkeumien reunat ovat sulautuneet haamumaisesti porfyrygraniittiin. Sulkeumia on runsaimmin Hujakon ja Pitäjänmäen esiintymissä. Kettukalliossa (04D;  $x = 7048,87$ ;  $y = 3439,00$ ) on noin 15 m:n levyinen ja 30 m:n pituinen, teräväkontaktinen, vaaleanharmaa, hienorakeinen, itä - länsisuuntainen kiillegneissisulkeuma porfyrygraniitissa.

Porfyrygraniittia lävistävät punertava pieni-, tasarakeinen apliitti ja karkearakeinen graniitipegmatiitti juonina ja epämääräisen muotoisina pursumina. Pengermäinen pysty- ja vaakasuora rakoilu on hyvin tyypillistä koko porfyrygraniittialueella.

Epidoottipitoiset graniitit, ns. unakiitit, ovat Wahlin (1963) mukaan tyypillisiä koko Laatokka - Raahe vyöhykkeelle. Hän pitää niitä unakiitteina, kuten myös Aatto Laitakari (1953) Haapaveden epidoottipitoisia graniitteja.

Pyhäjärven porfyryiset epidoottipitoiset kivilajit näyttävät sulautuvan hyvin porfyrygraniittien seuraan. Kivilajien rajat eivät ole teräviä, vaan epidoottipitoiset kohdat muodostavat vaihtelevan kokoisia, rajoiltaan epämääräisiä alueita. Mineraali- ja kemialliselta koostumukseltaan ne vastaavat paremminkin kvartsisyeniittejä kuin varsinaisia unakiitteja (Bates & Jackson 1987), kivissä kun on mikrokliinin ohella albiittia ja oligoklaasia. Epidoottikvartsisyeniitit sijaitsevat ruhje- ja hiertymävyöhykkeissä, missä porfyrygraniittiin on päässyt hydrotermisiä liuoksia muuttamaan plagioklaasia ja sarvivälkettä epidootiksi ja kloriitiksi. Kivet ovat kiteytyneet alhaisessa lämpötilassa ja paineessa ilmeisesti pitkän ajan kuluessa. Epidoottikvartsisyeniitin mineraalikoostumus on Vuorijärven eteläpuolella (10 D): mikrokliini (n. 50 %), kvartsi (n. 15 %), plagioklaasi (n. 10 %), epidootti (n. 20 %) ja hivenmineraalit (n. 5 %). Analyysit 74 ja 75 ovat esimerkkejä epidoottikvartsisyeniittien kemiallisista koostumuksista.

Isot alat porfyrygraniittia on myös Oravamäeltä (10 B) pohjoiseen Pyhäsalmele (09) ja Vuohomäeltä koilliseen Ristimäelle (11 A ja C) ulottuvissa jaksoissa.

Pyhäsalmele ja Pyhäjärven saarissa ja sieltä etelään olevassa porfyrygraniitin jatkeessa ovat suuntautumattomat tai heikosti suuntautuneet, suorakaiteiset, tavallisesti yhteensuloutuneet mikrokliinihajarakeet jopa 3 x 6...4 x 8 cm:n kokoisia. Eteläosassa hajarakeet ovat paikoin suuntautuneita ja särkyneitä. Tässä jaksossa epidootti on päämineraalina hyvin harvinainen, mutta rihmamaisina raontäytteinä sitä on monissa kohdissa hieman. Mikrokliinihajarakeet ovat ristikkorakenteisia ja Karlsbadin kaksoset ovat yleisiä. Kvartsi

on vaalean- tai tummanharmaata ja granulaarina maasälpärakeiden kanssa mikrokliinihajarakeiden välissä. Plagioklaasi on pääasiallisesti melko muuttumatonta oligoklaasia, jossa kuitenkin paikoin on vähäistä saussuriittiutumista. Biotiitti ja vähäinen määrä sarvivälkettä myötäilevät hajarakeita kuten eteläisessäkin jaksossa. Hivenmineraaleina on apatiittia, zirkonia ja monin paikoin titaniittia. Muuttumistuloksina on epidoottia ja kloriittia.

Vaaleanpunaiset tasa- ja pienirakeiset apliitit ja karkearakeiset graniittipegmatiitit lävistävät porfyrygraniittia 5...50 cm:n levyisinä juonina. Porfyrygraniitti puolestaan lävistää gneissejä ja metavulkaniitteja sekä grano- ja kvartsidioriitteja. Kaikkia niitä on porfyrygraniiteissa myös murtokappaleina.

Vuohtomäen - Ristimäen porfyrygraniittialue on edellisiä pienempi. Mikrokliinihajarakeet ovat harmahtavan punertavia ja kooltaan 0,5 x 1,5...2 x 3 cm, jopa 2 x 5 cm. Hajarakeita on paikoin harvakseltaan, paikoin tiheässä. Paikoin hajarakeet ovat suuntautumettomia, paikoin ne ovat puristussuuntautuneita ja silmäkemäisiä. Kvartsi on harmaata ja granuloitunutta ja sen määrä vaihtelee. Plagioklaasi on oligoklaasi - andesiinia, ja määrältään sitä on vaihtelevasti. Sarvivälkettä on monin paikoin biotiittia runsaammin. Hivenmineraaleina on epidoottia, titaniittia, apatiittia ja zirkonia. Alueen porfyrygraniitti on lounais- ja länsiosissa melko selvärajainen, kun taas itäosassa graniitti tunkeutuu sivukiviinsä granitisoiden ja breksioiden niitä.

Vajaan neliökilometrin kokoinen Ruunalankallio Valkeuslammen eteläpuolella (06 C) on punertavaa, karkearakeista (n. 5...7 mm) osin pienihajarakeista (n. 10 mm) graniittia. Kivi on muualla lähes suuntautumaton, mutta länsireunalla voimakkaasti liuskettunutta. Graniitin päämineraalit ovat isorakeinen mikrokliini, saussuriittiutunut plagioklaasi, kvartsi, biotiitti ± sarvivälke. Hivenmineraaleina on epidoottia, muskoviittia ja opaakkeja ja mineraaleja. Kiveä lävistävät terävin kontaktein usean metrin paksuiset diabaasijuonet.

Porfyrygraniittien kemiallisia koostumuksia edustavat analyysit 85, 87 ja 88.

#### Vaaleanharmaa pieni- ja tasarakeinen mikrokliinigraniitti

Porfyrygraniittien yhteydessä on monin paikoin vaaleanharmaata pieni- ja tasarakeista (2...3 mm) graniittia. Esiintymät ovat yleensä pienialaisia ja muita alueen kivilajeja intrudoivia. Pyhjärven kirkonkylässä, Pyhäsalmen Tunturimäessä ja Keltunkalliossa sekä Junttikylässä esiintymät ovat laaja-alaisempia ja tasalaatuisempia kuin muualla (katso rakennuskiviä s. 53). Tasarakeinen graniitti breksioi ja leikkaa terävästi porfyrygraniittia (kuva 9). Kapea kontaktireuna on usein hienorakeinen ja massamainen. Pieni- ja tasarakeista graniittia on myös Pienessä ja Isossa Luokkimäessä (02 D), joissa se on hieman punertavaa ja lävistää pienialaisina kiillegneissia. Kiveä rikkovat verkkomaisesti kvartsimaasälpäsuonet. Lintumäessä (11 D) tasarakeinen graniitti breksioi vähäisinä intrusioina muita kivilajeja.

Pieni- ja tasarakeisen mikrokliinigraniitin päämineraalit ovat tiheäristikkoinen, liekkipertiittinen mikrokliini (n. 50%), kvartsi (25...35%), plagioklaasi (albiitti - oligoklaasi, n. 15%) ja tummana mineraalina biotiitti (5...10%). Epidootti, kloriitti ja serisiitti ovat muuttumistuotteita. Yleisimmät hivenmineraalit ovat titaniitti, apatiitti ja opaakit mineraalit.



Kuva 9. Tasarakeisen mikrokliinigraniitin breksioimaa porfyriigraniittia. Laatta 15 cm.  
*Fig. 9. Porphyritic granite, brecciated by even grained granite. Tag 15 cm.*  
 Emoniemi, Pyhäjärvi. 3321 08; x = 7058,44; y = 3449,19.

#### Graniittiapliitti

Lintumäen eteläpuolella, Pykälänkankaalla (11; x = 7055,63; y = 3457,35) on vaaleanharmaata, pienihajarakeista (4...10 mm), rapautumispinnalta rosaisen "ryynimäistä" graniittia, joka leikkaa ja breksioi hyvin terävin kontaktein pieni- ja tasarakeista graniittia, jossa puolestaan on granodioriittimurskaleita. "Ryynikivi" on lähes suuntautumaton ja koostuu 90 %:sti vaaleista mineraaleista: mikrokliinista, kvartsista ja plagioklaasista (oligoklaasi). Noin 10 % on tummia mineraaleja: biotiittia ja kloriittia. Lisämineraaleina on serisiittia, epidootia ja apatiittia. Mineraalikoostumukseltaan kivilaji vastaa graniittiapliittia. Samanlaista kivilajia on pieninä intruusioina Kiuruvedellä, 3323 - lehdellä (Marttila 1976, s. 63...64; 1981, s. 32...33). Graniittiapliittia leikkaavat karkearakeiset graniittipegmatiittijuonet.

#### Porfyriinen granosyeniitti

Eskoperän Kauniskankaalla (09 B) on pieni esiintymä porfyyrista punertavaa graniitin näköistä kivilajia. Se lävistää terävin kontaktein metavulkaniitteja ja heittelebreksia-konglomeraattia. Kivilajia tavataan myös murskaleina läheisessä granitoidisessa kivessä. Sen päämineraalit ovat paljousjärjestyksessä mikrokliini, plagioklaasi, biotiitti, sarvivälke

Taulukko 5. Granitoidien kemiallisia koostumuksia  
 Table 5. Chemical composition of granitoids

	78.	79.	80.	81.	82.	83.
SiO <sub>2</sub>	78.13	76.71	73.96	73.46	73.29	73.14
TiO <sub>2</sub>	0.03	0.12	0.17	0.22	0.26	0.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.61	12.43	14.25	14.52	13.95	14.23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	1.15	1.77	2.01	2.06	2.42	2.04
MnO	0.00	0.00	0.04	0.04	0.05	0.03
MgO	0.15	0.25	0.54	0.43	0.35	0.50
CaO	0.30	0.72	1.23	1.49	1.40	0.99
Na <sub>2</sub> O	4.36	3.68	3.15	3.53	2.95	2.74
K <sub>2</sub> O	4.05	3.44	4.92	3.98	4.93	5.62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.06	0.06	0.08	0.04
HH				0.01	0.01	
Summa	101.78	99.12	100.33	99.80	99.69	99.52
Sr	0.00	0.00	0.012	0.013	0.012	0.012
Zr	0.00	0.019	0.018	0.015	0.020	0.016
Ba	0.02	0.08	0.12	0.083	0.065	0.07
V				0.002	0.003	
Cr				0.006	0.000	
Cu				0.000	0.000	
Zn				0.004	0.006	
Ni				0.002	0.001	
S				0.002	0.085	
Rb	0.028	0.007	0.015			0.025
Y					0.004	

78. Punainen, keskirakeinen graniitti - *Red, medium-grained granite*. Korvenkallio, W-laita, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,64; y = 3458,92.

79. Punainen, hienorakeinen graniitti - *Red, fine-grained granite*. Isohonkangas, Pyhäjärvi. 12; x = 7067,96; y = 3456,88.

80. Gneissgraniitti - *Gneiss granite*. Latvastenkangas, Pyhäjärvi. 02; x = 7055,12; y = 3426,04.

81. Pieni-, tasarakeinen graniitti - *Fine, even-grained granite*. Pienen Luokkimäen eteläosa, Pyhäjärvi. 02; x = 7056,36; y = 3426,93.

82. Pienihajarakeinen graniitti - *Granite with small phenocrysts*. Ruotanen, kaivoksen jäteallas, Pyhäjärvi. 12; x = 7063,13; y = 3452,12

83. Punertava tasarakeinen graniitti - *Reddish, even-grained granite*. Pyhäsalmi, rataleikkaus, Pyhäjärvi. 09; x = 7065,22; y = 3449,21.



Taulukko 5. jatkuu. Table 5. cont.

