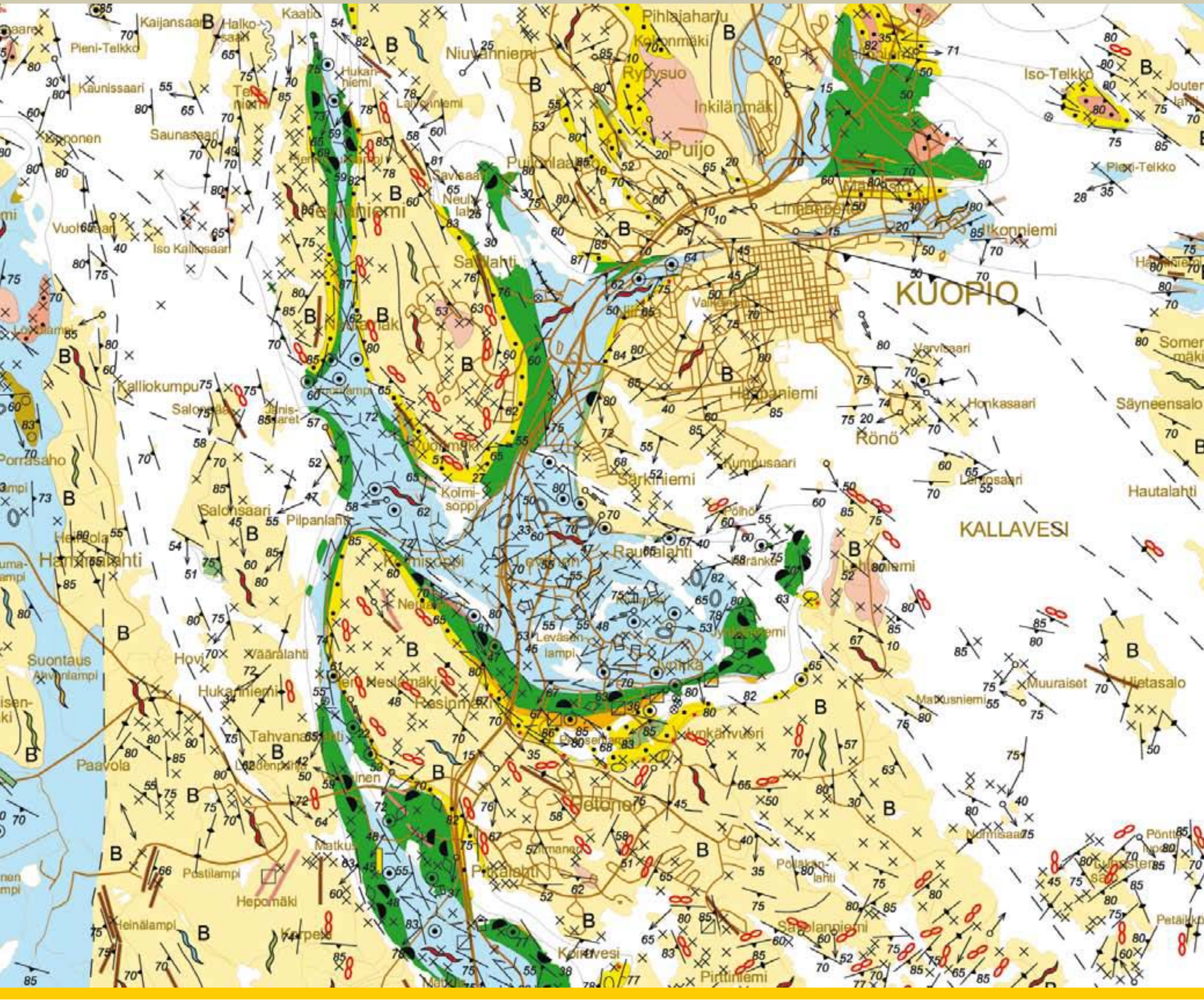
GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

Suomen geologinen kartta 1:100 000
Kallioperäkarttojen selitykset • Lehdet 3331 ja 3242



Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kallioperä

Summary: Pre-Quaternary rocks of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas

Heikki Lukkarinen

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

Kallioperäkarttojen selitykset, lehdet 3331 ja 3242
Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks, sheets 3331 and 3242

Heikki Lukkarinen

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kallioperä

Summary: Pre-Quaternary rocks of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas

Geologian tutkimuskeskus – Geological Survey of Finland

Espoo 2008

Lukkarinen, H. 2008. Pre-Quaternary rocks of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas. *Geological map of Finland 1:100 000. Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks, Sheets 3331 Siilinjärvi and 3242 Kuopio.* 228 pages, 73 figures, 5 tables, 2 appendices and 2 appended maps.

The area covered by the Siilinjärvi and Kuopio Pre-Quaternary map-sheets is located in northern Savo, approximately 350 km north of Helsinki. The area is part of a hybrid zone with late Archaean and Palaeoproterozoic rocks. More than one third of the area consists of Late Archaean rocks, and more than half of the rocks are situated in the Siilinjärvi map-sheet area. The Kuopio map-sheet area largely consists of Palaeoproterozoic rocks situated mainly in the western and middle part of the map-sheet area. The geotectonic suture known as the Raahe-Laatokka fracture zone has influenced the lithology of the map-sheet areas.

Archaean rocks are composed of various heterogenic migmatites and homogenic tonalitic - granodioritic granitoids. These rocks form both continuous areas and isolated dome-like basement formations. In the southwest of Kuopio there are also narrow basement gneiss lenses surrounded by the Palaeoproterozoic supracrustal rocks. The migmatites in the northeastern corner of the Siilinjärvi map-sheet area include an approximately 20-km-long and 2-km-wide carbonatite/glimmerite – syenite complex with an active apatite mine. The U-Pb zircon age for the carbonatite is approximately 2 610 million years. The Achaean rocks have undergone polyphase deformation and metamorphism during both the Late Archaean period and the Palaeoproterozoic period. Numerous Palaeoproterozoic veins of metadiabase, microtonalite, granite and trondhjemite of various widths intersect the Archaean rocks.

The Palaeoproterozoic supracrustal rocks of the map-sheet areas are epicontinental arkosites, quartzites, carbonate rocks and calc-silicate rocks. During the sedimentation process of these rocks about 2 060 million years ago, mafic lavas erupted on the sediments. In many places lavas have well-preserved volcanic structures like pillows. Mafic lavas and the earlier sediments were covered by clayey sand that metamorphosed into present day mica schists and mica gneisses.

The Palaeoproterozoic plutonic rocks of the map-sheet areas are mainly porphyritic granites, granodiorites and quartz diorites with feldspar crystals 1–5 cm in size. The even-grained mafic plutonic rocks, such as gabbros and diorites, are less common, as well as felsic and intermediate plutonic rocks such as granites, granodiorites, tonalities and quartz diorites. In the western part of the map-sheets, there is a zone of banded or gneiss-like tonalities and granodiorites. They are intensively migmatized and recrystallized, and most plutonic-like rocks contain numerous remnants of mica gneisses, indicating the sedimentary origin of these rocks.

The rock types of the map-sheet areas have been metamorphosed and deformed at the pressures and temperatures of the amphibolite facies. The structures seen at the present day erosion level also indicate folding and overthrusting under ductile conditions after the metamorphism. The numerous faults cutting the bedrock indicate the later deformation processes under brittle conditions.

Several chemical whole rock analyses have been performed and the results are presented in tables in the appendices. A short description of the samples used for the radiometric isotope dating is given, and concordia diagrams of the ages are also presented.

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

Key words: (GeoRef Thesaurus, AGI): areal geology, explanatory text, bedrock, metamorphic rocks, plutonic rocks, carbonatites, dikes, geochemistry, isotopes, stratigraphy, Paleoproterozoic, Archean, Siilinjärvi, Kuopio, Pohjois-Savo, Finland

Heikki Lukkarinen
Geological Survey of Finland
P.O. BOX 1237
FI-70211 Kuopio
FINLAND

E-mail: heikki.lukkarinen@gtk.fi

ISBN 978-952-217-034-7 (PDF)

Lukkarinen, H. 2008. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas. *Suomen geologinen kartta 1:100 000. Kallioperäkarttojen selitykset, lehdet 3331 Siilinjärvi ja 3242 Kuopio.* 228 sivua, 73 kuvaa, 5 taulukkoa, 2 liitettä ja 2 liitekarttaa.

Siilinjärven ja Kuopion 1:100 000-mittakaavaisten kartta-alueiden kattama alue sijaitsee Pohjois-Savossa. Se kuuluu maankuoren vyöhykkeeseen, jonka kallioperä koostuu sekä arkeeisista että paleoproterotsooisista kivilajeista. Arkeeisia kivilajeja on kartta-alueiden pinta-alasta hieman yli kolmannes. Niistä yli puolet sijoittuu Siilinjärven kartta-alueelle ja loput Kuopion kartta-alueelle. Proterotsooisia kivilajeja on runsaimmin Kuopion kartta-alueella, ja ne sijoittuvat pääasiassa alueen länsireunaan ja keskiosaan.

Arkeeiset kivilajit ovat erilaisia, asultaan vaihtelevia migmatiitteja eli seoskiviä ja niitä tasalaatuisempia tonaliittis-granodioriittisia granitoideja. Paitsi yhtenäisenä alueena on arkeeisia kiviä myös Kuopion etelä- ja länsipuolella erillisinä doomimaisina esiintyminä ja kapeina linsseinä paleoproterotsooisten pintasyntyisten kivilajien ympäröiminä. Siilinjärven kartta-alueen koillispuolella on mainituissa migmatiiteissa vajaa 20 kilometriä pitkä ja pari kilometriä leveä karbonatiitti/glimmeriitti–syeniittikompleksi, jossa on toiminnassa oleva kaivos. Karbonatiitin zirkonin ikä on 2 610 Ma. Arkeeiset kivet ovat deformoituneet ja metamorfoituneet monivaiheisesti arkeeisena aikana sekä myös paleoproterotsooisena aikana. Lukuisat, vaihtelevan levyiset paleoproterotsooiset metadiabaasi-, mikrotonaliitti-, graniittti- ja trondhjemiittijuonet leikkaavat arkeeisia kiviä.

Kartta-alueiden paleoproterotsooisen kallioperän pintasyntyiset kivilajit ovat epikontinentaalisia arkosiitteja, kvartsiitteja ja karbonaattikiviä ja kalkkisilikaattikiviä. Kerrostumisen aikana purkautui niiden päälle noin 2 060 Ma sitten emäksistä laavaa, jossa on monin paikoin nähtävissä hyvin säilyneitä vulkaanisia rakenteita, kuten tyynylaavaa. Vulkaniitit ja niitä edeltäneet kerrostumat peittyivät savensekaisten hiekkojen alle. Niistä syntyivät metamorfoosissa nykyiset kiilleliuskeet ja -gneissit.

Kartta-alueiden paleoproterotsooiset syväkivet ovat enimmäkseen maasälpähajarakeita sisältäviä porfyyrisia graniitteja, granodioriitteja ja kvartsidioriitteja. Emäksiset syväkivet, kuten gabrot ja dioriitit, ovat vähemmistönä samoin kuin tasarakeiset happamat ja intermediaariset syväkivet eli graniitit, granodioriitit, tonaliitit ja kvartsidioriitit. Kartta-alueiden länsireunassa on juovaisten tai gneissimäisten tonaliittien ja granodioriittien vyöhyke. Siinä kivet ovat voimakkaasti migmatoituneet ja uudelleen kiteytyneet siten, että syväkivimäisissä kivissä on runsaasti linssimäisiä kiillegneissireliktejä osoituksena kivien sedimenttisestä alkuperästä.

Kartta-alueiden kivilajit ovat metamorfoituneet ja deformoituneet amfiboliittifasieksen paine- ja lämpötilaolosuhteissa. Nykyisessä eroosiotasossa nähtävät rakenteet viittaavat myös metamorfoosin jälkeiseen ylityöntymiseen ja poimuttumiseen. Sen jälkeisessä hauraan deformaation ympäristössä tapahtuneesta deformaatiosta ovat osoituksena lukuisat kallioperää leikkaavat siirrokset.

Kartta-alueen kivistä on runsaasti kemiallisia kokokivianalyysejä, jotka esitetään liitetaulukoissa. Isotooppiajoituksista esitetään lyhyt kuvaus näytteistä, tuloksista yhteenvetotaulukko ja konkordiadiagrammit.

Selityksen teksti on suomenkielinen, mutta siitä on englanninkielinen lyhennelmä. Samoin kuvien ja taulukoiden selitysteksti on myös englanniksi.

Asiasanat (Geosanasto, GTK): aluegeologia, karttaselitykset, kallioperä, metamorfiset kivet, syväkivet, karbonatiitit, juonet, geokemia, isotoopit, stratigrafia, paleoproterotsooinen, arkeeinen, Siilinjärvi, Kuopio, Pohjois-Savo, Suomi

Heikki Lukkarinen
Geologian tutkimuskeskus
PL 1237
70211 Kuopio

Sähköposti: heikki.lukkarinen@gtk.fi

SISÄLLYSLUETTELO – CONTENTS

1. Johdanto ... 11
   1.1. Tutkimusalue ... 11
   1.2. Aikaisemmat työt ... 11
   1.3. Tutkimusvaiheet ... 12
   1.4. Työhön osallistuneet ... 14
2. Työmenetelmät ja aineiston käsittely ... 15
   2.1. Maastohavainnot ... 15
   2.2. Ohuthieet ... 16
   2.3. Geofysiikka ... 16
   2.4. Syväkairaus ... 16
3. Pinnanmuodostus ja kallioperän paljastuneisuus ... 17
4. Kallioperän yleispiirteet ... 20
5. Arkeeinen kallioperä ... 23
   5.1. Pohjagneissikompleksi ... 24
      5.1.1. Migmatiittigneissit ... 24
      5.1.2. Granitoidit ... 26
      5.1.3. Kvartsi-maasälpägneissit ... 27
      5.1.4. Kvartsihajarakeiset migmatiitit ja granitoidit ... 27
   5.2. Siilinjärven alkalikivikompleksi ... 27
      5.2.1. Karbonatiitti-glimmeriitti ... 28
      5.2.2. Syeniitti-feniitti ... 31
   5.3. Muut syeniittiesiintymät ... 34
6. Paleoproterotsooinen kallioperä ... 35
   6.1. Pintasyntyiset kivilajit ... 35
      6.1.1. Arkosiitit ja konglomeraatit ... 35
         6.1.1.1. Esiintymät Siilinjärven kartta-alueella ... 36
         6.1.1.2. Esiintymät Kuopion kartta-alueella ... 37
      6.1.2. Kvartsiitit ja serisiittikvartsiitit ... 40
         6.1.2.1. Esiintymät Siilinjärven kartta-alueella ... 40
         6.1.2.2. Esiintymät Kuopion kartta-alueella ... 44
      6.1.3. Karbonaatti- ja kalkkisilikaattikivet ... 47
         6.1.3.1. Esiintymät Siilinjärven kartta-alueella ... 48
         6.1.3.2. Esiintymät Kuopion kartta-alueella ... 51
      6.1.4. Uraani-fosforikivet ... 57
      6.1.5. Rautamuodostumakivet ... 58
      6.1.6. Serttivälikerrokset ... 60
      6.1.7. Vulkaaniset kivilajit ... 61
         6.1.7.1. Vulkaaniset kivilajit Siilinjärven kartta-alueella ... 62
            6.1.7.1.1. Emäksiset metavulkaniitit ... 62
            6.1.7.1.2. Happamat metavulkaniitit ... 68
            6.1.7.1.3. Amfiboliitit ... 69
            6.1.7.1.4. Sarvivälkegneissit ... 71
         6.1.7.2. Vulkaaniset kivilajit Kuopion kartta-alueella ... 71
            6.1.7.2.1. Emäksiset metavulkaniitit ... 72
            6.1.7.2.2. Amfiboliitit ... 75

6.1.7.2.3. Sarvivälkegneissit ... 75
6.1.8. Kiillegneissit ja kiilleliuskeet ... 76
6.1.8.1. Kiillegneissit ja kiilleliuskeeet Siilinjärven kartta-alueella ... 79
6.1.8.2. Kiillegneissit ja kiilleliuskeeet Kuopion kartta-alueella ... 82
6.1.9. Kvartsi-maasälpägneissit ja -liuskeet ... 90
6.1.10. Mustaliuskeet ja kiisuliuskeet ... 91
6.2. Syväkivet ... 93
6.2.1. Syväkivet Siilinjärven kartta-alueella ... 95
6.2.1.1. Graniitit ... 95
6.2.1.2. Porfyyriset graniitit ja granodioriitit ... 97
6.2.1.3. Granodioriitit ja tonaliitit ... 99
6.2.1.4. Granodioriitit, tonaliitit tai kvartsidioriitit ... 100
6.2.1.5. Juovaiset tai gneissimäiset tonaliitit ja granodioriitit ... 100
6.2.1.6. Mikrotonaliitit ... 101
6.2.1.7. Tonaliitit ... 102
6.2.1.8. Kvartsidioriitit ja tonaliitit ... 103
6.2.1.9. Kvartsidioriitit ja dioriitit ... 104
6.2.1.10. Gabrot ... 105
6.2.1.11. Intrusiivibreksiat ... 106
6.2.1.12. Vuolukiviesiintymä ... 107
6.2.2. Syväkivet Kuopion kartta-alueella ... 107
6.2.2.1. Graniitit ja granodioriitit ... 107
6.2.2.2. Porfyyriset granodioriitit ja kvartsidioriitit ... 108
6.2.2.3. Granodioriitit ja tonaliitit ... 111
6.2.2.4. Granodioriitit, tonaliitit tai kvartsidioriitit ... 111
6.2.2.5. Juovaiset tai gneissimäiset tonaliitit ja granodioriitit ... 113
6.2.2.6. Kvartsidioriitit ja tonaliitit ... 113
6.2.2.7. Kvartsidioriitit ja dioriitit ... 114
6.2.2.8. Gabrot ... 115
6.2.2.9. Ultramafiset kivet ... 118
6.2.2.10. Intrusiivibreksiat ... 119
6.3. Juonikivilajit ... 119
6.3.1. Metadiabaasijuonet ja amfiboliittijuonet ... 119
6.3.2. Mikrotonaliittijuonet ja -intruusiot ... 122
6.3.3. Granitti-, granodioriitti ja trondhjemiittijuonet ... 124
7. Geokemia ... 125
7.1. Arkeeinen kallioperä ... 126
7.2. Proterotsooinen kallioperä ... 128
7.2.1. Metavulkaniitit ... 129
7.2.1.1. Koivusaaren muodostuma ... 129
7.2.1.2. Vaivasen muodostuma ... 133
7.2.1.3. Sarvivälkegneissit, amfiboliitit ja maasälpägneissit ... 136
7.2.2. Metasedimentit ... 139
7.2.2.1. Blastoklastiset metasedimentit ... 139
7.2.2.2. Kemialliset metasedimentit ... 141
7.2.3. Syväkivet ... 142
8. Isotooppitutkimukset ... 147
8.1. U-Pb-iänmääritykset ... 147
8.2. Sm-Nd-isotooppitutkimukset ... 159
8.3. δ^{13}C-isotooppitutkimukset ... 160

8.4. K-Ar-isotooppitutkimukset 161
9. Metamorfoosi ja rakenne 162
9.1. Metamorfoosi 162
9.2. Rakenne 165
10. Stratigrafia 170
10.1. Arkeeinen kallioperä 171
10.2. Paleoproterotsooinen kallioperä 171
11. Geologinen kehitys 177
12. Taloudelliset aiheet 180
12.1. Malmiaiheet 180
12.2. Teollisuusmineraaliaiheita 180
12.3. Rakennuskiviaiheita 181
12.4. Kiviaineslouhoksia 181
12.5. Harrastustoiminta 182
13. Geologisia retkeilykohteita 182
13.1. Kohteita Siilinjärven kartta-alueella 182
13.2. Kohteita Kuopion kartta-alueella 183
14. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas .. 185
14.1. Introduction 185
14.2. Archaean lithology 185
14.3. Palaeoproterozoic lithology 186
14.3.1. Supracrustal rocks 186
14.3.2. Infracrustal rocks 187
14.3.3. Dyke rocks 188
14.4. Metamorphic and tectonic features 188
14.5. Geochemistry 189
14.6. Isotopic studies 190
14.7. Stratigraphy and geological evolution 191

Kirjallisuusviitteet – References 192

Liitteet – Appendices 197
Liite 1 – Appendix 1 198
Liite 2 – Appendix 2 226

Liitekartat – Appended maps 1–2

1. JOHDANTO

1.1. Tutkimusalue

Siilinjärven ja Kuopion 1:100 000-mittakaavaiset kallioperäkartat (Lukkarinen 2000, 2002) vastaavat Suomen kantakartaston lehtiä 3331 ja 3242. Niiden kattama alue käsittää suurimman osan Maaningan, Siilinjärven, Kuopion ja Karttulan kunnista sekä osia Pielaveden, Tervon, Lapinlahden, Suonenjoen, Leppävirran ja Vehmersalmen kunnista. Hieman vajaa neljäsosa (530 km^2) kartoissa esitettävän alueen kokonaispinta-alasta on vesistöä. Suurimmat asutuskeskukset ovat Kuopio, Siilinjärvi ja Maaninka. Välittömästi Kuopion kartta-alueen länsipuolella on Karttula ja lounaispuolella Suonenjoki. Kartta-alueiden läpi kulkevat Kouvola–Kontiomäki-rautatie ja valtatie 5 (E63). Siilinjärveltä on tieyhteys itään Nurmekseen (kantatie 75) ja länteen päin Maaningan kautta Pielavedelle ja edelleen Keski-Suomeen (kantatie 77). Kuopion pohjoispuolella erkanee valtatie 5:stä valtatie 17 Joensuuhun ja eteläpuolella valtatie 9 Suonenjoen kautta Keski-Suomeen. Näiden pääteiden lisäksi alueella on runsas paikallis- ja metsäautotieverkosto. Vuoksen vesistöön kuuluva kartta-alueiden vesistö tarjoaa vesiliikenneyhteyden Suomenlahdelle.

1.2. Aikaisemmat työt

Siilinjärven ja Kuopion karttalehdet sijoittuvat 1:400 000-mittakaavaisen Suomen geologisen yleiskartan (kivilajikartta) lehden C3 (Kuopio) alueelle. Wilkmanin laatima kartta ilmestyi vuonna 1935. Karttaan liittyvä selitys valmistui Wilkmanin kuoleman jälkeen tri Erkki Mikkolan toimittamana vuonna 1938. Wilkmania aikaisempia kuvauksia alueiden kivilajeista esitti raporteissaan Thoreld jo vuosina 1863 ja 1864. Siilinjärven kartta-alueella Wilkmanin jälkeen kartoitti Nykänen (ONy) kesällä 1950 peruskarttalehtien 3331 08, 11 ja 12 alueella (kartoitushavainnot GTK:n arkistossa). Outokumpu Oy:n Malminetsinnän toimesta kartoitettiin kesinä 1968–1970 malminetsintätöiden yhteydessä kallioperää lehtien 3331 12, 11, 09 ja 08 alueella (kartoitushavainnot Outokumpu Oy:n arkistossa). Puustinen (1971) tutki Siilinjärven keskustan itäpuolella (3331 11 ja 12) sijaitsevaa alkalikiviesiintymää. Mainitun tutkijan lisäksi alkalikiviesiintymän kiviä ja niiden mineralogiaa selvitti Härmälä (1981). Oy Lohja Ab etsi karbonaattikiviesiintymiä vuonna 1977 Maaningan Pulkonkoskella (3331 06).

Kuopion kartta-alueelta ja osin myös Siilinjärven kartta-alueelta ilmestyi ennen 1:400 000-mittakaavaisen yleiskartan ja sen selityksen valmistumista Wilkmanin (1923) laatima kuvaus Kuopion seudun kivilajeista. Sen sisältämät yksityiskohtaiset kuvaukset ovat vieläkin erittäin käyttökelpoisia, varsinkin kohteista, joita ei asutuksen tai muun syyn takia enää löydetty kartoituksen aikana, joten tämä selitys ei tee niitä tarpeettomiksi. Wilkmania aikaisemmin kuvasi Aartolahti (1898) Jynkän ja Laivonsaaren grafiittiesiintymiä. Wilkmanin jälkeen Preston (1954) selvitti Kuopion keskustan ja lähialueen

kallioperää. Kuopion pohjagneissidoomit ja niitä reunustavat metasedimentit olivat yhtenä esimerkkinä Eskolan (1949) mantteligneissidoomeja kuvaavassa tutkimuksessa. Talvitie (1971) käsitteli Kuopion seudun seismoteknisessä tutkimuksessaan noin 70 km leveän luode-kaakkosuuntaisen vyöhykkeen kallioperän rikkoutumisen ja maanjäristysten välistä yhteyttä. Kuopion karbonaattikiviesiintymiä, joista osaa ei kartoitustyön aikana enää löydetty asutuksen alle jäämisen vuoksi, on kuvattu Linnan (1943) ja Aurolan (1950) raporteissa. Kuopion kaupunkialueen kallioperän kivilajeja ja rakennetta käsittelivät Huomo (1978) ja Aumo (1983 a, b). Kuopion alue on kiinnostanut myös niin brittiläisiä (mm. Bowes 1980) kuin ranskalaisiakin tutkijoita (mm. Brun et al. 1981). Kuopion kartta-alueen lehtien 3242 10 ja 07 kiviä on kuvattu J. Parkkisen (1974) kokoamassa Leppävirran aluetutkimus -raportissa. Kuopion länsipuolisen alueen mafisten syväkivien geologiaa selvitti M. Parkkinen (1980). Tumanto (1983, Outokummun Malminetsinnän kenttäraportti) kuvasi Kuopion ja Leppävirran välisen alueen kiviä tutkiessaan nikkelivyöhykkeen jatkeita Leppävirralta Kuopion suuntaan. Jokela (1994) tutki Kuopion etelä- ja länsipuoleisen alueen (3242 07, 05, 10) rakennegeologisia piirteitä.

1.3. Tutkimusvaiheet

Siilinjärven kallioperäkartan maastotyöt aloitettiin kesällä 1978. Kun kesällä 1983 siirryttiin kartoittamaan myös Kuopion kartta-alueelle, oli Siilinjärven kartasta tekemättä Pohjois-Kallaveden saaret lehdillä 05, 07 ja 10 sekä tarkistus- ja täydennyskartoitukset koko karttalehden alueella. Ne valmistuivat vasta kesällä 1988. Vuosina 1988–1998 Siilinjärven karttalehden aineiston käsittely oli pysähdyksissä lukuun ottamatta kesiä 1994 ja 1995, jolloin tehtiin kartta-alueen länsireunalla arkeeisten ja proterotsooisten kivilajien välisen rajan selvittämiseksi vielä lisäkartoitusta ja aikaisemman kartoituksen tarkistuksia. Kartta-alueen kartoitushavainnot tallennettiin GTK:n Kalpea-tietokantaan kevään ja kesän 1995 aikana, mutta tallennetun aineiston hyödyntäminen tarkistamisen jälkeen kivilajikartan (karttatietokannan) tekemistä varten saatiin käyttökuntoon vasta vuoden 1999 lopulla. Tietokannan muokkaaminen karttatietokannaksi 1:100 000-mittakaavaista painokarttaa varten valmistui alkuvuodesta 2000.

Siilinjärven kartta-alueen kartoitustyön tueksi tehtiin Geologian tutkimuskeskuksen toimesta geofysikaalisia profiilimittauksia lehtien 3331 08 ja 11 alueella vuosina 1980 ja 1982 sekä lehtien 3331 04, 02 ja 03 alueella vuonna 1995. Siilinjärven Kasurilassa (3331 11) tehtiin kevättalvella 1982 iskuporanäytteenottoa heikosti paljastuneella alueella kivilajiyksiköiden kontaktin selvittämiseksi. Samasta syystä Kasurilaan kairattiin GTK:n toimeksiannosta yksi syväkairareikä marras-joulukuussa 1983 vulkaniittiyksikön kontaktien selvittämiseksi. Siilinjärven länsipuolella sijaitsevan Toson uraanipitoisia fosfaattisia välikerrosraitoja sisältävää karbonaattikiviesiintymää tutkittiin syksyllä 1984 yhteistyössä GTK:n Kuopion malmiyksikön kanssa.

GTK:n kartoitustyön lisäksi Siilinjärven kartta-alueen kallioperää on tutkittu myös ulkopuolisten toimesta. Kun Siilinjärven karbonatiittiesiintymän kaivostoiminta alkoi vuonna 1979, siirtyi esiintymän tutkiminen Kemira Oy:n kaivosgeologille. Kesällä 1982 Outokumpu Oy:n Malminetsintä teki lisätutkimuksia lehdillä 3331 08 ja 09, jolloin lehden 08 alueella kairattiin kolme syväkairareikää. Niiden lisäksi Outokumpu Oy:n Malminetsintä kairasi Siilinjärven Jälässä (3331 11) vuonna 1988 yhden syväkairareiän. Kesinä 1980–1983 tutki Oy Lohja Ab (myöhemmin tekstissä Lohja Oy) Siilinjärven kartta-alueen karbonaattikivi- ja kalkkisilikaattiesiintymiä Maaningan Pulkonkoskella

(06, 03) ja Kolmikannassa (06) sekä Siilinjärven Räimänkoskella (3331 08, 11) tehden kallioperäkartoitusta ja kairaten useita syväkairausreikiä kahdessa ensin mainitussa kohteessa. Pulkonkosken karbonaattikiviä kuvasi Pihl (1986) pro gradu -tutkielmassaan. Kemira Oy:n kairautti syväkairausreiän Siilinjärven Tarinaharjun eteläpuolelle (3331 11B) talvella 1980.

Kuopion kartta-alueen maastotyöt aloitettiin kesällä 1983, mutta ne keskeytettiin muiden töiden vuoksi vuonna 1987. Töitä jatkettiin kesällä 1994 ja viimeiset tarkistukset tehtiin kesällä 2000, tosin Kuopion kaupunkialueella rakentamisen takia esiin tulleita kallioleikkauksia on havainnoitu senkin jälkeen. Tietokannan muokkaaminen 1:100 000-mittakaavaiseksi karttatietokannaksi valmistui alkuvuodesta 2002. Kesinä 1995–1998 teki GTK:n Kuopion yksikön ”Ni-vyöhyke ja 1.9 Ga magmatismi -hanke”, lyhyesti Ni-hanke) Kuopion länsi- ja eteläpuolisella alueella (3242 06, 08, 07 ja 10) malminetsintätöitä, jolloin tarkan kohteellisen kallioperäkartoituksen lisäksi kairattiin useita syväkairausreikiä nikkelipotentiaalisiin kohteisiin. Malmikaivos Oy kairasi talvella 1996 timanttien etsintätarkoituksessa kolme syväkairausreikää Kuopion Jynkänlahdella (3224 12A).

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueen geologiaa on käsitelty seuraavien GTK:n kartoitustyöhön osallistuneiden henkilöiden pro gradu- ja muissa opinnäytetöissä: Aumo (1983a), Mäkitie (1984), Vartiainen (1984), Itzatt (1984), Åker (1985), Kousa (1986), Toikkanen (1987), Fagerström (1990), Kortelainen (1997) ja Rautiainen (2000). Opinnäytetöiden lisäksi Siilinjärven karttaluonnos on ollut julkistettuna Suomen kartta-atlaskarttasarjassa (Alalammi 1990), jossa alue oli esimerkkinä geofysikaalisen aineiston käytöstä. Kartta-alueiden kallioperän kivilajitietoja käytettiin ”Lineaariradan sijoittamismahdollisuuksista Pohjois-Savoon” -selvityksessä (Vuorela et al. 1993). Siilinjärven ja Kuopion alueen kivilajikartta-aineistoa on käytetty myös Keski-Fennoskandinavian kallioperäkarttaan (Lundqvist et al. 1996), samoin kuin 1:1 000 000-mittakaavaiseen Suomen kallioperäkarttaan (Korsman et al. 1997) ja Raahe–Laatokka-vyöhykkeen geologiseen karttaan (Koistinen & Saltykova 1999). Kuopion kaupunkialueen kivilajikarttaa on hyödynnetty myös GTK:n ulkopuolisissa julkaisuissa. GTK:n Ni-hankkeen Tervo–Varkaus-alueen loppuraportissa (Forss et al. 1999) on käsitelty Kuopion kartta-alueella tutkittujen kohteiden kallioperän kivilajeja ja rakennetta.

1.4. Työhön osallistuneet

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueen maastotöihin osallistui useita geologian opiskelijoita eri yliopistoista. Siilinjärven kartta-alueella työskentelivät (suluissa kartoittajan nimikirjaimet, yliopisto ja työskentelyvuodet) Jukka Laukkanen (JML, Turun yliopisto; Ty, 1978–79, 1982–1983), Hannu Mäkitie (HMM, Helsingin yliopisto; Hy, 1978–1981), Pasi Nissinen (PPN, Hy, 1980), Eeva Roppola (EMR, Hy, 1980), Jukka Kousa (JPK, Ty, 1978–1981, 1984), Risto Vartiainen (RKV, Oulun yliopisto, Oy, 1978), Karita Åker (HKÅ, Åbo akademi; Åa, 1981–1982) ja Tua Welin (TCW, Åa, 1983).

Kuopion kartta-alueella kartoitti jo ennen varsinaista karttalehtityötä Raili Aumo (RMA, Ty, 1978–1979) Kuopion keskustan länsi- ja lounaispuolisen alueen (3242 09, 12, 11). Hän kartoitti myös Outokumpu Oy:n toimesta kesällä 1981 Siilinjärvellä Kuivasteenmäen (3331 08) ja Toson (3331 09) alueilla. Varsinaiseen kartoitustyöhön Kuopion lehdellä osallistuivat Jukka Laukkanen (JML, Ty, 1983), Leif Hemming (LKH, Hy, 1983), Jukka Husa (TJH, Ty, 1984), Christopher Izatt (CNI, Aberdeenin yliopisto, Skot-

lanti, 1984), Pia Fagerström (PMF, Hy, 1986–1987), Suvi Vesanto (SKV, Ty, 1986), Päivi Toikkanen (POT, Ty, 1987), Jorma Mikkonen (JAM, Oy, 1993), Nina Kortelainen (NMK, Hy, 1994–1996), Tuomo Karinen (TKK, Oy, 1994), Piri Harju (PAH, Hy, 1995), Tiina Hakala (TUH, Hy, 1996), Tuija Elminen (THE, Hy, 1996), Pasi Heikkilä (PAH, Hy, 1997), Mikael Kulikoff (MMK, Hy, 1997) ja Perttu Mikkola (PIM, Oy, 1998–2000). Kartta-alueiden geologisen tietämyksen yhtenäistämiseksi tämän selityksen tekijä teki oman kartoitustyönsä ohella runsaasti tarkistuksia molempien karttalehtien alueella sekä osallistumalla kartoitusapulaisten työhön kenttäkauden aikana noin parin viikon välein tehdyillä 1–2 päivän mittaisilla maastokäynneillä.

GTK:n tutkimusavustajista kartoitustyöhön osallistuivat tutkimusavustajat Jukka Eskelinen (JJE, 1978–1982) Siilinjärven kartta-alueella ja Kuopion kartta-alueella Mauri Luukkonen (MTL, 1999–2000) ja Keijo Kinnunen (KKK, 1999). Heidän lisäkseen näytteenottotyöhön ja kalliopaljastumien puhdistamiseen osallistuivat Siilinjärven kartta-alueella tutkimusassistentti Antti Mäkelä ja tutkimusavustajat Keijo Kanniainen ja Jarmo Kankkunen.

Siilinjärven kartta-alueen Toson, Kuivasteenmäen ja Vironiemen (3331 09C) karbonaattikivien uraani-fosforimineraaliutumia tutki FM Olli Äikäs (Äikäs 1987, 1988a, b). Kemiran kaivoksen karbonatiittiesiintymän ja ympäristön kiviä ovat kartoittaneet FM Heikki Kauppinen († 1996), FM Olli Härmälä ja FM Tapio Kuivasaari (TAK, 1980). Lohja Oy:n maastotutkimuksia johti FM Hannu Ollila.

GTK:n Ni-hankkeen malminetsintätöiden aikana Kuopion kartta-alueella (3242 06, 08, 07 ja 10) kartoittivat FL Jouni Luukas (JKL, 1995–1996, 1998), FT Jari Mäkinen (JEM, 1995–1997, 1999–2000) ja FT Hannu Makkonen (HVM, 1998). Mäkinen tutki myös Siilinjärven Keskimmäisen gabroa (3331 09A). Kartta-alueiden geofysikaalisten profiilimittausten aineistoa käsittelivät ja tulkitsivat geofyysikot DI Seppo Elo ja DI Liisa Kivekäs Otaniemestä sekä FL Timo Tervo, FM Aimo Ruotsalainen ja Heikki Forss Kuopiosta. FM Jouni Lerssi teki selityksen liitteenä (liitekartta 2) olevan aeromagneettiseen matalalentoaineistoon perustuvan magneettisen kartan.

Maastotöihin osallistuneiden ja edellä mainittujen lisäksi karttojen ja sen selityksen valmistumiseen vaikuttivat myös seuraavat henkilöt: kartta-alueen kivistä tehtyjä ohuthieitä tutkivat tutkimusassistentti Antti Mäkelä, FM Jaana Veki ja FM Perttu Mikkola. Maastohavaintoja KALPEA-tietokantaan tallensivat aineistontallentajat Merja Järveläinen, Mervi Kauhanen, Tiina Boukara, Marja-Liisa Ikäheimonen ja Auli Ekdahl sekä tutkimusavustaja Tarja Neuvonen.

Radiometriset zirkonin U-Pb-iänmääritykset teki GTK:n isotooppigeologian yksikössä FT Olavi Kouvo. FT Matti Vaasjoki († 2004) käsitteli analyysitulokset ja laati konkordiadiagrammit Isoplot-ohjelmalla. Zirkonien separointi- ja muun laboratoriotyön teki laborantti Tuula Hokkanen. FT Hannu Huhma teki Sm-Nd-isotooppimääritykset, ja karbonaattikivien hiilen isotooppisuhteet ($\delta^{13}C$) määritti FT Juha Karhu.

Molempien karttojen aineiston viimeistelyn painatusta varten teki kartanpiirtäjä Anni Vuori. Karttojen maastopohjien muokkaamiseen ja GIS-toteutukseen osallistuivat myös kartanpiirtäjä Raija Väänänen, FM Soile Aatos ja FM Jyrki Kokkonen. FM Olli Äikäs antoi parannusehdotuksia selityksen käsikirjoitukseen. FM Reino Kesola ennakkotarkasti sen. Selityksen suomenkielen tarkasti Marja Muittari-Kokkonen. Englanninkielisen käännöksen teki Carrie Turunen ja tarkasti Roy Siddall. Tutkimusassistentti Päivi Kuikka-Niemi editoi aineiston Vammalan Kirjapaino Oy:ssä tehtyä taittoa varten. Geologi Harri Kutvonen viimeisteli selityksen kansilehdet.

Tekijä esittää kaikille työhön osallistuneille ja muulla tavalla työn edistymiseen kannustavasti myötävaikuttaneille henkilöille parhaimmat kiitoksensa.

2. TYÖMENETELMÄT JA AINEISTON KÄSITTELY

2.1. Maastohavainnot

Maastossa liikuttaessa käytettiin pääasiassa Maanmittauslaitoksen 1:20 000-mittakaavaisia peruskarttoja, joihin kalliopaljastumahavainnot merkittiin kartan ja maaston sallimalla tarkkuudella. Kuopion kartta-alueella kartoitustyön viime vaiheessa oli käytettävissä satelliittipaikannin (GPS). Kartoitusta aloitettaessa peruskartat olivat vuodelta 1972. Päällepainannalla ajantasaistettuja karttoja ilmestyi vuonna 1990. Kokonaan korjatut kartat julkaistiin vuonna 1996. Maanmittauslaitoksen päivittämiä numeerisia karttaversioita käytettiin maastohavaintojen sijainnin tarkistamiseen tietokantaan tallennuksen yhteydessä.

Siilinjärven kartta-alueen kallioista on GTK:n kartoitustyönä kirjattu yhteensä 6 178 havaintolomaketta. GTK:n KALPEA-tietokantaohjelmaan tallennettujen havaintojen lukumäärä on 8 019 kpl. Kuopion kartta-alueelta tehtiin kaikkiaan 8 700 havaintoa. Numeeriseen tietokantaan tallennettiin 11 316 havaintoa. Maastohavaintojen ja numeeriseen tietokantaan tallennettujen havaintojen lukumäärällinen ero johtuu seuraavista syistä: 1) GTK:n havaintojen lisäksi tietokantaan tallennettiin ulkopuolisten tekemiä havaintoja (mm. Outokumpu Oy:n ja Kemira Oy:n) ja 2) havaintojen tallennustapa muutettiin. Kartoituksen alkuvaiheessa, kun havaintoja ei tallennettu numeeriseen tietokantaan, numeroidut pääpaljastumat saivat sijaintikoordinaatit, mutta siihen liitetyt sivupaljastumat olivat havaintolomakkeessa ilman omaa numeroa ja koordinaatteja, ja niiden paikkatieto ilmaistiin lomakkeen selitystekstissä ilmansuunnalla ja etäisyytenä pääpaljastumasta. Käsin piirretyssä maastokartassa numerottomat sivupaljastumat ja niiden tiedot voitiin esittää ilman sekaannusta esim. viivalla kytkettynä päähavaintoon. Numeeriseen tietokantaan tallennettaessa sijaintikoordinaatteihin sidottu useamman paljastuman havainto voitiin kirjata paljastumaryhmäksi, mutta nämä kallioperäkartan laatimisen kannalta tärkeätkin koordinaatittomat sivupaljastumat tietoineen sijoittuivat päähavainnon koordinaattien osoittamaan paikkaan. Siitä syystä tallennusvaiheessa sivupaljastumat numeroitiin uudelleen käyttäen pääpaljastuman numeroa ja kirjaimia B, C, jne. sekä annettiin paljastumille asianmukaiset sijaintikoordinaatit.

Karttaa koottaessa alkuperäisiin havaintolomakkeisiin korjattiin tarkistetut sijaintitiedot ja lisättiin ohuthieen perusteella varmennetut kivilajinimet. Karttatietokantaa varten aineistosta vähennettiin havaintopisteitä ja tektonisia mittauksia. Tektonisiin mittauksiin on laskettu mittausvuoden kokonaiskorjaus, joka Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueilla vaihtelee +3° ja +10°:n välillä. Tekijän käytettävissä on ollut myös GTK:n ulkopuolisten kartoittajien kartoitusaineistoa, kuten kopioina saatuja kivilajikarttoja. Kartta-alueiden kivilajeista otettiin runsaasti palanäytteitä, joista on tehty ohuthieitä, kemiallisia analyysejä, isotooppimäärityksiä ja petrofysikaalisia mittauksia. Kemialliset analyysit ovat liitteen 1 taulukoissa 1–6. Isotooppimääritysten analyysitulokset ovat taulukoissa 1–5. Isotooppianalyysinäytteiden samoin kuin tässä selityksessä esitettävien kalliokohteiden valokuvien (tekijän ottamia, ellei toisin mainita) ottopaikat ovat liitekartassa 1.

2.2. Ohuthieet

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kivilajeista tehtiin yhteensä 1 533 ohuthienäytettä (1 065 kpl/Siilinjärvi, 488 kpl/Kuopio) kivilajin määrittämiseksi. Suurin osa ohuthieistä tehtiin kartta-alueen pro gradu -tutkielmia varten. Wilkmanin Kuopion 1:400 000-mittakaavaista karttaa varten tehtyjä ohuthieitä hyödynnettiin niistä paikoista, joiden sijainti pystyttiin kohtuullisella luotettavuudella varmentamaan. Osasta näytteistä laskettiin mineraalikoostumus eli moodi pistelasku -menetelmällä (1 000 pistettä/hie). Kivien nimeämiseen käytettiin IUGS:n magmakivien luokittelusuositusta (Le Maitre 1989), joka syväkivien osalta perustuu IUGS:n syväkiviluokitukseen (Streckeisen 1974). Ohuthieet ovat arkistoituna GTK:ssa.

2.3. Geofysiikka

Siilinjärven kartta-alueen kartoitustyön aloitusvaiheessa oli käytettävissä aerogeofysikaalisten korkealentomittauksen tuloksista tehdyt kartat. Molempien kartta-alueiden matalalentomittausten (lentokorkeus keskimäärin 30–40 m) harmaasävykartat saatiin käyttöön 1980-luvun alussa. Aineistosta koottu aeromagneettinen kartta on liitekartassa 2. Alueellisen painovoimamittauksen (keskimäärin 4 mittauspistettä/km^2) karttoja valmistui 1980-luvun lopulla. Kivilajialueiden rajaamiseen käytettiin matalalentoaineiston numeerisesti muokattuja versioita ja yhdistettyjä aeromagneettisen ja gravimetrisen (painovoima) aineiston karttoja.

Kartoitustyön tueksi, lähinnä kivilajikontaktien paikantamiseen tehtiin GTK:n toimesta mittausprofiileja (painovoima, sähkönjohtavuus ja magneettisuus) Siilinjärven kartta-alueen lehdillä 3331 08, 11 (Käärmelahti–Jälä) sekä 3331 04, 02 ja 03 (Suuri-Palonen–Saarinen). Lehdellä 3331 11 (Kasurila) mitattiin maapeitteen paksuus iskuporanäytteenottoa varten DC-luotauksella.

GTK:n mittausten lisäksi kartta-alueella tekivät geofysikaalisia mittauksia malminetsintätöitä varten Outokumpu Oy:n Malminetsintä lehdillä 3331 08, 09 (Hamula ja Keskimmäinen) ja 3331 11 (Harjamäki) sekä Lohja Oy lehdillä 3331 03, 06 (Pulkonkoski ja Kolmikanta), 3331 08 ja 11 (Räimänkoski). Karttalehtityötä varten käytettiin mainituilta yhtiöiltä saatuja kopioita.

Kartoituksen aikana kerätyistä palanäytteistä on petrofysikaalisia ominaisuustietoja varten mitattu tiheys- ja suskeptibiliteettiarvot. Näytteitä mitattiin myös remanenssimagneettisuus. Mittausaineisto on arkistoitu GTK:hon.

2.4. Syväkairaus

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueille on kairattu useita syväkairausreikiä. Kairausaineistoa ja osasta tehtyjä ohuthietietoja on käytetty karttalehtien ja selityksen laadinnassa.

Siilinjärven kartta-alueella kairattiin GTK:n toimeksiannosta kivilajiyksiköiden kontaktin selvittämiseksi yksi syväkairausreikä (K/3331/83/R-KAS1) Kasurilanmäen pohjoispuolella (3331 11A). Aineisto on Lopella.

Outokumpu Oy:n malminetsinnän toimesta Siilinjärven kartta-alueelle on kairattu viisi syväkairausreikää: SJ-001/1961 (Keskimmäinen, 3331 09A), SIJ-002/1982 (Koivusaari, 3331 08D), SIJ-003/1982 (Koivusaari, 3331 08D), SIJ-004/1982 (Kuivasteenmäki, 3331 08D) ja SJ/JU-1/1988 (Jälä, 3331 11C). Aineisto on Lopella.

Kemira Oy kairautti vuonna 1980 yhden syväkairareiän Siilinjärven Tarinaharjun eteläpuolelle Aumanalasen itärannalle (3331 11B). Aineisto on kairauttajan hallussa.

Oy Lohja Ab tutki Maaningan Pulkonkosken, Särkisuon ja Kolmikannan karbonaattikiviä kairaamalla niihin useita syväkairausreikiä. Aineisto on kairauttajan hallussa.

Kuopion kartta-alueella Pienen Neulamäen (3242 12A) lävistävän rautatietunnelin suunnitteluvaiheessa 1970-luvun alussa kohteeseen kairattiin kolme tutkimusreikää (PL-26+03, PL-25+98, PL-25+95). Aineisto on Lopella.

GTK:n toimeksiannosta kairattiin Kuopion Väärälahden itärannalle (3242 09C) joulukuussa 1979 yksi syväkairausreikä (K/3242/-79/R-1) selvittämään alueen kivien stratigrafiaa. Samoin GTK:n toimeksiannosta kairattiin GTK:n toimitalon (3242 12A) rakentamisen aikana syksyllä 1986 rakennuksen sisään jätetty syväkairausreikä (Q52/3242/86/R-1) geofysiikan mittauslaitteiden testausta varten. Aineisto on Lopella.

Maa ja Vesi Oy on toimittanut vuonna 1981 kairasydänarkistoon Lopelle Kuopion Huuhanmäen pohjoisreunalle (3242 12B) kairatun syväreikäsydämen (C-0084-R-001).

GTK:n Ni-hankkeen toimesta Kuopion kartta-alueella kairattiin vuosina 1995–2000 yhteensä 111 kairausreikää. Suurin osa niistä tehtiin kevyellä POKA-kalustolla. Aineisto on Lopella.

Australialaisen Ashton Miningin omistuksessa oleva Malmikaivos Oy kairasi talvella 1996 Kuopion Jynkänlahteen kolme pystyasentoista syväkairausreikää (D3242-013, -014, -015). Aineisto on Lopella.

Tielaitoksen Savo-Karjalan tiepiirin toimeksiannosta kairattiin kevättalvella 1997 syväkairausreikä (M52-3242-97-VT-17) Iso-Telkko-saaren edustalle. Aineisto on Lopella.

3. PINNANMUODOSTUS JA KALLIOPERÄN PALJASTUNEISUUS

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueesta on veden peitossa yhteensä noin 530 km^2. Laajin vesialue on Kallavesi, jonka Siilinjärven kartta-alueen puoleista osaa nimitetään Pohjois-Kallavedeksi. Sen pohjoisosasta käytetään myös nimeä Suuri eli Ala-Ruokovesi. Pohjois-Kallaveden luoteisjatkeelle sijoittuu Maaninkajärvi, joka luoteispäässään Lapinlahden kartta-alueella (3332) päättyy kapeaan Tuovilanlahteen. Maaninkajärven yhdistää Kallaveteen Pieni eli Ylä-Ruokovesi. Kallaveden Kuopion lehden puoleista osaa kutsutaan myös Etelä-Kallavedeksi, jonka yksi suurimpia selkiä on kartta-alueen kaakkoisosassa (3242 10) Sotkanselkä. Maaninkajärvi ja Pohjois-Kallavesi jakavat Siilinjärven kartta-alueen luode-kaakkosuuntaisesti kahteen osaan. Niiden muodostaman 167 km^2:n suuruisen altaan lisäksi Siilinjärven kartta-alueella ovat suurempina järvinä lehden itäreunassa Juurusvesi, Iso-Jälä ja Siilinjärvi (Siilinlahti) Siilinjärven kuntakeskuksen eteläpuolella sekä Sulkavanjärvi ja Kevätön keskuksen pohjoispuolella. Maaningan kuntakeskuksen pohjoispuolella on Onkivesi, jonka pääosa on Lapinlahden kartta-alueella. Siilinjärven kartta-alueen länsiosan suurimpia järviä ovat Liesjärvi ja Tallusjärvi. Kuopion kartta-alueella Etelä-Kallaveden pinta-ala on noin 170 km^2. Sen lisäksi suurempia järviä kartta-alueella ovat Iso-Lauas, Kutunjärvi ja Saittajärvi alueen keskiosassa, Kuttajärvi, Virmasveden kaakkoispää ja Iisveden lahti alueen länsireunassa.

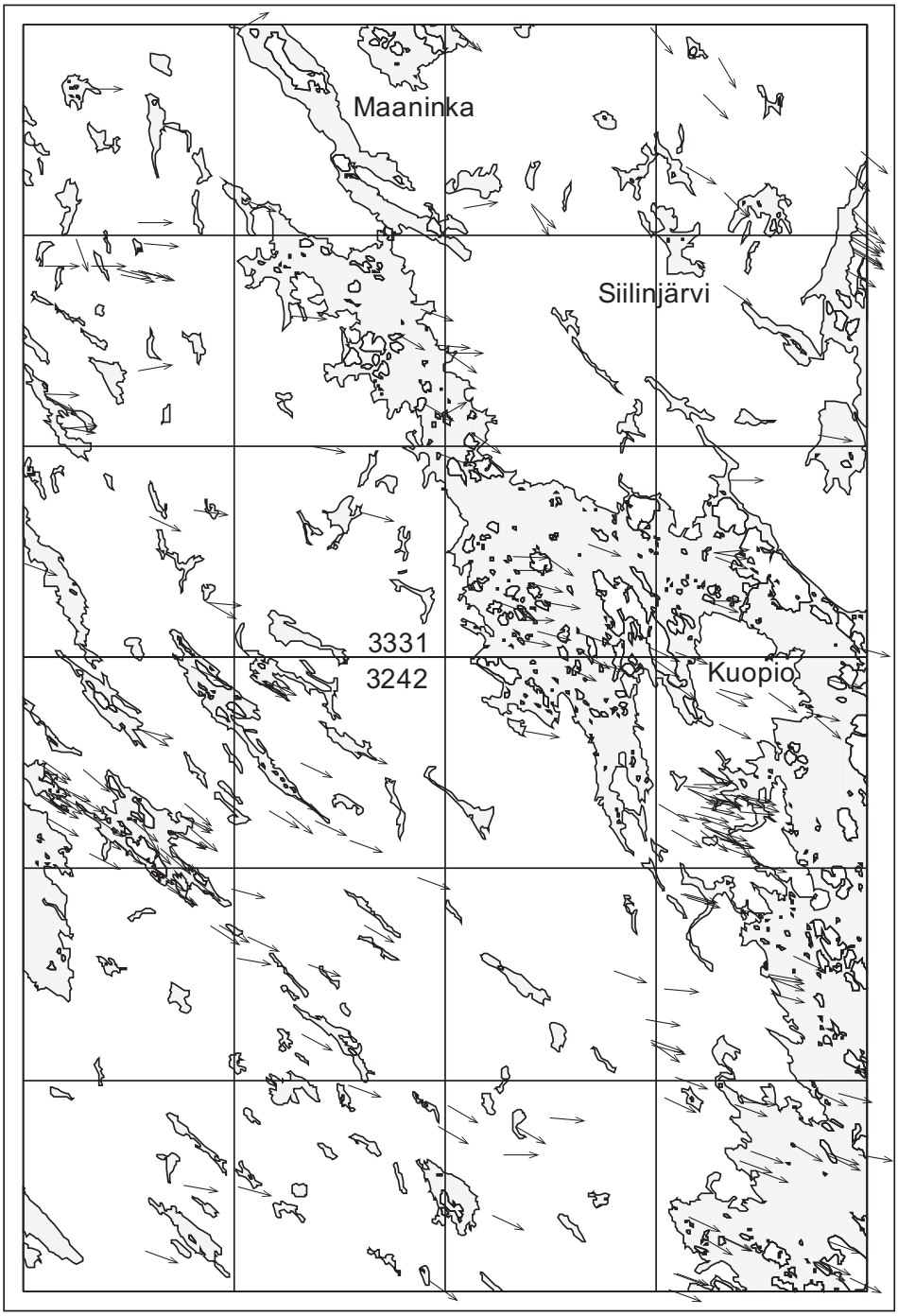
Kallaveden ja Maaninkajärven pinta on keskimäärin 81,5 m:n korkeudella merenpinnasta. Siilinjärven kartta-alueen länsiosassa on mäkien korkeus merenpinnasta suu-

rella osaa aluetta 130 ja 180 metrin välillä. Siellä on myös alueen korkein mäki – Itä-Karttulassa sijaitseva Honkamäki (3331 01C), jonka lakipiste on 236 metriä merenpinnan tasosta. Järvien ja lampien pinta on korkeimmillaan 180 m mpy. Pohjois-Kallavesi–Maaninkajärvi-järvialtaan itäpuoli on topografialtaan länsipuolta matalampaa – keskikorkeus on noin 90 ja 110 m:n välillä, tosin korkein kohta, Uuhimäki Ranta-Toivalassa (3331 10D), kohoaa 219 m:n korkeuteen. Kuopion kartta-alueella on Kallaveden ja lehden länsireunan välissä luode-kaakkosuuntainen selänne, jossa mäkien korkeus merenpinnasta on yleensä 100 ja 180 metrin välillä. Korkeimpina huippuina ovat Puijon laki (3242 12B) 232 m:n korkeudella merenpinnasta ja alueen korkein mäki Oinosenmäki (3242 06C), joka kohoaa 238 m:n korkeuteen. Kartta-alueen länsireunan järvien, Virmasvesi ja Iisvesi, pinnat ovat vajaan sadan metrin korkeudessa merenpinnasta. Paikoin suurissa järvissä on syvyyttä parhaimmillaan yli 50 m. Kallaveden pohjassa kapeat 20–30 m:n syvänteet, usein vieläpä luode-kaakkosuuntaisesti, ovat tyypillisiä. Kuopion ja Siilinjärven kartta-alueiden maanpinnan muotoja on tulkittu Kuopion alueen geomorfologisessa kartassa (Rönty 1999).

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kallioperä sijaitsee noin 50 km leveässä hierto- ja siirrosvyöhykkeessä, jolle ovat ominaisia mainittujen Maaninkajärven ja Kallaveden lisäksi pinta-alaltaan pienemmät luode-kaakkosuuntaiset pitkät ja kapeahkot järvet. Mannerjää liikkui aikanaan kallioperän heikkousvyöhykkeitä pitkin kovertaen järvialtaat ja ympäröivän maiseman nykyiseen muotoonsa. Silokallioista mitattuja jään synnyttämiä uurresuuntia on kuvassa 1. Mittauksia ei ole tehty systemaattisesti, joten ne eivät kata tasaisesti kartta-alueita. Vallitsevin suunta on luode-kaakkosuunta, mutta länsi-itäsuuntaa esiintyy myös. Huomioitavana havaintona voidaan mainita, että Siilinjärven kartta-alueella länsi-itä-suuntaiset uurteet esiintyvät pääasiassa Kallavesi–Maaninkajärvi-altaan länsipuolella, kun taas sen itäpuoleisten mittausten suunnat noudattavat kallioperän heikkousvyöhykkeen luode-kaakkosuuntaa. Paikoin on mäkien rinteillä nähtävissä isohkoista kivilohkareista koostuva vyöhyke. Ne liittyvät jääkauden jälkeiseen nykyistä Itämerta edeltäneiden merien rantavaiheisiin – rantaveden vaikutuksesta isojen kivien välissä olleen hiekka- ja saviaineksen huuhtoutuessa pois jäivät jäljelle isot lohkareet. Esim. Kuopiossa Puijon länsirinteellä noin 145 metrin korkeudessa merenpinnan yläpuolella on merkit noin 11 300 vuoden takaisen Yoldiameren rantavalleista.

Karttalehtien alueella on runsaasti kalliopaljastumia: peruskarttaankin merkittyjä kallioita saattaa tiheimmin paljastuneissa maastokohdissa olla yli 30 kpl/km^2, joten pääasiassa moreenista koostuvasta maaperästä ei ollut merkittävää haittaa kartoitustyölle. Laajimmat paljastumattomat alueet Siilinjärven kartta-alueella ovat Siilinjärven–Maaningan harjun etelä- ja pohjoispuolella sijaitsevilla peltoalueilla. Niiden kohdalla Outokumpu Oy:n Malminetsinnän iskuporanäytteenotossa maapeitteen todettiin olevan paikoin yli 30 m paksun. Vesistöt luonnollisesti ovat paljastumattomia, mutta Kallaveden ja Maaninkajärven saarien sisäosissa ja rannoilla on yleensä runsaasti kallioita. Heikoimmin paljastuneilla alueilla metsäautoteiden reunoilta löytyi usein paljastumia.

Runsas paljastuneisuus tuo näkyviin kartta-alueiden kallioperän kivilajien suuren vaihtelun. Lukuisat paljastumat helpottavat kivilajialueiden rajaamista, mutta toisaalta se johtaa suureen havaintomäärään, mikä esim. kartan kokoamisvaiheessa hidastaa työtä, koska esitysteknisistä syistä lopputuotteena olevasta painetusta 1:100 000-mittakaavaisesta kartasta joudutaan esitysmittakaava huomioiden huomattava osa havainnoista karsimaan pois. Toisaalta kallioperän tuntemus ja tietämyksen lisääminen kuuluvat GTK:n tehtäviin ja numeerisia tietokantoja käyttämällä voidaan suuretkin tietomäärät hyödyntää aikaisemmin usein arkistoon pölyttymään jääneitä paperisia havaintolomak-



Kuva 1. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueilta mitattuja mannerjäätikön uurresuuntia.
Pohjakartta © Maanmittauslaitos, lupa nro 13/MML/08.
Fig. 1. Glacial striations on the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas. Basemap © National Land Survey of Finland, permit No. 13/MML/08.

keita tehokkaammin niin yhteiskunnan kuin geotieteellisen tutkimuksen hyväksi. Pintageologian hyvä tuntemus onkin tärkeää, kun lähdetään etsimään tietoa – esim. malmia – pintaa syvemmältä.

4. KALLIOPERÄN YLEISPIIRTEET

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueilla kohtaavat arkeeinen (presvekokarjalainen) ja paleoproterotsooinen (svekokarjalainen) kallioperä toisensa. Kartta-alueiden yhteispinta-alasta (2 400 km^2) noin 900 km^2, hieman vajaa 40 %, koostuu arkeeisesta kallioperästä, jonka kivilajeja on enemmistönä Siilinjärven kartta-alueella sen koillis-, pohjois-, luoteis- ja eteläosassa. Kuopion lehden puolelle jatkuvat pohjagneissikompleksin kivet ovat vallitsevana lehden itäosassa. Siilinjärven kartta-alueen pohjoisosan arkeeiset kivet Maaninkajärven itäpuolella kuuluvat Iisalmen kompleksiin. Kartta-alueen länsiosan ja Kuopion kartta-alueen arkeeinen kallioperä sijoittuu pohjagneissikiilaan, jonka itäreunan rajaa Suvasveden siirros. Molempien kartta-alueiden paleoproterotsooiset kivet, noin 63 % pinta-alasta, kuuluvat Pohjois-Savon liuskealueeseen. Siilinjärven kartta-alueella paleoproterotsooisen kallioperän kivilajit sijoittuvat kahteen vyöhykkeeseen, joista itäisempi on alueen itä- ja keskiosassa ja läntisempi lähes pohjois-eteläsuuntaisesti alueen länsireunassa. Kuopion kartta-alueella paleoproterotsooiset kivilajit keskittyvät alueen länsi- ja keskiosaan.

Kuopion hierto- ja siirrosvyöhykkeeksi nimetty kallioperän heikkousvyöhyke kuuluu osana laajempaan Raahe–Laatokka-vyöhykkeeseen (Korsman & Lestinen 2002), jolle ominaisia ovat myloniittiset hiertosaumat, vertikaalisiirrokset ja ylityöntösiirrokset. Länsi- lounaisreunastaan vyöhyke rajoittuu Iisveden siirrokseen, jonka myloniittisia kiviä on nähtävissä Iisveden rantakallioissa Kuopion kartta-alueen lounaisnurkassa (3242 01A). Iisveden siirroksen kivilajien kuvauksia on esittänyt myös Pääjärvi (1991b, 2000). Kuopion noin 50 km leveän hierto- ja siirrosvyöhykkeen itäreunassa on Suvasveden siirros. Sitä voidaan seurata Maaningan Tuovilanlahdesta (3332 01) kaakkoon päin Suvasveden ja Kermajärven kautta aina Puruvedelle asti. Luoteissuunnassa, pian Siilinjärven kartta-alueen pohjoispuolella siirrosvyöhyke kääntyy etelä-pohjoissuuntaiseksi. Suvasveden siirrossauman kivilajeja on Heinäveden kartta-alueella (4221) kuvannut Koistinen (1993). Luoteisosan kallioperän kuvaus löytyy Lapinlahden kartta-alueen (3332) selityksestä (Paavola 1988). Siilinjärven kartta-alueella siirrosvyöhyke erottuu maastossa ja kartalla pitkinä ja kapeina luode-kaakkosuuntaisina järvinä, järvien lahtina sekä laaksoina ja niitä reunustavina harjanteina. Maastossa on löydetty muutama myloniittista kiveä sisältävä kalliopaljastuma. Kuopion hierto- ja siirrosvyöhykkeen puoliväliin sijoittuu Airakselan siirros. Kuopion kartta-alueelta sitä voidaan seurata etelään päin Varkauden kautta Haukivedelle. Pohjoiseen mentäessä siirros yhtyy Siilinjärven kartta-alueen länsireunassa arkeeisen kallioperän ja proterotsooisen kallioperän väliseen rajaan ja liittyy lopulta Tuovilanlahden kautta kulkevaan Suvasveden siirroksen pohjoiseen suuntautuvaan jatkeeseen.

Arkeeisen kallioperän kivet muodostavat pohjagneissikompleksin, joka koostuu pääasiassa tonaliittis-trondhjemiittisesta migmatiittigneissistä ja tonaliittis-kvartsidioriittisesta ja granodioriittisesta granitoidista. Näistä kivistä käytetään myös yleisnimitystä pohjagneissi. Pohjagneissien joukossa on myös vaihtelevan kokoisia amfiboliittiesiintymiä, joista osa lienee arkeeisten vulkaniittien jäänteitä ja osa voimakkaasti deformoituneita proterotsooisia metadiabaasijuonia. Kartoitusalueen pohjagneissit, varsinkin

Siilinjärven kartta-alueen pohjoisreunassa, vastaavat rakenteeltaan ja mineralogialtaan esim. alueen pohjoispuolella sijaitsevan Lapinlahden kartta-alueen arkeeisia pohjagneissejä, joiden ikä on 2 700–3 200 Ma (Paavola 1988, s. 41). Kuopion kartta-alueella osa pohjagneisseistä on doomimaisesti tai linssimäisesti paleoproterotsooisten kivien ympäröiminä.

Siilinjärven kartta-alueen itäreunassa (3331 11, 12) sijaitsee arkeeisessa pohjagneississä paksuimmillaan 500–600 m leveä, pohjois-eteläsuuntainen apatiittia sisältävä karbonatiitti-glimmeriittikiviesiintymä, jota reunustaa syeniittis-feniittinen alkalikivi (Puustinen 1971, Härmälä 1981, Puustinen & Kauppinen 1989). Yhdessä ne muodostavat tässä selityksessä kuvatun alkalikivikompleksin, joka on nimetty myös Siilinjärven karbonatiittikompleksiksi. Kompleksin kokonaisleveys on leveimmillään noin 1,5 kilometriä. Se alkaa välittömästi Siilinjärven kuntakeskuksen itäpuolelta ja ulottuu Lapinlahden kartta-alueelle (Paavola 1988, s. 13). Sen pituus nykyisessä eroosiotasossa on noin 16 km.

Paleoproterotsooiset suprakrustiset eli pintasyntyiset kivilajit ovat epikontinentaalisten sedimenttien metamorfoituneita vastineita: arkosiitteja, kvartsiitteja, karbonaatti- ja kalkkisilikaattikiviä, mustaliuskeita sekä mantereisen repeämän metavulkaniitteja ja merenpohjalle kerrostuneista savensekaisista hiekoista metamorfoituneita kiilleliuskeita ja kiillegneissejä.

Litostratigrafisesti alimpana on arkosiiteiksi metamorfoituneita kvartsi- ja maasälpäpitoisia hiekkoja. Paikoin esiintymissä on konglomeraattivälikerroksia. Arkosiittisia muunnoksia on myös kvartsiiteiksi merkityilläkin alueilla.

Nykyisiksi kvartsiiteiksi metamorfoituneet kvartsihiekat reunustavat pohjagneissejä ja sijoittuvat litostratigrafisesti arkosiittien päälle tai ovat suoraan pohjagneissien päällä. Laajimmat esiintymät sijaitsevat Siilijärven kartta-alueella Kasurilassa (3331 11A, C), Räimänkoskella (3331 08C, 11A, 10B) ja Laivonsaaressa (333107C, 3242 09D). Kuopion kartta-alueella laajimmat kvartsiittiesiintymät sijoittuvat kartta-alueen koillisnurkkaan Puijon (3331 10A, 3242 12B), Neulamäen (3242 09D, 12B), Jynkänvuoren (3242 12A), Pienen Neulamäen (3331 12A) ja Vanuvuoren (3242 11B) rinteille. Läntisimmät esiintymät löytyvät Kallaveden länsipuolelta Niemisjärven ja Hirvilahden kylien alueelta (3331 04B, 05A). Metamorfisen uudelleen kiteytymisen vuoksi kvartsiiteissa on harvoin nähtävissä primaarirakenteita.

Litostratigrafisesti kvartsiittien päällä olevat karbonaattikivet ovat pääasiassa joko dolomiitteja tai kalsiittisia dolomiitteja, kun taas kalsiittiset karbonaattikivet ovat vähemmistönä. Karbonaattikivien välikerroksina on kalkkisilikaattikiveä eli karsikiveä ja serttiä. Uraania sisältäviä fosfaattisia välikerroksia karbonaattikivistä on löydetty pienialaisista Siilinjärven Kuivasteenmäen (3331 08D), Toson ja Vironniemen (3331 09C) esiintymistä. Merkittävimmät karbonaattikivi- ja kalkkisilikaattikiviesiintymät sijaitsevat Kuopion kartta-alueen Jynkässä (3242 12A) ja Korsumäessä (3242 11B, 08D). Karbonaattikiviä on 1800-luvun loppupuolella ja 1900-luvun alkupuolella hyödynnetty niin tehokkaasti, että muutamista esiintymistä on nykyisin nähtävissä enää louhosmontun kasvillisuuden peittämät seinämät. Osa esiintymistä on jäänyt myös asutuksen alle. Tiedot niistä perustuvat Wilkmanin (1923, 1938) kuvauksiin. Paikoin karbonaattikivien yhteydessä on kiisu- ja grafiittirikkaita mustaliuskeita, ja Laivonsaaren (3331 07C) esiintymässä oli 1900-luvun alussa kaivostoimintaa.

Kartta-alueiden vulkaaniset kivet sijoittuvat litostratigrafisesti karbonaattikivien päälle. Metavulkaniitit ovat pääasiassa alkuperältään laavoja, ja paikoin niissä on nähtävissä erittäin hyvin säilyneitä primaarirakenteita. Koostumukseltaan metavulkaniitit ovat

emäksisiä, mutta Siilinjärven kartta-alueen metavulkaniittien joukossa on myös koostumukseltaan hapanta metatuffia. Kartta-alueiden laajimmat esiintymät sijoittuvat Siilinjärven kuntakeskuksen länsipuolelle (3331 11 ja 08) ja Kuopioon (3242 12A, B, 11B). Kartta-alueiden länsireunalle sijoittuu vulkaanista alkuperää olevia sarvivälkegneissejä ja amfiboliitteja. Niistä ei ole tavattu primaarisia laavarakenteita, mutta sen sijaan ne ovat asultaan raitaisia ja niiden joukossa on kiilleliusketta ja kiillegneissiä. Ne voivat olla alkuperältään tulivuoren tuhkaa eli tuffia ja tuffiittia – tuhkaa, johon on sekoittunut samanaikaisesti saviperäistä rapautumisainesta.

Metavulkaaniittien päällä on litostratigrafisesti kiilleliuskeiksi ja kiillegneisseiksi metamorfoituneita alkuperältään turbidiittisia savensekaisia grauvakkahiekkoja. Niissä on paikoin nähtävissä hyvin säilynyttä graded bedding -kerroksellisuutta. Kalkkisilikaattiset konkreetiomaiset kappaleet ovat kivissä varsin yleisiä. Useimmiten kivet ovat migmatoituneet trondhjemiittisuonisiksi stromaattis-flebiittisiksi kiillegneisseiksi.

Paleoproterotsooisista syväkivistä suurin osa on kalimaasälpä- ja plagioklaasihajarakeisia granitoideja. Kalimaasälpävaltaisten kivien koostumus vaihtelee graniitista granodioriittiin, ja plagioklaasivaltaiset ovat tonaliittis-kvartsidioriittisia. Niissä on monin paikoin sulkeumina kiilleliusketta sekä pyöreähköjä kalkkisilikaattisia kappaleita. Tasarakeisia graniitteja ja granodioriitteja on vähän. Kontaktien leikkaussuhteiden perusteella ne ovat porfyyrisia kiviä nuorempia. Myös tasarakeiset mafiset (gabro ja dioriitti) ja intermediaariset (kvartsidioriitti ja tonaliitti) syväkiviesiintymät ovat pienialaisia. Siilinjärven kartta-alueen länsireunassa ja Kuopion kartta-alueen luoteiskulmassa on juovaisia tai gneissimäisiä tonaliitteja ja granodioriitteja. Niiden joukossa on kiillegneissi- ja metavulkaniittijäänteitä sekä vyöhykkeitä, joissa on nebuliittisia (diateksiittisia) eli syväkivimäiseksi muuttuneita kiillegneissejä ja sarvivälkegneissejä. Gneissien sedimenttis-vulkaaninen alkuperä on tunnistettavissa kiillegneissi- ja metavulkaniittirelikteistä. Kivet muistuttavat ulkoasultaan arkeeisia juovais-raitaisia gneissejä, mutta iältään ne ovat kuitenkin proterotsooisia.

Kartta-alueiden pohjagneisseissä on runsaasti, usein amfiboliiteiksi muuttuneita metadiabaasijuonia. Niissä ei yleensä ole nähtävissä primaarista ofiittista rakennetta, eikä niiden ole havaittu leikkaavan paleoproterotsooisia kiillegneissejä. Kuopion kartta-alueen länsiosassa on paikoin ofiittisen rakenteensa hyvin säilyttäneitä metadiabaasijuonia, jotka leikkaavat alueen kiillegneissiä. Niistä ei ole iänmäärityksiä, mutta ne ovat arkeeisia pohjagneissejä leikkaavia metadiabaasijuonia nuorempia. Metadiabaasijuonien lisäksi on runsaasti intermediaarisia mikrotonaliittijuonia, jotka leikkaavat pohjagneissejä ja niitä nuorempiakin kiviä. Edellisten lisäksi on runsaasti graniittis-granodioriittisia ja trondhjemiittisia juonia. Niistä graniittiset juonet ovat usein asultaan pegmatiittisia. Juonikivien leveys vaihtelee muutamasta senttimetristä useaan kymmeneen metriin. Siilinjärven kartta-alueella metadiabaasijuonia on voitu seurata satoja metrejä.

Arkeeiset kivet ovat kokeneet monivaiheisen metamorfoosi- ja deformaatiotapahtuman jo arkeeisena aikana amfiboliitti-granuliittifasieksen olosuhteissa. Kivilajikartoissa nähdään pohjagneissien tektonisten rakennesuuntien seurailevan myös paleoproterotsooisten liuskejaksojen rakennesuuntia, mikä on osoitus arkeeisen ja proterotsooisen kallioperän yhteisistä metamorfoosi- ja deformaatiovaiheista myös proterotsooisena aikana. Paleoproterotsooiset kivilajit ovat metamorfoituneet pääasiassa amfiboliittifasieksen olosuhteissa, mutta paikoin on vyöhykkeitä (3331 02A, 3242 05, 3242 12), joiden kivien metamorfiset mineraaliseurueet osoittavat ylemmän amfiboliittifasieksen,

lähes granuliittifasieksen paine- ja lämpötilaolosuhteita. Kartoitusalueiden paleoproterotsooisista kivistä on tunnistettavissa neljä päädeformaatiovaihetta.

5. ARKEEINEN KALLIOPERÄ

Arkeeisten kivilajien osuus molempien kartta-alueiden yhteispinta-alasta on noin 37 %. Kartta-alueittain arkeeinen kallioperä jakautuu siten, että Siilinjärven lehden alasta noin 48 % ja Kuopion lehdestä noin 27 % koostuu arkeeisista kivilajeista. Tätä arkeeisten granitoidien ja migmatiittien muodostamaa kompleksia kutsutaan pohjagneissikompleksiksi tai lyhyesti pohjagneissiksi, koska sen kivilajeista muodostuneet muinaiset vuoristot rapautuivat ja tasoittuivat aikojen kuluessa tasangoksi eli peneplaaniksi, jonka päälle nuoremmat proterotsooiset sedimentit kerrostuivat.

Pohjagneissikompleksi koostuu pääasiassa tonaliittis-trondhjemiittis-granodioriittisista migmatiittigneisseistä ja tonaliittis-kvartsidioriittisista granitoideista. Migmatiittigneissit ovat asultaan juovais-raitaisia, kun taas granitoidit ovat niitä tasalaatuisempia mutta yleensä voimakkaasti suunnittuneita gneissigranitoideja (ortogneissejä). Wilkman (1923, s. 8, 1938, s. 16) nimitti alueen vanhimpia kiviä graniittigneisseiksi ja vanhoiksi kiteisiksi liuskeiksi. Graniittigneissin hän jakoi edelleen tasalaatuiseksi ja migmatiittiseksi eli juovaiseksi graniittigneissiksi. Tämän kartoituksen migmatiittigneissit vastaavat asultaan Wilkmanin (1923, 1938) nimittämiä migmatiittisia eli juovaisia graniittigneissejä. Granitoidit puolestaan vastaavat Wilkmanin (op. cit.) kuvaamaa tasalaatuista graniittigneissiä. Koska granitoidien koostumus ei ole yksistään graniittinen, niin graniittigneissi-nimestä arkeeisen kallioperän kivien yleisnimenä on luovuttu. Migmatiittisten gneissien sedimentti- vai magma-alkuperä (paragneissi/ortogneissi) ei ole täysin yksiselitteinen. Preston (1954, s. 13, 17–19) selvitti asiaa tutkimalla zirkonikiteiden pituus-/leveyssuhteita ja niiden omamuotoisuutta.

Wilkmanin (1938, s. 14, ks. myös kartta kuvassa 1, s. 12) kuvaamat vanhemmat kiteiset liuskeet, joita hänen mukaansa on Siilinjärven ja Kuopion länsipuolella sekä Pielaveden ja Karttulan seutuvilla, vastaavat Siilinjärven kartta-alueen länsireunan ja Kuopion kartta-alueen luoteisnurkan, samoin kuin Vesannon (3313) kartta-alueelta kuvattua (Pääjärvi 1991a, s. 26, 41) juovaista tai gneissimäistä tonaliittia ja granodioriittia ja niiden joukossa olevia kiillegneissijäänteitä. Tässä selvityksessä niitä pidetään iältään paleoproterotsooisina.

Kuopion kartta-alueella on proterotsooisten suprakrustisten kivien ympäröimänä Kuopion (3242 12, 11), Rytkyn (3242 06C, 09A, B), Haminalahden (3242 09C), Vehmasmäen (3242 11A, 10B, 08C, 07D) ja Paukarlahden (nimetty karttalehdellä 3241 12B sijaitsevan Paukarlahden kylän mukaan) pohjagneissiesiintymät. Siilinjärven kartta-alueella vastaavanlainen esiintymä on Kasurilanmäen pohjagneissialue (3331 11A), jonka pohjoisen puoleista rinnettä reunustaa mm. kvartsiitti mutta eteläosaan on tunkeutunut graniitti. Pyöreähkön, doomimaisen, esiintymistavan ja nuorempien liuskeiden ympäröimisen vuoksi mainittuja esiintymiä on kutsuttu mantteligneissidoomeiksi (Eskola 1949) tai gneissidoomeiksi (Preston 1954, s. 11). Tässä selityksessä käytetään myös pohjagneissidoomi-nimeä kartoitustyön aikana vakiintuneen nimityskäytännön mukaisesti. Arkeeisia gneissejä on mainittujen doomimaisten esiintymien lisäksi kapeahkoina linsseinä paleoproterotsooisten kiillegneissien rajaamina Paukarlahden doomin länsipuolella Kolunpohjan alueella (3242 07A) ja Vehmasmäen doomin länsipuolella (3242 07D).

Siilinjärven kartta-alueella arkeeisten pohjagneissien joukossa on Siilinjärven keskustan itä- ja koillispuolella (3331 11, 12) pohjois-eteläsuuntainen syeniitti-feniitistä ja karbonatiitti-glimmeriitistä koostuva vyöhyke, jota tässä selityksessä kutsutaan Siilinjärven alkalikivikompleksiksi.

Pohjagneissialueen kiviä leikkaavat lukuisat nuoremmat graniitti-, granodioriitti- ja metadiabaasijuonet.

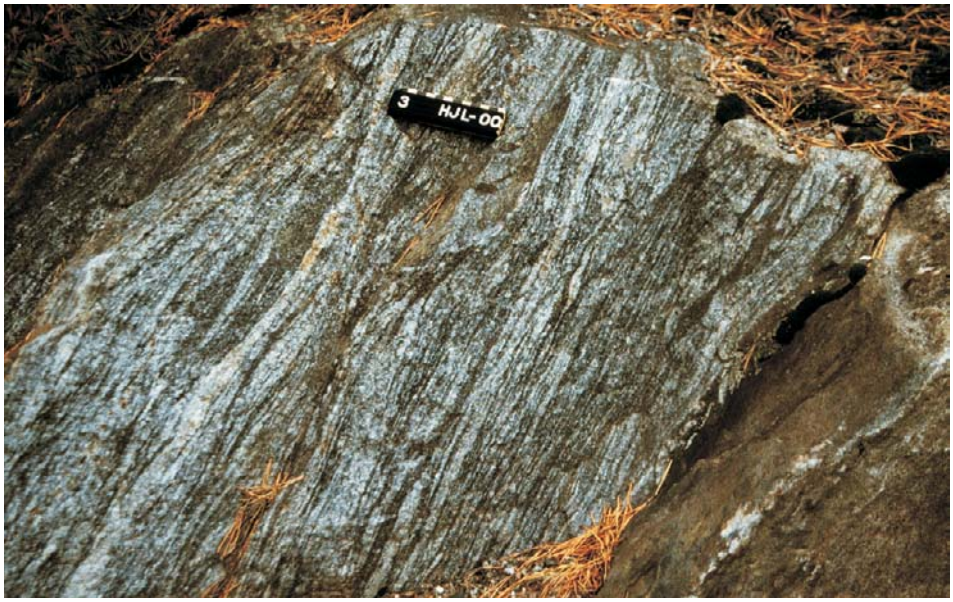
Tässä selityksessä pohjagneissikompleksin migmatiitit ja granitoidit kuvataan omissa kappaleissaan, vaikka kivilajikartoissa pohjagneissikompleksista ei ole eroteltu migmatiitteja ja granitoideja, lukuun ottamatta Siilinjärven karttaa, jossa on rajattuna eräitä suurempia arkeeisena pidettyjä graniittis-granodioriittisia kivialueita.

5.1. Pohjagneissikompleksi

5.1.1. Migmatiittigneissit

Pohjagneissikompleksin kivilajeista enemmistönä olevat migmatiittigneissit ovat voimakkaasti suuntautuneita ja asultaan joko stromaattis-flebiittisrakenteisia juovais-raitaisia kiviä (kuva 2) tai neosomivaltaisissa osissa usein schlieren-, schollenrakenteisia ja nebuliittisiakin (kuva 3). Kivi koostuu tummasta, joko kiillegneissi- tai sarvivälkegneissiosasta (paleosomi/melanosomi) ja siinä risteilevistä vaaleista suonista (neosomi/leukosomi). Usein tummana osana on myös sarvivälkegneissiä runsaammin sarvivälkettä sisältäviä amfiboliittisia kappaleita ja raitoja, mutta Lapinlahden kartta-alueella esiintyviä jopa satoja metrejä leveitä amfiboliittivyöhykkeitä (Paavola 1988, s. 8) ei ole löydetty. Kallioperäkartoissa on sinisiä ja vihreitä kaksoisliekki -merkkejä käytetty osoittamaan kiillevaltaisen ja amfibolivaltaisen paleosomin runsaampaa esiintymistä. Merkit eivät sijaitse aina havaintopaikan kohdalla, eikä niiden määrä kuvasta paleosomin todellista määrää kivessä. Paleosomin rakenne on granoblastis-nematoblastinen ja raekoko vaihtelee pienirakeisesta keskirakeiseen. Kiillevaltaisen paleosomin väri vaihtelee yleensä vaaleanharmaasta tummanharmaaseen. Sarvivälkegneissiosat osat ovat harmaanvihreitä ja amfiboliittiset kappaleet ja raidat mustanvihreitä. Päämineraaleina on plagioklaasia ($An_{15–38}$), kvartsia, biotiittia ja sarvivälkettä, ja ne vastaten kivilajikoostumukseltaan tonaliittia, harvemmin kvartsidioriittia. Aksessorisesti on titaniittia, apatiittia, muskoviittia, opaakkia, zirkonia, karbonaattia sekä muuttuneimmissa tyypeissä myös epidoottia ja kloriittia. Amfiboliittisten osien rakenne on granoblastinen. Päämineraaleina niissä ovat sarvivälke ja andesiininen plagioklaasi. Molemmat mineraalit ovat muuttuneet yleensä siten, että sarvivälkkeessä on biotiittia ja kloriittia ja plagioklaasi on saussuriittiutunut. Aksessorisesti on epidoottia, kloriittia, karbonaattia, titaniittia ja usein kvartsiakin.

Migmatiittigneissien kvartsia ja oligoklaasista plagioklaasia sisältävät suonet ja juonet vastaavat koostumukseltaan trondhjemiittia ja harvemmin granodioriittia. Plagioklaasin ja kvartsin lisäksi kalimaasälpää sisältäviä graniittisia suonia esiintyy useimmiten kartta-alueen länsiosan gneisseissä. Suonien leveys vaihtelee alle senttimetristä pariin senttimetriin. Juonien leveys voi olla kymmenestä senttimetristä pariin metriin. Paikoin on tavattu 0,5–1 metrin levyisiä juonia, jotka ovat kapeiden suonien suuntaisia tai niitä hieman leikaten eli suonia nuorempia. Tästä pääjuonesta saattaa erkaantua kapeita suonimaisia apofyysejä, jotka lähtöjuonensa läheisyydessä leikkaavat kiven vanhempaa suonitusta mutta voivat kauempana juonesta kääntyä myös vanhempien suonien suun-



Kuva 2. Arkeeista raitaista tonaliittigneissiä. Laatta 12 cm.
Fig. 2. Archaean stromatic tonalitic gneiss. Tag 12 cm.
Kuopio, Puijonlaakso. 3242 12B, x = 6977,500; y = 3532, 820.

Kuva 3. Arkeeista schlierenrakenteista tonaliittigneissiä. Laatta 12 cm.
Fig. 3. Archaean schlieren-structured tonalitic gneiss. Tag 12 cm.
Kuopio, Rönönsaari. 3242 12D, x = 6975,350; y = 3536,370.

taisiksi. Tämän vuoksi neosomi- /leukosomiainekseksen suhteellista ikää leikkaussuhteen perusteella on vaikea määrittää, varsinkin jos paljastumalla on nähtävissä vain kohta jossa vanhemmat ja nuoremmat suonet ovat yhdensuuntaisesti. Leikkaussuhteiden perusteella juonet ovat yleensä suonitusta nuorempia, mutta siitä ei ole varmuutta, ovatko ne iältään paleoproterotsooisia vai arkeeisia.

Migmatiittigneissien alkuperä ei myöskään ole täysin yksiselitteinen: ne voivat olla alkujaan erilaisia magma- ja sedimenttikiviä, jotka deformaatiotapahtumissa muuttuivat ulkonäöltään nykyisin nähtäviksi seoskiviksi eli migmatiiteiksi (Preston 1954, s. 16). Primaarisena pidettäviä sedimenttirakenteita ei niistä kuitenkaan ole varmuudella tavattu. Amfiboliittiset kappaleet ja osueet voivat edustaa vulkaanisten kivien jäänteitä (Preston 1954, s. 15, 24).

5.1.2. Granitoidit

Granitoidit ovat migmatiittisia juovais-raitaisia gneissejä tasalaatuisempia mutta selvästi suuntautuneita eli syväkivimäisiä gneissejä (ortogneissejä). Koostumukseltaan ne ovat granodioriittis-tonaliittisia mutta paikoin myös kvartsidioriittisia. Suuntaus voi olla joko pilsteisyyttä, jolloin mineraalit ovat asettuneet samansuuntaisiksi olematta kuitenkaan liuskeisia, tai ohutraitaisuutta, jolloin vaaleat mineraalit muodostavat 1–5 mm leveitä suoraviivaisia raitoja. Paikoin, kuten Kuopion doomien alueella (3242 12), on nähtävissä myös silmägneissirakenteisia muunnoksia. Raekooltaan granitoidit ovat joko pieni- tai keskirakeisia. Niiden väri vaihtelee vaaleanharmaasta tummanharmaaseen. Kivien päämineraaleina on plagioklaasia ($An_{15–30}$), kvartsia, biotiittia ja sarvivälkettä. Kalimaasälvän määrä vaihtelee päämineraalista aksessoriseen. Aksessorisesti on titaniittia, apatiittia, opaakkia, zirkonia, kloriittia ja epidoottia. Silmägneissien ”silmät” ovat linssimäisiksi deformoituneita kalimaasälpärakeita, joiden koko vaihtelee alle senttimetristä 3–4 senttimetriin. Rakeet voivat olla joko yhtä isoa kidettä tai usean rakeen yhteenkasvettumia. Granitoidien vaaleat raidat koostuvat pääasiassa oligoklaasisesta plagioklaasista ja kvartsista eli koostumus vastaa trondhjemiittia. Graniittisia suonia esiintyy myös, mutta leikkaussuhteiden perusteella – leikkaavat trondhjemiittisia suonia – ne voivat olla iältään paleoproterotsooisia.

Edellä kuvattuja granitoideja on tavattu juovais-raitaisten gneissien joukossa vaihtelevan kokoisina esiintyminä, jopa niin että molempia tyyppejä on samalla kallioalueella, mutta yhtään varmaa migmatiitteja leikkaavaa kontaktia ei ole kuitenkaan havaittu. Granodioriittis-tonaliittisia granitoidialueita ei ole esitetty kivilajikartassa, mutta yksi kivityypin laajempia esiintymiä on Maaningan Kivimäessä (3331 03D). Sen zirkonin U-Pb-ikä on 2 693 ± 13 Ma (A279, s. 147).

Siilinjärven kallioperäkarttaan on merkitty viisi laajempaa graniitista koostuvaa granitoidialuetta (3331 12, 09), koska kiviä leikkaavien metadiabaasijuonien vuoksi niiden on oletettu olevan iältään arkeeisia. Ne ovat väriltään vaaleanharmaita ja -punertavia ja raekooltaan keskirakeisia ja paikoin karkearakeisia. Kalimaasälvän (mikrokliini), kvartsin ja plagioklaasin (oligoklaasi) lisäksi ne sisältävät vähän biotiittia ja sarvivälkettä. Aksessorisesti on apatiittia, titaniittia ja opaakkia. Hökösenjärven itäpuolella (3331 09D) sijaitsevan esiintymän kivi on jonkin verran pilsteinen. Saarismäen itäpuolen (3331 12B) graniitissa on runsaasti sinertäviä kvartsihajarakeita. Siilinjärven alkalikiviesiintymän länsireunan tuntumassa sijaitsevassa kahdessa graniittiesiintymässä, Ansamäessä ja Raasiossa (3331 12C, D), on myös sinertäviä kvartsihajarakeita. Alkalikiviesiintymän itä-

puolella, Kuuslahden Kuusimäen (3331 12C) keskirakeisessa graniitissa on sulkeumana juovaista tonaliittista pohjagneissiä. Graniittia leikkaavat useat metadiabaasijuonet.

5.1.3. Kvartsi-maasälpägneissit

Siilinjärven kallioperäkartassa on myös kaksi, mineralogialtaan ja asultaan ympäristöstään selvästi poikkeavaa kvartsi-maasälpägneissialuetta. Niistä itäisempi sijaitsee Kuuslahdessa (3331 12C) ja läntisempi Hökösenjärven eteläpuolella (3331 09C). Niiden on oletettu olevan iältään arkeeisia, koska niitäkin leikkaavat proterotsooiset metadiabaasijuonet. Kuuslahden gneissi sisältää päämineraaleina kvartsin ohella plagioklaasia (oligoklaasi). Aksessorisesti on muskoviittia, kloriittia, titaniittia, epidoottia ja opaakkia. Kivessä kvartsi ja plagioklaasi sekä kvartsi, plagioklaasi ja muskoviitti muodostavat omia 3–5 mm leveitä raitoja. Hökösenjärven esiintymässä on kvartsin, mikrokliinin ja oligoklaasisen plagioklaasin lisäksi runsaasti biotiittia. Aksessorisesti on muskoviittia, epidoottia, apatiittia, titaniittia, zirkonia ja opaakkia. Kivien alkuperä on epäselvä, mutta ne saattavat edustaa arkeeisia sedimenttejä.

5.1.4. Kvartsihajarakeiset migmatiitit ja granitoidit

Siilinjärven kartta-alueella (3331 12) on alkalikiviesiintymän länsipuolella, noin 5 km leveässä vyöhykkeessä olevissa migmatiiteissa ja granitoideissa kvartsihajarakeita – kvartsisilmäkkeitä. Kallioperäkartalla vyöhykkeessä on kvartsin merkkejä. Väriltään rakeet ovat lasimaisen harmaita tai hieman sinertäviä. Ne ovat joko yksittäisiä kiteitä tai kidekasaumia. Niiden koko vaihtelee 2 mm:stä 10 mm:iin. Hajarakeiden esiintyminen karbonatiittiesiintymän läheisyydessä liittyy ilmeisesti kvartsimetasomatoosiin. Ominaista näille kiville on myös epidootin esiintyminen vaihtelevan kokoisina osueina ja kiven hiusrakojen täytteenä. Myös kivien plagioklaasi on usein muuttunut epidootiksi niin voimakkaasti, että alkuperäisestä mineraalista on tunnistettavissa enää plagioklaasin kidemuoto. Kvartsiutuminen ja epidoottiutuminen ovat iältään todennäköisesti arkeeista, koska kvartsikiteitä tavataan kivissä, joita metadiabaasijuonet leikkaavat, muttei itse juonissa. Vastaavanlaisia epidoottiutuneita pohjagneissejä on myös Lapinlahden kartta-alueen (3332 10) puolella metasomaattisesti muuttuneessa vyöhykkeessä (Paavola 1988, s. 13).

5.2. Siilinjärven alkalikivikompleksi

Suomen arkeeisen kallioperän erikoisimman kivilajiseurueen muodostaa Siilinjärven alkalikivikompleksi, joka koostuu magmaattisista karbonatiitti- ja glimmeriittisarjan kivilajeista ja syeniittis-feniittisistä kivistä (Puustinen 1971, Härmälä 1981). Erikoiseksi sen tekevät paitsi kivilajit myös ikä, sillä karbonatiitin zirkonin U-Pb-ikä on 2 610 miljoonaa vuotta ja siten oman kivilajinsa vanhimpia tunnettuja edustajia maapallolla. Näitä kiviä on pohjois-eteläsuuntaisessa, vajaa kaksi kilometriä leveässä vyöhykkeessä, joka alkaa Siilinjärven kuntakeskuksen Simonsalosta ja jatkuu Kolmisopen itäpuolitse edelleen pohjoiseen Lapinlahden kartta-alueelle (3332 10C). Siilinjärven ja Lapinlahden kartta-alueiden rajalla Pahkalammen kohdalla kompleksi jakaantuu itäiseen ja läntiseen haaraan. Karbonatiitti- ja glimmeriittisarjan kivilajit sijaitsevat yleensä vyöhykkeen

keskiosassa ja syeniittis-feniittiset kivet reunustavat niitä molemmin puolin, mutta itäisessä haarassa karbonatiitti-glimmeriittikiviä ei ole ja läntisessä haarassa ne ovat pienialaisina linsseinä syeniitti-feniitissä. Kompleksin kaade vaihtelee 70 ja 90°:een välillä länteen. Nykyisessä kallion kulutustasossa kompleksin tunnettu pituus on noin 16 km ja suurin leveys on noin 1,5 km. Sen syvyysulottuvuutta ei tiedetä, mutta kairauksilla esiintymän kivilajeja on lävistetty noin 700 m:n syvyydeltä (Kauppinen 1980). Kompleksin sijoittumista kontrolloi pohjois-eteläsuuntainen ruhje. Suunta näkyy myös kompleksin jatkeella Lapinlahden kartta-alueella (3332 10). Sen sijaan pohjagneissejä deformoiva luode-kaakkosuunta ei ole vaikuttanut alkalikivien asettumiseen, mutta ilmeisesti sen vaikutuksesta esiintymä on katkennut ja siirrostunut Pitkälammen kohdalla (3331 12D) ja eteläpäässä Siilijärven kuntakeskuksen itäpuolella kääntynyt Siilinjärven (Siilinlahden) suuntaiseksi luode-kaakkosuuntaa noudattaen. Lukuisat mafiset juonet leikkaavat esiintymän kiviä luode-kaakkosuuntaisesti, mutta myös pohjois-eteläsuuntaisesti.

Syeniittiä Wilkman (1938, s. 115, s. 116, kuva 34) kuvasi Siilinjärven Kuuslahden ja Pajujärven kylien (Lapinlahden kartta-alueella) väliselle alueelle. Esiintymän rajaus alkaa nykyisen kaivoksen pohjoispuolelta Jaakonmäestä (3331 12C). Karbonatiitista tai glimmeriitistä ei ollut tuolloin havaintoja. Ensimmäiset tiedot mainittujen kivien olemassaolosta ovat vuodelta 1954, jolloin paikallinen asukas lähetti näytteitä silloiseen Geologiseen tutkimuslaitokseen. Esiintymässä sijaitsee vuonna 1982 toimintansa aloittanut 3,5 km pitkä ja vajaa 1 km leveä avolouhos (kuva 4), josta louhitaan apatiittia fosforihapon ja fosforilannoitteen raaka-aineeksi.

5.2.1. Karbonatiitti-glimmeriitti

Karbonatiitti esiintyy yhdessä glimmeriitin kanssa ja muodostaa aukottoman kivilajisarjan siten, että sen puhtaat päätejäsenet ovat karbonatiitti ja glimmeriitti (kuva 5). Puustinen (1971, s. 18) jaotteli sarjan jäsenet karbonaattimineraalin määrän mukaan seuraavasti: karbonatiitti (100–50 %), silikokarbonatiitti (50–25%), karbonaattiglimmeriitti (25–5 %) ja glimmeriitti (5–0 %). Kaivoksella vakiintuneen käytännön mukaan (Härmälä 1981, s. 22) sellaista kiveä, joka sisältää karbonaattia yli 50 %, nimitetään söviitiksi ja karbonaatin määrän vähentyessä siirrytään silikosöviitin (20–<50 %) ja karbonaattiglimmeriitin (10– < 20 %) kautta glimmeriittiin (< 10 %). Karbonatiitti-glimmeriittisarjan kivilajien osuus koko esiintymästä on noin 26 % (Puustinen 1971, s. 18). Karbonaattimineraalit ovat kalsiittia ja dolomiittia (Puustinen 1971, s. 21). Kiillekiven eli glimmeriitin kiille on biotiitin sukuinen flogopiitti (täsmällisemmin tetraferriflogopiitti, Puustinen 1971, s. 23, Puustinen 1973 ja Härmälä 1981, s. 72), joka on väriltään mustaa tai punertavanruskeaa. Näiden lisäksi kivistä löytyy alkaliamfiboleja, kuten richteriittiä ja riebeckiittiä (Puustinen 1971, s. 19, Puustinen 1972), apatiittia (Puustinen 1971, s. 19, Härmälä 1981, s. 58), magnetiittia, pyriittiä, magneettikiisua, kuparikiisua, serpentiiniä ja zirkonia (Puustinen 1971, s. 25).

Karbonatiitit ovat Streckeisenin (1980) mukaan intrusiivisia tai ekstrusiivisia kivilajeja, jotka sisältävät yli 50 % tilavuudesta karbonaattimineraaleja. Hän jakaa ne edelleen vallitsevan karbonaatin mukaan kalsiittikarbonatiitteihin (söviitti), dolomiittikarbonatiitteihin, ferrokarbonatiitteihin ja natronkarbonatiitteihin. Siilinjärven karbonatiitti eli söviitti koostuu pääasiassa vaaleasta kalsiumkarbonaatista ($CaCO_3$). Sen dolomiittipitoisuus vaihtelee kuitenkin varsin paljon: paikoin dolomiittia ei ole juuri lainkaan ja

Kuva 4. Kemiran kaivoksen avolouhos. Näkymä eteläpäästä pohjoiseen.
Fig. 4. Kemira open pit. The view from the south site towards the north.
Siilinjärvi, Kemiran kaivos. 3331 12C, x = 7000,550; y = 3537,340.

Kuva 5. Karbonatiitin (vaalea) ja glimmeriitin (tumma) vuorottelua.
Fig. 5. Carbonatite (light) and glimmerite (dark).
Siilinjärvi, Kemiran kaivos. 3331 12C, x = 7001,960; y = 3537,200.

paikoin sitä on 30–40 %. Väriltään kivityyppi on vaaleanharmaata, valkoista tai lievästi punertavaa, ja raekoko vaihtelee hienorakeisesta keskirakeiseen. Kaivoksella söviitti esiintyy juonina, joiden leveys vaihtelee muutamasta senttimetristä lähes kymmeneen metriin. Juonet ovat paikoin massiivisia ja selväpiirteisiä, mutta usein ne ovat katkenneita ja epämääräisen muotoisia. Yleensä söviittijuonet ovat pystyasentoisia ja kivilajin yleistä kulkua seuraavia, mutta kaivoksen keskiosassa ne osittain leikkaavat ja breksioivat karbonaattiglimmeriittiä. Tällaisesta söviittijuonesta tehty zirkonin U-Pb-ikä ei kuitenkaan poikkea muita iänmäärityksiä nuoremmaksi (ks. s. 148).

Silikosöviitti sisältää karbonaattimineraaleja keskimäärin 25–50 %, mutta flogopiittia voi koostumuksesta olla lähes puolet. Muina mineraaleina on apatiittia < 10 % ja aksessorisesti amfiboleja (Härmälä 1981, s. 27). Kivi on väriltään melko vaalea, mutta oman värisävynsä sille antaa louhoksen keskiosissa punaruskea kiille ja länsiosassa musta kiille. Asu vaihtelee suuntautuneesta massamaiseen. Raekooltaan ne ovat yleensä tasa- ja keskirakeisia. Kaivoksen länsireunan silikosöviitti on asultaan raitaista ja poikkeaa siten kaivosalueen muista kivistä. Raitaisuuden aiheuttaa karbonaattimineraalien ja kiilteen jakautuminen omiksi raidoikseen. Raidat ovat terävähköjä ja selväpiirteisiä sekä vaihtelevasti poimuttuneita, mutta eivät juuri lainkaan katkeilleita vähäisiä siirroksia lukuun ottamatta. Rakenne on vähemmän deformoitunut verrattuna louhosalueen muissa kivissä tavattaviin rakenteisiin. Se voi johtua siitä, että länsireunan silikosöviitin esiintymisalueella deformaatio on ollut jostain syystä plastisempaa kuin muualla louhoksen alueella (Härmälä 1981, s. 26).

Glimmeriitti myös on synnyltään magmakivi, joka koostuu 80-prosenttisesti flogopiitista mutta voi sisältää myös karbonaatin lisäksi amfibolia, serpentiiniä ja apatiittia. Serpentiiniä sisältävää glimmeriittiä Puustinen (1971, s. 25) on nimittänyt kiilleperidotiitiksi. Sen päämineraalit ovat flogopiitti ja antigoriitti. Lisämineraaleina on magnetiittia, dolomiittia, apatiittia, amfibolia ja kalsiittia. Serpentiini on oliviinin pseudomorfinen muuttumistulos, jossa magnetiitti reunustaa serpentiinirakeita. Kiilleperidotiittia on tavattu vain Pahkalammen (3331 12D) luoteispuolelta. Väriltään glimmeriitti on tummaa, vihreänmustaa tai tummanruskeaa vallitsevan kiilteen värin mukaan siten, että kaivoksen länsireunan ja keskiosan glimmeriitti on mustaa ja itäreunan tummanruskeaa. Asultaan kivi on yleensä voimakkaasti liuskettunutta, jopa niin että musta glimmeriitti on voimakkaammin deformoitunutta kuin väriltään tummanruskea. Länsireunan glimmeriitti koostuu noin 1 m x 1 m x 0,5 m:n kokoisista, taipuilleista ja reunoiltaan litistyneistä liuskeisista glimmeriittiosasista, jotka poikkileikkaukseltaan muistuttavat kynttilän liekkiä. Itäreunan glimmeriitissä ei tällaista rakennetta ole havaittu. Rakenne-ero saattaa johtua siitä, että länsireunalla liuskettumisen aiheuttaneet voimat ovat vaikuttaneet sykäyksittäin, mutta itäreunalla voimien vaikutus on ollut tasaisempi (Härmälä 1981, s. 23). Keskiosan glimmeriitti on deformoitunut lähes myloniitiksi.

Karbonaattiglimmeriitti eroaa glimmeriitistä runsaamman karbonaattimineraalimääränsä (5–25 %) vuoksi, ja siksi se on yleissävyltään glimmeriittiä vaaleampi. Toinen ero on kiilteen väri, joka yleensä on punaruskea, harvemmin tummanruskea. Raekooltaan karbonaattiglimmeriitti on tasa- ja keskirakeisia. Sen asu vaihtelee suuntautuneesta massamaiseen. Suuntautuneisuus ei kuitenkaan ole niin voimakasta kuin glimmeriitissä. Suuntautuneissa tyypeissä perusmassan karbonaattimineraalit ovat järjestyneet kiilteen pilkkomiksi epäselviksi raidoiksi (Härmälä 1981, s. 24). Yleisimmin esiintyvän tetraferriflogopiitin lisäksi tavataan louhoksen keskiosan hiertovyöhykkeen läheisyydessä olevista karbonaattiglimmeriiteista myös hieman tavallista flogopiittia. Kiille- ja karbonaattimineraalien lisäksi karbonaattiglimmeriitissä on glimmeriittiä runsaammin apa-

tiittia, mutta glimmeriitissä yleinen aksessorinen magnetiitti puuttuu miltei kokonaan. Amfibolia on vähän.

Apatiittia esiintyy karbonatiitti-glimmeriittisarjan kivissä vaihtelevasti (5–10 %) siten, että sitä on runsaammin karbonaattipitoisissa kivissä, mutta toisaalta paikoin on söviittiä, jossa ei ole apatiittia lainkaan (Puustinen 1971, s. 16). Omana tyyppinään on karbonaattiglimmeriitteihin rinnastettava apatiittiglimmeriitti, jossa apatiittia on 15 %. Apatiitti esiintyy siinä karkearakeisina yksittäisinä kiteinä, juovina tai raitoina ja kasaumina. Apatiittikivi puolestaan on kivilaji, jossa apatiittia on vähintään 25 %. Yleisimmin sitä on louhoksen keskiosassa söviittijuonien reunoilla. Apatiitti esiintyy siinä yksittäisinä kiteinä, joiden halkaisija saattaa olla useita kymmeniä senttimetrejä (Härmälä 1981, s. 30).

Kivien kontaktisuhteista voidaan sanoa, että karbonatiitti- glimmeriittisarjan kivilajit ovat kontaktissa syeniitti-feniittisarjan kiviin. Kivilajien välinen kontakti on yleensä terävä ja kaivosalueella tehtyjen havaintojen mukaan syeniitti-feniitti on glimmeriitin breksioimaa. Karbonatiitti-glimmeriittisarjan kivilajien sisäiset kontaktit ovat yleensä vähittäisiä lukuun ottamatta söviittijuonten kontakteja, jotka ovat miltei aina terävät. Pohjagneissin kanssa kontaktissa glimmeriitti-karbonatiittisarjan kivilajit ovat Saarisenjärven ja Pitkälammen välisellä osalla sekä Pitkälammen ja Jaakonlammen välillä. Kaivoksen eteläosassa, entisen Särkilammen länsipuolella glimmeriitti-karbonatiitti on kontaktissa Sulkavanjärven kvartsidioriittis-tonaliittisen kiven kanssa.

5.2.2. Syeniitti-feniitti

Ylä-Egyptissä sijainneesta Syenen kaupungista (nykyisin Assuan) nimensä saanut syeniitti on graniitinsukuinen syväkivi, joka Streckeisenin (1974, ja Le Maitre 1989) luokituksen mukaan sisältää maasälpien lisäksi kvartsia < 5 %. Tummina mineraaleina on sarvivälkettä ja myös pyrokseenia. Maasälvät voivat korvautua maasälvänsijaisella nefeliinillä, jolloin kiveä nimitetään nefeliinisyeniitiksi. Kvartsin määrän lisääntyessä syeniitti muuttuu kvartsisyeniitin kautta graniitiksi.

Siilinjärven alkalikivikompleksin syeniittinen kivi on väriltään punertavaa, harmaata tai vihertävänharmaata. Yleensä se on melko suuntautumaton, ja raekoko vaihtelee keskirakeisesta (2–5 mm) paikoin hyvinkin karkeaan (> 5 mm) pegmatiittiseen muunnokseen. Päämineraaleina on mikrokliinia (usein pertiittinen), aktinoliittia tai sinisävyisen pleokroismin omaavaa alkalista amfibolia (riebeckiitti) ja egiriiniaugiittista pyrokseenia. Alkalimaasälvän määrä voi olla 40–95 %. Amfibolin ja pyrokseenin määrä kokonaiskoostumuksesta voi nousta jopa 60 %:iin, mutta yleensä niiden osuus on alle 25 %. Aksessorisesti on tavattu albiittia, kvartsia (< 3 %), karbonaattia, apatiittia, biotiittia ja opaakkeja. Vallitsevan tai poikkeuksellisen mineraalikoostumuksen perusteella Puustinen (1971, s. 30) on erottanut mm. seuraavat syeniittityypit: pyrokseeni-, amfiboli-, karbonaatti-, kvartsi- ja kvartsiegiriinisyeniitti, unakiitti, apliittinen syeniitti ja melasyeniitti. Melasyeniitti on väriltään tumma, syeniittisen koostumuksen omaava noin 20–30 metriä leveä juoni vyöhykkeen pohjoisosassa. Kallioperäkartalla eri syeniittityyppejä ei ole voitu niiden pienialaisuuden vuoksi esittää.

Feniitti on Bröggerin (Johannsen 1937, s. 32) alkuperäisen määritelmän mukaan alun perin graniittinen kivi, joka on metasomaattisesti muuttunut alkalisyeniitiksi. Kivessä on alkalimaasälpää, ortoklaasia tai mikrokliinia (70–90 %) ja egiriiniä (5–25 %), harvemmin egiriiniaugiittia. Alkaliamfibolia saattaa olla hieman, esim. arfedsoniittia. Egi-

riinipitoiset feniitit sisältävät usein myös nefeliiniä. Nykyisin termillä feniitti tarkoitetaan sellaisia kivilajeja, jotka ovat syntyneet metasomaattisesti karbonatiittien ympärille, ja Bröggerin (Johannsen 1937, s. 32) määritelmän mukainen nefeliiniä, egiriiniä ja ortoklaasia sisältävä feniitti edustaa kaikkein alkalisinta ja paikallisesti karbonatiittia lähinnä olevaa feniittityyppiä. Feniiteissä säilyy yleensä alkuperäisen kiven rakennepiirteitä, kuten kerroksellisuutta. McKien (1966) mukaan feniittiytyminen alkaa yleensä kiven rikkoutumisella. Toisessa vaiheessa syntyy alkalipyrokseenia ja -amfibolia, maasälpä hunnuttuu ja pertiittiytyy sekä ilmaantuu hyvin rautapitoista biotiittia. Kvartsi on tässä vaiheessa vielä pysyvä, mutta feniittiytymisen edistyessä Si-pitoisuus vähenee ja Na-, Fe- ja Ca-määrät nousevat.

Puustisen (1971, s. 35) mukaan Siilinjärven karbonatiitin ympärillä ei ole leveää yhtenäistä feniittistä vyöhykettä. Kivilajikarttaan (Puustinen 1971) karbonatiitin ja arkeeisen pohjagneissin välissä esiintyvää feniittiä on merkitty ainoastaan Pitkälammen pohjoispuolelle karbonatiitin itäreunaan, mutta muuten feniitit sijoittuvat kartalla esitetyn syeniitin ja pohjagneissin väliin. Härmälä (1981, s. 30) nimittää Puustisen (1971, s. 35) kuvaamaa feniittiä gneissimäiseksi feniitiksi, koska se edustaa kaikkein vähiten feniittiytynyttä graniittigneissiä ja sijaitsee kaikkein kauimpana feniittiytymisen keskipisteestä eli on pohjagneissin ja syeniittisen kiven välissä. Asultaan gneissimäinen feniitti on joko lähes massamaista tai voimakkaasti suuntautunutta ja muistuttaa pohjagneissin rakennetta. Kivi sisältää vaaleanvihreää alkaliamfibolia ja sinertävää kvartsia. Härmälä (op. cit, s. 14) käyttää syeniitistä nimeä syeniittinen feniitti. Sitä tukevat hänen mukaansa useat seikat: 1) syeniittinen kivi ympäröi miltei symmetrisesti karbonatiittisia kiviä, 2) esiintyminen graniittigneissin sisällä, 3) kiven heterogeenisuus, eri tyyppien vaihtelu, 4) kontakti gneissimäiseen feniittiin asteittainen, 5) mineraalikoostumus: mikrokliini, egiriiniaugiitti, alkalinen amfiboli, 6) mikrokliinin runsas pertiittisyys. Härmälän (1981, s. 15) mielestä glimmeriitti-karbonatiittisarjan kivilajien ja syeniittisen feniitin ikä- ja leikkaussuhteiden perusteella feniittiytyminen on tapahtunut ennen karbonatiittisten kivien intrudoitumista. Käsitys on kylläkin ristiriidassa sen kanssa, että Siilinjärven syeniittinen kivi olisi karbonatiitin feniittinen reunus, koska feniitti syntyy karbonatiitin ympärille metasomaattisesti. Onkin mahdollista, että vyöhykkeen repeämisvaiheessa purkautunut syeniittinen magma reagoi raitaisen pohjagneissin kanssa ja muodosti kivityypin, jota Puustinen (1971) nimittää feniitiksi ja Härmälä (1981) gneissimäiseksi feniitiksi. Glimmeriitti-karbonatiittiseosmagman purkautuminen aiheutti feniittiytymistä jo paikallaan olleen syeniittisen kiven kanssa. Tätä tukee se, että feniittiä esiintyy louhoksen alueella pyöreämuotoisina pahkuina tai kulun suunnassa venyneinä sukkuloina glimmeriitti-karbonatiittisarjan kivilajeissa (kuva 6). Kappaleiden läpimitta vaihtelee muutamasta kymmenestä senttimetristä noin 20 metriin. Usein niiden ympärillä on noin 5 cm:n paksuinen tetraferriflogopiittikehä, jossa kiille on järjestynyt säteittäisesti pahkun ympärille. Näitä feniittipahkuja esiintyy eniten malmin itäosan glimmeriitissä. Hieman vähemmän niitä tavataan länsireunalla. Louhoksen keskiosassa feniittipahkuja ei ole tavattu.

Makroskooppisesti Siilinjärven alkalikivikompleksin feniitit ovat syväkivimäisiä, usein homogeenisia, keski-karkearakeisia kiviä (Härmälä 1981, s. 32). Niiden yleisväri vaihtelee vaaleanharmaasta tummanharmaaseen ja punertavaan. Amfibolin ja pyrokseenin vaikutuksesta väri on joskus vihertävä. Paikoin feniitit ovat raitaisia, koska tummat ja vaaleat mineraalit ovat järjestyneet omiksi ’kerroksikseen’ (kuva 7). Päämineraalit ovat mikrokliini, alkalinen amfiboli, pyrokseeni ja plagioklaasi. Aksessorisesti esiintyy biotiittia, karbonaattia, apatiittia, kvartsia, titaniittia ja zirkonia. Joissakin tyypeissä bio-

Kuva 6. Vaaleita feniittikappaleita glimmeriitissä.
Fig. 6. Light-coloured fenitic fragments in the glimmerite.
Siilinjärvi, Kemiran kaivos. 3331 12C, x = 7001,330; y = 3537,460.

Kuva 7. Raitainen feniitti. Laatta 12 cm.
Fig. 7. Banded fenite. Tag 12 cm.
Siilinjärvi, Kemiran kaivos. 3331 12C, x = 7001,850; y = 3537,480.

tiitti on päämineraalina. Mikrokliiniä feniiteissä on suhteellisen tasaisesti, keskimäärin noin 50 %. Raekoko vaihtelee 1 ja 10 mm:n välillä. Tyypillistä mikrokliinille on vaihteleva, yleensä hyvin runsas, usein karkean palmikkopertiitin esiintyminen. Plagioklaasin määrä feniiteissä on vaihteleva ja korkeimmillaan se on 20–30 %. Suurin osa plagioklaasista esiintyy pertiittinä mikrokliinissä, mutta myös itsenäisinä, 1–1,5 mm:n kokoisina rakeina, joiden An-pitoisuus on 10–15 %. Amfibolia feniiteissä on 0–30 %. Se esiintyy usein karkeista kiteistä muodostuneina laikkumaisina kasaumina, mutta mikäli kivessä on pyrokseenia, amfiboli on usein sen yhteydestä. Tällöin amfiboli on osittain pyrokseenin muuttumistulosta, mutta usein amfiboli on ikään kuin kasvanut pyrokseenin yhteyteen. Amfibolin muuttuminen biotiitiksi on vähäistä. Optiikkansa ja kemiallisen koostumuksensa perusteella amfiboli on richteriittinen amfiboli. Pyrokseenia feniiteissä on 0–15 %. Optisten ominaisuuksiensa perusteella se on egiriiniaugiittia. Biotiitin määrä saattaa joissakin feniittityypeissä nousta noin 15 %:iin.

Syeniittis-feniittiset kivet ovat kontaktissa ympäröivän arkeeisen pohjagneissikompleksin gneisseihin ja granitoideihin. Puustisen (1971, s. 30) mukaan syeniitti on tunkeutunut karbonatiittisten kivien asettumisen jälkeen niiden ja pohjagneissin väliin ja on siis karbonatiittisia kiviä nuorempaa. Tuossa vaiheessa useimmat kontaktitulkinnat olivat kairasydämistä. Myöhemmin kaivosalueella tehtyjen havaintojen mukaan syeniittiset kivet ovat murtokappaleina karbonatiitti-glimmeriittisarjan kivissä. Tämä osoittaa syeniittisten kivien olevan vanhempia kuin karbonatiitti-glimmeriittisarjan kivien, eli viimeksi mainitut ovat intrudoituneet syeniittiseen kiveen (Härmälä 1981, s. 13). Syeniitti-feniitin ja pohjagneissin välinen kontakti on terävä lukuun ottamatta kontaktialueita Pitkälammen eteläpuolella, Pitkälammen ja Saarisenjärven puolessa välissä, Saarisenjärven luoteispuolella ja Pahkalammen kaakkoispuolella, joissa esiintyy gneissimäistä feniittiä. Syeniitti-feniittiesiintymän länsipuolella on lännestä itään suunnatuissa syväkairauksissa todettu pohjagneissin vaihettuvan punaiseksi alkaligraniitiksi, edelleen syeniitiksi ja tummien mineraalien määrän asteittain lisääntyessä edelleen glimmeriitiksi. Pohjagneissin ja syeniitin välinen asteittain vaihettuva kontakti oli kartta-alueen kartoitustyön aikana nähtävissä asutuksen alle jääneessä kalliossa Siilinjärven kuntakeskuksen Simonsalossa. Siinä noin metrin–parin levyisessä vyöhykkeessä raitaiseen, tonaliittiseen pohjagneissiin ilmaantui punertavaa plagioklaasia ja määrän lisääntyessä raitaisuus hävisi ja kivi muuttui massamaiseksi, maasälpää ja mustaa amfibolia sisältäväksi syeniitiksi.

5.3. Muut syeniittiesiintymät

Siilinjärven kuntakeskuksesta noin 6 km luoteeseen sijaitsevassa Kuivasteenmäessä (3331 08D) on paljastumahavaintojen perusteella pinta-alaltaan noin 0,5 km^2:n laajuinen kvartsisyeniittiesiintymä. Kivi on varsin massamaista, ja sen raekoko vaihtelee keskirakeista karkeaan. Päämineraaleina on mikrokliinistä kalimaasälpää, albiittista plagioklaasia, kvartsia, sarvivälkettä ja biotiittia. Aksessorisesti on apatiittia ja epidoottia. Kalimaasälpä on 4–5 mm:n kokoisina rakeina, joiden sisällä on pieniä kvartsi- ja plagioklaasirakeita sulkeumina. Välimassa koostuu kvartsista, plagioklaasista. Sarvivälke on tummanvihreää ja esiintyy vierasmuotoisina raekasaumina tai rakojen täytteenä. Kvartsi on kiteytynyt mahdollisesti sekundaarisen tapahtuman seurauksen, koska sitä on kiven kapeissa raoissa täytteenä. Wilkman (1938, s. 120) kuvasi esiintymää karttalehtiselityksessään kvartsisyeniittinä.

Kallioperäkartoituksessa löytyi Hökösen kylän Surmasuon alueelta (3331 09C) kolmeen paljastumahavaintoon pohjautuva, aikaisemmin tuntematon syeniittiesiintymä. Sen kivi on raekooltaan keskirakeista, paikoin karkearakeista. Väriltään kivi on punertavaa. Päämineraalien kalimaasälvän (mikrokliini) ja sarvivälkkeen lisäksi siinä on vähän plagioklaasia (oligoklaasi) ja kvartsia, minkä perusteella koostumus vastaa alkalimaasälpäsyeniittiä. Aksessorisesti on biotiittia, titaniittia ja apatiittia. Ulkonäöltään Hökösen syeniitti muistuttaa Kemiran kaivoksen syeniittiä, mutta sen suhdetta kaivoksen esiintymään ei tiedetä. Mikrotonaliittiset juonet leikkaavat kiveä.

Karttalehtiselityksessään Wilkman (1938, s. 119) kuvaa kalsiittirikkaan syeniitin, joka sijaitsee noin 1,5 km Siilinjärven asemalta itään, maantien kaakkoispuolella amfiboliitin ja graniittigneissin (pohjagneissi) rajalla. Koostumukseltaan se on Wilkmanin (op. cit.) mukaan samanlainen kuin Saenharjun (nyk. Sadeharju, 3332 10C) syeniitti. Etäisyyden perusteella kohde sijoittuu nykyisen Tynnörisen alueelle (3331 11D) ja kuuluu Saenharjun syeniitin tavoin Siilinjärven syeniittiesiintymään. Amfiboliitti on ilmeisesti alueen metadiabaasijuonia.

6. PALEOPROTEROTSOOINEN KALLIOPERÄ

Paleoproterotsooiset (svekokarjalaiset) kivilajit ovat arkeeisia kivilajeja nuorempia, ja ne muodostavat syntytapansa perusteella kolme pääryhmää: pintasyntyiset kivilajit, syväkivet ja juonikivet. Pintasyntyiset kivet syntyvät sananmukaisesti maan pinnalla joko kuivalle maalle tai veteen. Ne jaetaan edelleen sedimentti- eli kerrostuneisiin kiviin ja vulkaanisiin eli tulivuoren kiviin. Syväkivet kiteytyvät kivisulasta eli magmasta maan kuoressa 5–20 km:n syvyydessä. Juonikivet puolestaan syntyvät kivisulasta, kun se tunkeutuu kuoren halkeamiin, rakoihin, muttei purkaudu maanpinnalle asti. Syväkivien ja juonikivien magmaa tunkeutui pintasyntyisiin kivilajeihin, kun ne olivat geologisten liikuntojen aikana syvällä maan uumenissa. Paleoproterotsooisia syväkiviä ja juonia tavataan myös arkeeisten pohjagneissien joukossa.

6.1. Pintasyntyiset kivilajit

6.1.1. Arkosiitit ja konglomeraatit

Arkosiitti on arkoosihiekasta metamorfoitunutta, pääasiassa kvartsia ja maasälpää sisältävää kiveä. Alunperin arkoosihiekkaa syntyi muinaisten, arkeeisten kallioiden rapautumistapahtumassa. Hiekka kerrostui silloisen meren rantaan kerrostumisalustaksi paljastuneen arkeeisen pohjagneissin päälle. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueella arkosiittisia kiviä esiintyykin arkeeisten pohjagneissien ja paleoproterotsooisten kvartsiittien välissä vaihtelevan paksuina kerrostumina, mutta ne voivat myös puuttua kokonaan. Arkosiittien ja arkeeisen pohjagneissin välistä rajapintaa, kontaktia, pääsee harvoin näkemään, koska kontaktiin on usein tunkeutunut graniittista kiviainesta. Arkosiittisissa kerrostumissa on muutamassa paikassa välikerroksina suurempia kivilajipallosia sisältäviä sorakerroksia, konglomeraattia. Kivilajipalloset eli klastit ovat yleensä varsin pyöristyneitä, mikä viittaa joko aineksen pitkään kuljetusmatkaan tai voimakkaaseen veden (joki tai rantavyöhyke) kuluttavaan toimintaan. Kivilajipalloset saattavat olla toisissaan kiinni, jolloin niiden välissä ei ole juuri lainkaan iskos- eli matriksiainesta. Konglome-

raattityyppiä sanotaan klastikannatteiseksi. Toista tyyppiä, jossa klastien välissä on matriksia, nimitetään matriksikannatteiseksi.

Kartta-alueiden arkosiittien päämineraaleina on kvartsia ja maasälpää. Niiden lisäksi on vaihtelevasti serisiittiä ja biotiittia. Aksessorisesti on löydetty myös epidoottia, karbonaattia, zirkonia ja titaniittia. Maasälpänä on sekä oligoklaasista plagioklaasia että ristikkorakenteista kalimaasälpää eli mikrokliinia. Kuopion arkosiitteja tutkineen Aumon (1983a, s. 22) mukaan kalimaasälpä on sekundaarista.

Arkosiittien tekstuuri (mikrorakenne) on yleensä granoblastinen, eli kvartsi- ja maasälpärakeet ovat muodoltaan vierasmuotoisia. Blastoklastista eli metamorfoitunutta sedimenttikiville tyypillistä klastista rakennetta, jossa pyöristyneet kvartsi- ja maasälpäjyväset ovat hienojakoisen aineksen välityksellä kiinnittyneet toisiinsa, ei ole löydetty. Syynä siihen on todennäköisesti voimakas metamorfinen uudelleen kiteytyminen. Kalliopaljastumilla arkosiitit näyttävät joko massamaisilta tai vaihtelevasti raitaisilta. Sedimenttikiville tyypillisiä primaarirakenteita, kuten kerroksellisuutta ja virtakerroksellisuutta, sen sijaan ei ole varmuudella havaittu. Monin paikoin on kylläkin värieroista ja maasälvän määrän vaihtelusta johtuvaa raitaisuutta, mikä saattaa edustaa alkuperäistä kerroksellisuutta. Arkosiittien väri vaihtelee valkeasta vaaleanharmaaseen ja vaaleanpunertavaan.

6.1.1.1. Esiintymät Siilinjärven kartta-alueella

Siilinjärven kartta-alueella arkosiittia ja siihen liittyvää konglomeraattia on Kasurilan mäen länsireunalla (3331 11A). Kohde oli parhaiten nähtävissä moottoritien louhintaa edeltävän maanpoiston aikana, ja se hävisi sitten louhinnan seurauksena. Kivessä on välikerroksina matriksikannatteista metakonglomeraattia, jonka klastit ovat pääasiassa kvartsia ja maasälpää (kuva 8). Iskos koostuu kvartsista, maasälvästä ja biotiitista. Kappaleiden koko vaihtelee alle 5 mm:stä 4–5 cm:iin, ja muodoltaan ne ovat varsin pyöreitä, mutta myös kulmikkaita. Esiintymän paksuus on noin 10–15 m.

Laivonsaaressa Laivonmäen (3331 07C) länsireunan jyrkänteessä on arkeeisen pohjagneissin ja proterotsooisen kvartsiitin välissä kahden kolmen metrin leveydeltä arkoosista, kalimaasälpäpitoista kiveä. Kivestä ei ole löydetty konglomeraattivälikerroksia. Kivi vaihettuu ilman selvää rajaa kvartsiitiksi.

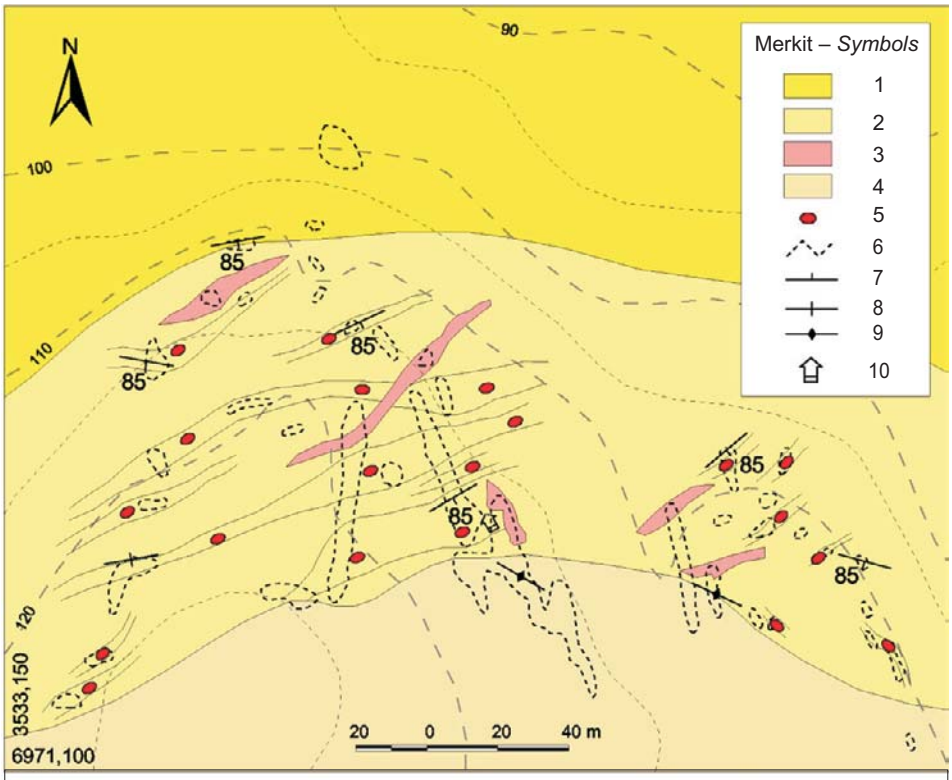
Niemisjärven kylän Tervakankaan pohjoisreunalla (3331 04B) on pienialainen paljastuma, jossa on kalkkisilikaattikiven lisäksi maasälpäraitaista arkosiittista kvartsiittia. Kivi edustanee stratigrafisesti arkeeista pohjaa lähellä olevia arkosiitteja.

Kuva 8. Kasurilanmäen konglomeraattia. Laatta 12 cm.
Fig. 8. Conglomerate of Kasurilanmäki Hill. Tag 12 cm.
Siilinjärvi, Kasurilanmäki, Välijärvi. 3331 11A, x = 6992,660, y = 3533,490.

6.1.1.2. Esiintymät Kuopion kartta-alueella

Kuopion arkosiitit kuuluvat Aumon (1983a, s. 19, 1983b, s. 89) nimeämään litostratigrafiseen Lippumäen muodostumaan (ks. Stratigrafia s. 171). Kuopion Jynkänlahden eteläpuolella sijaitsevassa Lippumäessä (3242 12A) on useassa paljastumassa arkosiittista kiveä, jossa on useita metakonglomeraattivälikerroksia (kuva 9). Aumon (1983a, s. 20) lisäksi konglomeraattia on kuvannut myös Preston (1954, s. 37). Lippumäen muodostuman paksuus Lippumäessä on lähes 100 metriä, mutta muualla paksuus on vähäisempi. Arkosiitin, kvartsia, plagioklaasia ja kalimaasälpää sisältävän kiven, lisäksi muodostumassa on mukana myös mainittuja mineraaleja ja biotiittia sisältävää hienorakeista sedimenttikiveä (meta-areniittia). Kalkkisilikaattiset välikerrokset ovat varsin yleisiä. Välikerroksina olevien metakonglomeraattikerrosten paksuus vaihtelee Lippumäessä puolesta metristä kahteenkymmeneen metriin. Paikoin on nähtävissä metahiekka- ja -sorakerrosten välinen eroosiopinta (kuva 10).

Metakonglomeraattikerrokset ovat sekä matriksi- että klastikannatteisia. Klastit ovat yleensä joko pyöristyneitä tai hyvin pyöristyneitä. Niiden läpimitta vaihtelee senttimetristä aina puoleen metriin. Kivilajiltaan klastit ovat pääasiassa vaaleita graniitteja ja granodioriitteja, mutta joukossa on satunnaisesti myös juonikvartsi- ja gneissipallosia. Muutamassa pallosessa on näkyvissä 1–2 cm paksu muuta ainesta vaaleampi muuttumiskehä. Matriksin aines on yleensä arkoosia, mutta paikoin pallosia iskostaa myös kalkkisilikaattiaines. Lippumäessä arkosiitin ja pohjagneissin välisen kontaktin selvit-



Selitys – *Legend*

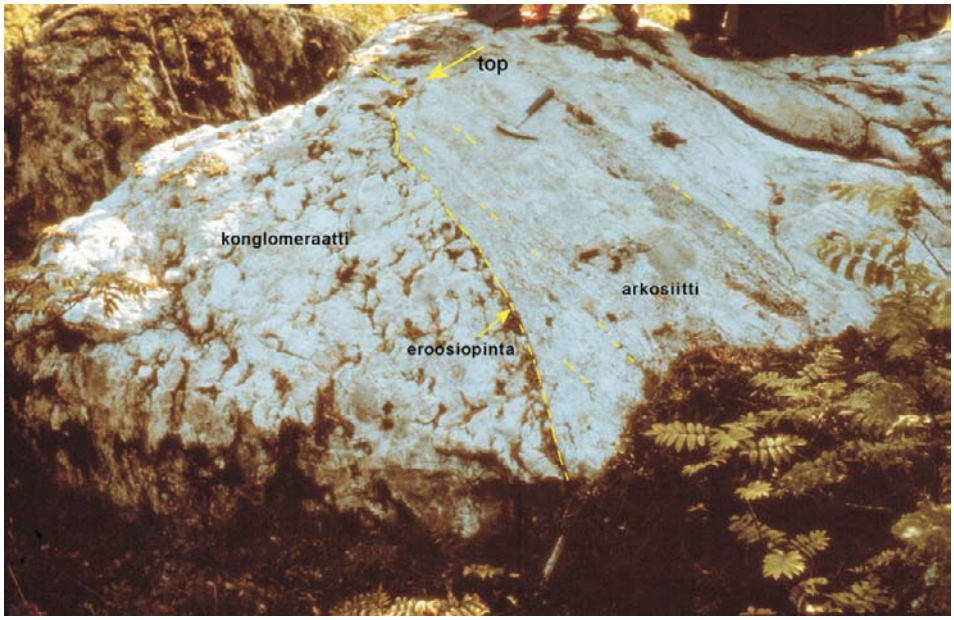
1. Kvartsiittia – *Quartzite,* 2. Arkosiittia – *Arkosite,* 3. Graniittipegmatiittia – *Granitic pegmatite,* 4. Arkeeista granitoidia – *Archaean granitoid,* 5. Konglomeraattivälikerroksia – *Conglomerate interbeds,* 6. Paljastuma – *Outline of the outcrop,* 7. Kerroksellisuus, kaade asteina – *Bedding, dip in degrees*, 8. Pysty kerroksellisuus – *Vertical bedding*, 9. Pysty liuskeisuus – *Vertical foliation,* 10. Kerrosten nuorentumissuunta – *Top of the beds.*

Kuva 9. Lippumäen muodostuman kivilajikartta.
Fig. 9. Lithological map of the Lippumäki formation.
Kuopio, Lippumäki. 3242 12D.

tämistä vaikeuttavat kontaktivyöhykkeeseen tunkeutuneet graniittijuonet. Aumon (1983a, s. 19) havaintojen mukaan kontakti on tektonis-diskordanttinen.

Lippumäen itäpuolella Jynkänvuoren itäreunalla (3242 12A) on konglomeraattipallosia sisältävää arkosiittia vajaan 10 metrin leveydeltä. Samoin Lehtoniemen ja Käränkä-saaren (3242 12C) välisessä kannaksessa oleva konglomeraattinen arkosiittiesiintymä kuuluu Lippumäen muodostumaan.

Lippumäen esiintymän länsipuolella sijaitsevassa Rasinmäen (3242 12A) moottoritieleikkauksen kalliossa on 20–25 m paksu arkosiittiesiintymä, jossa on myös matriksikannatteista metakonglomeraattia välikerroksina. Lippumäen metakonglomeraatin tavoin tämänkin palloset ovat koostumukseltaan pääasiassa graniittia ja granodioriittia. Deformaation vaikutuksesta palloset ovat venyneet pitkulaisiksi: halkaisija-pituus-suhde on 0,17–0,59. Venymää vasten kohtisuorassa leikkauksessa palloset ovat pyöreitä, ja läpi-



Kuva 10. Lippumäen muodostuman konglomeraattia. Vasara 30 cm.
Fig. 10. Conglomerate of the Lippumäki formation. Hammer 30 cm.
Kuopio, Lippumäki. 3242 12A, x = 6971,170; y = 3533,290.
Valokuva – *Photo:* Kauko Laajoki.

mitta vaihtelee alle 1cm:stä 20 cm:iin. Arkosiitti vaihettuu kvartsin lisääntyessä ilman selvää terävää rajaa tai eroosiopintaa itäpuolella olevaksi kvartsiitiksi. Arkosiittisen kiven länsipuolella on arkeeista pohjagneissiä, jossa on noin 10 metriä paksu karsipitoinen vyöhyke ennen arkosiittia. Se edustaa mahdollisesti pohjarapautumaa – satroliittia.

Vanuvuoren pohjoispuolella, Koiranotsan niemessä Koiraveden etelärannalla (3242 11B) on pohjagneissin ja kvartsiitin välissä 30–40 metrin levyinen arkosiittivyöhyke, jossa on metakonglomeraattisia kerroksia ja niissä kalkkisilikaattisia välikerroksia. Paikoin konglomeraatti on Lippumäen metakonglomeraatin tyyppistä ja sisältää graniittisia pallosia. Niemen pohjoisosassa olevan pitkän paljastuman pohjoispäässä kivi on maasälpä- ja kalkkisilikaattirikasta, mutta ennen pohjagneissiä kivi on graniittinen, joten kontakti pohjagneissiin ei ole nähtävissä. Maasälpäpitoinen kalkkisilikaattinen kivi voi olla pohjagneissin satroliittinen rapautuma.

Huuhanmäen pohjoisreunalla on mäkeä reunustavan ortokvartsiittimaisen vyöhykkeen itäpäässä (3242 12B) yhdessä paljastumassa arkosiittia tai arkoosimaista kvartsiittia. Kivi on hienorakeista ja asultaan raitaista samaan tapaan kuin Lippumäessä.

Hiltulanlahden pohjoispuolella Korsumäen eteläreunan (3242 11B, 08D) arkosiittialue on huonosti paljastunut, ja rajaus perustuu kahteen havaintoon ja aeromagneettiseen anomaliaan. Kivi on paljastumissa maasälpä- ja serisiittirikasta.

Kvartsi- ja maasälpärikasta, arkosiitiksi tulkittua kiveä tavattiin yhdessä pienessä paljastumassa Ritisenjärven itäpuolella (3242 11A). Kiven oletetaan edustavan arkeeisen pohjan päälle kerrostunutta metasedimenttiä.

6.1.2. Kvartsiitit ja serisiittikvartsiitit

Kvartsiitti on kvartsihiekasta metamorfoitunutta miltei yksinomaan kvartsia sisältävää kiveä. Kvartsihiekkaa kerrostui pitkäaikaisen kemiallis-mekaanisen rapautumisen jälkeen silloisen meren rannoille. Pelkästään kvartsia sisältävää kvartsiittia kutsutaan ortokvartsiitiksi. Serisiittikvartsiitti sisältää kvartsin lisäksi vaihtelevasti hienojakoista muskoviittikiillettä eli serisiittiä. Serisiittipitoiset muunnokset ovat ortokvartsiitteja liuskettuneempia. Kivilajikartalla ortokvartsiitteja ja serisiittikvartsiitteja ei ole esitetty erikseen, koska ne vuorottelevat paljastumienkin puitteissa.

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueen kvartsiittien tekstuuri (mikrorakenne) on yleensä granoblastinen, eli kvartsirakeet ovat muodoltaan vierasmuotoisia. Blastoklastista rakennetta, jossa pyöristyneet kvartsijyväset ovat hienojakoisen aineksen välityksellä kiinnittyneet toisiinsa, on löydetty vain satunnaisesti. Kalliopaljastumilla kvartsiitit näyttävät raekoon mukaan useimmiten joko lasimaisilta tai sokerimaisilta. Sedimenttikiville tyypillisiä primaarirakenteita, kuten kerroksellisuutta ja virtakerroksellisuutta, sen sijaan ei ole havaittu kuin satunnaisesti. Monin paikoin on kylläkin värieroista ja kiilteen määrän vaihtelusta johtuvaa raitaisuutta, mikä saattaa edustaa kerroksellisuutta. Kvartsiittien väri vaihtelee valkeasta vaaleanharmaaseen ja vaaleanpunertavaan.

Serisiittikvartsiiteissa on kvartsirakeiden välissä vaihtelevasti serisiittiä. Mainittujen mineraalien lisäksi esiintyy myös plagioklaasia ($An_{15–30}$) ja kalimaasälpää. Aksessorisesti alueen kvartsiiteista on löydetty sillimaniittia, magnetiittia, granaattia, zirkonia, apatiittia ja satunnaisesti andalusiittia sekä vieläkin satunnaisemmin kyaniittia ja pyrofylliittia. Esitetyistä mineraaleista kalimaasälpä on alkuperältään pääasiassa graniittiutumisen myötä syntynyttä, ja sitä esiintyy usein graniitti- ja graniittipegmatiittijuonien yhteydessä juonien molemmin puolin näkyvänä vaihtelevan levyisenä vyöhykkeenä mutta monin paikoin myös ilman näkyvää lähdettä (kuva 11). Kuopion alueen kvartsiittien graniittiutumista on kuvannut Härme (1959).

6.1.2.1. Esiintymät Siilinjärven kartta-alueella

Siilinjärven kartta-alueella on useita kooltaan vaihtelevia kvartsiittiesiintymiä. Laajimmat niistä ovat Hirvimäen esiintymä Niemisjärven kylän pohjoispuolella (3331 04, 05) ja Kasurilanmäen pohjoisrinnettä kiertävä esiintymä (3331 11A, C). Hirvimäen kvartsiittiesiintymä on karttakuvassa kurkiauranmuotoinen. Sen länsikylki alkaa Viitajärveltä Niemisjärven kylän pohjoispuolelta (3331 04B), jossa kiveä on nähtävissä parissa paljastumassa, ja jatkuu Pienen Mäkrämäen eteläpuolitse ja Hirvimäen länsipuolitse Kauvanjärven Kakkolammelle (3331 05A), jossa siihen yhtyy esiintymän itäkylki. Se puolestaan kiertää Hirvimäen itäreunaa pitkin etelään päin ja päättyy Kimarinmäen länsipuolella Nieminen-järven rantaan (3331 04B). Kauvanjärvellä kivestä on löydetty granaattia ja satunnaisesti sillimaniittia. Kivi on lasimaista, ja väri vaihtelee vaaleanharmaasta punertavaan. Kontaktipaljastumia pohjagneissiin ei ole nähtävissä.

Kuvatun jakson jälkeen kvartsiittia on nähtävissä yhdessä pienessä paljastumassa Hirvijärven ja Pieni-Nieminen-järven välisessä kannaksessa (3331 04B) ja Hirvijärven ja Postilammen välissä olevassa pienessä tieleikkauksessa (3331 04D). Ensin mainitussa kohteessa on nähtävissä kvartsiittia paljastuman länsipäässä noin kahden metrin leveydeltä. Se on väriltään punertavaa ja hienorakeista. Jälkimmäisessä kohteessa on lasimaista kvartsiittia metrin leveydeltä pohjoispuolella olevan pohjagneissin ja eteläpuoleisen amfiboliitin välissä.

Kuva 11. Kalimetasomaattista kvartsiittia. Linssinsuojus 6,5 cm.
Fig. 11. Potassium metasomatic quartzite. Diameter of the lens cap 6.5 cm.
Kuopio, Puijo. 3243 12B, x = 6978,540; y = 3533,160.

Kasurilanmäen pohjoisrinnettä (3331 11A, C) kiertävä kaarenmuotoinen kvartsiittiesiintymä sisältää useita paljastumia, joista osa on varsin laajoja ja korkeuseroltaankin huomattavia (noin 40 m), kuten Kalkkivuori ja Piikallio. Niistä jälkimmäistä nimitettiin Wilkmanin (1938, s. 27) aikaan Kuoppakallioksi. Kasurilanmäen kvartsiitti tunnettiin jo 1900-luvun alussa, jolloin sitä louhittiin Suomen Mineraali Oy -nimisen yhtiön toimesta tekniseen käyttöön (Wilkman 1938, s. 26). Kivi on vuoroin lasimaista ja vuoroin hienorakeista kerroksellisennäköistä kvartsiittia, jonka parissa ohuthieessä on havaittu sillimaniittia samoin kuin andalusiittia. Väri vaihtelee valkoisesta punertavaan (kuva 12). Kivessä on runsaasti rakoilua. Tektoninen kontakti pohjagneissiin on nähtävissä Kalkkivuoren länsireunan paljastumassa. Kontakti arkosiittisiin pohjamuodostumiin puolestaan oli näkyvissä Kasurilanmäen länsireunalla, mutta Kuopio–Siilinjärvi-moottoritietä rakennettaessa se louhittiin pois.

Siilinjärven Räimänkoskella on yhtenäinen kvartsiittiesiintymä Iso-Petäisen järven itäpuolella Konttivuoressa (3331 08C) ja Räimänmäen eteläreunassa (3331 11A). Siitä edelleen kaakkoon päin kilometrin verran on erillinen usean paljastuman käsittävä kvartsiittiesiintymä Pekolanniemessä (3331 10B). Kvartsiittiesiintymää ja siihen liittyviä karbonaattikiviä kuvasi Wilkman (1938, s. 26) 1900-luvun alkupuolella ja Åker (1986, s. 11) 1980-luvun alussa selvittäessään alueen kivilajeja. Kivi on uudelleen kiteytymisen vuoksi asultaan lasimaista, ja väri vaihtelee lähes valkeasta vaaleanharmaaseen. Primaarisia kerrosrakenteita ei ole havaittu. Kvartsiitin lisäksi kivessä on maasälpää ja serisiit-

Kuva 12. Kasurilanmäen kvartsiittia. Laatta 12 cm.
Fig. 12. Quartzite of Kasurilanmäki Hill. Tag 12 cm.
Siilinjärvi, Kasurilanmäki. 3331 11C, x = 6993,220; y = 3536,220.

tiä. Paikoin on myös magnetiittipitoista kvartsiittia. Kivestä on löydetty myös sillimaniittia, kyaniittia ja pyrofylliittia. Terävä tektoninen kontakti pohjagneissiin on havaittu yhdessä paikassa Pekolanniemessä. Muualla kontakti on yleensä siihen tunkeutuneen graniittisen aineksen sotkemaa.

Kuopiossa Puijonsarven länsirinteellä (3331 10A) on lasimaista, pääasiassa vaaleanharmaata kvartsiittia useassa paljastumassa. Eteläänpäin esiintymä jatkuu Kuopion kartta-alueen puolelle, mutta pohjoiseenpäin se päättyy ennen Puijonsarven kärkeä. Kvartsiittipaljastumia on jälleen Puijonsarven kärjessä ja Päivärannassa Puijonsarven itärinteellä, yksi molemmissa mainituissa paikoissa. Kontaktia pohjagneissiin ei ole löydetty, mutta länsirinteen kvartsiitissa on muutamia amfiboliittijuonia, alkujaan ilmeisesti diabaasijuonia.

Laivonsaaressa (3331 07C) on kaksi lähes pohjois-eteläsuuntaista kvartsiittivyöhykettä, joista itäisempi reunustaa Laivonmäen länsireunaa. Eteläänpäin se jatkuu pienen saaren välittämänä Kuopion kartta-alueen puolella Neulaniemessä (3242 09D). Pohjoiseenpäin esiintymä häviää Kallaveteen Mustalahdessa. Vyöhykkeessä on kvartsiittia useassa varsin laajassa paljastumassa. Laivonsaaren toinen kvartsiittivyöhyke on epäyhtenäisempänä saaren keskiosassa, eikä sen jatkeita ole löydetty välittömästi Kuopion kartta-alueen puolella. Laivonsaarenkin kivi on vuoroin lasimaista, vuoroin hienorakeista ja epämääräisesti raitaista. Varmaa kerroksellisuutta ei kuitenkaan ole löydetty. Laivonmäen pohjagneissiä vasten kvartsiitti on arkosiittista – runsaammin maasälpää sisältävää kuin muualla.

Lamperilan Piilumäessä ja sen länsipuolella sijaitsevissa pikkupaljastumissa (3331

04C) on nähtävissä vaaleanharmaata tai punertavaa, lasimaista kvartsiittia. Piilumäessä kvartsiitti on osin arkosiittimaista ja paikoin myös graniittiutunutta. Kvartsiitin ja pohjagneissin kontaktissa on 2–3 metrin leveydeltä graniittia. Piilumäen länsipuolen paljastumissa on kvartsiitin kanssa myös karsikiveä ja amfiboliittia.

Väänälänrannan Paasimäen pohjoisreunalla (3331 08C) on viidestä kalliopaljastumasta koostuva kvartsiittiesiintymä, jonka kivi on useimmiten lasimaista ja väriltään vaaleanharmaata. Kerrosrakennetta ei ole havaittu. Esiintymän keskivaiheilla Paasimäen kohdalla ja esiintymän itäpään paljastumassa kvartsiitti on kontaktissa pohjagneissin kanssa. Varsinkin viimeksi mainitussa paljastumassa kvartsiitti on jäänyt nykyisessä ilmansuunnassa etelälounaasta työntyneen pohjagneissin alle.

Siilinjärven Koivusaaren kylässä Haukkavuoren eteläreunassa (3331 08D) on kahdessa paljastumassa kvartsiittia, joka on kontaktissa pohjagneissin kanssa; tosin itse kontaktipinnassa on pegmatiittista graniittia. Esiintymän todellista kokoa ei tiedetä. Läntisemmän paljastuman kvartsiitissa on ohuthieen mukaan hieman serisiittiä. Itäisemmässä kivessä on graniittiutumista.

Siilinjärven Hamulan kylän Kuivasteenmäen eteläreunassa (3331 08D) on parissa paljastumassa karbonaatti- ja kalkkisilikaattikiveä, jonka joukossa on kvartsiittia tai serttimäistä kvartsikiveä. Kartassa tämä alue pitäisi esittää karbonaattikiven oranssinkeltaisella värillä, sillä tämä karbonaattikivien, kalkkisilikaattikivien ja serttien/kvartsiittien vyöhyke edustaa ilmeisesti arkeeisen pohjagneissin rapautumistuotetta. Siitä on löydetty myös radioaktiivisia fosforiittivälikerroksia (Äikäs 1988a). Kuivasteenmäen kaakkoispuolelle ja länsipuolen pohjagneissin reunaan on merkitty kvartsiittia Outokumpu Oy:n malminetsinnän tekemän iskuporausnäytteenoton näytenappien perusteella.

Siilinjärven Vuorelassa, Hanhimäen kaakkoispäässä (3331 10B) on yhdessä paljastumassa parin kymmenen metrin leveydeltä lasimaista, hieman raitaista ja väriltään vaaleanharmaata kvartsiittia. Kivi on syväkiven ympäröimä, joten se saattaa olla isokokoinen sulkeuma syväkivessä.

Sorsasalon Mustaniemen pohjoisrannassa (3331 10A) olevassa paljastumassa on rannan puolella, osittain rantasaunan alla, hienorakeista, vaaleanharmaata lasimaista kvartsiittia, jossa on sekundaarisia kalimaasälpärakeita. Kvartsiittia on näkyvissä 10–15 m:n leveydeltä. Sen pohjoisreuna jää veden alle, mutta eteläreuna on kontaktissa graniittiutuneen pohjagneissin kanssa. Tästä kohteesta noin 800 metriä kaakkoon on Leppälammen länsipuolella paljastuma, jonka tonaliittis-kvartsidioriittisessa kivilajissa on noin 10 m leveä ja 20 m pitkä kiilamainen kvartsiittiesiintymä sekä pari vajaan neliömetrin suuruista kvartsiittimurskaletta. Kvartsiitti on vaaleaa ja lasimaista. Siinä on myös kalimaasälpärakeita. Kivilajikarttaan tämä kvartsiitti on rajattu kuvausteknisistä syistä varsin laajaksi, mutta esiintymän todellinen koko ei ole tiedossa. Se lienee suuri murskale. Tästä kohteesta edelleen 800 metriä kaakkoon on rautatieleikkauksessa ja sen itäpuolella olevassa kevyenliikenteen tieleikkauksessa nähtävissä vaaleanharmaassa pienirakeisessa granodioriittisessa syväkivessä lasimaista kvartsiittia. Edellisen kohteen tavoin tässäkin on kalimaasälpärakeita osoittamassa graniittiutumista. Nämäkin kvartsiitit ovat ilmeisesti sulkeumakappaleita.

Ranta-Toivalassa (3331 10C) on pari suurehkoa kallioaluetta, joiden kivilajina on myös kvartsiittia. Kivi on niissä edellisten tapaan vaaleaa ja lasimaista. Paikoin on nähtävissä myös raitaisuutta, jota ei kuitenkaan voida pitää varmana alkuperäisenä kerroksellisuutena. Samoilla paljastumilla on myös arkeeista pohjagneissiä, mutta sen ja kvartsiitin välinen kontakti ei ole nähtävissä. Ranta-Toivalan edustalla sijaitsevan Kuk-

kosaaren (3331 10C) länsirannan kalliossa on hienorakeista kvartsiittia, joka on jonkin verran liuskeista. Kvartsiitti on itäreunastaan kontaktissa pohjagneissin kanssa. Paljastumalla näyttää siltä, että varsinaisen kvartsiitin ja pohjagneissin välissä olisi vajaan metrin levyinen kiillerikas vyöhyke, jonkinlainen arkosiittityyppinen pohjamuodostuma. Tälle kvartsiittijaksolle on epäyhtenäiset jatkeet kaakossa Juankosken kartta-alueen puolella (3333 01A).

Kivilajikartassa on Kettulanlahden ja Kelloniemen väliseen niemeen (3331 10C) rajattu kvartsiittialue. Kvartsiitista siellä ei kylläkään ole yhtään havaintoa, mutta sen rajaaminen perustuu siihen olettamukseen, että Kuopion kartta-alueen puolella oleva Kelloniemen kvartsiitti jatkuu myös maapeitteen alla Siilinjärven kartta-alueen puolelle ja on mahdollisesti vaikuttanut Kellomäen topografiaan. Kesällä 1998 oli Kettulanlahdessa, Kuopion keskustasta noin 3,5 km pohjoiseen (3331 10C), kaapelityömaalla hetken aikaa näkyvissä lasimaista kvartsiittia sisältävä kallionnokka. Kontaktit sivukiviin eivät olleet nähtävissä, mutta kvartsiittiesiintymä sijoittuu geofysikaalisen aineiston perusteella rajatun itäpuolen pohjagneissin ja länsipuolen kiillegneissin väliin.

6.1.2.2. Esiintymät Kuopion kartta-alueella

Kuopion keskustan ja lähialueen kvartsiitit kuuluvat litostratigrafiseen Kolmisopen (alkujaan Vuorimäki; Aumo 1983a, s. 25 ja 1983b, s. 90) muodostumaan. Kuopion alueen kvartsiitteja on Wilkmanin (1923, s. 14) ja Aumon (op. cit.) lisäksi kuvannut myös Preston (1954, s. 38).

Siilinjärven kartta-alueella oleva Laivonsaaren itäisempi (3331 07C, 3242 09D) kvartsiittijakso tulee Neulaniemen kärkeen (3242 09D), jatkuu mäen länsireunalla mäen eteläpäähän (Vuorimäki) Kolmisopen lammelle ja kääntyy sieltä mäen itäreunaa pitkin kohti pohjoista häviten lopulta näkyvistä Neulalahteen (3242 12B). Kvartsiittijakso ei välttämättä ole niin yhtenäinen kuin kallioperäkartassa on esitetty, sillä paikoin on pitkiä paljastumattomia alueita. Rajaaminen perustuu magneettiseen matalalentoaineistoon: kvartsiittialueella ei ole magneettista anomaliaa. Tässä, kuten muissakin Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueen esiintymissä, kvartsiitti on vuoroin lasimaista, vuoroin hienorakeista, raitaista kiveä, jonka väri vaihtelee valkeasta vaaleanharmaaseen ja punertavaan. Samoin serisiitin määrä vaihtelee. Raitaisuus, mikä johtuu usein juuri serisiitin määrän vaihtelusta, on tulkittu kerroksellisuudeksi, mutta kvartsirakeiden kokoeron aiheuttamaa kerrosrakennetta ei ole havaittu. Monin paikoin kivi on selvästi liuskeinen, serisiitin suuremman määrän vuoksi. Kalimaasälpää esiintyy vaihtelevasti, ja se osoittaa kvartsiitin epätasaista graniittiutumista.

Edellä kuvattuun jaksoon kuuluvaa kvartsiittia on pienessä paljastumassa Savilahden pohjukan itärannalla Harjulan sairaalan vieressä (3242 12B). Kivi on siinä hyvin lasimaista ja varsin runsaasti sekundaarista kalimaasälpää sisältävää, minkä vuoksi kohteen kvartsiitti on väriltään punertavaa. Ilmeisesti samaan jaksoon kuuluvaa kvartsiittia on myös Huuhanmäen länsirinteessä (3242 12B) parissa paljastumassa, jossa kivi on lasimaista ja hienorakeista.

Laivonsaaren läntisempi kvartsiittivyöhyke (3331 07C) jatkuu epäyhtenäisenä Kuopion kartta-alueella Neulaniemen länsireunalla ja häviää lopulta Tervaruukinlahden eteläpuolella (3242 09D) Kallaveteen. Siinäkin kivi on vaihtelevasti ortokvartsiittia ja serisiittikvartsiittia.

Siilinjärven kartta-alueen puolella oleva Puijonsarven länsirinteen kvartsiitti jatkuu Kuopion kartta-alueella Puijon hiihtostadionille (3242 12B), mutta jaksoon kuuluvaa

Kuva 13. Kolmisopen muodostuman kvartsiittia. Vasara 60 cm.
Fig. 13. Quartzite of the Kolmisoppi formation. Hammer 60 cm.
Kuopio, Puijo. 3242 12B, x = 6978,650; y = 3533,330.

kvartsiittia on ilmeisesti nähtävissä yksittäisenä paljastumana vielä Puijolle vievän tien alkupäässä noin 1 km stadionilta kaakkoon. Puijon mäen pohjoispuolella sijaitsevasta Kokkomäestä löytyy kvartsiitin ja pohjagneissikompleksin raitaisen gneissin välinen tektoninen kontakti. Parhaiten kvartsiittia on esillä Puijon laskettelumäen yläpäässä (kuva 13) ja hyppyrimäen montun pohjoisseinämässä sekä hyppyrimäen ylärinteeseen johtavien portaiden alla, jossa on myös kvartsiittiin tunkeutunutta amfiboliittia. Laskettelumäen paljastuman kivessä on raitaisuutta, mikä saattaa olla alkuperäistä kerroksellisuutta, mutta yleensä Puijon rinteen kvartsiitti on lasimaista ja serisiitin määrä vaihtelee epäsäännöllisesti. Täälläkin punertavat kalimaasälpärakeet ja -raekasaumat ovat kivelle ominaisia.

Puijon hyppyrimäen esiintymän lisäksi kvartsiittia tavataan Puijonlaakson Taivaanpankon kallioissa (3242 12B). Kivi on niissäkin edellisten tapaan lasimaista ja osin raitaista. Tähän jaksoon kuuluvaa, runsaasti rakoja sisältävää kvartsiittia on myös Puijonlaakson Nesteen huoltamon pihassa.

Kuopion keskustan koillispuolella, Männistön alueella (3242 12D) on muutama kvartsiittipaljastuma, jossa kivi on pääasiassa lasimaista ortokvartsiittia. Alueella sijaitsevan erityiskoulun pihassa olevassa paljastumassa on kvartsiitin ja pohjagneissin välinen tektoninen kontakti.

Kelloniemessä (3242 12D) kvartsiitti on paikoin lasimaista ortokvartsiittia, mutta paikoin siinä mukana myös serisiittikvartsiittia. Iso-Telkon saaressa (3242 12D) on useassa paljastumassa nähtävissä paikoin voimakkaastikin graniittiutunutta kvartsiittia. Saaren länsirannan edustalle tehty syväkairaus lävisti kvartsiittia. Sen perusteella Kelloniemen kvartsiittiesiintymä jatkuu Kallaveden pohjalla Iso-Telkon saareen. Iso-Telkon

kvartsiitti jatkuu Wilkmanin (1923, s. 26) kartoituksen mukaan Vaajasalon saaren luoteiskärjen Vihtakannan etelärannalle (3242 12D).

Kärängän ja Lehtoniemen väliseltä kannakselta (3242 12C) alkaa useita paljastumia käsittävä kvartsiittijakso, joka kiertää Jynkänvuoren ja Lippumäen kautta Petosenlammen länsipuolella sijaitsevaan Rasinmäen moottoritieleikkaukseen (3242 12A). Siinä ulkonäöltään vaihtelevaa kvartsiittia on nähtävissä vajaan parin sadan leveydeltä. Leikkauksesta vajaa kilometri pohjoiseen sijaitsevasta rautatietunnelista on Huomo (1978, s. 13) kuvannut sata metriä paksun neljästä eri tyypistä (punertava kvartsiitti, harmaa kvartsiitti, lasimainen kvartsiitti ja raidallinen kvartsiitti) koostuvan kvartsiittimuodostuman. Jakso ulottuu Pienen Neulamäen pohjoispäähän ja jatkuu sieltä mäen länsireunaa myötäilen Pitkälahteen ja edelleen Hiltulanlahden itärantaa pitkin Vanuvuorelle (3242 11B). Kivilaji vaihtelee esitetyssä jaksossa lasimaisesta ortokvartsiitista serisiittiä sisältävään enemmän tai vähemmän liuskeiseen tai raitaiseen tyyppiin.

Korsumäen (3242 08D, 11B) arkosiitin tai arkoosikvartsiitin eteläpuolella oleva kvartsiittialue on rajattu yhden havainnon perusteella, eikä sen esitetty laajuus niin ollen ole kovin luotettava.

Kurkimäen pohjoispuolella, maatilan pihamaalla (3242 08C) on graniitin ympäröimänä yksittäinen kvartsiittipaljastuma. Kivi on jonkin verran serisiittipitoinen. Esiintymä voi olla Korsumäen kvartsiitin jatkeen jäänne graniitissa.

Rytkyn järven ympärillä (3242 09A, B, 06C, D) olevan arkeeisen pohjagneissikompleksin (Rytkyn kompleksi) itä- ja pohjoisreunalla on pienialaisia kvartsiittiesiintymiä. Havukkamäen itäreunalle (3242 09A) on yhden paljastuman perusteella ehkä liiankin laajaksi rajattu kvartsiittialue. Kvartsiitti on kohteessa pienirakeista ja väriltään harmaata, lasimaista kiveä, jossa on muutama graniittisuoni. Pohjagneissialueen sisällä on Koukelonpohjan järven pohjoispuolella (3242 06D) muutamassa paljastumassa kvartsiittia, joka on hienorakeista ja lasimaista. Edellisestä paikasta pohjoiseen, Kaatranlammen koillispuolelta (3242 06D) tienvarresta löytyi tonaliittisen pohjagneissin ja sen pohjoispuolella olevan kiillegneissin välistä kvartsiittipaljastuma. Kontaktit mainittuihin kivilajeihin eivät ole näkyvissä. Kvartsiitti on lasimaista ortokvarsiittityyppiä. Koukelonpohjan länsipuolelta löytyi pohjagneissin reunasta usean paljastuman käsittävä kvartsiittialue, jonka kivi on lasimaista, harmaata kiveä. Rääpys-Rytkyn järven eteläpäässä maantien pohjoisreunassa (3242 06C) on pieni paljastuma, jossa kvartsirikkaan kiven lisäksi on myös kalkkisilikaattista kiveä. Niiden itäpuolella on pohjagneissikompleksin kiviä ja länsipuolella kiillegneissiä.

Rytkyn kompleksin pohjoispuolelta Iso-Salinjärven itäpäästä (3242 06D) löytyi paljastuma-alue, jonka pohjoisreunassa on lasimaista kvartsiittia ja sen eteläpuolella kiillegneissiä. Alueen eteläosassa on arkeeisen pohjagneissikompleksin tonaliittista gneissiä. Kvartsiitti ilmeisesti reunustaa Iso-Salinjärven pohjoispuolen pohjagneissikompleksia.