	84.	85.	86.	87.	88.
SiO <sub>2</sub>	72.78	72.40	72.10	67.78	67.50
TiO <sub>2</sub>	0.18	0.28	0.27	0.34	0.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.41	13.80	14.67	17.30	15.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	2.39	2.59	2.83	3.17	4.28
MnO	0.04	0.04	0.05	0.03	0.06
MgO	0.28	0.51	0.70	0.58	0.53
CaO	1.17	1.58	1.94	2.34	2.58
Na <sub>2</sub> O	3.64	2.95	3.54	3.09	3.36
K <sub>2</sub> O	4.84	5.55	4.20	5.19	5.47
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.12	0.06	0.15	0.17
HH		0.02			
Summa	99.79	99.82	100.36	99.97	99.67
Sr	0.009	0.017	0.012	0.021	0.020
Zr	0.020	0.019	0.013	0.025	0.040
Ba	0.059	0.079	0.10	0.16	0.159
V	0.002	0.002			0.002
Cr	0.006	0.002			0.002
Cu	0.000	0.000			0.000
Zn	0.004	0.005			0.008
Ni	0.002	0.002			0.001
S	0.003	0.002			0.017
Rb			0.015	0.014	
Y					

84. Punertava, karkearakeinen graniitti - *Reddish, coarse-grained granite*. Ruunalankallio, Pyhäjärvi. 06; x = 7064,80; y = 3437,66.
85. Porfyyrigraniitti - *Porphyritic granite*. Vuohtomäki, Luotepuro, Pyhäjärvi. 11; x = 7053,30; y = 3455,11.
86. Porfyyrinen, keskirakeinen graniittigneissi - *Porphyritic medium-grained granite gneiss*. Hoikanmäki, 4-tien leikkaus, Pihtipudas. 04; x = 7045,50; y = 3435,78
87. Isohajarakeinen graniitti - *Granite with large phenocrysts*. Vuohtomäki-Vuohtoniemi tie, Kettukallio, Pyhäjärvi. 11; x = 7052,36; y = 3451,30.
88. Isohajarakeinen graniitti - *Granite with large phenocrysts*. Pieni Asikkamäki, Pyhäjärvi. 07; x = 7044,90; y = 3447,15.

ja kvartsi. Mikroliini on suorakaiteen muotoisina,  $4 \times 10 \dots 5 \times 12$  mm:n hajarakeina, jotka ovat kaksostuneet Karlsbadin lain mukaan. Niissä on loimupertiittiä ja rakeiden reunaosissa ristikkorakennetta. Plagioklaasi on oligoklaasi - andesiinia ( $An_{29}$ ) ja sitäkin on hajarakeina. Siinä on pieniä neulasmaisia amfibolisulkeumia, epidoottia sekä mikroliinirakeiden reunoilla myrmeikiittiä. Biotiittisuomut ovat repaleisia, pleokroismiltaan tummanruskeita - vaaleanruskeita. Niissä on sulkeumina runsaasti apatiittiprismoja sekä jonkin verran zirkonikiteitä. Joidenkin suomujen reunassa on sarvivälkettä ja lohkoraosisa titaniittia ja opaakkeja mineraaleja. Sarvivälkettä on selvästi biotiittia vähemmän. Se on syvävihreää, paikoin tumman sinivihreää. Pääosa titaniitista ja epidootista on tummien mineraalien yhteydessä. Titaniitti on rakeina, vain joitakin kiilan muotoisia on havaittu.

Mineraalikoostumukseltaan kivilaji sijoittuu graniitin ja syeniitin välille. Kvartsin määrä (n. 10 %) vie kiveä graniitin puolelle. Syeniitin puolelle viittaavat kemiallisen koostumuksen  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$  ja suhteellisen korkea alkalipitoisuus (yli 8%) (analyysi 77). Rakenteen huomioon ottaen kivilajia ehkä parhaiten kuvaa nimi "porfyryinen granosyeniitti". Porfyryrisesta epidoottikvartsisyeniitistä se eroaa monessa suhteessa.

## Juonikivet

### Diabaasi- ja porfyriitti- ja porfyryjuonet

Pyhäjärven juonet sijoittuvat kartta-alueen luoteis- ja koillisosiin. Kenttähavaintojen perusteella ne voidaan karkeasti jakaa diabaasi- ja porfyriittijuoniin. Juonet lävistävät alueella erilaisia kivilajeja: Väätinperällä, Jauhokankaalla ja Peräkankaalla grano- ja kvartsidioriitteja, Komun eli Juskon kvartsidioriittia, Kettuperällä ja Kokkokankaalla granitoidisia orto- ja paragneissikompleksin kivilajeja, Ruunalankalliolla karkearakeista pienihajarakeista graniittia ja Valkeuslammilla ryodasiitteja, Tetrinmäellä emäksistä tyynylaavaa, Ruotasen liuskejaksossa ja Rättävuoressa hapanta metavulkaniittia ja Riitavuoressa hapanta metavulkaniittia ja kvartsimaasälpägneisiä (kuva 10). Juonien ei ole havaittu missään leikkaavan kiillegneissejä. Juonia ei myöskään näytä leikkaavan kuin toinen juoni kuten kvartsimaasälpäporfyryjuoni diabaasia Jauhokankaalla ja Lökölänkankaalla tai uraliittiporfyriittijuonet toinen toisiaan Tetrinmäellä. Ollinniemessä graniittipegmatiittijuoni lävistää diabaasin.

Koivulan (1987) mukaan Pyhäjärven alueelta on löydetty noin sata juonta, joista länsiosan juonet ovat suunnassa  $260^\circ \dots 270^\circ$  ja itäosan juonet suunnassa  $335^\circ \dots 350^\circ$  (kuva 11). Porfyryjuonet ovat tavallisesti useamman lähekkäisen juonen parvina ja niiden leveys on  $10 \dots 70$  cm. Diabaasijuonet ovat yleensä yksittäisiä ja niiden leveys on  $1 \dots 10$  metriä.

Diabaasijuonet ovat raekooltaan hyvin vaihtelevia. Jauhokankaan diabaasin plagioklaasihajarakeista ( $An_{50}$ ) suurimmat, megakiteet, ovat  $30$  cm:n pituisia. Perusmassassa, joka on hienorakeista ja tiivistä, on erikokoisia pienempiä plagioklaasi- ja uraliittihajarakeita kuvan 12 osoittamalla tavalla. Yleensä diabaasin rakenne on ofiittinen, jossa





Kuva 10. Uraliittiporfyriitti-juoni happamassa metalaavassa. Laatta 15 cm.

*Fig. 10. Uralite porphyrite dyke in acid metalava. Tag 15 cm.*

Riitavuori, Pyhäjärvi. 3321 12; x = 7066,18; y = 3457,50. Valokuvannut — Photo Antti Mäkelä.

plagioklaasiliistakkeet ovat 1...2 mm:n pituisia ja muodostavat muuttumistuloksineen kivistä 40...45 %. Perusmassa on hienorakeinen. Plagioklaasi on andesiinia tai labradoriittia. Amfibolia, sarvivälkettä, ja sen muuttumistuloksia biotiittia ja kloriittia on noin 50 %. Opaakkeja mineraaleja diabaaseissa on runsaasti, monissa yli 5 %.

Diabaasijuonet ovat tavallisesti suuntautumattomia. Leveämpien juonien keskiosassa plagioklaasiliistakkeet ovat kookkaampia kuin reunaosissa. Juonen kontaktissa voi olla 1...2 cm:n levyinen tiivis kontaktimuunnos, joka on usein rapautunut muuta osaa syvemmälle. Porfyriitti- ja porfyrijuonet voidaan ryhmittää hajarakeittensa perusteella uraliittiporfyriitti- ja uraliittiplagioklaasiporfyriitti-juoniin sekä kvartsimaasälpäporfyri-juoniin. Hajarakeitten määrä ja koko vaihtelevat juonissa. Joissakin emäksisissä juonissa on tapahtunut muutoksia hiertymisen johdosta. Ne ovat metabasiitti-juonia. Usein makroskooppisesti kidemuotoiset uraliittirakeet osoittautuivat mikroskoopissa amfibolirae-kasaumiksi. Muutosprosessi on saattanut edetä jopa biotiitiksi ja kloriitiksi. Plagio-

klaasihajaraakeet ovat oligoklaasia tai andesiinia ja paikoin vyöhykkeisiä. Jotkin rakeet ovat voimakkaastikin saussuriittiutuneita. Perusmassa on raekooltaan 0,1...0,2 mm ja koostuu pääasiassa sarvivälkkeestä ja plagioklaasista. Lisäksi on biotiittia, epidoottia, titaniittia, kloriittia, apatiittia, zirkonia ja opaakkeja mineraaleja (usein rautaoksiedeja).

Kvartsimaasälpäporfyryrijuonet leikkaavat karkearakeisia diabaaseja Jauhokankaalla ja Lökölänkankaalla. Porfyyrissa on hajarakeina kvartsia, plagioklaasia ja satunnaisesti myös mikrokliinia. Kvartsi on 1...8 mm:n läpimittaisina kiteinä, osin omamuotoisina osin granuloituneina. Plagioklaasi on albiitti - oligoklaasia ja 1...6 mm:n pituisina liistakkeina, joista osa on saussuriittiutuneita. Mikroliinirakeet ovat terveitä ja kooltaan plagioklaasin luokkaa. Perusmassan raekoko on noin 0,1 mm ja se koostuu plagioklaasista (n. 40 %), kvartsista (n. 35 %), mikroliinista (n. 10 %) ja biotiitti-serisiitti-epidootti-

Taulukko 6. Juonikivilajien mineraalikoostumuksia. Määritetty point counting menetelmällä (Koivula 1987)

Table 6. Mineral composition of dyke rocks. Determined by point counting method (Koivula 1987)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Plagioklaasi <i>Plagioclase</i>	30,2	31,4	57,5	69,6	16,0	34,7	41,3	30,7	53,4
Amfiboli <i>Amphibole</i>	52,2	59,2	22,0	24,3	56,0	30,9	26,9	42,9	-
Biotiitti <i>Biotite</i>	15,8	0,6	9,3	2,9	27,6	4,9	9,8	0,1	-
Epidootti + saussuriitti <i>Epidote + saussurite</i>	1,0	1,4	6,2	0,1	0,2	8,4	2,1	15,6	12,9
Kloriitti <i>Chlorite</i>	-	0,3	-	0,8	-	15,1	14,2	4,9	-
Titaniitti <i>Titanite</i>	0,7	5,4	0,2	0,7	0,2	0,2	-	2,9	-
Apatiitti <i>Apatite</i>	0,1	1,6	0,4	0,9	-	-	-	0,3	-
Zirkoni <i>Zircon</i>	-	0,1	0,1	0,4	-	-	-	-	-
Kvartsi <i>Quartz</i>	-	-	4,0	-	-	-	-	0,5	33,7
Karbonaatti <i>Carbonate</i>	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
Opaakit <i>Opaques</i>	-	-	-	0,3	-	5,8	3,4	2,1	-



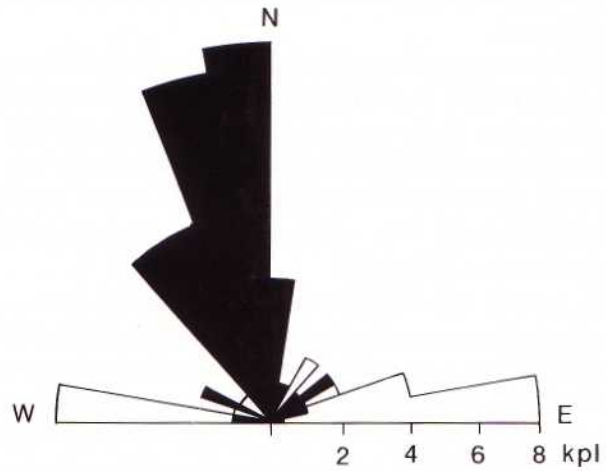
titaniitti-apatiitti-massasta (n. 15 %).

Koivula (1987) on määrittänyt muutamien Pyhäjärven juonikivien mineraalikoostumukset, jotka ovat taulukossa 6.

Juonikivien kemiallisia koostumuksia verratessaan Koivula (1987) huomasi diabaasien ja porfyriittien eroavan selvästi esiintymistavan lisäksi myös koostumukseltaan. Diabaaseille on ominaista korkea  $Al_2O_3$  -pitoisuus ja suhteellisen korkea  $TiO_2$  -pitoisuus. Ne ovat lievästi alkalisia, tholeiittisia basaltteja, joskin alkalisuus lienee osin sekundaarista. Porfyriitit ovat lähinnä alkalisia basaltteja ja andesiitteja. Myös porfyriittien  $Al_2O_3$  -pitoisuudet ovat korkeita, mutta  $TiO_2$  -pitoisuudet ovat alhaisia. Joitakin juonikivien kemiallisia koostumuksia on taulukossa 7.