Humalajoella (3242 07C) sijaitsevan kvartsiittiesiintymän kiveä ei ole havaittu kalliopaljastumissa, vaan esiintymä löytyi Ni-hankkeen kairauksissa. Kivi on lasimaista ja paikoin serisiittipitoista, paikoin myös arkosiittista. Kairasydämissä havaitun raitaisuuden asennon perusteella esiintymä on jyrkkäasentoinen. Raitaisuus voi olla alkuperältään kerroksellisuutta. Esiintymän paksuus on kairauslävistyksen mukaan 150–170 m. Sitä leikkaavat useat graniittiset juonet ja metadiabaasijuonet, joiden leveys vaihtelee muutamasta senttimetristä pariin kymmeneen metriin.

Kuopion kartta-alueen eteläreunassa, Kolunpohjan järven ja Paukarlahden pohjagneissidoomin välisellä alueella (3242 07A) sijaitsee kuusi kapeahkoa arkeeista pohja-

gneissilinssiä proterotsooisen kiillegneissin ympäröimänä. Niistä yhdestä löytyi kesän 1995 kartoituksen aikana kvartsiittia ja kalkkisilikaattikiveä. Siinä kvartsiitti on kontaktissa pohjagneissin kanssa; tosin kontakti on jonkin verran tektonisoitunut. Seuraavana kesänä sen lisäksi löytyi vielä kolme esiintymää. Kvartsiitti on niissä hienorakeista ja lasimaista. Ne ovat vaihtelevasti raitaisia ja paikoin graniittisten suonien migmatoimia.

6.1.3. Karbonaatti- ja kalkkisilikaattikivet

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueella karbonaattikivet ja kalkkisilikaattikivet ovat läheisesti toistensa kanssa samoissa esiintymissä. Siitä syystä kivilajeja ei ole eroteltu kallioperäkartoissa. Karbonaattikivet jaetaan koostumuksensa perusteella kalkkikiviin ja dolomiittikiviin. Kalkkikivi koostuu kalsiitista eli kalsiumkarbonaatista ($CaCO_3$). Dolomiittikivi sisältää kalsium-magnesiumkarbonaattia ($CaMg(CO_3)_2$). Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden karbonaattikivet ovat pääasiassa dolomiittikiviä, eli niiden päämineraalina on dolomiittinen karbonaatti. Väriltään ne ovat joko vaaleanharmaita tai kellertäviä. Kivien raekoko vaihtelee pienirakeisesta jopa karkearakeiseen. Kivet ovat asultaan yleensä varsin massamaisia, ja monin paikoin on raitaisuutta, joka voi olla alkuperäistä kerroksellisuutta, mutta yleensä kivet ovat uudelleen kiteytyneet sen verran voimakkaasti, ettei primaarisia rakenteita voi varmuudella tunnistaa.

Kartta-alueiden karbonaattikivet eivät koostu yksinomaan karbonaattimineraaleista, vaan niiden lisäksi kivissä on serpentiiniä, brusiittia, kondrodiittia, biotiittia, muskoviittia, diopsidia, tremoliittia, aktinoliittia, sarvivälkettä, kvartsia, plagioklaasia, oliviinia, sillimaniittia, granaattia ja kiisumineraaleja, kuten magneettikiisua ja rikkikiisua. Serpentiini esiintyy kyhmyinä, jotka ovat oliviinin tai humiitin pseudomorfooseja.

Alumiinisilikaattimineraalien esiintyminen osoittaa Kuopion alueen karbonaattikivien olevan alkujaan jossakin määrin hiekan ja savensekaisia $CaCO_3$- ja $MgCO_3$-saostumia eli sedimenttejä, joita kerrostui rannan läheisiin altaisiin jonkin verran syvempään veteen kuin mihin kvartsihiekat kerrostuivat (Wilkman 1923, s. 34, Aumo 1983a, s. 46).

Vulkaanisen toiminnan aikana karbonaattikerrostumiin tunkeutui magmaliuoksia, jolloin tapahtui metasomatoosiksi kutsuttua aineenvaihduntaa liuosten ja karbonaatin välillä. Piidioksidin (SiO_2) ja karbonaatin reagoidessa keskenään syntyi karbonaattikerrostumiin vyöhykkeitä, joiden kivilajia nimitetään kalkkisilikaattikiveksi. Kalkkisilikaattikiveä kutsutaan myös karsikiveksi tai lyhyesti karreksi. Kalkkisilikaattikivien tyypillisiä silikaattimineraaleja kvartsin ja plagioklaasin (An_{40-50}) lisäksi ovat diopsidi, tremoliitti, epidootti, flogopiitti ja sarvivälke. Vähäisessä määrin tavataan myös penniiniä, titaniittia, muskoviittia ja spinelliä (pleonasti), epidoottia ja opaakkia. Paikoin on sellaisia esiintymiä, joissa diopsidi ja tremoliitti ovat erillisinä raitoina, mikä saattaa olla primäärikerroksellisuutta. Diopsidivaltaiset karsikivet ovat usein melko karkearakeisia ja massamaisia, kun sen sijaan enimmäkseen tremoliitista koostuvat karsikivet ovat hienorakeisempia ja niissä näkyy selvä suuntaus. Karsikiviosueet ovat väriltään usein vihertäviä ja sisältämiensä silikaattimineraalien vuoksi karbonaattikiveä paljon kovempia.

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden karbonaattikivi- ja kalkkisilikaattikiviesiintymät ovat varsin pienialaisia. Yhtenä syynä voi olla kivilajin pehmeys, ja siksi kivi on rapautunut ja peittynyt kohollaan olevia kovempia kivilajeja useammin irtomaakerros-

tumien alle. Usein rehevä kasvillisuus ja tietyt kalkinsuosijakasvit, esim. lehtokuusama, voivat ilmaista karbonaattikiviesiintymiä, kuten Kuopion Laivonsaaressa (3331 07D). Siilinjärven kartta-alueella laajimmat karbonaattikiviesiintymät ovat Maaningalla Haatalan ja Pulkonkosken kylien rajalla Pulkonkoskella (3331 03C), Kolmikannassa (3331 06A) ja Särkisuolla (3331 06A) sekä Siilinjärven Räimänkoskella (3331 08C, 11A). Kuopion kartta-alueella laajimmat esiintymät ovat Kuopion Jynkänlahden ja Rasinmäen välisellä alueella (3242 12A) ja Korsumäen eteläpuolella noin 10 km Kuopion keskustasta etelään (3242 11B).

Seuraavissa kappaleissa on lyhyesti kuvattu kartta-alueilla tunnetut karbonaattikivi-/kalkkisilikaattikiviesiintymät. Kuopion kaupunkialueen niin jäljellä olevista kuin jo hävinneistäkin esiintymistä löytyy hyvää ja yksityiskohtaisempaa kuvausta Wilkmanin (1923, s. 33), Prestonin (1954, s. 45) ja Aumon (1983a, s. 33) selvityksistä.

6.1.3.1. Esiintymät Siilinjärven kartta-alueella

Siilinjärven kartta-alueella Maaningan Haatalan kylässä on perimätiedon mukaan poltettu kalkkia suurista lohkareista jo 1800-luvulla, ja Thoreld (1864) mainitsee raportissaan kalkkiuunin Maaningan Haatalassa. Lohja Oy suoritti karbonaattikivien etsintää Pulkonkosken alueella kesällä 1977, ja töitä jatkettaessa 1980-luvun alussa löytyi Haatalan kylän Kolmikannasta (3331 06A) dolomiittikiviesiintymä, joka on itä-länsisuuntainen, noin 40 m leveä ja lähes pysty. Esiintymällä on pituutta ainakin 600 m, ja se on mahdollisesti yhteydessä lännempänä sijaitsevaan Pulkonkosken esiintymään. Kohteeseen kairatut kolme syväkairausreikää osoittavat esiintymän pohjoisreunastaan olevan ohuen karsikivikerroksen välityksellä kontaktissa tonaliittisen pohjagneissin kanssa. Eteläreunassa on ohut karsivyöhyke, jota seuraa kiillepitoisen sarvivälkeliuskeen jälkeen sarvivälkegneissi. Sarvivälkeliuske ja -gneissi lienevät alkuperältään vulkaanisia. Pihlin (1986, s. 26) mukaan esiintymän pääminerraaleina on dolomiittia, kalsiittia ja serpentiiniä. Oliviinia, jonka muuttumistulosta serpentiini on, tavataan pääasiassa aksessorisesti, samoin kuin flogopiittia ja diopsidia. Esiintymän MgO-pitoisuus on 12–14 %. Kivi soveltuu 2. laatuluokan maatalouskalkiksi.

Haatalan Kolmikannan esiintymästä noin 2,5 km pohjoiseen sijaitsevan Särkisuon (3331 06A) karbonaattikiviesiintymän kiveä tavattiin GTK:n kartoituksessa kahdessa kalliopaljastumassa. Dolomiittisen kiven lisäksi siinä on myös varsin runsaasti karsikiveä. Lohja Oy:n tekemän kahden syväkairausreiän perusteella esiintymä on luode-kaakkosuuntainen ja viettää hyvin loivasti (10°) koilliseen. Kairauksen mukaan esiintymä on ainakin 20 m paksu. Sen jatkeita etelään päin ei ole paksun maapeitteen vuoksi selvitetty.

Pulkonkosken ja Haatalan kylien rajalla Pulkonkosken itäpuolella (3331 03C, 06A) on Siilinjärven kallioperäkarttaan rajattu laajahko karbonaattikivi- ja kalkkisilikaattiesiintymä. Rajaaminen perustuu Lohja Oy:n kallioperäkartoituksen useaan paljastumahavaintoon ja kevyellä kalustolla tehtyyn pystyasentoiseen kairaukseen. Esiintymän kivi on pääasiassa karsivaltaista ja se sisältää varsin runsaasti diopsidia kvartsin, plagioklaasin ja karbonaatin lisäksi. Tämä esiintymä on myös loiva-asentoinen ja viettää 10–15 asteen kulmassa pohjoiskoilliseen. Sen paksuus on noin 20 m. Kairauksen perusteella esiintymän alapuolella on juovais-raitaista tonaliittista pohjagneissiä, ja yläpuolella on paikoin ympäristön migmatiittista kiillegneissiä.

Siilinjärven Räimänkosken (3331 08C, 11A) karbonaattikivi- ja kalkkisilikaattikiviesiintymä Iso-Petäisen järven itäpuolella oli tunnettu jo 1900-luvun alkupuolella, jolloin Wilkman (1938) kartoitti Kuopion seudun kivilajeja. Kourulammen länsipuolella

(3331 11A) on tuon ajan kalkin louhinnasta kertova monttu, josta tosin kesällä 1982 oli nähtävissä enää kasvillisuuden peittämiä seinämiä. Karbonaatti- ja karsikiveä tavataan vyöhykkeessä, joka on itä-länsisuuntaisesti noin kilometrin matkalla Kourulahden ja Kourulammen välissä. Kourulammessa olevan pohjois-eteläsuuntaisen siirroksen jälkeen kalkkisilikaattisia kiviä on lammen itäpuolella vielä noin 400 m. Vyöhykkeen leveys on 100–150 m. Siinä olevat kivilajiyksiköt ja mahdollinen kerroksellisuus ovat pystyasentoisia. Vyöhykkeen ja ympäristön kiviä on kuvannut Åker (1985, s. 21) Kehvon alueen geologiaa käsittelevässä tutkimuksessaan. Myös Lohja Oy teki alueella kallioperäkartoitusta ja geofysikaalisia mittauksia (magneettinen ja VLF-R). Vyöhykkeen pohjoispuolella on kvartsiittia, jonka kontakti karbonaattikiveen on löydetty yhdestä paljastumasta, tosin siinäkin karbonaattikiven ja kvartsiitin välissä on kalkkisilikaattikiveä (Åker 1985, s. 21). Vyöhykkeen eteläpuoleinen kivi on amfiboliittia, joka on tulkittu emäksiseksi laavaksi. Vyöhykkeen puhtain karbonaattikiviesiintymä on Kourulammen länsipuolella, mutta siinäkin dolomiittiset ja kalkkisilikaattiset kerrokset vuorottelevat keskenään. Kivet, varsinkin karret ovat yleensä karkearakeisia ja asultaan raitaisia. Karsikivet ovat diopsidivaltaisia. Dolomiitin lisäksi Räimänkosken esiintymän päämineraaleja ovat kvartsi, serpentiini, kalimaasälpä ja diopsidi.

Räimänkosken esiintymän kanssa samaan tektoniseen hierto- ja siirrossaumaan kuuluva kalkkisilikaattiesiintymä Ranta-Toivalassa (3331 10C) sijaitsee kahdessa paljastumassa kvartsiitin ja amfiboliitin välissä. Kivi on pääasiassa diopsidipitoista kalkkisilikaattikiveä, jota pegmatiittinen graniittiaines breksioi. Varsinaista dolomiittista karbonaattikiveä on hyvin vähän, ja sekin on graniittisen aineksen breksioimaa. Esiintymä on suurimmaksi osaksi asutuksen alla.

Laivonsaaressa, Laivonmäen länsirinteessä (3331 07C) on karbonaattikiviä useassa paljastumassa. Pohjois-eteläsuuntainen vyöhyke päättyy eteläpäässä hieman ennen karttalehden eteläreunaa. Pohjoispäässä vyöhyke häviää pienen rantapaljastuman jälkeen Kallaveden Mustalahteen. Välissä on pitkäkin paljastumaton osa, joten karbonaattikiven yhtenäisestä jatkuvuudesta ei ole tietoa. Rehevä kasvillisuus on yksi esiintymän sijainnin osoitin, esim. lehtokuusamaa kasvaa karbonaattikivipaljastumilla, ja sitä löytyy myös vyöhykkeen paljastumattomiltakin osilta. Esiintymä koostuu vaaleanharmaasta tai kellertävästä dolomiittikivestä, vihertävästä karsikivestä, karbonaattipitoisesta kiillegneissistä ja sarvivälkepitoisesta kiillegneissistä. Esiintymä on itäpuolen kvartsiitin ja länsipuolen emäksisen metalaavan välissä. Vyöhyke on 20–30 m leveä.

Aeromagneettisen anomalian perusteella Laivonsaaren luoteispuolella sijaitsevan Laaninsaaren (3331 07A) karbonaatti-karsikivet ovat rinnastettavissa Laivonsaaren esiintymään. Laaninsaaren kivet ovat pääasiassa kalkkisilikaattivaltaisia, ja karbonaattikivi on niissä vähemmistönä. Esiintymät ovat pienialaisia ja muodostavat pohjois-eteläsuuntaisen vyöhykkeen. Parissa paljastumassa kalkkisilikaattikiven itäpuolella on kiillerikasta, grafiittipitoista liusketta. Länsipuolella on emäksistä, paikoin tyynyrakenteista metalaavaa. Saaren luoteiskärjessä olevassa paljastumassa varsin tasalaatuinen karbonaattikivi viettää 40°:een kulmassa lounaaseen emäksisen metalaavan alle. Itäpuolen kivestä ei ole tietoa. Yhden paljastuman kalkkisilikaattikivessä on heikko säteilyanomalia (ks. Uraani-fosforikivet s. 57).

Siilinjärven länsipuolella Kuivasteenmäen etelärinteessä (3331 08D) reunustaa pohjoispuolen arkeeista satroliittista pohjagneissiä metasedimenttikivivyöhyke, jossa on kvartsiitin ja sertin lisäksi myös karbonaatti- ja kalkkisilikaattikiviä. Karbonaattikivessä on kapeita, uraania sisältäviä fosfaattisia välikerrosraitoja (ks. Uraani-fosforikivet s. 57). Esiintymää on selvittänyt Äikäs (1988a).

Kuivasteenmäestä noin 1 km pohjoiseen Tosonniittyjen (lyhyesti Toso) pohjoispuolella (3331 09C) on pieni-alainen karbonaattikivi-kalkkisilikaattikivien vyöhyke arkeeisen migmatiittisen gneissin keskellä. Gneissiä kutsutaan ”satroliittiseksi pohjagneissiksi” sen muinaiseksi rapautumiseksi tutkittujen piirteiden vuoksi. Tässä Toson esiintymäksi nimetyssä kohteessa tehtiin syksyllä 1982 yksityiskohtainen selvitys (Äikäs 1987). Kivilajikarttaan vyöhyke on rajattu pohjois-eteläsuuntaiseksi kalliopaljastumien perusteella, mutta kivilajien vaihtelun perusteella kerrosten suunta on ilmeisesti itä-läntinen. Paljastumamittakaavassa on havaittavissa kivissä voimakasta poimutusta, ja sitä leikkaavat monet siirrokset ja hiertosaumat. Karbonaatti- ja kalkkisilikaattikivien lisäksi vyöhykkeessä on mustaliuske- ja serttivälikerroksia sekä kapeita uraania sisältäviä fosfaattisia raitoja (ks. Uraani-fosforikivet s. 57). Esiintymässä on väriltään vaaleaa ja harmaata karbonaattikiveä. Harmaan värin aiheuttaa hienosuomuinen grafiitti. Kivet ovat pääasiassa dolomiittia, mutta mukana on myös kalsiittista karbonaattikiveä ja niiden välimuotoja. Kaikissa tyypeissä on vaihtelevasti diopsidia, tremoliittia, oliviinia, serpentiiniä ja flogopiittia.

Siilinjärven Vironniemen länsireunalla Pöljänjärven Pellavasaaren kohdalla (3331 09C) sijaitsevan, vajaan 100 metriä pitkän karbonaatti- ja kalkkisilikaattikivijakson pohjoisreunassa on Toson esiintymässä tavatun kaltaista satroliittista pohjagneissiä ja eteläpuolella grauvakkaliusketta. Lähemmässä tutkimuksessa (Äikäs 1988b) karbonaattikivi osoittautui breksiarakenteiseksi ja karbonaatti pääasiassa kalsiitiksi. Breksian iskos sisältää diopsidia, tremoliittia, flogopiittia ja apatiittia. Kalkkisilikaattikiven päämineraalit ovat diopsidi, apatiitti, skapoliitti ja biotiitti. Apatiitti esiintyy siinä uraanipitoisissa fosforiittiraidoissa (ks. Uraani-fosforikivet s. 57).

Edellisten lisäksi on pienialaisia, useimmiten yhden paljastuman kokoisia esiintymiä eri puolilla kartta-aluetta. Diopsidia sisältävää kalkkisilikaattikiveä on Väänälänrannalla (3331 08C) Paasimäen länsipuolella metsäautotien matalassa kallioleikkauksessa. Wilkmanin (1938) karttalehtiselityksessä paikan sijainti on ilmoitettu Pajarinmäen SE-rinteeseen. Vuoden 1972 peruskartassa paikan kohdalla on nimi Pujari, mutta vuoden 1991 peruskartassa paikassa ei ole mitään nimeä. Kivi liittyy ilmeisesti Paasimäen kvartsiitteihin, vaikka kontakti niihin ei ole nähtävissä. Paasimäen eteläpuolella (3331 08C) on arkeeisen pohjagneissin yhteydessä kalkkisilikaattista kiveä. Koivusaaren kylän Haukkavuoren etelärinteen kvartsiitin (3331 08C) eteläpuolella on yksittäinen diopsidipitoista kalkkisilikaattikiveä sisältävä paljastuma. Pieni Venesalo-saaresta (3331 08A) löytyi karsikiveä kvartsi-maasälpägneissin – ilmeisesti alkujaan arkoosista hiekkaa – ja amfiboliittisen kiven välistä. Ylä-Pulkko-järven ja Pienen Maaninkajärven välissä sijaitsevan amfiboliittivyöhykkeen itäreunassa, Vasaramäen koillisreunassa (3331 03D) on parissa paljastumassa diopsidipitoista karbonaatti- ja kalkkisilikaattikiveä. Lamperilassa (333104C) on Piilumäen kvartsiitin länsipuolella karsikiveä amfiboliitin yhteydessä. Tästä länteen päin, Niemisjärven kylän eteläpuolella, Tervakankaan pohjoisreunalta (3331 04B) löytyi yhdestä paljastumasta kvartsiitin ja amfiboliitin välistä diopsidivaltaista kalkkisilikaattikiveä. Samoin Niemisjärven ja Hirvijärven kylien rajalla (3331 04B) olevan kvartsiittiesiintymän itähaaran länsireunasta, hieman vajaa kilometri Niemisjärvestä pohjoiseen, löytyi kalkkisilikaattikiveä yhdestä paljastumasta.

Edellä mainitut karbonaattikivi- ja kalkkisilikaattiesiintymät, Kuivasteenmäen ja Toson esiintymiä lukuun ottamatta ovat stratigrafisesti joko kvartsiitin tai amfiboliitin yhteydessä tai molempien mainittujen välissä. Kartta-alueen luoteisnurkasta löytyi kaksi yksittäistä karsikiveä sisältävää paljastumaa arkeeisen pohjagneissin ympäröimänä. Niistä toinen on Haatalan kylän Kivimäen pohjoispuolella (3331 03D) ja toinen Piela-

veden ja Maaningan kuntien rajalla Palokankaalla (3331 03B) noin 1,5 km Saarisen järven pohjoispuolella. Nämä diopsidivaltaiset karsikiviesiintymät voivat edustaa arkeeisen pohjan päällä olevia pohjarapautuman karsikiviä, jollaisia Paavola (1988, s. 11) on kuvannut pohjoispuolella olevalta Lapinlahden kartta-alueelta. Kuivasteenmäen ja Toson esiintymissä on serttimäistä kvartsikiveä ja molemmat esiintymät ovat pohjagneissin tuntumassa. Onkin mahdollista, että myös ne edustavat kalkkirikkaampaa pohjan päälle kehittynyttä rapautumaa.

6.1.3.2. Esiintymät Kuopion kartta-alueella

Kuopion keskustan ja lähialueen karbonaattikivet kuuluvat Aumon (1983a, s. 33, 1983b, s. 90) nimeämään litostratigrafiseen Petosen muodostumaan (ks. Stratigrafia s. 173). Siilinjärven kartta-alueen puolelle sijoittuvan Laivonsaaren Laivonmäen länsirinteen karbonaattikiviesiintymän jatke löytyy Kuopion kartta-alueen puolelta Pienestä Neulalahdesta (3242 09D), jossa Neulaniemen kärkeen vievän maantien molemmin puolin on pienet paljastumat karrensekaista karbonaattikiveä.

Pienen Neulalahden esiintymän jälkeen karbonaatti- ja karsikiveä on Vuorilammen ja Kolmisoppi-järven välisellä kannaksella (3242 12A). Wilkman (1923, s. 46) nimitti esiintymää Kolmisopen–Vuorilammen vyöhykkeeksi. Alueella on viisi paljastumaa, jossa kalsiittis-dolomiittisen karbonaattikiven joukossa on diopsidi-tremoliittipitoista kiveä. Kalsiitin lisäksi karbonaattikivi sisältää serpentiiniä, muskoviittia ja brusiittia. Karsiosissa on diopsidia, tremoliittia ja kalsiittia. Vuorilammen kaakkoispäässä olevan paljastuman itäreunassa kivi on lasimaista kvartsiittia. Se vaihettuu länteen päin vähitellen kvartsi-maasälpäliuskeeksi, jossa on kiille- ja karsipitoisia raitoja. Kyseessä on ilmeisesti kvartsiitin ja kalkkisilikaattikiven vaihettumisvyöhyke. Esiintymään on tunkeutunut karkearakeisia graniittipegmatiittijuonia.

Kuopion keskustasta vajaa kaksi kilometriä koilliseen on Wilkmanin (1923, s. 49) aikana ollut Tiihotarmäen kohdalla, nykyisen Saarijärven asuinalueen paikalla (3242 12D) monttuja, joista on louhittu karbonaattikiveä. Tuosta vyöhykkeestä, joka on kallioperäkarttaan rajattu aikaisempien tietojen (Wilkman op. cit.) perusteella, on nähtävissä enää pieni karrensekaisen paljastuman nokka rautatiealikäytävän vieressä vyöhykkeen kaakkoispäässä. Vyöhykkeen luoteispäässä oli vielä vuonna 1986 näkyvissä kalkkisilikaattikiveä sisältävä paljastuma, mutta nykyisin sekin on asutuksen alla. Edellisen esiintymän lisäksi Männistön kaupunginosassa on Itkonniemelle vievän kevyenliikenteen tien reunassa kalkkisilikaattista kiveä sisältävä yksittäinen karbonaattikiviesiintymä. Kiven raitaisuudesta päätellen esiintymä viettää 30°:een kulmassa etelälounaaseen. Esiintymän pohjoispuolella on aikaisemmin mainittu Männistön erityiskoulun pihassa oleva kvartsiitti. Tästä paikasta noin 500 m itäkoilliseen sijaitsevassa Pirttiniemessä on ollut kuoppia, joista on louhittu karbonaattikiveä, mutta niitä ei kartoituksessa löydetty, ja Wilkmankin (op. cit.) mainitsee niiden olleen jo metsittyneitä. Kelloniemen alueella urheilukentän kaakkoisreunassa ja vajaa 200 m kentästä pohjoiseen sijaitsevissa pienissä paljastumissa on kalkkisilikaattikiveä. Niiden itäpuolella on kvartsiittia, mutta kivien välinen kontakti ei ole paljastuneena.

Kuopion keskustan eteläpuolella Jynkänniemen etelärannalta (3232 12A) alkaa noin 4 kilometriä pitkä, pystyasentoinen karbonaattikivi-/kalkkisilikaattikivivyöhyke, joka ulottuu luoteispäästään Pienen Neulamäen itärinteen rautatietunnelin pohjoispuolelle. Huomo (1978, s. 15) kuvasi rautatietunnelin seinämästä tähän vyöhykkeeseen kuuluvan 60 metriä paksun kalkkikivikarsimuodostuman. Wilkman (1923, s. 36) havaitsi vyöhyk-

keen koostuvan useista erillisistä esiintymistä, mutta kartassaan hän esitti ne kuitenkin yhtenä vyöhykkeenä. Vielä 1950-luvulla löydettävissä olleet vyöhykkeen erilliset paljastumat on rajattu Aurolan (1950) Jynkän kalkkikiviesiintymiä kuvaavassa raportissa. Kesän 1978 kartoituksessa (Aumo 1983a, s. 33) useat vyöhykkeen paljastumista jäivät löytymättä, koska ne olivat jo jääneet asutuksen alle. Kuopion kallioperäkartassa karbonaattikivi esitetään yhtenäisenä vyöhykkeenä, vaikka esitystapa antaakin väärää tietoa esiintymän laajuudesta ja yhtenäisyydestä. Karbonaattikivi on koostumukseltaan pääasiassa dolomiittia, mutta mukana on myös kalsiittisia osia. Epäpuhtautena siitä löytyy serpentiiniä, brusiittia, muskoviittia, biotiittia, tremoliitti-aktinoliittia, diopsidia, kvartsia, plagioklaasia ja oliviinia. Kalkkisilikaattiset välikerrokset koostuvat yleensä diopsidista ja tremoliitista, mutta mukana on myös serpentiiniä ja talkkia. Paikoin, mm. Petosenlammen pohjoisreunalla, kalkkisilikaattikerroksissa on diopsidikiteitä, jotka ovat kooltaan 15 x 40 cm. 1900-luvun alkupuolella vyöhykkeen karbonaattikiveä louhittiin useasta louhoksesta. Niistä kivilajikarttaan on merkitty ne, joista 1980-luvun vaihteen kartoituksessa oli vielä havaittavissa merkkejä maastossa. Yksi laajimmista louhoksista sijaitsi Jynkänlahden pohjukan pohjoisrannalla, nykyisen uimarannan länsipuolella. Louhintatoiminnan aikana paikalla oli myös kalkinpolttouuni (Wilkman 1923, kuva 13, s. 36). Toiminnasta on näkyvissä enää uimarannan vieressä kahden entisen montun kasvillisuuden peittämät seinämät (kuva 14).

Jynkän karbonaatti- ja kalkkisilikaattikivivyöhykkeessä on välikerroksina kiilleliusketta, amfiboliliusketta ja grafiittiliusketta. Kiilleliuske sisältää biotiittia, kvartsia ja plagioklaasia (An_{40-50}) sekä vähemmän titaniittia, apatiittia, opaakkia ja sarvivälkettä. Kiilleliuskevälikerrosten paksuus vaihtelee muutamasta senttimetristä pariin metriin. Petosenlammen pohjoispuolella (3242 12A) sijaitsevan urheilukentän kaakkoisnurkan

Kuva 14. Petosen muodostuman karbonaattikiveä. Laatta 12 cm.
Fig. 14. Carbonate rock of the Petonen formation. Tag 12 cm.
Kuopio, Jynkänlahden louhos – *Jynkänlahti quarry*. 3242 12A, x = 6971,910; y = 3533,420.

paljastuman välikerroksena oleva kiillegneissi on sillimaniittipitoista, tosin kiven pinnassa valkeina sälöinä näkyvät sillimaniittiporfyroblastit ovat voimakkaasti serisiittiytyneitä. Samassa paljastumassa, mutta eri kerroksessa, on myös turmaliinipitoista kiilleliusketta. Muodostuman yläosaan sijoittuvina on Aumon (1983a, s. 40) selvityksen mukaan samaisen urheilukentän länsipuolen matalissa paljastumissa kahden tyyppistä amfiboliliusketta vuorokerroksittain. Osassa kerroksissa päämineraaleina on antofylliittiä, plagioklaasia (An_{45-50}), kvartsia, kordieriittia, opaakkia ja aksessorisesti kummingtoniittia, zirkonia ja spinelliä. Antofylliitti esiintyy siinä säteittäisinä prismoina. Toisen tyypin kerrokset sisältävät päämineraaleina yksistään kummingtoniittia ja plagioklaasia (An_{60-65}) ja aksessorisesti sarvivälkettä, opaakkia ja apatiittia. Alueella on myös amfiboliliusketta, jossa on granaattia välikerrosmaisina raitoina. Grafiittiliusketta välikerroksina karbonaattimuodostumassa on Petosenlammen pohjoispuolella, Pienen Neulamäen itäreunalla ja Wilkmanin (1923, s. 28) kuvauksen mukaan Jynkänlahden pohjukassa. Kerrokset ovat ohuita ja paksuimmillaan pari metriä. Huomon (1978, s. 15) mukaan Pienen Neulamäen rautatietunnelissa stratigrafisesti kalkkikarsimuodostuman päälle tulee vajaa 40 m paksu kiilleliuskemuodostuma, jonka välikerroksina on kiilleliusketta, antofylliittiliusketta ja grafiittiliusketta. Kiilleliuske ja antofylliittiliuske ovat granaattipitoisia, ja kiilleliuskeessa on vähän myös andalusiittia. Antofylliitti esiintyy yksittäisinä prismoina ja säteittäisinä prismakasaumina.

Jynkänlahden pohjoispuolelta Kärängän itärannan (3242 12C) kahdesta pienestä paljastumasta löytyi epäpuhdasta karbonaattikiveä. Esiintymä ei ole näkyvissä kallioperäkartassa. Se joko kuuluu paikan emäksiseen metalaavaan välikerroksena tai edustaa pientä osaa Petosen muodostuman karbonaattikivistä, joiden pääosa kyseisessä paikassa on veden alla viereisessä Kaivannonlahdessa, ja siten kuuluu samaan horisonttiin kuin Jynkän karbonaattikivet.

Neulaniemen länsireunalla, Tervaruukinlahden itäpuolella (3242 09D) on kvartsiitin ja emäksisen laavakiven väliin kahden paljastuman perusteella rajattu karbonaatti-/kalkkisilikaattikiviesiintymä (Aumo 1983a, s. 41). Paljastumista pohjoisempi on karsivaltainen, kun taas eteläisemmässä on dolomiittista karbonaattikiveä. Pohjoisemmassa paljastumassa on myös amfiboliliusketta, jossa muutamissa kerroksissa on päämineraaleina kordieriittia, kummingtoniittia, antofylliittia ja biotiittia. Aksessorisesti niissä on plagioklaasia ($An_{60–65}$), opaakkia, apatiittia ja zirkonia. Edellisistä poiketen osa kerroksista koostuu lähes yksinomaan sarvivälkkeestä ja antofylliitistä, kun biotiittia, opaakkia, spinelliä ja apatiittia on vain aksessorisesti.

Pilpanlahdesta noin yksi kilometri pohjoiseen (3242 09C, D) on parissa matalassa Mustalahden rantakalliossa epäpuhdasta dolomiittista karbonaattikiveä vuorokerroksina kiillerikkaan kiven kanssa. Kerrosten kaade on jyrkkä (60–70° länteen). Karbonaattikiven itäpuolella on emäksistä laavakiveä ja länsipuolella tonaliittista pohjagneissiä. Esiintymää on kuvannut myös Wilkman (1923, s. 48).

Väärälahden itärannalla (3242 09C) sijaitsee kaksi karbonaattikiviesiintymää, joista molemmista on louhittu karbonaattikiveä. Näistä pohjoisemman kivi on hienorakeista, harmaata ja epäpuhdasta. Sivukivenä itäpuolella on grafiitti- ja kiisupitoista kiillegneissiä. Länsipuolen kivi on hyvin kvartsirikasta serttimäistä kiveä, jossa on myös karsiraitoja. Viime vuosisadan alkupuolella paikalla on poltettu kalkkia maauunissa (Wilkman 1923, s. 48). Vajaa 300 metriä tästä eteläänpäin olevassa paljastumassa kivi on kalkkisilikaattipitoista karbonaattikiveä. Aikaisemmista esiintymistä poiketen nämä esiintymät sijaitsevat ainakin geografisesti, ilmeisesti myös stratigrafisesti, emäksisen metavulkaniitin ja kiillegneissin välissä. Mainittakoon, että Väärälahden eteläisemmän karbonaat-

tikivipaljastuman itäpuolella (3242 09C) suoritettu itäänpäin, kohti Pienen Neulamäen länsirinnettä suunnattu syväkairaus (Aumo 1980) lävisti kivilajisarjan, jossa on mustaliusketta, kiillegneissiä, amfiboliittia, kvartsiittia ja pohjagneissiä muttei karbonaattikiveä, joka yleensä sijaitsee kvartsiitin ja emäksisen metavulkaniitin välissä kartta-alueen muissa tutkituissa kohteissa.

Pohjoisemman Matkusjärven itäpuolella (3242 12A) on Wilkmanin (1923, s. 47) mukaan ollut pieni esiintymä dolomiittista karbonaattikiveä, jota on käytetty Karttulan Sourun rautaruukin tarpeisiin. Kesän 1979 kartoituksessa (Aumo 1983a) paikasta löytyi vain karsipitoista kiveä. Wilkmanin (op. cit.) kuvaama karbonaattikiven länsipuolen kvartsiittiliuske lienee serttiä. Se on kallioperäkarttaan merkitty keltaisella välikerrosmerkillä.

Korsumäen eteläreunan (3242 11B) dolomiittisen karbonaattikiviesiintymän kiveä on louhittu ja poltettu 1800-luvun loppupuolella (Wilkman 1923, s. 41). Esiintymä on tunnettu jo 1860-luvulla (Thoreld 1863), mutta kesällä 1984 toiminnasta oli nähtävissä enää kasvillisuuden peittämiä kuoppia eikä uunin jäänteitä löytynyt. Esiintymän sivukiviä ei myöskään ollut näkyvissä. Wilkmanin (op. cit.) mukaan vyöhyke koostuu kahdesta rinnakkaisesta dolomiittikerroksesta, mutta kivilajikartassa ne on esitetty yhtenä vyöhykkeenä. Kuoppien päätyseinämistä saattoi päätellä esiintymän olevan poimuttunut, koska kerrosten kaade on paikoin loivasti (20–40°) joko pohjoiseen tai etelään ja poimuakseli on loivasti (15°) koilliseen. Dolomiitin lisäksi kivessä on myös serpentiiniä, muskoviittia, kvartsia ja hematiittia (Wilkman 1923, s. 42).

Korsumäen esiintymästä noin kilometrin verran lounaaseen, Heinäjoen pohjoispuolen pellon metsäsaarekkeessa (3242 08D) sijaitsee karbonaattikiviesiintymä, jota Wilkman (1923, s. 44) nimitti Ruununsuon dolomiitiksi. Dolomiitin lisäksi kivi sisältää serpentiiniä ja muskoviittia, ja kemiallisen koostumuksen perusteella se on samanlaista kuin Korsumäen dolomiitti (Wilkman op. cit.). Paljastuman kivi on raitaista. Raitaisuus viettää loiva-asentoisesti etelälounaiseen (200°). Esiintymän laajuus ei ole tiedossa, ja kallioperäkarttaan se on merkitty todennäköisesti liian laajaksi.

Korsumäen kaakkoispuolella valtatien 5 entisen linjauksen pohjoispuolella (3242 11B) oli kesällä 1984 näkyvissä pieni karbonaattikivipaljastuma, mutta se peittyi 1990-luvun alussa uuden moottoritielinjauksen maansiirtojen alle. Siitä vajaa 200 metriä etelään paljastui moottoritietyömaan aikana kesällä 1992 maanpoistojen seurauksena noin 60 metriä pitkästä itä-länsisuuntaisesta pystyseinämästä ennestään tuntematon karbonaattikiviesiintymä. Seinämän kiveä louhittiin tien runkoon ja lopulta peitettiin niin, että nykyisin esiintymästä on nähtävissä enää stratigrafisesti karbonaattikiven päälle sijoittuneen kiillegneissin (metagrauvakan) paljastumanokka moottoritien länteen kääntyvän rampin alkupäässä. Kohteessa oli puhtaampi dolomiittinen karbonaattiosa, joka muuttui yläosastaan diopsidipitoiseksi karsikiveksi ja se edelleen grauvakkahiekka-tyyppiseksi kiillegneissiksi. Karbonaattikiven alapuolella oli grafiittipitoista kiillegneissiä. Esiintymää leikkasi graniittinen juoni. Tämä 2,5–3 metriä paksu karbonaattikiviesiintymä muodosti avoimesti poimuttuneen laatan (kuva 15), joka vietti loivassa asennossa (10–15°) pohjoiseen. Siinä olevissa kerroksissa näkyi boudinaasirakennetta (kuva 16).

Pitkälahden etelärannalla (3242 11B) on pienehkössä rantakalliossa tremoliittipitoista karsikiveä, jossa on myös dolomiittia välikerroksina. Esiintymän länsipuolen kallioissa kivilaji on emäksistä metavulkaniittia. Kontakti ei ole näkyvissä.

Pitkälahdessa, entisen rautatieaseman eteläpuolella sijaitseva rataleikkaus (3242 12A) on tyypillinen esimerkki Petosen muodostuman heterogeenisyydestä (Aumo 1983a, kuva 12, s. 33). Siinä vaihtelevat epäpuhdas karbonaattikivi, diopsidi-tremoliittikarsi, kiille-

Kuva 15. Hiltulanlahden karbonaattikiviesiintymä. Poimuakselin kaade on katsojasta poispäin pohjoiseen. Vasara 60 cm.
Fig. 15. Carbonate rock at Hiltulanlahti. Fold axis plunges towards north. Hammer 60 cm.
Kuopio, Hiltulanlahti. *3242 11B, x = 6966,660; y = 3530,640.*

Kuva 16. Budinoitunut kerros karbonaattikivessä. Laatta 12 cm.
Fig. 16. Boudinated bed in the carbonate rock. Tag 12 cm.
Kuopio, Hiltulanlahti. 3242 11B, x =6966,660; y = 3530,640.

liuske ja sarvivälke-biotiittiliuske. Kerrosten paksuus on 5–20 cm:stä 1,5 metriin. Kuopion yleensä dolomiittivaltaisista esiintymistä poiketen Pitkälahden karbonaattikivi on kalsiittista. Kalsiitin lisäksi kivessä on diopsidia ja plagioklaasia ($An_{10–15}$). Kiilleliuske sisältää biotiitin ohella kvartsia ja plagioklaasia. Sarvivälke-biotiittiliuskeessa on lähes yksistään sarvivälkettä ja biotiittia. Kohdetta on kuvannut myös Wilkman (1923, s. 45).

Hiltulanlahden Hukanniemessä, Vanuvuoren lounaispuolella (3242 11B) on hieman näkyvissä pienialaisen, dolomiittista karbonaattia sisältävän, noin 3 metriä leveän karbonaattikiviesiintymän kiveä. Wilkmanin (1923, s. 45) aikaan siinä oli louhos, mutta nykyisin kohde on jäänyt paikallisen tien alle. Esiintymä oli Wilkmanin (op. cit., kuva 10, s. 28,) piirroksen perusteella kiilleliuskeessa, joka sijoittuu länsipuolen emäksisen metavulkaniitin ja itäpuolen kvartsiitin väliin. Kontaktit eivät ole enää näkyvissä.

Sotkanniemen kylän Kotkatlahdesta (3242 10B) löytyi yksittäinen pienialainen, matala kalliopaljastuma, joka koostuu diopsidipitoisesta kalkkisilikaattikivestä. Sen lisäksi siinä vuorottelevat puhtaammat dolomiittiset raidat ja kiillerikkaat karsiraidat. Pystyseinämän perusteella on mahdollista, että kiveä on louhittu. Seuraava paljastuma esiintymän länsipuolella on arkeeisen pohjagneissikompleksin gneissiä ja itäpuolella kiillegneissiä.

Humalalahden luoteispohjukassa on Humalajoen suun eteläpuolella (3242 10B) pieni kalliopaljastuma, joka on pääasiassa diopsidivaltaista kalkkisilikaattikiveä. Muutaman metrin päässä paljastuman länsipuolella kivi on kiillegneissiä. Esiintymä sijoittuu todennäköisesti arkeeisen Vehmasmäen pohjagneissidoomin reunaan.

Edellisestä kohteesta noin kilometri länteen päin Humalajoella, joen pohjoispuolella (3242 07C) on arkeeisen Paukarlahden pohjagneissidoomin pohjoisreunaan sijoittuva pieni paljastuma, jossa 2–5 cm leveiden karbonaatti- ja kalkkisilikaattiraitojen kanssa vuorottelevat 1–2 cm:n vahvuiset kiillerikkaat raidat. Raidat ovat lähes pystyasennossa. Tästä kohteesta 400 metriä länteen (3242 07C) teki GTK:n Ni-hanke (Forss et al.1999, liite 4) 600 metriä pitkän ja 15 kpl 46–90 metrin pituista kairausreikää käsittävän lounaiskoillissuuntaisen profiilin, jonka lounaispäästä löytyi ennestään tuntematon kvartsiittimuodostuma ja sen koillispuolelta vajaa 50 m leveä epäyhtenäinen karbonaatti- ja kalkkisilikaattikiveä sisältävä horisontti amfiboliitin sisältä ja amfiboliitin koillispuolelta kiillegneissiä. Karbonaatti on suolahappotunnistuksen perusteella useimmiten kalsiittia. Karsikivi on diopsidipitoista.

Paukarlahden doomin pohjoisreunalta Romukankaalta, valtatien 9 eteläpuolelta (3242 07D) löytyi pienestä paljastumasta hienorakeista diopsidipitoista kalkkisilikaattikiveä. Paljastuma on rikkoutunut lohkareiksi, ja runsaasti lohkareita on myös paljastuman kaakkoispuolella.

Vehmasmäen pohjagneissidoomin länsireunalle, Tetrijärven länsirannan tuntumaan (3242 07D) sijoittuu isohko kallioseinämä, jossa kivilajeina on vuororaitoina karbonaattikiveä ja kalkkisilikaattikiveä. Niiden joukossa on myös kapeita kiillerikkaita raitoja, joten kohteen kivi lienee alkuperältään savipitoista kalkkiliejua.

Kurkimäestä, Iso-Varkaanmäen eteläpuolen pellolta (3242 08C) löytyi yksittäinen paljastuma diopsidipitoista kalkkisilikaattikiveä. Paljastuman luoteisnurkassa kivi on kontaktissa raitaiseen granodioriittis-tonaliittiseen pohjagneissityyppiseen kiveen siten, että karsikivi on pohjagneissikiven päällä, ja viettää 25°:n kulmassa etelälounaiseen (200°). Esiintymä on sulkeumana graniitissa ja kuulunee ilmeisesti Korsumäen eteläpuolen karbonaattikiviin.

Ilvesjärveltä noin 1 kilometri pohjoiseen Ilveksensuon pohjoispuoleisen pohjagneis-

silinssin itäreunasta (3242 07B) löytyi yksittäisestä pienestä kalliopaljastumasta keskirakeista raitaista kalkkisilikaattikiveä. Sen oletetaan liittyvän viereiseen pohjagneissilinssiin, ja edustavan pohjan mahdollista satroliittista rapautumaa.

Vastaavanlaisia arkeeiseen pohjagneissilinssiin liittyviä kalkkisilikaattiesiintymiä on Kuopion kartta-alueen eteläreunassa Kolunpohjan alueella Takalammen itäpuoleisessa maastossa (3242 07A). Takalammesta kaakkoon olevan isohkon kalliopaljastuman länsireunalla on diopsidi- ja sarvivälkeraitaista kalkkisilikaattikiveä, jonka itäpuolella on karsiraitaista kvartsiittia. Ulkonäkönsä perusteella ilmeisesti samanlaista kalkkisilikaattikiveä on tästä kohteesta noin 400 metriä pohjoiseen sijoittuvalla Takalammen itäpuolen paljastumakumpareella.

Soukka-Rytkyn järven itäpuolella metsäautotien reunan (3242 06C) pienessä paljastumassa on hiekkavaltaisessa kiillegneississä kalkkisilikaattiainesta tektonisesti rikkoutuneiden gneissikappaleiden välitilassa. Kivi on kontaktissa itäpuolen tonaliittiseen gneissiin. Tästä paikasta hieman yli kilometri pohjoiseen, Rääpys-Rytkyn järven eteläpään itäpuolella on paljastuma, jossa tonaliittisen pohjagneissin ja sen länsipuolella olevan kiillegneissin väliin jää noin 6 metriä leveä kalkkisilikaattikivivyöhyke. Se yhdessä Haminalahti–Karttula-maantien pohjoisreunan vähäisen kvartsiitin kanssa kuulunee Rytkyn pohjagneissidoomia reunustaviin metasedimenttikiviin.

Kalkkisilikaattikiveä on myös Rytkyn pohjagneissikompleksin pohjoisreunalla, vajaa kilometri Salmilammista pohjoiseen (3242 09B). Diopsidipitoinen kivi on raekooltaan keskirakeista ja asultaan raitaista.

6.1.4. Uraani-fosforikivet

Siilinjärven kartta-alueen Kuivasteenmäen, Toson ja Vironniemen karbonaattikivi- ja kalkkisilikaattikiviesiintymissä on vähäisiä uraanipitoisia fosfaattisia välikerrosraitoja. Kivilajikarttaan ne on merkitty uraania-merkillä. Kuopion kartta-alueelta on yhdestä karbonaattikiviesiintymästä (Rasinmäki) ja yhdestä kvartsiittiesiintymästä (Koukelonpohja) tavattu radioaktiivisia pesäkkeitä. Molempien kartta-alueiden uraani-fosforikiviesiintymät ovat pienialaisia ja pitoisuuksiltaan niin vähäisiä, ettei niillä ole taloudellista merkitystä, mutta Siilinjärven kartta-alueen esiintymät muodostavat oman stratigrafisen yksikkönsä.

Siilinjärven Kuivasteenmäen etelärinteessä, Kuivasteenlammen itäpäässä (3331 08D) on kalliopaljastumia, joista löytyi jo kesällä 1974 uraania ja apatiittia sisältävää karbonaattikiveä, serttiä, kvartsiittia, kalkkisilikaattikiveä. Radioaktiivisia pesäkkeitä on myös Kuivasteenmäen granitoidista (Äikäs 1988a). Metasedimenttikivet reunustavat arkeeista pohjagneissiä; granitoidi on tunkeutunut pohjagneissiin. Tutkimuksia jatkettiin kesällä 1976 selvittämällä radioaktiivisten kivien esiintymislaajuus, suorittamalla kesällä 1979 aeroradiometristen anomalioiden maastotarkistuksia ja kesällä 1981 ottamalla lisänäytteitä myös moreenista. Varsinaisessa esiintymässä radioaktiivisia paljastumia on noin 2–5 m x 50 m:n kokoisessa vyöhykkeessä useina pikku paljastumina. Maksimisäteilyn pesäkkeet ovat kooltaan < 0,5 m^2. Radioaktiiviset fosforiittikerrokset ovat pääasiassa karbonaattikivessä, ja sen lisäksi niitä on vähän myös kalkkisilikaattikivessä ja sertissä. Radioaktiivisuuden aiheuttaa uraniniitti, jonka pitoisuus vaihtelee < 100 ja 1 000 ppm:n välillä. Toriumia on niukasti. Fosforiitti koostuu lähes yksinomaan hyvin hienorakeisesta apatiitista.

Toson uraani-fosforiesiintymässä, 1 km Kuivasteenmäestä pohjoiseen (3331 09C),

uraania on fosforiittijuovissa ja fosfaattisissa kerroksissa, joita esiintyy ohuina (< 5 cm) välikerroksina ja linsseinä karbonaattikivissä, kalkkisilikaattikivissä ja sertissä (Äikäs 1987). Merkittävin uraanimineraali on optisesti tunnistettu uraniniitti, jota on fosforiittijuovissa hyvin hienorakeisena pirotteena hienorakeisten apatiittirakeiden välitiloissa ja rakeiden sisällä. Fosfaattisissa karbonaatti- ja kalkkisilikaattikivikerroksissa apatiitti on fosforiittijuovien apatiittia karkeampaa. Uraniniitti esiintyy niissä pirotteena ja myös karbonaattien ja silikaattien sulkeumina. Gammaspektrometrimittausten mukaan Toson esiintymän kivissä on uraania 100–300 ppm, ja yksittäisissä radioaktiivisten kerrosten näytteissä uraania on 15–1 220 ppm. Toriumia on niukasti: metasedimenteissä < 0,1–9,1 ppm ja satroliittisessa pohjagneississä 7,6–19,6 ppm.

Siilinjärven Vironniemen (3331 09C) uraani-fosforiesiintymä sijaitsee säteilevässä vyöhykkeessä, joka alkaa peitteisenä ja alle metrin levyisenä Pöljänjärven rannasta Pellavasaaren kohdalta ja ulottuu itäänpäin noin 80 metrin pituisena yhtenäisenä jaksona ja päättyy irtomaiden alle. Vyöhykkeen leveys on suurimmillaan noin 20 metriä. Vyöhykkeessä gammaspektrometrilla havaitut säteilyn maksimikohdat antoivat kokonaissäteilyksi 323–584 Ur, uraanipitoisuudeksi 353–650 ppm eU ja toriumpitoisuudeksi 0 ppm eTh (Äikäs 1988b). Apatiitti esiintyy kivissä ohuina fosforiittiraitoina. Uraani puolestaan seuraa apatiittia uraniniittirakeina Toson esiintymän tapaan.

Laaninsaaren (3331 07A) karbonaatti-kalkkisilikaattikivestä löytyi skintillometrillä pienialainen radioaktiivinen pesäke (Äikäs 1995, suullinen tiedonanto). Kohteesta ei ole analyysitietoa, eikä sitä ole merkitty kallioperäkarttaan.

Kuopion kartta-alueella oli Ekdahlin (1993, s. 87 ja suullinen tiedonanto 1993) mukaan Kuopion eteläpuolella Rasinmäen itäreunassa moottoritien rakentamisen aikana 1990-luvun alussa näkyvissä uraanipitoisia fosfaattisia osueita sisältävää karbonaattikiveä, joka jäi moottoritien valmistuttua sen alle. Nykyisin paikalla näkyvissä olevan tieleikkauksen karbonaattikivessä radioaktiivisuutta ei kuitenkaan ole havaittu. Esiintymää ei ole merkitty kallioperäkarttaan.

Rytkyn pohjagneissikompleksin sisällä, Koukelonpohjan järven pohjoispuolen (3242 09D) kvartsiitista todettiin skintillometrillä uraanipitoisten mineraalien aiheuttamia säteileviä pesäkkeitä ja hyvin ohuita kerroksiksi tulkittuja raitoja. Radioaktiivinen vyöhyke on 20–25 metriä pitkä ja varsin kapea. Analysoidussa näytteessä oli uraania 3 600 ppm ja toriumia 350 ppm (Ekdahl 1976). Esiintymää ei ole merkitty kallioperäkarttaan.

6.1.5. Rautamuodostumakivet

Rautamuodostumat ovat alkuperältään klastisia tai kemiallisia sedimenttisyntyisiä kivilajeja, joissa on rautaa yli 15 % (Pettijohn 1975, s. 407). Kallioperäkartoituksen aikana rautamuodostumakiveä (Aumo 1978a, s. 43) löytyi Rauhalahdesta (3242 12A) kahdesta pienestä paljastumasta. Keväällä 2000 alueen rakennustöiden maanpoistojen aikana toinen niistä oli näkyvissä laajemmin kuin kartoituksen aikana. Paljastumien kivet sijoittuvat itäpuolen arkeeisen pohjagneissin ja länsipuolen kiillegneissin väliin. Kivilajikartassa tämä Rauhalahden esiintymä on esitetty sinisen värisenä kivilajialueena ja granaattia-merkillä, mutta esitysmittakaavan vuoksi kivilajialue ei erotu kartassa. Ulkoasultaan paljastumien kivilaji on raitaista ja heterogeenista (kuva 17). Raitaisuus on ilmeisesti primäärikerroksellisuutta. Päämineraaleina ovat sarvivälke, granaatti, plagioklaasi (oligoklaasi-labradoriitti) ja opaakki, joka on magneetti-, kupari- ja rikkikiisua.

Kuva 17. Rautamuodostumakivi. Laatta 12 cm
Fig. 17. Iron formation stone. Tag 12 cm.
Kuopio, Rauhalahti. 3242 12A, x = 6974,300; y = 3532,480.
Valokuva – *Photo:* Raili Aumo.

Paljastumissa on myös toista rautamuodostumatyyppiä, josta sarvivälke puuttuu ja jossa sen tilalla on biotiittia ja stauroliittia. Aksessorisina tavataan kvartsia, titaniittia, apatiittia, zirkonia ja paikoin sillimaniittia. Näissä rautamuodostumapaljastumissa ei ole serttivälikerroksia kuten ei myöskään magnetiittia omina raitoinaan, joten esiintymä ei edusta rautamuodostumien oksidifasieksen kvartsiraitaista rautamuodostumaa, josta käytetään englanninkielisistä termeistä tulevaa BIF-lyhennettä. Rauhalahden rautamuodostuma kuuluu tyypiltään silikaattifasiekseen, koska rauta on siinä pääasiassa silikaattimineraaleihin sitoutuneena. Se ei kuitenkaan ole aivan tyypillinen rautamuodostuma, sillä se sisältää suhteellisen runsaasti plagioklaasia, joka rautamuodostumissa on melko harvinainen, ja lisäksi runsaasti biotiittia sisältävässä tyypissä on kohtalaisesti alumiinisilikaatteja: stauroliittia ja sillimaniittia, mikä ei sekään ole rautamuodostumissa yleistä. Kemiallisen analyysin mukaan (liite1, taulukko 5, analyysit 83 ja 84) näytteiden rautapitoisuus kuitenkin ylittää rautamuodostumakivien 15 %:n rajan.

Edellisistä havainnoista 300 m kaakkoon on paljastumaryhmä, jonka itäosassa on arkeeista pohjagneissiä, länsipuolella karsirikasta, granaattipitoista amfiboliittia ja sen länsipuolella granaattipitoista kiillegneissiä. Kivi kuulunee edelliseen rautamuodostumaan. Tästä kohteesta noin 800 m itään Katiskaniemessä on jälleen granaattikiillegneissipaljastuma, joka maastohavaintojen mukaan sijoittuisi arkeeisen pohjagneissin kontaktiin, mutta välissä saattaa olla Vaivasen muodostuman metalaavaa.

Pienen Neulamäen länsireunalla Valkeinen-lammen pohjoispuolella (3242 12A, 09C) sijaitsevissa entisen rautatien kallioleikkauksissa on vajaan viiden metrin vahvuisesti runsaasti granaattia sisältävää kiillegneissiä, jossa päämineraaleina biotiitin lisäksi on

kvartsia ja biotiitin muuttumistuloksena kloriittia ja aksessorisesti sarvivälkettä, muskoviittia ja opaakkia. Kivi muistuttaa ulkonäöltään Rauhalahden rautamuodostuman granaattivaltaista kiillegneissiä. Kallioperäkartassa tämäkin kohde on esitetty kivilajialueena ja granaattia-merkillä, mutta mittakaavan vuoksi se ei erotu kartassa selkeästi.

Laivonsaaren Hepokallion (3331 07C) länsireunassa on emäksisen metalaavan ja kiillegneissin kontakti. Kiillegneississä on runsaasti 1–4 mm:n kokoisia almandiinigranaatteja, minkä vuoksi se muistuttaa Rauhanlahden granaattikiillegneissiä. Sitä, edustaako kivityyppi mahdollisesti Rauhalahden silikaattifasieksen rautamuodostumaa, ei ole selvitetty.

6.1.6. Serttivälikerrokset

Sertti (engl. chert) on kivilaji, joka on syntynyt kemiallisesti piidioksidin (SiO_2) saostuessa (Pettijohn 1975, s. 393), eli metamorfoituneena se koostuu lähes yksinomaan hienorakeisesta kvartsista. Ulkoasultaan se saattaa muistuttaa kvartsihiekasta metamorfoituneita kvartsiitteja, mutta kvartsiitit ovat yleensä hieman karkeampia ja sisältävät usein myös maasälpää ja alumiinisilikaatteja. Aksessorisista raskasmineraaleista zirkoni on yleinen kvartsiiteissa, mutta serteissä niitä ei ole. Väriltään kivityyppi on useimmiten vaaleanharmaata tai -kellertävää ja kalkkisilikaattiaineksen määrän mukaan myös vihertävää.

Siilinjärven kartta-alueella serttimäistä kivilajia on Kuivasteenmäen (3331 08D) arkeeisen pohjagneissin päällä olevissa paleoproterotsooisissa kerrostumissa, Toson karbonaattikiviesiintymässä (3331 09C) sekä vähäisinä linsseinä – ontelon täytteenä – Koivusaaren muodostuman vulkaniiteissa.

Kuopion kartta-alueella serttiä on Aumon (1983a, s. 45, 58) tutkimusten mukaan välikerroksina Petosen muodostuman karbonaatti- ja kalkkisilikaattikivissä sekä Vaivasen muodostuman metalaavoissa. Kuopion Rauhalahden pohjoisrannalla Katiskaniemessä (3242 12A) on serttiä, joka näyttäisi sijaitsevan arkeeisen pohjagneissin ja metalaavan välissä. Siinä on runsaasti diopsidipitoista kalkkisilikaattikiveä ohuina raitoina ja laajempina pahkuina. Sen on tulkittu kuuluvan Petosen muodostuman karbonaattikiviin (Aumo op. cit.)

Kuopion alueen metavulkaniiteissa on useassa kohdassa serttivälikerroksia, joita ei ole Aumon (1983a, s. 58) tutkimuksia edeltävissä tutkimuksissa kuvattu. Laaja-alaisin esiintymistä sijaitsee Pitkälahdessa pohjoisemman Matkusjärven ja Riihilammen välissä (3242 12A, 11B). Esiintymä on paksuimmillaan 10–15 m, ja sen kiveä on löydetty kolmesta paljastumasta 350 metrin matkalla. Asultaan kivi on raitaista ja sen verran heterogeenista, että raitaisuutta ei voida pitää primaarikerroksellisuutena. Se koostuu enimmäkseen kvartsista ja tremoliitista. Niiden lisäksi on hiukan opaakkia, diopsidia, grüneriittia ja karbonaattia. Esiintymä ilmeisesti vastaa Wilkmanin (1923, s. 47) alueelta kuvaamaa kvartsiittiliusketta. Jynkän Leväsenlammen kaakkoispuolella (3242 12A) metalaavan keskellä oleva 8–10 metriä paksu serttiesiintymä sisältää kvartsin lisäksi grüneriittia ja diopsidia sekä magnetiittipitoisia raitoja. Vaivasen lammen kaakkoispuolella (3242 12A) on kaksi metriä paksu serttiesiintymä, jossa myös on magnetiittiraitoja. Näistä metavulkaniitteihin liittyvistä serttiesiintymistä ainoastaan Matkusjärven esiintymä on esitysteknisistä syistä esitetty kivilajikartassa välikerrosmerkillä.

6.1.7. Vulkaaniset kivilajit

Vulkaniitti on yleisnimi kivilajille, jota syntyy, kun maankuoresta purkautuva kivisula eli magma kiteytyy maanpinnalla kiinteäksi kiveksi, ja metamorfoitunutta vulkaniittia sanotaan meta-etuliitteellä täsmennettynä metavulkaniitiksi. Maanpinnalle purkautuneesta magmasta kiteytyneitä kiviä nimitetään myös effusiivikiviksi. Syntytavaltaan vulkaaninen kivi voi olla joko laavaa tai tuhkaa. Laavaa muodostuu virtaavan kivisulan kiteytyessä joko maanpinnalle, esim. tulivuoren rinteelle, tai meren pohjalle. Kivityyppiä kutsutaan laavakiveksi. Laavasyntyinen kivi on raekooltaan tiivistä tai hienorakeista. Se voi olla tasarakeista, mutta siinä voi olla myös perusmassaa kookkaampia hajarakeita sekä vaihtelevan kokoisia, alun perin kaasun täyttämiä onteloita. Kaasun poistuttua tyhjään tilaan kiteytyy esim. kvartsi- ja karbonaattikiteitä. Laavaa, jonka mineraalitäytteiset ontelot ovat mantelin muotoisia, nimitetään mantelilaavaksi. Veden alaisena purkauksena syntyy tyynylaavaa, jossa on vaihtelevan kokoisia säkkimäisiä laavakappaleita toisiinsa kiinnittyneinä. Tyynyjen kuperan yläosan muodon ja alaosan kiilamaisen ns. napanuorarakenteen avulla voidaan osoittaa kerrostumisen nuorentumisen (virran yläosa) tai vastaavasti kerrostumisalustan suunta.

Tuhkaa syntyy, kun tulivuoren kraatterista ilmaan lentänyt kiviaines kiteytyy ilmalennon aikana ja kerrostuu lopulta tuhkakerrostumiksi vuoren rinteille tai tuulen kuljettamana kauaksikin purkauspaikastaan. Tuhkasyntyisiä kiviä nimitetään myös pyroklastisiksi kiviksi (tuliperäisiksi kerroskiviksi). Itse tuhka on raekooltaan 2 mm tai sitä hienompaa. Pyroklastiaines sisältää myös vaihtelevan kokoisia karkeampia kivikappaleita – heitteleitä: lapilleja (2–64 mm), pyöreitä pommeja (> 64 mm) ja kulmikkaita lohkareita (> 64 mm). Tuhkasta syntynyttä kiveä sanotaan tuffiksi ja lapillituffiksi silloin, kun siinä on lapilli-kokoisia heitteleitä, ja agglomeraatiksi ja breksiaksi, kun heitteleet ovat pommeja tai lohkareita. Omana tyyppinään pyroklastisten kivien joukossa ovat ash-flow-tuhkat – virtaustuhkat. Sellaisia syntyy, kun erittäin kuuma ja kaasurikas pyroklastiaines etenee virtaavan laavan tavoin tulivuoren rinteellä.

Kivien piidioksidi (SiO_2) -pitoisuuden perusteella vulkaniitit jaetaan neljään päätyyppiin: happamiin (> 65 %), intermediaarisiin (52–65 %), emäksisiin (52–45 %) ja ultraemäksisiin (< 45 %). Ne voidaan edelleen SiO_2-pitoisuuden mukaan tarkentaa seuraavasti: ryoliitti (> 65 %), dasiitti (65–63 %), andesiitti (63–52 %), basaltti (52–45 %) ja komatiitti (< 45 %). Kivien sisältämien alkalien – K_2O ja Na_2O – perusteella esim. basaltit ovat joko tholeiitteja tai kalkkialkalisia. Kemialliseen koostumukseen perustuvan jaottelun lisäksi käytetään myös mineralogiaan pohjautuvaa jaottelua, kuten felsinen, mafinen ja ultramafinen. Felsinen (engl. felsic) viittaa maasälpään (feldspar), kvartsiin ja muihin SiO_2-pitoisiin (silica) vaaleisiin mineraaleihin; (*fel*(dspar) + *s* (ilica) + *ic*). Mafinen (engl. mafic) osoittaa kiven koostuvan magnesium- ja rautapitoisista (*ma* (gnesium) + *f* (errum) + *ic*) mineraaleista (esim. sarvivälke ja pyrokseenit).

Siilinjärven ja Kuopion kivilajikartoissa on esitetty tummanvihreällä värillä ne metavulkaniitit, joista on löydetty primaarisia rakenteita. Yleensä myös niiden stratigrafinen asema liittyy läheisesti kvartsiitteihin ja/tai karbonaattikiviin. Vaaleammalla vihreällä värillä esitetyt kivet ovat amfiboliitteja ja sarvivälkegneissejä. Jälkimmäisissä on lisäksi päällemerkintänä ohuet viivat. Amfiboliiteiksi määritetyt kivityypit ovat pääasiassa sarvivälkettä ja plagioklaasia sisältäviä, asultaan enemmän tai vähemmän suunnittuneita, pienirakeisia kiviä. Varmoja primaarisia vulkaanisia rakenteita niistä ei ole tavattu. Paikoin kivissä on samanlaista diopsidipitoista raitaisuutta, jollaista tavataan esim. Kuopion alueen metavulkaniiteissa, ja onkin mahdollista, että ne ovat alkuperältään defor-

moituneita laavoja. Maastokartoituksen aikana amfiboliiteiksi ja paikoin myös sarvivälkegneisseiksi määritettyjen kivien joukossa on myös tasalaatuisia syväkivimäisiä, vaihtelevasti suunnittuneita keskirakeisia ja karkeampiakin gabrokoostumuksisia kiviä yleensä yhden tai kahden paljastuman kokoisina esiintyminä. Ne todennäköisesti lienevätkin alkuperältään syväkiviä. Kaikkia niitä ei ole rajattu kivilajikarttoihin. Myös kartta-alueiden sarvivälkegneissit ovat sarvivälke- ja plagioklaasipitoisia kiviä, mutta niissä on mukana myös biotiittia ja kvartsia, ja monin paikoin amfibolivaltaiset ja kiillevaltaiset kerroksiksi tulkittavat osat vuorottelevat keskenään samalla paljastumalla. Toisin kuin amfiboliiteissa sarvivälkegneisseissä on runsaasti vaaleaa graniittis-trondhjemiittista ainesta migmatoivina suonina. Kivissä ei ole tavattu primaariseksi tulkittavia vulkaanisia rakenteita, mutta ne lienevät kiillevaltaisen aineksen perusteella synnyltään vulkaanis-sedimenttisiä. Laajempien esiintymisalueiden lisäksi amfiboliittia ja sarvivälkegneissiä on vaihtelevan levyisinä välikerroksina ja sulkeumamaisina linsseinä kiillegneisseissä ja juovaisessa tonaliittisessa gneississä. Alkuperältään nekin lienevät vulkaanisia. Kivilajikartoissa niiden esiintymistä on kuvattu joko välikerrosmerkillä tai liekkimerkillä.

6.1.7.1. Vulkaaniset kivilajit Siilinjärven kartta-alueella

Pinta-alaltaan laajin yhtenäinen Siilinjärven kartta-alueen metavulkaniittiesiintymä on nimetty Koivusaaren muodostumaksi (Kousa 1986). Siihen kuuluvia kiviä tavataan vyöhykkeessä, joka alkaa Siilinjärven Jälästä (3331 11C) ja ulottuu Siilinjärven keskustan kautta Harjamäkeen (3331 11B) ja edelleen Hamulan ja Koivusaaren kyliin (33331 08D). Sieltä muodostuma jatkuu jääkauden synnyttämien harjukerrostumien alla Maaningan Käärmelahteen (33331 06D). Muodostumaan kuuluvia vulkaanisia kiviä esiintyy myös Siilinjärven Aappolassa (33331 12A). Kivet ovat koostumukseltaan pääasiassa emäksisiä. Hapanta metavulkaniittia esiintyy emäksisen metavulkaniitin ympäröimänä Hamulan ja Koivusaaren kylissä. Aikaisempia tutkimuksia muodostuman kivistä on vähän. Wilkman (1938, s. 65) kuvasi emäksiset metavulkaniitit ruhjeliuskeisina metabasiitteina sekä happamat metavulkaniitit kiilleliuskemaisina liuskeina, joissa on kvartsi- ja oligoklaasihajarakeita. Nykänen (1950, GTK:n maastohavainnot) nimitti emäksisiä liuskeita metabasiiteiksi. Hautala (1968–1969, Outokumpu Oy:n Malmietsinnän maastohavainnot) piti emäksisiä kiviä tholeiittisina basaltteina ja spiliitteinä (Na_2O-rikkaina basaltteina) sekä kuvasi ensimmäisenä tutkijana alueen laavoista tyynyrakennetta. Happamia kiviä hän epäili alkuperältään ignimbriiteiksi – tuhkavirroiksi. Muodostuman metavulkaniitteja leikkaavat lukuisat emäksiset ofiittis- ja subofiittisrakenteiset diabaasijuonet ja kerrosmyötäiset juonet. Koivusaaren muodostuman metavulkaniittien ja juonien mineralogiaa ja vulkaanisia rakenteita on yksityiskohtaisesti kuvannut Kousa (1986).

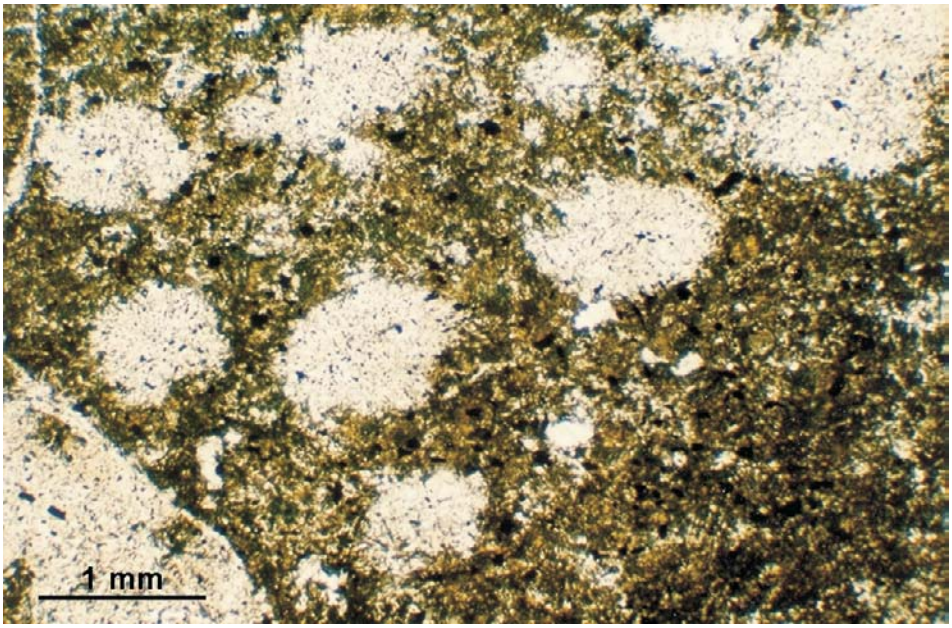
Siilinjärven kartta-alueen eteläreunassa, Laivonsaaressa ja Laaninsaaressa (3331 07C, A) on Kuopion alueen Vaivasen muodostumaan (Aumo 1983a, s. 49) kuuluvia emäksisiä metavulkaniitteja.

6.1.7.1.1. Emäksiset metavulkaniitit

Koivusaaren muodostumasta on määritetty kolme niin fyysisiltä kuin kemiallisilta ominaisuuksiltaankin toisistaan erottuvaa emäksistä jäsentä: Parkkila, Vehkasuo ja Vuorimäki. Niistä stratigrafisesti alin on Parkkilan jäsen. Se jaetaan edelleen alempaan ja

ylempään yksikköön, jotka puolestaan koostuvat useasta laavavirrasta ja niiden välissä satunnaisesti esiintyvistä tuhkakerroksista. Laavavirtojen paksuus vaihtelee muutamasta metristä 20–30 m:iin. Molempien yksiköiden laavavirroista voidaan erottaa massiivinen, tyynyrakenteinen sekä breksioitunut osa. Ylemmän yksikön breksioituneen osan päällä on parista metristä kymmeneen metriä paksu lapillituffikerros. Kivien tuore pinta on väriltään mustanvihreää, kun taas rapautumispinta on väriltään joko tummanvihreää tai vaaleanvihreää. Raekooltaan ne ovat hyvin hienorakeisia – tiiviitä. Päämineraaleina Parkkilan jäsenen metalaavoissa on sarvivälkettä ja albiittis-oligoklaasista plagioklaasia. Aksessorisina mineraaleina on ilmeniittiä sekä hyvin vähän rautakiisuja. Tyynyjen koko vaihtelee alle puolesta metristä metriin. Muoto vaihtelee ameebamaisesta bun- tai balloon-tyyppisiin eli sämpylämäisistä ilmapallomaisiin (kuva 18). Tyynyn reunassa voi olla 1–5 cm paksu tiivis reunus, joka edustanee metamorfoitunutta primaarista, mahdollisesti lasista jäähtymiskuorta. Tyynyjen välitilassa on ollut helposti rapautuvaa ainesta, esim. karbonaattia, koska nykyisellään monessa paikassa tyynyjen välissä on tyhjä tila. Useista tyynyistä on löydettävissä tyynyn keskiosasta keskuskaasurakkula, joista suurimmat ovat kooltaan noin 6 x 20 cm. Rakkulat ovat syntyneet, kun tyynyn syntyvaiheessa magmassa ollut kaasu puristui tyynyn keskiosaan. Magman kiteytymisen ja jäähtymisen jälkeen kaasun poistuttua tyhjäksi jääneeseen tilaan on saattanut kiteytyä kalkki- tai piipitoisista liuoksista karbonaattimineraaleja tai kvartsia. Nykyisessä rapautumispinnassa nämä rakkulat ovat useimmiten tyhjiä, joskus kvartsin täyttämiä. Keskuskaasurakkulaa yleisempiä ovat tyynyissä harvakseltaan sijaitsevat

Kuva 18. ”Bun & balloon” –rakenteista Parkkilan jäsenen tyynylaavaa. Laatta 12 cm.
Fig. 18. “Bun & balloon” structure in the pillowed metalava of the Parkkila member. Tag 12 cm.
Siilinjärvi, Koivusaari. 3331 08D, x = 6997,440; y = 3526,520.
Valokuva – *Photo:* Jukka Kousa.



Kuva 19. Varioli-rakennetta kuvan 18 metatyynylaavassa. Nikolit //, suurennus 2,5 x.
Fig. 19. Variole structure in the pillowed metalava of the Parkkila member. Nicols //, magnification 2.5 x.
Siilinjärvi, Koivusaari. 3331 08D, x = 6997,440; y = 3526,520.
Valokuva – *Photo:* Jukka Kousa.

pienet (ø < 2 mm) vaihtelevan muotoiset ontelot, jotka ovat alkuperältään todennäköisesti kaasukuplia. Nykyisin niissä voi olla täytteenä joko karbonaattia tai kvartsia. Alemman yksikön tyynyissä on paikoin varioleja, eli tyynyt ovat varioliittisia. Variolit ovat pyöreähköjä, kooltaan mikroskooppisesta muutamaan senttimetriin läpimitaltaan olevia säteittäisesti järjestyneistä plagioklaasi- ja amfibolikiteistä (alun perin pyrokseenia) koostuvia yhteenkasvettumia (kuva 19). Ylemmän yksikön laavojen tyynyissä on 3–10 mm:n suuruisia, usein omamuotoisia albiittisia plagioklaasihajarakeita (kuva 20). Laavavirtojen massiivinen osa on sananmukaisesti massamaista, mahdollisia hajarakeita lukuun ottamatta. Breksioituneessa osassa on hienorakeisessa perusmassassa rikkoutuneita tyynynkappaleita, joiden koko vaihtelee senttimetristä pariin kymmeneen senttimetriin.

Huonosti paljastuneen emäksisen Vehkasuon jäsenen kivet ovat joko massiivisia tai tyynyrakenteisia metalaavoja. Alaosassa on paikoin tuhka- ja agglomeraattikerroksia (kuva 21), joiden heitteleinä olevat felsiset metavulkaniittikappaleet osoittavat Vehkasuon jäsenen sijoittuvan stratigrafisesti Kirjoniemen jäsenen päälle tai ainakin olevan felsisiä metavulkaniitteja nuoremman. Vehkasuon jäsenen metalaavojen päämineraalit ovat sarvivälke ja plagioklaasi (oligoklaasi-andesiini). Koivusaaren kylän lisäksi tätä tyyppiä on myös Aappolan kylässä Siilinjärven kuntakeskuksen pohjoispuolella (3331 12A).

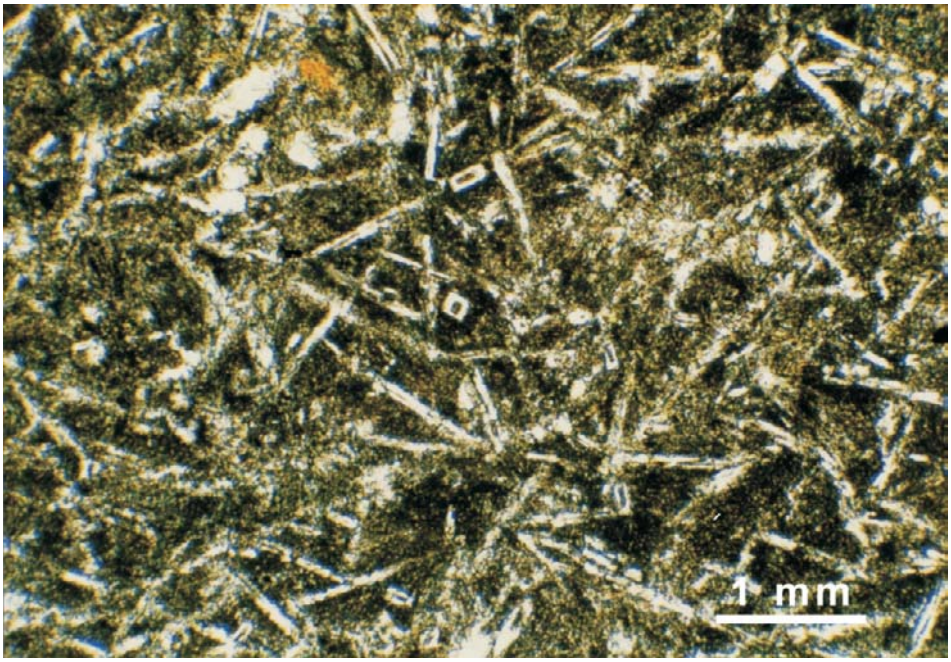
Emäksinen Vuorimäen jäsen koostuu useista metalaavavirroista, joiden massiivinen alaosa vaihettuu yläosan tyynylaavaksi. Laavabreksiaa ei ole Vuorimäen laavoista tavattu. Laavavirtojen paksuus vaihtelee muutamista metreistä satoihin metreihin. Niiden

Kuva 20. Parkkilan jäsenen plagioklaasihajarakeista tyynylaavaa. Laatta 12 cm.
Fig. 20. Plagioclase phenocrysts in the pillowed metalava of the Parkkila member. Tag 12 cm.
Siilinjärvi, Koivusaari. 3331 08D, x = 6997,580; y = 3527,290.
Valokuva – *Photo:* Jukka Kousa.

Kuva 21. Vehkasuon jäsenen tuffia (tu), pyroklastista breksiaa (br) ja metalaavaa (la). Laatta 12 cm.
Fig. 21. Tuff (tu), pyroclastic breccia (br) and metalava (la) of the Vehkasuo member. Tag 12 cm.
Siilinjärvi, Koivusaari. 3331 08D, x = 6997,060; y = 3528,080.
Valokuva – *Photo:* Jukka Kousa.

Kuva 22. Vuorimäen jäsenen metatyynylaavaa. Laatta 12 cm.
Fig. 22. Pillowed metalava of the Vuorimäki member. Tag 12 cm.
Siilinjärvi, Vuorimäki. 3331 08D, x = 6996,540; y = 3529,250.
Valokuva – *Photo:* Jukka Kousa.

välissä on pyroklastisia kiviä hyvin vähän. Sekä massiivisten metalaavojen että metatyynylaavojen päämineraalit ovat sarvivälke (60–75 %) ja plagioklaasi (20–35 %), jonka An-pitoisuus vaihtelee andesiinista labradoriittiin. Mainitut mineraalit muodostavat tiiviin perusmassan mutta esiintyvät harvakseltaan myös pieninä hajarakeina. Sarvivälkehajarakeet ovat uraliittisia. Aksessorisesti on pääasiassa ilmeniittiä, mutta sen lisäksi on havaittu myös karbonaattia, epidoottia, titaniittia, biotiittia, kvartsia, kloriittia, satunnaisesti zirkonia ja Vuorimäen jäsenen alkalisen koostumuksen omaavassa laavassa mainittujen lisäksi myös granaattia. Tyynyjen koko vaihtelee alle puolesta metristä yli metriin (kuva 22). Tyynyjen poikkileikkaukset ovat lähes ideaalisia bun (sämpylä)-, balloon (ilmapallo)- ja matress (patja) -tyyppisiä. Monin paikoin tyynyissä on nähtävissä tiivis – mikrokiteinen, noin 1–2 cm paksu reuna, joka voi olla metamorfoitunut jäänne alkuperäisestä lasisesta kuoresta. Siinä osassa plagioklaasirakeissa esiintyy nopeasta jäähtymisestä – säikähtämisestä – kertovaa quench-rakennetta; rakeiden pituusleikkaus muistuttaa muodoltaan pääskysenpyrstöä ja poikkileikkauksessa ne näkyvät onttoina neliömäisinä rakeina (kuva 23). Vuorimäen jäsenen tyynylaavoille on ominaista myös se, että tyynyt ovat tiivisti kiinni toisissaan (ks. kuva 22). Se puolestaan osoittaa purkauksen tapahtuneen ympäristössä, jossa ei ollut pyroklastitoimintaa eikä rapautumisaineksen merkittävää kerrostumista. Vuorimäen metalaavoille on ominaista myös mantelien puuttuminen lukuun ottamatta alkalista laavatyyppiä, jossa mantelien koko vaihtelee muutamasta millimetristä aina viiteen senttimetriin. Niiden täytteenä on yksinomaan karbonaattia. Keskuskaasurakkuloita, usein serttitäytteisiä, on harvakseltaan. Vuorimäen jäsenen tyyppisiä metatyynylaavoja on myös Jälässä ja Kasurilanmäen länsipuolella



Kuva 23. Vuorimäen jäsenen tyynylaavan quench-rakenteista plagioklaasia. Nikolit //, suurennus 6,3 x.
Fig. 23. Quench structured plagioclase grains in the pillowed metalava of the Vuorimäki member. Nicols //, magnification 6.3 x.
Siilinjärvi, Vuorimäki. 3331 08D, x = 6996,540; y = 3529,250.
Valokuva – *Photo:* Jukka Kousa.