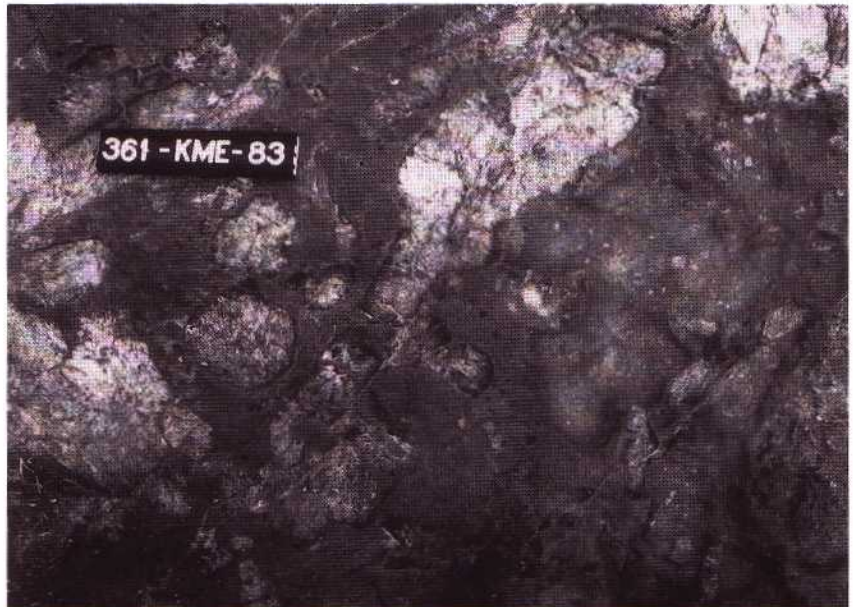
Wilkman (1931, s. 149) luki Pyhäjärven alueen juonet postbotnialaisiksi. Hänen mukaansa kallioperän pirstoutumista olisi tapahtunut kalevalaisen geosynkliinimuodostuksen alkuvaiheilla. Siitä olisi ollut seurauksena vulkaanista toimintaa ja juonien muodostumista rakoihin. Ikämääritys Jauhokankaan kvartsimaasälpäporfyrijuonesta on 1874 Ma. Juoni leikkaa diabaasia, joka siten olisi vanhempi. Kiuruveden Tuli-Toiviaisen juonimainen gabropegmatoidi, ikä 1886 Ma (Marttila 1981) ja Haapajärven Kumisevan gabro, ikä 1879 Ma (Kouvo: henkilökohtainen tieto), liittyvät ilmeisesti Pyhäjärven alueen juonimuodostukseen ja ajoittavat juonet ikävaiheeseen 1890...1870 Ma.

- 
1. Emäksinen uraliittiplagioklaasiporfyriitti - *Basic uralite plagioclase porphyrite*. Soidinmäki, Pyhäjärvi. 11; x = 7059,00; y = 3454,86
  2. Emäksinen uraliittiplagioklaasiporfyriitti - *Basic uralite plagioclase porphyrite*. Tetrinmäki, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,14; y = 3458,94
  3. Intermediaarinen plagioklaasiuraliittiporfyriitti - *Intermediate plagioclase uralite porphyrite*. Riittavuori, Pyhäjärvi. 12; x = 7066,18; y = 3457,50
  4. Intermediaarinen plagioklaasiuraliittiporfyriitti - *Intermediate plagioclase uralite porphyrite*. Tetrinmäki, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,20; y = 3458,92
  5. Emäksinen uraliittiplagioklaasiporfyriitti - *Basic uralite plagioclase porphyrite*. Väätinperä, Isokallio, Pyhäjärvi. 06; x = 7068,90; y = 3434,92
  6. Diabaasi - *Diabase*. Jauhokangas, Pyhäjärvi. 06; 7063,17; y = 3434,13
  7. Plagioklaasihajarakeinen diabaasi - *Diabase with plagioclase phenocrysts*. Ruunala, Lökölänkangas Pyhäjärvi. 06; 7064,36; y = 3437,34
  8. Porfyriininen diabaasi - *Porphyritic diabase*. Jauhokangas, Pyhäjärvi. 06; x = 7063,27; y = 3434,13
  9. Hapan kvartsimaasälpäporfyri (maasälpiä ei ole eroteltu ja epidootti + saussuriittiin on laskettu myös biotiitti ja serisiitti) - *Acid quartz feldspar porphyry ("plagioclase" includes all feldspars and "epidote + saussurite" includes also biotite and serisite)*. Jauhokangas, Pyhäjärvi. 06; x = 7063,27; y = 3434,13.



Kuva 11. Emäksisten ja intermediaaristen juonien suuntadiagrammi. Mustat pylväät ovat alueen itäosan juonia, valkoiset länsiosan juonia (Koivula 1987).

*Fig. 11. Orientation diagram of the mafic and intermediate dykes. The black columns refer to the dykes of the eastern part and the white ones to the dykes of the western part of the area (Koivula 1987).*



Kuva 12. Plagioklaasin megakiteitä diabaasissa. Laatta 12 cm.

*Fig. 12. Diabase with megacrysts of plagioclase. Tag. 12 cm. Jauhokangas, Pyhäjärvi. 3321 06; x = 7063,20; y = 3434,10.*

Taulukko 7. Emäksisten ja intermediaaristen juonikivilajien kemiallisia koostumuksia.  
 Table 7. Chemical composition of mafic and intermediate dyke rocks.

	89.	90.	91.	92.	93.	94.	95.
SiO <sub>2</sub>	47.49	48.11	46.90	48.52	46.48	48.93	50.39
TiO <sub>2</sub>	1.34	1.61	1.92	1.60	1.90	1.70	1.16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.34	17.87	17.74	18.13	18.34	8.20	15.96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	11.66	12.86	14.23	13.33	13.83	12.23	12.53
MnO	0.17	0.18	0.19	0.18	0.23	0.17	0.18
MgO	6.91	6.05	6.08	6.09	5.99	5.29	4.94
CaO	8.73	7.82	8.17	7.76	8.48	7.99	8.87
Na <sub>2</sub> O	2.95	2.35	3.49	3.14	2.47	3.67	3.81
K <sub>2</sub> O	0.63	2.11	0.72	0.76	1.56	1.21	0.83
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19	0.20	0.26	0.20	0.41	0.22	0.10
C/HH	1.25	0.88	1.63	0.77			
Summa	99.66	100.04	101.33	101.48	99.69	99.61	98.77
Sr	0.030	0.029	0.048	0.034	0.050	0.053	0.030
Zr	0.013	0.011	0.013	0.007	0.013	0.018	0.005
Ba	0.04	0.022	0.022	0.017	0.036	0.05	0.04
V		0.024	0.030	0.023	0.030		
Cr		0.007	0.005	0.007	0.005		
Cu		0.005	0.007	0.005	0.003		
Zn		0.011	0.011	0.012	0.016		
Ni		0.007	0.007	0.007	0.008		
S		0.100	0.151	0.124	0.011		
Rb	0.00					0.010	0.00

89. Diabaasi - *Diabase*. Valkeuslampi E, Pyhäjärvi. 06; x = 7065,24; y = 3437,85.

90. Diabaasi - *Diabase*. Valkeuslampi, Pyhäjärvi. 06; x = 7065,70; y = 3436,66.

91. Diabaasi - *Diabase*. Valkeuslampi, Pyhäjärvi. 06; x = 7064,44; y = 3437,74.

92. Diabaasi - *Diabase*. Peräkangas, Haapajärvi. 03; x = 7066,62; y = 3427,90.

93. Diabaasi - *Diabase*. Ollinniemi, Pyhäjärvi. 10; x = 7047,16; y = 3452,30.

94. Plagioklaasiporfyyriitti - *Plagioclase porphyrite*. Olkkonen, Pyhäjärvi. 12; x = 7065,41; y = 3454,62.

95. Plagioklaasiporfyyriitti - *Plagioclase porphyrite*. Riitavuori, Pyhäjärvi. 12; x = 7066,20; y = 3457,36.



Taulukko 7. jatkuu. Table 7. cont.

	96.	97.	98.	99.	100.	101.	102.	103.
SiO <sub>2</sub>	48.35	48.93	50.95	45.72	56.37	52.39	58.82	66.96
TiO <sub>2</sub>	0.65	0.54	0.89	1.01	0.60	0.92	0.56	0.38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.62	19.05	18.07	13.90	16.86	16.99	16.65	16.37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	12.19	11.11	0.27	12.51	7.40	9.30	7.65	3.98
MnO	0.24	0.17	0.18	0.32	0.20	0.18	0.11	0.06
MgO	9.44	5.54	3.71	9.57	5.78	4.95	4.34	1.86
CaO	12.31	11.58	7.83	10.67	8.80	7.05	6.91	4.25
Na <sub>2</sub> O	2.52	2.39	4.34	2.19	5.33	1.70	3.08	4.39
K <sub>2</sub> O	0.88	0.34	2.23	1.27	0.35	5.87	1.41	1.56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.02	0.92	0.59	0.17	0.23	0.16	0.12
C/HH		0.05	0.01			1.21	0.04	
Summa	100.28	99.72	99.40	97.75	101.86	100.79	99.73	99.93
Sr	0.016	0.021	0.183	0.044	0.039	0.023	0.047	0.046
Zr	0.000	0.004	0.017	0.015	0.010	0.009	0.010	0.014
Ba	0.02	0.017	0.146	0.12	0.05	0.107	0.046	0.07
V		0.028	0.019			0.023	0.016	
Cr		0.009	0.002			0.024	0.012	
Cu		0.006	0.011			0.002	0.000	
Zn		0.007	0.012			0.013	0.005	
Ni		0.004	0.002			0.003	0.004	
S		0.024	0.170			0.033	0.030	
Rb	0.00			0.00	0.00			0.00

96. Uraliittiporfyriitti - *Uralite porphyrite*. Pahanmaanneva, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,40; y = 3456,17.
97. Emäksinen juoni - *Basic dyke*. Rättävuori, Pyhäjärvi. 12; x = 7061,52; y = 3459,90.
98. Emäksinen juoni - *Basic dyke*. Hoikanlammesta E, Pyhäjärvi. 10; x = 7047,95; y = 3458,10.
99. Emäksinen juoni tyynylaavassa - *Basic dyke in pillow lava*. Tetrimäki, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,14; y = 3458,94.
100. Intermediaarinen juoni tyynylaavassa - *Intermediate dyke in pillow lava*. Tetrimäki, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,20; y = 3458,92.
101. Emäksinen juoni - *Basic dyke*. Isokallio, Väätinperä, Pyhäjärvi. 06; x = 7068,90; y = 3434,92.
102. Emäksinen juoni - *Basic dyke*. Topiskonrämestä SE, Pyhäjärvi. 11; x = 7059,62; y = 3455,44.
103. Intermediaarinen juoni - *Intermediate dyke*. Kokkokangas, Pyhäjärvi. 12; x = 7068,68; y = 3456,04.

## Graniittiset juonet

Granitoidien viimeisiä kiteytyymiä ovat apliitti- ja pegmatiittijuonet ja pienet -pesäkkeet. Apliitit ja pegmatiitit ovat yleensä yhdessä ja ne suhtautuvat toisiinsa leikaten toinen toistaan. Usein myös pegmatiittijuoni muuttuu asteittain reunaa kohti apliitiksi. Apliitti on vähäisempinä sokerirakeisina pesäkkeinä ja kapeampina juonina kuin pegmatiitti. Apliitin mineraalit ovat mikrokliini, kvartsi ja plagioklaasi sekä vähän muskoviittia ja/tai biotiittia. Pegmatiitit ovat yksinkertaisia graniittipegmatiitteja, joiden karkearakeiset päämineraalit ovat mikrokliini, kvartsi, plagioklaasi ja muskoviitti sekä paikoin myös biotiitti. Mikrokliinissa on Karlsbadin kaksostusta ja paikoin kaunista kirjorakennetta. Kvartsi vaihtelee valkoisesta harmaan eri sävyihin. Granaatti ja turmaliini ovat alueen pegmatiiteissa melko harvinaisia.

## MUUTTUNEET KIVILAJIT

Kordieriittipitoisia kivilajeja on Ruotasen jaksossa, Jokelaisnevan ja Pullosuon ympäristöissä (10 B), Matarankallion alueella, Hulanperällä Pekastin ja Kokonlammen välimaastossa, Rättävuoressa ja Korvenkallion pohjoispuolella sekä Mullikkorämeellä.

Kordieriittipitoiset kivilajit ovat stratigraafisesti kiille- ja sarvivälkegneissien ja metavulkaniittien välissä. Mineraaliseurueita muodostavat:

1. Kordieriitti + granaatti + plagioklaasi + biotiitti + kvartsi ± sillimaniitti,
2. Kordieriitti + granaatti + plagioklaasi + antofylliitti ± kvartsi ja
3. Kordieriitti + granaatti + biotiitti + antofylliitti + plagioklaasi + kvartsi ± sillimaniitti.

Kordieriitti on osittain piniittiytynyttä ja sisältää kellertäviä, pleokroisia täpliä ja usein sulkeumina sillimaniittineulasia. Granaatti on almandiinia, ja kiteiden läpimitta on 1...3 cm. Ne ovat hyvin särkyneitä ja usein rypäinä kerroksissa. Plagioklaasia on vaihtelevasti ja se on andesiinia. Biotiitin yhteydessä on vaaleaa flogopiittia. Antofylliitti saattaa olla muutamien senttimetrien läpimittaisina, mustanruskeina tai mustina sälökimppuina. Sillimaniitti saattaa kuulua päämineraaleihin tai hivenmineraaleihin. Yleisimmät hivenmineraalit ovat rutiili ja opaakeista mineraaleista sulfidit ja magnetiitti.

Seurueissa mineraalien määrät vaihtelevat melkoisesti, sillä kivet ovat tavallisesti enemmän tai vähemmän raitaisia sisältäen korostetusti jotakin mineraalia. Myöskin kivilajien raekoossa on suuria eroja. Rättävuoressa on raitaista kerroksellista kiillegneissia ja metatuffi - tuffiittiliusketta. Jälkimmäinen on metamorfoitunut hienorakeiseksi sälöiseksi antofylliitti-kordieriittiliuskeraidaksi (analyysi 61), jota on makroskooppisesti vaikea erottaa hienorakeisista kiillegneissiraidoista. Kordieriitti-antofylliittiliuskeen mineraalikoostumus on: vaaleanruskea, sälöinen (0,6...2 mm) antofylliitti, Rakeinen (0,5 mm) kordieriitti, jossa on pistemäisiä keltaisia pleokroisia sulkeumia, deformatunut kvartsi, 0,5...1 mm:n plagioklaasi (An<sub>33</sub>) ja vaalea kellanruskea — lähes väritön biotiitti - flogopiitti. Kemiallinen analyysi osoittaa kvartsin ja plagioklaasin runsautta tummiin





Kuva 13. Silikaattifasieksen rautamuodostuman granaattipitoista raitaista biotiittisarvivälkegneissiiä.  
Vasara 60 cm.

*Fig. 13. Garnet bearing biotite hornblende gneiss of the banded silicate facies iron formation.  
Hammer 60 cm.*

Mataranvuoresta n. 700 m pohjoiseen, Pyhäjärvi. 3321 10; x = 7043,15; y = 3455,97.

mineraaleihin verrattuna. Rättävuoren kivilajiassosiaatioon kuuluvat lisäksi hapan ja emäksinen metavulkaniitti ja kaikkia näitä leikkaavat emäksiset, apliittiset ja pegmatiittiset juonet.

Matarankallion pohjoispuolella antofylliitti-granaatti-kordieriittikivet ovat karkearakeisia ja raitaisia. Ne ovat kiillegneissien ja metavulkaniittien vaihtumisvyöhykkeessä, missä myös karkearakeiset granaatti-biotiittigneissit ovat hyvin rautarikkaita  $Fe_2O_3T = 13.50...20.24\%$  (analyysit 58 ja 59) edustuen silikaattifasieksen rautamuodostumaa (kuva 13).

Hannusnevan - Pulloson syväkairauksissa kordieriitti-antofylliittigneissit ovat emäksisten metavulkaniittien yhteydessä olevissa diopsidi-tremoliittikarsissa ja kordieriittigneissit intermediaaristen metavulkaniittien kanssa vuorottelevissa diopsidi-tremoliittikarsissa. Kivilajeja leikkaa turmaliinipitoinen pegmatiitti. Jokelaisnevalla kordieriittia on serisiittikvartsiitin yhteydessä.

Hulanperällä, Pekastin ja Kokonlammen välissä vaaleat suoniset kiillegneissit vaihtuvat granaatti-kiillegneissien kautta antofylliittipitoisiksi kiviksi ja amfiboliiteiksi. Kordieriitti-granaatti-antofylliittigneissiiä on noin 10 m:n levyisinä poimuilevina nauhoina, joissa antofylliitti on karkeasälöisinä kimppuina ja granaatti läpimitaltaan 1...3 cm:n yksilöinä ja ryppäinä. Magnetiittia on pirotteena ja kasaumina.

Pieni kalliopaljastuma kordieriitti-granaatti-biotiittikiveä on Korvenkallion (12 D) graniitin pohjoisosassa happaman metavulkaniitin yhteydessä (analyysi 60). Kiven

päämineraalit ovat kvartsi (n. 40 %), muskoviitti (n. 20 %), biotiitti (n. 20 %), kordieriitti (n. 10 %) ja oligoklaasi (alle 10 %). Lisämineraaleina on sillimaniittia, titaniittia ja opaakkeja mineraaleja (magnetiittia ja sulfidimineraaleja). Granaatti on ryppäinä esiintymässä. Korvenkallion tyyppiset kordieriittikivet jatkuvat pohjoisempana Kärsämäen lehdellä 3322, missä kordieriitti-granaattigneissien ohella on myös kordieriitti-granaatti-antofylliitti-kiviä.

Ruotasella kordieriittipitoiset kivet ovat malmia ympäröivässä muuttuneitten kivilajien vyöhykkeessä, johon kuuluvat olennaisina kordieriitti-antofylliittikivet ja kordieriitti-biotiittigneissit sekä serisiittikvartsiitit ja kloriitti-talkkiluskeet. Serisiittikvartsiiteissa on hyvin usein myös kordieriittia (Helovuori 1979; Mäki 1986).

Mullikkorämeellä on malmin sivukivivyöhykkeessä hydrotermisesti muuttuneita kordieriitti-antofylliittikiviä, serisiittiluskeita, metasertejä ja kloriitti-talkkiluskeita. Ne ovat kaikki emäksisten ja happamien metavulkaniittien tektoonis- metamorfisia muuttumistuotteita.

Pyhäjärven alueen serisiittikvartsiitit ja -liuskeet ovat vuorokerroksisten happamien metavulkaniittien ja kvartsimaa-älpägneissien muuttumistuotteita. Kloriitti-talkkiluskeet ovat alunperin olleet emäksisiä vulkaniitteja, kuten myöskin kordieriitti-antofylliittikivet. Jälkimmäiset kivilajit ovat uudelleen saattaneet muuttua, kloriittutua ja talkkiutua.

## METAMORFOOSI JA TEKTONIIKKA

Pyhäjärven kartta-alueen kivilajit edustavat yleensä amfiboliittifasieksen keskiasteen metamorfoosia. Migmatiittiset gneissit osoittavat keski- ja korkeanasteen metamorfoosin välistä lämpötilaa. Paragneisseissä raekoon karkeutuminen ja alkuperäisten rakenteiden häviäminen siten, että kiille- ja sarvivälkegneissit alkavat muistuttaa karkearakeisia, pilsteisiä plutonisia kivilajeja osoittaa metamorfoosiasteen kohoamista keskiasteesta korkeaan asteeseen.

Kivilajeissa on lämpötilan nousun johdosta tapahtunut anatektistä sulamista ja uudelleen kiteytymistä. Gneissien indeksimineraalit: sillimaniitti ja granaatti osoittavat korkeampaa lämpötilaa kuin andalusiitti. Amfiboliittifasieksen korkeampaa metamorfoosiastetta osoittavat emäksisten vulkaniittien muuttuminen kordieriitti-granaatti-antofylliittikiviksi ja peliittistä materiaalia sisältävien vulkaniittien kordieriitti-granaatti-biotiittikiviksi.

Deformaatiot, siirrokset ja poimutukset edistävät metamorfisia prosesseja. Kordieriittipitoiset kivilajit sijaitsevat ruhje- ja hirtovyyhykkeissä, joissa liikuntoja on tapahtunut useassa vaiheessa. Serisiittikvartsiitit ja -liuskeet sekä kloriitti-talkkiluskeet ovat syntyneet hirtovyyhykkeisiin alhaisissa paineissa ja lämpötiloissa, hydrotermisten prosessien tuloksina. Hydrotermiset liuokset ovat syynä myös epidootti-kvartsisyeniittien ns. unakiittien syntyyn. Aarne Laitakari (1942, s. 37) viitaten muihinkin tutkijoihin, pitää unakiittia "alkuperäisenä magmaattisena kivenä, joka on kiteytynyt suhteellisen alhaisessa lämpötilassa vesirikkaasta magmasta... viimeisten mineraalien epidootin ja kloriitin muodostuminen on tapahtunut myöhäisellä hydrotermaalilla asteella". Wahlin (1963, s.27) mukaan olisi kolme erilaista magmaa: vesiköyhä hypersteenikiviä muodos-

tava, vesirikas unakiitteja kohotessaan muodostava ja graniittimagma. Unakiitit olisivat kiteytyneet runsaasti vettä ja haihtuvia aineita sisältävästä magmasta. Maastossa nämä epidoottiset kivet sijaitsevat paikoissa, joissa on ruhjeisuutta, joten tällä seikalla näyttäisi olevan myös oma merkityksensä.

Alueella on tapahtunut liikuntoja pääasiallisesti kolmen suuntaisissa vyöhykkeissä, joiden keskinäisiä ikäsuhteita on vaikea päätellä. Selvimpää ruhje- ja siirrossuuntia ovat noin N 40° W, noin N 45° E ja lähes N - S.

Haapamäen doomin (10) keskustan muodostavassa granodioriitissa on vanha aaltoileva kerrosrakenne lähes vaakasuora ja päällä olevat metasedimentit ja metavulkaniitit ovat voimakkaasti deformatuneita. Nuorin liikuntosuunta näyttää olevan N - S, pysty, jossa on myös runsaasti graniittijuonia. Monissa paikoissa N 40° W osoittautuu vanhimmaksi suunnaksi.

Selvempi stratigraafisesti merkittävä siirros kulkee Maaselänlahdelta Kätkyntiemen kautta Valkeuslammelle ja sieltä Väätinperän granodioriitin itäreunaa seuraten Hoikkaan (12 D). Tämä siirroslinja jatkuu Kärämäen 3322 -lehdellä Kuusanjärvelle ja edelleen pohjoiseen. Hoikassa on granodioriitin ja ryodasiittisen metavulkaniitin kontaktissa myloniittiutunut ja breksioitunut vyöhyke. Granodioriitti on kohotessaan hirtänyt, hornfelsoinut ja lisäksi breksioinut vulkaniittia.

Ruotasen liuskevvyöhykkeessä ja Maaselänlahden gneissi - vulkaniittivyöhykkeessä on tapahtunut ilmeistä isokliinista poimutusta vyöhykkeen pituussuunnassa akselin ollessa Ruotasella loivasti etelään ja Maaselänlahdella loivasti kaakkoon. Pyhäjärven pohjoispuolen kiillegneississä on yleisesti vaaka-asentoinen kerroksellisuus loivasti poimuttunut ja siinä on melko pysty akselitasoliuskeisuus.

Hölttä (1988) on tehnyt kartta-alueelta metamorfoosia ja Ward (1984) rakenteellisia deformaatiota koskevia tutkimuksia.

## KIVILAJIEN IKÄSUHTEITA JA STRATIGRAFIAA

Leikkaussuhteista ja breksioista voidaan päätellä kivilajien keskinäisiä ikäsuhteita, mutta todellista ikää ne eivät ilmaise. Pyhäjärven alueen kivilajeista on tehty useita radiometrisiä iänmäärittäyksiä. Orto- ja paragneissikompleksiin kuuluvan Kettuperän granodioriittigneissin zirkonin U-Pb -ikämääritys on  $1930 \pm 15$  Ma (Vaasjoki & Sakko 1988, s. 9 ja 13). Ikä edustanee kuitenkin kiven metamorfoitumistapahtumaa, sillä separoidussa zirkonijoukossa on paragneissille ominaisia piirteitä.

Orto- ja paragneissin päälle on sen rapautumistuotteista muodostunut arkoosimainen kvartsimaasälpäkerros. Riitavuoreissa ja Heikinahossa tähän kvartsimaasälpärapautumaan on sekoittunut hapanta vulkaanista ainesta. Kerrostumat ovat nyt vuorottelevina kvartsi- maasälpä- ja metaryoliittikerroksina. Riitavuoren kvartsi- ja metaryoliittikerroksista metalaavasta tehty zirkonin U-Pb -ikämääritys  $1921 \pm 2$  Ma (Kousa et al., in prep.) edustanee bimodaalisen vulkanismin purkausvaihetta tällä alueella. Andesiitti - dasiittiset metavulkaniitit Pyhäjärven länsipuolella muodostavat oman yksikkönsä bimodaalisten vulkaniittien yläosaan.



Bimodaalinen hapan - emäksinen vulkanismi vaihtuu kalkki- karsi- ja grafiittipitoisten kerrosten kautta grauvakka - peliittisiin kerroksiin. Välvaiheessa vulkaanisiin kerroksiin on sekoittunut sedimenttiainesta ja sedimenttisiin kerroksiin pyroklastista ainesta. Sarvivälkegneissit ovat yleensä emäksisten metavulkaniittien yhteydessä. Grauvakkamaiset biotiittiplagioklaasigneissit ovat tavallisesti tumma - harmaa raitaisia. Psammiittiset kerrokset ovat hieman karkearakeisempia kuin peliittiset kiillepitoiset kerrokset, joissa monin paikoin on myös porfyroblasteja.

Intrusiivikivilajien ikäsuhteita voidaan tarkastella kenttähavaintojen perusteella. Komun eli Juskon kvartsidioriitti - dioriitissa, jonka zirkonin U-Pb -ikä on  $1893 \pm 3$  Ma (Neuvonen et. al. 1981, s. 118), on murskaleina emäksistä ja hapanta metavulkaniittia, kiille- ja sarvivälkegneissejä sekä keskirakeista granodioriittigneissisiä. Juskon kvartsidioriitin titaniitti-ikä 1867 Ma osoittaa kivilajin jäähtymisvaihetta. Kvartsidioriittia leikkaa plagioklaasiporfyriittijuoni. Väätinperän ja sen ympäristön grano- ja kvartsidioriittit kuulunevat samaan ikävaiheeseen Komun kvartsidioriitin kanssa. Väätinperän granodioriitti breksioi ja hornfelsoi Hoikassa metavulkaniittia. Diabaasi- ja porfyriittijuonet lävistävät myös täällä grano- ja kvartsidioriittia.