(3331 11C, A). Jäseneen kuuluvaa alkalista tyyppiä sen sijaan on löydetty vain Vuorimäen itäosasta.

Räimänkoskella Iso-Petäisen etelä- ja itäpuolella (3331 08C, 11A, 10B) sijaitsevia metavulkaniitteja on kuvannut tarkemmin Åker (1985, s. 29). Ne ovat hienorakeisia ja väriltään tummanvihreitä. Sertti- ja kalkkisikaattipitoiset kapeat raidat ja juovat ovat tyypillisiä, mutta varmoja vulkaanisia primaarirakenteita ei ole tavattu. Kivissä on poimutusta, mikä osoittaa plastisessa olotilassa tapahtunutta deformaatiota ja metamorfoosia. Pääminerааleina on sarvivälkettä ja oligoklaasis-andesiinista plagioklaasia (andesiinis-labradoriittinen) sekä jonkin verran kvartsia ja biotiittia. Aksessorisesti on diopsidia, epidoottia, karbonaattia, titaniittia, apatiittia, zirkonia, opaakkia ja paikoin granaattia.

Sorsasalossa Kuopion pohjoispuolella (3331 10A) on amfiboliittista kiveä, joka sijoittuu kvartsiittien läheisyyteen. Yhdessä kallioseinämässä on tavattu tyynyrakennetta muistuttavaa rakennetta. Muuten nämä väriltään tummanvihreät ja raekooltaan hienorakeiset kivet ovat varsin massamaisia. Kivistä ei ole silikaattianalyysiä.

Laivonsaaressa (3331 07C) on amfibolirikasta emäksistä metavulkaniittia kvartsiittien yhteydessä kahdessa, lähes pohjois-eteläsuuntaisessa vyöhykkeessä. Itäisemmässä on kvartsiitin ja vulkaniitin välissä myös karbonaattikiveä. Kivityyppi on väriltään tummanvihreää ja raekooltaan hienorakeista. Itäisessä vyöhykkeessä voidaan rajata stratigrafisesti alemmaksi sijoittuva sarvivälkehajarakeita ja/tai -raekasaumia sisältävä por-

fyyrinen laavatyyppi ja sen päälle sijoittuva massiivinen laavatyyppi. Stratigrafisesti näiden päälle muualla Kuopion alueella sijoittuvaa metatyynylaavaa ei kohteessa ole. Laivonsaaren läntinen vulkaniittijakso on tyypiltään massiivista laavaa.

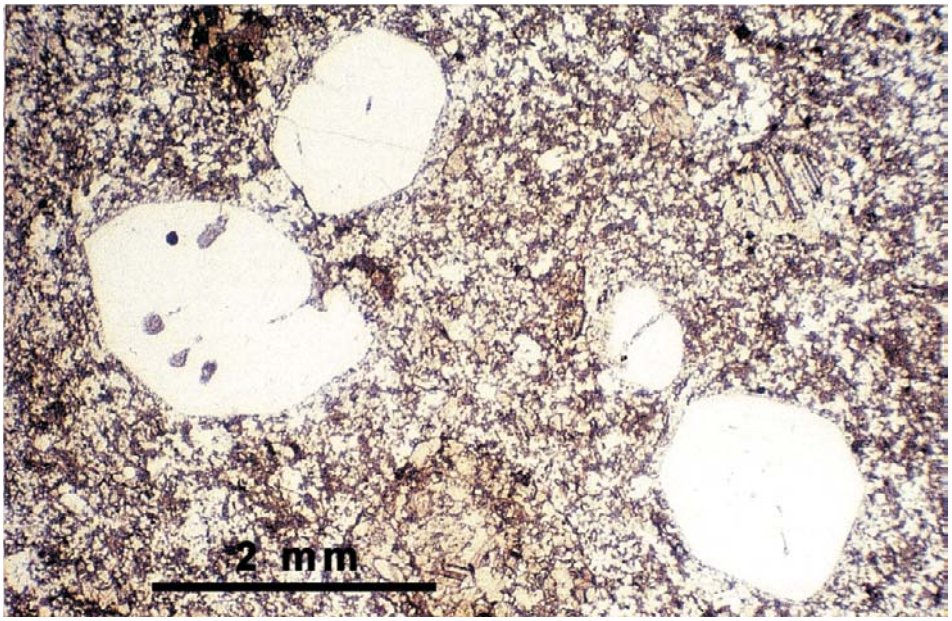
Aeromagneettisen kartan perusteella Laivonsaaren läntisen jakson metavulkaniitit voivat jatkua luoteeseen päin Laaninsaareen (3331 07A), jossa amfiboliitista on löydetty myös tyynyrakennetta, ja siten kivet on tunnistettu alkuperältään laavakiviksi. Pääminerаaleina on niissä sarvivälkettä ja plagioklaasia, jonka An-pitoisuus on 30–50 %. Aksessorisesti löytyy kvartsia, opaakkia, titaniittia, apatiittia, zirkonia, kloriittia, biotiittia ja diopsidia sekä satunnaisemmin granaattia. Laaninsaaren metalaava vastaa koostumukseltaan Kuopion Vaivasen muodostuman metalaavoja.

Niemisjärven ja Hirvilahden kylien (3331 04B, 05A) vulkaniitit Pienessä Mäkrämäessä ja Hirvimäessä sijoittuvat läheisesti alueen kvartsiitteihin. Väriltään ne ovat tummanvihreitä ja raekooltaan hienorakeisia. Pääminerаaleina on yleensä sarvivälkettä ja plagioklaasia ($An_{38–45}$). Aksessorisesti löytyy titaniittia, apatiittia, zirkonia, epidoottia, serpentiiniä, opaakkia, serisiittiä ja karbonaattia. Paikoin on tavattu 2–3 mm:n kokoisia plagioklaasihajarakeita. Kivissä on myös karsiraitoja, joissa on diopsidia. Kivet ovat useimmiten asultaan raitaisia, eikä varsinaisia primaarisia rakenteita ole varmuudella havaittu, tosin Viitajärven itäpuolella sijaitsevan Pienen Mäkrämäen eteläreunasta (3331 04B) löytyi tyynyrakennetta muistuttavaa rakennetta.

Talluskylän Särkelänniemellä (3331 02A) on intermediaaris-emäksinen pyroklastinen metavulkaniittiesiintymä, jossa on myös meta-agglomeraattia (Mäkitie 1984, s. 16). Se ei ilmeisesti liity Koivusaaren muodostuman eikä myöskään Hirvilahden ja Niemisjärven metavulkaniitteihin, mutta se esitetään kallioperäkartassa mainittujen vulkaniittien tummanvihreällä värillä, koska kivessä on tunnistettavia primaarirakenteita. Kiven pääminerаaleina on kummingtoniittia, plagioklaasia ($An_{30–40)}$, kvartsia, sarvivälkettä ja biotiittia. Aksessorisesti on vaihtelevin määrin epidoottia, zirkonia, opaakkia ja pyrokseenin reliktejä. Agglomeraattisen (breksian) heitteleet ovat kooltaan yhdestä senttimetristä pariin–kolmeenkymmeneen senttimetriin. Muoto vaihtelee pyöreähköstä kulmikkaaseen. Koostumukseltaan ne ovat kvartsi-maasälpägneissejä ja maasälpäporfyyrisia kiviä. Esiintymässä on merkkejä kapeista karbonaattikerroksista. Meta-agglomeraatti-breksiakivi vaihettuu hienorakeisemmaksi pyrokseeni-plagioklaasikiveksi, joka puolestaan on kontaktissa metapeliittisen kiven kanssa.

6.1.7.1.2. Happamat metavulkaniitit

Siilinjärven kartta-alueella esiintyy hapanta metavulkaniittia Koivusaaren muodostuman emäksisten metavulkaniittien välissä Koivusaaren ja Hamulan kylissä (3331 08D). Wilkman (1938, s. 49) kuvasi näitä kiviä leptiittimäisenä liuskeena, jossa on 0,5–2 mm:n suuruisia kvartsi- ja oligoklaasihajarakeita. Kvartsihajarakeet esiintyvät sekä kvartsirykelminä että omamuotoisina kiteinä. Stratigrafisesti tästä emäksisen Parkkilan jäsenen päälle sijoittuvasta happamasta Kirjoniemen jäsenestä voidaan erottaa kolme erilaista yksikköä. Niiden kiven väri vaihtelee vaalean- ja tummanharmaasta kellertävänharmaaseen. Alimman yksikön kivet koostuvat hienorakeisesta kvartsista, oligoklaasisesta plagioklaasista ja serisiitistä. Niille ovat ominaisia 1–3 mm:n suuruiset kvartsi- ja plagioklaasihajarakeet sekä 0,5–3 mm pitkät biotiittilinssit. Tyypillisiä ovat myös alle 15 cm:n suuruiset kvartsi- ja plagioklaasihajarakeita sisältävät pyöreähköt kappaleet. Keskimmäisen yksikön kivi koostuu myös hienorakeisesta kvartsista, oligoklaasisesta plagioklaasista ja serisiitistä, mutta tyypille ovat ominaisia < 2 mm:n kokoiset kvartsiha-

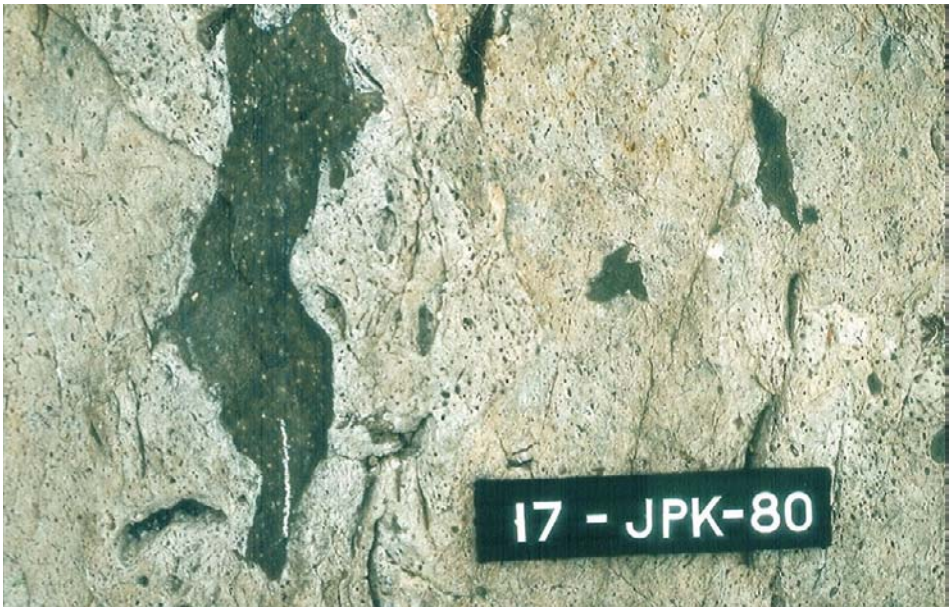


Kuva 24. Kirjoniemen jäsenen metatuffin kvartsihajarakeita. Nikolit //, suurennos 1,5 x.
Fig. 24. Quartz phenocrysts in the felsic metatuff of the Kirjoniemi member. Nicols //, magnification 1.5 x.
Siilinjärvi, Koivusaari. 3331 08D, x = 6997,340; y = 3527,520.
Valokuva – *Photo:* Jukka Kousa.

jarakeet, joissa on mikroskooppisesti nähtävissä vulkaanisille kvartsirakeille tyypillistä korroosiorakennetta (kuva 24). Tämän yksikön ja alemman yksikön välissä olevassa vajaat 10 metriä paksussa breksiakerroksessa (kartassa vulkaanista breksiaa esittävä avoin kolmio) on magnetiittipitoisia serttikappaleita, karbonaattikappaleita sekä kookkaita, kvartsi- ja plagioklaasihajarakeita sisältäviä felsisiä metavulkaniittikappaleita. Kappaleet ovat osin pyöreitä, osin kulmikkaita ja kooltaan parista senttimetristä kolmeenkymmeneen senttimetriin. Ylimmän yksikön hienorakeisessa kvartsi-, plagioklaasi- ja kiillepitoisessa iskoksessa on erilaisia felsisiä metavulkaniittikappaleita, joiden koko vaihtelee muutamasta millimetristä kahteen kolmeen senttimetriin. Alkuperältään hapan Parkkilan jäsen lienee synnyltään todennäköisesti ash flow -tuffia – virtaustuffia. Keskimmäinen yksikkö voi olla jopa ignimbriittiä, mutta metamorfisen uudelleen kiteytymisen vuoksi siinä ei ole enää nähtävissä ignimbriiteille tyypillistä hitsausrakennetta lukuun ottamatta pieniä, tummia liekkimäisiä sulkeumia, mahdollisia fiammeja (kuva 25). Ylin yksikkö lienee felsisen aineksen rapautumistuotetta.

6.1.7.1.3. Amfiboliitit

Siilinjärven kartta-alueen länsireunassa on sarvivälkegneissejä ja amfiboliitteja, joille on ominaista joko raitaisuus tai massamaisuus. Maaningan Keskisaaressa ja sen pohjoispuolen Myhkyrinsaaressa (3331 06B) olevassa amfiboliitissa on raitojen paksuus 1–2 cm. Raitaisuus johtuu kiilteen ja sarvivälkkeen vaihtelusta. Pääminerаaleina kivessä on pääasiassa sarvivälkettä, plagioklaasia ($An_{25–36}$), vähemmässä määrin kvartsia ja



Kuva 25. Mahdollista ”fiamme”-rakennetta Kirjoniemen jäsenen happamassa metatuffissa. Laatta 12 cm.
Fig. 25. Possible “fiamme” structure in the felsic metatuff of the Kirjoniemi member. Tag 12 cm.
Siilinjärvi, Koivusaari. 3331 08D, x = 6997,340; y = 3527,520.
Valokuva – *Photo:* Jukka Kousa.

vaihtelevasti biotiittia. Aksessorisesti on titaniittia, opaakkia, apatiittia ja kloriittia. Paikoin kivessä on myös pieniä (koko < 1 mm) plagioklaasihajarakeita. Kivi on alkuperältään tuffia.

Pienen Maaninkajärven ja Varpasmaan välisellä alueella (3331 03 D) on muutama amfiboliitiksi määritetty kalliopaljastuma. Kivi on niissä hieno- tai pienirakeista ja yleensä joko raitaista tai massamaista, mutta selviä vulkaanisia primaarirakenteita ei ole tavattu. Yhden ohuthieen perusteella kivi koostuu pääasiassa sarvivälkkeestä ja andesiinisesta plagioklaasista. Aksessorisesti on opaakkia, titaniittia, zirkonia, apatiittia, kvartsia ja serisiittiä. Amboliitin molemmin puolin on migmatiittista kiillegneissiä, alkuperältään ilmeisesti grauvakkahiekkaa.

Petsamon kylän eteläpuolella Leväsen järven ja Soidinmäen välisellä alueella (3331 02B) on kaksi pientä amfiboliittialuetta, joista pohjoisemman rajaus perustuu viiteen ja eteläisemmän yhteen kalliohavaintoon ja aeromagneettiseen anomaliaan. Molemmissa paikoissa kivi on asultaan raitaista. Molemmissa on kvartsi-maasälpäsuonia, ja eteläisemmässä on myös diopsidipitoisia raitoja.

Maaningan Liesjärven eteläpuolella (3331 02C) on arkeeisen pohjagneissin ympäröimänä useassa paljastumassa paleoproterotsooiseksi tulkittua amfiboliittia. Paikoin kivi on raitaista, mikä voisi osoittaa kerroksellisuutta.

Arkeeisen pohjagneissin ja paleoproterotsooisten kivien rajalle on rajattu Maununmäen eteläpuolelta (3331 02C) alkava ja Suuri-Palosen järvelle ulottuva (3331 04A) amfiboliittivyöhyke. Vyöhyke ei ehkä ole niin yhtenäinen kuin kartassa esitetään. Rajaus perustuu pääasiassa aeromagneettiseen anomaliaan; paljastumahavaintoja on kahdek-

san kappaletta. Kivilajin asu vaihtelee niissä massamaisesta raitaiseen mineraalikoostumuksen ollessa pääasiassa sarvivälkettä ja plagioklaasia. Poikkeuksena on Mäkijärven kohdalla (3331 01D) olevat kaksi pientä paljastumaa, joissa kivi sisältää amfibolin lisäksi myös biotiittia omina kapeina raitoinaan. Asultaan kivi muistuttaa tuffia tai tuffiittia. Kapeat kvartsi-maasälpäpitoiset trondhjemiittiset suonet ovat vyöhykkeen kiville ominaisia.

Niemisjärven eteläpuolella Tervakankaan alueella (3331 04A) sijaitsee pienialainen, kolmen paljastuman avulla rajattu amfiboliittiesiintymä. Sen pohjoispään länsireunassa on amfiboliitin ja tonaliittisen pohjagneissin välissä arkosiittista kiveä ja kalkkisilikaattikiveä.

Lamperilan Piilumäen länsireunalla (3331 04C) on amfiboliittisia kiviä kvartsiitin ja kalkkisilikaattikivien yhteydessä. Amfiboliitit ovat raitaisia asultaan, mutta varmoja primaarisia vulkaanisia rakenteita ei ole nähtävissä.

Suovunniemeltä ja kahdesta sen itäpuolella sijaitsevasta saaresta (3331 07A) löytyi kaikkiaan neljästätoista paljastumasta amfiboliittista kiveä. Suovunniemen amfiboliitti on diopsidiraitaista ja muistuttaa ulkonäöltään Kuopion Vaivasen muodostuman deformoituneita diopsidiraitaisia metalaavoja. Päämineraaleina on kiven perusosassa sarvivälkettä ja plagioklaasia (An_{45}) ja raidoissa diopsidia. Aksessorisesti on titaniittia, opaakkia ja karbonaattia. Saarissa sijaitseva amfiboliitti on mikroskooppisesti hienorakeista ja granoblastista, mutta paljastumalla selvä suuntaus on havaittavissa, muuten kivet ovat asultaan massamaisia. Päämineraaleina on sarvivälkettä ja plagioklaasia (An_{40}), ja aksessorisesti on opaakkia, titaniittia, apatiittia ja kvartsia. Trondhjemiittinen kvartsimaasälpäaines migmatisoi kiveä paikoin. Sitä edustavatko viimeksi kuvatut amfiboliitit laavakiviä ja kuuluvatko molemmat tyypit todella Kuopion Vaivasen muodostumaan, ei ole lähemmin selvitetty. Kivilajikartassa ne esitetään tästä syystä amfiboliitin vaaleammanvihreällä värillä.

6.1.7.1.4. Sarvivälkegneissit

Siilinjärven kartta-alueen länsireunassa Liesjärven länsipuolella Eteläkylän ja Vääränniemen välisellä alueella (3331 02A/01B) on muutaman paljastuman ja aeromagneettisen aineiston perusteella rajattu sarvivälkegneissiä. Kahden ohuthieen mukaan päämineraaleina sarvivälkkeen lisäksi on plagioklaasia, jonka koostumus vaihtelee oligoklaasista andesiiniin (An_{36}), sekä kvartsia ja biotiittia. Aksessorisesti löytyy opaakkia, apatiittia, zirkonia ja titaniittia. Asultaan kivet ovat raitaisia, ja ohuet kvartsi-maasälpäsuonet migmatisoivat niitä. Raitaisuus voi olla kerroksellisuutta, mutta primaarisia rakenteita ei ole nähtävissä.

Sarvivälkegneissiksi tulkittua kiveä on myös pääasiassa aeromagneettisen anomalian ja kolmen paljastuman perusteella rajatulla alueella karttalehden lounaisnurkassa Pienen Saittajärven länsi- ja itäpuolella (3331 01A, C). Sielläkin kivi on kvartsi-maasälpäsuonista, trondhjemiittista ja asultaan raitaista.

6.1.7.2. Vulkaaniset kivilajit Kuopion kartta-alueella

Kuopion kartta-alueella vulkaniitteja, joista löytyy primaarisia rakenteita, on karttaalueen itäosassa (3242 12, 09, 08, 11 ja 10). Ne ovat Siilinjärven kartta-alueen vulkaniittien jatkeita. Kartta-alueen keskiosassa (3242 03, 05, 04) ovat Siilinjärven lehden sarvivälkegneissien ja amfiboliittien jatkeet. Kuopion kartta-alueen vulkaanisperäisiä

kiviä ovat aikaisemmin kuvanneet Wilkman (1923, s. 58), Preston (1954, s. 45), Huomo (1978, s. 17) ja Aumo (1983a, s. 49). Wilkmanin (op. cit., 1938, s. 66) mielestä alueen amfiboliitit ovat alkuperältään effusiivista gabroa tai diabaasia, jotka sijaitsevat kvartsiitti- ja karbonaattikivivyöhykkeiden reunoilla. Prestonin (op. cit.) mukaan amfiboliiteissa ei ole sellaisia primaarirakenteita, joiden avulla niiden alkuperän voisi määrittää, mutta hän arveli niiden olevan synnyltään osin laavavirtoja, osin kerrosjuonia ja tuffeja. Kuopion keskustasta n. 6 km etelään, Pientä Neulamäkeä lävistävässä rautatietunnelissa sijaitsevia amfiboliitteja Huomo (1978, s. 17) pitää sekä Wilkmanin (op. cit.) että Prestonin (1954, s. 46) käsityksiin viitaten magmaattisina. Aumo (op. cit.) nimesi Kuopion kaupunkialueen vulkaniitit Vaivasen muodostumaksi ja kuvasi ensimmäisenä niistä tyynyrakenteita varmistaen siten kivien vulkaanisen alkuperän.

6.1.7.2.1. Emäksiset metavulkaniitit

Pääosa Kuopion kartta-alueen metavulkaniiteista kuuluu Vaivasen muodostumaan. Sen kivet ovat joko tyynyrakenteisia, massiivisia tai porfyriittisia laavoja. Pyroklastisia kiviä on vähän, ja massiivissa laavoissa on paikoin epäjatkuvia serttivälikerroksia, joiden paksuus vaihtelee 20 cm:stä 10 m:iin. Raekooltaan metalaavat ovat tiiviitä tai hienorakeisia; tosin porfyriittiset laavat ovat hieman karkeampia kuin muut laavatyypit. Manteleita, joista suurimmat ovat kooltaan 0,5 cm, on muodostuman laavoissa yleensä hyvin vähän. Ne ovat joko kvartsi-, karbonaatti- tai epidoottitäytteisiä. Metamorfoosin ja deformaation vuoksi alueen vulkaniitit ovat vaihtelevasti liuskettuneita ja primaarisia mikrorakenteita voi nähdä vain harvoin. Kivien päämineraalit ovat amfiboli (55–70 vol-%) ja plagioklaasi (30–45 vol-%). Amfiboli, pääasiassa tummanvihreää sarvivälkettä, on metamorfoosissa uudelleen kiteytynyttä ja paikoin muuttunut biotiitiksi. Porfyriittisille laavoille ominaiset 1–3 mm:n kokoiset hajarakeet tai raekasaumat (5–10 vol-%) ovat sarvivälkettä, mutta alkuperältään ne lienevät pyrokseenia. Plagioklaasirakeet ovat muodoltaan polygonaalisia ja koostumukseltaan enimmäkseen oligoklaasis-andesiinisia. Muuttumistuloksena niissä on vaihtelevasti serisiittiä. Paikoin laavoissa on myös plagioklaasiaggregaatteja, jotka voivat olla alkuperältään hajarakeita. Kivien aksessoriset mineraalit ovat ilmeniitti, titaniitti ja kvartsi, ja satunnaisemmin esiintyy apatiittia, epidoottia, karbonaattia ja rautakiisuja.

Vaivasen muodostuman metatyynylaavojen tyynyjen koko vaihtelee alle puolesta metristä metriin. Tyynyjen välitiloja täyttää 2–5 cm:n paksuinen karsiaines, joka sisältää diopsidia, karbonaattia ja epidoottia sekä hieman titaniittia, sarvivälkettä ja plagioklaasia. Monessa paikassa karsiaines on rapautunut pois, jolloin tyynyjen välissä on tyhjä tila (kuva 26). Samanlaista karsiainesta on paikoin myös massiivisissa metalaavoissa juovina tai läiskinä. Paikoin tyynyrakenteiset metalaavat ovat deformoituneet diopsidiraitaisiksi amfiboliiteiksi, jolloin tyynyjen piirteet ovat vaikeasti tunnistettavissa. Pientä Neulamäkeä lävistävän rautatietunnelin itäpään suuaukon paljastumassa metatyynylaavan on havaittu vaihettuvan asteittain tyynybreksiaksi, jonka kappaleiden läpimitta on 10–20 cm. Kappaleiden välimassana on kiilleliuskeeksi metamorfoitunutta saviainesta. Breksiarakenne on laavan kuoriosan rikkoutumisessa syntynyttä flow-top-breksiaa. Vulkaniittien joukossa esiintyy paikoin metadiabaasijuonia, jotka ovat laavavirtoihin nähden osin leikkaavia ja osin kerrosmyötäisiä. Juonien raekoko vaihtelee hienorakeisesta keskirakeiseen (lähemmin kappaleessa Juonikivilajit, s. 119).

Vaivasen muodostuman metalaavat sijoittuvat kartta-alueen itäosaan arkeeisia pohjagneissidoomeja yhdessä kvartsiittien kanssa reunustavaan kahteen pääjaksoon. Siilin-

Kuva 26. Vaivasen muodostuman metatyynylaavaa. Vasara 60 cm.
Fig. 26. Pillowed metalava of the Vaivanen formation. Hammer 60 cm.
Kuopio, Vaivasen lampi. 3242 12A, x = 6972,470; y = 3534,380.

järven kartta-alueelta Laivonsaaren itäinen vulkaniittivyöhyke jatkuu Kuopion kartta-alueelle Neulaniemen länsireunalla, jossa kivissä on nähtävissä myös tyynyrakennetta (3242 09B). Parin kilometrin mittaisen katkoksen (ei kalliohavaintoja) jälkeen vulkaniittijakso jatkuu Kolmisopen lammen (3242 12A) jälkeen itäänpäin ja kääntyy kohti Savilahtea häviten veteen Savisaaren pohjoispäässä (3242 12B). Siellä olevissa paljastumissa on nähtävissä deformoitunutta tyynyrakennetta. Savilahden kaakkoispohjukassa olevassa pienessä paljastumassa oleva kivi on joko deformoitunutta raitaista laavaa tai raitaista tuffia. Vyöhyke jatkuu eteläänpäin ja Särkiniemessä (3242 12A) on kivessä tyynyrakennetta (huom. kallioperäkartassa on sillä kohtaa virheellisesti amfiboliitin vaaleanvihreä väri). Särkiniemestä vyöhyke jatkuu Kärängän edustan pienien saarien kautta Kärängän niemelle ja Jynkänniemen kautta edelleen Pienen Neulamäen itärinnettä pitkin sen pohjoispäähän (3242 09C/12A). Esitetyssä vyöhykkeen osassa on monin paikoin nähtävissä tyynyrakennetta ja koko stratigrafinen sarja porfyyrisesta metalaavasta metatyynylaavaan. Pienen Neulamäen länsireunaa pitkin jatkuu vyöhyke tyynyrakenteisine metalaavoineen Pitkälahteen ja sieltä edelleen Hiltulanlahteen (3242 11B), jossa tyynyrakennetta ei laavakivestä löydetty. Tähän vyöhykkeeseen kuuluvia metalaavoja, myös tyynyrakenteisia, on nähtävissä vielä Kuhastenniemessä Puutossalmen pohjoispuolella (3242 11C). Puutossalmen jälkeen vastaavia metalaavoja on Vehmersalmen kartta-alueella (3244 01A, B). Laivonsaaren (3331 07C) läntisempi metavulkaniittijakso jatkuu parin saaren välityksellä Kuopion kartta-alueen puolelle Neulaniemen kärkeen

(3242 09D) ja sieltä edelleen eteläänpäin Jänissaarten kohdalle (3242 09D), jossa jakso katkeaa kahdeksi pohjoisemman osan kaartuessa pohjoiseen päin. Eteläänpäin jakso jatkuu Pilpanlahden kautta Väärälahteen ja sieltä Matkusjärvien kautta Korsumäen eteläpuolelle (3242 11B). Myös tässä jakson osassa on useassa kohdassa nähtävissä tyynyrakennetta. Näiden pääjaksojen lisäksi tyynyrakenteista metalaavaa on pienialaisina esiintyminä Vehmasmäen pohjagneissidoomin reunalla (3242 08C, 070 ja 10A).

Vaivasen muodostumaan rinnastetun Kelloniemen (3242 12D) amfiboliittialueen paljastumien kivissä on tyynyrakennetta muistuttavaa rakennetta tavattu yhdessä paljastumassa Männistön ja Saarijärven asuinalueita yhdistävän kevyenliikenteenväylän varrella ja Pirttiniemen alueen kallioissa. Muuten alueen amfiboliitit ovat joko massamaisia sarvivälkettä ja plagioklaasia sisältäviä tai diopsidipitoisia raitoja sisältäviä kiviä. Kvartsi-maasälpäkoostumuksiset suonet ovat kivissä varsin yleisiä. Amfiboliittialueen rajaus, jota vaikeuttaa asutus, perustuu seitsemään havaintoon ja aeromagneettiseen karttaan.

Hiltulanlahdessa (3242 11A) Korsumäen eteläpuolelle ulottuvan metalaavajakson eteläpuolella on viiden havainnon muodostama erillinen metalaavaesiintymä. Kivi on hienorakeista ja tasalaatuista mutta yleensä selvästi suuntautunutta. Yhdessä paljastumassa on nähtävissä tyynyrakennetta. Esiintymä on kiillegneissien ympäröimää ja tulee näkyviin kiillegneissin alta mahdollisesti paikallisen antiformisen poimurakenteen ansiosta.

Kuhastenniemessä (3242 11C) löytyi metalaavaa useammasta paljastumasta, joissa parissa on nähtävissä tyynyrakennetta ja pieniä karbonaattitäytteisiä manteleita. Kivien kontakti ympäröiviin itäpuolen arkeeiseen pohjagneissiin ja länsipuolen paleoproterotsooiseen kiillegneissiin ei ole nähtävissä. Alue on rajattu aeromagneettisen aineiston avulla.

Ritisenjärven itä- ja kaakkoispuolella (3242 11A, 10B) sijaitsevan parin paljastuman amfiboliittinen kivi on tulkittu metalaavaksi ja kuuluvan Vaivasen muodostumaan. Alueen rajaaminen perustuu aeromagneettisen aineistoon, sillä kontakteja ympäröiviin sivukiviin ei ole nähtävissä.

Sotkanniemen kaakkoiskärjen (3242 10A, B) amfiboliittipaljastumat sijoittuvat niiden länsipuolella olevan magneettisen anomalian itäreunaan. Anomalian kohdalla ei ole paljastumia, joten amfiboliittipaljastumien ja niiden länsipuolen pohjagneissipaljastumien välisen alueen kivilajeista ei ole tietoa. Amfiboliitti on sarvivälke- ja plagioklaasipitoista, ja parissa paljastumassa on tyynylaavarakennetta. Tyynyn muodon perusteella tulkittu kerrosten yläosan suunta on pohjagneissiin päin eli kohti vanhempaa kiveä. Piirre voi kuvastaa todennäköisesti ylityöntörakennetta, mutta deformoituneesta tyynystä tehtävään nuorentumissuunnan määrittämiseen on suhtauduttava varauksella.

Vehmasmäen länsipuolella Tetrijärven alueella (3242 07D) on pari amfiboliittipaljastumaa, joista eteläisemmässä on tyynyrakennetta, joka on jonkin verran deformoitunutta. Tyynyjen koko on noin 0,5 metriä, ja niiden välitilassa on karsiaineista. Kiven pääminerraaleina on sarvivälkettä ja plagioklaasia (An_{43}). Välitilassa on diopsidia, joka on osittain muuttunut sarvivälkkeeksi. Aksessorisesti löytyy titaniittia, opaakkia, apatiittia ja kvartsia. Kivi on raekooltaan hienorakeista. Pohjoisemman paljastuman kivi on myös hienorakeista mutta asultaan raitaista. Amfiboliittien kontaktit ympäröiviin kiviin eivät ole näkyvissä, mutta Tetrijärven länsirannan karbonaattikivi näyttäisi sijoittuvan arkeeisen pohjagneissin ja amfiboliitin väliin.

Vehmasmäen luoteisreunan Koijärven alueelta (3242 08C) löytyi paljastuma, jonka kivilajina on hyvin säilynyttä tyynyrakenteista metalaavaa. Tyynyjen koko vaihtelee 20

cm:stä 70 cm:iin. Kontaktit ympäröiviin kiviin eivät ole nähtävissä, joten kartassa esitetty kontakti perustuu aeromagneettiseen matalalentoaineistoon.

6.1.7.2.2. Amfiboliitit

Kuopion kartta-alueella on edellä kuvattujen primaarisia rakenteita omaavien metavulkaniittien lisäksi pienialaisia amfiboliittiesiintymiä, joita kiven suuntautuneen asun ja mineralogisen koostumuksen – sarvivälkettä ja oligoklaasis-andesiinista, paikoin labradoriittista plagioklaasia – perusteella on nimitetty amfiboliiteiksi ja tulkittu alkuperältään vulkaanisiksi, vaikka niistä ei ole primaarisia vulkaanisia rakenteita varmuudella löydetty.

Humalajoella (3242 07C) löytyi kartoituksen aikana ainoastaan yksi amfiboliittipaljastuma, mutta myöhemmin Ni-hankkeen (Forss et al. 1999) toimesta tehdyssä kairauksessa lävistettiin yli 200 m leveä, jyrkkäasentoinen ennestään tuntematon, irtomaakerrosten peittämä amfiboliitti-sarvivälkegneissiesiintymä, jossa näiden lisäksi on karbonaatti- ja kalkkisilikaattikiveä vaihtelevan paksuina osuuksina (mahdollisesti alkuperäisiä kerroksia).

Ilvesjärven pohjoispuolella (3242 08D) on tonaliittisen pohjagneissilinssin sisällä amfiboliittia, jonka alkuperä on epäselvä. Massamaisen asunsa ja leikkaavan kontaktisuhteen perusteella kivi voisi olla pohjagneissiin tunkeutunut metadiabaasityyppinen juoni.

Laukaanjärven (Kumpu-Lauas) pohjoispuolella Karhumäen kohdalla (3242 08B) on kiillegneissin ympäröimänä yksittäinen amfiboliittipaljastuma. Sen ja aeromagneettisen anomalian avulla rajattu esiintymä voi olla vulkaaninen välikerros kiillegneisseiksi metamorfoituneissa grauvakkahiekoissa. Paljastuman kivi on raitainen, jopa kerroksellisen oloinen asultaan. Siinä on kalkkisilikaattisia boudinaasityyppisiä kappaleita.

Koukelonpohjan järven pohjoispuolella (3242 06C) on amfiboliittisia kiviä sekä kvartsiitin ympärillä että erillisinä esiintyminä pohjagneissien sisällä. Niiden alkuperästä ei ole tarkempaa tietoa, ja niiden rajaaminen perustuu Ekdahlin (1976) havaintoihin. Pohjagneississä esiintyvät amfiboliitit voivat edustaa arkeeiseen pohjaan kuuluvia amfiboliitteja.

Edellisestä paikasta noin 1 km pohjoiseen, Petäjämäen kaakkoisosassa (3242 06D) reunustaa itä-länsisuuntaista pohjagneissikielekettä muutama amfiboliittinen kalliopaljastuma, joissa kivilajina on raitaista, kerroksellisen oloista sarvivälkettä ja plagioklaasia sisältävää amfiboliittia, joka voi olla alkuperältään vulkaanista tuhkaa. Yhdessä paljastumista amfiboliitin ja kiillegneissin vuorottelu osoittaa vulkaanisen ja rapautumissedimenttisen aineksen sekoittumista keskenään. Amfiboliitin eteläreunaan on keltaisella värillä rajattu koostumukseltaan amfiboliittia happamampaa intermediaariseksi metavulkaniitiksi tulkittua liusketta.

6.1.7.2.3. Sarvivälkegneissit

Siilinjärven kartta-alueen lounaisnurkan sarvivälkegneissit jatkuvat Kuopion kartta-alueen puolella kartan luoteisnurkassa, jossa sarvivälkegneisseiksi tulkittuja kiviä on Saittajärven ja Pienen Tallusjärven välisellä alueella (3242 03D, C) useammassa vyöhykkeessä yleensä kiillegneissin ympäröimänä. Koskenkylän (3242 05B) ja Iso-Lauasjärven (3242 05D) välissä on toinen useammasta vyöhykkeestä koostuva sarvivälkegneissijakso, joka lyhyen katkoksen jälkeen ulottuu Kutunjärven (3242 07A) kautta

kartta-alueen eteläreunaan Kolunpohjaan (3242 07C) ja jatkuu sieltä Suonenjoen kartta-alueen (3241 09D) puolelle.

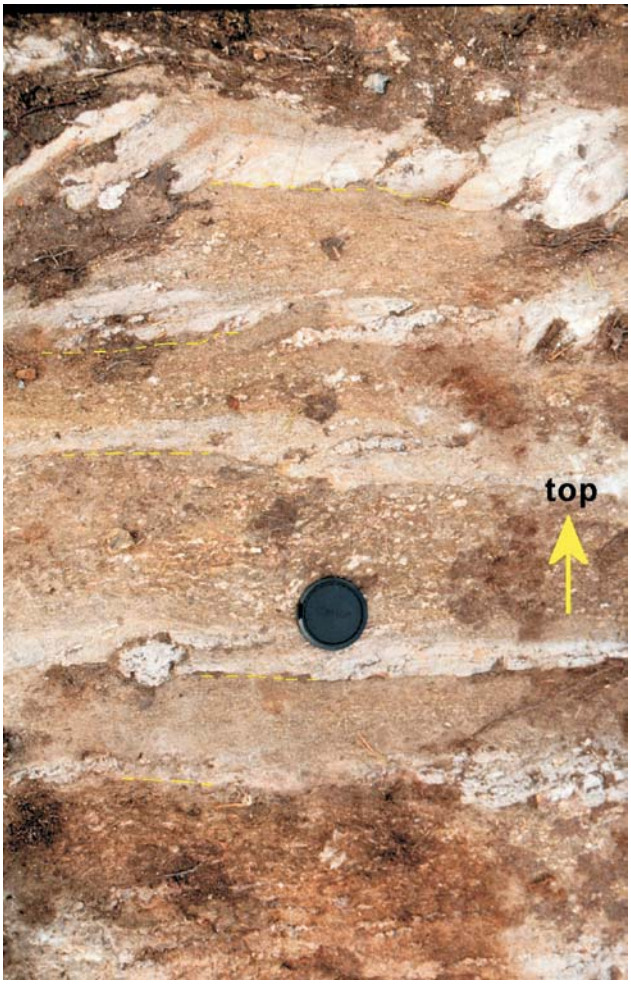
Sarvivälkegneissit ovat samalla tavalla deformoituneita ja migmatoituneita kuin ympäröivät kiillegneissitkin; tosin migmatiittirakenteet ovat epäsäännöllisempiä kuin kiillegneisseissä ja eri migmatiittityyppejä esiintyy pienelläkin alueella. Migmatiittirakennetyypit vaihtelevat stromaattisesta schollen- ja breksiamaiseen tyyppiin. Muutamissa paikoissa kivi on ohutraitaista ja selvästi hiertynyttä, paikoin jopa myloniittiutunutta. Paleosomin ja neosomin määräsuhteissa on suuria vaihteluja eri vyöhykkeiden kesken ja myös niiden sisällä, mm. Fagerströmin (1990) tutkimuksen mukaan Koskenkylän ja Iso-Lauaksen välisen alueen kaakkoisreunassa kivi on neosomivaltaista ja paleosomikappaleet ovat budinoituneita, kun taas alueen eteläreunassa se on mafisempaa ja massamaista muistuttaen syväkiveä. Yleensä neosomia on 10–30 % pinta-alasta, mutta monin paikoin määrä on huomattavasti suurempikin (60–80 %). Sarvivälkegneissin ja syväkivien välistä kontaktia ei ole löydetty paljastuneena. Asultaan massamaiset, syväkivimäiset gneissit voivat olla synnyltään syväkiviä, jotka ovat tunkeutuneet sarvivälkegneissien joukkoon. Sarvivälkegneissin ja kiillegneissin kontakti sen sijaan on useimmiten vaihettuva, ja monessa paljastumassa sarvivälkepitoiset ja kiillepitoiset, ilmeisesti alkuperäiset kerrokset vuorottelevat keskenään. Näitä mahdollisia kerroksia lukuun ottamatta sarvivälkegneisseissä ei ole todettu säilyneen primäärejä piirteitä.

Kivien yleensä tummanvihreän paleosomiosan päämineraaleina ovat plagioklaasi ($An_{35–45}$), sarvivälke, kvartsi ja vähemmässä määrin kalimaasälpä ja biotiitti. Aksessorisesti on yleensä titaniittia, apatiittia, opaakkia, karbonaattia, epidoottia ja zirkonia. Amfibolin muuttumistuotteena on kloriittia ja plagioklaasin serisiittiä. Mineraalien raekoko vaihtelee hienorakeisesta pienirakeiseen. Kvartsi on aaltosammuvaa ja muodostaa usein raekasaumia. Plagioklaasi esiintyy sekä hienorakeisena että isompina omamuotoisina rakeina, jotka usein sisältävät antipertiittisiä laikkuja. Kalimaasälpä on vierasmuotoisina rakeina kvartsin ja plagioklaasin välissä muodostaen usein raekontaktiin myrmekiittirakennetta. Biotiitti ja sarvivälke ovat enemmän tai vähemmän suuntautuneita. Sarvivälkegneissin neosomi on valkeata tai paikoin myös punertavaa, koostumukseltaan trondhjemiittista tai graniittista ja sisältää pääasiassa kvartsia, oligoklaasista plagioklaasia ja vaihtelevasti mikrokliinistä kalimaasälpää.

Kuopion kartta-alueen sarvivälkegneissejä leikkaavat useat hienorakeiset metadiabaasijuonet, joiden kulku on useimmiten itä-läntinen. Leikatessaan sarvivälkegneissejä juonet ovat siten iältään nuorempia kuin pohjagneissikompleksin kiviä leikkaavat metadiabaasijuonet.

6.1.8. Kiillegneissit ja kiilleliuskeet

Kiillegneissit ja -liuskeet ovat alun perin meren pohjalle kerrostuneiden savien ja savensekaisten hiekkojen metamorfoituneita vastineita. Paikoin Kuopion ja Siilijärvenkin kiillegneisseissä ja -liuskeissa on nähtävissä 15–80 cm paksuja kerrossarjoja, jotka voidaan tulkita turbidiiteissa tavattaviksi Bouma-sykleiksi (Bouma 1962). Turbidiitit ovat heikosti lajittuneita grauvakkahiekkakerrostumia, joita syntyy merien vedenalaisten massaliikuntojen sameus- eli turbidiittivirtauksissa (Lehtinen et al. 1998, s. 47). Kerrossarjat ovat paikoin selkeästi rakenteeltaan kerrallisia (engl. graded bedding), jolloin sarjan alaosa on karkeampaa ja hiekkavaltaista eli psammiittista. Yläosaa kohti raekoko hienonee ja aines muuttuu savivaltaiseksi eli peliittiseksi. Peliittinen osa koostuu alku-



Kuva 27. Rahkamäen muodostuman metagrauvakkaa. Linssin suojus 6,5 cm. Top = kerrosten nuorentumissuunta.
Fig. 27. Metagreywacke of the Rahkamäki formation. Diameter of the lens cap 6.5 cm. Top = younging direction of the beds.
Kuopio, Pitkälahti. 3242 11D, x = 6969,020; y = 3531,170.

jaan hienorakeisista savikiilteistä, esim. illiitistä, kvartsista ja vähemmässä määrin maasälvästä, mutta metamorfoosissa savikiilteet korvautuvat biotiitilla ja lisäksi koostumuksesta riippuen niihin kiteytyy suuria porfyroblasteja, kuten andalusiittia, sillimaniittia ja kordieriittia, mikä tekee alkujaan hienorakeisen savikerroksen hiekkaista osaa karkeammaksi (kuva 27). Psammiittinen osa sisältää kvartsia, maasälpiä, biotiittia sekä pieniä (raekoko < 2 mm) kivifragmentteja.

Kiilleliuskeita syntyy, kun geologisten liikuntojen puristuksessa sedimenttiaineksen kiillesuomut asettuvat samansuuntaisiksi. Liuskeet ovat nimensä mukaisesti selvästi liuskettuneita, ja niitä voidaan lohkoa ohuiksi, tasapintaisiksi laatoiksi. Väriltään ne ovat

harmaita tai tummanharmaita ja raekooltaan hieno- tai pienirakeisia (raekoko < 1 mm). Alkuperältään kiilleliuskeet ovat yleensä savivaltaisia, eli niitä voidaan nimittää myös metapeliiteiksi. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueella kiilleliuske-esiintymät ovat kuitenkin varsin pienialaisia, sillä metamorfoosin vaikutuksesta liuskeet ovat kiteytyneet edelleen karkeammiksi kiillegneisseiksi. Juuri pienialaisuutensa takia kiilleliuskeita ei ole eroteltu kallioperäkartoilla.

Karkeamman raekokonsa vuoksi kiillegneissit eivät lohkeile samanlaisiksi tasaisiksi laatoiksi kuin liuskeet. Metamorfisen uudelleenkiteytymisen vuoksi osa alkuperäisistä sedimenttirakenteista on saattanut niistä tuhoutua. Metamorfoosiasteen mukaan gneisseissä on osittaisen sulamisen merkkinä usein vaaleita kvartsista ja maasälvästä koostuvia suonia ja osueita. Syntyneitä seoskiviä eli migmatiitteja voidaan suoniaineksen esiintymistavan mukaan ryhmitellä eri migmatiittityyppeihin (Mehnert 1971, s. 7–42, Lehtinen et al. 1998, s. 63).

Sellaista migmatiittityyppiä, jossa vaaleat neosomisuonet risteilevät tummassa paleosomissa enemmän tai vähemmän säännöllisesti, nimitetään flebiittiseksi. Se vastaa asultaan migmatiittista kiillegneissiä, josta käytetään suonigneissi-nimitystä. Stromaattisessa eli kerrosrakenteessa tummat paleosomi- ja vaaleat neosomiraidat vuorottelevat yhdensuuntaisina vallitsevan liuskeisuuden suunnassa. Alueilla, joilla migmatoituminen on ollut voimakkaampaa, stromaattisen rakenteen lisäksi tai sitä korvaaviksi tulevat schlieren-, schollen- ja nebuliittirakenne ja niiden yhdistelmät. Schlierenrakenteessa on vaaleassa neosomissa pidentyneitä ja vääntyneitä paleosomikappaleita. Schollenmigmatiitissa paleosomikappaleet ”uiskentelevat” lauttamaisesti homogeenisessa tai heikosti heterogeenisessa neosomiaineksessa. Nebuliittirakenteessa alkuperäisen kiviaineksen sulaminen ja uudelleen kiteytyminen on ollut niin voimakasta, että paleosomi näkyy enää haamumaisina jäänteinä vaaleammassa syväkivimäisessä neosomissa, jolloin kiven alkuperän määrittäminen saattaa olla mahdotonta.

Kartta-alueiden kallioperäkartoissa kiillegneissien flebiittistä, stromaattista ja schlieren migmatoitumista on esitetty punaisilla ja vaaleanruskeilla kaksoisliekeillä. Nebuliittisen migmatoitumisen määrittäminen maastossa ja esittäminen kartalla on hankalampaa runsaan kivilajivaihtelun vuoksi – muutaman metrin päässä toisistaan sijaitsevista paljastumista toinen saattaa olla selkeä kiillegneissi, mutta viereisessä paljastumassa kiven osoittaa sedimenttisyntyiseksi enää muutama haamumainen gneissirelikti. Niinpä kallioperäkarttaan kiillegneissien sinisellä värillä rajatun alueen sisällä on kalliopaljastumia, joiden kivilajin voisi määrittää myös syväkiveksi. Samoin Siilinjärven kartta-alueen länsireunan ja Kuopion kartta-alueen luoteiskulman juovaisten ja gneissimäisten granodioriittis-tonaliittis-kvartsidioriittisten syväkivimäisten kivien (diateksiittien) joukossa on kiillegneissiä sulkeumarelikteinä mutta myös muutaman neliömetrin kokoisina kalliopaljastumina (kuva 28).

Varsin monella paljastumalla kiillegneisseistä löytyy koostumukseltaan kalkkisilikaattisia ja muodoltaan soikiomaisia kappaleita. Ne ovat synnyltään joko kalkkipitoisia saostumia, konkreetioita, tai liikunnoissa kappaleiksi katkenneita eli boudinoituneita kalkkipitoisia kerroksia (ks. kuva 34). Vastaavanlaisia kalkkisilikaattisia kappaleita ei ole tavattu Siilijärven ja Kuopion arkeeisista gneisseistä. Monin paikoin alueen kiillegneisseissä esiintyy ohuiden grafiitti- ja kiisupitoisten kerrosten (ks. Mustaliuskeet ja kiisuliuskeet s. 91) lisäksi myös amfiboliitti- tai sarvivälkegneissivälikerroksia osoittamassa joko vulkaanisen aineksen samanaikaista kerrostumista tai aikaisemmin syntyneen vulkaanisen aineksen uudelleen kerrostumista.

Kuva 28. Nebuliittista kiillegneissiä. Laatta 12 cm.
Fig. 28. Nebulitic mica gneiss. Tag 12 cm.
Karttula, Itä-Karttula, Mustalampi. 3331 04A, x = 6983,100, y = 3510,030.

6.1.8.1. Kiillegneissit ja kiilleliuskeet Siilinjärven kartta-alueella

Valtaosa Siilinjärven kartta-alueen kiillegneisseistä on asultaan flebiittis-stromaattisia ja monin paikoin myös nebuliittisia. Primaarirakenteensa hyvin säilyttäneitä grauvakkasyntyisiä kiillegneissejä on vähän. Laajimmat kiillegneissien ja -liuskeiden esiintymisalueet ovat kartta-alueen länsireunassa sekä keski- ja pohjoisosassa.

Siilinjärven kuntakeskuksen pohjoispuolelta alkava (3331 12A) kallioperäkarttaan rajattu kiillegneissi ja -liuskejakso ulottuu Kuivasteenmäen pohjagneissialuetta (3331 08D, 09C) ympäröiden Käärmelahden (3331 08B) kautta Maaningan Pulkonkosken ja Maaninkajärven väliselle alueelle (3331 03C, D). Rajaaminen perustuu pääasiassa aeromagneettiseen ja gravimetriseen aineistoon, sillä kalliopaljastumia on runsaammin vain jakson itäpäässä Vironniemellä (3331 12A, 09C) ja länsipäässä Pulkonkoskella (3331 03C). Niiden välisellä osalla paljastumia on satunnaisesti ja suurimmalla osalla ei lainkaan, esim. Kuivasteenmäen ympäristön rajaamisen apuna oli käytettävissä Outokumpu Oy:n Malmietsinnän iskuporanäytteet ja paikallinen sähköinen ja magneettinen maastomittausaineisto. Niinpä kontakti ympäröiviin arkeeisiin pohjagneisseihin perustuu olettamukseen. Vironniemeltä löytyy paljastumia, joiden kivilajina on kerrallisrakenteista metagrauvakkaa ja parista paljastumasta löytyi myös kerroksia, joissa on hyvin säilyneitä karkeita (ø 2–5 mm) kvartsiittimaisia klasteja. Ne edustanevat hiekkaiseen ainekseen kerrostuneita soravaltaisia välikerroksia. Pulkonkosken alueella (3331 03C) parin paljastumahavainnon lisäksi tietoa kiillegneisseistä tuli Lohja Oy:n pystyasentoi-

sista kairausrei'istä, joiden avulla rajattiin karbonaattikiviesiintymän laajuutta ja asentoa.

Siilinjärven kuntakeskuksen eteläpuolella on Kasurilanmäkeä reunustava Jälältä Kumpuseen ulottuva kiillegneissivyöhyke (3331 11C, A, 08C). Senkin rajaaminen perustuu osittain geofysikaaliseen aineistoon, mutta paljastumia on kuitenkin löydetty sen verran riittävästi, että esiintymän kontaktit on voitu rajata kohtalaisen luotettavasti. Jälältä (3331 11C) tavattiin esiintymää lävistävästä Outokumpu Oy:n Malminetsinnän kairauksesta (SJ/JU-1/1988) hyvin säilynyttä kerrallisen rakenteen omaavaa kiillegneissiä (metagrauvakkaa). Hiekkaisten osien paksuus vaihtelee 1 cm:stä 2 cm:iin, ja saviset osat ovat yleensä alle 1 cm:n paksuisia. Ohuthietutkimuksen mukaan lävistyksessä on kerroksia, joista löytyi kordieriitin jäänteitä ja noin 5 mm:n suuruisia biotiittia, kvartsia ja plagioklaasia sisältäviä andalusiittiporfyroblasteja sekä kerroksia, joissa on 1–3 mm:n kokoisia granaattiporfyroblasteja. Kairauksesta hieman pohjoiseen olevilla kallioilla mainittuja porfyroblasteja ei havaittu, mutta kylläkin paksumpia (5–30 cm) hiekkaisempia kerroksia. Kumpusen kylän alueella (3331 11A) kalimaasälpähajarakeita sisältävä porfyyrinen graniittis-granodioriittinen aines migmatoi kiillegneissiä paikoin hyvinkin voimakkaasti, ja paikoin näyttää siltä, kuin kiillegneissi muuttuisi vähittäin porfyyriseksi kiveksi. Niinpä karttaan merkitty raja kiillegneissin ja varsinaisen porfyyrisen syväkiven välillä onkin varsin tulkinnallinen.

Väänälänrannan (3331 08C), Kehvon (3331 07D, 10B) ja Sorsasalon sekä sen kaakkoispuolen saarille (3331 10C) ulottuvan kiillegneissivyöhykkeen gneissit ovat useimmiten runsaasti neosomiainesta sisältäviä kiviä, monin paikoin nebuliittisia migmatiitteja, joiden alkuperän tunnistaa sedimenttikiveksi esim. kalkkisilikaattisten reliktien perusteella. Räimänkosken ja Kehvon alueen gneisseille ominaisen ruosteisen värin vuoksi Åker (1985) käytti niistä "ruostegneissi" -nimeä kenttänimenä. Ruosteinen väri on rautaoksidin aiheuttama. Yleisten päämineraalien, biotiitin, kvartsin ja plagioklaasin, lisäksi niistä löytyy paikoin granaattia. Sorsasaloon rajatusta kahdesta kiillegneissialueesta pohjoisemmassa, kapeassa vyöhykkeessä kivi on erittäin hiertynyttä. Eteläisemmässä on paikoin ohuita grafiittiliuskeraitoja.

Kettulanlahden kiillegneissi (3331 10A, C) perustuu kahteen havaintoon ja aeromagneettiseen anomaliaan. Jatkeet Kuopion kartta-alueen puolella perustuvat samoin aeromagneettiseen aineistoon.

Laivonsaaressa (3331 07C) emäksisten metavulkaniittien väliin sijoittuvassa kiillegneississä on trondhjemiittisten neosomisuonien ja kalkkisilikaattisten konkreetiomaisten kappaleiden lisäksi kordieriittia, sillimaniittia ja granaattia 0,5 cm:n, paikoin 1,5 cm:n kokoisina porfyroblasteina. Kerrallista rakennetta on myös paikoin tunnistettavissa. Vyöhykkeen jatkeet löytyvät vielä kahdesta Laivonsaaren luoteispuolella sijaitsevan pienen saaren kallioista.

Väänälänrannan ja Autiorannan väliseltä alueelta (3331 08A, 07B) alkava vaihtelevasti migmatoituneita kiillegneissejä sisältävä vyöhyke jatkuu Pohjois-Kallaveden saarien kautta Hirvilahden ja Lamperilan kylien alueelle (3331 04D) ja sieltä Hirvijärven eteläpuolitse Niemisjärvelle ja Viitajärvelle (3331 04B). Migmatoituminen näkyy kivissä yleensä flebiittis-stromaattisena rakenteena, mutta monin paikoin gneissit ovat muuttuneet nebuliittisiksi, jolloin alkuperäisestä aineksesta on tunnistettavissa biotiittikasaumat ja kalkkisilikaattiset konkreetiomaiset kappaleet. Nebuliittista migmatiittia on mm. Viitajärven kaakkois- ja itäpuolella, Hirvijärven eteläpuolella, Haaringaisen ja Eteläkylän alueella, joissa kivi on paikoin hyvinkin graniittista. Metamorfisina porfyroblasteina

on tavattu yleisimmin granaattia. Vyöhykkeen kiillegneissit ovat alkuperältään grauvakkahiekkaa; tosin primaarirakenteita on nähtävissä vain satunnaisesti.

Lamperilan kylässä (3331 04C) on Piilumäen kvartsiitin eteläpuolella trondhjemiittisuonista kiillegneissiä parissa paljastumassa. Samoin pienialaisia paljastumia, joiden kivilajina on migmatiittista granaattipitoista kiillegneissiä, löytyy Hirvilahden pohjoispuolella Autioniemeltä, Tenhun ja Haajan saarista (3331 05C), Korkeasaaresta (3331 05D) ja Kaavaniemeltä (3331 05B). Granaatteja ja trondhjemiittisia suonia sisältävää flebiittis-stromaattista kiillegneissiä tavattiin useata paljastumasta Talluskylän Liesjärven kaakkoispuolelta (3331 05A, 02C). Kapeenmäen länsipuolelta (3331 03C) alkavaksi rajattu kiillegneissivyöhyke ulottuu Ylä-Pulkon järvelle, jossa se haarautuu länteenpäin Saarisen järvelle (3331 03B). Vyöhykkeen rajaaminen perustuu suurelta osalta aeromagneettiseen aineistoon. Kiillegneissi on useimmiten trondhjemiittis-graniittisen aineksen suonittamaa, ja paikoin kivi on nebuliittista. Primaarisia sedimenttirakenteita on säilynyt satunnaisesti. Metamorfisena porfyroblastina on havaittu granaattia. Välikerroksina kivessä on sarvivälkegneissiä, amfiboliittia ja mustaliusketta.

Siilinjärven kartta-alueen länsireunassa (3331 03, 02, 01) kiillegneissit ja paleoproterotsooiset syväkivet muodostavat vyöhykkeen (Saarisen–Itä-Karttulan vyöhyke), jossa (3331 03, 02) sedimenttisyntyisten kivien ja varsinkin raitaisten tai gneissimäisten granodioriittien, tonaliittien ja kvartsidioriittien välisen rajan määrittäminen on monin paikoin tulkinnan varainen. Kivilajikarttaan on rajattu luotettavammin kiillegneisseiksi tulkitut alueet; tosin niidenkin rajaus perustuu monessa paikassa aeromagneettiseen aineistoon. Niissä kiillegneissi on rakenteeltaan stromaattis-flebiittistä mutta usein myös lähes nebuliittista. Syväkivimäisten kivien alueella liekkimerkit osoittavat kivessä olevan kiillegneissijäänteitä. Monin paikoin jäänteet saattavat erottua kohtalaisen tasalaatuisessa syväkivessä vaihtelevan kokoisina biotiittikasaumina tai haamumaisena juovaisraitaisena rakenteena, jolloin kiviä voidaan nimittää diateksiiteiksi. Monin paikoin kivien rakenne ja koostumus muistuttaa arkeeisten pohjagneissien vastaavaa rakennetta ja koostumusta, mikä puolestaan vaikeutti myös arkeeisen ja proterotsooisen kallioperän rajaamista kartta-alueen länsireunalla. Onkin mahdollista, että juovaisten tai gneissimäisten granodioriittis-kvartsidioriittisten kivien joukossa on myös arkeeisia gneissejä samaan tapaan, kuin niitä on Kuopion kartta-alueella Paukarlahden ja Vehmasmäen pohjagneissidoomien länsipuolella.

Saarisen–Itä-Karttulan vyöhykkeen Haukijärven ja Talluskylän Liesjärven väliseltä alueelta (3331 02A, B) kohti Itä-Karttulaa (3331 01C) ulottuvan osan kiillegneisseille on ominaista, kuten muillekin vyöhykkeen gneisseille, flebiittis-stromaattinen migmatoituminen. Primaarista kerrostumisrakennetta näkee harvoin, mutta kalkkisilikaattisia konkreetiomaisia kappaleita löytyy lähes joka paljastumalta (kuva 29). Niitä esiintyy myös vyöhykkeen pohjoisemmassakin osassa, vaikka niitä ei ole kivilajikarttaan merkittykään. Liesjärven ympäristön kiillegneissien lähtömateriaalissa on psammiittisen aineksen lisäksi peliittisen aineksen osuus ollut huomattava, koska alueen kivissä granaatin ohella on myös kordieriittia ja sillimaniittia isohkoina porfyroblasteina (kuva 30). Tämäntyyppiset kiillegneissit jatkuvat myös Vesannon kartta-alueen puolelle (3313 11), josta niitä on kuvannut Pääjärvi (1991a, s. 11). Talluskylän kiviä tarkemmin kuvanneen Mäkitien (1984, s. 12) mukaan metapeliittiset liuskeet koostuvat biotiitista, plagioklaasista (An_{25-30}), kvartsista sekä vaihtelevassa määrin esiintyvästä sillimaniitista, kordieriitista ja granaatista. Aksessorisesti on mm. opaakkia, apatiittia, titaniittia, zirkonia ja stauroliittia. Muskoviittia ja kalimaasälpää ei ole yleensä kiteytynyt mm. alueen metapeliittien suuren CaO-pitoisuuden vuoksi. Metapsammiittiset kerrosjäänteet ovat paikoin

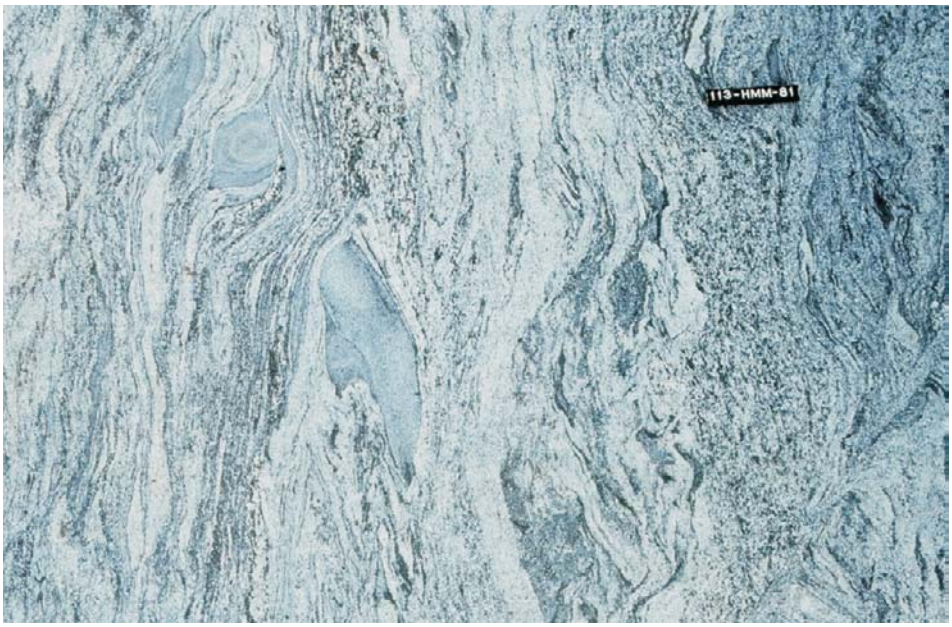
hyvinkin kvartsirikkaita, ja Korosmäen eteläreunalla (3331 02A) kivi on arkoosista (Mäkitie 1984, s. 10). Mäkitien (op. cit., s. 35) mukaan alueen kivet ovat kokeneet monivaiheisen deformaation (kuva 31) ja korkean asteen metamorfoosin (ks. Metamorfoosi ja rakenne, s. 162).

Vyöhykkeen lounaisreunan (3331 01B, C) kiillegneissialue on rajattu suurelta osin aeromagneettisen aineiston perusteella. Alueen kiillegneissit ovat vaihtelevasti migmatoituneita. Paikoin niissä on sarvivälkepitoisia kappaleita ja välikerroksia.

6.1.8.2. Kiillegneissit ja kiilleliuskeet Kuopion kartta-alueella

Kuopion kartta-alueella esiintyy useamman tyyppisiä kiillegneissejä ja -liuskeita, joiden voidaan tulkita olevan alkuperältään peliittisiä ja psammiittisia kerroksia sisältäviä turbidiittisia sedimenttejä. Wilkman (1923, s. 49, 1938, s. 46) nimitti Kuopion alueen kiilleliuskeita ja -gneissejä kiilleliuskemaisiksi gneisseiksi, joiden joukossa on kordieriitti-, sillimaniitti- ja granaattipitoisia hienorakeisia gneissejä. Graniittien läheisyydessä olevia harmaanvalkoisia tai punertavia apliitti- ja pegmatiittigraniittisia suonia sisältäviä gneissejä hän kutsui migmatiittigneisseiksi eli suonigneisseiksi (Wilkman 1923, s. 57). Preston (1954, s. 52) nimitti Kuopion kiillegneissejä peliittisiksi liuskeiksi. Aumo (1983a, s. 62) puolestaan määritti ne kiillegneisseiksi gneissien ja liuskeiden metamorfoitumisen vuoksi. Hän (op. cit, Aumo 1983b, s. 93) myös nimesi Kuopion keskustan pohjagneissidoomeja (3242 12A, B, 11B, 09D, C) ympäröivät kiillegneissit ja -liuskeet litostratigrafiseksi Rahkamäen muodostumaksi.

Rahkamäen muodostuman kiillegneissien metapsammiittiset kerrokset ovat peliittisiä kerroksia huomattavasti ohuempia, paksuus keskimäärin 5–15 cm, ja hiekka-savisuhde on alle 1. Paikoin on sellaisia kerroksia, jotka sisältävät niin runsaasti kvartsia,



Kuva 29. Voimakkaasti migmatoitunutta kiillegneissiä. Laatta 12 cm.
Fig. 29. Highly migmatitic mica gneiss. Tag 12 cm.
Karttula, Itä-Karttula, Salminen. 3331 01C, x = 6982,590; y = 3508,810.

Kuva 30. Granaatti (punertava)-kordieriittikiillegneissi. Laatta 12 cm.
Fig. 30. Garnet (reddish)-cordierite mica gneiss. Tag 12 cm.
Tervo, Talluskylä. 3331 02A, x = 6991,580; y = 3501,860.
Valokuva – *Photo:* Hannu Mäkitie.

että aines on lähes kvartsiittista. Metapsammiittisista kerroksista ei ole löydetty karkeaa klastista ainesta (koko yli 2 mm), joten Kuopion alueen kiillegneissit edustanevat turbidiittivirtojen distaalisempaa eli lähtöalueesta kauempana olevaa osaa. Päämineraaleina kerroksissa on kvartsia, plagioklaasia ($An_{20–30}$) ja biotiittia. Niiden lisäksi on vähän opaakkia, turmaliinia, apatiittia ja zirkonia. Opaakit ovat pääasiassa rikkikiisua, magneettikiisua ja grafiittia. Plagioklaasi on joskus porfyroblasteina ja sisältää runsaasti muita mineraaleja sulkeumina. Kvartsi on paikoin aggregaatteina yhdessä plagioklaasin kanssa. Granaattia on 1–5 mm:n kokoisina porfyroblasteina.

Rahkamäen muodostuman metapeliittisten kerrosten paksuudet vaihtelevat muutamasta senttimetristä noin yhteen metriin. Niiden päämineraalit ovat biotiitti, plagioklaasi ($An_{15–25}$), kvartsi ja kordieriitti. Paikoin on myös kalimaasälpää ja muskoviittia. Kvartsi on usein raekasaumina plagioklaasin kanssa. Aksessorisina määrinä tavataan turmaliinia, opaakkia, zirkonia, apatiittia ja antofylliittiä. Muita mineraaleja suurempina metamorfisina porfyroblasteina on kordieriitin lisäksi sillimaniittia, stauroliittia ja andalusiittia. Porfyroblastien koko vaihtelee mineraalin mukaan, esim. kordieriittirakeiden koko on 0,5–1,5 cm, mutta paikoin löytyi sillimaniittiporfyroblasteja, joiden pituussuuntaa vasten olevan poikkileikkauksen koko on alle senttimetristä jopa viiteen senttimetriin. Porfyroblastien takia alun perin hienorakeinen savinen aines on nykyään psammiittista huomattavasti karkeampaa ja primaarisia piirteitä on hävinnyt (ks. kuva 27).

Aumo (1983a, s. 66) on kuvannut Rahkamäen muodostuman kiillegneissien porfyroblasteja. Kordieriittirakeet ovat paikoin lähes kokonaan piniittiytyneitä, paikoin lähes terveitä. Satunnaisesti paljastumista on löydetty korukiveksi soveltuvaa väriltään sinis-

Kuva 31. Poimuttunut kiillegneissi, jota D3-vaiheen graniittinen suoni leikkaa. Linssin suojus 6,5 cm.
Fig. 31. Folded mica gneiss cut by D3 granitic vein. Diameter of the lens cap 6.5 cm.
Tervo, Talluskylä. 3331 02A, x = 6993,050; y = 3502,250.
Valokuva – *Photo:* Hannu Mäkitie.

tä kordieriittia kiillegneissiä suonittavista kvartsi-maasälpäsuonista. Sulkeumina kordieriitissa on mm. kvartsia ja zirkonia. Stauroliittia on näytteistä tehdyissä hieissä havaittu yleensä vain aksessorisesti ja rakeet ovat pieniä, muodoltaan prismamaisia. Kalliopaljastumissa stauroliitti kuitenkin esiintyy suurina ristikaksosina. Mikroskooppisesti voidaan havaita, että ne koostuvat sillimaniitista, stauroliittiprismoista ja biotiitista ja että niiden ympärillä on usein kvartsista ja plagioklaasista koostuva kehä, joten paljastumien stauroliittiristit ovatkin stauroliitin pseudomorfeja (kuva 32). Sillimaniitti erottuu kallionpinnalla omamuotoisina prismoina ja niiden poikkileikkauksina. Ohuthieissä sillimaniitti on sekä prismamaisina rakeina ja niiden poikkileikkauksina että fibroliittina. Isoissa rakeissa on kvartsia, plagioklaasia ja biotiittia sulkeumina. Andalusiittia on havaittu harvoin paljastumalla, mutta mikroskoopissa tunnistettu on tyypiltään enimmäkseen matomaista kiteytymää; tosin paikoin on nähtävissä myös pieniä omamuotoisia rakeita. Andalusiitti on yleensä yhdessä biotiitin kanssa, joka on usein väriltään vaaleanvihertävää. Peliittisten kerrosten biotiittisuomut ovat suhteellisen pitkiä, ja ne kiertävät usein porfyroblasteja. Suomut sisältävät sulkeumina runsaasti zirkonia.

Rahkamäen muodostuman kiillegneissit ovat vaihtelevasti migmatoituneita, siten että heikommin migmatoituneissa tyypeissä on vain muutama trondhjemiittinen suoni. Tavallista voimakkaammin migmatoitunutta kiillegneissiä on paikoin Ruokoniemessä (3242 12A) ja Särkilahden eteläpuolella (3242 12A) sekä Kolmisopen ja Pilpanlahden välissä (3242 12A, 09C). Useimmiten niissä ei voi enää nähdä kerroksellisuutta, mutta sen sijaan flebiittinen (suonigneissi) rakenne on yleistä. Migmatoitunut kiillegneissi

Kuva 32. Stauroliitin pseudomorfoosi kiillegneississä. Tulitikku 4,5 cm
Fig. 32. Mica gneiss with staurolite pseudomorphose. Length of the match 4.5 cm.
Kuopio, Rahkamäki. 3242 12A, x = 6972,210; y = 3533,070.
Valokuva – *Photo:* Raili Aumo.

sisältää usein kalimaasälpää, jota tavataan joko muiden mineraalien välitiloissa tai porfyroblasteina. Kerrossarjojen kerrallisen rakenteen lisäksi on Rahkamäen muodostuman kiillegneisseistä tavattu primaarisena rakenteena convolute-kerrosrakennetta (kuva 33). Metapeliittisten ja metapsammiittisten kerroksien lisäksi Aumo (1983a, s. 69) on kuvannut kiillegneisseistä myös kalsiumia sisältäviä, amfibolipitoisia sekä grafiitti- ja kiisupitoisia välikerroksia. Kiillegneissien ja alla olevien vulkaniittien välinen kontakti on näkyvissä vain muutamassa paikassa. Rasinmäen rautatietunnelin itäisen suuaukon kohdalla emäksisen metalaavabreksian tyynynkappaleet ovat kiillegneissi-iskoksessa. Kontaktista ei ole löydetty merkkejä diskordanssista eikä myöskään konglomeraattikerroksia (Huomo 1978, s. 21, Aumo 1983a, s. 62), mutta muutamassa paikassa näiden Rahkamäen kiillegneissien ja Vaivasen metavulkaniittien välissä sijaitsee granaatti-, stauroliitti- ja amfibolipitoista kiillegneissiä, joka vastaa kemialliselta koostumukseltaan rautamuodostuman silikaattifasiesta. Varsinaisia kvartsiraitaisia oksidifasieksen rautamuodostumakiviä (BIF) sen sijaan ei ole tavattu, vaikka Ekdahl (1993, s. 83) Aumoon (op. cit.) viitaten virheellisesti niin esittääkin.

Kuopiosta länteen Rahkamäen muodostuman kiillegneissejä tavataan vielä Matkusjärven itäpuolella moottoritien kallioleikkauksissa (3242 11B). Paikassa on nähtävissä, miten itäosan kiillevaltainen sillimaniittia ja kordieriittia sisältävä peliittis-psammiittinen kiillegneissi vaihtuu melko terävän, pystyasentoisen kontaktin jälkeen länsipuolen vähemmän kiillettä sisältäväksi psammiittiseksi kiillegneissiksi, jossa on pieniä (koko 1–2 mm) granaattiporfyroblasteja ja amfiboliittisia välikerroksia. Porfyroblasteja sisältävien

Kuva 33. Convolute-kerrosrakennetta kiillegneississä. Linssin suojus 6,5 cm.
Fig. 33. Convolute bedded mica gneiss. Diameter of the lens cap 6.5 cm.
Kuopio, Jynkkä. 3242 12A, x = 6973,050; y = 3533,200.
Valokuva – *Photo:* Raili Aumo.

peliittis-psammiittisten Rahkamäen muodostuman kiillegneissien jatkumisesta etelääpäin ei ole tietoa, sillä Hiltulanlahden (3242 11B) jälkeen Sotkanniemeä (3242 10B) ja Kurkimäkeä (3242 08C) kohti suuntautuvissa kiillegneissivyöhykkeissä ei ole tavattu mainitulle muodostumalle tyypillisiä kiviä. Kordieriitti- ja satunnaisemmin sillimaniittipitoista kiillegneissiä on kartta-alueen eteläreunassa Hyvärilänniemen ja Metsälän välisellä alueella (3242 10A, 07C), mutta sielläkään kivi ei ole asultaan samanlaista kuin Rahkamäen muodostumassa. Viimeksi mainittua gneissityyppiä lukuun ottamatta vyöhykkeiden kivet ovat psammiittisvaltaisia kiillegneissejä, metagrauvakoita, joissa metamorfisina porfyroblasteina tavataan yleensä granaattia. Näillekin metagrauvakoille kerrallinen rakenne ja budinoituneet kalkkisilikaattiset kerrospätkät tai konkreetiot (ks. kuva 34) ovat tyypillisiä. Paikoin on myös amfiboliittisia kerroksia, joiden protoliitti lienee mafista tuffia. Trondhjemiittis-graniittista suoniainesta on niissä yleensä vähän. Erityisen hyvin säilynyttä metagrauvakkaa (kuva 34) on Kivimäen kallioissa Vehmasmäen länsipuolella (3242 07D). Kurkimäestä pohjoiseen Haminalahteen ja Kaislastenlahteen suuntautuvassa vyöhykkeessä (3242 08B, 09A, B, 06D) on enemmän tai vähemmän migmatoituneita psammiittisvaltaisia kiillegneissejä, joille kalkkisilikaattiset kappaleet ja granaattiporfyroblastit ovat ominaisia. Kivet ovat asultaan joko flebiittisiä tai stromaattisia, mutta varmoja primaarisia kerrosrakenteita ei ole havaittu.

Kuopion kartta-alueen peruskarttalehtien 3241 03–07 alueella on 5–8 km leveässä vyöhykkeessä vaihtelevasti migmatoituneita kiilleliuskeita ja -gneissejä. Tämän Saittajärven-Kutunjärven vyöhykkeen itäreuna sijoittuu Saittajärveltä (3242 03D) Rytkyn

Kuva 34. Metagrauvakkaa, jossa on budinoitunut kalkkisilikaattikerros. Laatta 12 cm.
Fig. 34. Metagreywacke with boudinated calc-silicate interbeds. Tag 12 cm.
Kuopio, Kivimäki. 3242 07D, x = 6957,500; y = 3525,720.

doomin länsipuolelle (3242 06C) ja sieltä Kurkimäen (3242 08C) ja Kivimäen (3242 07B) länsireunan kautta Paukarlahden pohjagneissidoomin länsipuolelle (3242 07A). Vyöhykkeen länsireunaa voidaan seurata Kutunkylän Kumpusen ja Vuorisen järvien (3242 04C, D) kautta Kivijärvelle (3242 05A, C) ja sieltä Kuttajärven luoteispuolelle (3242 03A). Saittajärvellä vyöhykkeen gneissit liittyvät Siilinjärven kartta-alueelta kuvattuihin kiillegneisseihin. Vyöhykkeen kiillegneissit ovat yleensä flebiittis- ja schlierenrakenteisia. Voimakkaimmin migmatoituneet kiillegneissit ovat nebuliittisia migmatiitteja (diateksiittejä), jolloin niiden primaarirakenteita ei voida enää tunnistaa. Paikoin on myös schollenrakenteisia migmatiitteja. Kivien psammiittis-peliittinen protoliitti (paleosomi) on nykyasussaan hieno-keskirakeista gneissiä. Neosomi on keskirakeista trondhjemiittia, usein myös graniittia. Rakennegeologisten tutkimusten mukaan graniittinen neosomiaines on trondhjemiittista nuorempaa. Vyöhykkeen keskiosissa Kuttajärven ja Iso-Lauaksen välisellä alueella (3242 03A, C, 05B, C) on vallalla peliittisalkuperäisiä gneissejä, joihin on metamorfisen uudelleen kiteytymisen seurauksena kasvanut porfyroblasteiksi kordieriittia, sillimaniittia, granaattia, andalusiittia, stauroliittia ja harvemmin kyaniittia. Nebuliittisissa gneisseissä (diateksiiteissä) on aikaisemman rakenteen päälle kasvaneita, mutta myöhemmissä tektonisissa liikunnoissa pyörähtäneitä varsin omamuotoisia plagioklaasi- ja kalimaasälpäkiteitä, jotka tekevät kiven asun ”ryynimäiseksi” (kuva 35). Tällaisia ”ryynigneissejä” on runsaimmin Iso-Lauaksen ja Kutunjärven eteläpuolelle (3242 07A) ulottuvassa, n. 4 km leveässä vyöhykkeen osassa. Vyöhyke sijoittuu Airakselan siirros- ja hiertovyöhykkeen vaikutusalueelle, jota kivilajikartalla

Kuva 35. Maasälpähajarakeita nebuliittis-schollenmigmatiittisessä kiillegneississä. Laatta 12 cm.
Fig. 35. Feldspath grains in the nebulitic-schollen migmatitic mica gneiss. Tag 12 cm.
Kuopio, Tielammit. 3242 07A , x = 6952,720; y = 3522,270.

on kuvattu yhdellä siirrosta tai ruhjetta esittävällä katkoviivalla. Vyöhyke jatkuu Suonenjoen kartta-alueen (3241 09B) puolelle.

Saittajärven–Kutunjärven vyöhykkeen kiillegneisseissä on kartta-alueen muiden kiillegneissien tapaan yleisesti erilaisia sulkeumakappaleita: kvartsivaltaisia, kiillevaltaisia sekä tavallisimmin konkreetiomaisia kalkkisilikaattikappaleita, jotka ovat gneissien eri migmatoitumisasteista riippumatta selvästi tunnistettavissa. Sulkeumilla ei ole havaittu olevan mitään alueellista jakautumista, vaan niitä on melko tasaisesti kautta vyöhykkeen. Yleisin kalkkisilikaattikappale on usein kehällinen siten, että tummaa sisusta ympäröi eripaksuinen vaaleampi kehä (Fagerström 1990, s. 9). Yleensä plagioklaasista, kvartsista ja sarvivälkkeestä koostuva sisus muuttuu ulkokehään päin mafisemmaksi ja sisältää runsaammin sarvivälkettä ja titaniittia sekä sisäosaan verrattuna vähemmän felsisiä mineraaleja. Kehän ja sisuksen rajalla on rautaoksidia, karbonaattia ja voimakkaasti serisiittiytynyttä plagioklaasia.

Peruskarttalehden 3242 05 alueelta vyöhykkeen kivilajeja tarkemmin kuvanneen Fagerströmin (1990, s. 12) mukaan heikosti migmatoitunutta eli hyvin säilynyttä kiillegneissiä on alueen lounaisosassa (3242 05A). Sen kivi on tasa- ja hienorakeinen. Neosomia on vain 10–20 % paljastuman pinta-alasta yhdensuuntaisina juovina ja raitoina. Paleosomi sisältää melko runsaasti kvartsia, plagioklaasia (An_{45}) ja hienorakeista biotiittia. Granaattia (ø 1–2 mm) on rikkonaisina rakeina. Mikroskooppisesti sen on havaittu osittain retrogradisesti muuttuneen vihreäksi biotiitiksi sekä kloriitiksi ja muskoviitiksi. Vähemmän migmatoituneita kiillegneissejä on myös alueen koillispuolella; tosin siellä on paikoin kiillegneissejä, joiden porfyroblasteina on kordieriittia ja sillimaniittiakin.

Voimakkaammin migmatoituneita kiillegneissejä on Fagerströmin (op. cit., s. 12) tutkiman alueen keskiosassa n. 1,5 km leveänä kaistaleena Kivijärven ja Petäisen järven välissä (3242 04 A, C, B). Se jatkuu myös Kuttajärven suuntaan (3242 03C, A). Kivi on lähinnä flebiittinen tai schlieren-rakenteinen. Poimuttunutta ja 'pinch and swell' -rakenteista neosomia on usein 20–40 % kiven pinta-alasta. Paleosomi on keskirakeista, ohutjuovaista gneissiä siten, että vaaleat ja tummat mineraalit ovat metamorfoosissa erottuneet omiksi juovikseen. Paikoin kivissä on sarvivälkepitoisia välikerroksia niin runsaasti, että kiillegneissi ja sarvivälkegneissi vaihettuvat toisikseen ilman selvää rajaa. Kiillegneissien päämineraaleina on pääasiassa plagioklaasia ($An_{30–45}$), kvartsia ja biotiittia. Porfyroblasteina voi olla 1) granaattia ja kordieriittia, 2) granaattia, kordieriittia ja sillimaniittia, 3) granaattia, muuttunutta kordieriittia, josta on kiteytynyt andalusiittia, sekä 4) edellisten lisäksi paikoin stauroliittia tai harvemmin kyaniittia. Neosomissa on toisinaan kvartsin ja plagioklaasin lisäksi kalimaasälpää. Joillakin granaatti-kordieriitti-kiillegneissi-paljastumilla on keskirakeisen paleosomin lisäksi hienorakeisia, liuskeisia paleosomiosuuksia, joissa on runsaammin granaattia. Metamorfisista mineraaleista kordieriitti on kvartsi- ja plagioklaasirakeita karkeampina, vierasmuotoisina porfyroblasteina. Se voi sisältää poikiloblasteina erikokoisia kvartsirakeita, pieniä biotiittirakeita sekä zirkonia. Kordieriitin hajotessa on paikoin muodostunut andalusiittia, joka esiintyy hienorakeisina vierasmuotoisina raekasaumina. Kiillegneissien granaattiporfyroblastit ovat usein keskirakeisia ja vierasmuotoisia. Ohuthieessä nähdään niiden olevan poikiloblastisia ja sisältävän kvartsia, plagioklaasia ja biotiittia. Poikiloblastisuuden lisäksi granaattirakeet ovat rikkonaisia ja harvoin ehjäreunaisia. Ruskehtavaa fibroliittista sillimaniittia on kiteytynyt sekä granaatin, kordieriitin että biotiitin yhteyteen. Fibroliittisen sillimaniitin lisäksi on havaittu myös pitkiä prismakiteitä. Pieniä sillimaniittineulasia on sulkeumina lievästi muuttuneissa kordieriiteissa. Kiven pinnalla sillimaniitti näkyy vaaleina sälöinä. Paikoin on tavattu stauroliittirakeita, jotka ovat vinoristikaksostuneet. Kyaniittia on havaittu vain yhdestä ohuthieestä, ja se on varmistettu analysoimalla röntgendifraktometrillä. Kyaniitti on hyvin hienorakeista, osittain omamuotoista biotiitin yhteydessä, granaattia ja andalusiittia sisältävissä kiillegneisseissä.

Pitkälle migmatoituneita kiillegneissejä eli nebuliittisia migmatiitteja (diateksiitti; Fagerström op. cit., s. 14) on edellä kuvatun kiillegneissialueen lounaisreunassa. Paikoin niiden joukossa on myös schollenrakenteisia kiillegneissejä. Kivien maasälpä on uudelleen kiteytynyttä. Plagioklaasirakeet sekä osa kalimaasälpärakeista ovat omamuotoisia ja muita rakeita suurempia. Näiden isompien maasälpärakeiden välissä on hienorakeista, granoblastista kvartsia, plagioklaasia, kalimaasälpää ja biotiittia. Petäisen järven länsipuolella (3232 05C, B) omamuotoisia karkeita maasälpärakeita on niin runsaasti, että granodioriittis-tonaliittisen porfyyrisen gneissin/granitoidin ja nebuliittisen migmatiitin välinen kontakti on vaikeasti rajattavissa.

Edellä kuvatun Saittajärven–Kutunjärven kiillegneissivyöhykkeen länsipuolella peruskarttalehtien 3242 04, 02 ja 01 alueella on jälleen metagrauvakoita, joissa kvartsimaasälpäleukosomin määrä vaihtelee vyöhykkeittäin lähes olemattomasta (< 10 %) runsaastikin suoniainesta sisältäviin flebiittis-stromaattisiin kiillegneisseihin, joissa neosomia on 10–40 %. Heikommin migmatoituneissa kivissä kerrallinen rakenne on usein nähtävissä, jopa niin että kerrosten nuorentumissuunta on voitu mitata. Niillä alueilla, joilla migmatoituminen on ollut voimakkaampaa, stromaattisen rakenteen lisäksi tai sitä korvaaviksi tulevat schlieren-, schollen- ja nebuliittirakenne ja niiden yhdistelmät. Migmatiiteissa, joissa näitä rakenteita tavataan, on neosomiaineksen osuus yleensä vähintään 30 %. Metamorfisina porfyroblasteina alueen kiillegneisseissä esiintyy yleensä granaat-

tia. Alumiinisilikaattisia porfyroblasteja on havaittu satunnaisemmin, kuten Kangas-Petäisen järven länsipuolen kallioista (3242 02C). Niiden puuttuminen johtunee peliittisen aineksen vähäisyydestä kiillegneissien lähtömateriaalissa. Virmaanpään Leväsen järven pohjoispuolella (3242 02B) on maantien reunan paljastumassa hypersteeni-, granaatti- ja kordieriittipitoista kiillegneissiä. Aikaisempien tutkijoiden mukaan (Korsman et al. 1984, s. 26, kuva 11, s. 25) kivi on sulkeumana kalimaasälpähajarakeisessa granitoidissa, mutta alueen kartoituksessa käsitykselle ei löytynyt tukea. Esiintymä sijaitsee granitoidin kontaktissa. Kalkkisilikaattisia konkreetiomaisia kappaleita alueen kiillegneisseissä on yleensä melko runsaasti. Kartta-alueen lounaiskulmassa Iisveden alueella (3242 01A) on granaattipitoisia flebiittisiä kiillegneissejä, joissa on paikoin ohuita pyrokseenipitoisia sarvivälkegneissivälikerroksia.

6.1.9. Kvartsi-maasälpägneissit ja -liuskeet

Kvartsi-maasälpägneissit ja -liuskeet koostuvat nimensä mukaisesti pääasiassa kvartsista ja molemmista maasälvistä. Raekooltaan kivet ovat hieno-pienirakeisia ja väriltään vaaleanharmaita tai vaaleanpunertavia. Niissä on yleensä selvä liuskeisuutta vastaava raitaisuus, mutta esim. varmoja primaarisia sedimenttirakenteita ei ole havaittu, ja siten kivien alkuperä on epäselvä. Kuopion kartta-alueella ainakin osa kvartsi-maasälpägneisseistä voi olla alkuperältään vulkaanisia, koska ne ovat vulkaanisperäisten sarvivälkegneissien yhteydessä.

Siilinjärven kallioperäkartassa on esitetty kaksi kvartsi-maasälpägneissialuetta. Niistä toinen, pienialainen esiintymä, sijaitsee Laivonsaaren länsipuolella Iso-Telkon saaren eteläkärjen itäreunassa (3331 07C). Kivessä on pieniä granaattikiteitä. Paljastuman molemmin puolin on arkeeiseksi pohjagneissiksi tulkittua kiveä, joten kvartsi-maasälpägneissin ikäkin on kohteessa epäselvä. Noin 250 m:n päässä esiintymän länsipuolella on kvartsiittimaista kiveä pohjagneissin kanssa. On mahdollista, että kvartsimaasälpägneissi edustaa pohjan päälle kerrostunutta arkoosista sedimenttiä.

Toinen Siilinjärven kartta-alueen kvartsi-maasälpägneissiesiintymistä sijaitsee alueen luoteisosassa Valkeisen järven pohjoispuolella (3331 03A). Esiintymän alueella on 6 paljastumaa. Kivi on väriltään vaaleanpunertava ja asultaan raitainen vaaleiden ja tummien mineraalien esiintyessä ohuina vuorottelevina raitoina. Päämineraaleina on plagioklaasia ($An_{20–24}$), mikrokliiniä, kvartsia ja biotiittia. Aksessorisesti esiintyy sarvivälkettä, epidoottia, kloriittia, titaniittia, apatiittia ja opaakkia. Kivi on tasarakeinen, ja biotiitti ja sarvivälke ovat siinä selvästi suuntautuneet. Kiven alkuperää ei ole selvitetty.

Kuopion kartta-alueella kvartsi-maasälpägneissiä ja -liusketta on laajemmin Petäisen järven itäpuolella (3242 05C, B) ja siinäkin kahtena erillisenä esiintymänä. Esiintymien alueella on runsaasti paljastumahavaintoja, mutta rajaamiseen on käytetty aeromagneettista aineistoa. Kivi on väriltään vaaleanpunertava ja raekooltaan hienorakeista. Se on kontaktissa sekä kiillegneissin että sarvivälkegneissin kanssa. Päämineraaleina on mikrokliinistä kalimaasälpää ja kvartsia sekä vähäisemmässä määrin plagioklaasia (An_{30}). Aksessoreina on biotiittia, opaakkia ja satunnaisesti sarvivälkettä, jotka muodostavat heikon juovamaisen liuskeisuuden kiveen. Kiven alkuperä on epävarma – läheisesti sarvivälkegneisseihin liittyvänä se voi olla vulkaanisperäinenkin. Muutamalla paljastumalla kivi on pienirakeista ja suuntaukseltaan olematonta, jolloin se muistuttaa asultaan apliittista graniittia.

Kartta-alueen luoteiskulmaan Muuraisjärvien pohjois- ja eteläpuolelle (3242 03B) on rajattu kaksi kvartsi-maasälpägneissialuetta, joista eteläisemmästä ei ole yhtään havaintoa, ja se onkin piirretty aeromagneettisen aineiston perusteella Karttulan kartta-alueella (3224 12D) olevan esiintymän jatkeeksi. Pohjoisempi jatkuu myös mainitun kartta-alueen puolelle, jossa kiveä on kuvannut Pääjärvi (2000, s. 14). Kuopion kartta-alueen puolella kiveä on nähtävissä muutamassa tieleikkauspaljastumassa. Kivi on hienorakeista, väriltään punertavaa ja asultaan paikoin myloniittista. Kiven alkuperää ei ole selvitetty.

Edellisten lisäksi on Kaislastenlahden Petäjämäen kaakkoispuolella (3242 06D) yhdestä paljastumasta löydetty hienorakeista kvartsi-maasälpägneissiä, joka voi olla alkuperältään vulkaanista.

6.1.10. Mustaliuskeet ja kiisuliuskeet

Molempien kartta-alueiden kallioperässä on karbonaattikiven, kiillegneissin ja emäksisen metavulkaniitin yhteydessä grafiittia vaihtelevasti sisältävää kiveä, jota maastossa on nimitetty joko mustaliuskeeksi tai grafiittiliuskeeksi mutta myös grafiitti-kiisuliuskeeksi tai lyhyesti kiisuliuskeeksi, koska se sisältää usein rikki- ja magneettikiisua. Grafiittikivistä voidaan esiintymistapansa perusteella erottaa kaksi päätyyppiä: massamainen grafiittiliuske (mustaliuske) ja grafiittipitoinen liuske. Grafiittiliuske on hienorakeinen, mustanharmaa kivi, jonka parhaimpia tuntomerkkejä ovat pehmeys ja tahraavuus. Se koostuu suomumaisesta grafiitista ja hienorakeisesta kvartsista. Niiden lisäksi siinä on vaihtelevasti maasälpää, biotiittia ja muskoviittia sekä rikkikiisua ja magneettikiisua. Kiisumineraalit ovat kivessä hienona pirotteena, satunnaisemmin isompina omamuotoisina kiteinä. Asultaan kivi on massamainen, mutta mikroskoopilla tarkasteltuna selvä liuskesuuntaus on nähtävissä. Tätä liusketyyppiä löytyy useimmiten karbonaattikivien yhteydestä. Grafiittipitoinen liuske esiintyy yleensä kiillegneisseissä ja -liuskeissa grafiittirikkaampina raitoina, jotka voivat olla alkuperäisiä kerroksia savi-/hiekkavaltaisissa sedimenteissä. Näiden lisäksi grafiittia esiintyy aksessorisena opaakkimineraalina kiillegneisseissä ja -liuskeissa, emäksisissä metavulkaniiteissa ja paikoin karbonaattikivissä.

Siilinjärven kallioperäkartassa huomattavimmat grafiittikivihavainnot esitetään sekä violetin värisenä kivilajialueena että välikerros-merkillä. Kuopion kallioperäkartassa pari esiintymää on merkitty välikerros-merkillä kuvaamaan tätä kivityyppiä. Kiillegneisseissä ja -liuskeissa ohuina välikerroksina esiintyviä kohteita ei ole merkitty. Vaihettuminen kiisu- ja mustaliuskeeksi tapahtuu niissä vähitellen. Runsaammin kiisu- ja mustaliusketta on Kuopion Rahkamäen muodostuman kiillegneisseissä. Sen lisäksi tätä liusketyyppiä on tavattu Kehvon ja Väänälänrannan alueen (3331 07D, 08C, A) kivissä ja Hirvilahden alueella (3331 04). Muualla molempien karttalehtien alueelta havainnot ovat harvinaisempia. Samoin Kuopion kartta-alueella karbonaattikivistä tunnettuja grafiittiesiintymiä ei ole merkitty karttaan esittämisteknisistä syistä – merkkejä olisi tullut liian paljon samaan kohtaan – joten niiden sijainti kuvataan tässä selityksessä.

Siilinjärven kartta-alueella Kasurilanmäen luoteispuolella (3331 11A) sijaitseva esiintymä on nähtävissä kolmessa paljastumassa, joissa pääkivilajina on kiillegneissi. Grafiitti esiintyy kivessä suomukasaumina ja grafiittirikkaina kapeina juovina. Grafiittiliuskevyöhyke lävistettiin myös kairauksella (K/3331/83/R-KAS1). Siinä on useamman metrin paksuisia kerroksia grafiittiliusketta vuorotellen kiilleliuskeen ja osin emäksisen

metavulkaniitin kanssa. Kairareiässä tavatussa liuskeessa hienosuomuinen grafiitti esiintyy hienorakeisen kvartsin kanssa. Rikkikiisua ja magneettikiisua on hienorakeisena pirotteena. Kalliopaljastumista otettujen näytteiden hiilipitoisuus (C) vaihtelee 6 ja 8,5 %:n välillä (Leco-hiilianalysaattori), kun se kairausreiästä otetussa näytteessä on 12 %.

Siilinjärven Kuivasteenmäen eteläreunan (3331 08D) grafiittiesiintymä lävistettiin kairauksella (SIJ-004, Outokumpu Oy Malminetsintä). Itäpuolen esiintymä on rajattu sähköisen anomalian ja Outokumpu Oy:n Malmietsinnän monttu- ja iskuporanäytteenotosta saatujen nappinäytteiden perusteella. Kairausreiässä 1–12 m:n vahvuiset grafiittiliuskekerrokset (yhteispaksuus 55–60 m) vuorottelevat kiilleliuske- ja kiillegneissikerrosten kanssa.

Kuivasteenmäen pohjoispuolella (3331 09C) sijaitsevan Toson karbonaattikiviesiintymän eteläreunassa on mittavampi mustaliuskevyöhyke, joka kallionappinäytteiden ja geofysikaalisten anomalioiden mukaan näyttäisi jatkuvan itäänpäin karbonaatti- ja kalkkisilikaattikivivyöhykkeen rinnalla. Täälläkin grafiittiliuske on massamaista ja grafiitti on hienorakeisina suomuina.

Siilinjärven Koivusaaren kylässä (3331 08D) emäksiseen metavulkaniittiin kairatussa kahdessa kairausreiässä (SIJ-2, SIJ-3, Outokumpu Oy Malminetsintä) on parista metristä vajaaseen kymmeneen metriin paksuisia grafiittiliuskekerroksia metavulkaniitissa kiilleliuskeen kanssa vuorotellen. Siilinjärven Jälälle (3331 11C) kairatussa reiässä (SJ/JU-1, Outokumpu Oy Malminetsintä) 1–10 metrin paksuiset (yhteisvahvuus noin 50 m) grafiittiliuskekerrokset vuorottelevat kiillegneissin/kiilleliuskeen kanssa. Paikoin grafiittiliuskeessa on myös karsipitoisia raitoja.

Siilinjärven kartta-alueen luoteiskulman Ylä-Pulkon järven eteläpäästä (3331 03C) löytyi parista paljastumasta noin parin metrin vahvuudelta runsaasti grafiittia sisältävää kiilleliusketta.

Siilinjärven kartta-alueen eteläreunassa, Laivonsaaressa, saaren kaakkoisosassa (3331 07D) sijoittuu itäpuolen karbonaattikivien ja länsipuolen emäksisen metavulkaniitin väliin pystyasentoinen ja lähes pohjois-eteläsuuntainen grafiittikivikerrostuma. Grafiittiesiintymä tunnettiin jo 1860-luvulla (Thoreld 1863), ja 1800-luvun lopulla siinä oli pieni, pari metriä syvä louhos (Aartovaara 1898, s. 88). Sivukivien ja grafiittiliuskeen kontakteja ei ole enää irtomaiden vuoksi nähtävissä, mutta Wilkmanin (1923, s. 30) kuvauksen perusteella kohteen 25–30 leveä grafiittiliuske esiintyy välikerroksena hienorakeisessa plagioklaasi- ja kvartsirikkaassa gneississä. Grafiitti on kivessä hienojakoisina suomuina. Rikkikiisua esiintyy siinä hienorakeisena pirotteena, mutta satunnaisemmin löytyy myös 2–3 mm:n kokoisia kiteitä. Wilkmanin (1923, s. 32) mukaan Laivonsaaren grafiittiliuske sisältää grafiittia (43,6 %) ja kvartsia (36,1 %) sekä vähemmässä määrin rikkikiisua (13 %) ja muskoviittia (6,4 %). Hiilipitoisuus on 53,1 %. 1900-luvun alussa ennen ensimmäistä maailmansotaa kohteessa toimi grafiittilouhos puhdistuslaitoksineen (kuva 36). Louhintaa suoritti toiminimi Hackman & Co, mutta louhitun grafiitin määrästä ja käyttötarkoituksesta ei löydy tietoa Hackman-yhtiön historiikista eikä myöskään Åbo Akademin kirjastoon sijoitetusta Hackmanin arkistosta. Nykyisin toiminnasta on nähtävissä osittain sortunut holvikaarinen kellari (ruutikellari) ja veden täyttämä louhos, jonka koko on noin 5 x 10 m. Louhoksen syvyydestä ei ole tietoa, mutta noin 3 m pitkä riuku ei tavoita pohjaa. Grafiitin puhdistuslaitoksesta on jäljellä kivijalan rauniot.

Kuopion kartta-alueella Jynkänlahden (3242 12A) karbonaattikiviesiintymän, josta on enää nähtävissä uimarannan kohdalla sijaitsevan louhoksen jäänteitä, lounaispuolel-

Kuva 36. Laivonsaaren grafiittilouhoksen rakennuksia.
Fig. 36. Buildings of the Laivonsaari graphite quarry.
Kuopio, Laivonsaari. 3331 07C, x = 6980,690, y = 3529,675.
Valokuva – *Photo:* W. Wilkman (Wilkman 1923, kuva – *Fig*. 12, s. 31)

la oli vähintään kaksi metriä leveä grafiittiliuskekerros (Wilkman 1923, s. 28). Nykyisin sekin on täytemaan peitossa. Wilkmanin (op. cit.) mukaan liuske koostuu kvartsista (55,7 %), grafiitista (37,9 %) ja rikkikiisusta (6,4%). Kiven hiilipitoisuus on 35 % eli jonkin verran pienempi kuin Laivonsaaren grafiittiliuskeen hiilipitoisuus. Jynkän grafiittia ei ole louhittu.

Hiltulanlahden Hukanniemen (3242 11B) karbonaattikiven itäreunassa on noin 0,5 metriä leveä grafiittiliuske-esiintymä (Wilkman 1923, s. 28, kuva 10). Esiintymässä ollut karbonaattikivilouhos on peittynyt jäätyään tien alle, eikä grafiittiliuskettakaan ole enää nähtävissä. Kivi on kiisurikasta.

Hiltulanlahdessa moottoritietyömaan aikana näkyvissä olleessa kallioleikkauksessa (3242 11B) oli stratigrafisesti karbonaattikiven alapuolella grafiittipitoista kiilleliusketta sekä paikoin 2–3 cm paksuja massamaista grafiittia sisältäviä saumoja graniittijuonen ja karbonaattikiven kontaktissa.

6.2. Syväkivet

Syväkivet ovat kivisulasta eli magmasta maankuoressa 5–20 km:n syvyydessä syntyneitä kiviä. Magma tunkeutui metamorfoosi- ja deformaatiotapahtumien aikana 1 900–1 800 miljoonaa vuotta sitten tuolloin maankuoressa olleiden sedimenttikivien joukkoon.

Nykyisessä maanpinnan kulutus- eli eroosiotasossa Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden syväkivet muodostavat vaihtelevankokoisia ja -muotoisia esiintymiä eli intruusioita. Syväkivet ovat raekooltaan yleensä keskirakeisia (2–5 mm) ja varsin tasarakeisia, mutta Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueilla enemmistönä ovat porfyyriset muunnokset eli vaihtelevan kokoisia (0,5–5 cm), usein omamuotoisia maasälpähajarakeita sisältävät kivityypit.

Syväkivien syntyessä tapahtuu kiteytymisen edistyessä kivilajien koostumuksessa erilaistumista eli differentioitumista. Tapahtuman alkuvaiheessa syntyy ultramafisia ja mafisia kivilajeja, kuten tummia (mafisia) mineraaleja, esim. oliviinia, pyrokseenia ja sarvivälkettä, sisältävää peridotiittia ja gabroa. Loppuvaiheessa sulan koostumus muuttuu siten, että kiteytyvinä kivilajeina on runsaasti vaaleita (felsisiä) mineraaleja, esim. kvartsia ja maasälpiä, sisältäviä graniitteja ja granodioriitteja. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueella on koostumukseltaan niin ultramafisia kuin mafisia ja felsisiäkin syväkiviä. Ne eivät kuitenkaan muodosta muuttuvaa koostumussarjaa differentioitumisen seurauksena, vaan intruusion sisällä esiintyvä koostumusvaihtelu, esim. dioriitti/kvartsidioriitti, on ilmeisesti kiteytymisen aikaista erilaistumista.

Kivilajien määrittäminen ja nimeäminen karttaa varten perustuu mikroskooppisesti ohuthieestä tehtyyn mineraalien tunnistamiseen ja niiden runsaussuhteiden toteamiseen pistelasku- eli point counting -menetelmällä, mutta koska jokaisesta kivityypistä ei ole tehty ohuthiettä, niin useimmiten kivilajimääritys ja -nimi perustuvat maastossa tehtyyn silmämääräiseen tunnistukseen. Hietutkimuksella ja pistelaskulla voidaan tunnistaa varmasti mineraalit ja laskea suhteellisen luotettavasti niiden määrät silloin, kun kivet ovat tasarakeisia ja raekooltaan korkeintaan pienirakeisia, mutta karkearakeisissa ja varsinkin hajarakeisissa muunnoksissa menetelmä ei ole kovinkaan luotettava. Koska kivilajin koostumus voi vaihdella paljastuman puitteissa, niin siitä syystä kartalla esittämisen helpottamiseksi syväkivet on luokiteltu ryhmiin, joiden nimeämiseen on käytetty yhdistelmänimeä yksittäisen nimen sijasta, esim. ”graniittia ja granodioriittia”. Yhdistelmänimissä voi sama kivilajinimi esiintyä useammassakin ryhmässä, mutta jaotteluun on mineraalikoostumuksen lisäksi vaikuttanut myös kiven ulkoasu ja eräissä tyypeissä myös raekoko. Kivilajinimen valintaan ovat vaikuttaneet myös viereisillä karttalehdillä jo käytössä olleet nimet.

Syväkiviin kohdistuu enemmän taloudellista mielenkiintoa kuin pintasyntyisiin kiviin. Malmimineraaleja on aksessorisina määrinä (< 5 % mineraalien koko koostumuksesta) lähes kaikissa kivissä, mutta mafisiin ja ultramafisiin kivilajeihin niitä on voinut rikastua arvokkaiksi malmiesiintymiksi. Läpivalaisevassa ohuthietutkimuksessa, jota käytetään pääasiassa kivilajien määrittämiseen, malmimineraalit erottuvat valoa läpäisemättöminä mustina mineraaleina eli opaakkimineraaleina, lyhyesti opaakkina.

Isoina kivipaasina – blokkeina – kallioista irrotettavaa kiveä käytetään rakennuskiveksi ja murskattuna kalliokiviaineksena – sepelinä ja louheena – korvaamaan soraa ja hiekkaa. Kivien käyttötarkoitukseen vaikuttaa mm. kiven kestävyys. Kestävyyteen puolestaan vaikuttavat mm. kiven mineraalien raekoko ja mineraalityyppi. Pienirakeisemmat kivilajit ovat yleensä kestävämpiä kuin karkearakeiset. Isoja hajarakeita sisältävät kivityypit rikkoutuvat helpommin kuin tasarakeiset tyypit. Kovat mineraalit, kuten kvartsi ja maasälvät, tekevät kiven kestäväksi hiovaa kulutusta vastaan, mutta koska ne ovat hauraita, kestävät niitä sisältävät kivilajit huonommin iskevää kulutusta. Tummia mineraaleja sisältävät kivilajit ovat sitkeitä ja kestävät hyvin iskevää kulutusta. Kivien suuntautuneisuus, kuten kiilleliuskeiden liuskeisuus, heikentää sen kestävyyttä. Helposti rapautuvia mineraaleja runsaasti sisältävät kivilajit, kuten kiillegneissit ja -liuskeet, ei-

vät sovellu sellaisiin kohteisiin, joissa tarvitaan kovaa kulutuskestävyyttä. Kivilajin soveltuvuuteen rakennuskivenä vaikuttaa myös väri ja kiviaineksen osasten kuvio kiillotetussa pinnassa.

6.2.1. Syväkivet Siilinjärven kartta-alueella

6.2.1.1. Graniitit

Graniitit ja niihin paikoin liittyvät granodioriitit on esitetty kallioperäkartassa punaisella värillä. Kivet koostuvat kalimaasälvästä, oligoklaasis-andesiinisesta plagioklaasista, kvartsista ja biotiitista. Yleisimmät aksessoriset mineraalit ovat titaniitti, apatiitti, karbonaatti, opaakki, epidootti, kloriitti ja zirkoni. Raekooltaan kivet ovat yleensä keskirakeisia (2–4 mm). Vaaleat apliittigraniittimuunnokset ovat hienorakeisia. Karkearakeisia (raekoko yli 5 mm) muunnoksia eli pegmatiittigraniitteja esiintyy myös pienialaisina intruusioina. Kivien väri vaihtelee vaaleanharmaasta punaiseen ja vaaleanpunertavaan. Paikoin tähän ryhmään kuuluvissa graniiteissa on myös porfyyrisia muunnoksia, joiden hajarakeet ovat yleensä kalimaasälpää ja kooltaan 0,5–1 cm. Kallioperäkartassa hajarakeiset muunnokset on esitetty pienillä punaisilla tikkumaisilla merkeillä.

Siilinjärven kartta-alueen laajin graniittiesiintymä sijaitsee Maaningan kuntakeskuksen itäpuolella (3331 09B, D) ja ulottuu Onkivedeltä Hökösenjärvelle. Kivilajialueen länsi- ja itäreunojen rajaaminen perustuu aeromagneettiseen matalalentoaineistoon. Alueen laajimpia mäkiä ovat Hämeenmäki (184 m mpy), Savolankallio (162 m mpy) ja Roppolanmäki (165 m mpy), joissa on useita kalliopaljastumia. Kiven raekoko vaihtelee keskirakeisesta karkeaan ja mm. Hämeenmäessä, Savolankalliolla ja Roppolanmäessä siinä on myös kalimaasälpää hajarakeina. Kvartsin, plagioklaasin ($An_{19–22}$) ja kalimaasälvän lisäksi kivessä on vaihtelevasti biotiittia ja satunnaisemmin sarvivälkettä. Roppolanmäen kallioiden arkeeinen, juovainen pohjagneissialue lienee sulkeumana graniitin sisällä.

Maaningan kuntakeskuksen pohjoispuolella on Honkamäessä (158 m mpy) huomattava graniittiesiintymä (3331 06B). Intruusiota on kuvannut lähemmin Vartiainen (1984, s. 45). Raekooltaan kivi on keskirakeista, väriltään punertavaa ja selvästi suuntautunutta (kuva 37). Kiven pääminerraaleina ovat oligoklaasinen (An_{15}) plagioklaasi, mikrokliinen kalimaasälpä, kvartsi ja biotiitti. Graniitin alkaliseen luonteeseen viittaa aksessorisena mineraalina esiintyvä alkaliamfiboli, arfvedsoniitti, joka on muuttunut hieman biotiitiksi. Muita aksessorisia mineraaleja ovat kloriitti, epidootti, titaniitti, apatiitti ja zirkoni. Esiintymän kontaktia ympäröiviin kiviin ei ole tavattu, ja esiintymisalueen rajaus perustuukin gravimetriseen aineistoon ja aeromagneettiseen matalalentoaineistoon. Honkamäen pohjoisosassa on breksiaa, jossa graniitti breksioi koostumukseltaan kvartsidioriittis-dioriittista kiveä. Usean neliömetrin kokoiset, teräväkulmaiset breksiakappaleet ovat mitä ilmeisimmin peräisin Tölvän kvartsidioriitista (ks. s. 104). Honkamäessä on kaksi toimintansa lopettanutta louhosta, joista kiveä murskattiin 1980-luvulla sepeliksi ja louheeksi mm. läheiselle Ahkionlahden kanavalle. Radiometrisen U-Pb-iänmäärityksen mukaan kiven zirkonin ikä on 1 868 ± 5 Ma (A289, s. 154). Kiven titaniitti on samanikäinen kuin zirkoni.

Siilinjärven Kuivasteenmäen (155 m mpy) pohjoisrinteellä (3331 08D, 09C) on useassa kalliossa raekooltaan keskirakeista vaaleahkonpunaista graniittia. Kohteen pohjoisreuna on rajattu aeromagneettisen aineiston perusteella. Kivi koostuu kalimaasälvästä

Kuva 37. Keskirakeinen graniitti. Laatta 12 cm.
Fig. 37. Medium-grained granite. Tag 12 cm.
Maaninka, Honkamäki. 3331 06D, x = 7008,480; y = 3515,320.

ja oligoklaasisesta plagioklaasista sekä mainittuja pienirakeisemmasta kvartsista ja biotiitista. Satunnaisemmin on myös sarvivälkettä. Aksessorisesti on titaniittia, apatiittia, opaakkia ja zirkonia. Kivi on varsin tasalaatuista, tosin maasälvän ja kvartsin määräsuhteiden vaihtelusta johtuen aavistuksen verran raitaista. Kalimaasälpä on raekooltaan hieman suurempaa kuin plagioklaasi ja kvartsi. Louhintajälkien perusteella kohteen kiveä on irrotettu mahdollisesti rakennuskiveksi. Näkyviltä osiltaan kivi sisältää hyvin vähän haittaavia piirteitä, kuten juonia tai sulkeumia. Esiintymä kuuluu GTK:n Itä-Suomen rakennuskiviprojektin kohteisiin.

Kuvattujen esiintymien lisäksi kartta-alueella on useita pienialaisempia graniittiesiintymiä. Pienen Maaninkajärven itäpuolella sijaitsevan Löytömäen (3331 03D) esiintymän laajuus on epävarma; rajaaminen perustuu kahteen paljastumaan ja aeromagneettiseen aineistoon. Kivilaji on raekooltaan keskirakeista, osin karkeaa. Myös Ylä-Pulkko-järven luoteispuolella (3331 03D) oleva graniittiesiintymä perustuu pariin pieneen paljastumahavaintoon, jotka voivat olla myös juonia. Maaningan Haatalan kylässä (3331 06B) on pieni graniittiesiintymä kiillegneissin keskellä. Kangas-Valkeisen järven kaakkoispuolen (3331 02B) graniittiesiintymä on rajattu neljän kalliopaljastuman avulla. Siinä kivi on keskirakeista ja väriltään harmaata. Kurolanlahden kylän Räntämäessä (3331 02D) on keskirakeista, vaaleanpunertavaa jonkin verran suuntautunutta graniittia. Niemisjärven ja Hirvilahden kylissä (33331 04B, D) on pienialaisia graniittiesiintymiä, joissa kivi on monin paikoin karkeaa pegmatiittigraniittiakin. Lamperilan kylän edustalla Pohjois-Kallaveden Mustinsaaressa (3331 07B) on keskirakeista, pilsteistä ja väriltään punertavaa graniittia. Kuopion pohjoispuolella Laivonsaaressa (3331 07C) olevassa keskirakeisessa graniittiesiintymässä on myös karkeaa pegmatiittista graniittia. Siilinjärven kuntakeskuksen länsi- ja luoteispuolella, Kevätön-järven ja Pöljänjärven välissä (3331 09C)

on neljä pienialaista graniittiesiintymää. Ne on rajattu yhden paljastuman perusteella, mutta niiden esiintymistapa voi olla myös juoni. Jälällä Kasurilanmäen itäpuolella (3331 11C) on pegmatiittista graniittia yhdessä paljastumassa kiillegneissin ympäröimänä. Sekin voi olla esiintymistavaltaan myös juoni. Keski- ja tasarakeista graniittimuunnosta tavataan Räimän kylässä Räimäjärven ja Honka-Jälän järven välisellä alueella (3331 11A). Kivi liittyy kaakkoispuolen porfyyriseen graniittiin. Tämäkin keskirakeinen graniitti on jonkin verran suuntautunut – pilsteinen. Honka-Jälän järven kaakkoispuolen Soidinmäen keskirakeinen ja varsin tasalaatuinen mutta hieman pilsteinen graniitti koostuu plagioklaasista (An_{15}), kvartsista, mikrokliinistä ja biotiitista. Aksessorisesti kivessä on sarvivälkettä, apatiittia, titaniittia ja kloriittia. Väriltään kivi on punertavaa.

Pielaveden kartta-alueen kaakkoiskulmaan (3314 10, Salli 1977) rajatun laajan yhtenäisen graniittialueen jatkumiseen Siilinjärven kartta-alueen puolelle (3331 03B) ei löydetty maastossa perusteita. Siilinjärven kartta-alueen puolella olevien enemmän tai vähemmän migmatiittisten kiillegneissien ja granitoidien joukossa on kylläkin runsaasti graniittisia, osin pegmatiittisia juonia ja suonia muttei Pielaveden kallioperäkarttaan kuvatun tapaista graniittimassiivia. Paikoin pegmatiittijuonissa on runsaasti magnetiittirakeita, jotka osaltaan aiheuttavat alueen magneettiset anomaliat.

6.2.1.2. Porfyyriset graniitit ja granodioriitit

Porfyyrinen graniitti sisältää kohtalaisen omamuotoisia kalimaasälpähajarakeita, joiden koko vaihtelee 0,5 mm:n kokoisista rakeista jopa 5 cm:n pituisiin rakeisiin. Karttaan kivet on rajattu graniitin punaisella värillä ja punaisilla tikkumaisilla merkeillä. Laajin esiintymisalue on kartta-alueen kaakkoisosassa (3331 10C, D, B, 11A, C), ja se ulottuu Ranta-Toivalasta kaakosta Räimäjärvelle luoteeseen. Kivilajialue jatkuu karttalehtirajan ylitse myös Juankosken kartta-alueella (3333 01). Sen esiintymisalueella on useita korkeahkoja mäkiä, kuten Honkamäki (160 m mpy), Uuhimäki (220 m mpy), Ruskeamäki (167 m my), Hanhimäki (151 m mpy), Soidinmäki (160 m mpy), Mäkrämäki (160 m mpy), Jälänmäki (185 m mpy) ja Pääskyvuori (140 m mpy). Kivi on raekooltaan keskirakeista ja paikoin myös karkeaa. Kalimaasälpähajarakeissa on usein paljain silminkin erottuvia pieniä plagioklaasikiteitä, kvartsirakeita ja biotiittisuomuja sulkeumana. Kivessä on yleensä enemmän tai vähemmän selvä suuntaus (pilsteisyys). Biotiitin määrän lisääntyessä ja kvartsin vähentyessä graniittinen koostumus muuttuu granodioriittiseksi, kuten Toivalan Ruskeamäessä (3331 10D), jossa kivi on granodioriittis-kvartsimontsodioriittinen. Siinä olevien entisten louhosten 1–1,5 m korkeiden seinämien kiilareikäjälkien perusteella kallion pintaosan kiveä on louhittu rakennuskiveksi.

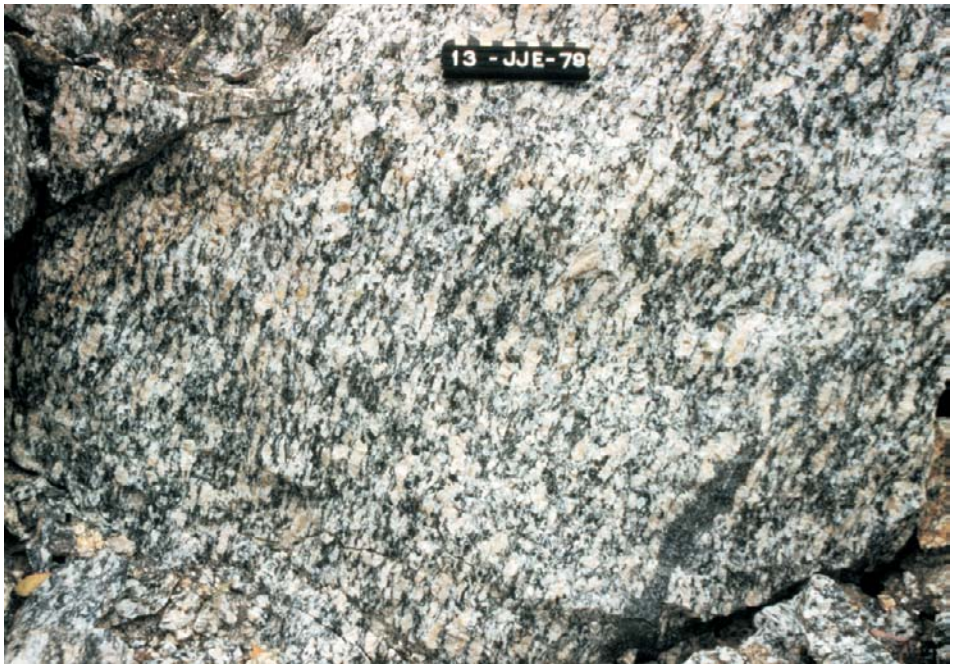
Porfyyrinen granodioriitti on esitetty painokartassa punaruskealla värillä ja pienillä punaisilla tikkumaisilla merkeillä. Kivelle ovat ominaisia 1–5 cm:n kokoiset kalimaasälpärakeet 0,5–1 cm:n kokoisten plagioklaasirakeiden lisäksi. Tummana mineraalina biotiitin kanssa kivessä on vaihtelevasti sarvivälkettä. Paikoin kvartsin määrä vähenee niin, että kiven perusmassan koostumus on kvartsimontsodioriittinen, ja kalimaasälpähajarakeiden määrän ollessa vähäinen on koostumus joko tonaliittinen tai kvartsidioriittinen. Siilinjärven kartta-alueen laajimmat porfyyrisen granodioriitin, osin graniitin esiintymät ovat Siilinjärven taajaman länsi- ja eteläpuolella Koivusaaren ja Kasurilan kylien (3331 11A, B, 08C) sekä Koivusaaren ja Suuri Ruokoveden välisellä alueella (3331 08B, 05D). Maaningan Käärmelahden (3331 08B) Iso Honkamäen (150 m mpy) granodioriittista kiveä louhitaan rakennuskiveksi ”Maaninka Pink” -nimisenä. Kiven suuntaus vaihtelee, esim. louhintapaikan seinämistä näkee havainnollisesti, miten kal-

Kuva 38. Porfyyrinen granodioriitti. Kuvataso kohtisuorassa viivausta vastaan. Laatta 12 cm.
Fig. 38. Porphyritic granodiorite. Photo perpendicular to the lineation. Tag 12 cm.
Maaninka, Käärmelahti, Iso-Honkamäki. 3331 08B, x = 6996,620; y = 3521,180.

lionpinnassa eli vaakatasossa kivessä ei näyttäisi olevan muuta suuntausta kuin hajarakeiden vähäinen paikoittainen suuntaus, minkä voisi tulkita jopa magman virtausrakenteeksikin (kuva 38). Kiven varsin voimakas lineaatio sen sijaan näkyy louhoksen pystyseinämissä, joissa on lineaatiosuuntaan venyneitä kalimaasälpähajarakeita (kuva 39).

Siilinjärven Urimonlahden alueelle (3331 11D) rajattu porfyyrisen granodioriitin alue jatkuu karttalehden reunan ylitse Juankosken kartta-alueelle (3333 02). Kivi on keskirakeista, mutta isot kalimaasälpähajarakeet ovat sille ominaisia, tosin Kuusiniemen kärjestä (3331 11D) otetun hienäytteen perusteella kivessä on myös 5–7 mm:n kokoisia oligoklaasikoostumuksisia plagioklaasihajarakeita. Ne yhdessä perusmassan plagioklaasirakeiden kanssa vaikuttavat siihen, että point counting -menetelmällä Kuusiniemen kivi on koostumukseltaan tonaliittia. Kivestä löytyy paikoin myös vaihtelevan kokoisia kiillegneissijäänteitä.

Siilinjärven kartta-alueen länsireunalla (3331 01A, B, C, D ja 02 A, C) on useita pienialaisia esiintymiä porfyyrista granodioriittia, joille 1–5 cm:n kokoiset kalimaasälpähajarakeet ovat ominaisia. Koros-järven länsirannalla Viinamäen alueella (3331 02A) porfyyrinen granodioriitti ulottuu Vesannon (3313 11C) puolelle. Sen eteläpuolella sijaitseva Eteläkylän (3331 02A) esiintymä jatkuu myös Vesannon kartta-alueen puolelle. Ryngänlammen granodioriitti (3331 02C) sisältää kiillegneissiä sulkeumina. Liikkasen kylältä (3331 01B) Itä-Karttulaan (3331 01C) ulottuvan tonaliittiesiintymän sisällä on Liikkasen kylällä, Paljakanvuorella (200 m mpy), Honkamäellä (237 m mpy), Kuivamäellä (230 m mpy) ja Kaakkomäellä (180 m mpy) ja sen ympäristössä porfyyristä,



Kuva 39. Porfyyrinen granodioriitti. Kuvataso viivauksen suunnassa. Laatta 12 cm.
Fig. 39. Porphyritic granodiorite. Photo along the lineation. Tag 12 cm.
Maaninka, Käärmelahti, Iso-Honkamäki. 3331 08B, x = 6996,620; y = 3521,180.

keskimäärin granodioriittista kiveä, jolle 1–3 cm:n kokoiset kalimaasälpärakeet ovat ominaisia. Plagioklaasin An-pitoisuus on %. Niissäkin paikoin kiven koostumus kvartsin määrän vähentyessä lähenee kvartsimontsodioriittia. Riuttalan kylässä Riuttasjärven itäreunalla on porfyyrista granodioriittia, jossa on kiillegneissiä pieninä sulkeumina. Suovunniemellä (3331 07A) on useassa paljastumassa kalimaasälpähajarakeista granodioriittis-kvartsimontsodioriittista kiveä, jonka hajarakeiden koko vaihtelee alle 1 cm:stä 3–4 cm:iin.

6.2.1.3. Granodioriitit ja tonaliitit

Kivilaji on kuvattu kallioperäkartassa punaruskealla värillä ja mustilla pienillä pisteillä. Siilinjärven kartta-alueella ensimmäiset havainnot kivityypistä tehtiin Kelloniemen edustalla sijaitsevan Ukko-Kaason saaren ja lähisaarten kallioista (3331 10C), joten kiveä on nimitetty Ukko-Kaaso-tyypiksi. Sille ovat ominaisia rapautumispinnan vaaleanharmaa väri, hienorakeisuus sekä harvakseltaan esiintyvät 1–2 mm:n kokoiset plagioklaasihajarakeet. Kivi koostuu pääasiassa kvartsista, plagioklaasista ($An_{15–30}$) ja vähäisestä määrästä biotiittia. Aksessorisina mineraaleina on havaittu apatiittia, epidoottia, zirkonia ja kloriittia. Hajarakeina olevat plagioklaasirakeet ovat paikoin muuttuneet saussuriitiksi keskiosastaan, mutta reuna saattaa olla muuttumatonta. Kalimaasälvän määrä vaihtelee siten, että Streckeisenin luokituksen mukaan kivilaji on joko granodioriittia tai tonaliittia, ja tummien mineraalien vähäisyyden vuoksi sitä voisi nimittää myös leukotonaliitiksi (trondhjemiitti). Kivi on yleensä suuntautumaton, mutta paikoin on nähtävissä

selvä biotiittisuomujen yhdensuuntaisuuden aiheuttama suuntaus. Vastaavaa kivityyppiä tavataan myös juonina, ja kontaktien leikkaussuhteiden perusteella kivilaji kuuluukin alueen nuorempiin kivilajeihin – pegmatiittigraniittijuonien on havaittu leikkaavan sitä.

Siilinjärven kartta-alueella Kelloniemen edustalla sijaitsevan tyyppialueensa lisäksi kiveä löytyy Iso-Jälän järven eteläpäästä (3331 10D), Sorsasalosta ja Kelloniemen itäkärjestä (3331 10C), Saunasaaresta Puijonsarven pohjoispuolelta (3331 10A), Honkasaaresta (3331 07D), Mustinsaaresta Lamperilan kylän edustalta (3331 07B), Suovunniemestä ja useasta Suovunniemen ja Laaninsaaren välissä sijaitsevasta saaresta (3331 07A). Niistä Mäntysaaren tonaliittikoostumuksista kiveä on louhittu esiintymän vieressä sijaitsevan, nykyisin autiona olevan pientilan navetan kivijalkaan.

6.2.1.4. Granodioriitit, tonaliitit tai kvartsidioriitit

Kivilaji on esitetty painokartassa vaaleanruskealla värillä ilman päällemerkintää. Tähän kivilajiryhmään kuuluvissa kivilajialueissa kiven koostumus vaihtelee kvartsin, plagioklaasin ($An_{25–30}$), kalimaasälvän ja tummien mineraalien määrän mukaan. Koostumus on kuitenkin useimmiten granodioriittis-tonaliittinen, ja pääasiassa kvartsidioriittia on Luvelahden alueen (3331 01A) kallioissa. Paikoin kivi on asultaan hyvinkin tasarakeista ja suuntautumatonta, mutta usein siinä on nähtävissä selvä suuntaus ja paikoin myös tummien ja vaaleiden mineraalien vuorottelusta johtuvaa raitaisuutta. Eräissä esiintymissä tasalaatuisempi kivityyppi on läheisesti juovaisen tai gneissimäisen tonaliitin tai granodioriitin kanssa. Onkin mahdollista, että ensin mainittu tyyppi on jälkimmäisen asultaan homogeenisempi muunnos.

Kartta-alueen länsireunassa pienialaisia esiintymiä, joista osa ulottuu viereiselle Vesannon kartta-alueen (3313, Pääjärvi 1991a, s. 21) puolelle, sijaitsee seuraavissa paikoissa: Varpasmaan ja Petsamon välisellä alueella (3331 03A) Hakomäessä (184 m mpy), Vorloksenmäessä (190 m mpy) ja Valkeismäessä (215 m mpy), Kurolanlahden lounaispuolella (3331 02D), Haukijärven ja Talluskylän Liesjärven välissä (3331 02A) Korosmäen Rajakallioissa ja Eteläniemessä, useassa esiintymässä Riuttalassa (3331 01D) ja kartta-alueen eteläreunassa (3331 01D) Partalanmäessä (205 m mpy). Eteläniemen ja Korosmäen tonaliittiesiintymät (3331 02A) sisältävät melko runsaasti 2–5 mm:n kokoisia almandiinigranaattikiteitä. Kiven alkuperää, magmaattinen vai sedimenttisyntyinen, ei ole selvitetty. Luvelahden (3331 01A) kvartsidioriittisen kiven zirkonin U-Pb-ikä on 1 897 ± 5 Ma (A205, s.152). Edellisten lisäksi kivityyppiä on myös Pulkonkoskella (3331 03C), Lampsinsaaressa (3331 06D), Autioniemessä Hirvilahden kylässä (3331 05C) ja Pieni-Naara-järven pohjois- ja itäpuolella (3331 04A).

6.2.1.5. Juovaiset tai gneissimäiset tonaliitit ja granodioriitit

Siilinjärven kartta-alueen länsireunassa (3331 03, 02, 01) esitetään ruskealla värillä ja mustalla aaltomerkillä heterogeeninen kivilajityyppi, joka esiintyy yhdessä kiillegneissien kanssa. Kivilajityyppi koostuu juovaisesta tonaliittis-granodioriittisesta kivestä sekä suuntautuneesta, pilsteisestä tonaliittis-granodioriittisesta kivestä. Viereisellä Vesannon (3313 12) kartta-alueella kiveä on kuvannut Pääjärvi (1991a, s. 26). Tähän kivilajiryhmään kuuluvat gneissit ovat kartta-alueen ongelmallisimpia kiviä. Kiville on ominaista juovainen tai raitainen asu, mutta kivi voi olla samallakin paljastumalla hyvin tasarakeista ja heikosti suuntautunutta. Kivilajin päämineraaleina on yleensä plagioklaasia

Kuva 40. Paleoproterotsooista juovaista tonaliittia. Laatta 12 cm.
Fig. 40. Palaeoproterozoic striped tonalite. Tag 12 cm.
Kuopio, Tervakangas. 3331 04A, x = 6984,020; y = 3511,380.

($An_{18–28}$), kvartsia, biotiittia ja vaihtelevasti sarvivälkettä. Aksessorisesti niissä on titaniittia, apatiittia, karbonaattia, opaakkia, epidoottia, muskoviittia ja kloriittia. Kvartsin ja tummien mineraalien määrän mukaan kivilaji on määritetty maastossa joko granodioriitiksi tai tonaliitiksi. Myös ohuthietutkimus osoittaa kivityypille mainitun koostumusvaihtelun. Kivilajille ovat ominaisia kiillegneissisulkeumat ja mafiset, runsaasti amfibolia sisältävät sulkeumat, jotka lienevät alkuperältään vulkaanisia. Raitaisen tai juovaisen asun omaavat tyypit (kuva 40) muistuttavat arkeeisia vastaavan koostumuksisia gneissejä, mutta esim. Kuopion ja Karttulan kuntien rajalla sijaitsevasta tieleikkauksesta (3331 04A) analysoitu näyte A105 (nro 2, taulukko 2, s. 159) ei kuitenkaan Sm-Nd-isotooppikoostumuksensa perusteella edusta arkeeista kiveä. Onkin mahdollista, että tämän kivityypin kivet ovat alkuperältään sedimenttikiviä (kiillegneissejä) ja vulkaniitteja, ja syväkivimäisemmät (ortogneissimäiset) tyypit ovat niiden voimakkaasti migmatoituneita vastineita eli nebuliittisia migmatiitteja (Mehnert 1971), Winklerin (1976) mukaan diateksiittejä. Tämän selityksen Geokemia -osassa (s. 146) kivityyppiä nimitetään migmatiittigranitoidiksi.

6.2.1.6. Mikrotonaliitit

Edellistä kivityyppiä tummanruskeammalla värillä esitettyä tonaliittista kiveä tavataan Siilinjärven kartta-alueella paitsi juonina, niin myös laajempana esiintymänä Keskimmäisen kylän koillispuolella (3331 09C) ja pienempänä alueena Pöljänjärven eteläpuolella (3331 09C). Laajempana kivilajialueena esittämisen perusteena on se, että niillä paljastumilla, joista kivilajihavainnot on tehty, ei esiintynyt muuta kivilajia. On tietenkin

mahdollista, että paljastuneena on mikrotonaliittisten juonien parvi. Raekooltaan kivi on joko hienorakeista tai pienirakeista. Yleensä se on varsin tasalaatuista eikä merkittävää suuntausta ole havaittavissa. Mineralogialtaan kivi on samanlainen kuin alueen mikrotonaliittiset juonet (ks. Juonet) eli koostuvat sarvivälkkeestä, plagioklaasista ($An_{20–40}$) ja kvartsista. Maastohavaintojen perusteella koostumus on paikoin myös dioriittinen. Alkuperältään kivi on magmakivi, mutta sen suhde alueen muihin magmakiviin ei ole selvillä. Mikäli tämä tyyppi on geneettisesti samaa kuin alueen mikrotonaliittijuonet, niin niiden kontaktien leikkaussuhteiden perusteella kivi kuuluu alueen nuorimpiin kivilajeihin. Kuopion kartta-alueella tähän kivilajityyppiin tulkittavaa kiveä on löydetty ainoastaan juonina.

Edellisten lisäksi kivilajikarttaan on merkitty muutama pienialainen tonaliittisen kiven esiintymä. Räimäjärven ja Kumpusen järven välisen alueen (3331 08C) kivi on hieno-pienirakeista, mutta siinä on 0,2–1 cm:n kokoisia plagioklaasihajarakeita. Kivi on myös usein varsin selvästi suuntautunutta. Se koostuu kvartsista, plagioklaasista (An_{40}), sarvivälkkeestä, biotiitista, kalimaasälvästä, kloriitista ja epidootista ja vastaa koostumukseltaan tonaliittia. Aksessorisesti siinä on titaniittia, apatiittia, karbonaattia, zirkonia ja opaakkia. Wilkman (1938, s. 40) on nimennyt kiven kvartsidioriitiksi. Kiven suhteesta mikrotonaliitteihin ja ympäröiviin kiviin ei ole tarkempaa tietoa.

Kartta-alueen länsireunalla (3331 02B) on kaksi pienialaista, pienirakeista tonaliittista kiveä sisältävä esiintymää, joista toinen on Kangas-Valkeisen järven itäpuolella ja toinen Tuppi-Valkeisen järven kaakkoispäässä. Esiintymät voivat olla juonia.

6.2.1.7. Tonaliitit

Tummahkonruskealla värillä ja mustilla pisteillä esitetty, pääasiassa Siilinjärven kartta-alueella esiintyvä tonaliitti koostuu plagioklaasista ($An_{25–35}$), kvartsista, biotiitista ja sarvivälkkeestä. Aksessorisesti siinä on titaniittia, apatiittia, epidoottia, opaakkia ja zirkonia. Raekooltaan kivi on keskirakeista, mutta plagioklaasi on usein 5–10 mm:n kokoisina rakeina, samoin 3–8 mm:n kokoiset sarvivälkehajarakeet ovat ominaisia tälle tonaliittityypille. Väriltään kivi on joko tummanharmaata tai musta-valkokirjavaa. Asultaan se on vaihtelevasti suuntautunutta, esim. Sorsasalossa ja lähisaarissa (3331 10C) kiven hiertoliuskeisuus on hyvinkin voimakas. Kivelle ovat ominaisia myös linssimäiset kiillegneissireliktit, ja paikoin on löydetty myös kalkkisilikaattisia konkreetiomaisia kappaleita (niiden symboli on jäänyt pois kallioperäkartasta).

Siilinjärven kartta-alueella kivityyppiä on Kallaveden pohjoisrannalla Sorsasalon, Ranta-Toivalan, Paasisalon, Kehvon ja Väänälänrannan alueilla (3331 10C, B, 07D, B, 08A, C). Ranta-Toivalassa tonaliitti jatkuu karttalehtirajan ylitse Juankosken kartta-alueen (3333) puolelle. Edellisten lisäksi on kaksi laajempaa esiintymää Kallaveden länsipuolella Hirvilahden ja Niemisjärven kylien alueella (3331 04D, B) ja Riuttalan kylän länsipuolella (3331 01A, B). Hirvilahden Oravimäestä (3331 05C) otetun näytteen zirkonin iäksi on U-Pb-menetelmällä saatu 1 877 ± 8 Ma (A172, s. 149). Liikkasen kylältä (3331 01B) Itä-Karttulaan (3331 01C) ulottuva tonaliittiesiintymä on mineralogialtaan ja ulkoasultaan hyvin samanlaista kuin mainitut kartta-alueen itäosan tonaliititkin. Epävarmaa on kuitenkin, kuuluuko se geneettisesti todella itäosan tonaliitteihin.

6.2.1.8. Kvartsidioriitit ja tonaliitit

Kallioperäkarttaan ruskealla värillä ja avoimilla ympyröillä esitetyssä kvartsidioriittia ja tonaliittia -kivilajiryhmässä kiven koostumus vaihtelee kvartsin määrän mukaan kvartsidioriitista tonaliittiin. Kvartsin lisäksi pääminerаaleina on andesiinista plagioklaasia, sarvivälkettä ja biotiittia. Aksessorisina määrinä on löydetty opaakkia, apatiittia, titaniittia, epidoottia, kloriittia, hieman zirkonia ja vaihtelevasti kalimaasälpää. Väriltään kiven rapautumispinta on musta-valkokirjavaa, joskus vaaleanharmaata. Tuorepinta on tummanharmaata, lähes mustaa. Raekooltaan kivi on yleensä keskirakeista ja kohtalaisen tasarakeista, tosin on paljastumia, joissa plagioklaasin epätasainen sijoittuminen tekee kivestä laikukkaan. Kivityyppi on vaihtelevasti suuntautunut eli pilsteinen. Laajimmat kivityypin esiintymisalueet sijaitsevat Siilinjärven kuntakeskuksen koillispuolella Sulkavan järven ympäristössä (3331 12A, C, 11B, D) ja kartta-alueen luoteisnurkassa Valkeisen järven länsipuolella (3331 03A), jossa esiintymä jatkuu myös Vesannon kartta-alueen puolelle (3313 12C, D).

Sulkavanjärven esiintymän ja sen länsipuolella olevien Kevättömän järven esiintymien samanlaisten kivien pääminerаaleina on plagioklaasia ($An_{25–30}$), kvartsia, biotiittia ja vaihtelevasti sarvivälkettä. Aksessorisesti on apatiittia, titaniittia, epidoottia, kloriittia ja zirkonia. Raekoko vaihtelee pienirakeisesta keskirakeiseen (2–4 mm). Paikoin kivessä on heikko suuntaus. Oulunmäessä (3331 11D) oli 1970-luvulla kiviaineslouhos (jäänyt jätekipsikasan alle), jossa kvartsidioriittista kiveä murskattiin raidesepeliksi Siilinjärvi–Viinijärvi-rautatien rakentamiseen.

Kartta-alueen luoteisosassa Valkeisen järven länsipuolella (3331 03A) sijaitseva laajahko kvartsidioriittis-tonaliittisen kiven alue jatkuu Vesannon kartta-alueen (3313 12C,

Kuva 41. Kvartsidioriittia. Laatta 12 cm.
Fig. 41. Quartz diorite. Tag 12 cm.
Maaninka, Iso-Kilpomäki. 3331 03B, x = 7007,400, y = 3500,040.

D) puolelle, jossa sitä on kuvannut Pääjärvi (1991a, s. 21). Tämä keskirakeinen ja väriltään musta-valkokirjava kivi koostuu pääasiassa sarvivälkkeestä, plagioklaasista ($An_{30–38}$) ja kvartsista. Kivi on melko tasarakeinen (kuva 41). Vesannon kartta-alueen puolella Iso Kilpomäestä etelään löytyi kivilajista pallokiviesiintymä (Pääjärvi 1991a, s. 27). Sen kaakkoispuolelta Siilinjärven kartta-alueelta puolestaan löytyi parista paljastumasta pallokiviesiintymän rakennetta muistuttavaa rakennetta.

Edellisten lisäksi kartta-alueella on pienialaisempia kvartsidioriittis-tonaliittisia esiintymiä Riuttalan ja Itä-Karttulan välisellä alueella (3331 01C), Leinolanlahden (3331 05C) Kellarimäessä (190 m mpy), Kaavanniemellä (3331 05B) ja Maaninkan kuntakeskuksen itäpuolella (3331 06D, 09B). Viimeksi mainitun esiintymän rajaaminen perustuu kahteen havaintoon ja aeromagneettiseen aineistoon.

6.2.1.9. Kvartsidioriitit ja dioriitit

Kallioperäkartassa tummanruskealla värillä ja avoimilla ympyröillä esitetty kvartsidioriittia ja dioriittia -kivilaji on koostumukseltaan pääasiassa kvartsidioriittia, mutta koostumus vaihtelee kvartsin määrän vähentyessä myös dioriittiin.

Laaja-alaisin esiintymistä sijaitsee Siilinjärven kartta-alueen pohjoisreunassa, Maaningan kuntakeskuksen pohjois- ja koillispuolella (3331 06B, D, 09B). Sen pääosa on Lapinlahden kartta-alueen (3332) puolella, jossa kiveä tutkinut Vartiainen (1984, s. 28) nimesi intruusion Tölvän kvartsidioriitiksi. Siilinjärven kartta-alueella intruusion kontaktit sivukiviin on tavattu vain parissa paikassa, joten se on rajattu aeromagneettisen ja gravimetrisen aineiston perusteella. Varsinkin Maaninkan pohjoispuolen rajaus on geofysikaalinen. Kivi on kohtalaisen tasalaatuista, melko pienirakeista, pilsteistä tai paikoin jopa liuskeista kiveä. Raekoon vaihtelu on kuitenkin tyypillistä, ja kivi on usein epähomogeenista siten, että karkearakeisempi, plagioklaasirikkaampi aines migmatoi pienirakeisempaa, tummempaa tyyppiä. Tällaisia rakenteita tavataan varsinkin Itikkalahden alueella (3331 09B), jossa kivi on keskimäärin pikemminkin dioriittista kuin kvartsidioriittista. Tölvän kvartsidioriitin päämineraaleja ovat plagioklaasi, biotiitti, kvartsi ja sarvivälke. Plagioklaasi on vyöhykkeellistä siten, että rakeiden omamuotoinen keskusta on andesiinia (An_{40}) ja vierasmuotoinen reunaosa oligoklaasia ($An_{15–30}$). An-rikkaampi keskusta on usein voimakkaasti saussuriittiutunutta ja reunaosa muuttumaton. Kvartsi muodostaa usein pieniä kasaumia. Aksessorisina mineraaleina on epidoottia, titaniittia, zirkonia ja opaakkia. Kalimaasälpää tavataan satunnaisesti.

Edellistä pienialaisempia esiintymiä on kartta-alueen länsiosassa ja itäreunassa. Ylä-Pulkon järven eteläpäässä Tervaslahdessa (3331 03C) on kalliopaljastumia, joiden kivilaji on pieni-keskirakeista ja väriltään lähes mustaa kvartsidioriittia. Ulkonäöltään kivi näyttää jopa gabrolta, mutta ohuthieen perusteella plagioklaasin An-pitoisuus on kuitenkin 36 % ja kvartsiakin kivessä on 10 %. Varpasmaan Saarisen järven pohjoispuolella (3331 03C) olevan juonimaisen esiintymän kivilaji on ohuthieen perusteella dioriittia (ympyrämerkki jäänyt pois). Kivi on asultaan hieman ofiittinen ja väriltään lähes mustaa, minkä perusteella sitä kartoituksen aikana pidettiin metadiabaasina. Sen kaakkoispuolelle kahden paljastuman perusteella rajatun esiintymän kivi on edelliseen verrattuna koostumukseltaan kvartsidioriittinen (ympyrämerkki jäänyt pois). Kurolanlahden Kaavanniemen esiintymän (3331 05B) kivi on koostumukseltaan dioriittista, mutta useassa paljastumassa se on myös kvartsidioriittista. Yhden ohuthieen perusteella kivessä on sarvivälkkeeksi muuttuneita klinopyrokseenireliktejä. Plagioklaasin An-pitoisuus on 26 %. Murtosen järven itäpuolella (3331 01C) Näremäen (160 m mpy) kivi on kvartsi-

dioriittista ja raekooltaan keskirakeista. Kartta-alueen itäosassa Räimäjärven pohjoisrannalla (3331 11A) sijaitseva dioriittinen kivi on raekooltaan keskirakeista ja väriltään harmaanmustaa. Iso-Jälän järven kaakkoispuolelle (3331 10D) rajatun alueen kivi on pääasiassa kvartsidioriittista, raekooltaan keskirakeista ja kohtalaisen tasalaatuista, väriltään mustaa kiveä. Sen plagioklaasi on oligoklaasinen (An_{27}).

6.2.1.10. Gabrot

Siilinjärven kartta-alueen gabroesiintymät ovat varsin pienialaisia. Kivilajikartassa kivilaji on esitetty tummanruskealla värillä ilman päällemerkintää. Gabro on emäksinen syväkivi, joka alkuperäisen määritelmän (sensu stricto) mukaan koostuu plagioklaasista ($An_{>50}$) ja klinopyrokseenista. Plagioklaasista ja ortopyrokseenista koostuvaa tyyppiä nimitetään noriitiksi. Siilinjärven kartta-alueen gabrot koostuvat useimmiten plagioklaasista ja sarvivälkkeestä ja vähäisessä määrin pyrokseenista eli vastaavat koostumukseltaan sarvivälkegabroa. Kvartsia niissä on yleensä hyvin vähän. Kuten muissakin alueen syväkivissä gabroissakin on aksessorisesti opaakkia, titaniittia, epidoottia, apatiittia ja zirkonia. Raekooltaan kivityyppi on yleensä keskirakeinen (2–5 mm). Kemialliselta ja mineralogiselta koostumukseltaan gabro vastaa maanpinnalla kiteytynyttä basalttista laavakiveä.

Siilinjärven kuntakeskuksen länsipuolella Keskimmäisen kylässä (3331 09C) on gabroa useassa paljastumassa, mutta esiintymä on rajattu aeromagneettisen ja gravimetrisen aineiston perusteella. Erityisesti gravimetrisen aineiston perusteella intruusio näyttäisi olevan laajempi kuin pintapuhkeama ja jatkuvan koilliseen, jossa kalliopaljastumissa on kuitenkin tavattu tonaliittista kiveä. Tämä Keskimmäisen gabro koostuu pääasiassa sarvivälkkeestä ja plagioklaasista ($An_{51–52}$) eli on mineralogiansa perusteella sarvivälkegabroa. Ohuthieestä on löydetty uraliittisia pyrokseenijäänteitä ja yhdestä hieestä myös oliviinia, joka kuitenkin on muuttunut suureksi osaksi opaakiksi, pyrokseeniksi ja kloriitiksi. Kivi on keskirakeinen ja paikoin blasto-ofiittinen. Tämän esiintymän eteläpuolella on erillinen pienialainen gabrointruusio tai gabrojuoni.

Kuivasteenmäen länsiosassa (3331 08D) Siilinjärvellä on sarvivälkegabroa kahdessa paljastumassa. Esiintymä on joko kapea pienialainen intruusio tai juoni. Sitä ympäröi graniitti. Raekooltaan kivi on keskirakeinen. Samalla tavalla esiintymistyypiltään epävarma kahden paljastuman gabroesiintymä löytyy Pieni-Maaninkajärven länsipuolelta (3331 03D). Se on rajattu aeromagneettisen aineiston perusteella. Raekooltaan keskirakeisen kiven sarvivälke ja plagioklaasi (An_{55}) ovat varsin vähän muuttuneita kloriitiksi ja serisiitiksi.

Laaninsaaren länsiosassa (3331 07A) on pyöreähkö, magneettisella ja gravimetrisella kartalla varsin selvästi erottuva gabrointruusio, jonka kivi on keskirakeista ja lähes suuntautumatonta. Kivi on noriittia, koska pääminerraaleina on hypersteeniä ja plagioklaasia ($An_{50–52}$). Pyrokseeni on muuttunut hieman biotiitiksi, ja plagioklaasissa on vähäistä serisiittiytymistä. Siinä on myös heikkona pirotteena rikki- ja magneettikiisua, minkä vuoksi kivi on hieman ruosteinen. Aeromagneettisen ja gravimetrisen kartan perusteella pääosa intruusiosta sijaitsee veden alla.

Tallusjärven (3313 10) Pirttilahden (3331 01B) molemmilla puolilla on paljastumia, joiden kivilaji on gabroa, joka koostuu augiittista ja labradoriittisesta plagioklaasista (An_{52}). Pohjoisrannalla gabro on lähes kontaktissa granaattipitoisen kiillegneissin kanssa. Koska kiillegneissi on hornfelsmainen, on ilmeistä, että se on voinut kontaktimetamorfoitua gabron vaikutuksesta.

Edellisestä intruusiosta noin 3,5 km itään päin, Liikkasenjärven pohjoispuolella (3331 01B) on pienialainen sarvivälkegabrointruusio. Kivessä on 1–2 mm:n pituisia plagioklaasihajarakeita, ja sen rakenne on ofiittinen. Kivi voi olla alkuperältään myös joko gabro- tai metadiabaasijuoni.

6.2.1.11. Intrusiivibreksiat

Mustalla monikulmiomerkillä merkityt ja intrusiivibreksiaksi nimetyt esiintymät ovat yleensä pienialaisia paljastumia. Terminologisesti nimi ei ole täysin oikea, sillä geologisen sanakirjan mukaan intrusiivibreksia (engl. intrusive breccia) koostuu kulmikkaiden ja pyöristyneiden heterogeenisten fragmenttien seoksesta klastisissa matriksiksessa. Oikeampi nimi olisi intruusiobreksia (engl. intrusion breccia), jossa aines on magmaattista ja johon liittyy yleensä hydrotermistä muuttumista. Tässä kuvattavalle kivityypille ovat ominaisia magmaattiset, terävärajaiset amfiboliitti-, gabro- tai hornblendiittikappaleet graniittisessa, usein pegmatiittigraniittisessa, aineksessa. Kappaleet ovat raekooltaan joko pieni- tai keskirakeisia. Muodoltaan ne ovat joko kulmikkaita tai myös kulmistaan pyöristyneitä, paikoin jopa pyöreitä. Niiden koko vaihtelee neliösenttimetristä lähes puolen neliömetrin kokoisiin. Kivilajityypin alkuperä on epäselvä, varsinkin sellaisten esiintymien, jotka sijaitsevat yksittäisinä paljastumina kiillegneissien ympäröiminä ilman näkyvää kontaktia niihin. On mahdollista, että kivityyppi on pystyasentoinen juoni, joka on breksioitunut tektonisesti ja kappaleiden välitilat ovat täyttyneet graniittisella aineksella. Graniittinen aines voisi olla yhteydessä myös hydrotermiseen toimintaan.

Siilinjärven kartta-alueella breksiatyyppiä on löydetty kahdeksalta paljastumalta, jotka sijoittuvat yhtä lukuun ottamatta kartta-alueen länsireunan paleoproterotsooisiin kiviin. Kokonmäen kaakkoispuolella (3331 05A) arkeeisessa pohjagneississä sijaitsevan, noin 5 x 5 m kokoisen esiintymän kivilaji on karkeaa (5–10 mm) hornblendiittia. Sitä breksioiva kvartsi- ja maasälpäpitoinen aines on myös karkeaa pegmatiittista graniittia. Kappaleiden koko vaihtelee 1 cm:stä 30 cm:iin. Muodoltaan ne ovat pyöristyneitä ja osin kulmikkaita (kuva 42).

Kangas-Valkeisen järven (3331 02B) itäpuolen esiintymässä on pitkulaisia (pituus 1–30 cm, leveys 1–10 cm) tonaliittisia kappaleita kvartsi-maasälpäpitoisessa iskoksessa. Honkasen järven kaakkoispuolella (3331 02B) sijaitsevassa breksiassa kappaleet ovat sarvivälke- ja klinopyrokseenipitoista karkeaa hornblendiittia. Pyrokseeni (augiitti) on muuttunut sarvivälkkeeksi. Kappaleiden muoto vaihtelee kulmikkaista pyöristyneisiin, ja niiden koko on 1–30 cm. Breksioiva aines kvartsi- ja maasälpäpitoista. Kivessä on rikki- ja kuparikiisua pari senttimetriä pitkien rakojen täytteenä. Pieni-Honkasen itäpuolella (3331 02B) sijaitsevassa esiintymässä on teräväsärmäisiä, 1–50 cm:n kokoisia amfiboliittikappaleita pegmatiittigraniittisessa aineksessa. Kappaleet ovat paljastumalla kapeahkossa vyöhykkeessä, minkä perusteella breksia voisi olla synnyltään tektonisoitunut (ultra)mafinen juoni. Maununlammen länsipuolella (3331 02C) on kahdessa pienessä metsäautotien ojanpohjan paljastumassa sarvivälkerikkaita mafisia kappaleita keski-karkearakeisessa graniittis-trondhjemiittisessa aineksessa. Kappaleiden koko on 1 x 1 cm–50 x 50 cm. Muodoltaan ne ovat pyöreähköjä tai kulmistaan pyöristyneitä. Kaakkomäen lounaispuolella (3331 01A) sijaitseva merkki edustaa kahta esiintymää, joiden tonaliittisessa kivessä on pieniä amfibolirikkaita murskaleita. Kyseessä on ilmeisesti tektonisoitunut juoni. Sen länsipuolella, pienen lammen luoteispäässä sijaitseva merkki on tiedostoon virheellisesti jäänyt ylimääräinen merkki.

Kuva 42. Hornblendiittibreksiaa. Laatta 12 cm.
Fig. 42. Hornblendite breccia. Tag 12 cm.
Maaninka, Venäjänsaari. 3331 05C, x = 6994,680, y = 3515,020.
Valokuva – *Photo:* Jukka Laukkanen.

6.2.1.12. Vuolukiviesiintymä

Hylätyn louhoksen merkillä ja vuolukiven värillä on Siilinjärven kallioperäkarttaan merkitty entinen louhos, josta Suomen Mineraali Oy (Paakkilan asbestitehdas) -niminen yhtiö louhi vuosina 1948–1949 valtausasiakirjan mukaan talkkia. Kohde sijaitsee Kasurilanmäen eteläreunassa, Säyneenjoen varrella (3331 11C). Louhoksesta, kooltaan noin 5 m x vajaa 10 m, on nähtävissä enää hirsillä tuetut seinämät. Esiintymän kivi on epäpuhdasta talkkia, sillä talkin lisäksi siinä on serpentiiniä ja kloriittia. Esiintymää ympäröivät lähimmät paljastumat ovat kivilajiltaan juovaista tonaliittigneissiä; tosin louhoksen läheisyydessä, sen eteläpuolella on amfiboliittia. Sen yhteys louhoksen kiveen ei ole irtomaiden paksuuden vuoksi selvillä. Amfiboliitti edustaa ilmeisesti alueen metadiabaasijuonia. Syytä talkkikiven esiintymiseen tonaliittisessa pohjagneissiympäristössä ei ole selvitetty lähemmin, mutta on mahdollista, että alkukivi on pyrokseenipitoinen emäksinen juonikivi, jonka pyrokseeni on muuttunut talkiksi.

6.2.2. Syväkivet Kuopion kartta-alueella

6.2.2.1. Graniitit ja granodioriitit

Kuopion kartta-alueen laajin graniitti-granodioriittialue sijaitsee Kurkimäen kylässä mm. Kurkimäen (180 m mpy) rinteillä (3242 08C). Alueella on useita paljastumia, mutta sen rajaamiseen on käytetty myös aeromagneettista aineistoa. Esiintymän kivi on enimmäk-

seen keskirakeista, lähes suuntautumatonta ja väriltään punertavanharmaata. Paikoin siinä on 1–2 cm:n kokoisia kalimaasälpähajarakeita. Päämineraaleina on kvartsia, mikrokliinia, plagioklaasia (An_{33}) ja alle 10 % biotiittia. Aksessorisesti on lisäksi muskoviittia lähinnä plagioklaasin muuttumistuloksena, opaakkia ja zirkonia. Edellisestä esiintymästä hieman koilliseen sijaitsee pienialainen Korsumäen (180 m mpy) graniittiesiintymä (3242 08D). Sen kivi on raekooltaan keskirakeista ja tasarakeista, eikä se ole suuntautunut. Päämineraaleina on kvartsia, plagioklaasia (An_{24}) ja mikrokliinistä kalimaasälpää. Aksessorisesti on löydetty biotiittia, opaakkia, apatiittia ja muskoviittia, joka on pääasiassa hienojakoista plagioklaasin muuttumisena syntynyttä serisiittiä.

Puijon mäen (306 m mpy) päällä (3242 12B) on granodioriittis-graniittisen kiven alue, jonka intrusiiviset kontaktit kvartsiittiin on tavattu parista kohdasta. Kivi on keskirakeista ja väriltään punertavanharmaata. Hajarakeita ei ole havaittu. Päämineraaleina on plagioklaasin (An_{30}) lisäksi kvartsia ja vaihtelevasti mikrokliinia. Aksessorisesti esiintyy biotiittia, kloriittia, muskoviittia, apatiittia ja zirkonia. Paikoin kivessä on heikko pilsteisyys. Kiven zirkonin U-Pb-ikä on 1 872 ± 6 Ma (A134, s. 157).

Vehmasmäen (190 m mpy) länsireunalla (3242 07D, 08C) on yksi laajempi ja viisi pienempää graniittisen kiven aluetta arkeeisen pohjagneissin sisällä. Niiden kivi on väriltään punertavanharmaata ja raekooltaan keskirakeista. Suurempia hajarakeita ei ole havaittu. Paikoin niissä on pegmatiittisia osueita. Kontaktit ympäröiviin pohjagneisseihin eivät ole nähtävissä, mutta kivet ovat todennäköisesti iältään proterotsooisia. Suurin esiintymä sisältää päämineraaleina kvartsia, mikrokliiniä ja plagioklaasia (An_{20}). Aksessorisina määrinä on löydetty biotiittia, muskoviittia, opaakkia, kloriittia ja sarvivälkettä.

Useita graniittisia, osin pegmatiittigraniittisia esiintymiä on myös Paukarlahden pohjagneissin alueella (3242 07C). Niiden kontaktit ympäröiviin pohjagneissikompleksin kiviin eivät ole nähtävissä, mutta nekin lienevät iältään proterotsooisia. Muita graniittiesiintymiä arkeeisessa pohjagneississä on Lehtoniemessä (3242 12C), Neulamäessä (3242 12B), Vanuvuoren länsirinteellä ja sen eteläpuolella (3242 11B) sekä Rytkyn järven länsipuolella (3242 06C). Niistä Vanuvuoren (212 m mpy) suurelta osin pegmatiittinen graniitti sijoittuu arkeeisen pohjagneissin ja paleoproterotsooisen kvartsiitin väliseen kontaktiin ja on sen perusteella iältään proterotsooista.

Proterotsooisten kivilajien puolella kartta-alueen länsireunalla pienialaisia graniittis-granodioriittisia esiintymiä on Pienessä Muuraismäessä (3242 03D), Muuraismäen itäpuolella (3242 03B), Luodejärven itärannalla (3242 03C), Virmaanpään Leväsen järven etelärannalla (3242 02B), Viita-Lauaksen järven itäpuolella (3242 08A), Iso-Lauttalammen länsipuolella (3242 04D) sekä Kutunjärven itärannalla (3242 07A), jossa kiven päämineraaleina on kvartsia, plagioklaasia (An_{18}) ja mikrokliiniä ja aksessorisina mineraaleina kloriittia, apatiittia ja opaakkia. Kaksi pientä graniittiesiintymää on myös Haminalahden Viitaniemen alueella (3242 09D). Edellä lueteltujen esiintymien kivet ovat useimmiten keskirakeisia, mutta usein niissä on mukana myös karkeampia pegmatiittisia osueita. Suuntaus niissä on yleensä vähäistä.

6.2.2.2. Porfyyriset granodioriitit ja kvartsidioriitit

Kivityypin vallitseva koostumus on yleensä granodioriittinen, mutta paikoin koostumus on myös graniittinen. Kvartsin määrän vähentyessä ja hajarakeiden vaihtuessa plagioklaasivaltaiseksi kivityyppi muuttuu kvartsimontsodioriitiksi ja kvartsidioriitiksi. Viimeksi mainitut tyypit on esitetty kivilajikartassa mustilla tikkumaisilla merkeillä.

Ominaista kivilajille ovat kookkaat, suurimmat jopa 5 cm pitkiä, ja usein omamuotoiset kalimaasälpähajarakeet. Plagioklaasia on myös pienempinä hajarakeina. Ominaisia ovat myös vaihtelevan kokoiset kiillegneissi- ja amfiboliittikappaleet sekä konkreetiomaiset kalkkisilikaattiset kappaleet.

Laajin porfyyrisen kiven esiintymä on kartta-alueen länsireunassa, jossa kivityyppi ulottuu Iisvedeltä (3242 01A, B) Kuttajärvelle (3242 03A, C) asti. Hautolahdesta (3242 02D) esiintymä haaraantuu kaakkoon päin kohti Kivijärveä (3242 05A). Esiintymä jatkuu myös Iisveden ja Virmasveden väliselle niemelle Karttulan (3224 10, 11) kartta-alueen puolelle, jossa sitä on kuvannut Pääjärvi (2000, s. 32). Eteläosastaan kartta-alueen eteläreunassa (Mustavuori 150 m mpy, Kokkomäki 190 m mpy) kivi on niin mineralogialtaan kuin kemialliselta koostumukseltaankin graniittia. Mustavuoren itäreunalla olevasta rautatietunnelin suuaukosta otetussa näytteessä on 0,5–5 cm:n kokoisia usein omamuotoisia kalimaasälpähajarakeita, joiden sulkeumina on < 1 mm:n kokoisia plagioklaasi-, kvartsi- ja biotiittikiteitä. Hajarakeina on myös 0,5–0,8 cm:n suuruisina kiteinä oligoklaasista plagioklaasia. Osassa rakeissa on vähäistä vyöhykkeellisyyttä. Kiven perusmassa koostuu plagioklaasista ($An_{15–20}$), mikrokliinistä, kvartsista ja biotiitista. Aksessorisesti on apatiittia, opaakkia, kloriittia ja zirkonia. Tunnelin suuaukon pystyseinämässä on porfyyrisen graniitin migmatiittista kiillegneissiä terävästi leikkaava, lähes vaaka-asentoinen kontakti siten, että graniitti on kiillegneissin yläpuolella. Kivi on kohteessa asultaan lähes suuntautumaton, mutta yleensä kivi on enemmän tai vähemmän suuntautunut, ja varsinkin noin kilometrin levyisessä vyöhykkeessä Iisveden hiertо- ja siirrosvyöhykkeen itäpuolella suuntaus on voimakasta. Deformaation vaikutus näkyy kiven mikrorakenteessa ja mineraalikoostumuksessa siten, että kvartsi on aaltosammuvaa, mikrokliinihajarakeet ovat rikkonaisia ja kooltaan pienentyneitä ja plagioklaasirakeet ovat serisiittiytyneet ja saaneet pinnalleen punertavan oksidipigmentin. Terveessä kivessä hajarakeiden välissä olevat biotiittisuomut ovat deformoituneissa kivissä muuttuneet kokonaan hajarakeita kiertäviksi kloriittinauhoiksi. Kiviin on kiteytynyt myös runsaasti epidoottia. Muutamassa Iisveden rantapaljastumassa kivi on blastomyloniittia, jossa on noin 0,5 millimetrin kokoisia kalimaasälpärakeita hienorakeisessa kvartsista, plagioklaasista, kalimaasälvästä ja muskoviitista koostuvassa perusmassassa.