Jauhokankaan kvartsimaaäpöporfyrijuonen zirkonin U-Pb -ikä on  $1874 \pm 5$  Ma. Juoni leikkaa diabaasia, joka siten on vanhempi. Pyhäsalmen kaivoksen plagioklaasiporfyriitin, joka ilmeisesti on juoni, zirkonifraktion  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  -ikä on 1875 Ma ja saman kiven titaniitin diffuusioikä on 1860 Ma (Helovuori 1979, s. 1097).

Diabaasijuonet lävistävät graniiteista vain Ruunalankallion karkearakeista pienihajara-keista graniittia. Kolmesta alueen porfyriigraniitista on tehty zirkonin U-Pb -iänmääritys. Kettukallion porfyriigraniitissa Vuohtoniemen tien varressa on heterogeeninen zirkoni, jonka iäksi on määritetty  $1883 \pm 25$  Ma. Vuohtomäen Luotepuron porfyriigraniitin ikä on  $1875 \pm 2$  Ma ja eteläisestä jaksosta Pienen Asikkamäen porfyriigraniitin ikä on  $1867 \pm 12$  Ma.

Porfyriigraniiteissa on runsaasti erilaisia kivilajifragmentteja, joista osa on haamumai-sina jäänteinä osa teräväkontaktisina murskaleina porfyrimagmamassa, joka tunkeutues-saan sivukiviinsä on breksioinut ja granitisoinut niitä, mutta samalla se on saanut sivukivifragmenttien sulamisesta itseensä niiden aineksia. Ilmeisesti kulutus on "viistä-nyt" vain ohuen kuoren graniitti-intruusion yläosasta, jolloin graniittimagman sivukivien kontaminaatio tulee voimakkaasti näkyviin iänmäärityksissä.

Nuorempaa vulkaniittipurkausta edustanevat karttalehden koillisosassa Jylkynkankaan -Tetrimäen tyynylaavat. Kenttähavainnoissa laavan tyynyissä ei ole samoja deformaatiosuuntia kuin ympäröivissä sivukivissä. Itäpuolen graniitti on tyynylaavan kohdalla punaista ja näyttää kärsineen kuumuudesta. Valitettavasti kontaktit sivukiviin ovat niin ruhjeiset, ettei leikkaussuhdetta näy maanpinnalla eikä myöskään syväkairauksissa. Tyynylaava on ilmeisesti rakopurkaus, jota en echelon -siirrokset ovat myöhemmin katkoneet.

Oman probleeminsa aiheuttaa 10 -lehden orto- ja paragneissikompleksi. Kivilajit ovat Haapamäen keskusdoomissa koostumukseltaan granodioriittisia paragneissejä, joita intrudoivat graniitti, apliitti ja pegmatiitti. Paragneissien metamorfoitumisaste on hienorakeisista kiillegneisseistä keskirakeisiin "syväkivimäisiin" granodioriittigneisseihin. Kemialliset koostumukset voivat, hivenaineet mukaan otettuina, olla lähes identtiset

(katso s. 23). Zirkonin U-Pb -iät Hoikanlammen (1873 ± 29 Ma) ja Jänismäen (1876 ± 15 Ma) kivilajeista kertovat ilmeisesti metamorfoitumisvaiheen. Hoikanlammen gneississä on katkeillut metabasiittijuoni, jonka titaniitti-ikä 1803 Ma osoittaa alueellisen jäähtymisen saavuttaneen tuolloin 500° C:n isotermin.

Vaasjoki (Kousa et al., in prep.) on yksityiskohtaisemmin tulkinnut Pyhäjärven alueen kivilajien iänmäärityksiä. Kaaviollisesti esitettynä alueen kivilajien stratigrafia- ja ikäjärjestys on seuraava:

### Suprakrustiset kivilajit

### Plutoniset kivet

Tyynylaavat Tetrinmäen jaksossa

Tyynylaavoja leikkaavat emäksiset juonet

Migmatiittiset biotiitti- ja biotiitti-sarvivalkegneissit; osin porfyroblastisia

Kumisevan gabroesiintymä Haapajärvellä (kl 2343 12) ikä 1879 Ma

Grafiittipitoisuutta muodostuman alaosassa

Granitoideja: Pienen Asikkamäen porfyrygraniitti, ikä 1867 Ma; Vuohomäen Luotepuron porfyrygraniitti, ikä 1875 Ma; Kettukallion porfyrygraniitti, 1883 Ma

Dasiitti-andesiitti metavulkaniitteja

Kvartsimaasälpäporfyryrijuonia

Diabaaseja ja plagioklaasiporfyryrijuonia, jotka leikkaavat dioriitteja ja kvartsidioriitteja mutta eivät porfyrygraniitteja

Emäksisiä ja happamia metavulkaniitteja; karsi-, arkoosi- ja serisiittiliuskevälakeroksia. Riitavuoren hapan metavulkaniitti 1921 Ma

Dioriitteja ja kvartsidioriitteja; Komun eli Juskon kvartsidioriitti, ikä 1893 Ma. Kivi breksioi metavulkaniitteja ja kiillegneissejä

Meta-arkoosisia rapautumissedimenttejä

Orto- ja paragneissikompleksi; Kettuperrän granodioriittigneissi 1930 Ma

## TALOUDELLISIA AIHEITA

### Malmi ja malmimineralisaatiot

Pyhäjärven karttalehtialueella sijaitsee kaksi malmikaivosta. Ruotasen vulkaniittivyöhykkeessä sijaitsee Pyhäsalmen kupari-sinkki-rikki-kaivos, jonka paikan maanviljelijä Erkki Ruotanen löysi vuonna 1958 tehdessään kaivoa kotitalallaan. Outokumpu Oy:n suorittamien tutkimus- ja rakennusvaiheitten jälkeen kaivoksen tuotanto alkoi vuonna 1962. Malmi sisältää keskimäärin 0.85% Cu, 2.85% Zn, 37% S, 4.9% BaO, 0.06% Pb, 0.3 g/t Au ja 14 g/t Ag (Ekberg & Penttilä 1986). Kaivoksen nykyiset malmivarat ovat noin 12 milj. tonnia. Vuonna 1990 kaivoksesta nostettiin kiveä 1.474.118 tonnia, josta malmia 1.026.816 tonnia (Salo 1991).

Mullikkorämeen sinkki-kupari-rikki-kaivos on noin 7 km koilliseen Pyhäsalmen kaivokselta, metavulkaanisten kivilajien vyöhykkeessä. Geologi-lehdessä n:o 8 vuonna 1961 oli uutinen: "Uusi malmiaihe Pyhäjärvellä". Se koski Kalliotuote Oy:n 1960-luvun alussa tutkimaan kiisuuntumaa Kuusenmäen kylässä. Tutkimukset eivät silloin johtaneet laajempiin toimenpiteisiin. Outokumpu Oy:n toimesta alueella aloitettiin 1970-luvun lopulla tutkimukset, jotka johtivat syväkairauksiin vuonna 1986. Vuonna 1987 saatiin selvä viite malmiesiintymästä. Se sisälsi vuonna 1989 tehdyn malmiarvion mukaan noin 270.000 tonnia sinkkimalmia, joka jakautui neljään erilliseen malmioon. Sinkkipitoisuus oli noin 7 %, joskin alueelta on tavattu myös 12 %:n pitoisuuksia. Mullikkorämeen kaivostoiminnan aloittamisesta tehtiin päätös 29. 8. 1989 ja virallisesti kaivos avattiin 27. 8. 1990 (Kaivoskierros n:o 2, 1990). Vuonna 1990 nostettiin 97.748 tonnia Zn-Cu-S-malmia (Salo 1991).

Pyhäjärvellä on Outokumpu Oy:n toimesta jatkuvasti suoritettu malminetsintää. Useita mielenkiintoisia malmimineralisaatioita on löytynyt, mutta mitkään muut eivät ole osoittautuneet ekonomisiksi. Ruotasen metavulkaniiteissa on monessa kohdassa sulfidimineraaleja. Maaselänlahden itäpuolella, Matarankallion alueella, Hulanperällä ja Hoikan - Valkeuslammen vyöhykkeessä Haasiapurolla on metavulkaniiteissa todettu vähäisiä sinkki- ja kuparipitoisia sulfidimineralisaatioita. Rautaruukki Oy suoritti vuonna 1979 titaani- ja vanadiinitutkimuksia 05-lehden gabroesiintymästä (katso s. 28).

### Rakennuskiviä

Wilkman (1931, s. 246) mainitsee Pyhäjärveltä kaksi kohdetta, joista kivilajia on lohkomalla irrotettu rakennustarkoituksiin. Korvenkallion alueelta (12 D) Kivimaalta ja Hepokankaalta on vaaleanharmaata, keski- ja tasarakeista graniittia (s. 33) otettu kivijalkakiviksi 0,8...1 m:n paksuisina ja jopa 2,5...3 m:n pituisina yksilöinä. Kivilaji on heikosti suuntautunutta, mutta erittäin hyvät rakoilusuunnat ja pengermäinen lohkeavuus ovat mahdollistaneet näinkin suurten lohkeareitten irrottamisen.

Keltunkalliossa (09; x = 7065,2; y = 3447,8), Pyhäsalmen keskustasta noin 1,5 km länteen on vaaleanharmaata pieni- ja tasarakeista graniittia (s. 36). Kivi on täälläkin pystyrakoillut kahteen toisiaan vastaan kohtisuoraan suuntaan ja vaakarakoilu pengertää lisäksi kalliota. Edullisen rakoilun ansiosta on onnistuttu irrottamaan jopa yli 3 m:n

pituisia rakennuskiviä.

Pyhäsalmen keskustassa olevan Tunturimäen (09; x = 7064,5; y = 3449,3) kiveä on myös otettu jonkin verran rakennustarpeisiin (Soikero 1911). Kivilaji on kauniin harmaata, pieni- ja tasarakeista graniittia (s. 36). Se ei kuitenkaan lohkea kaikkiin suuntiin yhtä helposti kuin Keltunkallion kivi.

## RETKEILYKOhteita

Vuorijärven eteläpuoli (01; x = 7047,15; y = 3427,35). Porfyrygraniittia ja porfyyristä epidoottikvartsisyeniittiä. Liuskeisuuden suunnassa on hienorakeisia gneissisulkeumia. Pengermäistä rakoilua.

Väätinperä, tien lähellä (06; x = 7069,57; y = 3433,78). Granodioriittia, jonka ikä todennäköisesti on sama kuin Juskonvuoren kvartsidioriitin eli noin 1890 Ma.

Emoniemen länsiranta, kalasataman Apajaniemi (08; x = 7057,28; y = 3446,60). Sillimaniitti- ja granaattiporfyroblastista kiillegneissia.

Pellikkaperä, Pellikkämäki (09; x = 7062,90; y = 3447,70). Poimuttunutta sillimaniittiporfyroblastista kiillegneissia.

Ruotanen - Keitele tieltä n. 50 m Matarankallion tietä, ojassa (10; x = 7042,52; y = 3456,58). Rautamuodostumaan kuuluvaa raitaista granaattibiotiittigneissia.

Matarankallion alueen pohjoispuoli, tieltä n. 30 m pohjoiseen (10, x = 7043,10; y = 3455,65). Granaatti-kordieriitti-antofylliitti/biotiittikiveä. Tien eteläpuolella (10; x = 7043,05; y = 3455,62). Diopsidi-tremoliittikarsi.

Hoikanlammen itäpuoli, metsäajotien varsi (10; x = 7047,95; y = 3458,10). Haapamäen doomin orto- ja paragneissikompleksin deformatuneita paragneissejä. Katkeillut metabasiittijuoni.

Jänismäki, tieleikkaus Ruotanen - Keitele tiellä (10; x = 7047,27; y = 3465,70). Granodioriittigneissi, orto- ja paragneissikompleksin anatektinen paragneissi.

Salmelanperä, Pirkonpuronmäki (11; x = 7056,95; y = 3458,54). Suprakrustisten kivilajien breksioitunut reuna-alue. Hapanta metatuffiittia ja kiillegneissia jäänteinä kvartsidioriitissa. Lisäksi granitisaatiota.

Ristimäki (11; x = 7055,63; y = 3457,35). Tasarakeista punertavaa graniittia ja sitä leikkaavaa "ryynimäistä" pienihajarakeista graniittiapliittia. Graniittiapliitissa granodioriittimurskaleita.

Juskonvuori, Komujärven eteläpuoli (11; x = 7059,17; y = 3456,40). Kvartsidioriittia, jonka ikä noin 1890 Ma.

Kettuperä, Kettumäki (12; x = 7064,58; y = 3454,06). Granodioriittigneissia, joka ikämääritykseltään on  $1930 \pm 15$  Ma. Leikkaavia emäksisiä juonia.