Pohjoiseenpäin esiintymän kiven koostumus muuttuu granodioriittiseksi; tosin mineraalikoostumuksen perusteella tehtävää kivilajimääritystä porfyyrisesta kivilajista vaikeuttavat hajarakeet. Mustolanmäen (172 m mpy) eteläpuolelta (3242 01B) otetussa näytteessä on isojen kalimaasälpärakeiden välissä päämineraaleina kvartsia, serisiittiytynyttä plagioklaasia (An_{23}), kalimaasälpää ja biotiittia sekä aksessorisesti kloriittia, opaakkia, epidoottia, titaniittia, apatiittia ja sarvivälkettä. Biotiitti on kloriittiutunutta, ja kloriittia on myös kapeissa hiertosaumoissa. Kivi on myös selvästi suuntautunut. Virmaanpäässä Leväsen lammen eteläpuolella (3242 02A) kivessä on isojen (> 2 cm) kalimaasälpärakeiden lisäksi myös plagioklaasia hajarakeina. Perusmassan koostumus vastaa tonaliittia, jossa päämineraaleina on kvartsia, plagioklaasia (An_{25}), kalimaasälpää ja biotiittia. Kuttaniemellä (3242 03A) kivi on koostumukseltaan granodioriittinen ja sisältää päämineraaleina plagioklaasia (An_{33}), kvartsia, kalimaasälpää, biotiittia ja sarvivälkettä. Aksessorisesti siinä on titaniittia, opaakkia, apatiittia ja zirkonia.

Hautolahdesta Kivijärvelle (3242 02C, D, 05A, B) ulottuvassa esiintymässä on edellisen tavoin 1–5 cm:n kokoisia kalimaasälpähajarakeita ja niitä pienempiä plagioklaasirakeita. Kivi on koostumukseltaan enimmäkseen granodioriittia, kuten esiintymän Koskenkylän puoleisesta osasta (3242 05A) otettu näyte osoittaa. Se koostuu pääasias-

sa plagioklaasista (An_{25}), kvartsista, biotiitista ja kalimaasälvästä, ja vähäisinä määrinä on myös kloriittia, muskoviittia, apatiittia, karbonaattia ja opaakkia. Kalimaasälpähajarakeet ovat lähes omamuotoisia ja kooltaan 1 x 3 cm, ja plagioklaasirakeet ovat kooltaan 0,5 x 0,5 cm. Kivi on esiintymän alueella mineralogialtaan varsin samanlaista, mutta Heilikanvuoren (177 m mpy) länsipuolelle pistävässä kiilassa (3242 05A) kivi on suuntautunutta, biotiitti on korvautunut kokonaan kloriitilla ja plagioklaasi (An_{23}) on serisiittiytynyt paikoin lähes kokonaan. Saarisen järven kaakkoispuolella (3242 05A) kivessä on augiittista klinopyrokseenia yksittäisinä kiteinä sekä jäänteinä sarvivälkkeessä, joka on kiteytynyt poikiloblastisiksi kiteiksi. Kivijärven eteläpuolella isot kalimaasälpärakeet vähenevät ja häviävät Ukon Salmiset-järvien kohdalla (3242 04D). Niiden jälkeen hajarakeet ovat plagioklaasia, joiden koko on alle 8 mm, ja paikoin niitä ei ole lainkaan. Kivityypin koostumus vaihtelee granodioriitista tonaliittiin.

Kuttajärven itä- ja kaakkoisosassa Kutanrannan ja Koskenkylän esiintymät (3242 03C, 02D) ovat granodioriittia. Kutanrannan kiven päämineraaleina on plagioklaasia (An_{30}), kvartsia, kalimaasälpää ja biotiittia. Aksessorisesti on granaattia, muskoviittia, apatiittia, opaakkia ja zirkonia. Granaatti esiintyy 1–5 mm:n kokoisina rakeina, jotka ovat rikkonaisia ja lohkoraoistaan muuttuneet hieman kloriitiksi. Kutanrannan keskiosassa kiven koostumus lähenee kvartsin määrän vähentyessä kvartsidioriittia.

Koskenkylän ja Airakselan kylien välissä, Petäisen järven länsirannalla (3242 05B, C) on noin 1 km leveä ja 7 km pitkä vyöhyke plagioklaasihajarakeita ja satunnaisesti kalimaasälpää hajarakeina sisältävää kiveä, jonka koostumus vaihtelee granodioriitista tonaliittiin ja josta kartoituksen aikana käytettiin porfyyrinen gneissi -nimeä. Kallioperäkartassa alue on esitetty porfyyristen granitoidien värillä ja tikkumaisilla merkeillä. Kivityypille on ominaista granaatin runsaus, määrä tosin vaihtelee esiintymän eri osissa sekä lukuisat pienet linssimäiset kiillerikkaat kappaleet ja suuremmat kerrosmaisesti esiintyvät kiillegneissiosueet. Konkreetiomaiset kalkkisilikaattiset kappaleet ovat myös ominaisia. Tonaliittisessa muunnoksessa päämineraaleina on biotiittia sekä plagioklaasia ($An_{34–40}$) ja kvartsia, ja aksessorisesti on kalimaasälpää, granaattia, opaakkia, apatiittia, karbonaattia, zirkonia ja kloriittia. Granodioriitissa on kvartsia, plagioklaasia ($An_{32–34}$), biotiittia ja kalimaasälpää päämineraaleina, ja aksessoriset mineraalit ovat samat kuin tonaliitissa. Yhdessä näytteessä on jäänteitä pyrokseenista. Plagioklaasihajarakeet ovat kooltaan keskimäärin 0,5 x 1 cm. Hajarakeiden anortiittipitoisuus on hajarakeissa ($An_{40–55}$) suurempi kuin perusmassan rakeiden ($An_{34–40}$). Kalimaasälpähajarakeet ovat 1,5 x 2,5 cm:n kokoisia. Osa niistä koostuu useammasta rakeesta, eli ne eivät ole alkuperältään magmaattisia fenokrystejä. Porfyyrigneissin koostumusta, rakennetta ja alkuperää tutkinut Fagerström (1990, s. 18, 42) pitää kiveä sedimenttisyntyisenä. Sitä tukevat kiillegneissi- ja kalkkisilikaattikappaleet, konformit kontaktit ympäröiviin migmatoituneisiin kiillegneisseihin ja kivityypin varsin samantapainen kemiallinen koostumus kuin alueen metagrauvakoilla. Kuvattua kivityyppiä edustaa myös Saarisen järven (3242 05A) itärannalla kaakkoonpäin suuntautuva kapea esiintymä, joka kallioperäkartassa on virheellisesti esitetty kvartsidioriittia ja tonaliittia -kiven värillä ja merkillä. Kivityyppi on koostumukseltaan keskimäärin granodioriittinen, mutta koostumus muuttuu paikoin kvartsidioriittiseksi, ja se sisältää kiillegneissijäänteitä ja kalkkisilikaattisia konkreetiomaisia kappaleita sulkeumana.

Kuopion keskustan länsipuolella Haminalahden ja Kaislastenlahden väliin (3242 09A, B) sijoittuu laajahko porfyyrisen granodioriittis-kvartsidioriittisen kiven alue. Esiintymä on koostumukseltaan suurimmalta osaltaan granodioriittia, jonka päämineraaleina on plagioklaasia ($An_{25–30}$), kvartsia, kalimaasälpää ja biotiittia sekä pieninä

määrinä on myös opaakkia, epidoottia ja zirkonia. Hajarakeiden enemmistönä ovat 1–4 cm:n kokoiset ja usein varsin omamuotoiset kalimaasälpärakeet. Niissä on monin paikoin nähtävissä alle millimetrin kokoisia plagioklaasi-, kvartsi- ja biotiittikiteitä sulkeumina. Kalimaasälpää pienempinä (0,5–1 cm) hajarakeina on myös plagioklaasia. Asultaan kivi on vaihtelevasti suuntautunutta. Kaislastenlahden alueella (3242 09B) kiven kvartsin ja kalimaasälvän määrän vähentyessä ja tummien mineraalien määrän lisääntyessä kiven koostumus muuttuu kvartsimontsodioriittis-kvartsidioriittiseksi. Tummina mineraaleina on biotiitin lisäksi sarvivälkettä ja augiittista klinopyrokseenia. Jäänteitä myös ortopyrokseenista on löydetty. Hajarakeina esiintyy pääasiassa oligoklaasis-andesiinista plagioklaasia; tosin mikroskooppisen tarkastelun perusteella osa rakeista on pienemmistä rakeista koostuvia raekasaumia. Hajarakeiden koko vaihtelee 0,5–1,5 cm. Kiven päämineraaleina on plagioklaasia ($An_{34–36}$), biotiittia, kvartsia, sarvivälkettä ja augiittia. Aksessorisesti on apatiittia, zirkonia, opaakkia, titaniittia, muskoviittia ja ortopyrokseenia. Tämä kvartsidioriittinen, osin kvartsimontsodioriittinen, muunnos on esitetty kallioperäkartassa pienillä mustilla tikkumaisilla merkeillä ilman kivilajirajaviivaa, koska maastossa ei ole havaittu granodioriittisen ja kvartsidioriittisen kiven välistä kontaktia.

6.2.2.3. Granodioriitit ja tonaliitit

Siilinjärven kartta-alueella Ukko-Kaaso-tyypiksi nimettyä granodioriittis-tonaliittista kiveä on myös Kuopion kartta-alueella Kuopion keskustan koillispuolella Kelloniemessä ja Pirttiniemessä sekä Iso-Telkon saaressa (3242 12D). Pirttiniemen esiintymän eteläreunassa on nähtävissä kontakti emäksiseen vulkaniittiin.

Kuopion länsipuolella kiveä on laajemmin Rytkyn järven ja Laukaanjärven välisellä alueella (3242 09A, 08B). Esiintymän kontaktit sivukiviin on nähtävissä vain esiintymän pohjoispäässä, joten rajaamiseen on käytetty gravimetrista ja aeromagneettista geofysiikan aineistoa. Tämän esiintymän itäpuolella on kaksi pienempää yhden havainnon ja geofysiikan perusteella rajattua aluetta. Näiden lisäksi kivityyppiä on pienialaisina esiintyminä arkeeisessa pohjagneississä Rytkyn järven länsi- ja luoteispuolella (3242 06D, C, 09B), Iso-Salinjärven itä- ja koillispuolella (3242 06D), Haminalahden Viitaniemessä (3242 09D) sekä Kallaveden saarissa Korpisalossa (3242 09B, Näresaarten pienemmässä saaressa ja Pienissä Kalliosaarissa (3242 09D).

6.2.2.4. Granodioriitit, tonaliitit tai kvartsidioriitit

Koostumukseltaan tonaliittista kiveä on kartta-alueen luoteiskulmassa (3242 03B) Rukasmäessä (160 m mpy). Se koostuu plagioklaasista (An_{28}), kvartsista ja biotiitista, ja aksessorisesti siinä on muskoviittia, zirkonia, opaakkia ja epidoottia. Mainittakoon, että kivilajialueen jatkeella Siilinjärven kartta-alueen puolella kiven koostumus on enimmäkseen kvartsidioriittista. Pääasiassa tonaliittista kiveä on Savikoskella (3242 03 B, A) ja Kuttaniemellä (3242 03A). Molemmat kivialueet jatkuvat Karttulan kartta-alueen (3224 12) puolelle.

Suhonjärven länsipuolella (3242 02A) sijaitsevan pienialaisen kvartsidioriittisen kiven päämineraaleina on plagioklaasia (An_{35}), sarvivälkettä, biotiittia, kvartsia ja opaakkia sekä aksessoreina apatiittia ja zirkonia. Tämä yhden paljastuman (10 x 20 m) laajuinen esiintymä voi olla juonikin ja kuulua kartta-alueen mikrotonaliittijuoniin, sillä kivi on pienirakeinen ja granitoidisen aineksen suonittamaa ja breksioimaa.

Pihkainmäen lounaispuolella sijaitsevan Vuorinen-järven (3242 05B) pienialaisen

intruusion granodioriittinen kivilaji koostuu plagioklaasista (An_{25}), mikrokliinistä, kvartsista ja biotiitista. Aksessorisesti siinä on sarvivälkettä, titaniittia, apatiittia, opaakkia, epidoottia ja zirkonia. Esiintymässä on graniittista kiveä juonina ja osueina.

Edellisten lisäksi granodioriittista kiveä on arkeeisen pohjagneissiin tunkeutuneena Etelä-Kallaveden saarissa Mäkisalossa ja Hoikansalossa (3242 11C, D). Keskirakeista granodioriittia proterotsooisessa kiillegneississä on Sotkanselällä pienessä Pumppurin saaressa Vehkasaaren länsipuolella (3242 10D), samoin kuin pienillä luodoilla Sääksniemestä luoteeseen (3242 10C). Pienialaisuuden vuoksi esiintymät näkyvät kallioperäkartassa kivilajirajaviivalla rajattuna.

Kartta-alueiden selityksen kirjoittamisvaiheen aikana ilmeni, että Kuopion kallioperäkartan karttatietokantaan on kokoamisvaiheessa kartan laatijan toimesta tullut virheellisesti kvartsidioriittia ja tonaliittia -kiven avoin ympyrämerkki usealle sellaiselle kivilajialueelle, joiden kivilaji edustaa granodioriittia, tonaliittia tai kvartsidioriittia -kiviä. Molemmilla kivialueillahan on samanlainen ruskea väri, mutta ympyrämerkki on tarkoitettu sellaisille kvartsidioriittis-tonaliittisille kivialueille, joiden kiven asu, raekoko ja värikin on suhteellisen tasalaatuista koko esiintymän alueella, mutta mineraalien, lähinnä kvartsin ja maasälpien, kesken on mainitun koostumuksen rajoissa tapahtuvaa sisäistä vaihtelua. Seuraavissa kuvauksissa esitetään nämä virheellisesti merkityt alueet.

Yksi näistä väärin merkityistä alueista sijaitsee kartta-alueen lounaiskulmassa, Iisveden pohjoispuolella Mustolanmäen (172 m mpy) lounaispuolella (3242 01B). Esiintymän paljastumien kivilajina on raekooltaan keskirakeista ja heikosti suuntautunutta granodioriittia, jonka päämineraaleina on plagioklaasia (An_{29}), kvartsia, kalimaasälpää ja biotiittia. Aksessorisesti siitä löytyy sarvivälkettä, epidoottia, apatiittia, opaakkia, titaniittia, zirkonia ja kloriittia. Kivilaji jatkuu Karttulan kartta-alueen (3224 10D) puolella. Mustolanmäen koillispuolen kivilaji on yhden ohuthieen perusteella tonaliittia, jonka päämineraaleina on plagioklaasia (An_{28}), kvartsia, sarvivälkettä ja kloriittia. Lisäksi on pieninä määrinä titaniittia ja epidoottia. Kivi on suuntautunut, pilsteinen ja muuttunut, mitä osoittaa plagioklaasin voimakas serisiittiytyminen ja sarvivälkkeen kloriittiutuminen.

Suhonjärven itäpuolelle (3242 02A) kallioperäkarttaan rajattu kvartsidioriittis-tonaliittinen kivialue on ohuthienäytteiden mukaan koostumukseltaan granodioriittia. Alue on rajattu pääasiassa ympäristöään selvästi heikomman aeromagneettisen anomalian perusteella, eikä kontakteja ympäröivään kiillegneissiin ole nähtävissä. Kivityyppi on raekooltaan keskirakeinen ja tasalaatuinen, ja suuntaus on vähäinen. Ominaista on myös rapautumispinnan vaaleanharmaa väri. Päämineraaleina on plagioklaasia ($An_{22–24}$), kvartsia, kalimaasälpää ja biotiittia. Aksessorisina mineraaleina on löydetty apatiittia, muskoviittia, opaakkia, epidoottia ja zirkonia. Edellä kuvatun alueen itäpuolella (3242 02C) on kaksi pienialaista esiintymää, joista läntisempi on maastomäärityksen mukaan tonaliittia ja itäisempi kvartsidioriittia. Molempien esiintymien kivet ovat pienirakeisia ja heikosti pilsteisiä. Samoin maastomäärityksen mukaan keskirakeista kvartsidioriittia on Tervalamminsuon (3242 02B) pienessä esiintymässä, jossa on myös amfiboliittisia kappaleita murskaleina, ja Kuttajärven etelärannalla Kuttasalossa (3242 03C).

Hoikkajärven itärannalla (3242 05D) on tonaliittisen kivilajin alue. Sen deformoituneesta osasta otetussa näytteessä on päämineraaleina plagioklaasia (An_{34}), sarvivälkettä, kvartsia ja biotiittia, sekä aksessorisesti on kalimaasälpää, opaakkia, apatiittia, titaniittia ja zirkonia. Pyrokseenia esiintymän kivistä ei ole löydetty. Tämän esiintymän pohjoispuolella (3242 05B) olevassa pienessä esiintymässä kivi on granodioriittia, jossa pää-

mineraaleina on plagioklaasia (An_{27}), kvartsia, sarvivälkettä, kalimaasälpää ja biotiittia. Aksessorisesti siinä on apatiittia, opaakkia, titaniittia ja muuttumistuloksena kloriittia ja serisiittiä.

Mattilanjoen alueella (3242 05B, 06A) on kaksi maastohavainnon mukaan kvartsidioriittis-tonaliittisen kiven esiintymää. Niistä itäisemmän kivilaji on keskirakeista kvartsidioriittia. Läntisemmän esiintymän kivilajin koostumus vaihtelee keskirakeisesta tonaliitista kvartsidioriittiin. Kivi on monin paikoin pilsteistä, ja paikoin siinä on myös migmatiittisia kiillegneissisulkeumia. Kummankaan esiintymän kivistä ei ole havaittu pyrokseenia. Ulkoasunsa perusteella esiintymien kivi ei ole samanlaista kuin Tervalamminsuon alueella oleva kvartsidioriittis-tonaliittinen kivi.

Näihin virheellisesti merkittyihin kivialueisiin kuuluu myös Ukon Salmiset-järven kaakkoispuolella sijaitseva esiintymä. Sen kivilaji on pääasiassa vaihtelevasti suuntautunutta tonaliittia, gneissitonaliittia. Päämineraaleina siinä on plagioklaasia (An_{30}), kvartsia, biotiittia ja sarvivälkettä, sekä aksessorisesti on titaniittia, apatiittia, opaakkia ja karbonaattia. Biotiitin ja sarvivälkkeen muuttumistuloksena on kloriittia. Esiintymän alueella on myös kaksi kvartsidioriittia sisältävää paljastumaa. Kutunjärven pohjoisrannalla oleva pohjois-eteläsuuntaisen esiintymän kivilajina on heikosti suuntautunutta, pienirakeista tonaliittia.

Kaislastenlahdessa (3242 09B) on porfyyrisen granodioriitin sisällä pienialainen, maastohavainnon mukaan tonaliittinen esiintymä. Kivi on raekooltaan keskirakeista ja varsin tasalaatuista; tosin sarvivälke erottuu paikoin suurempina hajarakeina (koko 2–4 mm).

6.2.2.5. Juovaiset tai gneissimäiset tonaliitit ja granodioriitit

Siilinjärven kartta-alueen länsireunan migmatiittisten, juovaisten granodioriittien ja tonaliittien (diateksiittien) jatkeet ulottuvat Kuopion kartta-alueen luoteisnurkkaan pääasiassa 1:20 000-karttalehtien 3242 03 ja 06 alueelle. Samaan kivilajityyppiin tulkittua kiveä on pienialaisena esiintymänä myös Kutunkylässä (3242 04C). Geofysikaalisella kartalla kivilajin alueet erottuvat ympäristöstään huomattavasti voimakkaampana magneettisuutena. Kivien päämineraaleina on Siilinjärven kartta-alueella esiintyvän vastaavan kivilajin tavoin plagioklaasia ($An_{18–28}$), kvartsia, biotiittia ja vaihtelevasti sarvivälkettä. Aksessorisesti niissä on titaniittia, apatiittia, karbonaattia, opaakkia, epidoottia, muskoviittia ja kloriittia. Asultaan kivi on vaihtelevasti juovaista tai raitaista, jolloin alkuperältään sedimenttistä tai vulkaanista paleosomia (protoliittia) migmatoi trondhjemiittis-granodioriittis-tonaliittinen neosomiaines. Protoliitin kivityyppi on osoitettu välikerrosmerkillä. Tasalaatuisimmissa syväkivimäisissä tyypeissä alkuperäkivilaji esiintyy vaihtelevankokoisina jäännemurskaleina, joita liekkimerkit esittävät. Geokemia -kappaleessa (s. 146) kivityyppiä nimitetään migmatiittigranitoidiksi.

6.2.2.6. Kvartsidioriitit ja tonaliitit

Laajin kvartsidioriittis-tonaliittinen syväkiviesiintymä sijaitsee Kangas-Petäisen järven ja Kivijärven (3242 02C, D, 05A, B) välissä, osin Tervalamminsuon peittämänä. Alue on rajattu länsireunastaan pääasiassa geofysikaalisen aineiston perusteella, koska kontaktit ympäröiviin kiviin eivät ole siellä nähtävissä. Raekooltaan kivityyppi on keskirakeinen ja väriltään tummien ja vaaleiden mineraalien vuoksi musta-valkotäplikäs. Kiven suuntaus vaihtelee suuntautumattomasta heikosti pilsteiseen. Esiintymä on koostumuk-

seltaan pääasiassa kvartsidioriittia, sillä tonaliittinen koostumus löytyi ohuthietutkimuksessa yhdestä näytteestä. Päämineraaleina kvartsidioriitissa on plagioklaasia ($An_{43–49}$), sarvivälkettä, biotiittia, kvartsia ja vaihtelevasti pyrokseenia. Aksessorisia määriä on opaakkia, apatiitti, kloriittia, karbonaattia, zirkonia, klinopyrokseenia tai ortopyrokseenia ja hyvin satunnaisesti titaniittia. Ortopyrokseeni on hypersteeniä ja klinopyrokseeni augiittia. Pyrokseeni esiintyy joko yksittäisinä omina rakeina tai useimmiten reliktinä sarvivälkkeessä, joka puolestaan esiintyy usein poikiloblastisina kiteinä. Paikoin on myös pyrokseenin pseudomorfisia amfibolikasaumia, joissa keskusta on väritöntä kummingtoniittia ja ulkoreunus vihreätä sarvivälkettä. Pyrokseenin merkki on yhtä kohtaa lukuun ottamatta jäänyt kallioperäkartassa pois. Kangas-Petäisen järven itäpuolelta (3242 02C) löytyi kvartsidioriittinen paljastuma, jossa on granaattia pienellä alueella. Muualta granaattia ei ole havaittu. Esiintymän tonaliittisen muunnoksen päämineraalit ovat plagioklaasi (An_{32}), kvartsi, sarvivälke, biotiitti ja ortopyrokseeni. Aksessorisesti on opaakkia, apatiittia, klinopyrokseenia ja kalimaasälpää. Saarisen järven eteläpään (3242 05A) pienialaisen kaakkoon, kohti Likosen järveä suuntautuva virheellisesti gabron värillä merkityn esiintymän kivilaji on edellä kuvatun tyyppistä hypersteenipitoista sarvivälketonaliittia, osin kvartsidioriittia, jossa päämineraaleina ovat plagioklaasi (An_{45}), sarvivälke, biotiitti, kvartsi ja hypersteeni. Aksessorisesti on mm. apatiittia, opaakkia ja hieman zirkonia. Kuten laajemmalle pääesiintymälle, niin tällekin on ominaista titaniitin lähes täydellinen puuttuminen.

Kivijärven länsipuolella (3242 05A) on etelästä Kivijärvenvuorelta (180 m mpy) pohjoiseen Heilikanvuorelle (177 m mpy) ulottuva kapeahko vyöhyke, jossa kivi on koostumukseltaan pääasiassa edellisten kaltaista kvartsidioriittia, mutta siinä on myös melko runsaasti kalimaasälpähajarakeista (koko 1–2 cm) granodioriittia ja paikoin myös kvartsimontsodioriittia. Viimeksi mainitut kivityypit esiintyvät kvartsidioriitissa osittain juonimaisesti ja paikoin myös epämääräisempinä osueina, mutta niiden tarkempi rajaaminen ei joka paikassa irtomaiden vuoksi ollut mahdollista.

Munaniemen intruusion länsipäässä (3242 06A) on yhdessä paljastumassa pyrokseenipitoista kvartsidioriittia. Se kuuluu ilmeisesti reunamuunnoksena viereiseen gabrointruusioon. Kiven päämineraaleina on plagioklaasia (An_{37}), hypersteeniä, biotiittia ja kvartsia. Aksessorisesti siinä on augiittista klinopyrokseenia, opaakkia ja apatiittia.

6.2.2.7. Kvartsidioriitit ja dioriitit

Kartta-alueen kaakkoiskulmassa (3242 10C) Luusniemen ultramafisen esiintymän itäreunassa on maastomäärityksen mukaan keskirakeista dioriittista kiveä. Munaniemen gabrointruusio (3242 06A, C) sisältää dioriittista kiveä, jonka välittämänä intruusion koostumus muuttuu reunaosastaan kvartsidioriitiksi ja tonaliitiksi (Makkonen ja Forss 2000, s. 3). Haminalahden luoteispuolella Kellarikallion koillispuolella (3242 09B, D) sijaitsee kaksi pienialaista, keskirakeista dioriittisen kiven esiintymää, joista läntisempää, porfyyrisen granodioriitin sisällä olevaa kiveä, on kuopiolainen Puijon Kivi Oy hyödyntänyt rakennuskiveksi kahdesta louhoksesta.

Kartta-alueen luoteiskulmassa, Kuttakosken luoteispuolella Savikosken alueella (3242 03A) on muutaman paljastuman laajuinen kvartsidioriittis-dioriittisen kiven esiintymä. Se jatkuu myös Karttulan kartta-alueen (3224 12C) puolelle, jossa kivi on dioriittia (Pääjärvi 2000, s. 48). Kuopion kartta-alueella esiintymän länsiosan paljastumien kivilaji on määritetty maastossa dioriitiksi, mutta itäosassa Savikoskenniemellä koostumus on kvartsidioriittinen ja kvartsin määrän lisääntyessä myös tonaliittinen. Kvart-

sidioriitti koostuu plagioklaasista (An_{36}), sarvivälkkeestä, kvartsista ja biotiitista. Aksessorisesti on ortopyrokseenijäänteitä sarvivälkkeessä, opaakkia, apatiittia, zirkonia ja karbonaattia. Tonaliittisessa muunnoksessa on plagioklaasin (An_{41}) ja biotiitin lisäksi vähemmän sarvivälkettä ja enemmän kvartsia dioriittiin verrattuna. Aksessoriset mineraalit ovat samat kuin dioriitissa. Kivi on keskirakeinen raekooltaan ja näyttää tasalaatuiselta, mutta mikroskooppinen tarkastelu osoittaa, että makroskooppisesti isoina rakeina (3–4 mm) erottuvat niin sarvivälke- kuin plagioklaasirakeetkin ovat usein usean pienemmän rakeen kasaumia.

6.2.2.8. Gabrot

Kuopion kartta-alueen eri puolilla on useita vaihtelevan kokoisia gabrokoostumuksisia syväkivi-intruusioita. Useimmat niistä ovat joko yhden tai kahden paljastuman kokoisia, ja rajaus kivilajikartalle perustuukin useimmiten geofysikaaliseen aineistoon. Kartta-alueen luoteiskulmassa, Muuraismäen (176 m mpy) länsipuolella (3242 03B) sijaitsee kaksi laajempaa gabroaluetta, jotka jatkuvat myös Karttulan kartta-alueen (3224 12D) puolelle, jossa eteläisemmän alueen jatkeen kivityyppi on pyrokseenipitoista ja asultaan sekä tasarakeista että subofiittista gabroa ja pohjoisemman dioriittia (Pääjärvi 2000, s. 48). Kuopion kartta-alueen puolella Savikoskella eteläisemmän alueen kivi on keskirakeista ja jonkin verran suuntautunutta eli pilsteistä. Sen päämineraaleina on plagioklaasia ja sarvivälkettä. Pohjoisemman alueen kivi on maastossa määritetty sarvivälkegabroksi, jonka raekoko vaihtelee keskirakeisesta karkeaan, jolloin plagioklaasi esiintyy paikoin 5–10 mm:n pituisina kiteinä tehden kiven pinnan täplikkääksi, ja paikoin sarvivälke on jopa 3 cm:n pituisina kiteinä. Kivi on suuntautunut vaihtelevasti siten, että paikoin on nähtävissä blasto-ofiittisuutta ja paikoin amfibolin muuttumisen seurauksena syntyneet samansuuntaiset biotiittilinssit antavat kivelle pilsteisen asun. Kivessä on paikoin myös 2–5 mm leveitä kvartsi-maasälpäsuonia. Kuvattujen lisäksi Muuraismäen eteläpuolella on kolme pienialaista gabroksi tulkittua aluetta. Gabroksi määritettyä kiveä on myös kahdessa esiintymässä Pienen Tallusjärven itäpuolella (3242 03D). Niistä eteläisempää breksioi karkea graniittinen aines.

Viitasaareen, Kuttajärven pohjoispäässä (3242 03A) sijaitsevaan saareen, on kallioperäkarttaan virheellisesti jäänyt maastokartoituksen aikainen gabroksi määritetyn kivilajin rajaus. Ohuthieen perusteella pääasiassa sarvivälkkeestä ja plagioklaasista koostuvan kiven plagioklaasin anortiittipitoisuus on 35–39 %, joten sen perusteella sitä ei voida pitää gabrona. Aksessorisesti siinä on opaakkia, apatiittia, epidoottia, zirkonia, titaniittia ja diopsidia. Kivityyppi on kuitenkin raekooltaan pienirakeista-keskirakeista, tosin asultaan varsin voimakkaasti deformoitunutta ja osin graniittisen aineksen breksioimaa. Se edustanee kartta-alueen sarvivälkegneisseissä paikoin tavattavaa karkeampaa syväkivimäistä, ortogneissimuunnosta. Niiden alkuperää ei ole selvitetty lähemmin.

Kuttakosken (3242 03A) pienialainen, raekooltaan keskirakeinen gabroesiintymä sisältää päämineraalina ortopyrokseenia mutta hieman myös klinopyrokseenia, joten sen koostumus vastaa Streckeisenin luokituksen mukaista klinopyrokseeninoriittia. Kiven päämineraalit ovat plagioklaasi (An_{55}), ortopyrokseeni (hypersteeni), biotiitti ja sarvivälke. Pyrokseeni on muuttunut sarvivälkkeeksi ja se edelleen biotiitiksi. Aksessorisesti siinä on klinopyrokseenia (augiitti), kvartsia, opaakkia ja apatiittia. Esiintymässä on myös dioriittinen osa, joka koostuu pääasiassa plagioklaasista (An_{37}) sekä orto- ja klinopyrokseenista ja aksessorisesti biotiitista, sarvivälkkeestä, kvartsista, opaakista ja apatiitista. Esiintymän kivi on lähes suuntautumaton.

Säkkiniemessä (3242 03A) ja lähisaaressa on maastomäärityksen mukaan keskirakeista gabroa. Siihen liittyy karkeampi ultramafinen osa, joka koostuu tremoliitti-aktinoliittisesta amfibolista, sarvivälkkeestä ja biotiitista. Muuttumistuloksena on talkkia ja aksessorisesti opaakkia ja pieniä zirkonikiteitä. Kivi on varsin massamaista.

Suhonkylässä, Suhonjärven pohjoispuolella (3242 02A) on granodioriitissa pohjoiseteläsuuntainen sarvivälkegabroesiintymä, jonka päämineraaleina on plagioklaasia (An_{66}), sarvivälkettä ja biotiittia. Aksessorisesti kivessä on apatiittia, opaakkia, kloriittia ja kvartsia sekä hieman titaniittia ja zirkonia. Kiven plagioklaasi on serisiittiytynyt voimakkaasti. Raekooltaan kivi on keskirakeinen, paikoin karkearakeinen. Kivi on suuntautunut heikosti.

Kärkkäälässä Vehmasjärven itäpuolella (3242 01D) olevan keskirakeisen sarvivälkegabron päämineraaleina on sarvivälkettä, plagioklaasia (An_{53}) ja biotiittia sekä aksessorisesti opaakkia, titaniittia ja apatiittia. Paskopetäisen järven itäpuolella (3242 04B) sijaitseva 2–3 km pitkä ja 200–300 metriä leveä, juonimainen sarvivälkegabroesiintymä koostuu sarvivälkkeestä ja plagioklaasista (An_{51}). Aksessorisesti siinä on kvartsia, biotiittia, kloriittia, opaakkia, apatiittia ja karbonaattia. Raekoko vaihtelee keskirakeisesta karkeaan. Graniittinen aines breksioi kiveä varsinkin esiintymän luoteispäässä.

Vuorisen järven itäpuolella (3242 04D) sijaitsee maastomäärityksen mukaan keskirakeista, deformoitunutta gabrokoostumuksista kiveä. Esiintymässä on myös hienorakeista, raitaista sarvivälkegneissiä, ja on ilmeistä, että gabro liittyy viimeksi mainittuun kivityyppiin syväkivimäisenä muunnoksena. Koko esiintymä on rajattu aeromagneettisen anomalian perusteella. Aeromagneettisen aineiston avulla on rajattu myös Keihässjärven eteläpuolella (3242 06A) sijaitseva yhden paljastuman esiintymä, jossa maastomäärityksen perusteella kivilaji on sarvivälkegabroa.

Vaarunjärven (3242 06A, C) ympäristössä on laajahko gabrokoostumuksinen esiintymä, joka GTK:n Ni-hankkeen tutkimuksissa tunnetaan Munaniemen esiintymänä (Forss et al. 1999, s. 78, Makkonen & Forss 2000). Intruusio on pintaleikkauksessaan lähes itä-länsisuuntainen, noin 2 km pitkä ja 0,5 km leveä. Geofysikaalisten tulkintojen ja syväkairauksen perusteella intruusio ulottuu noin 300 metrin syvyyteen. Esiintymä koostuu lähes yksinomaan gabroluokan kivistä, sillä peridotiittisia osia ei ole tavattu. Reunaosissa, lähellä kontaktia gabro vaihettuu dioriitin kautta porfyyriseksi kvartsidioriitiksi ja tonaliitiksi. Esiintymän länsipäästä löytyi kallioperäkartoituksen aikana pyrokseenipitoinen kvartsidioriittinen paljastuma, jonka oletetaan kuuluvan esiintymään. Pääkivilajeina esiintymässä ovat kummingtoniittigabro (plagioklaasi ja kummingtoniitti) ja noriitti (plagioklaasi, ortopyrokseeni ja sarvivälke). Lisäksi on tavattu sarvivälkekummingtoniittigabroa (plagioklaasi, sarvivälke ja kummingtoniitti) ja biotiitti-sarvivälkegabroa (plagioklaasi, biotiitti ja sarvivälke). Pystystä kairausreiästä (R370, Makkonen & Forss 2000, s. 3) tehtyjen analyysien perusteella esiintymän magnesium- ja rautapitoisuus kasvavat alaspäin, minkä perusteella intruusio olisi suurin piirtein alkuperäisessä asennossaan.

Kaislastenlahden ja Haminalahden välisellä alueella on kolme gabrokoostumuksista esiintymää. Kaislastenlahden Rasinmäen (130 m mpy) länsirinteellä (3242 09B) on noin 0,3 km^2:n laajuinen, useita paljastumia käsittävä maastossa sarvivälkegabroksi määritetty esiintymä porfyyrisen granitoidin ympäröimänä. Raekooltaan kivi on keskirakeista, tosin se sisältää monin paikoin hiertosaumoja, joissa raekoko on hienorakeinen. Paikoin plagioklaasi esiintyy suurempina hajarakeina. Vaihtelevan levyiset graniittiset ja pegmatiittigraniittiset suonet leikkaavat kiveä.

Edellisestä 1,5 km kaakkoon (3242 09A) löytyi gravimetrisen mittauksen ja kaira-

uksen perusteella noin 200 m x 500 m:n suuruinen, migmatiittisten kiillegneissien ympäröimä intruusio, jota GTK:n Ni-hanke nimittää Niinikosken intruusioksi (Makkonen & Forss 2002). Esiintymän alueelta löytyi myös kaksi pientä paljastumaa, joita ei havaittu kartoituksen aikana, joten esiintymää ei ole rajattu kallioperäkarttaan vaan sijaintia osoittavat syväkairausmerkit. Kairausten mukaan intruusio ulottuu pohjoisosastaan noin 200 m:n syvyyteen. Se koostuu (Makkonen & Forss op.cit., s. 5) pääosin kummingtoniittigabrosta ja noriitista, ja myös oliviinigabroa on tavattu. Päämineraaleina ensin mainitussa ovat kummingtoniitti, plagioklaasi ja vihreä klinoamfiboli, joskus myös biotiitti. Noriitin päämineraaleina on plagioklaasia ja ortopyrokseenia, joskus myös klinoamfibolia. Joissakin noriittinäytteissä on nähtävissä ortopyrokseenia, joka on syntynyt plagioklaasin ja oliviinin välisessä reaktiossa, minkä perusteella myös oliviinia on kiteytynyt noriiteissa. Oliviinigabron päämineraalit ovat plagioklaasi, ortopyrokseeni ja oliviini. Alle 2 cm:n levyiset serpentiinisaumat ovat yleisiä intruusiossa, samoin kuin sitä leikkaavat apliittigraniittijuonet.

Edellisestä noin 2 km kaakkoon, Haminalahden länsipuolella, Ylämäen (200 m mpy) eteläosassa (3242 09A) sijaitsevan pienialaisen sarvivälkegabroesiintymän kivi on vaihtelevasti pilsteinen.

Kuopion kartta-alueen eteläosassa peruskarttalehdellä 07 on kolme pienialaista gabroesiintymää. Ilvesjärven lounaispuolella (3242 07A), Paukarlahden pohjagneissidoomin reunassa sijaitseva gabro on deformoitunut varsin voimakkaasti, ja varsinkin eteläpäästään kivi on asultaan hienorakeista amfiboliittia. Päämineraaleina siinä on sarvivälkettä ja plagioklaasia. Täydellisen seriittiytymisen vuoksi plagioklaasin An-pitoisuutta ei voi määrittää. Aksessorisesti siinä on opaakkia, epidoottia ja titaniittia. Edellisestä noin 3 km etelään, Haukijärven länsirannalla (3242 07A) on graniitin breksioimaa sarvivälkegabroa. Jyrkän järven itärannalle (3242 07A) rajattu gabro on deformoitunut niin, että paikoin se on asultaan sarvivälkegneissimäinen. Kiven päämineraalit ovat plagioklaasi (An_{53}), sarvivälke ja biotiitti. Kvartsia kivessä on siinä määrin, että koostumus vastaa kvartsigabroa ja paikoin jopa kvartsidioriittia (plagioklaasin An_{40}). Aksessorisesti on apatiittia, opaakkia, titaniittia ja zirkonia.

Kuopion kartta-alueen kaakkoisnurkassa on Hyvärilänniemen Naulaniemessä (3242 10A) keskirakeista gabrokoostumuksista kiveä neljässä rantapaljastumassa. Geofysikaalisen aineiston perusteella esiintymän pääosa sijainnee veden alla niemen edustalla.

Hyvärilänniemen itäpuolelle Kolikkosaareen, Luusniemeen (3242 10C) ja lähisaariin sijoittuu noin 5 km^2:n suuruiselle alueelle gabroa, joka sisältää monin paikoin uraliittisia rakeita eli jäänteitä pyrokseenista. Gabron Luusniemen puoleiseen päähän liittyy myös ultramafisia osia, joita GTK:n Ni-hanke (Forss et al. 1999, s. 70, Mäkinen & Forss 1998a) tutki Luusniemen esiintymänä (ks. Ultramafiset kivet, s. 118). Gabrossa on sulkeumina ultramafisia fragmentteja, joten se on nuorempi kuin esiintymän ultramafinen osa.

Hyvärilänniemen luoteispuolella Humalalahdessa (3242 10A) sijaitsevassa saariryhmässä (Muurainen, Pieni-Muurainen, Kalkkisaari ja Häpyluoto) on gabrokoostumuksista, useimmiten selkeästi suuntautunutta kiveä. Kivi koostuu sarvivälkkeestä, joka esiintyy paikoin 2–4 mm:n kokoisina uraliittisina rakeina, ja plagioklaasista, joka myös paikoin erottuu 2–3 mm:n kokoisina hajarakeina. Kiven raekoko vaihtelee pienirakeisesta keskirakeiseen. Nimestään huolimatta Kalkkisaaresta ei löytynyt karbonaattikiveä, mutta sen sijaan Pieni-Muuraisessa on runsaasti karbonaattikivi- ja kalkkisilikaattikivilohkareita. Edellisten lisäksi Sotkanselän Kaukosen saaren (3242 10D) kallioiden sarvivälkegabro on keskirakeista, rakenteeltaan blasto-ofiittista sekä varsin tasalaatuista ja

suuntautumatonta. Gabroa on myös Iso-Musti-saaren pohjoispäässä ja Pieni-Musti-saaressa Sotkanselällä Vehkasaaren lounaispuolella (3242 10D).

6.2.2.9. Ultramafiset kivet

Kuopion kartta-alueen ultramafiset kivilajit ovat peridotiitti-, pyrokseniitti- ja hornblendiittiluokan kiviä. Laajin esiintymistä on kartta-alueen kaakkoisnurkassa, Luusniemen Revonlahdessa (3242 10C) sijaitseva Luusniemen ultramafinen intruusio, joka erottuu aerogeofysikaalisissa kartoissa kolmena voimakkaana magneettisena anomaliana. Intruusion suurin pintapuhkeama Revonlahden itärannalla on enimmillään noin 1 km^2:n kokoinen. Sen luoteispuolella olevasta kahdesta pienemmästä esiintymästä toinen on osittain veden alla ja toinen aeromagneettisen aineiston perusteella sijaitsee kokonaan veden alla. Geofysikaalisen aineiston ja Ni-hankkeen kairaustietojen perusteella suurin intruusioista on tulkittu noin 45°:n kulmassa reunoiltaan alaspäin laajenevaksi kartioksi (Mäkinen & Forss 1998a, s. 3). Sen on todettu rajoittuvan granitoideihin, jotka myös pilkkovat intruusiota hyvin voimakkaasti. Intruusio koostuu klinopyrokseenivaltaisesta sarjasta, jossa on peridotiitteja, oliviinipyrokseniitteja, pyrokseniitteja ja magnetiittipitoisia pyrokseniitteja. Niiden joukossa on myös gabroja. Peridotiiteissa ja oliviinipyrokseniiteissa esiintyy paikoin magmaattista laminaarisuutta ja oliviini on paikoin syöpynyt voimakkaasti, minkä perusteella kiteytymisolosuhteet ovat oliviinin suhteen olleet epästabiilit. Peridotiitti on paikoin serpentiiniytynyt, jolloin magnetiittia on muodostunut runsaasti. Magnetiittia esiintyy runsaasti myös magnetiittipyrokseniiteissa, mikä selittää ultramafiitin alueella olevan voimakkaan geofysikaalisen anomalian. Sulfidisia malmimineraaleja, joista eniten on magneettikiisua, kivissä esiintyy satunnaisena pirotteena hyvin vähän. Nikkelipitoisuus on pieni suurimmassa osassa intruusiota. Geologisen ja geofysikaalisen tulkintamallin mukaan intruusion stratigrafinen pohja on todennäköisesti kaakkoisosassa.

Vehmasmäen arkeeisen pohjagneissidoomin länsipuolelta (3242 07B) löytyi Vehmasjärveen kairatuista syväkairausrei'istä peridotiittista kiveä pystyasentoisena, laattamaisena noin 450 metriä pitkänä ja keskimäärin 10 m leveänä esiintymänä. GTK:n Ni-hankkeen tutkimuksissa esiintymä on nimetty Vehmasjoen esiintymäksi (Forss et al. 1999, s. 78). Esiintymästä ei ole paljastumahavaintoa, joten sitä ei merkitty kallioperäkarttaan vaan sijainti on osoitettu syväkairausmerkeillä. Intruusion kontaktit ympäröivään migmatoituneeseen ja mustaliuskevälikerroksia sisältävään kiillegneissiin ovat intrusiiviset. Esiintymässä on nähtävissä differentioitumista, jossa pohjoispään peridotiittinen kivi vaihettuu pyrokseniitin kautta eteläpään gabroon. Peridotiitin päämineraaleina on oliviinia, serpentiiniä, klinoamfibolia joskus myös klinopyrokseenia ja malmimineraaleja, kuten magneettikiisua, kuparikiisua ja pentlandiittia. Yleinen aksessorinen mineraali on kloriitti. Paikoin peridotiitti on täysin serpentiiniytynyt. Pyrokseniitti on muuttunutta ja kostuu pääosin klinoamfibolista, sulfideista ja joskus myös biotiitista. Pyrokseenin jäänteitä amfibolissa on myös havaittu. Gabroluokan kivet ovat karkearakeisia sarvivälkegabroja.

Kartta-alueen lounaisnurkassa on Palokin järven itärannalla (3242 01C) yhden pienen (2 x 3 m) paljastuman kokoinen, massamainen voimakkaasti rapautunut peridotiittinen esiintymä. Kivestä ei ole ohuthietietoa, eivätkä sen kontaktisuhteet ympäröivään kiillegneissiin ole tiedossa.

Suhonkylän (3242 02A) gabroesiintymässä on kahdessa paljastumassa karkearakeista (> 5 mm) hornblendiittia, jota ei ole rajattu kallioperäkarttaan. Kivi on suuntautuma-

tonta ja koostuu pääasiassa sarvivälkkeestä. Sen lisäksi siinä on hieman biotiittia sarvivälkkeen muuttumistuloksena ja hieman apatiittia ja opaakkia, joka on paljastumalla tunnistettu rikkikiisuksi. Kontakteja ympäröivään gabroon ei ole nähtävissä.

6.2.2.10. Intrusiivibreksiat

Siilinjärven kartta-alueen tapaan on Kuopionkin kallioperäkarttaan mustalla monikulmiomerkillä merkitty intrusiivibreksiaksi (huom. terminologia sivulla 106) nimetyt esiintymät. Kuten Siilinjärven alueella ovat esiintymät Kuopionkin kartta-alueella yleensä pienialaisia paljastumia, ja esiintymistavaltaan ja kivilajeiltaan samanlaisia kuin ensin mainitulla kartta-alueella. Esiintymät sijaitsevat pääasiassa kartta-alueen luoteisosassa (3242 03). Kallioperäkarttaan on merkitty 17 kohdetta, joista hornblendiittisia kappaleita sisältäviä on neljä. Niistä kaksi sijaitsee Hoikkajärven itärannan (3242 05D) tonaliittisen kivialueen sisällä. Lopuista kahdesta toinen on Pienen Tallusjärven eteläpäässä Mustalahden alueella (3242 03C) kiillegneissin ympäröimänä ja toinen samaisen järven itäpuolella (3242 03D) sarvivälkegneississä. Muut esiintymistä sisältävät gabrokoostumuksisia, osin amfiboliittisia kappaleita.

6.3. Juonikivilajit

Juonikiviä syntyy, kun kiinteään kallioperään syntyneisiin halkeamiin ja rakoihin purkautuva kivisula kiteytyy niissä. Juonet ovat levymäisiä ja yleensä pystyasentoisesti ympäristönsä kivilajien rakenteita leikkaavia. Kerrosmaiset juonet ovat myös levymäisiä, mutta niiden magma on alkujaan asettunut isäntäkivien kerrosten suuntaisesti. Juonet esiintyvät usein samansuuntaisesti asettuneina juoniparvina. Juonien leveys vaihtelee muutamasta senttimetristä jopa sataan metriin. Pituus voi olla muutamasta metristä kilometreihin. Maapeitteisyyden vuoksi juonien pituuden seuraaminen maastossa ei aina ole helppoa, ellei juonessa ole jokin varmana tuntomerkkinä pidettävä piirre. Magneettisesti ympäristöstään poikkeavien juonien rajaamista auttaa aeromagneettinen aineisto. Syväkivien tapaan juonet jaetaan mineralogiansa kuten myös kemiallisen koostumuksensa perusteella erilaisiin tyyppeihin. Siilinjärven ja Kuopion kallioperäkartoissa juonet on jaettu kolmeen pääryhmään: mafiset, intermediääriset ja felsiset juonikivilajit. Ensin mainittuun kuuluvat metadiabaasijuonet ja niiden voimakkaammin deformoituneet vastineet amfiboliitit. Toisessa ovat mikrotonaliittijuonet ja kolmannessa granitoidijuonet.

6.3.1. Metadiabaasijuonet ja amfiboliittijuonet

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden arkeeisen kallioperän kivilajeja yleensä teräväpiirteisesti leikkaavista juonikivistä yleisimpiä ovat paleoproterotsooiset diabaasijuonet, joita metamorfoitumisen vuoksi nimitetään metadiabaasijuoniksi. Voimakkaammin deformoituneita muunnoksia sanotaan amfiboliittijuoniksi. Metadiabaasijuonien kuten myös amfiboliittijuonien rapautumispinnan väri vaihtelee mustanvihreästä vihreään ja tuore pinta on useimmiten lähes musta. Ne koostuvat pääasiassa sarvivälkkeestä ja plagioklaasista. Aksessorisesti esiintyvinä mineraaleina niistä on löydetty kvartsia, opaakkia, titaniittia, epidoottia, apatiittia ja kloriittia. Joissakin juonissa sarvivälkkeen muuttumisen seurauksena biotiittia saattaa olla päämineraaliksi asti. Koska diabaasit ovat

mineralogiselta koostumukseltaan gabroluokan syväkivien puolipinnallisia vastineita, pitäisi juonien plagioklaasin anortiittipitoisuuden olla An_{50} tai enemmän. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden metadiabaasijuonien plagioklaasin An-pitoisuus vaihtelee 30:sta 56 %:iin, ja amfiboliiteiksi muuttuneissa juonissa pitoisuus on alempikin: 30–46 %. Paikoin plagioklaasi on kokonaan serisiittiytynyt, jolloin An-pitoisuuden määrittäminen ei onnistu. Raekooltaan kartta-alueiden juonet ovat joko pieni- tai keskirakeisia (ø < 2 mm). Yleensä ne ovat tasarakeisia, mutta on myös juonia, joiden keskiosa on huomattavasti karkeampaa kuin reunaosat. Keskiosan karkeampana mineraalina on yleensä plagioklaasi. On myös löydetty juonia, joiden molemmissa kontakteissa sivukiveä vastaan on vajaan 10 cm:n levyinen, alkuperäistä jäähtymisreunaa edustava hienorakeinen vyöhyke. Mikrorakenteeltaan metadiabaasijuonet ovat yleensä granoblastis-nematoblastisia, eli ne ovat usein suuntautuneita johtuen samansuuntaiseksi asettuneiden sarvivälkesälöjen vuoksi. Useimmiten suuntaus (venymä) on jyrkkä- tai pystyasentoinen, joten se on parhaiten havaittavissa paljastumien pystyseinämistä. Paikoin paremmin säilyneissä juonissa on nähtävissä myös diabaasijuonille tunnusomaista ofiittista rakennetta (metamorfoituneena blasto-ofiittista), jolloin hienorakeisessa sarvivälkkeen muodostamassa perusmassassa on suurempia omamuotoisia plagioklaasikiteitä sikinsokin. Amfiboliittijuonissa amfibolimineraalien suuntaus on metadiabaasijuonia selvempi. Sellaisia juonia, joissa on yleensä alle 10 mm:n kokoisia plagioklaasihajarakeita, esiintyy myös. Metadiabaasijuonia on tavattu arkeeisten pohjagneissien lisäksi myös emäksisessä metavulkaniitissa ja paikoin kvartsiitissa. Sekä Siilinjärven että Kuopion kartta-alueen länsireunan kiillegneisseissä ja sarvivälkegneisseissä on metadiabaasijuonia, joiden blasto-ofiittinen rakenne on säilynyt hyvin. Nämä juonet ovat ilmeisesti nuorempia kuin arkeeista pohjagneissiä ja metavulkaniitteja leikkaavat metadiabaasijuonet.

Selkeästi diabaaseiksi tunnistettavia, arkeeisia pohjagneissejä leikkaavia juonia on Siilinjärven kartta-alueen koillisnurkassa (3331 12). Juonien leveys on yleensä 1-30 m, ja niitä on voitu seurata paljastumalta toiselle satojakin metrejä. Siellä on paikoin myös tavattu kalliopaljastumia, joissa on kolmekin muutaman metrin levyistä juonta rinnakkain juoniparvena. Niiden esittäminen omina juoninaan kartan mittakaava huomioiden ei kuitenkaan ollut aina mahdollista, joten kallioperäkartassa niitäkin kuvaa yksi viiva. Muualla kartta-alueella, samoin kuin Kuopion kartta-alueella alkuperäiset diabaasijuonet ovat voimakkaammin deformoituneita ja niistä on käytetty amfiboliitti-nimeä. Mahdollisesti deformaation vuoksi niitä ei myöskään ole maastossa kyetty jäljittämään yhtä pitkiä matkoja kuin Siilinjärven kartta-alueen koillisnurkan juonia.

Siilinjärven vulkaniittimuodostuman yhteydessä on metavulkaniittia leikkaavia metadiabaasijuonia, joiden mineraloginen ja kemiallinen koostumus on samanlainen kuin metalaavojenkin. Kasurilanmäen länsireunalla (3331 11A) pohjagneissiä leikkaavasta Kuopio–Siilinjärvi-moottoritien kallioleikkauksesta tavattiin kolme plagioklaasihajarakeista metadiabaasijuonta; tosin juonien merkki on jäänyt pois kallioperäkartasta. Juonet ovat pystyasentoisia ja niiden leveys on 3–5 metriä. Plagioklaasihajarakeet ovat ulkonäöltään samanlaisia kuin Koivusaaren muodostuman Parkkilan jäsenen plagioklaasihajarakeisissa tyynylaavoissa, mutta niiden koostumuksessa on kuitenkin ero: tieleikkauksen hajarakeet ovat oligoklaasia, kun taas tyynylaavojen hajarakeet ovat koostumukseltaan useimmiten albiittisia. Sitä liittyvätkö juonet Parkkilan jäsenen plagioklaasihajarakeisiin metalaavoihin, ei ole selvitetty.

Kasurilanmäen pohjoispuolella metavulkaniittiin kairatussa syväkairausreiässä (K/3331/83/R-KAS1) on metadiabaasijuonia, jotka muodostavat juoni-juonessa-kompleksin eli aikaisempaan juoneen on tunkeutunut myöhemmin uusi juoni. Kairauksessa

lävistettiin myös 34 m leveä differentioitunut juoni, jonka keskiosa on koostumukseltaan reunaosia felsisempää.

Siilinjärven kartta-alueella Kurolanlahden kylän Soidinmäen länsipuolella sijaitsevassa Suurimäessä (3331 02D) on metsäautotien ojanpohjalla pohjagneississä 40 metriä leveä pystyasentoinen metadiabaasijuoni. Sen reunat ympäröivään pohjagneissiin ovat hienorakeiset, ja raekoko muuttuu asteittain keskirakeiseksi juonen keskiosaan siirryttäessä. Ominaista on myös se, että pohjagneissin suuntaus on samansuuntainen kuin juonen kontaktin suunta ja mineraalisuuntaus koko juonessa. Juonen päämineraalit ovat sarvivälke ja plagioklaasi (An_{38} juonen keskiosassa). Kvartsia on juonen keskiosassa niin runsaasti, että kivi on koostumukseltaan kvartsidioriittia, kun koostumus muuten vastaa gabroa. Aksessorisesti on biotiittia (pääasiassa sarvivälkkeen muuttumistuloksena), titaniittia, opaakki ja apatiittia. Mikrorakenteeltaan kivi on granoblastis-nematoblastinen

Siilinjärven kartta-alueen länsireunassa Talluskylän Liesjärven itärannalla (3331 02A) sijaitsee noin kaksi kilometriä pitkä gabro-/diabaasijuoni, joka jatkuu myös Vesannon kartta-alueen puolelle (3313 11C, Pääjärvi 1991a, s. 33). Juoni on tunkeutunut paleoproterotsooisiin kiillegneisseihin ja on iältään ilmeisesti pohjagneississä ja vulkaniiteissa tavattavia juonia nuorempi. Mäkitie (1984, s. 20) nimittää kiveä diabaasimaiseksi dioriitti-gabroksi sen ofiittis-subofiittisen tekstuurin ja 40 ja 65 wt-%:n välillä vaihtelevan plagioklaasin An-pitoisuuden perusteella. Wilkman (1938, s. 71) määritti kiven ofiittisrakenteiseksi diabaasiksi, jonka plagioklaasin anortiittipitoisuus on $An_{60–70}$. Paikoin juonessa on myös 5 cm:n läpimittaisia plagioklaasihajarakeita. Plagioklaasin ohella tämä Liesjärven metadiabaasi sisältää sarvivälkettä ja vaihtelevasti biotiittia sekä hypersteeniä- ja augiittia, siten että niiden ympärillä on sarvivälkekehä. Aksessorisesti on havaittu apatiittia, kvartsia, opaakkia ja zirkonia. Raekooltaan juoni on pieni-keskirakeinen, mutta siihen liittyy myös hienorakeisia muunnoksia. Karkeammat osat muistuttavat ulkoasultaan gabrokoostumuksisia syväkiviä.

Kuopion kartta-alueen keskiosasta (3242 05) Fagerström (1990, s. 33) on kuvannut sarvivälkegneissistä metadiabaasijuonia (ei esitetty kivilajikartassa), jotka ovat usein 4–5 m leveitä ja joiden pituus rajoittuu keskimäärin 10 m:iin. Useimmat niistä ovat lähes itä-länsisuuntaisia. Juonet ovat yleensä hienorakeisia ja heikosti ofiittisrakenteisia, mutta yksi karkea, gabropegmatoidinen metadiabaasi on paljastuneena tieleikkauksessa Petäisenjärven eteläpäästä (3242 05C). Kivi koostuu karkeasta (koko yli 1 cm) plagioklaasista ja sarvivälkkeestä sekä värittömästä amfibolista (aktinoliitti) ja aksessorisesta apatiitista, kloriitista ja karbonaatista. Plagioklaasi on niin voimakkaasti serisiittiytynyt, ettei sen anortiittipitoisuutta pysty optisesti määrittämään. Sarvivälkkeeseen liittyy aina opaakkimineraalia, joka paljastumalla on todettu rikkikiisuksi. Samantyyppisen karkean metadiabaasijuonen on Marttila (1981, s. 35) kuvannut Kiuruveden alueelta Tuli-Toiviaisesta. Sen zirkonin U-Pb-isokroonin yläleikkauspisteen antama ikä on 1 886 ± 5 Ma (Marttila op. cit.).

Kuopion kartta-alueen lounaisosassa, Kärkkäälän Pöngänlammen (3242 01D) eteläpuolella on useamman maastohavainnon perusteella rajattu vajaan kahden kilometrin mittainen amfiboliitin värillä esitetty juonimainen alue. Kiven raekoko vaihtelee hienorakeisesta keskirakeiseen, paikoin karkeaan. Päämineraaleina on sarvivälkettä ja plagioklaasia. Plagioklaasi on koostumukseltaan andesiinista, mutta usein kuitenkin täysin saussuriittiutunutta. Kivessä on vaihtelevasti granaattia, joka on muuttunut lohkoraoistaan kloriitiksi. Aksessorisina mineraaleina on kvartsia, biotiittia, opaakkia, kloriittia, apatiittia, titaniittia, epidoottia ja karbonaattia. Karkeissa kohdissa kivi on asultaan sy-

väkivimäinen ja muistuttaa gabroa, ja onkin mahdollista, että kyseessä on juonikivi, jossa hienorakeisemmat osat edustavat juonen reunaosia.

6.3.2. Mikrotonaliittijuonet ja -intruusiot

Mikrotonaliitiksi nimetyt juonet ovat hieno-pienirakeisia (ø <1,5 mm), mistä tulee nimen mikro-etuliite. Siilinjärven kartta-alueen maastokartoituksessa nimeä käytettiin aluksi pienirakeisille tasalaatuisille (yksikomponenttisille) tonaliittisille juonille. Myöhemmin, kun löytyi myös kahdesta komponentista koostuvia kompleksisia tonaliittisia juonia, nimi laajennettiin koskemaan myös niitä. Koostumukseltaan juonet ovat yleensä tonaliitteja, mutta tarkemman ohuttutkimuksen perusteella kartta-alueiden juonien koostumus vaihtelee tonaliitista kvartsidioriittiin, paikoin dioriittiinkin. Aumo (1983a, s. 76) luokitteli mikrotonaliitteihin kuuluvat juonet intermediaarisiksi juoniksi, jotka hän jaotteli edelleen kompleksisiksi kvartsidioriittisiksi juoniksi ja intermediaarisiksi porfyyrisiksi juoniksi. Wilkmanin (1923, 1938) ja Prestonin (1954) kivilajiselvityksissä tämäntyyppisiä juonia ei mainita. Kartta-alueiden mikrotonaliittijuonia on tutkinut yksityiskohtaisemmin Rautiainen (2000). Siilinjärven ja Kuopion alueen ulkopuolella mikrotonaliittinimeä käytti ensimmäisenä Huhma (1981, s. 68) kuvatessaan lähemmin Outokummun ja Kaavin alueelta aikaisemmin kartoitettuja hienorakeisia tonaliittisia juonikiviä (Huhma 1975, s. 87). Niiden lisäksi Koistinen (1993, s. 40) kuvaa Heinäveden kartta-alueelta (4221) mikrotonaliittijuonen sekä kaksikomponenttisen intrusiivikiven (Koistinen op. cit., s. 38), joka esiintymistapansa perusteella vastaa Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kompleksisia juonia.

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden mikrotonaliittijuonien rapautumispinta on väriltään joko harmaata tai tummanharmaata, ja tuore pinta on yleensä tummanharmaata tai lähes mustaa. Yleensä tämä kivityyppi esiintyy vaihtelevanlevyisinä juonina sekä arkeeisissa että paleoproterotsooisissa kivilajeissa.

Kompleksiset tonaliittiset juonet koostuvat tummasta ja vaaleasta osasta. Tumma osa, jota yleensä on aina vaaleata enemmän, on koostumukseltaan tonaliittia, kvartsidioriittia tai paikoin myös dioriittia. Vaalea puolestaan on leukotonaliittia (trondhjemiittia). Juonien rakenne on usein breksiamainen siten, että vaaleampi kiviaines ”breksioi” verkkomaisesti tummaa ainesta (kuva 43). Monessa paikassa on felsisessä aineksessa myös munuaismaisia tummia sulkeumia. Eri komponenttien esiintymistapa osoittaisi tonaliittisen aineksen syntyneen ensin ja granitoidisen aineksen tunkeutuneen siihen vasta myöhemmin, mutta lähempi tutkimus vahvistaa tumman ja vaalean aineksen kuitenkin käyttäytyneen siten, että ne ovat syntyneet suhteellisen samanaikaisesti ja sekoittuneet toisiinsa magmojen viskositeettierojen vuoksi vaihtelevasti, kuten Rautiainen (2000, s. 53) on esittänyt. Kompleksisten juonien tumma osa sisältää pääasiassa plagioklaasia ($An_{35–45}$), sarvivälkettä, biotiittia sekä klinopyrokseenia (augiittia). Lisäksi niissä on vähän kvartsia, titaniittia, opaakkia ja apatiittia. Plagioklaasi ja kvartsi esiintyvät osaksi hajarakeina. Augiitti on yleensä muuttunut sarvivälkkeeksi. Juonien vaalea komponentti koostuu enimmäkseen plagioklaasista ($An_{20–30}$) ja kvartsista. Niiden lisäksi on hieman biotiittia ja sarvivälkettä. Aksessorisesti on yleensä apatiittia, titaniittia, opaakkia, zirkonia ja vaihtelevasti epidoottia. Paikoin on myös sellaisia juonia, joissa esiintyy granaattiporfyroblasteja sekä tummassa että vaaleassa osassa.

Yksikomponenttiset juonet sisältävät plagioklaasia ($An_{25–35}$) ja biotiittia, kvartsia sekä hiukan opaakkia, apatiittia, titaniittia, karbonaattia ja kalimaasälpää. Raekoko on yleen-

Kuva 43. Mikrotonaliittijuoni. Laatta 12 cm.
Fig. 43. Microtonalite dyke. Tag 12 cm.
Siilinjärvi, Kemiran kaivos. 3331 12C, x = 7001,122, y = 3536, 950.

sä alle 1 mm. Väriltään nekin ovat harmaita tai tummanharmaita. Paikoin juonet ovat enemmän tai vähemmän liuskettuneita, jolloin ne muistuvat erehdyttävästi paksukerroksista kiilleliusketta, ja onkin mahdollista, että pienialaisten paljastumien kivilaji on tästä syystä tulkittu väärin. Hajarakeisissa muunnoksissa hajarakeet, jotka ovat yleensä plagioklaasia, voivat olla kooltaan 1–3 mm. Osa hajarakeista on vyöhykkeellisiä. Aumon (1983a, s. 78) tutkimiin kompleksisiin tonaliittis-kvartsidioriittisiin juoniin verrattuina porfyyriset juonet sisältävät enemmän piidioksidia ja vähemmän titaanioksidia sekä vähemmän rautaa, magnesiumia ja kalsiumia.

Siilinjärven kartta-alueella Leinolanlahden Kaavanniemestä (3331 05B) löytyi toistakymmentä tonaliittina kartoitettua juonta, joiden mineraloginen koostumus tosiasiassa vaihtelee kvartsidioriitista dioriittiin. Raekooltaan ne ovat hienorakeisia, minkä perusteella juonityyppi on luokiteltu mikrotonaliitiksi. Ne ovat keskimäärin 10–20 cm leveitä: kapeimmat ovat vain 0,5 cm ja leveimmät 80 cm (kuva 44). Usein ne esiintyvät lähes itä-länsisuuntaisina 2–3 juonen parvina. Juonet koostuvat pääasiassa sarvivälkkeestä ja vähemmässä määrin plagioklaasista ($An_{27–33}$) ja kvartsista. Aksessorisesti niistä on tavattu apatiittia, titaniittia, opaakkia ja biotiittia. Ohuimmat juonet sisältävät lähes yksinomaan sarvivälkettä. Paikoin leveimpien juonien reunassa on nähtävissä noin 1 cm paksu reunus, jossa on runsaasti sarvivälkettä, joka on hieman karkeampaa kuin muualla juonessa oleva sarvivälke. Muutamassa juonessa on karkeampi keskiosa ja joissakin 1–2 mm:n kokoisia plagioklaasihajarakeita. Juonien alkuperää ja syytä niiden sijoittumiseen erityisesti mainitulle alueelle ei ole selvitetty.

Kuva 44. Mikrotonalittijuoni. Laatta 12 cm.
Fig. 44. Microtonalite dyke. Tag 12 cm.
Maaninka, Kaavanniemi. 3331 05B, x = 6996,600, y = 3513,790.
Valokuva – *Photo:* Jukka Laukkanen.

6.3.3. Graniitti-, granodioriitti- ja trondhjemiittijuonet

Granitoidijuonia on erityisen runsaasti pohjagneissialueella. Hyvä esimerkki useista erilaisista ja eri-ikäisistä granitoidi- ja pegmatiittijuonista on Petosenmäen tieleikkaus Kuopion kartta-alueella (3242 12A). Leikkaussuhteiden perusteella vanhimmat pohjagneissialueen graniittisista juonista ovat karkeita pegmatiittigraniitteja. Ne ovat gneissin rakenteisiin nähden konformeja ja gneissin mukana poimuttuneita, ja onkin mahdollista, että ne ovat iältään arkeeisia. Nuoremmat, paleoproterotsooiset juonet ovat selvästi leikkaavia ja vähemmän poimuttuneita. Niistä pegmatiittijuonet ovat väriltään vaaleanpunaisia, vaaleanharmaita tai lähes valkoisia. Valkoiset pegmatiitit ovat suhteellisen nuoria, sillä niitä tavataan yleisesti myös proterotsooisissa liuskeissa. Pohjagneissejä leikkaavat keskirakeiset juonet ovat enimmäkseen leukograniittisia, mutta osa niistä on myös granodioriittisia ja osa tonaliittisia.

Proterotsooisissa liuskeissa on juonina pääasiassa graniittisia pegmatiitteja. Kvartsiitteja leikkaavat pegmatiitit ovat vaaleanpunaisia, ja niihin liittyy kvartsiittien graniittiutuminen. Petosen-, Vaivasen- ja Rahkamäen muodostumia leikkaavat pegmatiittijuonet ovat yleensä lähes valkoisia. Ne sisältävät mikrokliinia, kvartsia ja plagioklaasia ($An_{20–30}$). Tummia mineraaleja, kuten biotiittia, muskoviittia ja epidoottia, on niissä vain aksessorisesti.

Karkeiden pegmatiittisten graniittijuonien lisäksi kartta-alueilla on varsin runsaasti

apliittigraniittijuonia. Ne ovat yleensä melko kapeita, alle 1 m, mutta pituutta voi olla useita metrejä. Väriltään juonet ovat punertavia, raekooltaan hieno-pienirakeisia ja koostuvat pertiittisestä kalimaasälvästä, plagioklaasista ($An_{30–35}$) ja kvartsista. Lisäksi on vähän biotiittia ja muskoviittia sekä aksessorisesti opaakkimineraaleja.

Mineralogialtaan graniittisten juonien lisäksi on pieni- tai keskirakeisia juonia, joissa kalimaasälvän määrä vaihtelee siten, että ne on luokiteltava joko granodioriiteiksi taikka tonaliiteiksi. Tonaliittiset juonet sisältävät yleensä niin vähän mafisia mineraaleja (biotiittia tai sarvivälkettä), että niitä voidaan nimittää myös trondhjemiiteiksi (leukotonaliiteiksi).

Kuopion kartta-alueen sarvivälkegneisseissä, etenkin vyöhykkeen pohjoisosassa (3242 03B) on granodioriittis-tonaliittisia juonia ja juonipahkuja erikokoisina esiintyminä. Kivi on keski-karkearakeista ja paikoin plagioklaasihajarakeista. Felsisten mineraalien määrissä on vaihteluja siten, että on sellaisiakin muunnoksia, joissa ei ole kalimaasälpää juuri lainkaan.

Kuopion kartta-alueen kalimaasälpähajarakeisten granitoidien läheisyydessä esiintyy kiillegneisseissä juonina porfyyristä granodioriittia. Ne koostuvat kalimaasälvästä, plagioklaasista, kvartsista ja biotiitista. Paikoin niissä on runsaasti granaattia, mm. Koskenkylän alueella (3242 05B).

7. GEOKEMIA

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kivilajeista on tehty 249 silikaattianalyysiä kivilajien kemiallisen koostumuksen selvittämiseksi. Suurin osa niistä tehtiin pro gradu -tutkielmia varten. Kartoitustyötä varten tehtyjen analyysien lisäksi tässä selityksessä on mukana myös GTK:n valtakunnallisen kalliogeokemian näytteenottoprojektin kartta-alueilta teettämää 75 analyysiä. Myös GTK:n Ni-hankkeen (Forss et al. 1999) toimesta on analysoitu Kuopion kartta-alueen mafisia kivilajeja, joista vain muutama on otettu mukaan tähän selitykseen. Näytteiden pää- ja hivenalkuainepitoisuuksia määritettiin GTK:n, Rautaruukki Oy:n ja VTT:n laboratorioissa. Eri aikoina ja eri laitteistolla tehtyjen analyysien keskinäistä vertailukelpoisuutta varmennettiin vertailunäytteillä.

Vanhimmat tässä selityksessä mukana olevat pääalkuaineanalyysit ovat 1970-luvun lopulta. Ne tehtiin GTK:ssa ns. klassisena silikaattianalyysinä, jolloin analysoitiin kymmenen pääalkuainetta gravimetrisesti, titrimetrisesti tai kolorimetrisesti. Niiden tunnuksena analyysitaulukoiden Lab-rivillä on GTK0. Kartoitustyön 1980-luvun alku- ja puolivälin silikaattianalyysien pääalkuaineet ja osa hivenalkuaineista (Rb, Sr, Zr, Y, Nb ja Ba) määritettiin lasimaisista litiumtetraboraattisulatteista XRF (röntgenfluoresenssi) -spektrometrillä (menetelmäkoodi P22, Geokemian osasto 1982). Mainittujen hivenalkuaineiden lisäksi osasta näytteistä määritettiin Cr, Ni ja Y Jarrell-Ashin optisella emiosiospektrometrilla (OES). Analyysit on merkitty analyysitaulukkoihin GTK1-tunnuksella. XRF-P22-menetelmällä tehtyjen Siilinjärven (v. 1981, 1982), Kuopion (v. 1986) metavulkaniittien ja muutaman Kemiran kaivoksen kivilajin hivenalkuaineet V, Cr, Ni, Cu, Zn, Sr, Y, Zr, Ba ja Sc määritettiin vuonna 1986 litiummetaboraattisulatteista ICAP (induktiivisesti kytketty argonplasmaspektrometri) -menetelmällä. Analyysitaulukoissa niiden analyysien tunnuksena on GTK2. Tunnuksella GTK1 ja GTK2 analysoiduista näytteistä määritettiin harvinaisten maametallien (REE) eli lantanidien pitoisuudet Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen (VTT) reaktorilaboratoriossa Espoossa INAA (instrumentaalinen neutroniaktivointianalyysi) -menetelmällä (Rosenberg & Zilliacus

1977, Rosenberg & Zilliacus 1980). 1990- ja 2000-luvulla GTK:ssa tehtyjen analyysien pää- ja hivenalkuaineet (Ba, Cl, Cr, Cu, Nb, Ni, Pb, Rb, S, Sr, V, Y, Zn ja Zr) määritettiin puristetuista jauhebriketeistä XRF-spektrometrillä (menetelmäkoodi 175X, Geolaboratory 2004). REE-, Sc-, Th- ja U-pitoisuuksien määrittämiseen on käytetty ICP-MS (induktiivisesti kytketty plasmamassaspektrometri) -menetelmää (menetelmäkoodi 308M, Geolaboratory 2004). Niiden tunnuksena analyysitaulukoissa on GTK3.

Kartta-alueilta otettujen GTK:n kallioperän litogeokemian näytteenotto-ohjelman analyysinäytteiden pää- ja hivenalkuaineet sekä REE on analysoitu edellä mainituilla menetelmillä (175X ja 308M). Analyysitaulukoissa kalliogeokemian analyysien tunnuksena on GTK/ka. Niiden näytetunnuksena on taulukoissa ilmoitettu kartoitustyössä käytetyn paljastumahavainnon tunnus. Tunnus KA ja neljä numeroa viittaa kalliogeokemian näytetunnukseen.

GTK:n lisäksi analyysejä tilattiin 1980-luvulla Rautaruukki Oy:n Tutkimuslaitoksen laboratoriosta. Philips PW 1400 XRF -spektrometrillä pääkomponenttien lisäksi määritettiin hivenalkuaineita, joista taulukoissa on esitetty V, Cr, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba ja Pb. Näytteiden REE-pitoisuudet analysoitiin VTT:n reaktorilaboratoriossa. Analyysitaulukoissa Rautaruukki Oy:n analyysien tunnuksena on RR.

Analyysilaboratorioissa analysoitu alkuainevalikoima on oheisissa taulukoissa esitettyjä alkuaineita laajempi, mutta taulukoihin otettiin tilankäytön vuoksi vain ne alkuaineet, jotka soveltuvat kallioperän kivilajien kemiallisen koostumuksen selvittämiseen. Taulukoista jätettiin pois myös XRF-analyysien La-, Ce-pitoisuudet, koska niistä saatiin tarkemmat pitoisuusmääritykset muilla analyysimenetelmillä. Tyhjä paikka alkuaineen kohdalla osoittaa, että ko. alkuainetta ei ole analysoitu. 0-arvo puolestaan ilmaisee pitoisuusarvon olleen laboratorion ilmoittaman määritysrajan alapuolella.

Analyysipitoisuuksien tarkkuus ilmenee analyysitoimittajien menetelmäkuvauksista, esim. Geokemian osasto (1982) ja Geolaboratory (2004). Analyysien totaalirautapitoisuus on laskettu Fe_2O_3:ksi ja ilmaistu taulukoissa $Fe_2O_3^T$:na. Aineiston diagrammit on toteutettu Minpet 2.02 -ohjelmalla (Richard 1995). Erityisesti kartta-alueiden metavulkaniittien kemiallisen luonteen ja geotektonisen ympäristön kuvaamiseen on käytetty seuraavia Minpet-ohjelmassa olevia diagrammeja: Na_2O+K_2O- SiO_2 (Irvine & Baragar 1971), Na_2O+K_2O-FeO^t-MgO (Irvine & Baragar 1971), FeO^t/MgO-SiO_2 (Miyashiro 1974), Ti-V (Shervais 1982), Ti-Zr (Pearce & Cann 1973), logZr/Y-logZr (Pearce & Cann 1973) ja MgO-FeO^t-Al_2O_3 (Pearce et al. 1977).

7.1. Arkeeinen kallioperä

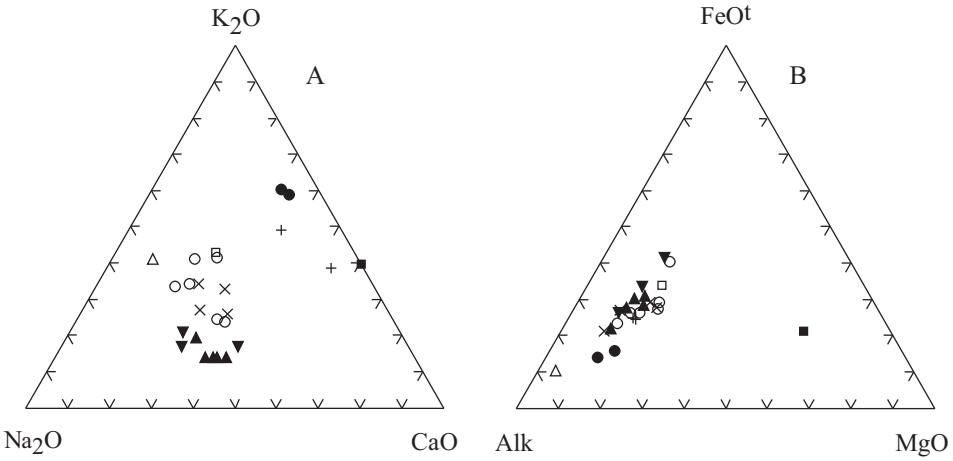
Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueen arkeeinen kallioperä koostuu vaihtelevasti deformoituneista asultaan joko juovaisista tai raitaisista ja niiden erilaisista yhdistelmistä koostuvista kivilajeista. Mukana on myös tasalaatuisempia ortogneissejä. Mineralogisen koostumuksen perusteella kivilajien koostumus vaihtelee tonaliitista ja kvartsidioriittista granodioriittiin. Graniittiset kivet ovat vähemmistönä. Kivien vaalea suoniaines on yleensä joko trondhjemiittia tai granodioriittia, kun taas graniittisia suonia on vähemmän. Arkeeisista kivilajeista on 25 silikaattianalyysia (liite 1, taulukko 1), joista 18 kappaletta on kalliogeokemian näytteenotto-ohjelmasta.

Tonaliittis-granodioriittisten näytteiden (analyysit 1-18) SiO_2-pitoisuus vaihtelee 58 ja 69 wt-%:n välillä. Graniittikoostumuksisen gneissin (analyysi 19) vastaava pitoisuus on 74 wt-%. Tonaliittisten gneissien K_2O-pitoisuus on varsin alhainen, kolmea poikke-

usta lukuun ottamatta alle 2 wt-%, ja sen perusteella ne erottuvat kartta-alueiden muista pohjagneissikompleksin kivilajeista Na_2O-K_2O-CaO-diagrammissa (kuva 45A). Granodioriittisissa gneisseissä ja silmägneissirakenteen omaavissa gneisseissä K_2O-pitoisuus vaihtelee 3:sta lähes 5 wt-%:iin. Analysoidut silmägneissirakenteiset kivet ovat mineralogisesti (modaalikoostumus) granodioriittisia, mutta niiden joukosta löytyi ohuthietutkimuksen perusteella myös mineralogiselta koostumukseltaan tonaliittisia tyyppejä. Kemiallinen koostumushan ilmoittaa kiven kokonaiskoostumuksen, jolloin pääasiassa kalimaasälvästä koostuvat silmät (hajarakeet) vaikuttavat kivien K_2O-pitoisuuteen, kun taas modaalikoostumus on voitu laskea pelkästään kivien perusmassasta. Korkean K_2O-pitoisuuden (yli 10 wt-%) perusteella muista gneisseistä poikkeavat Kemiran kaivoksen feniitti ja syeniitti (analyysit 23 ja 24) sekä Kuopion Lippumäen (3241 12A) arkeeisen ja proterotsooisen kivilajin kontaktissa sijaitsevat muuttuneet pohjagneissit (analyysit 20 ja 21). Viimeksi mainittujen gneissien muuttuminen ei ole ollut pelkästään graniittiutumista eli kaliumin lisäystä, vaan ominaista on myös muihin pohjagneisseihin verrattuna korkeampi CaO-pitoisuus (noin 8 wt-%) ja pienempi Na_2O-pitoisuus (noin 2 wt-%). Siilinjärven alkalikivikompleksin karbonatiitti-glimmeriittinäyte (analyysi 25) erottuu korkean CaO-pitoisuuden (11 wt-%) perusteella muista tässä analysoiduista näytteistä (kuva 45A).