Riitavuori, Särkiperalle menevän tien länsipuolella (12; x = 7066,26; y = 3457,44). Hapanta metavulkaniittia ja meta-arkoosia. Runsaasti leikkaavia emäksisiä ja intermediaarisia juonia. Happaman vulkaniitin (kvartsiporfyryrilaavan) ikä on  $1921 \pm 2$  Ma.

Tetrimäki, metsäajotien länsipuolella (12; x = 7069,15; y = 3458,90 keskus). Paljastuma-alue, jonka itäosassa on emäksistä tyynylaavabreksiaa ja leikkaavia emäksisiä ja intermediaarisia juonia. Länsiosassa selväpiirteistä tyynylaavaa.

Taulukko 8. Kivilajien REE -koostumuksia. Määritetty VTT:n laboratoriossa.

Table 8. REE composition of rocks. Determined in the laboratory of Thechnical Research Centre of Finland.

	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
1.	61	93	35	6.0	.49	.48	1.24	.27
2.	49	82	39	7.9	1.78	1.07	5.4	.79
3.	32	42	15.3	2.5	.44	.23	1.02	.17
4.	13.5	24	8.7	2.3	.27	.55	4.8	.74
5.	36	60	23	5.0	.53	.52	1.85	.30
6.	107	161	68	10.2	.75	.77	2.2	.37
7.	49	95	40	8.5	1.15	.90	2.5	.31
8.	31	45	17.4	3.6	.68	.36	1.58	.31
9.	24	40	17.4	4.0	.59	.48	1.71	.30
10.	34	56	27	4.6	.64	.44	1.53	.30
11.	24	39	19.7	5.5	1.46	.74	2.9	.56

1. Punertava, tasarakeinen graniitti - *Reddish, even grained granite*. Pyhäsalmi, rataleikkaus, Pyhäjärvi. 09; x = 7065,22; y = 3449,21.
2. Isohjarakeinen graniitti - *Granite with large phenocrysts*. Vuohtomäki - Vuotoniemi tie, Kettukallio, Pyhäjärvi. 11; x = 7052,36; y = 3451,30.
3. Gneissigraniitti - *gneiss granite*. Latvastenkangas, Pyhäjärvi. 02; x = 7055,12; y = 3426,04.
4. Punainen, hienorakeinen graniitti - *Red, fine grained granite*. Isohonkangas, Pyhäjärvi. 12; x = 7067,96; y = 3456,88.
5. Porfyyrinen, keskirakeinen graniittigneissi - *Porphyritic, medium grained granite gneiss*. Hoikanmäki, tieleikkaus, Pihtipudas. 04; x = 7045,50; y = 3435,78.
6. Epidoottikvartsisyeniitti - *Epidote quartz syenite*. Vuorijärvi, eteläpuoli, Pihtipudas. 01; 7047,15; y = 3427,35.
7. Granodioriitti - *Granodiorite*. Lintumäki, Pyhäjärvi. 11; x = 7056,48; y = 3457,08.
8. Granodioriitti - *Granodiorite*. Väätinperä, Matopajukonkallio, Pyhäjärvi. 06; x = 7067,30; y = 3435,02.
9. Harmaa, keskirakeinen granodioriittigneissi - *Grey, medium grained granodiorite gneiss*. Elämäjärvi, Isokangas, Pihtipudas. 01; x = 7042,16; y = 3428,14.
10. Keskirakeinen granodioriittigneissi - *Medium grained granodiorite gneiss*. Hiidenkylä, Hietala, Pyhäjärvi. 05; x = 7051,34; y = 3438,66.
11. Granodioriittigneissi - *Granodiorite gneiss*. Kettuperä, Kettumäki, Pyhäjärvi. 12; x = 7064,58; y = 3454,06.



Taulukko 8. jatkoa. *Table 8. cont.*

	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
12.	19	39	19	3.7	.93	.41	1.6	.20
13.	17	32	18	3.6	.86	.42	1.6	.21
14.	23	39	17.5	4.4	.85	.43	1.43	.25
15.	12.8	22	11.2	2.7	.73	.31	1.1	.19
16.	38	65	25	3.9	.90	.38	1.2	.16
17.	53	94	44	9.5	1.1	.88	2.7	.27
18.	11.2	21	16	3.7	.91	.46	1.4	.20
19.	18	37	22	5.1	1.0	.66	3.1	.40
20.	6.8	13.1	9.8	2.6	.76	.34	1.3	.16
21.	8.4	16	12.1	3.0	.89	1.1	1.8	.25
22.	5.3	6.7	2.5	.99	1.06	.15	.61	.22
23.	4.8	6.5	4.7	2.5	.27	.08	.90	.14

12. Granodioriittigneissi (paragneissi) - *Granodiorite gneiss (paragneiss)*. Jänismäki, tieleikkaus, Pyhäjärvi. 10; x = 7047,27; y = 3456,70.
13. Kvartsidioriitti - *Quartz diorite*. Jauhokangas, Pyhäjärvi. 06; x = 7063,18; y = 3434,12.
14. Kvartsidioriitti - *Quartz diorite*. Komujärvi S, Juskonvuori, Pyhäjärvi. 11; x = 7059,18; y = 3456,40.
15. Kvartsidioriitti - *Quartz diorite*. Vuohtomäki, Herttuaräme, Pyhäjärvi. 11; 7051,37; y = 3452,64.
16. Kiillegneissi - *Mica gneiss*. Hoikanlammesta E, Pyhäjärvi. 10; x = 7047,85; y = 3458,13.
17. Suonigneissi - *Veined gneiss*. Lamminaho, tieleikkaus, Pyhäjärvi. 09; x = 7060,80; y = 3441,88.
18. Emäksinen metavulkaniitti - *Basic metavolcanic rock*. Lamminaho, tieleikkaus, Pyhäjärvi. 09; x = 7060,80; y = 3441,88.
19. Emäksinen metatuffi - *Basoc metatuff*. Jokelaisneva N, Pyhäjärvi. 10; x = 7049,80; y = 3453,15.
20. Uraliittiporfyyriitti metatuffi - *Uralite porphyrite metatuff*. Olkkosenmäki, Pyhäjärvi. 08; x = 7056,94; y = 3440,22.
21. Uraliittiporfyyriitti metatuffi - *Uralite porphyrite metatuff*. Olinniemi, Pyhäjärvi. 10; x = 7047,16; y = 3452,30.
22. Tyynylaava - *Pillow lava*. Kiikkuniemi, Pyhäjärvi. 12; x = 7066,96; y = 3458,27.
23. Tyynylaava - *Pillow lava*. Tetrinmäki, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,67; y = 3458,88.

Taulukko 8. jatkoa. Table 8. cont.

	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
24.	28	46	23	4.8	1.0	.48	1.7	.19
25.	13.6	26	13.5	2.9	.69	.48	3.2	.40
26.	19	38	21	4.6	1.1	.77	3.4	.44
27.	8.4	15.4	11	3.8	1.77	.53	1.60	.24
28.	9.6	14.1	10.3	3.4	.94	.51	1.52	.24
29.	8.4	17.6	14.8	4.8	2.19	.62	1.71	.27
30.	10.1	22	12.5	2.9	.86	.42	1.4	.21
31.	3.8	7.7	4.9	1.4	.48	.27	.93	.16
32.	4.9	6.3	1.33	2.3	.60	.34	1.58	.21
33.	9.8	18.3	10.8	2.7	.58	.33	.94	.17
34.	44	78	42	8.6	1.65	.72	1.38	.30
35.	19.7	31	12	2.3	.65	.25	.65	.12

24. Intermediaarinen (dasiittinen) metatuffi - *Intermediate (dasitic) metatuff*. Jokelaisneva, Pyhäjärvi. 10; x = 7049,83; y = 3453,30.
25. Hapan metavulkaniitti - *Acid metavolcanic rock*. Topiskonräme SE, Pyhäjärvi. 11; x = 7059,62; y = 3455,44.
26. Hapan metavulkaniitti - *Acid metavolcanic rock*. Rättävuori, Pyhäjärvi. 12; x = 7061,52; y = 3459,90.
27. Diabaasi - *Diabase*. Valkeuslampi E, Pyhäjärvi. 06; x = 7065,24; y = 3437,85.
28. Plagioklaasiporfyyriittijuoni - *Plagioclase porphyrite dyke*. Riitavuori, Pyhäjärvi. 12; x = 7066,20; y = 3457,36.
29. Plagioklaasiporfyyriittijuoni - *Plagioclase porphyrite dyke*. Olkkonen, Pyhäjärvi. 12; x = 7065,41; y = 3454,62.
30. Emäksinen juoni - *Basic dyke*. Topiskonräme SE, Pyhäjärvi. 11; x = 7059,62; y = 3455,44.
31. Emäksinen juoni - *Basic dyke*. Rättävuori, Pyhäjärvi. 12; x = 7061,52; y = 3459,90.
32. Uraliittiporfyyrijuoni - *Uralite porphyrite dyke*. Pahanmaanveva, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,40; y = 3456,17.
33. Intermediaarinen juoni tyynylaavassa - *Intermediate dyke in pillow lava*. Tetrinmäki, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,20; y = 3458,92.
34. Emäksinen juoni tyynylaavassa - *Basic dyke in pillow lava*. Tetrinmäki, Pyhäjärvi. 12; x = 7069,14; y = 3458,94.
35. Intermediaarinen juoni - *Intermediate dyke*. Kokkokangas, Pyhäjärvi. 12; x = 7066,68; y = 3456,04.

## **Summary**

### **PRE-QUATERNARY ROCKS OF THE PYHÄJÄRVI MAP-SHEET AREA**

## **Introduction**

Pyhäjärvi map sheet 3321 covers an area in central Finland located on the border between the Savo and Pohjanmaa (Ostrobothnia) schist belts. The southern half of the 1:100 000 scale map of Pre-Quaternary rocks is part of the 1:400 000 scale Kuopio map sheet, C3, of the general geological map of Finland (Wilkman 1935 and 1938) whereas the northern half belongs to the Kajaani map sheet, C4 (Wilkman 1929 and 1931). The bedrock is composed of Precambrian rocks metamorphosed and deformed during the Svecokarelidic orogeny.

## **Ortho- and paragneiss complex**

Lowest in stratigraphy, the ortho- and paragneiss complex is composed of granitoidic ortho- and paragneisses. These are mainly medium-grained, grey biotite-hornblende granodiorites exposed from under the eroded overlying supracrustal rocks. Owing to mobilization and recrystallization, the lithologies of the ortho- and paragneiss complex are difficult to distinguish from the younger intruding rocks. The granodiorite gneiss at Kettuperä has been U-Pb dated to  $1930 \pm 15$  Ma.

## **Supracrustal rocks**

The metamorphic supracrustal rocks are volcanogenic and sedimentogenic. Meta-arkosic quartz-feldspar gneisses, probably formed from weathering products of the ortho- and paragneisses, are encountered at two sites. Acid metatuffite occurs in them as interlayers. Volcanic rocks were deposited on the ortho- and paragneiss complex after



the meta-arkoses. The metavolcanites are bimodal, i.e. acid and mafic. The majority are pyroclastic although lavas are also encountered. The pyroclastic volcanites include uralite porphyrites and fallout breccias. The acid metavolcanites are rhyolite in composition. U-Pb dating on the zircon from the quartz porphyry lava gave an age of  $1921 \pm 2$  Ma. The mafic metavolcanites are basalts and basaltic andesites. Uralite porphyritic lava, picritic basalt in chemical composition, is encountered on an islet in the west of Lake Pyhäjärvi. Pillow lavas are found among the mafic volcanites. In the northeastern part of the map sheet area, there is a pillow lava zone, about 4 km long and 220 m wide, with well preserved structural features. It contains epidote-dominant pillow breccia and shows distinct pillow structures. The pillow breccia is intruded by a dense set of N-S trending mafic dykes. The pillow lava occurrence probably postdates the bimodal volcanites.

West of Pyhäjärvi there is a narrow zone of rhyodacitic and dacitic metavolcanites which seem to be located in the upper section of the bimodal volcanites.

Higher in stratigraphy, the metavolcanic rocks pass into sedimentary mica and hornblende gneisses. The mica gneisses were originally greywackes and pelites, but sillimanite and garnet porphyroblasts have developed in the pelites in the course of metamorphism. The hornblende gneisses include mafic pyroclastic material. Veined gneiss migmatites are common. Graphite-, skarn- and lime-bearing interlayers occur in places in the border zone between metavolcanites and gneisses. The skarns contain diopside and tremolite, and the carbonate is mainly dolomite. In chemical composition the gneisses are granodiorites, quartz diorites and diorites.

### Infracrustal rocks

Infracrustal rocks dominate in the area. Hornblendites and gabbros occur only as small exposures. Hornblende gabbro, which covers an area of 5-6 km<sup>2</sup> west of Pyhäjärvi, has been interpreted as a uralite gabbro plate dipping 30°-45°E. It contains interlayers of amphibolite, leucogabbro and anorthosite.

Around Lake Komujärvi there is a quartz diorite-diorite intrusion, about 20 km<sup>2</sup> in size, with granodiorite gneiss fragments in its margins. The U-Pb age on zircon from the quartz diorite is  $1893 \pm 3$  Ma. Quartz diorite and diorite also occur as small portions in the granodiorite west of Pyhäjärvi and in the ortho- and paragneiss complex southeast of Pyhäjärvi.

The granodiorite west of Pyhäjärvi covers a large area. It is pale grey, medium-grained and for the most part only slightly foliated. Plagioclase (oligoclase-andesine), quartz, microcline, hornblende and biotite are the main minerals. The granodiorite, which is intruded in many places by diabase and porphyrite dykes, probably belongs to the same age group as the quartz diorite.

Granites are the prevailing rock type. They include: 1. grey, medium-grained and equigranular biotite granite, 2. porphyry granite and porphyric epidote-quartz syenite, 3. pale grey, fine-grained and equigranular microcline granite, 4. pale grey granite aplite

with small porphyroblasts, and 5. aplite and pegmatite. Granite with large porphyroblasts covers a sizable area from south of Pyhäjärvi westwards. In many places, epidote and chlorite occur between the dark red microcline porphyroblasts. Occasionally clusters of magnetite and hematite are also met with, in which case the rock is close to quartz syenite in chemical composition. Granite with large porphyroblasts (up to 3 x 6...4 x 8 cm in size) is encountered in Pyhäsalmi and Vuohomäki. The granites belong to the 1883-1870 Ma age group.

### Dyke rocks

About 100 diabase, porphyrite and porphyry dykes have been found in the Pyhäjärvi area. Those to the west of the lake trend 260°-270° and those to the east 335°-350°. The porphyrite dykes, 10 to 70 cm wide, usually occur as swarms of several closely spaced dykes. The diabase dykes, which are 1 to 10 m wide, often exist as single occurrences with marked variations in grain size. The largest plagioclase phenocrysts, megacrysts, are 30 cm long but the ophitic lath-shaped plagioclase crystals are generally only 1 to 2 mm long. The phenocrysts of the porphyrite dykes are either exclusively uraltite or uraltite and plagioclase. The third type consists of quartz-feldspar porphyry dykes that intrude the diabase dykes. The diabases, which are characterized by a high Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> concentration and a relatively high TiO<sub>2</sub> concentration, are slightly alkaline tholeiitic basalts. The porphyry dykes are alkaline basalts and andesites with a high Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> concentration but a low TiO<sub>2</sub> concentration. The age of zircon from the quartz-feldspar porphyry is 1874 Ma.

The aplite and pegmatite dykes were the last rocks to crystallize from the granitoids. The pegmatite dykes are simple granite pegmatites that contain garnet and tourmaline as well as microcline, quartz, muscovite, plagioclase and biotite. The aplite and pegmatite dykes intrude other rocks and each other.

### Metamorphism, tectonics and stratigraphy

Most of the rocks in the Pyhäjärvi area belong to the medium-grade amphibolite facies. The andalusite, sillimanite and garnet porphyroblasts in the mica gneisses record changes in temperature and pressure in Al-bearing clays during the formation of the rocks. A high temperature is required to alter tuffites and mafic volcanites into cordierite-garnet-biotite/anthophyllite rocks. These rocks are encountered in the margins of the ortho- and paragneiss complex dome, where tectonic shear zones permitted upward heat flow. However, in these zones the changes also occurred in the opposite direction, towards low metamorphism, when hydrothermal solutions altered the rocks into chlorite and chlorite-talc schists, and the arkosite-tuffite rocks into sericite quartzites and sericite schists.

In some places the sedimentary rocks were partly or completely melted and thus lost



their primary structures. The rocks recrystallized into coarser variants. In many places the paragneisses resemble the orthogneisses of the ortho- and paragneiss complex.

Tectonic movements have folded the rocks, faulting and fracturing the bedrock. Gently sloping folding is typical of the mica gneiss area and of the central part of the dome in the area of map sheet 10. The folding is isoclinal in the marginal zone of the dome and in the Ruotanen schist belt. Intense fracture and fault lines have developed in N40°W and N45°E directions and roughly from north to south.

The stratigraphy of the bedrock in the Pyhäjärvi map-sheet area is as follows:

#### **Supracrustal rocks**

Pillow lavas of the Tetrinmäki zone

Migmatitic biotite- and biotite-hornblende gneisses; partly porphyroblastic.

Locally graphite content

Dacite ... andesite metavolcanic rocks

Basic and acid metavolcanic rocks; intercalations of skarn, arkosite and sericite schists: Riitavuori (A1121), 1921 Ma.

Weathering layers of basement rocks; meta-arkoses

Ortho- and paragneiss complex: Kettuperä (A0751), 1930 Ma

#### **Plutonic rocks**

Basic dykes cutting the pillow lavas

The Kumiseva gabbro in Haapajärvi (map 2343 12), 1879 Ma

Porphyritic granites: Pieni Asikkamäki (A1122), 1867 Ma; Vuohtomäki (A1125), 1875 Ma; Kettukallio (A0536), 1883 Ma

Quartz-feldspar porphyry dykes

Diabases and plagioclase porphyrites

Diorites and quartz diorites: Komu or Jusko (A0834), 1893 Ma

## KIRJALLISUUTTA - LITERATURE

- Bates, R. L. & Jackson, J. A., (editors) 1987. Glossary of geology. Third edition. Amer. Geol. Institute, Alexandria, Virginia, 788 p.
- Ekberg, M., 1984. Pyhäjärven granitoideista. Julkaisematon pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto, 101 s.
- Ekberg, M. & Penttilä, V.-J., 1986. The Pyhäsalmi Cu-Zn-pyrite deposit. In: G. Gaál (editor) Mineral deposits, Central Finland. SGU, Ca 63, 20-25.
- Gaál, G., (editor) 1988. Exploration target selection by integration of geodata using statistical and image processing techniques: an example from central Finland. Part 1. (Text). Geol. Surv. Finland, Report of Investigation 80, 156 p.
- Helovuori, O., 1964. Outokumpu Oy, Pyhäsalmen kaivos: Malmiesiintymän geologia. English summary. Vuoriteollisuus — Bergshanteringens 22, 1, 22-24.
- Helovuori, O., 1976. Pyhäsalmen malmista ja sen stratigrafiasta. Kirjassa: Stratigrafia-symposio 08. 09. 1976. Suomen Geologinen Seura — Geologiliitto r.y., Koulutusmoniste 2, 105-111.
- Helovuori, O., 1978. Geology of the Pyhäsalmi ore deposit. Metallogeny of the Baltic Shield, Helsinki symposium 1978 June 12-21, Finland. IGCP Project 74/1/91 "Metallogeny of the Precambrian". Excursion guide. The Academy of Finland, 57-68.
- Helovuori, O., 1979. Geology of the Pyhäsalmi ore deposit, Finland. Econ. Geol. 74, 1084-1101.
- Huhtala, T., 1979. The geology and zinc-copper deposits of the Pyhäsalmi - Pielavesi district, Finland. Econ. Geol. 74, 1069-1083.
- Huhtala, T., Mäkelä, T. & Rauhamäki, E., 1978. Vihannin - Pyhäsalmen alueen sinkkimalmien vulkaanis-stratigrafinen asema. Kirjassa: Laatokan - Perämeren malmivyöhyke -symposio 16. 02. 1978, Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y., 111-120.
- Hölttä, P., 1988. Metamorphic zones and the evolution of granulite grade metamorphism in the early Proterozoic Pielavesi area, central Finland. Geol. Surv. Finland, Bull. 344. 50 p.
- Koivula, S., 1987. Pyhäjärven (Ol.) alueen mafiset, intermediääriset ja felsiset juonikivet. Julkaisematon pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto. 105 s.
- Kousa, J., Marttila, E. & Vaasjoki, M. (in prep.). Petrology, geochemistry and timing of early Proterozoic metavolcanic rocks in the Pyhäjärvi region, Central Finland.
- Kuosmanen, V. (editor) 1988. Exploration target selection by integration of geodata using statistical and image processing techniques: an example from Central Finland, Geological Survey of Finland, Report of Investigation 84, 47 p.
- Laitakari, Aarne, (toim.) 1942. Kivilajikartan selitys. Lehti, B3 Vaasa. Suomen geologinen yleiskartta 1 : 400 000. 66 s.

- Laitakari, Aatto J., 1953.** Haapaveden seudun unakiittisistä kivilajeista. Julkaisematon pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. 52 s.
- Marttila, E., 1976.** Evolution of the Precambrian volcanic complex in the Kiuruvesi area, Finland. Geol. Surv. Finland, Bull. 283, 109 p.
- Marttila, E., 1977.** Kallioperäkartta — Pre-Quaternary rocks. Lehti — Sheet 3323 Kiuruvesi. Suomen Geologinen kartta — Geological Map of Finland 1 : 100 000.
- Marttila, E., 1981.** Kiuruveden kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Kiuruvesi map-sheet area. Kallioperäkarttojen selitykset — Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks. Lehti — Sheet 3323 Kiuruvesi, Suomen geologinen kartta — Geological map of Finland 1 : 100 000, 48s.
- Marttila, E., 1987.** Savon ja Keski-Pohjanmaan emäksiset ja intermediaariset juonikivet. Abstract: The basic and intermediate dyke rocks of Savo and Keski-Pohjanmaa (Central Finnish Bothnia). Kirjassa — In: K. Aro & I. Laitakari (toim. — ed.) Suomen diabaasit ja muut mafiset juonikivet — Diabases and other mafic dyke rocks in Finland. Geologian tutkimuskeskus — Geological Survey of Finland. Tutkimusraportti — Report of Investigation 76, 53-70.
- Marttila, E., 1992a.** Kallioperäkartta — Pre-Quaternary rocks. Lehti — Sheet 3321 Pyhäjärvi. Suomen Geologinen kartta — Geological Map of Finland 1 : 100 000.
- Marttila, E., 1992b.** Kallioperäkartta — Pre-Quaternary rocks. Lehti — Sheet 3322 Kärsämäki. Suomen Geologinen kartta — Geological Map of Finland 1 : 100 000.
- Meriläinen, P., 1985.** Pyhäsalmen malmista. Julkaisematon pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto, 135 s.
- Mäkelä M., Kuronen, U. & Mäki, T., 1987.** Syvämalminetsintä ja geogemia. Geologi 39, 180-184.
- Mäki, T., 1986.** Lithogeochemistry of the Pyhäsalmi zinc-copper-pyrite deposit, Finland. In: Prospecting in areas of glaciated terrain. Seventh International Prospecting in Areas of Glaciated Terrain Symposium, Sept. 1 - 2, 1986 Kuopio, Finland. IMM, London, 69-82.
- Mäkinen, E., 1916.** Översikt av de prekambriskä bildningarna i Mellersta Österbotten i Finland (med en översiktskarta). Summary: On the Pre-Cambrian geology of Central Österbotten in Finland. Bull. Comm. géol. Finlande 47, 152 s.
- Neuvonen, K. J., Korsman, K., Kouvo, O. & Paavola, J., 1981.** Paleomagnetism and age relations of the rocks in the Main Sulphide Ore Belt in Central Finland. Bull. Geol. Soc. Finland 53:2, 109-133.
- Nikander, J., 1976.** Pielaveden - Koivujärven jakson karsi- ja karbonaattikivien ja vulkaniittien stratigrafiasta. Julkaisematon pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto. 87 s.
- Nykänen, O., 1962.** Kallioperäkartta — Pre-Quaternary rocks. Lehti — Sheet 2334 Kinnula. Suomen geologinen kartta — Geological Map of Finland 1 : 100 000.
- Nykänen, O., 1963.** Kallioperäkartan selitys — Explanation to the map of rocks. Lehti — Sheet 2334 Kinnula. Suomen geologinen kartta — Geological map of Finland 1 : 100 000, 43 s.