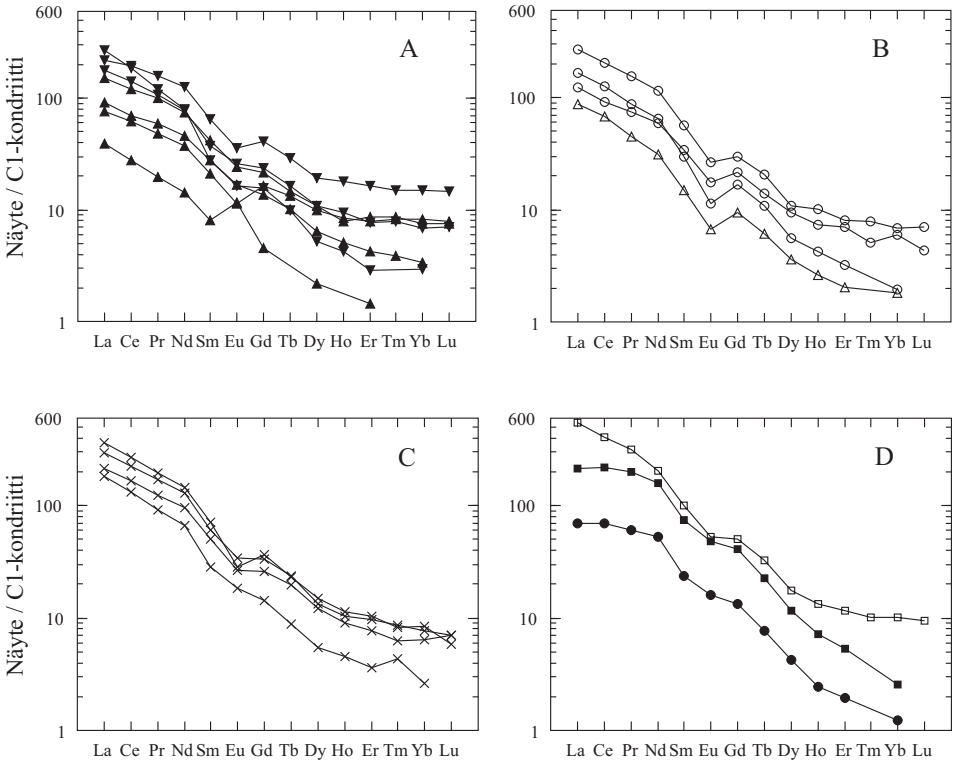
Totaalialkali (Alk)-FeO^t-MgO-kolmiodiagramissa (kuva 45B) näytteet sijoittuvat alkali-rauta-sivulle ja tekevät alkalikärkeä kohti suuntautuvan koostumuspisteryppään. Muita enemmän magnesiumia sisältävänä karbonatiitti-glimmeriittinäyte (analyysi 25) eroaa selkeästi toisista arkeeisista kivityypeistä.

Pohjagneissien harvinaisten maametallien (REE) kondriittinormalisoidut jakaumat ovat kuvan 46 diagrammeissa. MinPet 2.02 -ohjelma käyttää normalisointiin Sun & McDonoughin (1989) C1-kondriitille ilmoittamia pitoisuuksia. Yleispiirteenä voidaan esittää, että analysoitujen pohjagneissien kevyet lantanidit, kuten La, ovat rikastuneet



Kuva 45. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden arkeeisen pohjagneissikompleksin kivilajien koostumusdiagrammeja: A) Na_2O-K_2O-CaO, B) totaalialkali (Alk)-FeO^t-MgO.
Fig. 45. Na_2O-K_2O-CaO diagram (A) and total alkaline (Alk)-FeO^t-MgO diagram (B) for the rocks of the Archaean basement complex from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.
Merkit – *Symbols*: ▲= tonaliittis-kvartsidioriittinen gneissi – *tonalitic-quartz dioritic gneiss,* ○ = granodioriittinen gneissi – *granodioritic gneiss,* Δ = graniittigneissi – *granitic gneiss,* x = silmägneissi – *augen gneiss*, + = muuttunut gneissi – *chemically-altered gneiss*, □ = kiillegneissijäänne – *mica gneiss remnant*, ■ = karbonatiitti – *carbonatite*, ● = syeniitti-feniitti – *syenite-fenite*.

40–600-kertaisesti kondriittiseen pitoisuuteen verrattuna, kun taas raskaat lantanidit (esim. Yb) ovat 1–15 kertaa kordriittia rikkaampia. Useimmissa näytteissä on selkeä negatiivinen Eu-poikkeama. Pienimmät REE-pitoisuudet ovat Kuopion kartta-alueella sijaitsevassa tonaliittisessa, ortogneissityyppisessä näytteessä (analyysi 5). Siinä on myös positiivinen Eu-anomalia. Korkein REE-pitoisuus on Siilinjärven kartta-alueen kiille-gneissireliktissä (analyysi 22). REE-pitoisuuksien perusteella Siilinjärven alkalikivi-kompleksin syeniitti ja karbonatiitti-glimmeriitti (analyysit 24 ja 25) eivät poikkea merkittävästi muista arkeeisista kivityypeistä, esim. tonaliittisista gneisseistä.



Kuva 46. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden arkeeisen pohjagneissikompleksin kivilajien kondriittinormalisoituja REE-jakaumia.
Fig. 46. Chondrite-normalised REE patterns for the rocks of the Archaen basement complex from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.
A) tonaliittis-kvartsidioriittinen gneissi – *tonalitic-quartz dioritic gneiss*: ▲= ortogneissi – *ortogneiss*, ▼= migmattiinen gneissi – *migmatitic gneiss*, B) ○ = granodioriitti – *granodiorite*, Δ = graniittigneissi – *granitic gneiss*, C) x = silmägneissi – *augen gneiss*, D) ■ = karbonatiitti – *carbonatite*, ● = syeniitti-feniitti – *syenite-fenite*, □ = kiillegneissijäänne – *mica gneiss remnant*.

7.2. Proterotsooinen kallioperä

Proterotsooisen kallioperän kivilajeista on kemiallinen koostumus määritetty kaikkiaan 224 näytteestä. Kalliogeokemian näytteenoton analyysejä niistä on 57 kpl. Eniten analyysejä on sedimenttisyntyisistä kivilajeista, mutta runsaasti on näytteitä myös kartta-

alueiden metavulkaniiteista, syväkivistä ja juonista. Kivilajien kemiallista koostumusta on käsitelty yksityiskohtaisemmin kartta-alueiden kallioperää kuvaavissa pro gradu -opinnäytetöissä.

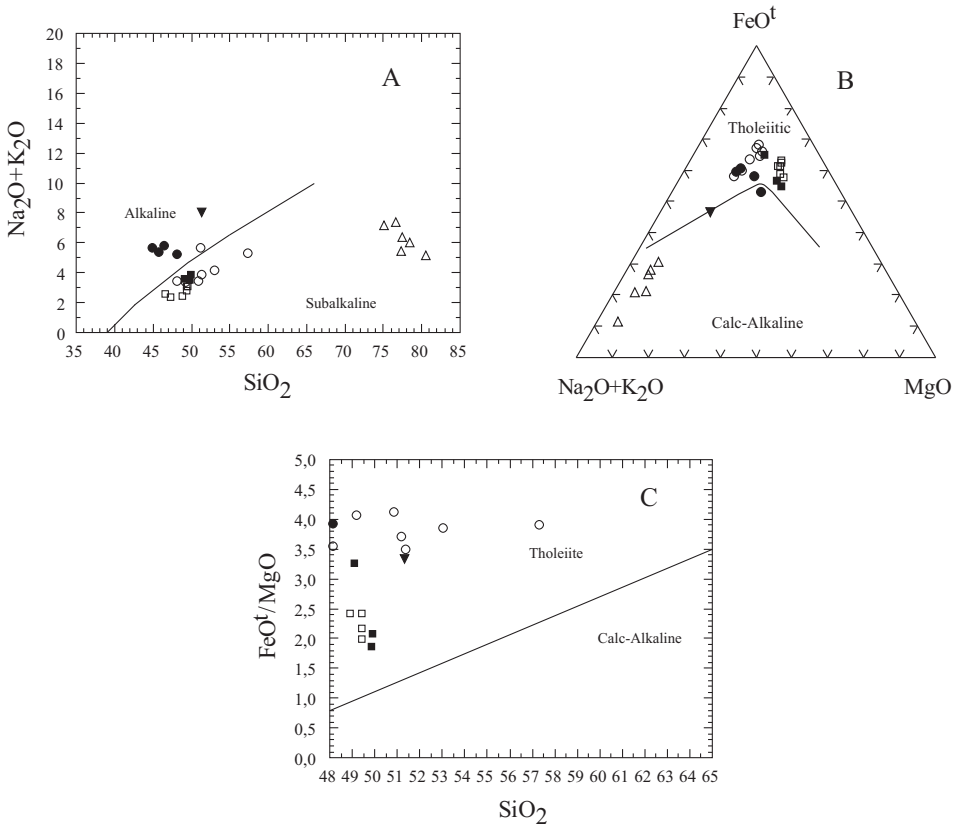
7.2.1. Metavulkaniitit

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden metavulkaniiteista löytyy monin paikoin primaarisia vulkaniittirakenteita, kuten tyynyrakennetta, mutta muuten alueiden vulkaaniset kivet ovat amfiboli- ja plagioklaasipitoisia vaihtelevasti suuntautuneita, väriltään mustanvihreitä ja raekooltaan hienorakeisia kiviä, joita maastokartoituksessa on usein nimitetty amfiboliiteiksi. Alueiden vulkaanissyntyiset sarvivälkegneissit ovat raitaisia ja yleensäkin asultaan heterogeenisempia verrattuna edellä mainittuun metavulkaniittityyppiin. Mineralogisen koostumuksen perusteella happamia eli felsisiä metavulkaniitteja on löydetty Siilinjärven Koivusaaren muodostumasta. Koivusaaren muodostuman ja Kuopion Vaivasen muodostuman metavulkaniittien (liite 1, taulukot 2 ja 3) lisäksi analyysejä on myös sarvivälkegneisseistä, Räimänkosken (3331 08C, 11A) ja Hirvilahden (3331 05A) metavulkaniiteista (amfiboliiteista) sekä Talluskylän (3331 02A) metaagglomeraatista (liite 1, taulukko 4).

7.2.1.1. Koivusaaren muodostuma

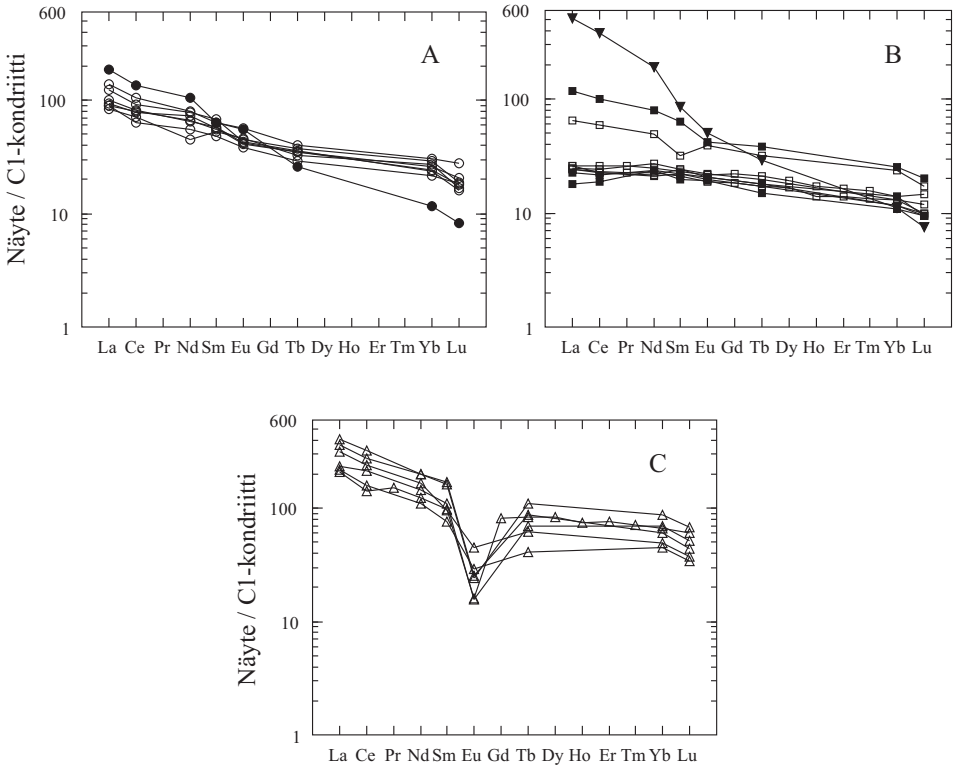
Siilinjärven kartta-alueella sijaitsevan Koivusaaren metavulkaniittimuodostuman emäksisten metalaavojen ja -tuffien jako kolmeen jäseneen Parkkila, Vehkasuo ja Vuorimäki perustuu paitsi mineralogisiin ja petrografisiin ominaisuuksiin myös kemialliseen koostumukseen (Kousa 1986). Liitteen 1 taulukossa 2 on esitetty koostumukset niistä metavulkaniiteista, joista on olemassa myös REE-analyysit, mutta koska Vehkasuon jäsenestä on vain yksi REE-analyysi, niin mukaan otettiin kolme ilman REE-analyysia olevaa näytettä osoittamaan selkeämmin jäsenen metalaavojen alkalista luonnetta. Analyysit 1–7 ovat Parkkilan jäsenen näytteistä, analyysit 8–11 Vehkasuon jäsenestä, analyysit 12–21 Vuorimäen jäsenestä ja analyysit 22–27 Kirjoniemen jäsenen näytteistä.

Mafisten metalaavojen SiO_2-pitoisuus vaihtelee 45 wt-%:sta 53 wt-%:iin, eli ne ovat koostumukseltaan basaltteja. Na_2O+K_2O-SiO_2-diagrammissa (kuva 47A) pääosa koostumuspisteistä sijoittuu subalkaliseen kenttään. Alkalisten basalttien kenttään sijoittuvat Vehkasuon jäsenen metabasaltit, Vuorimäen jäsenen tyynyrakenteinen alkalinen metabasaltti (analyysi 21) ja Parkkilan jäsenen plagioklaasihajarakeinen metatyynylaava (analyysi 5). Felsisen Kirjoniemen jäsenen näytteet muodostavat oman ryppään, jossa SiO_2-pitoisuus on yli 75 wt-%, eli ne vastaavat koostumukseltaan ryoliitteja. Na2O+K_2O-FeO^t-MgO-diagrammi (kuva 47B) tarkentaa Koivusaaren muodostuman metavulkaniittien olevan tholeiittisia. Basalttisten ja ryoliittisten metavulkaniittien välistä puuttuvat koostumukseltaan intermediaariset metavulkaniitit. Tällainen koostumuksen kahtiajako – bimodaalisuus – viittaa emäksisten ja happamien metavulkaniittien primaarimagmojen kehittymiseen eri lähteistä. Kuvan 47C FeO^t/MgO-SiO2-diagramissa analysoitujen basalttisten metalaavojen koostumukset ovat tholeiittien kentässä. Vuorimäen jäsenen metalaavat ovat magnesiumpitoisempia (Fe/Mg-suhde 2–2,5) kuin Parkkilan jäsenen ja Vehkasuon jäsenen metalaavat (Fe/Mg-suhde 3,5–4,3) lukuun ottamatta yhtä Vuorimäen jäsenen massiivista metalaavanäytettä (analyysi 19) ja alkalista metatyynylaavaa (analyysi 21). Diagrammissa yksi Parkkilan jäsenen näyte (analyysi 6) poikkeaa huomatta-



Kuva 47. Koivusaaren muodostuman metavulkaniittien koostumusdiagrammeja: A) Na_2O+K_2O vs. SiO_2 (*Alkaline* = alkalinen, *Subalkaline* = subalkalinen), B) Na_2O+K_2O-FeO^t-MgO (*Tholeiitic* = tholeiittinen, *Calc-alkaline* = kalkkialkalinen), C) FeO^t/MgO vs. SiO2 (*Tholeiite* – tholeiittinen, *Calc-Alkanine* – kalkkialkalinen).
Fig. 47. Na_2O+K_2O vs. SiO_2 (A), Na_2O+K_2O-FeO^t-MgO (B) and FeO^t/MgO vs. SiO2 (C) diagrams for the metavolcanites from the Koivusaari Formation.
Merkit – *Symbols*: Vuorimäen jäsen – *Vuorimäki member*; □ = metatyynylaava – *pillowed metalava*, ■ = massiivinen metalaava – *massive metalava,* ▼ = alkalinen metatyynylaava – *alkaline pillowed metalava*, Vehkasuon jäsen – *Vehkasuo member*: ● = metatyynylaava – *pillowed metalava*, Parkkilan jäsen – *Parkkila member:* ○ = metatyynylaava – *pillowed metalava*, Kirjoniemen jäsen – *Kirjoniemi member*: Δ = hapan metatuffi – *felsic metatuff*.

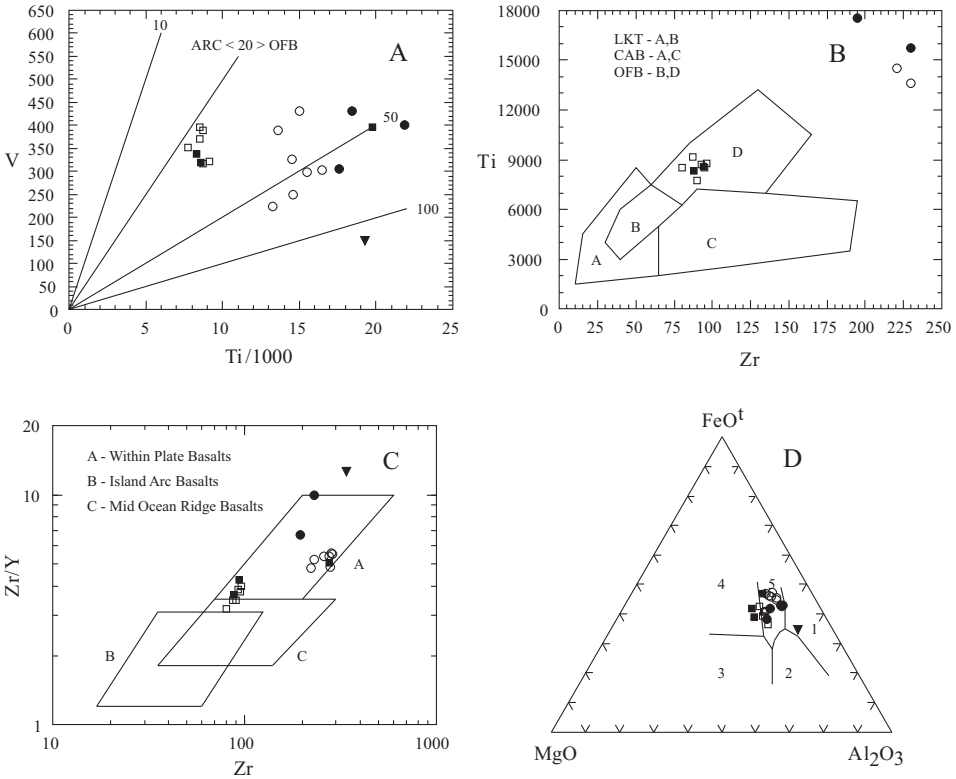
vasti muista näytteistä suuremman SiO_2-pitoisuudensa (57,32 wt-%) vuoksi; näyte sisältää kvartsimanteleita. Vuorimäen jäsenen metalaavojen MgO-pitoisuus vaihtelee 5 wt-%:sta 7 wt-%:iin (liite1, taulukko 2). Niistä poikkeavat edellä mainittu massiivinen metalaava ja alkalinen metatyynylaava. Parkkilan jäsenen vastaava pitoisuus vaihtelee 3–5 wt-%:iin. Myös pienemmän TiO_2-pitoisuuden (keskimäärin 1,5 wt-%) vuoksi Vuorimäen jäsenen metalaavat erottuvat suuremman pitoisuuden (2,2–3,8 wt-%) omaavista Parkkilan ja Vehkasuon jäsenten metalaavoista. Poikkeuksena ovat jälleen Vuorimäen jäsenen alkalinen ja massiivinen metalaava. Vuorimäen ja Parkkilan jäsenten metalaavojen K_2O-pitoisuus on melko samanlainen, tosin jälkimmäisessä pitoisuus on ensin mainittua hieman suurempi, mutta < 1 wt-%. Alkalisten metalaavojen K_2O-pitoisuus on



Kuva 48. Koivusaaren muodostuman metavulkaniittien kondriittinormalisoituja REE-jakaumia: A) Vuorimäen jäsen, B) Parkkilan ja Vehkasuon jäsenet ja C) Kirjoniemen jäsen.
Fig. 48. Chondrite-normalised REE patterns for the metavolcanites from the Koivusaari Formation: A) Vuorimäki member, B) Parkkila and Vehkasuo member and C) Kirjoniemi member.
Merkit samat kuin kuvassa 47 – *Symbols same as in Fig. 47.*

edellisiä selvästi suurempi (1,8–2,5 wt-%). Na_2O-pitoisuus on Vuorimäen metalaavoissa 2 ja 3 wt-%:n välillä, lukuun ottamatta kahta aikaisemmin mainittua poikkeusta, joiden pitoisuudet (> 3 wt-%) ovat Parkkilan jäsenen näytteiden kaltaiset. Alkalisten metalaavojen Na_2O-pitoisuus on hieman suurempi kuin niiden K_2O-pitoisuudet. P_2O_5-pitoisuudet ovat pienimmät Vuorimäen jäsenen näytteissä kahta poikkeusta lukuun ottamatta. Korkeimmat pitoisuudet ovat alkalisissa metalaavoissa.

Koivusaaren metavulkaniittien kondriittinormalisoidut REE-jakaumat ovat kuvan 48 diagrammeissa. Parkkilan jäsenen näytteiden La-pitoisuudet ovat keskimäärin 100-kertaiset ja Yb-pitoisuudet 20–30-kertaiset kondriitteihin verrattuna. Vehkasuon jäsenen laavan vastaavat pitoisuudet ovat 200- ja 10-kertaiset (Kuva 48A). Vuorimäen jäsenen näytteiden La-pitoisuudet ovat noin 20–30 kertaa ja Yb-pitoisuudet keskimäärin 10 kertaa kondriittista pitoisuutta rikkaampia (kuva 48B). Poikkeuksen muodostavat alkalinen metatyynylaava (analyysi 21), tholeiittinen metatyynylaava (analyysi 20) ja massiivinen metalaava (analyysi 19). Kahden viimeksi mainitun pitoisuudet ovat hyvin samanlaiset



Kuva 49. Koivusaaren muodostuman metavulkaniittien erotteludiagrammeja: A) V vs. Ti/1000, B) Ti vs. Zr, C) Zr/Y vs. Zr ja D) MgO-FeO^t-Al_2O_3.
Fig. 49. Discrimination diagrams for the metavolcanites from the Koivusaari Formation: A) V vs. Ti/1000 , B) Ti vs. Zr, C) Zr/Y vs. Zr and D) MgO-FeO^t-Al_2O_3.
Kenttien nimet – *Names of the fields*: A) Arc = saarikaarien basaltit – *Island arc basalts*, OFB = valtameren pohjan basaltit – *Ocean floor basalts,* B) LKT = vähäisen kaliumin tholeiitit – *Low-potassium tholeiites*, CAB = kalkkialkaliset basaltit – *Calc-alkaline basalts*, OFB = valtameren pohjan basaltit – *Ocean floor basalts*, C) *Within-plate basalts* – laatan sisäiset basaltit, *Island-arc basalts* – saarikaarien basaltit, *Mid-ocean ridge basalts* – valtameren keskiselänteen basaltit, D) 1 = repeämiskeskus – *Spreading center*, 2 = törmäysvyöhyke – *Orogenic*, 3 = valtameren selännne – *Ocean Ridge*, 4 = valtameren saari – *Ocean Island*, 5 = manner – *Continental*. Merkit samat kuin kuvassa 47 – *Symbols same as in Fig. 47.*

kuin stratigrafisesti alempana sijaitsevan Parkkilan jäsenen metalaavojen vastaavat jakaumat (vrt. kuva 48A). Sen sijaan Vuorimäen jäsenen alkalisen metatyynylaavanäytteen koostumus poikkeaa lähes 600 kertaa kondriittista pitoisuutta suuremman La-pitoisuuden perusteella muista Koivusaaren muodostuman metavulkaniiteista. Happamien metatuffien (Kirjoniemen jäsen) kondriittinormalisoidut lantanidijakaumat muodostavat kuvion (kuva 48C), jossa La-pitoisuus on 200–500 kertaa ja Yb noin 30–90 kertaa kondriittista pitoisuutta suurempi. Jakaumalle on tunnusomaista myös voimakas negatiivinen Eu-poikkeama.

Emäksisten ja happamien metavulkaniittien erilaiset REE-jakaumat viittaavat magmojen erilaiseen kehittymiseen. Sitä osoittavat myös tehdyt Sm/Nd-isotooppikoostumukset, joiden perusteella on ilmeistä, että emäksisen Parkkilan ja happaman Kirjonie-

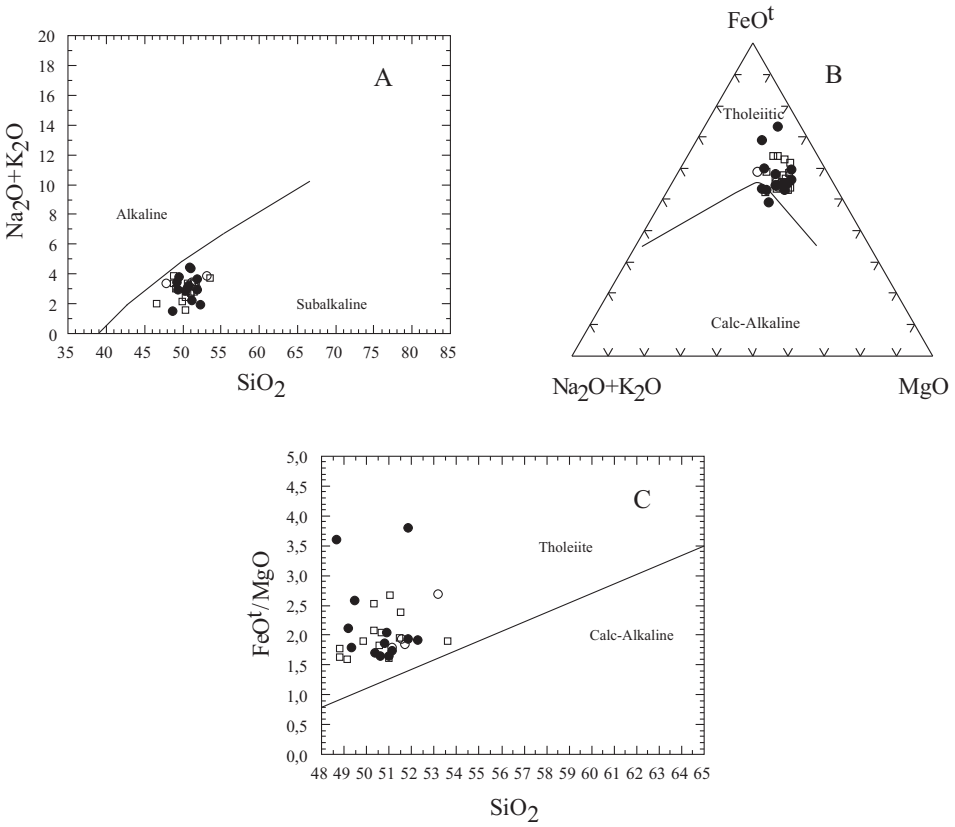
men jäsenten magmat eivät ole kogeneettisiä myöhempien Vehkasuon ja Vuorimäen jäsenien magmatismin kanssa (ks. Sm/Nd-isotooppitutkimukset, s. 159).

Emäksisten vulkaniittien geotektonista ympäristöä kuvaavista erotteludiagrammeista V-Ti-diagrammi (kuva 49A) erottelee saarikaarien basaltit (ARC) ja valtameren pohjan basaltit (OFB). Koivusaaren muodostuman emäksiset metalaavat sijoittuvat siinä OFB-kenttään siten, että Vuorimäen jäsenen näytteet kahta poikkeusta lukuun ottamatta ovat omana pisteryhmänään, mutta Parkkilan ja Vehkasuon jäsenen näytteet muodostavat pisteryhmän, jossa on jonkin verran hajontaa. Ti-Zr-diagrammissa (kuva 49B) Vuorimäen jäsenen näytteet, paitsi poikkeukset, ovat OFB-kentässä. Suuren TiO_2-pitoisuuden takia osa Parkkilan ja Vehkasuon jäsenen näytteistä jää diagrammin kenttien ulkopuolelle. Zr/Y-Zr-diagrammissa (kuva 49C) analysoidut näytteet ovat laatan sisäisten basalttien kentässä, tosin Vuorimäen jäsenen näytteiden koostumuspisteet keskittyvät OFB-kentän tuntumaan. Mantereista synty-ympäristöä tukee MgO-FeO^t-Al_2O_3-diagrammi (kuva 49D), jossa lähes kaikki Koivusaaren muodostuman analysoidut näytteet ovat mantereisessa kentässä (kenttä 5). Onkin mahdollista että Koivusaaren muodostuman metalaavojen synnynaikainen vulkanismi tapahtui vedenalaisena mantereisessa, todennäköisesti mantereisen repeämän (rift) ympäristössä. Sijoittuminen erotteludiagrammeissa valtameren pohjan basalttien kenttään viittaa mainitun basalttityypin kaltaiseen magman kehittymiseen, mutta esim. arkeeisen kuoren kontaminaatio ei kuitenkaan ole ollut merkittävää.

7.2.1.2. Vaivasen muodostuma

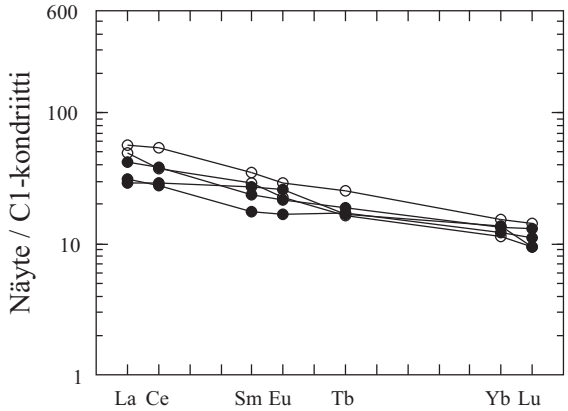
Emäksisistä metalaavoista koostuvaa Vaivasen muodostumaa ei ole jaettu jäseniksi, mutta siitä on erottu kolme asultaan erilaista tyyppiä – porfyyrinen, massamainen ja tyynyrakenteinen (ks. s. 72). Niistä ensin mainittu sijaitsee litostratigrafisesti alimpana ja metatyynylaavat ylimpänä. Liitteen 1 taulukossa 3 analyysit 1–13 ovat porfyyrisesta tyypistä, analyysit 14–27 massiivisista metalaavoista ja analyysit 28–32 ovat metatyynylaavan näytteistä. Kemiallisesti Vaivasen muodostuman laavatyypeillä ei ole sellaista selkeää keskinäistä eroa kuten on Koivusaaren muodostuman eri jäsenien metalaavoilla. Analysoitujen metalaavojen SiO_2-pitoisuus vaihtelee 47 wt-%:sta 54 wt-%:iin, joten ne vastaavat koostumukseltaan basaltteja. Kuvan 50A Na_2O+K_2O-SiO_2-diagrammissa näytekoostumukset muodostavat varsin pienialaisen pisteryhmän subalkalikenttään. Na_2O+K_2O-FeO^t-MgO-diagrammissa (kuva 50B) pitoisuudet sijoittuvat pisteryppääseen, jossa porfyyriset ja massamaiset näytteet erottuvat hieman toisistaan. Molemmissa diagrammeissa Vaivasen muodostuman metalaavojen koostumus vastaa lähinnä Koivusaaren muodostuman Vuorimäen jäsenen muodostuman metalaavojen koostumusta. FeO^t/MgO-SiO_2-diagrammissa (kuva 50C) näytteet sijoittuvat tholeiittien kenttään, mutta hajonta on varsin iso. Analysoitujen metalaavojen rautapitoisuus (liite 1, taulukko 3) vaihtelee 10:stä lähes 20 wt-%:iin, kun MgO-pitoisuus vaihtelee 4–7,5 wt-%:n välillä. Massamaisten metalaavojen Fe-pitoisuus on hieman korkeampi kuin porfyyristen metalaavojen.

Kuva 51 esittää Vaivasen muodostuman massiivisten ja porfyyristen metalaavojen kondriittinormalisoituja lantanidipitoisuuksia. Niiden La-pitoisuus on 30–60 kertaa kondriittista pitoisuutta suurempi ja Yb noin kymmenen kertaa rikkaampi. Siilinjärven metalaavoihin verrattuna Kuopion metalaavojen REE-pitoisuudet sijoittuvat Koivusaaren muodostuman Vuorimäen jäsenen ja Parkkilan jäsenen väliin (vrt. kuvat 48A ja 48B).

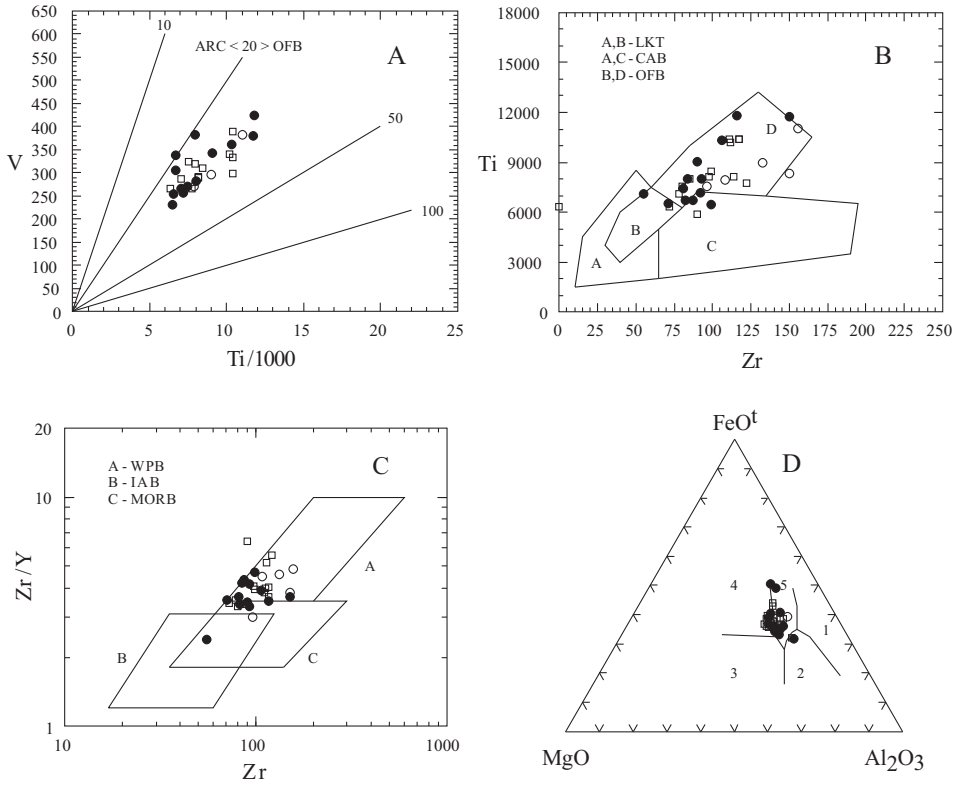


Kuva 50. Vaivasen muodostuman metavulkaniittien koostumusdiagrammeja: A) Na_2O+K_2O vs. SiO_2, B) Na_2O+K_2O-FeO^t-MgO ja C) FeO^t/MgO vs. SiO2.
Fig. 50. Na_2O+K_2O vs. SiO_2 (A), Na_2O+K_2O-FeO^t-MgO (B) and FeO^t/MgO vs. SiO2 (C) diagrams for the metavolcanites from the Vaivanen Formation.
Kenttien nimet kuvassa 47 – *Names for the fields given in Fig. 47.* Merkit – *Symbols*: ○ = metatyynylaava – *pillowed metalava,* □ = massiivinen metalaava – *massive metalava*, ● = porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava.*

Vulkaniittien geotektonista ympäristöä osoittavissa diagrammeissa Vaivasen muodostuman metalaavat sijoittuvat V-Ti/1000-diagrammissa (kuva 52A) OFB-kenttään, kuten myös Ti-Zr-diagrammissa (kuva 52B). Zr/Y-Zr-diagrammi (kuva 52C) luokittelee tutkitut metalaavat laatan sisäisiksi basalteiksi (WPB). MgO-FeO^t-Al_2O_3-diagrammissa (kuva 52D) Vaivasen muodostuman metavulkaniitit ovat lähes kokonaan mantereisten vulkaniittien kentässä. Vaikka Vaivasen muodostuman metalaavojen koostumukset muistuttavat Siilinjärven Koivusaaren muodostuman tavoin valtameren pohjan basaltteja, niin ne ovat todennäköisesti syntyneet laatan sisäisessä repeämässä (rift) vedenalaisina rakopurkauksina.



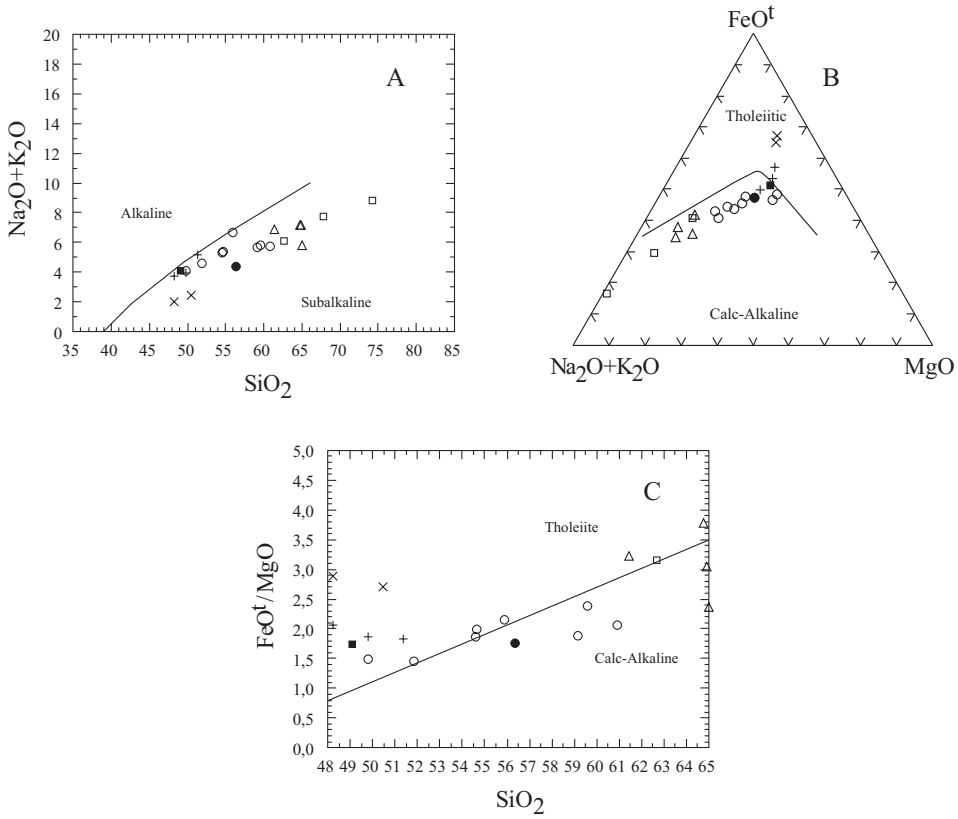
Kuva 51. Vaivasen muodostuman metavulkaniittien kondriittinormalisoituja REE-jakaumia.
Fig. 51. Chondrite-normalised REE patterns for the metavolcanites from the Vaivanen Formation.
Merkit samat kuin kuvassa 50 – *Symbols same as in Fig. 50.*



Kuva 52. Vaivasen muodostuman metavulkaniittien erotteludiagrammeja: A) V vs. Ti/1000, B) Ti vs. Zr, C) Zr/Y vs. Zr ja D) MgO-FeO^t-Al_2O_3.
Fig. 52. Discrimination diagrams for the meta volcanites from the Vaivanen Formation: A) V vs. Ti/1000 , B) Ti vs. Zr, C) Zr/Y vs. Zr and D) MgO-FeO^t-Al_2O_3.
Kenttien nimet kuvassa 49 – *Names for the fields given in Fig. 49.* Merkit samat kuin kuvassa 50 – *Symbols same as in Fig. 50.*

7.2.1.3. Sarvivälkegneissit, amfiboliitit ja maasälpägneissit

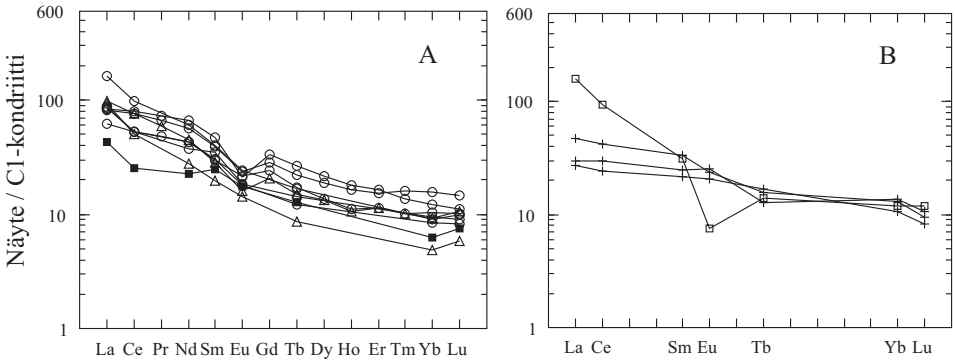
Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden sarvivälkegneissit sijaitsevat pääasiassa alueiden länsireunassa. Alkuperältään vulkaanisesta aineksesta ja rapautumissedimenteistä koostuvat gneissit muodostavat litologialtaan heterogeenisen kivilajiseurueen. Liitteen 1 taulukossa 4 olevat analyysit 1–12 edustavat pääasiassa gneissien amfiboliosaa, mutta niistä analyysit 2, 9 ja 10 ovat näytteistä, jotka sisältävät kvartsimaasälpäsuonia neosomiaineksena. Analyysin 9 näyte on biotiittivaltainen ja on paljastumalta, jossa vuorottelevat kiillegneissi ja sarvivälkegneissi. Analyysi 13 on uraliittiporfyriitista, joka on sarvivälkegneissin ympäröimä. Amfiboliitteja edustavat Siilinjärven Räimänkosken (3331 08C) kolme metavulkaniittinäytettä (analyysit 14, 15 ja 16) ja kaksi näytettä (analyysit 17 ja 19) Hirvilahden Hirvimäen (3331 05A) metavulkaniitista. Analyysinäyte 19 on otettu Talluskylän (3331 02A) intermediaarisesta meta-agglomeraatista. Ana-



Kuva 53. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden paleoproterotsooisten sarvivälkegneissien, amfiboliittien ja maasälpägneissien koostumusdiagrammeja: A) Na_2O+K_2O vs. SiO_2, B) Na_2O+K_2O-FeO^t-MgO ja C) FeO^t/MgO vs. SiO2.

Fig. 53. Na_2O+K_2O vs. SiO_2 (A), Na_2O+K_2O-FeO^t-MgO (B) and FeO^t/MgO vs. SiO2 (C) diagrams for the Palaeoproterozoic hornblende gneisses, amphibolites and feldspar gneisses from Siilinjärvi and Kuopio mapsheet areas.

Kenttien nimet kuvassa 47 – *Names for the fields given in Fig. 47.* Merkit – *Symbols*: ○ = sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss,* Δ = neosomiainesta sisältävä sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss with neosome material*, ■ = uraliittiporfyriitti – *uralite porhryrite,* + = Kehvon amfiboliitti – *Kehvo amphibolite,* x = Hirvilahden amfiboliitti – *Hirvilahti amphibolite,* ● = Talluskylän meta-agglomeraatti – *Talluskylä meta-agglomerate,* □ = maasälpägneissi – *feldspar gneiss.*



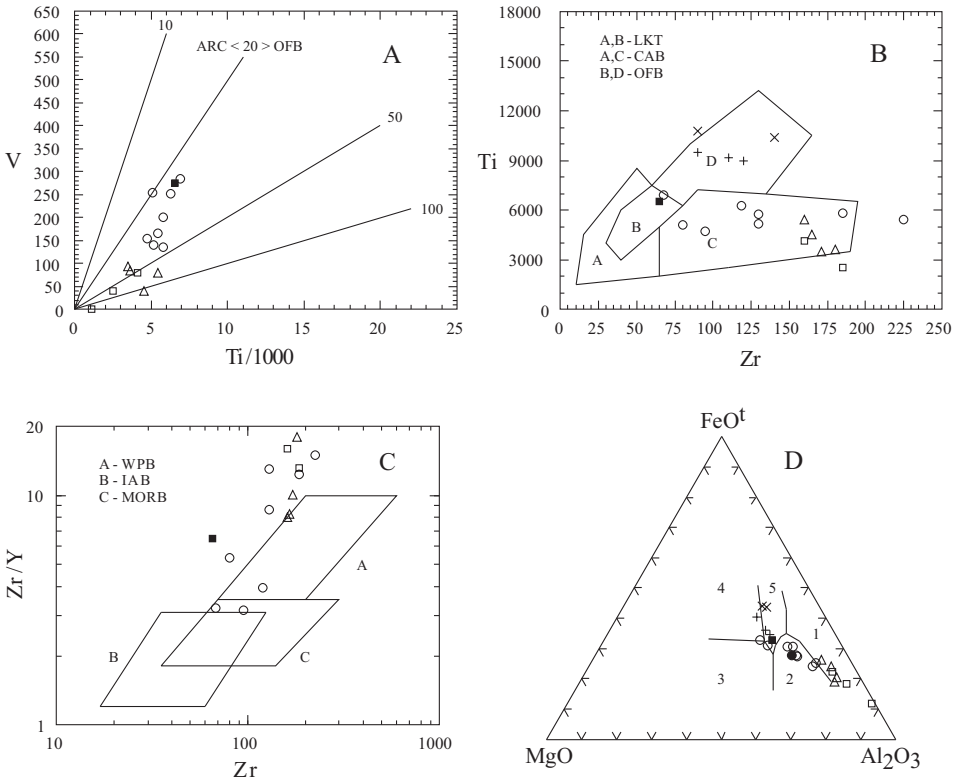
Kuva 54. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden paleoproterotsooisten sarvivälkegneissien, amfiboliittien ja maasälpägneissien kondriittinormalisoituja REE-jakaumia.
Fig. 54. Chondrite-normalised REE patterns for the Palaeoproterozoic hornblende gneisses, amphibolites and feldspar gneisses from the Siilinjärvi ja Kuopio map-sheet areas.
Merkit samat kuin kuvassa 53 – *Symbols same as in Fig. 53.*

lyysit 20, 21 ja 22 ovat maasälpägneisseistä, jotka liittyvät Kuopion kartta-alueen sarvivälkegneisseihin. Kivien alkuperä on tulkinnallinen, mutta ovat ilmeisesti happamia vulkaniitteja alkuperältään.

Analysoitujen amfibolivaltaisten sarvivälkegneissinäytteiden SiO_2-pitoisuus kohoaa 49 wt-%:sta 61wt-%:iin, joten koostumus vaihtelee basaltista andesiitin kautta dasiittiin. Neosomiainesta sisältävät näytteet ovat SiO_2-rikkaampia (61–65 wt-%). Analysoitujen näytteiden Al_2O_3-pitoisuus on 14 ja 17 wt-%:n välillä (liite1, taulukko 4). Räimänkosken ja Hirvilahden metavulkaniitit ovat SiO2-pitoisuuden (48–52 wt-%) perusteella basaltteja, kun taas Talluskylän meta-agglomeraattinäyte on andesiittinen (56 wt-%). Kuvan 53A alkali-SiO_2-diagrammissa näytteiden koostumuspisteet ovat subalkalikentässä ja alkali-Fe_2O^t-MgO-diagrammissa (kuva 53B) sarvivälkegneissit sijoittuvat kalkkialkalikenttään muodostaen pistejonon, jossa SiO_2-rikkaammat ja samalla myös alkalipitoisimmat näytteet ovat lähimpänä kolmion alkalikärkeä. Räimänkosken ja Hirvilahden näytteiden koostumuspisteet ovat siinä pääasiassa tholeiittikentässä. FeO^t/MgO-SiO_2-diagrammissa (kuva 53C) sarvivälkegneissien koostumuspisteet hajaantuvat tholeiitti- ja kalkki-alkalikenttiin. Räimänkosken ja Hirvilahden näytteet sijoittuvat tholeiittikenttään, mutta Talluskylän meta-agglomeraattinäyte on kalkkialkalikentässä.

Sarvivälkegneissinäytteiden kondriittinormalisoitut ja lantanidijakaumat esitetään kuvan 54A diagrammissa. Sen mukaan niiden La-pitoisuus on noin 50–200 kertaa kondriittista pitoisuutta suurempi ja Yb keskimäärin noin kymmenen kertaa rikkaampi. Pieni Eu-minimi on niille ominaista. Kuva 54B esittää Räimänkosken metavulkaniittien kondriittinormalisoituja REE-pitoisuuksia. Niiden La-pitoisuus on 30–50-kertainen ja Yb noin kymmenkertainen kordriittien tasoon verrattuna ja jakauma muistuttaa Vaivasen muodostuman metavulkaniittien jakaumaa (ks. kuva 52). Samassa kuvassa olevan maasälpägneissin (analyysi 21) La-pitoisuus on noin 200 kertaa ja Yb-pitoisuus hieman yli 10 kertaa suurempi kuin C1-kondriiteilla. Näytteellä on selvä Eu-minimi.

Kuvassa 55 on sarvivälkegneissien, amfiboliittien ja maasälpägneissien geotektonista ympäristöä osoittavia erotteludiagrammeja. Kuvan 55A V-Ti/1000-diagramissa sarvivälkegneissit ja maasälpägneissit ovat OFB-kentässä. Ti-Zr-diagrammissa (kuva 55B)



Kuva 55. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden paleoproterotsooisten sarvivälkegneissien, amfiboliittien ja maasälpägneissien erotteludiagrammeja: A) V vs. Ti/1000, B) Ti vs. Zr, C) Zr/Y vs. Zr ja D) MgO-FeO^t-Al_2O_3.
Fig. 55. Discrimination diagrams for the Palaeoproterozoic hornblende gneisses, amphibolites and feldspar gneisses from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas: A) V vs. Ti/1000 , B) Ti vs. Zr, C) Zr/Y vs. Zr and D) MgO-FeO^t-Al_2O_3.
Kenttien nimet kuvassa 49 – *Names for the fields given in Fig. 49.* Merkit samat kuin kuvassa 53 – *Symbols same as in Fig. 53.*

sarvivälkegneissien koostumuspisteet, lukuun ottamatta uraliittiporfyriittinäytettä, sijoittuvat kalkki-alkalisten basalttien kenttään, kun taas Räimänkosken ja Hirvilahden metavulkaniittien koostumukset vastaavat valtameren pohjan basalttien koostumusta. Kuvan 55C diagrammissa useimmat näytepisteet jäävät erottelukenttien ulkopuolelle. MgO-FeO^t-Al_2O_3-diagrammissa (kuva 55D) Räimänkosken ja Hirvilahden metavulkaniittinäytteet ovat pääasiassa mantereisessa kentässä (5). Samassa diagrammissa Talluskylän meta-agglomeraatti sijoittuu orogeenisten vulkaniittien kenttään (2) ja sarvivälkegneissit osin orogeniakenttään (2) ja osin repeämiskeskuskenttään (1). Vähäisen analyysimäärän perusteella ei ole syytä tehdä laajoja johtopäätöksiä, mutta kalkkialkalisen luonteensa sekä kiillegneissien ympäröimänä Talluskylän meta-agglomeraatti ei kuulune Koivusaaren ja Vaivasen muodostuman sekä Hirvimäen ja Räimänkosken amfiboliittien (metavulkaniittien) edustamiin mantereisessa repeämässä syntyneisiin vulkaniitteihin. Viimeksi mainitut amfiboliitit puolestaan ovat koostumukseltaan lähempänä Vaivasen muodostuman metavulkaniitteja kuin Koivusaaren muodostuman metalaavoja. Sarvivälkegneissit voivat edustaa saarienkaarien vulkaniitteja.

7.2.2. Metasedimentit

Sedimenttikerrostumathan syntyvät eroosiotasossa olevien kivilajien rapautumisaineksen kerrostumisen seurauksena. Kerrostumat koostuvat usein kulutusta hyvin kestävistä kvartsi- ja maasälpämineraalien sirusista, pienistä kiillesuomuista ja pienistä kiven sirusista. Niistä syntyneet sedimenttikivet luokitellaan klastisiksi sedimenteiksi, ja kun ne metamorfoituvat, nimitetään niitä blastoklastisiksi metasedimenteiksi. Klastisten sedimenttien mineralogiseen ja sen kautta myös kemialliseen koostumukseen vaikuttaa mm. rapautumisaste, esim. granitoidien pitkäaikaisen kemiallisen ja mekaanisen rapautumisen lopputuotteena voi syntyä lähes yksinomaan kvartsia sisältävää kvartsihiekkaa, jonka SiO2-pitoisuus voi olla jopa 100 %. Toisena päätejäsenenä voi syntyä runsaasti savimineraaleja sisältäviä sedimenttikerrostumia. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kvartsi-maasälpäliuskeet, arkosiitit ja kvartsiitit edustavat maasälpä- ja kvartsivaltaisia hiekkasedimenttejä, kun taas savivaltaisiin sedimentteihin kuuluvat kartta-alueiden kiilleliuskeet ja -gneissit.

Kemiallisen saostumisen seurauksena syntyneitä ja myöhemmin metamorfoituneita sedimenttejä edustavat alueiden karbonaatti- ja karsikivet, sertit ja mustaliuskeet.

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden sedimenttikivien analyysit, yhteensä 84 kappaletta, ovat liitteen 1 taulukossa 5.

7.2.2.1. Blastoklastiset metasedimentit

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden arkeeisten pohjagneissien ja kvartsiittien yhteydessä olevista arkosiiteista on yksi kemiallinen analyysi (analyysi 1) Kuopion Lippumäestä. Näytteen SiO_2-pitoisuus on 68,7 wt-%, Al_2O_3-pitoisuus on 13,3 wt-% ja K_2O-pitoisuus hieman yli 5 wt-%. Koostumus osoittaa arkosiitin olevan epäkypsän verrattaessa sitä kvartsiittien koostumukseen. Siilinjärven kartta-alueelta analysoitu kvartsi-maasälpäliuskenäyte (analyysi 6) on mineralogialtaan arkosiitti. Se sijaitsee kiillegneississä välikerroksena eikä siten ole samassa stratigrafisessa asemassa kuin edellä mainittu arkosiitti. Se eroaa arkosiitista myös pienemmän SiO_2-pitoisuuden (64,5 wt-%) vuoksi. Sen K_2O-pitoisuus on noin 1 wt-%, mutta Al_2O_3- pitoisuus on 15,63 wt-% eli suurempi kuin Lippumäen arkosiitissa. Kvartsiitteja on mukana neljä (analyysit 2–5). Ortotyyppisten kvartsiittien SiO_2-pitoisuus on hieman yli 95 %. Niiden K_2O-pitoisuus on 0 ja 0,4 wt-%:n välillä ja Al_2O_3-pitoisuus on keskimäärin 2 wt-%. Sillimaniittipitoisessa kvartsiitissa (analyysi 3) piidioksidia on noin 85 %, mutta näytteen Al_2O_3-pitoisuus on lähes 10 wt-%.

Kartta-alueiden kiilleliuskeiden ja kiillegneissien välinen ulkoinen ero on lähinnä raekoko: liuskeet ovat hienorakeisempia ja selvemmin liuskeisia kuin kiillegneissit. Metamorfoitumisen vuoksi liuskeiden ja gneissien klastiset mikrorakenteet ovat paikoin vaikeasti tunnistettavissa, mutta metamorfisten mineraalien ja kemiallisen koostumuksen perusteella kivet voidaan luokitella metapeliiteiksi (alkuperältään savea) ja metapsammiiteiksi (alkuperältään hiekkaa). Metapeliittisten liuskeiden ja gneissien tyypillisinä porfyroblastimineraaleina on sillimaniittia, kordieriittia, stauroliittia ja andalusiittia. Biotiittia on yleensä runsaasti. Metapsammiitit ovat usein kvartsi- ja maasälpävaltaisia ja granaattipitoisia. Edellisten lisäksi on kvartsi- ja maasälpäsuonia sisältäviä flebiittisiä, osin nebuliittisiakin migmatiittisia kiillegneissejä, joiden luokitteluun peliittisiin tai psammiittisiin tyyppeihin kemiallinen koostumus antaa viitteittä. Kiilleliuskeiden ja gneissien koostumuksia (yht. 67 kpl) edustavat liitteen 1 taulukon 5 analyysit 9–73.

Niistä peliittisiä ovat analyysit 7–18, psammiittisia 19–43, rautarikkaita 44–56 ja migmatiittisia 57–70. Analyysit 70–73 ovat migmatoituneiden kiillegneissien ja granitoidien paremmin säilyneistä sulkeumista, relikteistä.

Peliittisten kiillegneissien ja -liuskeiden SiO_2-pitoisuus vaihtelee 57,3 wt-%:sta lähes 63 wt-%:iin (keskiarvo 59,5 wt-%). Vastaava pitoisuus metapsammiittisissa kiillegneisseissä vaihtelee 59 wt-%:sta 76 wt-%:iin (ka. 66,5 wt-%). Alumiinia (Al_2O_3:na) metapeliittisissä näytteissä on 16,20 wt-%:sta 20,6 wt-%:iin (ka. 17,9 wt-%), mikä osoittaa niiden sisältäneen alun perin varsin runsaasti saviainesta. Metapsammiiteiksi luokiteltujen näytteiden Al_2O_3-pitoisuus on 10,2 ja 16,7 wt-%:n välillä (ka. 14,2 wt-%). Metapeliittisten ja metapsammiittisten gneissien ja liuskeiden totaaliraudan (ilmoitettu Fe_2O_3:na) määrä vaihtelee vajaasta 2 wt-%:sta lähes 10 wt-%:iin (ka. 10,2 wt-%).

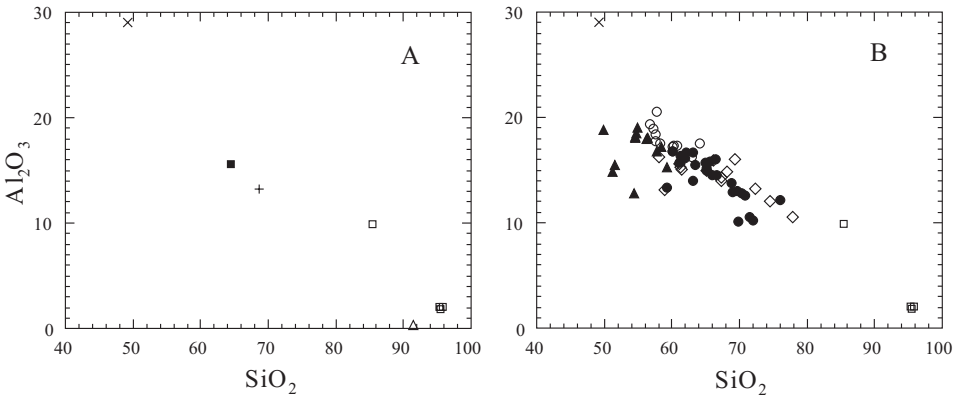
Edellä kuvattujen kiillegneissien ja -liuskeiden lisäksi kartta-alueilla on runsaasti rautaa (Fe_2O_3:na) sisältäviä niin psammiittis- kuin peliittisalkuperäisiä kiillegneissejä. Metamorfisena porfyroblastina niissä on usein joko kordieriittia tai granaattia. Yleensä niissä on runsaasti hienorakeisena pirotteena rikkikiisua ja magneettikiisua, myös niiden Cr-, Ni-, V- ja Zn-pitoisuudet ovat jonkin verran suurempia kuin muissa tässä kuvatuissa kiillegneissityypeissä. Analysoitujen näytteiden perusteella kiillegneissityypin SiO_2-pitoisuus (n. 50–59 wt-%, ka. 54,9 wt-%) on hieman pienempi kuin metapeliittisillä kiillegneisseillä. Al_2O_3-pitoisuus (n. 13–19 wt-%, ka. 17 wt-%) on lähes samanlainen kuin peliittistyyppisillä kiillegneisseillä, mutta $Fe_2O_3^t$-pitoisuus vaihtelee vajaasta 10,3 wt-%:sta 16 wt-%:iin (ka. 12 wt-%), ja siten selvästi suurempi kuin peliittis- tai psammiittistyyppisillä kiillegneisseillä.

Migmatiittisten kiillegneissinäytteiden SiO_2-pitoisuus vaihtelee 50 wt-%:sta lähes 78 wt-%:iin ja keskiarvo on 66,4 wt-% eli varsin samanlainen kuin metapsammiittisissa gneisseissä. Al_2O_3-määrä on 10,6 ja 16,3 wt-%:n välillä (ka. 14,4 wt-%). Rautapitoisuus vaihtelee niissä 2,5:stä vajaaseen 10 wt-%:iin (ka. 6,4 wt-%). Migmatiittisten kiillegneissien koostumukseen voi vaikuttaa mahdollisen sekundaarisen neosomiaineksen määrä, mutta toisaalta koostumuksen samankaltaisuus psammiittiperäisten kiillegneissien kanssa tukee maastohavaintoja, joiden mukaan migmatoituminen on yleisempää psammiittisperäisissä gneisseissä ja neosomiaines on syntynyt sedimentistä itsestään osittaisen sulamisen seurauksena.

Edellisten lisäksi analysoitiin migmatoituneissa kiillegneisseissä ja granitoideissa olevia reliktikappaleita. Niiden SiO_2-pitoisuus vaihtelee 68 ja 73 wt-%:n välillä, Al_2O_3-pitoisuus 13 ja 15 wt-%:n välillä ja $Fe_2O_3^t$-pitoisuus vajaan 3 ja 6 wt-%:n välillä. Näidenkin koostumus on lähempänä psammiittisten gneissien koostumusta kuin peliittisten gneissien.

Kuvan 56A SiO_2-Al_2O_3-diagrammissa ortokvartsiitit erottuvat korkean SiO_2-pitoisuuden perusteella omaksi ryhmäkseen. Sillimaniittipitoisen kvartsiitin koostumuspiste sijoittuu korkeamman Al_2O_3-pitoisuuden vuoksi arkosiitin ja maasälpäliuskeen koostumusten joukkoon. Ne puolestaan sijoittuvat kiillegneissien ja -liuskeiden koostumuspisteiden muodostamaan ryhmään (kuva 56B), jonka SiO_2-pitoisuus on 45 ja 76 wt-%:n välillä. Kiillegneisseillä ja maasälpäliuskeella voi olla yhteinen syntyhistoria, mutta kvartsiitit ja arkosiitti sen sijaan ovat kehittyneet aikaisemmin kuin kiillegneissit, joten ne eivät edusta sellaisen yhteisen lähtöaineksen erilaisia päätejäseniä, joista toinen on ollut puhdasta kvartsihiekkaa ja toinen esim. illiittisavea. Selvää koostumuksellista eroa ei voida esitettyjen analyysien perusteella osoittaa Kuopion kaupunkialueen peliittisperäisten kiillegneissien ja kartta-alueiden länsiosan kiillegneissien välillä.

Kiillegneissien ja -liuskeiden kondriittinormalisoituja lantanidijakaumia on kuvan



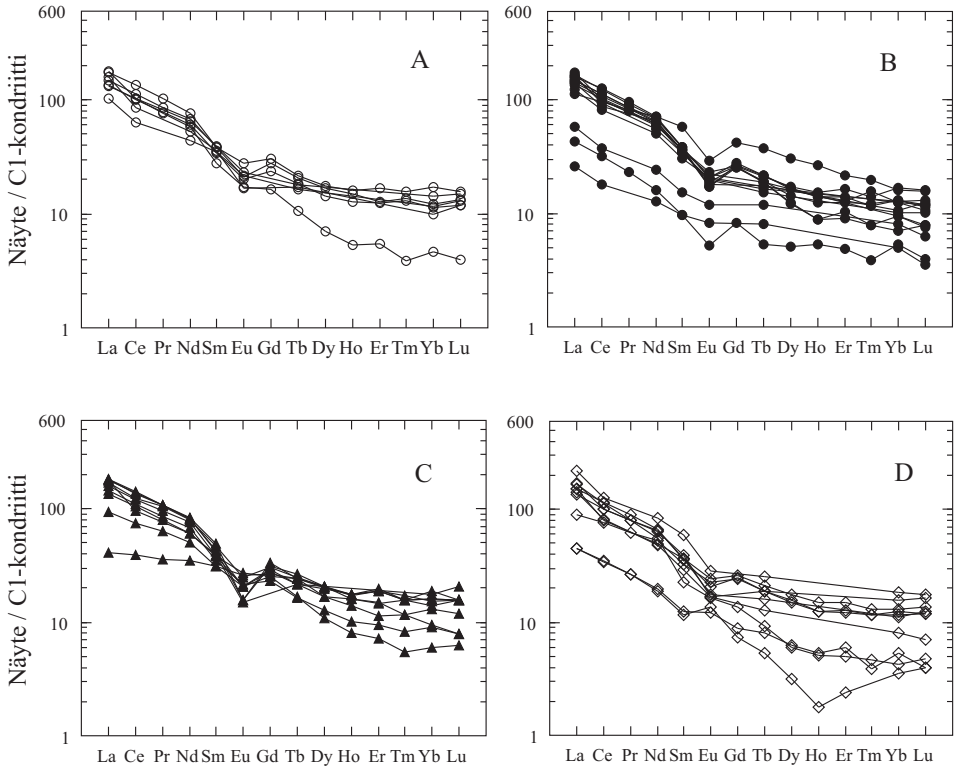
Kuva 56. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden paleoproterotsooisten arkosiittien ja kvartsiittien (A) sekä kiillegneissien ja kiilleliuskeiden (B) SiO_2-Al_2O_3-koostumusdiagrammeja.
Fig. 56. SiO2-Al2O3 diagrams for the Palaeoproterozoic arkosite and quartzite (A) and mica gneisses and mica schists (B) from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.
Merkit – *Symbols*: + = arkosiitti – *arkosite*, □ = kvartsiitti – *quartzite*, ■ = maasälpäliuske – *feldspar schist*, Δ = sertti – *chert*, ○ = peliittinen kiillegneissi (-liuske) – *pelitic mica gneiss (schist)*, ● = psammiittinen kiillegneissi – *psammitic mica gneiss*, ▲ = Fe-rikas kiillegneissi – *High-Fe mica gneiss*, ◊ = migmatiittinen kiillegneissi – *migmatitic mica gneiss*, ♦ = kiillegneissisulkeuma tai -välikerros – *mica gneiss enclave or interbed*, × = illiitti savikiilteen keskiarvokoostumus – *average composition of the illite clay mica*.

57 diagrammeissa. Yleisenä piirteenä voidaan sanoa, että erityyppisten kiillegneissien ja -liuskeiden – metapeliittiset (57A), metapsammiittiset (57B), rautarikkaat (57C) ja migmatiittiset (57D) – REE-koostumukset ovat varsin samanlaiset. Niiden La-pitoisuus on noin 100–200 kertaa ja Yb keskimäärin 10 kertaa kordriittista pitoisuutta korkeammat. Pieni Eu-minimi on näytteille ominaista.

7.2.2.2. Kemialliset metasedimentit

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kemiallisten metasedimenttien kemialliset koostumukset ovat liitteen 1 taulukon 5 analyysit 74–84. Kartta-alueiden karbonaattikivet ovat Wilkmanin (1923) tutkimuksiin perustuen useimmiten koostumukseltaan dolomiittisia. Tässä selityksessä on mukana yhden kalkkisilikaattikiven ja neljän karbonaattikiven analyysit (analyysit 75–79). Kalkkisilikaattikivi (analyysi 75) eroaa karbonaattikivistä huomattavasti korkeamman SiO_2-pitoisuutensa (75 wt-%) perusteella. Karbonaattikivistä on kaksi näytettä (analyysit 77 ja 79), joiden SiO2-pitoisuus alle 15 wt-%, mutta kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet ovat korkeat (yli 20 ja 30 wt-%). Kahdessa muussa karbonaattikivinäytteessä (analyysit 76 ja 78) SiO_2-pitoisuudet ovat noin 50 wt-%, mutta niiden kalsiumin ja magnesiumin määrät ovat pienemmät kuin aikaisemmin mainituissa.

Kuopion Vaivasen muodostuman metalaavan yhteydessä olevan serttiesiintymän näytteessä (analyysi 74) SiO_2-pitoisuus on hieman yli 91 wt-%. Sen $Fe_2O_3^t$-pitoisuus on 7 wt-%, minkä perusteella sitä ei voida pitää rautamuodostumakivenä. Näytteen Al_2O_3-pitoisuus on vain 0,3 wt-%, minkä perusteella se eroaa myös kartta-alueiden kvartsiiteista (ks. analyysit 2–5). Rautamuodostuman kivistä on analysoitu kaksi näytettä (analyysit 83 ja 84). Niiden SiO_2-pitoisuus on 41 ja 45 wt-%:n välillä, alumiinia (Al_2O_3) on 18-20 wt-% ja rautapitoisuus ylittää 20 wt-%. Kiviä voidaan kemiallisen koostumuksen perusteella pitää silikaattifasieksen rautamuodostuman kivinä.



Kuva 57. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden paleoproterotsooisten kiillegneissien ja -liuskeiden kondriittinormalisoituja REE-jakaumia: A) peliittiset kiillegneissit (-liuskeet), B) psammiittiset kiillegneissit, C) Fe-rikkaat kiillegneissit, D) migmatiittiset kiillegneissit.
Fig. 57. Chondrite-normalised REE patterns for the Palaeoproterozoic mica gneisses and mica schists from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas: A) pelitic mica gneisses (schists), B) psammitic mica gneisses, C) high-Fe mica gneisses, D) migmatitic mica gneisses.

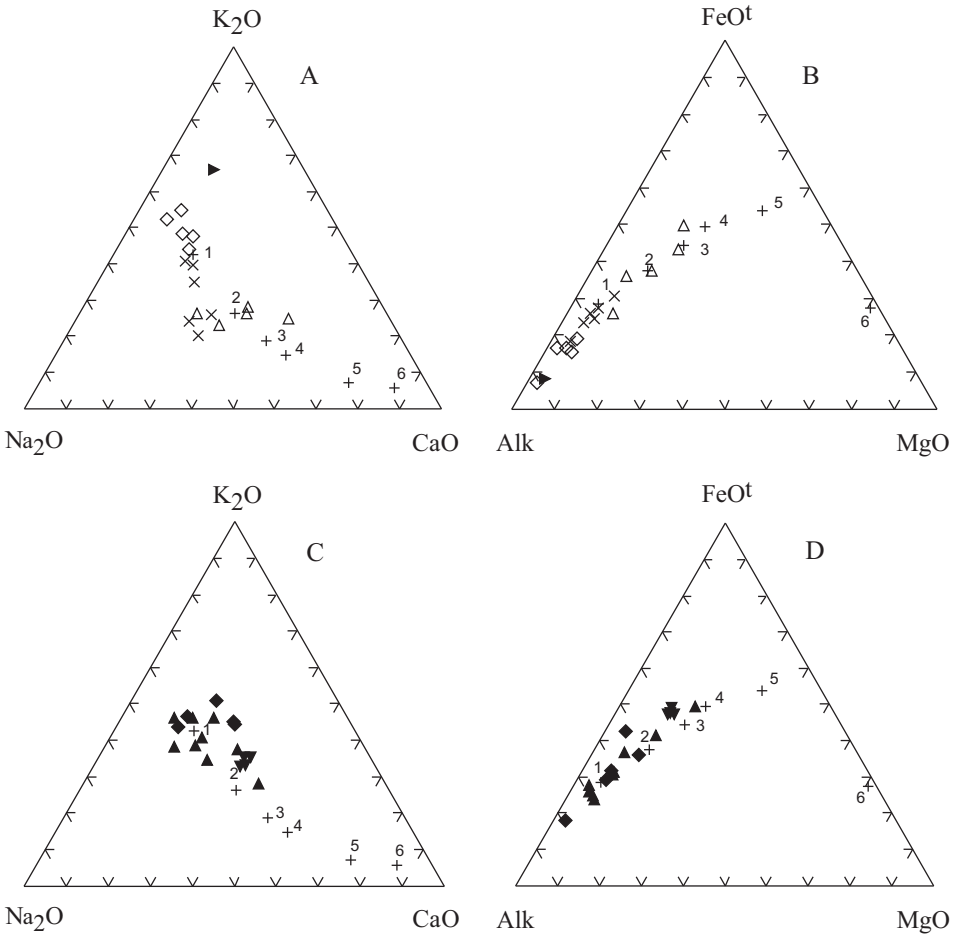
Kartta-alueiden grafiittipitoisista liuskeista – mustaliuskeista ja grafiitti-kiisuliuskeista on mukana kolme analyysiä. Niistä yksi (analyysi 80) edustaa grafiittipitoista kiilleliusketta. Sen SiO_2-pitoisuus on varsin korkea – lähes 62 wt-%. Kiven rautapitoisuus on vajaa 6 wt-%, hiilipitoisuus on vain 1,36 wt-%, eikä rikkipitoisuuskaan nouse 3 wt-% suuremmaksi. Kaksi muuta näytettä edustaa grafiitti-kiisuliuskeita (analyysit 80 ja 81). SiO_2-pitoisuus on niissä 43 ja 50 wt-%:n välillä, rautapitoisuus on noin 12 wt-%. Toisen näytteen (analyysi 81) hiilipitoisuus on hieman yli 12 wt-%, ja rikkiä siinä on jonkin verran yli 5 wt-%. Mainittakoon, että Wilkmanin (1923, s. 32) kuvaamassa Laivonsaaren grafiittiliuskeessa on hiiltä 53 wt-% ja rikkiä 2.15 wt-%. Jynkän grafiittiliuskeen vastaavat pitoisuudet ovat 36 ja 0,2 wt-% (Wilkman op. cit., s. 30).

7.2.3. Syväkivet

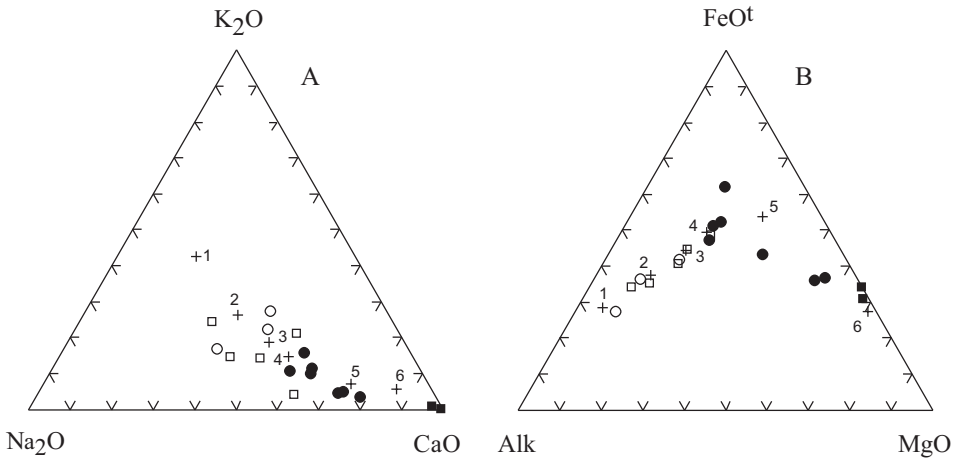
Mineraalikoostumuksen perusteella Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden syväkivien (ks. kuvaus s. 95) koostumus vaihtelee graniitista gabroihin ja peridotiitteihin. Niiden kemialliset koostumukset on esitetty liitteen 1 taulukossa 6 (analyysit 1–53), ja kuvien

58, 59 diagrammeissa koostumuksia on verrattu Le Maitren (1976) kokoamiin syväkivien keskiarvokoostumuksiin. Syväkivien lisäksi taulukossa on mukana 4 analyysiä (analyysit 54–57) voimakkaasti migmatoituneista granodioriittis-tonaliittisista granitoideista (diateksiiteista, ks. kuvaus s. 113) ja niiden amfiboliittisista sulkeumista (analyysit 58–60).

Yleisenä huomiona voidaan esittää, että Na_2O-K_2O-CaO-diagrammissa (kuva 58A) analysoidut graniitit (analyysit 1–6) ja granodioriitit (analyysit 14–22) vastaavat muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta graniitin ja granodioriitin keskiarvokoostumusta.



Kuva 58. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden paleoproterotsooisten graniittien ja granodioriittien koostumusdiagrammeja: A), C) Na_2O-K_2O-CaO ja B), D) totaalialkali (Alk)-FeO^t-MgO.
Fig. 58. Na_2O-K_2O-CaO (A, C) and total alkaline (Alk)-FeO^t-MgO diagrams (B, D) for the Palaeoproterozoic granites and granodiorites from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.
Merkit – *Symbols*: ◊ = tasarakeinen graniitti – *even-grained granite*, ► = Lippumäen konglomeraatin graniittipallonen – *granitic clast of the Lippumäki conglomerate*, Δ = tasarakeinen granodioriitti – *even-grained granodiorite*, x = Ukko-Kaaso-tyyppinen granodioriitti – *Ukko-Kaaso granodiorite*, ♦ = porfyyrinen graniitti – *porphyritic granite*, ▲ = porfyyrinen granodioriitti – *porphyritic granodiorite*, ▼ = gneissiytynyt porfyyrinen granodioriitti – *gneissose porphyritic granodiorite*, + = syväkivien keskiarvokoostumus Le Maitren mukaan (ks. teksti) – *average composition of the plutonic rocks after Le Maitre (see text)*: 1) graniitti – *granite*, 2) granodiorite – *granodiorite*, 3) tonaliitti – *tonalite*, 4) dioriitti – *diorite*, 5) gabro – *gabbro*, 6) peridotiitti – *peridotite*.

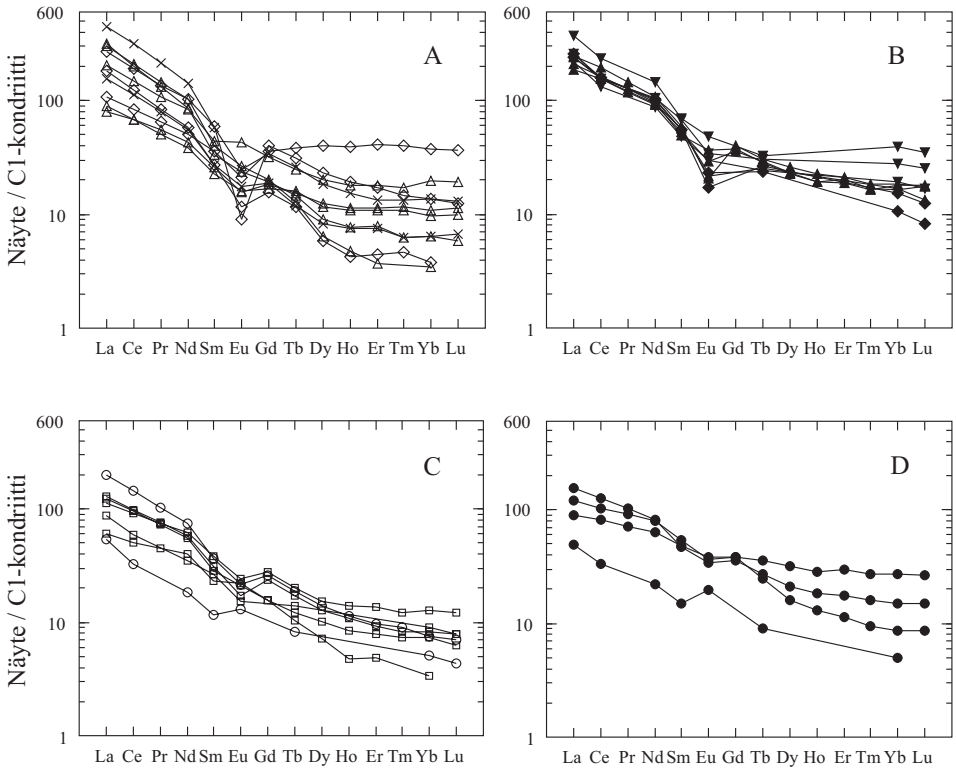


Kuva 59. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden paleoproterotsooisten tonaliittien, kvartsidioriittien, gabbrojen ja ultamafisten syväkivien koostumusdiagrammeja: A, C) Na_2O-K_2O-CaO ja B, D) totaalialkali (Alk)-FeO^t-MgO.
Fig. 59. Na_2O-K_2O-CaO (A, C) and total alkaline (Alk)-FeO^t-MgO (B, D) diagrams for the Palaeoproterozoic tonalites, quartz diorites, gabbros and ultramafic plutonic rocks from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.
Merkit – *Symbols*: ○ = tonaliitti – *tonalite*, □ = kvartsidioriitti – *quartz diorite*, ● = gabro – *gabbro*, ■ = peridotiitti ja pyrokseniitti – *peridotite and pyroxenite*, + ; katso kuva 58 – *see Fig. 58*.

Korkean K_2O-pitoisuuden (7,8 wt-%) vuoksi Kuopion (3242 12A) Lippumäen muodostuman konglomeraatin graniittinen pallonen (analyysi 6) poikkeaa muista graniiteista. Samassa diagrammissa ”Ukko-Kaaso” -tyypiksi nimetyt vaaleanharmaat, modaalikoostumukseltaan granodioriittia ja tonaliittia olevat syväkivet (analyysit 17–22) ovat kemialliselta koostumukseltaan osin keskiarvograniitin ja osin keskiarvogranodioriitin kaltaisia, mutta kuvan 58B Alk-FeO^t-MgO-diagrammissa niiden koostumus vastaa keskiarvograniitin koostumusta. Graniittien ja granodioriittien koostumuspisteet sijoittuvat samassa diagrammissa (kuva 58B) alkalikärjen ja keskiarvotonaliitin koostumuspisteen väliin.

Porfyyristen granodioriittien (analyysit 23–31) koostumuspisteiden sijoittuminen (kuva 58C) porfyyristen graniittien (analyysit 7–11) joukkoon selittynee granodioriittien sisältämillä kalimaasälpähajarakeilla. Point counting -menetelmällä tehty kivilajimääritys kuvaa kiven perusmassan koostumusta, kun taas silikaattianalyysi edustaa koko kiven koostumusta. Kuvan 58D Alk-FeO^t-MgO-diagrammissa porfyyristen graniittien ja granodioriittien koostumuspisteet sijoittuvat keskiarvograniitin ja -tonaliitin väliin. Kuopion Airakselan alueella (3242 05C) sijaitseva runsaasti liuskesulkeumia sisältävä porfyyrisena gneissinä kartoitetun esiintymän (ks. kuvaus s. 110) näytteet (analyysit 32–35) muodostavat tiiviin pisteryppään ja vastaavat koostumukseltaan keskiarvogranodioriittia alkali-kalsium-diagrammissa (kuva 58C), mutta korkeahkon rautapitoisuuden perusteella koostumus on tonaliittinen alkali-rauta-magnesium-diagrammissa (kuva 58D).