- Rehtijärvi, P., Helovuori, O., Mäkelä, M. & Saastamoinen, J., 1981.** Kerrossidonnaisia sulfidimalmeja ympäröivistä litogeokemiallisista aureoleista. *Geologi* 33, 79-82.
- Salli, I., 1963.** Kallioperäkarta — Pre-Quaternary rocks. Lehti — Sheet 2343 Reisjärvi. Suomen geologinen kartta — Geological map of Finland 1 : 100 000.
- Salli, I., 1967.** Kallioperäkartojen selitys — Explanation to the map of rocks. Lehdet — Sheets 2341 ja 2343 Lestijärvi ja Reisjärvi. Suomen geologinen kartta — Geological map of Finland 1 : 100 000, 43 s.
- Salli, I., 1969.** Kallioperäkarta — Pre-Quaternary rocks. Lehti — Sheet 3312 Pihtipudas. Suomen geologinen kartta — Geological map of Finland 1 : 100 000.
- Salli, I., 1971.** Kallioperäkartan selitys — Explanation to the map of rocks. Lehti — Sheet 3312 Pihtipudas. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000, 43 s.
- Salo, U. J., 1991.** Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1990. Vuoriteollisuus — Berghanteringen 49, 1, 68-69.
- Seitsaari, J., 1952.** On association of cummingtonite and hornblende. *Ann. Acad. Sci Fennicae Ser. A* 3, 30, 20 p.
- Simonen, A., Helovuori, O. & Kouvo, O., 1978.** Laatokan - Perämeren -vyöhykkeen kallioperän erikoispiirteistä ja iästä. Laatokan - Perämeren malmivyöhyke -symposio 16.02.1978, Vuorimiesyhdistys - Bergsmannaförening r.y., 10-19.
- Soikero, J. N., 1911.** Päiväkirja geologisilta tutkimusmatkoilta Pyhäjärven, Haapajärven ja Kärsämäen pitäjissä kesällä 1911. Geologinen komissioni. Arkisto.
- Vaasjoki, M. & Sakko, M., 1988.** The evolution of the Raahe - Ladoga zone in Finland: isotopic constrains. *Geol.Surv. Finland, Bull.* 343, 7-32.
- Wahl, W., 1963.** The hypersthene granites and unakites of Central Finland. *Bull. Comm. géol. Finlande* 212, 83-100.
- Ward, P., 1984.** Report of 1984 structural studies in MM-project area. Geologian tutkimuskeskus M 19/3321/-84/1/10 koskee 3323, 3312, 3314. Pyhäjärvi.
- Wilkman, W.W., 1929.** Kivilajikarta. Lehti C4 Kajaani. Suomen geologinen yleiskartta 1 : 400 000.
- Wilkman, W. W., 1931.** Kivilajikartan selitys. Lehti C4 Kajaani. Suomen geologinen yleiskartta 1 : 400 000, 247 s.
- Wilkman, W. W., 1935.** Kivilajikarta. Lehti C3 Kuopio. Suomen geologinen yleiskartta 1 : 400 000.
- Wilkman, W. W., 1938.** Kivilajikartan selitys. Lehti C3 Kuopio. English summary. Suomen geologinen yleiskartta 1 : 400 000, 171 s.

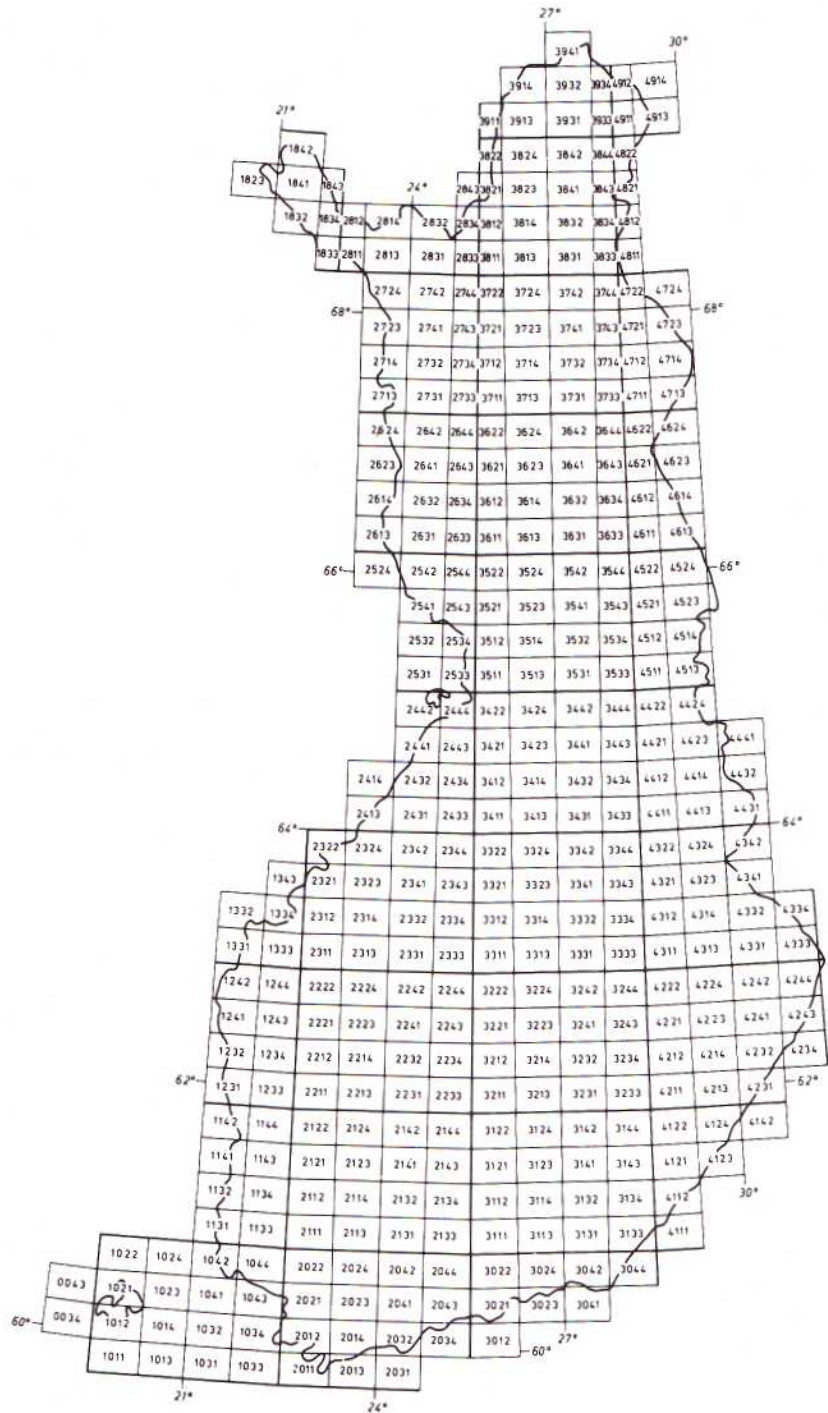
31. 12. 1991

- |                                |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| *0034 + 0043 Signilskär, 1978. | *2241 Ähtäri, 1970.            | 3232 Pieksämäki, 1971.         |
| 1011 Lågsjärvi, 1978.          | 2313 Alajärvi, 1979.           | 3233 Rantasalmi, 1973.         |
| *1012 Maarianhamina, 1979.     | 2314 Evijärvi                  | *3234 Varkaus, 1980.           |
| 1013 Kökar, 1981.              | 2321 Pietarsaari, 1981.        | *3311 Viitasaari, 1966.        |
| 1014 Föglö, 1980.              | 2322 Kokkola, 1980.            | *3312 Pihtipudas, 1969.        |
| *1021 Geta, 1978.              | 2323 Kaustinen, 1971.          | *3313 Vesanto, 1985.           |
| 1022 + 1024 Hullberga          | *2324 Kannus, 1961.            | *3314 Pielavesi, 1977.         |
| *1023 Kumlinge, 1978.          | 2332 Perho, 1976.              | *3321 Pyhäjärvi                |
| 1031 Utö, 1983.                | *2334 Kinnula, 1962.           | 3322 Kärsämäki                 |
| 1032 Korppoo, 1987.            | *2341 Lestijärvi, 1964.        | *3323 Kiuruvesi, 1977.         |
| *1033 Nötö, 1954.              | *2342 Sievi, 1962.             | *3332 Lapinlahti, 1987.        |
| *1034 Nagu, 1973.              | *2343 Rejsjärvi, 1963.         | *3334 Nilsä, 1980.             |
| 1041 Iniö, 1986.               | *2344 Nivala, 1962.            | *3341 Eisalmi, 1990.           |
| 1042 Vehmaa                    | *2413 Kalajoki, 1955.          | *3422 Oulujoki, 1983.          |
| *1242 Korsnäs, 1960.           | *2431 Ylivieska, 1955.         | 3424 Sanginkylä                |
| 1343 Vexala, 1981.             | *2432 + 2414 Pyhäjoki, 1957.   | 3433 Sotkamo, 1981.            |
| 1832 Ropi, 1988.               | *2433 Haapavesi, 1958.         | 3442 Puolanka, 1990.           |
| 2011 Hanko, 1970.              | *2434 Vihanti, 1958.           | 3443 Hyrynsalmi, 1989.         |
| 2012 Perniö, 1955.             | *2441 Raahen, 1959.            | *3511 Kiiminki, 1984.          |
| 2013 Jussarö, 1973.            | *2443 Paavola, 1959.           | 3531 Jonku, 1977.              |
| [*2014 Tammisaari]             | *2533 Haukipudas, 1986.        | 3541 Rytinki, 1979.            |
| *2021 Salo, 1955.              | *2541 Kemi, 1971.              | 3543 Loukusa, 1980.            |
| *2022 Marttila, 1957.          | *2542 + 2524 Karunki, 1972.    | 3642 Pelkosenniemi, 1979.      |
| *2023 Suomenselkä, 1955.       | *2543 Simo, 1975.              | 3643 Kursu, 1967.              |
| *2024 Somero, 1955.            | *2544 Runkaus, 1971.           | 3644 Vuotostunturi, 1983.      |
| 2031 Mäkiluoto                 | 2713 Kolari, 1984.             | *3713 Sodankylä, 1979.         |
| *2032 Siuntio, 1960.           | 2714 Kihlanki, 1981.           | *3714 Sattanen, 1980.          |
| *2034 Helsinki, 1967.          | *2723 Muonio, 1980.            | 3733 + 4711 Savukoski, 1986.   |
| *2042 Karkkila, 1953.          | 2731 Kurtakko                  | *4112 + 4111 Imatra, 1966.     |
| *2043 Kerava, 1969.            | 2732 Kittilä, 1984.            | *4121 Virtutjoki, 1987.        |
| *2044 Riihimäki, 1956.         | *3012 Pellinki, 1965.          | 4122 Lohilahti                 |
| *2111 Loimaa, 1953.            | *3021 Porvoo, 1964.            | *4123 + 4114 Parikkala, 1982.  |
| *2112 Huittinen, 1976.         | *3022 Lapinjärvi, 1962.        | *4124 + 4142 Punkaharju, 1980. |
| *2113 Forssa, 1954.            | *3023 + 3014 Kotka, 1970.      | *4213 Kerimäki, 1975.          |
| *2114 Toijala, 1973.           | *3024 Karhula, 1965.           | *4214 Raakkylä, 1985.          |
| *2121 Vammala, 1967.           | *3041 + 3043 Haapasaari, 1972. | *4222 Outokumpu, 1971.         |
| *2122 Ikaalinen, 1952.         | *3042 Hamina, 1973.            | 4223 Joensuu, 1985.            |
| *2123 Tampere, 1961.           | *3044 Vaalimaa, 1979.          | *4224 Kontiolahti, 1971.       |
| *2124 Viljakkala-Teisko, 1953. | *3111 Lahti, 1964.             | (Polvijärvi)                   |
| *2131 Hämeenlinna, 1949.       | *3112 Heinola, 1970.           | *4231 Kitee, 1973.             |
| *2132 Valkeakoski, 1970.       | *3113 Kouvola, 1963.           | *4232 + 4234 Tohmajärvi, 1967. |
| *2133 Kärkölä, 1961.           | *3114 Vuohijärvi, 1969.        | *4241 Kiihtelysvaara, 1971.    |
| *2134 Lammi, 1964.             | *3121 Sysmä, 1977.             | 4242 Eno, 1983.                |
| *2141 Kangasala, 1964.         | *3122 Joutsa, 1982.            | *4243 Oskajärvi, 1975.         |
| 2142 Orivesi, 1986.            | *3123 Mäntyharju, 1978.        | 4244 + 5222 Ilomantsi, 1973.   |
| 2143 Padasjoki, 1971.          | 3124 Hirvensalmi, 1988.        | *4311 Sivakkavaara, 1971.      |
| 2144 Kaipola, 1973.            | *3131 Luumäki, 1975.           | *4411 Ontojoki, 1976.          |
| *2213 Kuru, 1960.              | *3132 Savitaipale, 1965.       | *4412 Hiisijärvi, 1973.        |
| *2214 Virrat, 1965.            | *3133 Ylämaa, 1979.            | *4413 Kuhmo, 1978.             |
| 2221 Jalasjärvi, 1990.         | *3134 Lappeenranta, 1964.      | *4421 Moisiovaara, 1986.       |
| *2222 Seinäjoki, 1991.         | *3141 Ristiina, 1990.          | *4423 + 4441 Ala-Vuokki, 1987. |
| *2223 Alavus, 1970.            | *3142 Mikkeli, 1980.           | 4522 Vasaraperä, 1989.         |
| *2224 Kuortane, 1971.          | *3144 Sulkava, 1966.           | *4524 + 4542 Kuusamo, 1973.    |
| *2231 Mänttä, 1976.            | 3224 Karttula                  | *4613 Rukatunturi, 1982.       |
| *2232 Keuruu, 1963.            | 3231 Haukivuori, 1984.         | 4621 + 4623 Salla, 1967.       |

Julkaisuja myy / Publications may be purchased at:  
 Geologian tutkimuskeskus (GTK)  
 Julkaisumyynti  
 02150 Espoo

Karttakeskus  
 PL 85  
 00521 Helsinki





Karttalehtijako 1:100 000  
 Map division 1:100 000

ISBN 951-690-474-2