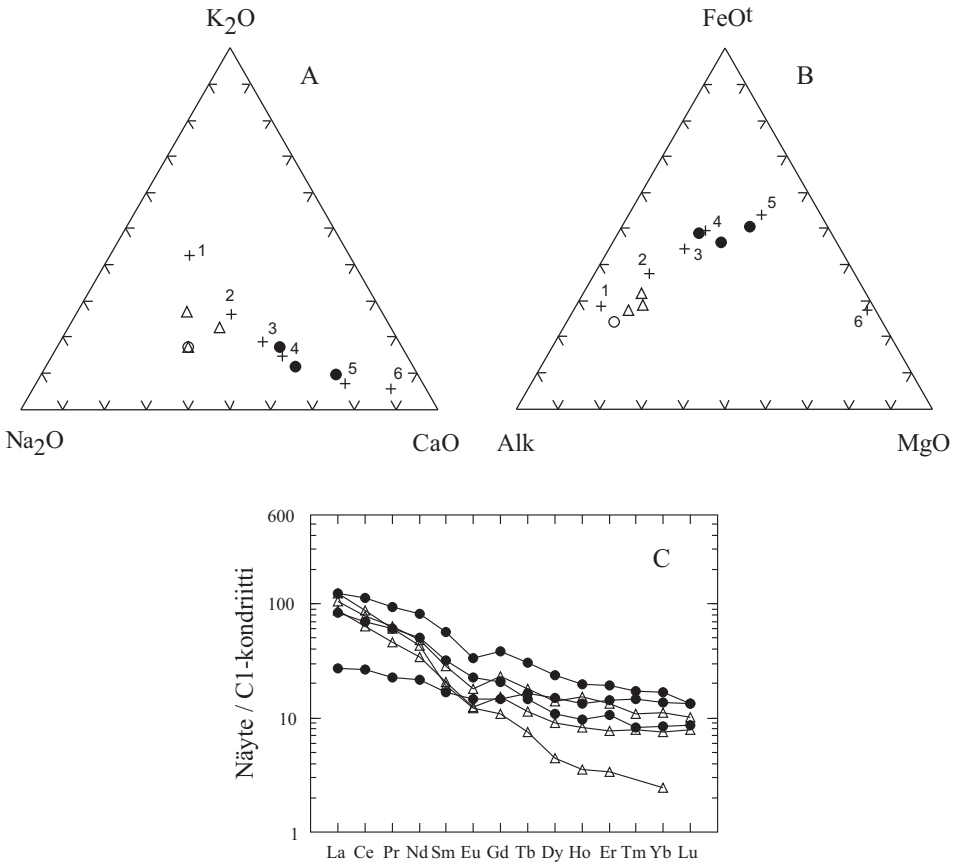
Kartta-alueiden tonaliiteiksi ja kvartsidioriiteiksi mineralogian perusteella määritetyt kivilajit (analyysit 36–43) sisältävät natriumia enemmän kuin esim. keskiarvotonaliitti, jolloin Na_2O-K_2O-CaO-diagrammissa (kuva 59A) niiden koostumukset sijoittuvat lä-



Kuva 60. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden paleoproterotsooisten syväkivien kondriittinormalisoituja REE-jakaumia.
Fig. 60. Chondrite-normalised REE patterns for the Palaeoproterozoic plutonic rocks from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.
A) tasarakeiset graniitit ja granodioriitit – *even-grained granites and granodiorites*, B) porfyyriset graniitit ja granodioriitit – *porphyritic granites and granodiorites*, C) tonaliitit ja kvartsidioriitit – *tonalites and quartz diorites*, D) gabrot – *gabbros*.
Merkit – *Symbols*: katso kuvat 58 ja 59 – *see Figs. 58 and 59*.

helle keskiarvogranodioriitin koostumusta. Alk-FeO^t-MgO-diagrammissa (kuva 59B) mainittujen kivityyppien koostumukset vastaavat keskiarvograniitin ja -granodioriitin koostumusta. Alkali- ja kalsiumpitoisuuksien vaihtelun perusteella kartta-alueiden analysoitujen gabrojen koostumukset (analyysit 45–50) vastaavat keskiarvodioriittia ja -gabroa (kuva 59A). Myös raudan ja magnesium määrissä on huomattavaa hajontaa (kuva 59B). Mukana olevat kaksi ultramafiittinäytettä (analyysit 51 ja 52), peridotiitti ja pyrokseniitti, vastaavat koostumukseltaan Le Maitren (1976) keskiarvoperidotiittia.

Analysoitujen syväkivien ja granodioriittikoostumuksisten porfyyristen gneissien kondriittinormalisoitut REE-jakaumat ovat kuvan 60 diagrammeissa. Tasarakeisille graniiteille ja granodioriiteille (60A) sekä porfyyrisille graniiteille ja granodioriiteille (kuva 60B) ovat ominaisia korkeat (100–500-kertaiset) La-pitoisuudet kondriittiseen pitoisuuteen verrattuna. Yb-pitoisuudet ovat 8–30 kertaa korkeammat kuin C1-kondriitissa. Ominaista on myös negatiivinen Eu-anomalia. Tonaliittien ja kvartsidioriittien (60C) ja gabrojen (60D) vastaavat pitoisuudet ovat edellisiä hieman pienemmät.



Kuva 61. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden paleoproterotsooisten migmatiittigranitoidien koostumusdiagrammeja: A) Na_2O-K_2O-CaO, B) totaalialkali (Alk)-FeO^t-MgO ja C) kondriittinormalisoituja REE-jakaumia.

Fig. 61. Na_2O-K_2O-CaO (A) and total alkaline (Alk)-FeO^t-MgO (B) diagrams and chondrite-normalised REE patterns (C) for the Palaeoproterozoic migmatitic granitoids from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.

Merkit – *Symbols*: ○ = tonaliitti – *tonalite*, Δ = granodioriitti – *granodiorite*, ● = amfiboliittinen sulkeuma – *amphibolitic enclave*.

Molempien kartta-alueiden länsireunalla sijaitsevat voimakkaasti migmatoituneet, kartoituksessa usein migmatiittigranitoideiksi kutsutut syväkivimäiset gneissit (diateksiitit) ovat mineralogialtaan granodioriitteja, tonaliitteja ja kvartsidioriitteja. Analysoidut näytteet (analyysit 54–57) ovat granodioriitteja ja tonaliitteja. Kuvan 61A diagrammissa ne vastaavat koostumukseltaan keskiarvogranodioriittia, mutta kuvan 61B diagrammissa koostumus vastaa keskiarvograniittia. Analysoidut kolme gneissien amfiboliittista sulkeumakappaletta (analyysit 58–60) vastaavat kemialliselta koostumukseltaan keskiarvodioriittia ja -gabroa. Kuvassa 61C esitetään granodioriittien ja amfiboliittien kondriittinormalisoituja REE-jakaumia. Ne ovat varsin samanlaiset kuin tonaliittien ja kvartsidioriittien (vrt. kuva 60C) sekä gabrojen (vrt. kuva 60D) vastaavat pitoisuudet.

8. ISOTOOPPITUTKIMUKSET

Siilinjärven ja Kuopion karttalehtialueiden kivilajien iän ja alkuperän selvittämiseksi kivistä tehtiin isotooppimäärityksiä. Asultaan raitaisten ja juovaisten tonaliittis-kvartsidioriittisten gneissien tunnistaminen maastossa joko arkeeiseksi tai proterotsooiseksi ei aina ollut täysin yksiselitteistä. Sen selvittämiseksi tehtiin zirkonin ja titaniitin U-Pb-iänmääritys (menetelmäkuvaus: Huhma 1986, s. 11) neljästä Siilinjärven kartta-alueen länsireunan tonaliitti-kvartsidioriittigneissistä. Niiden lisäksi määritettiin ikä Kuopion kartta-alueen Petosenmäen arkeeisesta silmägneissistä, Maaningan Honkamäen graniitista ja Puijon granodioriitista. Kartta-alueiden magmakivien muodostumisen ajankohdan alarajaa yritettiin selvittää myös kolmen apliittisen granitoidijuonen avulla. Radiometrisiä U-Pb-iänmäärityksiä on myös Siilinjärven Kemiran avolouhoksen karbonatiitti-glimmeriittikiven zirkoneista sekä Siilinjärven Koivusaaren vulkaniittimuodostuman felsisestä metavulkaniitista.

Kivilajien geneettisen alkuperän selvittämiseksi tehtiin Siilinjärven kartta-alueen kivistä Sm-Nd-isotooppitutkimuksia (menetelmäkuvaus: Huhma 1986, s. 9). Analyysejä tehtiin arkeeisista ja paleoproterotsooisista granitoideista ja granitoidissa olevasta kiillegneissi-/amfiboliittikappaleesta. Niiden lisäksi tutkimukseen otettiin näytteitä Siilinjärven Koivusaaren metavulkaniitista sekä sitä leikkaavista metadiabaasijuonista ja Kuivasteenmäen gabrojuonesta.

Kuopion ja Siilinjärven kartta-alueiden muutamasta karbonaattikiviesiintymän karbonaatista määritettiin hiilen $\delta^{13}C$-isotooppiarvot (menetelmäkuvaus: Karhu 1993, s. 9). Tuloksia on käsitelty Fennoskandian kilven paleoproterotsooisten sedimenttisten karbonaattien hiilen isotooppisuhteita selvittäneessä tutkimuksessa (Karhu 1993).

Siilinjärven kartta-alueen kivistä otettiin näytteitä myös Itä-Suomen arkeeisen kallioperän kivilajien sarvivälkkeen ja biotiitin nuorentumista selvittäneeseen K-Ar-tutkimukseen. Niiden tulokset julkaistiin tutkimuksen loppuraportissa (Kontinen et al. 1992).

Isotooppitutkimusten näytteiden sijaintipaikat ovat liitekartassa 1.

8.1. U-Pb-iänmääritykset

Tutkittujen näytteiden zirkonien kuvaukset ja käsitykset ijistä perustuvat analyysit tehneen O. Kouvon raportteihin. Taulukossa 1 on yhteenveto kaikista kartta-alueilta tehdyistä iänmääritysten ikätuloksista. Liitteessä 2 ovat analyysitulokset lukuun ottamatta Siilinjärven Koivusaaren muodostuman happaman metavulkaniitin ja Siilinjärven alkalikivikompleksin zirkonien analyysejä, jotka julkaistaan muussa yhteydessä.

A279 – Kivimäki, Maaninka. Kohteen kivi (havaintotunnus 104-HJL-78) on varsin voimakkaasti deformoitunut kvartsidioriitti. Raekooltaan se on 1–3 mm. Päämineraalit ovat plagioklaasi (An_{36}), kvartsi, biotiitti ja sarvivälke. Aksessorisesti on titaniittia, epidoottia, karbonaattia, zirkonia, kloriittia ja kalimaasälpää. Päämineraaleista sarvivälke on muuttunut reunoiltaan biotiitiksi, joka on muuttunut edelleen kloriitiksi. Metamorfoosi on tapahtunut amfiboliittifasieksen olosuhteissa.

Pääosa kiven zirkonikiteistä on lyhyitä, pituus-leveyssuhde (L/B) on 1,5–3. Niiden pinnat ovat kirkkaita, ja kidepinnat [110] ja [101] ovat kehittyneet hyvin, tosin särmät ovat pyöristyneitä. Pyramidipintoja myös on runsaasti. Joukossa on myös jonkin verran edellisiä pitempiä kiteitä (K), lasimaisia kirkkaita yksilöitä (L) sekä tummia lyhyitä

Taulukko 1. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden syväkivien ja metavulkaniittien radiometristen U-Pb-iänmääritysten konkordiakäyrän yläleikkauspisteikiä.
Table 1. Summary of U-Pb concordia intercept ages of the plutonic rocks and metavolcanites from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.

Näyte – *Sample*	Kivilaji – *Rock*	N	Ikä (milj. vuotta) – *Ages (Ma)* Zirkoni – *Zircon*	Titaniitti – *Spheme*
1. A279	kvdr	12	2693 ± 13	1874 ± 27
2. A1033	auggn	5	2490	
3. A172	ton	13	1882 ± 6	1869 ± 19
4. A105	kvdr	14	1920	1850 ± 7
5. A275	aplgrdr	5		1838 ± 6
6. A146	ton	7	1894 ± 3, 1886 ± 9	1852 ± 15
7. A205	kvdr	7	1897 ± 5	1860 ± 10
8. A364	ton	5	1886 ± 32	
9. A359	aplgr	5	n. 2100	
10. A289	gr	4	1868 ± 5	1860 ± 9
11. A134	grdr	11	1872 ± 6	
12. A242, A481	hvulk	8	2062 ± 2	
13. A71	krbt	3	2570 ± 7	
14. A71b	krbt	2		
15. A300	krbt	2	2610 ± 4	
16. A376	zr	2		
17. A187	glm	3		

Paikka – *location*, karttalehti – *map-sheet*, x/y-koordinaatit – *coordinates*
1. A279, Kivimäki, Maaninka: 3331 03D; 7008,320 / 3509,380
2. A1033, Petosenmäki, Kuopio: 3242 12A; 6971,427 / 3531,311
3. A172, Oravimäki, Kuopio: 3331 05C; 6990,500 / 3516,860
4. A105, Tervakangas, Kuopio: 3331 04A; 6983,980 / 3511,350
5. A275, Tervakangas, Kuopio: 3331 04A; 6983,980 / 3511,350
6. A146, Luvelahti, Karttula: 3331 01A; 6980,030 / 3500,530
7. A205, Luvelahti, Karttula: 3331 01A; 6980,030 / 3500,530
8. A364, Luvelahti, Karttula: 3331 01A; 6980,030 / 3500,530
9. A359, Ukonniemi, Maaninka: 3331 03D; 7005,680 / 3506,940
10. A289, Honkamäki, Maaninka: 3331 06D; 7008,500 / 3515,430
11. A134, Puijo, Kuopio: 3242 12B; 6978,460 / 3533,520
12. A242, A481, Koivusaari, Siilinjärvi: 3331 08D; 6997,500 / 3527,340
13. A71, Kemiran kaivos, Siilinjärvi: 3331 12 C; 7001,400 / 3537,250
14. A71b, Kemiran kaivos, Siilinjärvi: 3331 12 C; 7001,400 / 3537,250
15. A300, Kemiran kaivos, Siilinjärvi: 3331 12 C; 7001,885 / 3536,990
16. A376, Kemiran kaivos, Siilinjärvi: 3331 12 C; 7001,800 / 3537,300
17. A187, Kemiran kaivos, Siilinjärvi: 3331 12 C; 7001,400 / 3537,100

Lyhenteet – *Abbreviations*
kvdr: kvartsidioriitti – *quartz diorite*, auggn: silmägneissi – *augen gneiss*, ton: tonaliitti – *tonalite*, aplgr: apliittigraniitti – *aplite granite*, gr: graniitti – *granite*, grdr: granodioriitti – *granodiorite*, hvulk: hapan metavulkaniitti – *felsic metavolcanic rock*, krbt: karbonatiitti – *carbonatite*, glm: glimmeriiitti – *glimmerite*, zr: zirkonikide – *zircon crystal*. N = zirkonifraktioiden määrä – *number of analysed zircon fractions*.

kiteitä (J). Fraktiot I ja F poikkeavat muista fraktioista korkeamman (300–400 µg/g) U-pitoisuuden vuoksi ja sijoittuvat pisteuralla muita kauemmaksi yläleikkauspisteestä. Kaikkien näytepisteiden kautta laskettu pisteura leikkaa konkordiakäyrän pisteessä 2 693 ± 13 Ma (kuva 62). Melko korkea alaleikkaus (1 519 ± 62 Ma) viittaa myöhempään häiriötapahtumaan. Titaniitin ikätulos 1 874 ± 27 Ma edustanee proterotsooisen metamorfoosin tai deformaation ajankohtaa.

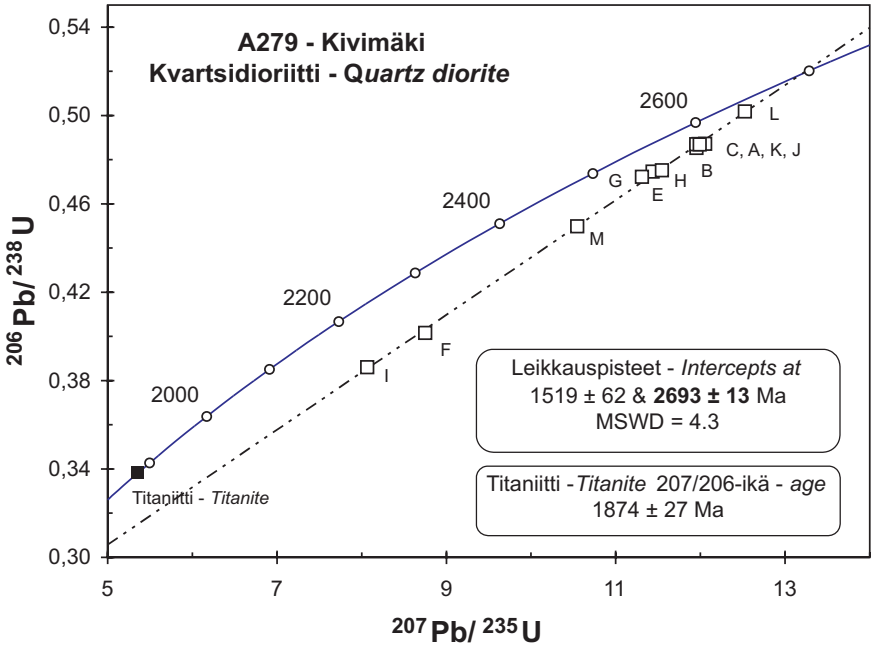
A1033 – Petosenmäki, Kuopio. Kohde on pitkä maantieleikkaus, jossa arkeeisten granitoidien lisäksi on runsaasti paleoproterotsooisia juonia mukaan lukien metadiabaasijuonet. Iänmääritystä varten otettu näyte (havaintotunnus 2-RMA-78) on maasälpäsilmäkkeitä sisältävästä granodioriittisesta granitoidista. Maasälpäsilmäkkeet ovat joko 1–4 cm:n kokoisia kalimaasälpähajarakeita tai maasälvistä ja kvartista koostuvia aggregaatteja. Hajarakeiden silmämäisen muodon vuoksi kiveä voi kutsua silmägneissiksi.

Näyte sisältää suhteellisen runsaasti zirkonikiteitä, joista valtaosa (n. 70 %) on varsin kevyttä (< 4,0 g/cm^3). Kiteet ovat väriltään ruskeita ja ilmassa tarkasteltaessa sameita. Niiden L/B-suhde vaihtelee 2 ja 5:n välillä, mediaani on noin 2,5. Kiteet ovat omamuotoisia, ja yksinkertaiset prismat ja pyramidit ovat vallitsevia pintamuotoja. Ristinikoleilla tarkasteltaessa kiteissä on havaittavissa selvää vyöhykkeisyyttä, mutta sameus estää mahdollisten sulkeumien ja ytimien toteamisen. Analyysitulokset osoittavat kaikkien analysoitujen fraktioiden olevan varsin diskordantteja. Analyysien suhdepisteisiin sijoitettu referenssiviiva (kuva 63) antaa ylä- ja alaleikkauspisteiden arvioiksi 2 485 ± 120 ja 1 133 ± 206 Ma hajontaa kuvastavan MSWD-arvon ollessa 16, mikä käytännössä merkitsee sitä, että ikäarvioilla ei ole mitään merkitystä.

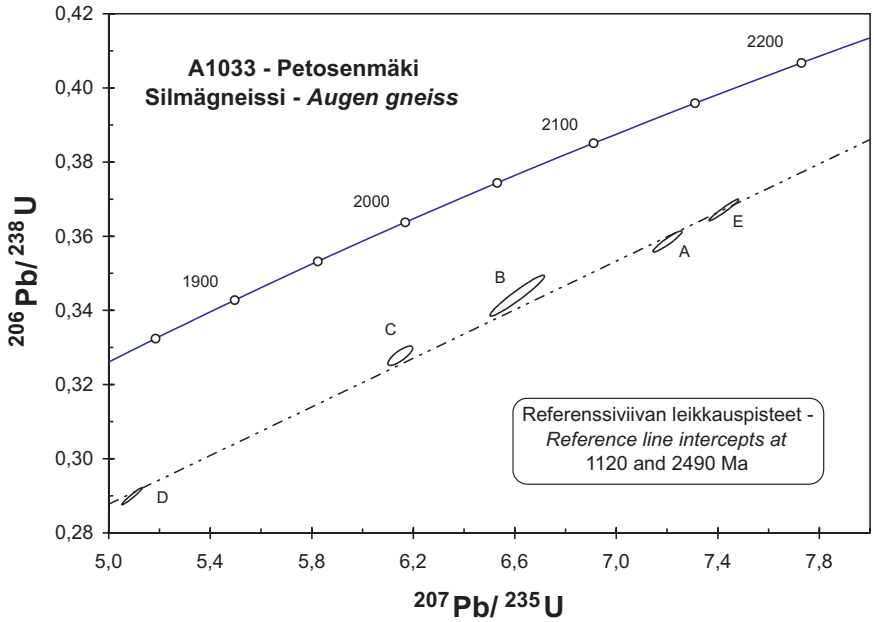
A172 – Oravimäki, Kuopio. Näyte (havaintotunnus 134-EMR-80) on otettu suunnittuneesta, keskirakeisesta Oravimäen tonaliitti-kvartsidioriittiesiintymästä. Mineralogiansa ja asunsa perusteella esiintymän on tulkittu kuuluvan Siilinjärven kartta-alueen Väänälänrannan (3331 08) ja Ranta-Toivalan (3331 10) tonaliittiesiintymään, joka jatkuu Juankosken kartta-alueen (3333) puolelle. Analysoitu näyte vastaa mineralogiselta koostumukseltaan kvartsidioriittia. Sen päämineraalit ovat plagioklaasi (An_{28}), biotiitti, kvartsi ja sarvivälke. Aksessoriset mineraalit ovat kalimaasälpä, titaniitti, opaakki, apatiitti, zirkoni ja epidootti. Biotiitin muuttumistuloksena on kloriittia ja plagioklaasin serisiittiä.

Näytteestä analysoitiin 13 zirkonifraktiota, joiden kiteistä valtaosa on kirkasta ja pitkäprismaista (L/B noin 7). Pintayhdistelmä [110]/[101] on vallitseva, mutta prismapinta [100] on huonosti kehittynyt ja pyramidipinta [211] on hyvin pieni. Särmät ovat teräviä. Mukana on myös kookkaita lyhyitä kiteitä (J, E, G). Niiden suhdepisteet poikkeavat selvästi muiden fraktioiden pisteistä ja edustanevat iältään vanhempaa pohjamateriaalia (kuva 64A). Fraktioiden A, N ja L tiheys on > 4,55 g/m3, ja kooltaan ne ovat pieniä (< 70 µm). Niiden kautta piirretyn suhdepisteuran ylä- ja alaleikkauspisteiden arvot ovat 1 882 ± 6 Ma ja 78 ± 460 Ma, ja hajontaa osoittava MSWD-arvo on 0,27 (kuva 64A). Jos pisteuraa laskettaessa otetaan mukaan myös lähellä olevat fraktiot K ja M, saadaan yläleikkauksen arvoksi 1 877 ± 9 Ma (MSWD = 3,4), mutta alaleikkaus on silloin negatiivinen: -556 ± 810 Ma (kuva 64B). Edellä mainitut perustelut huomioiden Oravimäen tonaliitin kiteytymisen ajankohtana voidaan pitää 1 882 ± 6 Ma. Titaniitin 207/206-ikä on 1 869 ± 19 Ma (kuva 64A), mikä on virherajoissa sama kuin Kivimäen näytteen (A279) titaniitin ikä (1 874 ± 27).

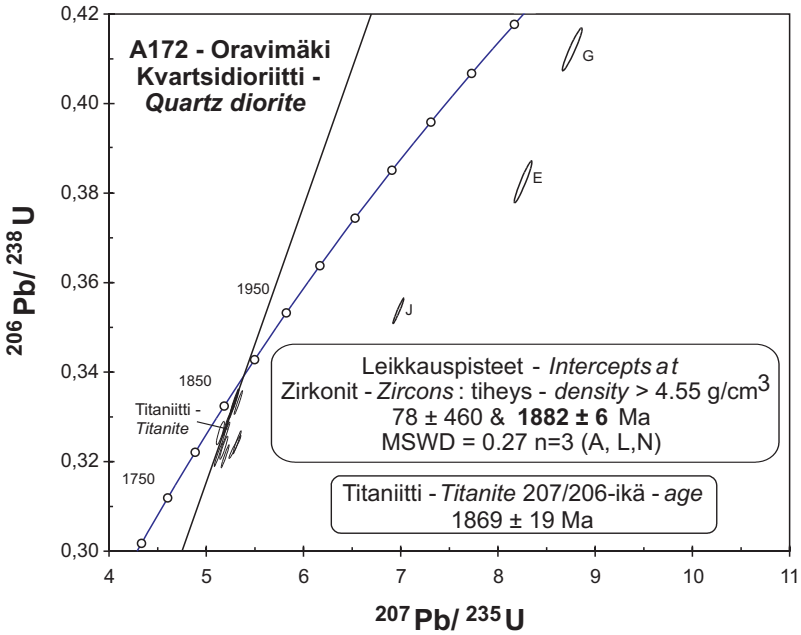
A105 – Tervakangas, Kuopio. Tieleikkauspaljastumassa oleva raitainen kvartsidioriittinen granitoidi (ks. kuva 40), jossa on trondhjemiittisia suonia ja sulkeumamaisesti (tai boudinoituneena juonena) amfiboliittikappaleita. Edellä mainittuja leikkaa apliittinen graniittijuoni. Kvartsidioriittinen kivi (havaintotunnus 56-1-HJL-81) muistuttaa ulkoasultaan hyvin suuresti arkeeisen alueen pohjagneissejä. Päämineraaleina on plagioklaasia ($An_{30–34}$), kvartsia, biotiittia ja sarvivälkettä. Aksessorisesti on kalimaasälpää, titaniittia, zirkonia, epidoottia, apatiittia ja opaakkia. Biotiitti on muuttunut kloriitiksi. Plagioklaasissa on muuttumistuloksena serisiittiä, karbonaattia ja epidoottia. Vaaleat, 1–5 cm leveät leukosomisuonet koostuvat plagioklaasista ja kvartsista. Amfiboliittisen



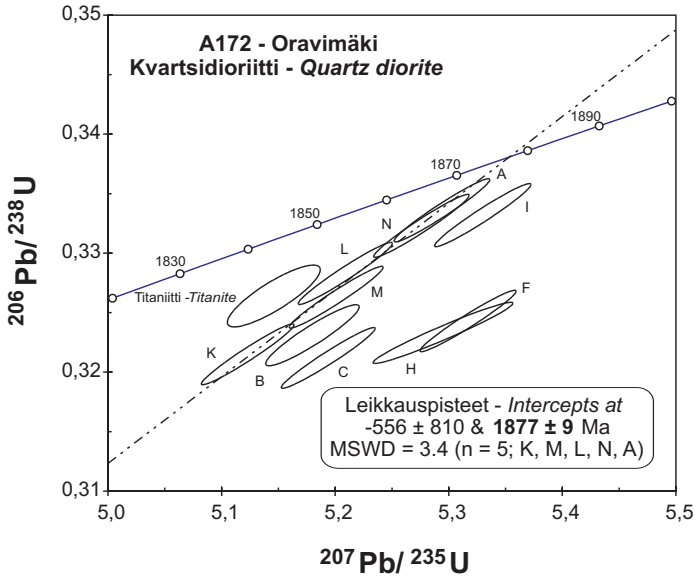
Kuva 62. Konkordiadiagrammi A279 Kivimäen kvartsidioriitin zirkoni- ja titaniittifraktioista.
Fig. 62. Concordia plot for zircon and titanite fractions from the Kivimäki quartz diorite.



Kuva 63. Konkordiadiagrammi A1033 Petosenmäen silmägneissin zirkonifraktioista.
Fig. 63. Concordia plot for zircon fractions from the Petosenmäki augen gneiss.



Kuva 64A. Konkordiadiagrammi A172 Oravimäen kvartsidioriitin zirkoni- ja titaniittifraktioista.
Fig. 64A. Concordia plot for zircon and titanite fractions from the Oravimäki quartz diorite.



Kuva 64B. Konkordiadiagrammi A172 Oravimäen kvartsidioriitin zirkoni- ja titaniittifraktioista.
Fig. 64B. Concordia plot for zircon and titanite fractions from the Oravimäki quartz diorite.

kappaleen päämineraalit ovat plagioklaasi (An_{35}), biotiitti ja sarvivälke. Aksessorisesti siinä on kalimaasälpää, titaniittia, apatiittia, zirkonia ja kvartsia. Kloriittia on biotiitin muuttumistuloksena. Plagioklaasissa on muuttumistuloksena serisiittiä, karbonaattia ja epidoottia.

Näytteessä on runsaasti zirkonia ja titaniittia. Zirkonikiteet muodostavat selvän sekapopulaation. Valtaosa kiteistä on pitkäprismaista, mutta runsaasti löytyi myös lyhytprismaisia kiteitä ja keveissä fraktioissa on myös suuria tummia rakeita. Eniten vanhemmalle puolelle poikkeava fraktio on G, joka koostuu isoista lyhytprismaisista kiteistä. Pienikiteisten fraktioiden (J, K, L, M, N ja O) kautta piirretyn referenssiviivan ylä- ja alaleikkauksen arviot ovat 1 920 ja 380 Ma (kuva 65A). Yläleikkausarvio edustanee maksimi-ikää kiteytymisen päätapahtumalle. Merkittävänä tuloksena on pidettävä titaniitin täysin konkordanttia ikää 1 850 ± 7 Ma, joka on hieman nuorempi kuin Kivimäen (A279) ja Oravimäen (A172) vastaavat iät, tosin jälkimmäisten virherajat ovat varsin suuret.

A275 – Tervakangas, Kuopio. Näyte on edellistä kiveä terävärajaisesti leikkaavasta apliittisesta granodioriittijuonesta (havaintotunnus 56-3-HJL-81). Kiven päämineraalit ovat plagioklaasi (An_{23}), kvartsi ja kalimaasälpä. Näytteen zirkonipopulaatio on heterogeeninen, mutta ulkomuodoltaan erilaisia kiteitä ei ole analysoitu erikseen.

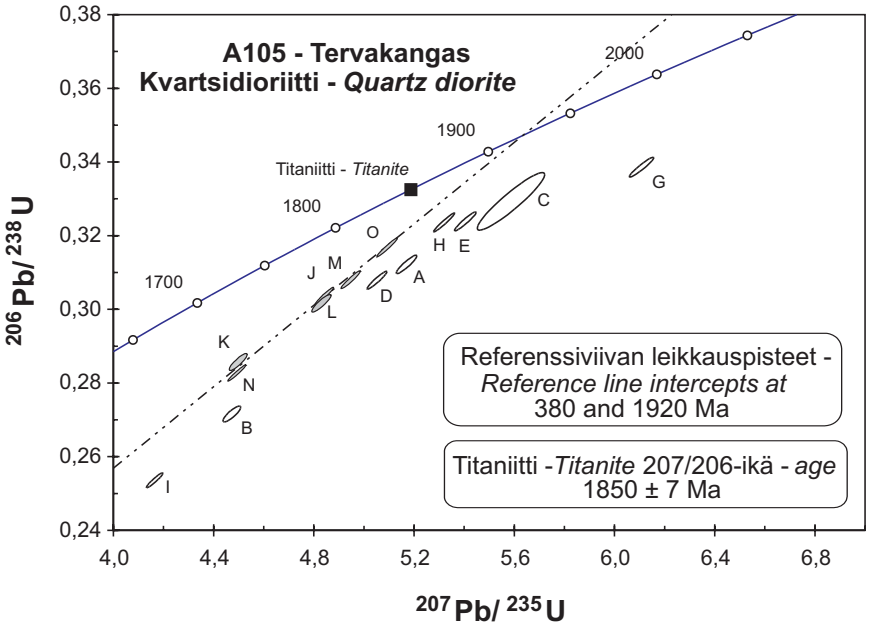
Kuvan 65B konkordiadiagrammiin on merkitty neljä suhdepistettä. Ne osoittavat, että kivessä on mukana xenokrystisiä kiteitä, eikä niiden avulla voida määrittää juonen kiteytymisen ajankohtaa. Titaniitin ikä 1 838 ± 6 Ma on selvästi nuorempi kuin aikaisemmin kuvatuissa näytteissä.

A146 – Luvelahti, Karttula. Kivi (havaintotunnus 31-16-ARP-81) on suunnittunut tonaliitti, joka koostuu plagioklaasista (An_{33}), kvartsista, biotiitista ja sarvivälkkeestä. Aksessoriset mineraalit ovat kalimaasälpä, titaniitti, apatiitti, opaakki ja zirkoni. Biotiitti on muuttunut kloriitiksi. Plagioklaasissa on muuttumisen seurauksena epidoottia, serisiittiä ja karbonaattia. Raekooltaan kivi on keskirakeinen.

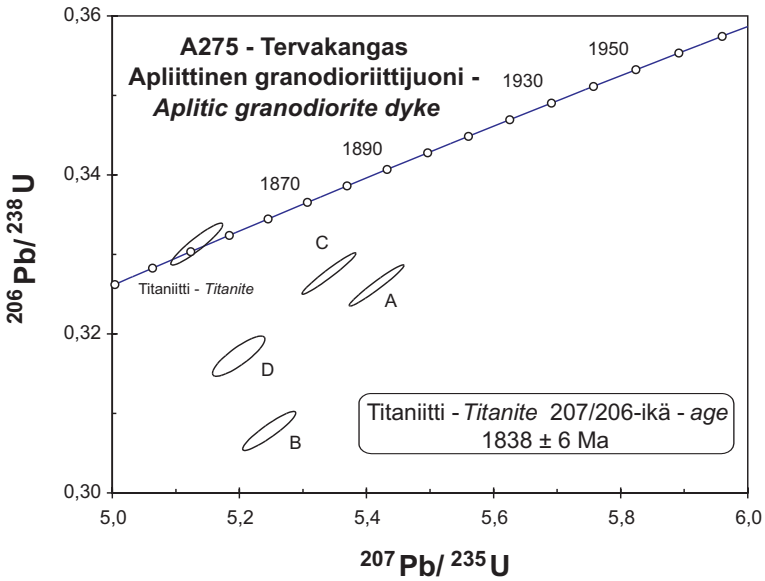
Zirkonipopulaatio on samantyyppinen edellä kuvattuihin verrattuna – erotettavissa on lyhyt (L/B keskim. 1,5) ja pitkä (L/B jopa 10) kidetyyppi. Lyhyille kiteille (E, G ja H) konkordiakäyrän yläleikkaukseksi saadaan 1 894 ± 3 Ma (MSWD = 3,5). Pitkien kiteiden (A, B, D, F) yläleikkauspiste on 1 886 ± 9 Ma (kuva 66A). Tästä näytteestä ei ole tavoitettu selvästi vanhempaa komponenttia, mutta viitteet siihen ovat olemassa, koska on kaksi zirkonityyppiä. Titaniitin 207/206-ikä 1 852 ± 15 Ma on melko konkordantti, ja se on hyvin lähellä näytteen A105 tulosta (1 850 ± 7 Ma).

A205 – Luvelahti, Karttula. Näyte (havaintotunnus 31-15-ARP-81) on suunnittunutta kvartsidioriittia. Se on otettu samalta paljastumalta kuin näyte A146, mutta kohdasta, jossa kivessä on sulkeumamaisesti kiillegneissiä ja amfiboliittia. Sen perusteella näyte, samoin kuin edellinenkin, edustaa neosomia suhteessa kiillegneissiin ja amfiboliittiin. Kivi koostuu plagioklaasista (An_{30}), kvartsista, biotiitista ja pienestä määrästä sarvivälkkeestä. Aksessorisina mineraaleina on titaniittia, apatiittia, opaakkia, zirkonia, karbonaattia ja kalimaasälpää. Biotiitin muuttumistuloksena on kloriittia. Sarvivälke on muuttunut biotiitiksi ja edelleen kloriitiksi. Plagioklaasikiteissä on muuttumistuloksena serisiittiä, karbonaattia ja epidoottia.

Zirkonipopulaatio muodostuu tässäkin lyhyistä ja pitkistä kiteistä. Zirkonifraktiot asettuvat kuitenkin samalle pisteuralle (kuva 66B), jolle laskettu regressiosuora antaa yläleikkausiäksi 1 897 ± 5 Ma. Edellisen näytteen A146 tapaan tässäkään ei ole selvästi vanhaa zirkonia, mutta jälkinä vanhasta pohjamateriaalista voitaisiin pitää poikkeavia zirkonimuotoja. Titaniitin 207/206-ikä on keskimäärin 1 860 ± 10 Ma.



Kuva 65A. Konkordiadiagrammi A105 Tervakankaan kvartsidioriitin zirkoni- ja titaniittifraktioista.
Fig. 65A. Concordia plot for zircon and titanite fractions from the Tervakangas quartz diorite.



Kuva 65B. Konkordiadiagrammi A275 Tervakankaan apliittisen granodioriittijuonen zirkoni- ja titaniittifraktioista.
Fig. 65B. Concordia plot for zircon and titanite fractions from the Tervakangas aplitic granodiorite dyke.

A364 – Luvelahti, Karttula. Näytteen (havaintotunnus 16-14-ARP-81) kivilaji on leukokraattinen tonaliittinen juoni, joka on tunkeutunut edellä kuvattuun tonaliittiseen gneissiin. Kivi on hienorakeinen ja melkein suuntautumaton. Se koostuu plagioklaasista (An_{30}), kvartsista ja aksessorisesta määrästä mikrokliinistä kalimaasälpää. Edellisten lisäksi on vähän biotiittia ja kloriittia sekä aksessorisesti titaniittia, serisiittiä, apatiittia, zirkonia, opaakkia, karbonaattia ja epidoottia.

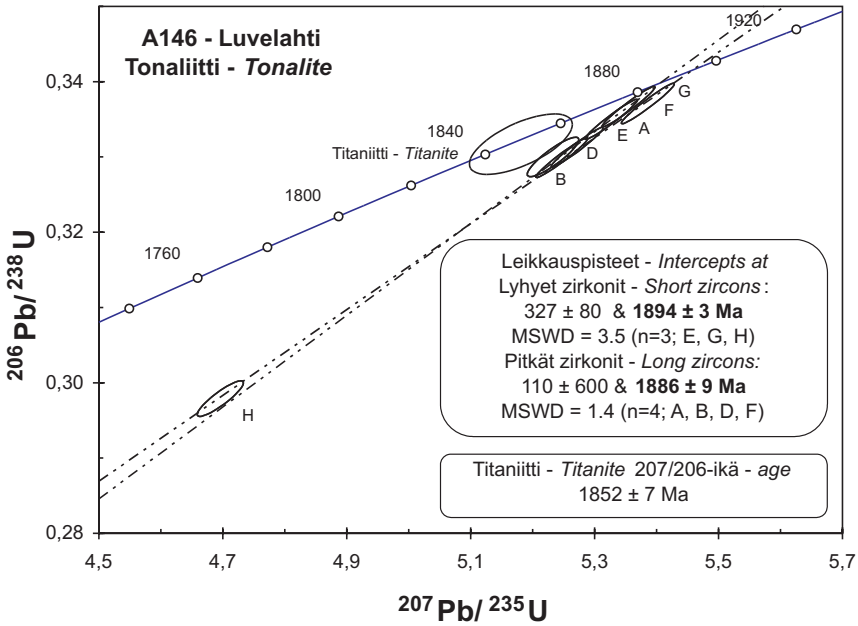
Näyte sisältää kaksi zirkonityyppiä. Toisen kiteet (A, B, C) ovat pitkäprismaisia, kirkkaita ja särmiltään epäselviä. Toinen (E) puolestaan sisältää melko runsaasti edellisistä poikkeavaa väriltään kellertävänvihertävää zirkonia. Sen kiteet ovat enimmäkseen lyhyitä ja niiden prismat ovat yksinkertaisia. Kun ikää laskettaessa otetaan huomioon kaikki neljä fraktiota, niin suhdepisteuran ylä- ja alaleikkauspisteiden arvot ovat (kuva 66C) 1 886 ± 32 Ma ja 260 ± 150 Ma (MSWD = 6,5). Jos pisteura piirretään kidemuodoltaan pitkäprismaisten kiteiden (A, B, C) kautta, niin yläleikkaus on 1 883 ± 28 Ma. Kun pisteurasta jätetään pois fraktio B, niin ylä- ja alaleikkauspisteiden arvot ovat 1 899 ± 10 Ma ja 345 ± 54 Ma (MSWD = 0,12). Saadut ikätulokset ovat ristiriidassa paljastuman kivilajien leikkaussuhteiden kanssa, joiden mukaan juoninäytteen pitäisi olla leikkaamaansa kivilajia nuorempaa. Onkin mahdollista, että näyte edustaa mobiloitumaa, jossa on mukana vieraasta lähteestä perittyjä zirkonikiteitä.

A359 – Ukonniemi, Maaninka. Näyte (havaintotunnus 123-HJL-78) on otettu hienorakeisesta graniittijuonesta, joka leikkaa arkeeista juovais-raitaista tonaliittista gneissiä. Kivessä on päämineraaleina yhtä runsaasti plagioklaasia ($An_{5–10}$) ja mikrokliiniä sekä näitä hieman vähemmän kvartsia. Aksessorisesti on opaakkia, serisiittiä, kloriittia, epidoottia, karbonaattia, titaniittia, zirkonia, sarvivälkettä ja biotiittia.

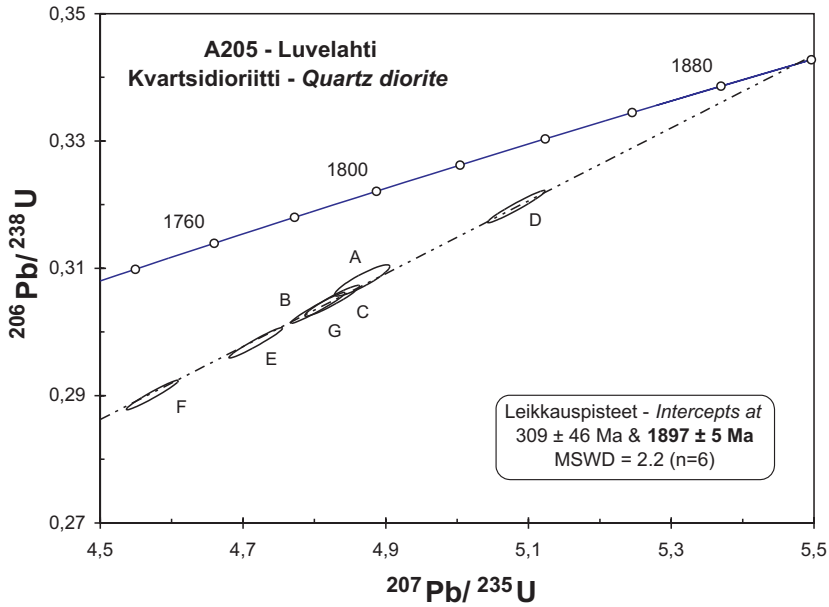
Zirkonikiteet ovat valtaosaltaan pitkiä neulamaisia kiteitä (L/B 5–10), mutta joukossa on runsaasti lyhyitä kiteitä, joista pienen raekoon vuoksi on kuitenkin vaikea havaita, ovatko ne katkenneita kiteitä. Näytteestä on analysoitu viisi zirkonifraktiota. Niistä fraktio A (tiheys > 4,4 g/cm^3) on tervein ja fraktiossa F on poikkeavan suuria kideyksilöitä. Kuvaan 67 piirretyn likimääräisen referenssiviivan ylä- ja alaleikkauspisteiden arvot ovat 2 100 Ma ja 380 Ma, mutta tarkkaa ikää ei tästäkään juonesta voida antaa. Titaniitista on analysoitu kaksi fraktiota. 207Pb/206Pb-suhteeseen perustuvat iät ovat 1 783 ± 16 ja 1 789 Ma, mutta suhdepisteet sijoittuvat kauas konkordiakäyrän yläpuolelle (ei ole merkitty diagrammiin). On kuitenkin mahdollista, että titaniitti saattaisi olla iältään nuori.

A289 – Honkamäki, Maaninka. Näyte (havaintotunnus 64-HMM-78) on otettu Maaningan Honkamäen graniittiesiintymästä. Raekooltaan se on keskirakeinen ja väriltään punertava. Päämineraaleina siinä ovat plagioklaasi (An_{15}), mikrokliini ja kvartsi. Aksessorisesti siinä on biotiittia, alkaliamfibolia (arfvedsoniitti), kloriittia, epidoottia, titaniittia, apatiittia ja zirkonia.

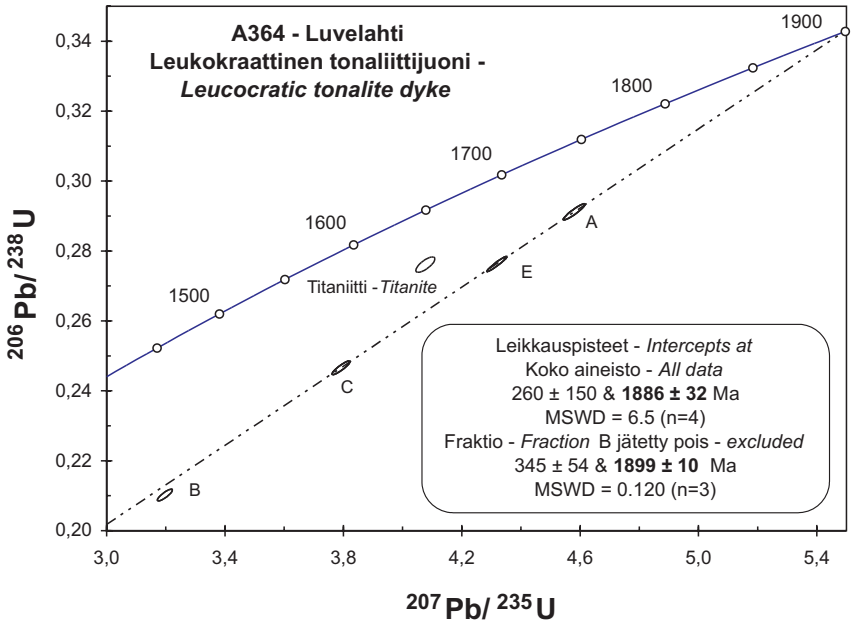
Näytteen zirkonikiteet ovat yksinkertaisia, pyramidipinnoiltaan hyvin kehittyneitä prismoja, joiden pituus-poikkileikkaussuhde on 2–4. Zirkonin suhdepisteiden kautta piirretyn suhdepisteuran yläleikkauspiste on 1 868 ± 5 Ma (kuva 68). Titaniittia on näytteessä runsaasti. Sen väri vaihtelee vaaleankellertävästä tummanruskeaan. Analyysiin käytettiin tummanruskeita kiteitä, jotka sisältävät yleensä uraania enemmän kuin vaaleat zirkonit. Titaniitin 207/206-ikä on 1 860 ± 9 Ma. Jos titaniitti lasketaan mukaan suhdepistesuoraan, niin yläleikkaukseksi saadaan 1 867 ± 3 Ma. Honkamäen graniitin ikätulos on merkittävä kahdesta syystä: ikä on selvästi nuorempi kuin muiden karttaalueelta analysoitujen syväkivien iät ja titaniitti antaa zirkonin kanssa saman ikätuloksen.



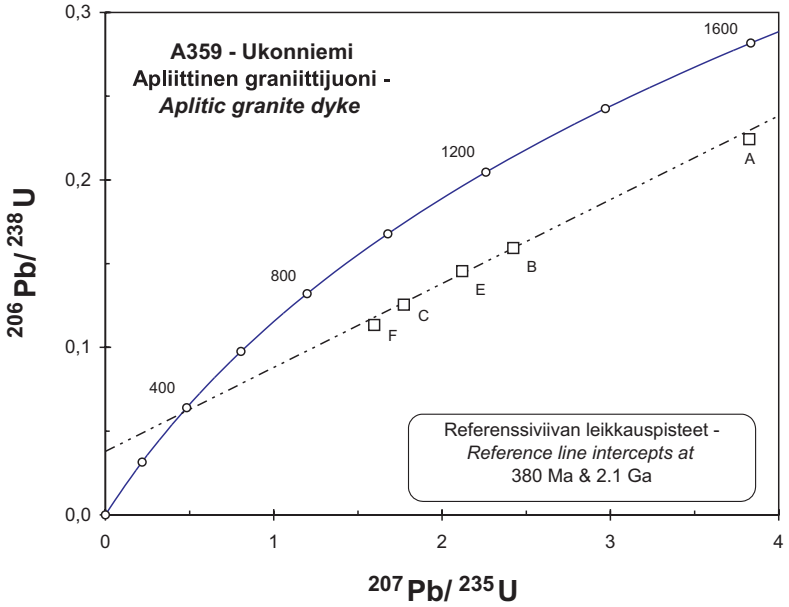
Kuva 66A. Konkordiadiagrammi A146 Luvelahden tonaliitin zirkoni- ja titaniittifraktioista.
Fig. 66A. Concordia plot for zircon and titanite fractions from the Luvelahti tonalite.



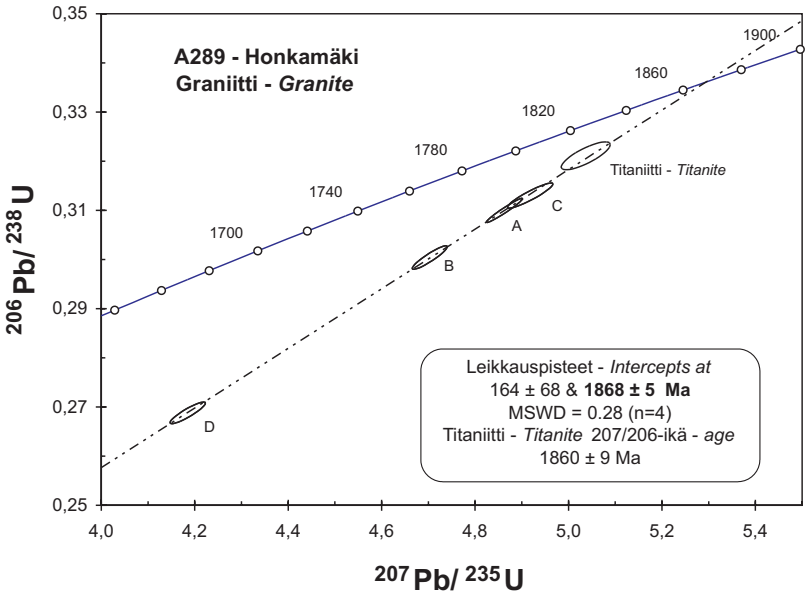
Kuva 66B. Konkordiadiagrammi A205 Luvelahden kvartsidioriitin zirkonifraktioista.
Fig. 66B. Concordia plot for zircon fractions from the Luvelahti quartz diorite.



Kuva 66C. Konkordiadiagrammi A364 Luvelahden leukokraattisen tonaliittijuonen zirkonifraktioista.
Fig. 66C. Concordia plot for zircon fractions from the Luvelahti leucocratic tonalite dyke.



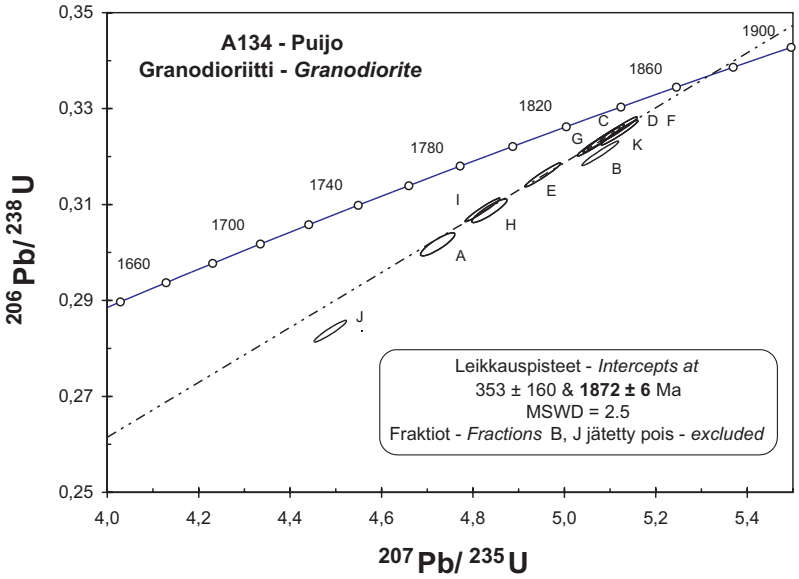
Kuva 67. Konkordiadiagrammi A359 Ukonniemen apliittigraniittijuonen zirkonifraktioista.
Fig. 67. Concordia plot for zircon fractions from the Ukonniemi aplite granite dyke.



Kuva 68. Konkordiadiagrammi A289 Honkamäen graniitin zirkoni- ja titaniittifraktioista.
Fig. 68. Concordia plot for zircon and titanite fractions from the Honkamäki granite.

A134 – Puijo, Kuopio. Kohteen kivi on keskirakeista, tasalaatuista ja väriltään harmaata granodioriittia. Sen päämineraalit ovat plagioklaasi (An_{30}), kvartsi, kalimaasälpä, biotiitti ja kloriitti. Aksessorisesti on muskoviittia, titaniittia, apatiittia ja zirkonia. Siinä on nähtävissä heikko mineraalisuuntaus. Ensimmäinen näyte on otettu Puijon mäen näkötornin alle johtavan huoltotunnelin oviaukon viereisestä seinämästä jo vuonna 1964. Tarkoituksena oli ollut saada ikäpiste kriittiselle vyöhykkeelle proterotsooisen ja arkeeisen kallioperän rajalle. Yhden suhdepisteen ilmentämä ikä oli 1 873 Ma (Huhma 1976, s. 16). Näytteestä analysoitiin myöhemmin lisäfraktioita ja otettiin tämän tekijän toimesta lopuksi lisänäyte (havaintotunnus 21-HJL-95).

Zirkonikiteiden päätyyppinä on erotettavissa pitkäprismainen [110]-valtainen kidetyyppi. Mukana on myös tummempia, lyhyitä kiteitä sekä vesikirkkaita ”mikrogem”-kiteitä. Tummat kiteet on koottu omaksi fraktioksi (J). Kirkkaita kiteitä oli vähän, eikä niitä ole määritetty erikseen. Ensimmäisen analysoinnin fraktio A (aA) on totaalifraktio, joka saattaa sisältää erikoisesti hienossa osassa lyhytkiteistä zirkonia. Fraktio B (aB) poikkeaa selvästi pisteuran vanhemmalle puolelle, mutta selvää syytä ei ole nähtävissä. Jos lasketaan suora yhdeksän suhdepisteen kautta jättämällä ulkopuolelle selvästi poikkeavat pisteet (J, B), saadaan konkordiadiagrammilla (kuva 69) suhdepisteuran ylä- ja alaleikkauspisteiden arvoiksi 1 872 ± 5 Ma ja 353 ± 160 Ma. Tulokset viittaavat siihen, että silikaattisula, josta Puijon granodioriitti on kiteytynyt, on sisältänyt vähäisessä määrin vanhempaa ainesta mahdollisesti sivukiven assimiloitumisen vaikutuksesta. Ikä on virherajojen puitteissa sama kuin Maaningan Honkamäen graniitin (A298) ikä (1 868 ± 5 Ma). Kiven titaniitti on tummanruskeaa, mutta sen uraanipitoisuus on pieni, minkä vuoksi sitä ei ole analysoitu.



Kuva 69. Konkordiadiagrammi A134 Puijon granodioriitin zirkonifraktioista.
Fig. 69. Concordia plot for zircon fractions from the Puijo granodiorite.

A242, A481 – Koivusaari, Siilinjärvi. Näytteet (havaintotunnus 11-JPK-81) on otettu Koivusaaren metavulkaniittimuodostuman happaman Kirjoniemen jäsenen alimmasta yksiköstä. Kivi sisältää kvartsin ja oligoklaasisen plagioklaasin lisäksi biotiittia ja muskoviittia. Myös 2–4 mm:n kokoiset kvartsihajarakeet (fenokrystit) ovat kivelle ominaisia.

Näytteiden zirkonikiteet ovat omamuotoisia ja lyhytprismaisia. Muutamassa kiteessä on havaittavissa vyöhykkeitä tai sisus on vyöhykkeinen. Luonteenomaista on rikkonaisuus – kiteet ovat täynnä rakosia. Huomioitavana piirteenä mainittakoon pieni ^{238}U-määrä, noin 50–80 µg/g, mikä on harvinaista kallioperässämme (Kouvo, henk.koht. tiedonanto). Konkordiakäyrän ja kaikkien analysoitujen fraktioiden pisteuran yläleikkauspisteen perusteella iäksi saadaan 2 062 ± 2 Ma (taulukko 1).

Siilinjärven alkalikivikompleksi. Karbonatiittikivien iän selvittämiseksi on useasta zirkoninäytteestä tehty U-Pb-iänmääritys: **A71** – rataleikkaus: palanäyte. Avolouhoksen laajennuksen vuoksi ottopaikka ei ole enää nähtävissä. Kivilaji on karbonatiittia. Zirkonikiteet ovat pieniä. **A71b** – avolouhos: kairareikä R55/82,70 m. Lisänäyte edellisen näytteen ikätuloksen varmistamiseksi. Kivilaji on karbonatiittia. **A300** – avolouhos: palanäyte. Kivilaji on karbonatiittia, joka leikkaussuhteiden perusteella edustaa esiintymän nuorinta osaa. Zirkonikiteet ovat pieniä. **A376** – avolouhos: isoja zirkonikiteitä. **A187** – avolouhos: palanäyte. Näyte on flogopiitti- ja plagioklaasipitoisesta glimmeriittikivestä, joka on sulkeumana karbonatiitissa. Zirkonikiteet ovat suuria.

Näyte A71 oli ensimmäinen määritys karbonatiitista. Sen ja tarkistusnäytteen A71b zirkonifraktioiden suhdepisteet hajoavat hieman, mutta niiden yläleikkausikä on 2 570 ± 7 Ma. Myöhemmin tehtyjen näytteiden suhdepisteiden yläleikkausiäksi saadaan 2 610 ± 4 Ma (taulukko 1). Epäselväksi on jäänyt, edustavatko ensimmäisten määritysten näytteet karbonatiittimagman nuorempaa purkausvaihetta, sillä myöhemmin määritetyistä näytteistä kivilajien leikkaussuhteen perusteella nuorinta purkausvaihetta edustavan näytteen (A300) ikätulos ei kuitenkaan tue nuorempaa ikää.

8.2. Sm-Nd-isotooppitutkimukset

Siilinjärven kartta-alueella arkeeisen ja proterotsooisen kallioperän rajan ja siihen liittyen arkeeisen kratonin reunan luonteen selvittämisen yhtenä ongelmana on ollut arkeeisen ja proterotsooisen litologian erottaminen toisistaan. Ajatus proterotsooisten granitoidien muodostumisesta arkeeisen kuoren sulamisen tuloksena oli myös esillä. Ongelman selvittämiseksi valittiin yksi zirkonin U-Pb-iältään selvästi arkeeinen kivilaji (näyte A276) ja yksi proterotsooinen kivilaji (näyte A146) ja kaksi siinä olevaa kiillegneissi-/amfiboliittikappaletta. Kolmanneksi granitoidikohteeksi otettiin näyte, jonka zirkonin U-Pb-ikä on hieman yli 1 900 Ma (näyte A105). Tulokset ovat taulukossa 2. Niiden perusteella voidaan havaita, että iältään proterotsooiset kivet eivät ole syntyneet sulamalla keveistä landaniteista rikastuneesta arkeeisesta kuoresta; tosin 1,9 Ga:ta vanhemman aineksen vaikutus on merkittävää, etenkin näytteessä A105, jonka zirkonin U-Pb-ikä on muita hieman vanhempi.

Siilinjärven paleoproterotsooinen Koivusaaren metavulkaniittimuodostuman magman alkuperää selvitettiin Sm-Nd-isotooppianalyyseillä. Näytteet otettiin stratigrafisesti alimpana olevasta Parkkilan jäsenen tholeiittibasalttisesta metatyynylaavasta, Kirjoniemen jäsenen happamasta metavulkaniitista (zirkonin U-Pb-ikä on 2 062 ± 2 Ma), Vehkasuon jäsenen alkalibasalttisesta metatyynylaavasta ja stratigrafisesti ylimpänä olevasta Vuorimäen jäsenen tholeiittibasalttisesta metatyynylaavasta. Metalaavoja leikkaavista juonista analysoitiin kaksi näytettä, joista toinen leikkaa Parkkilan jäsenen ja Kirjoniemen jäsenen kiviä ja on kemialliselta koostumukseltaan samanlainen kuin Vuorimäen jäsenen metalaavat. Toisen juonen on havaittu leikkaavan Vehkasuon jäsenen ja Vuorimäen jäsenen kiviä. Kuivasteenmäen gabrosta, mahdollisesti juoni, otettiin näyte vertailua varten. Tulosten perusteella (taulukko 3) on todennäköistä, että Parkkilan ja Kirjoniemen jäsenien magmat eivät ole kogeneettisiä myöhemmän magmatismin kanssa. Niiden neodyymin negatiiviset Є-arvot viittaavat arkeeisen kuoren (/litosfäärin) selvään osuuteen niin happamien metatuffien kuin emäksisten metatyynylaavojen synnyssä. Muu mag-

Taulukko 2. Siilinjärven kartta-alueen granitoidien ja sulkeumien Sm-Nd-isotooppituloksia.
Table 2. Sm-Nd isotopic data for the granitoids and enclaves from the Siilinjärvi map- sheet area.

Näyte	*Sm (ppm)*	Nd *(ppm)*	147Sm/ 144Sm	143Nd/ 144Nd	Ikä *(Ma)*	Є	T-CHUR	*T-DM*
1.	4,78	27,01	0,1070	0,512602 ± 40	2693 ± 13	0,5 ± 0,5	2599 ± 46	2778
2.	4,42	25,63	0,1043	0,511328 ± 26	1900 ± 30*	-3,0 ± 0,6	2158 ± 52	2390
3.	4,61	25,34	0,1099	0,511795 ± 24	1886 ± 9	-1,7 ± 0,5	2034 ± 49	2297
4.	4.28	23,19	0,1116	0,511538 ± 32	1900 ± 20*	-1,1 ± 0,7	2002 ± 53	2271
5.	3.27	20,07	0,0985	0,511845 ± 16	1900 ± 20*	-1,4 ± 0,9	2198 ± 54	2227

* ei isotooppi-ikä – *not isotopic age.*

Näyte – *sample*, kivilaji – *lithology*, karttalehti – *map-shee*t, x/y-koordinaatit – *coordinates*

1. A279, kvartsidioriitti – *quartz diorite,* 3331 03D; 7008,32 / 3509,380
2. A105, kvartsidioriitti – *quartz diorite*, 3331 04A; 6983,980 / 3511,350
3. A146, tonaliitti – *tonalite*, 3331 01A; 6980,030 / 3500,530
4. 31-9-ARP-81, amfiboliittipaleosomi – *amphibolite*, 3331 01A; 6980,020 / 3500,540
5. 31-10-ARP-81, kiillegneissipaleosomi – *mica gneiss*, 3331 01A; 6980,020 / 3500,540

CHUR = yhtenäinen kondriittinen lähde – *chondritic uniform reservoir,* DM = köyhtynyt mantteli – *depleted mantle*, T-CHUR ja T-DM = malli-ikä – *model age.*

Taulukko 3. Koivusaaren muodostuman metavulkaniittien ja niihin liittyvien juonien Sm-Nd-isotooppitulokset.
Table 3. Sm-Nd isotopic data for the metavolcanites and related mafic dykes of the Koivusaari Formation, Siilinjärvi.

Näyte	Sm (ppm)	Nd (ppm)	147Sm/ 144Sm	143Nd/ 144Nd	Є(2065)	T-CHUR	T-DM
6.	7,92	31,26	0,1531	0,511940 ± 20	-2,1 ± 0,6	2441 ± 105	2809
7.	8,83	36,59	0,1459	0,511795 ± 24	-3,1 ± 0,6	2527 ± 101	2836
8.	3,65	11,83	0,1863	0,512602 ± 40	2,0 ± 1,0		
9.	16,13	73,55	0,1326	0,511538 ± 32	-4,5 ± 0,8	2610 ± 97	2849
10.	21,79	93,47	0,1409	0,511845 ± 16	-0,7 ± 0,5	2167 ± 66	2521
11.	14,83	77,80	0,1152	0,511626 ± 19	1,8 ± 0,5	1893 ± 46	2192
12.	3,54	12,24	0,1750	0,512455 ± 26	2,1 ± 0,7		
13.	3,21	11,13	0,1743	0,512413 ± 34	1,5 ± 0,9		
14.	2,92	9,95	0,1775	0,512500 ± 34	2,3 ± 0,9		
15.	2,41	11,55	0,1258	0,511778 ± 70	2,0 ± 1,5	1850 ± 163	2194

Näyte – *sample*, kivilaji – *lithology*, karttalehti – *map-sheet*, x/y-koordinaatit – c*oordinates*

6. 85-4-JPK-80, emäksinen metatyynylaava, 3331 08D; 6997,420 / 3526,510
7. 42-HJL-79, emäksinen metatyynylaava, 3331 08D; 6997,575 / 3527,295
8. 142-1-HJL-79, metadiabaasi, 3331 08D; 6998,250 / 3529,880
9. 11-2-JPK-80, hapan metatuffi, 3331 08D; 6997,500 / 3525,340
10. 41-HJL-79, hapan metatuffi, 3331 08D; 6997,150 / 3527,585
11. 33-3-JPK-80, emäksinen metalaava, 3331 08D; 6997,060 / 3528,090
12. 165-JPK-80, emäksinen metalaava, 3331 08D; 6996,280 / 3528,520
13. 176-JPK-80, emäksinen metatyynylaava, 3331 08D; 6996,545 / 3529,250
14. 70-HJL-79, emäksinen juoni, 3331 08D; 6996,190 / 3528,475
15. 24-2-JPK-84, gabro, 3331 09C; 7003,130 / 3525,570

CHUR = yhtenäinen kondriittinen lähde – *chondritic uniform reservoir*, DM = köyhtynyt mantteli – *depleted mantle*, T-CHUR ja T-DM = malli-ikä – *model age*.

emäksinen metatyynylaava = *basic pillowed metalava,* metadiabaasi = *metadiabase dyke,* hapan metatuffi = *acid meta tuff,* emäksinen metalaava = *basic metalava,* emäksinen juoni = *basic dyke,* gabro = *gabbro*

matismi sen sijaan näyttäisi olevan peräisin isotoopeiltaan homogeenisesta lähteestä, mm. niiden $^{143}Nd/^{144}Nd$- ja $^{147}Sm/^{144}Nd$-suhteet asettuvat samalla isokroonille ja antavat kuuden näytteen Sm-Nd-isokrooni-iäksi 2 089 ± 72 Ma ja initiaali-Є -arvoksi +2,0 ± 0,5. On mahdollista, että Kuivasteenmäen gabro kuuluu samaan magmalähteeseen Vuorimäen jäsenen kanssa, mutta edustaa sen juoneksi purkautunutta osaa.

8.3. $\delta^{13}C$ -isotooppitutkimukset

Tutkimusta varten otettiin näytteitä sekä Siilinjärven että Kuopion kartta-alueiden karbonaattikiviesiintymistä. Osa näytteistä osoittautui jatkokäsittelyssä tutkimuksen kannalta siinä määrin epäpuhtaiksi, esim. mukana oli kvartsia tai grafiittia, että tulokset eivät olleet luotettavia ja ne jätettiin pois. Saadut tulokset (taulukko 4) osoittavat, että Siilinjärven ja Kuopion alueilla on hiili-isotooppikoostumukseltaan erilaisia karbonaattikiviä. Kuopion Petosenlammen rannalla sijaitsevan Jynkän (3242 12A) karbonaattiki-

Taulukko 4. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden karbonaattikivien hiilen $\delta^{13}C$-isotooppi-koostumuksia.
Table 4. Carbon $\delta^{13}C$ isotopic compositions of the carbonate rocks from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.

Näyte – *Sample*	Dol wt-%	Tot	$\delta^{13}C$ Cal	Dol	
1. C-177A	97	6,40		6.43	
2. C-177B	26	0,99	0,93	1,37	
3. C-147	83	5,86	5,28	5,99	
4. C-192-F	65	4,84	4,40	5,32	
5. C-192-G	78	3,02	2,55	3,24	
6. C-178	19	1,33	1,26	1,45	epäpuhdas – *impure*
7. C-148	81	5,72	5,15	5,80	
8. C-139	90	1,09		1,14	
9. C-137	62		-0,87	-0,67	graf.

Paikka – *location*, karttalehti – *map-sheet*, x/y-koordinaatit – c*oordinates*

1–2. Petosenlampi, Kuopio: 3242 12A; 6971,700 / 3532,190.
3–5. Laivonsaari, Kuopio: 3331 07C; 6980,240 / 3529,740
6. Korsumäki, Kuopio: 3242 08D; 6966,110 / 3529,380
7. Kourulahti, Räimänkoski, Siilinjärvi: 3331 08C; 6990,570 / 3529,910
8. Kolmikanta, Haatala, Maaninka: 3331 06A; 7001,800 / 3511,160
9. Toso, Siilinjärvi: 3331 09C; 7000,940 / 3526,340

Dol wt-%: dolomiitti paino-%:na kokonaiskarbonaatista – *weight-% dolomite in total carbonate*, Tot: kokonaiskarbonaatti – *total carbonate*, Dol: dolomiitti – *dolomite*, Cal: kalsiitti – *calcite*, graf.: grafiittipitoinen – *graphite-bearing*

ven $\delta^{13}C$-arvo 6,4 ‰, Laivonsaaren (3331 07C) näytteiden 5–6 ‰ välillä oleva arvo ja Siilinjärven Räimänkosken (3331 08C) karbonaattiesiintymän arvo 5,2–5,8 ‰ ovat samanlaisia kuin arkeeisen mantereen reunan jatulisten dolomiittien hiili-isotooppikoostumukset (Karhu 1993, s. 31). Maaningan Haatalan Kolmikannan (3331 06A) esiintymän arvo 1,1 ‰ puolestaan vastaa svekofennialaisten karbonaattikivien normaaleja merellisiä arvoja (Karhu op. cit.).

8.4. K-Ar-isotooppitutkimukset

Itä-Suomen arkeeisen kratonin proterotsooisena aikana tapahtunutta lämpenemistä selvittäneeseen tutkimukseen (Kontinen et al. 1992) otettiin näytteitä myös Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueilta. Näytteistä viisi oli arkeeisesta kallioperästä, mutta mukana oli myös neljä proterotsooista näytettä, joista kolmesta on olemassa myös U-Pb-iänmääritys. Arkeeisten näytteiden niin biotiittien kuin myös sarvivälkkeiden iät vaihtelevat noin 1 910 ja 1 870 Ma:n välillä, ja virheraja on ± 56–± 57 Ma (taulukko 5). Proterotsooisten näytteiden K-Ar-iät ovat samankaltaiset kuin niiden U-Pb-iätkin, tosin virherajat ± 55–±57 Ma ovat varsin suuret (taulukko 5). Huomion kiinnittää myös näytteen KA059 hieman muita korkeampi ikä 1 918 ± 57 Ma, joka on samansuuruinen kuin saman näytteen zirkonin U-Pb-ikä 1 920 Ma. Toinen huomioitava ikätulos on näytteen KA025 ikä 2 056 ± 62 Ma. Se on sarvivälkehajarakeisesta mafisesta juonesta, joka leikkaa arkeeis-

Taulukko 5. Sarvivälkkeen ja biotiitin K-Ar-isotooppi-ikiä Kuopion ja Siilinjärven kartta-alueilta.
Table 5. K-Ar isotopic ages of the hornblende and biotite from the Siilinjärvi and Kuopio map- sheet areas.

Näyte – *Sample*	Sarvivälke – *Hornblende* (Ma)	Biotiitti – *Biotite* (Ma)
Arkeeiset kivet – *Archaean rocks*		
1. Ka057 (A297)	1883 ± 56	–
2. Ka092	1871 ± 57	1824 ± 55
3. Ka093	1906 ± 57	1823 ± 55
4. Ka094	1876 ± 56	1835 ± 55
5. Ka073	1908 ± 57	–
Paleoproterotsooiset kivet – *Palaeoproterozoic rocks*		
6. Ka058 (A172)	1848 ±55	–
7. Ka059 (A105)	1918 ± 57	–
8. Ka060 (A146)	1893 ± 56	–
9. Ka025	2056 ± 62	–

Paikka – *location*, karttalehti – *map-sheet*, x/y-koordinaatit – c*oordinates*

1. Kivimäki, Maaninka, 3331 06A; 7008,320 / 3509,380
2. Jälä, Siilinjärvi, 3331 11C; 6992,610 / 3539,430
3. Naarvanlahti, Siilinjärvi, 3331 09B; 7009,790 / 3524,590
4. Mikka, Siilinjärvi, 3331 09D; 7007,610 / 3528, 350
5. Petosenmäki, Kuopio, 3242 12A; 6971,240 / 3531,780
6. Oravimäki, Hirvilahti, Kuopio, 3331 05C; 6990,500 / 3516,860
7. Tervakangas, Niemisjärvi, Kuopio, 3331 04A; 6983,980 / 3511,350
8. Luvelahti, Karttula, 3331 01A; 6980,030 / 3500,530
9. Kuivasteenlampi, Siilinjärvi, 3331 08D; 6999,250 / 3526,580

ta tonaliittigneissiä. Juonen suhdetta eteläpuolella olevaan Koivusaaren metavulkaniittimuodostuman laavoihin ei tunneta. Muodostuman happaman jäsenen zirkonin U-Pb-ikä (A242, A481) on 2 062 ± 2 Ma.

9. METAMORFOOSI JA RAKENNE

9.1. Metamorfoosi

Kallioperän metamorfoosi tarkoittaa kivien mineraalikoostumuksen muuttumista vastaamaan uusia, muuttuneita paine- ja lämpötilaolosuhteita. Kivien metamorfisia olosuhteita tutkitaan metamorfisten indeksimineraalien, kuten esim. pyrokseenien, kordieriitin, granaatin, kyaniitin, sillimaniitin ja andalusiitin, avulla. Olosuhteet voivat muuttua, kun kivet geologisissa liikunnoissa joutuvat syvemmälle maankuoreen, jossa vallitsee korkeampi paine ja lämpötila. Vastaavasti kivien mineralogia muuttuu, kun ne liikunnoissa nousevat matalamman paineen ja lämpötilan ympäristöön. Metamorfoosissa kiven kemiallinen koostumus ei muutu, mikäli systeemi, metamorfinen ympäristö, on suljettu eli siihen ei pääse ulkopuolelta kiven koostumusta muuttavia liuoksia (fluideja). Kun kiven koostumus muuttuu ulkopuolisen aiheuttajan vaikutuksesta, kutsutaan tapahtumaa metasomatoosiksi. Kivien alkuperäiset rakenteet yleensä tuhoutuvat metamorfisen uudelleen

kiteytymisen vaikutuksesta, esim. alun perin hienorakeinen saviaines muuttuu karkeaksi siihen kasvaneiden alumiinisilikaattiporfyroblastien vuoksi.

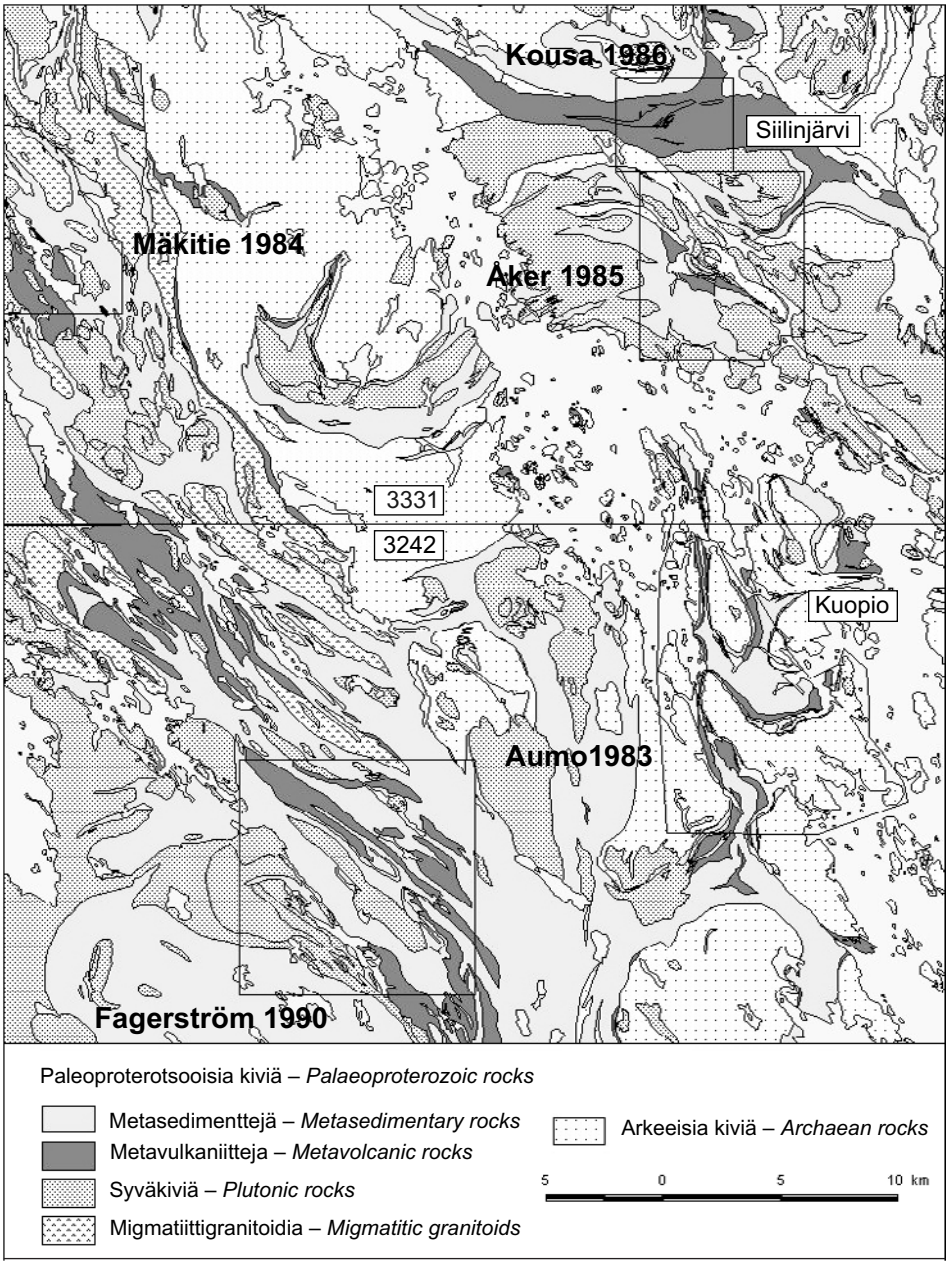
Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden arkeeisen kallioperän rakennepiirteet ovat syntyneet pääosin arkeeisena aikana. Myöhemmät, paleoproterotsooiset tapahtumat ovat vaikuttaneet enemmälti arkeeisten kivien metamorfiseen uudelleen kiteytymiseen, kun taas kivien rakenteet ovat suuntautuneet uudelleen vain tietyissä kallioperän osissa. Korsman et al. (1984) ovat esittäneet, että Savon alueella arkeeisen kratonin ja paleoproterotsooisten kivien välistä vaihettumisvyöhykettä luonnehtivat siirrosten rajaamat metamorfiset lohkot erotuksena Etelä-Suomen vyöhykkeellisestä metamorfoosista.

Arkeeisen pohjagneissin emäksissä kivissä, amfiboliiteissa, päämineraaleina ovat yleensä sarvivälke ja plagioklaasi ($An_{30–40}$). Näiden lisäksi niissä on biotiittia ja kvartsia. Sarvivälke on muuttunut osittain biotiitiksi ja kloriitiksi. Plagioklaasirakeissa on saussuriittiutumista. Tonaliittis-kvartsidioriittiset, paikoin granodioriittiset gneissit, joita trondjemiittiset ja osin graniittiset suonet migmatisoivat sekä arteriittisesti että veniittisesti, koostuvat pääasiassa plagioklaasista (keskim. An_{24}), kvartsista, biotiitista ja sarvivälkkeestä. Samanlainen mineraalikoostumus on myös tasalaatuisimmissa, syväkivimäisissä tonaliittis-kvartsidioriittisissa ja granodioriittisissa ortogneisseissä. Niiden perusteella arkeeisen kallioperän nykyinen metamorfoosiaste vastaa alemman tai keskiasteen amfiboliittifasieksen olosuhteita. Kivien migmatiittinen asu vaihtelee stromaattisesta ja schlieren-rakenteesta nebuliittiseen, ja paikoin tavataan myös silmägneissirakennetta. Se osoittaa kivissä tapahtuneen anateksiksen, mikä viittaa huomattavasti korkeampaan metamorfoosiasteeseen kuin mitä nykyinen mineralogninen koostumus edustaa. Winklerin (1976) mukaan anateksis ja migmatoituminen edellyttävät sellaista metamorfoosiastetta, jolloin lämpötila on ainakin 650°–720°C ja paine 2–4 kb eli olosuhteet vastaavat ylempää amfiboliittifasiesta. Onkin mahdollista, että arkeeinen kallioperä on aikanaan metamorfoitunut nykyistä huomattavasti korkeammissa paine- ja lämpötilaolosuhteissa, mutta on tasapainottunut nykyisiin metamorfoosiin olosuhteisiin proterotsooisena aikana noin 1 870 miljoonaa vuotta sitten perustuen Kivimäen (3331 03D) arkeeisen gneissin ja Maaningan Honkamäen graniitin (3331 06D) titaniitin Pb/Pb-iänmääritykseen.

Paleoproterotsooisen kallioperän kivissä metamorfisten indeksimineraalien valikoima on runsaampi kuin arkeeisissa kivissä ja siten antaa enemmän viitteitä paleoproterotsooisen metamorfoosin kehittymisestä. Metamorfoosia on selvitetty opinnäytetöissä, joita on tehty kuvaan 70 merkityillä tutkimusalueilla.

Siilinjärven karttalehdellä Talluskylän alueella, noin 35 km Siilinjärveltä länteen (3331 02A, B) kallioperä koostuu Mäkitien (1984, s. 7) mukaan monivaiheisen deformaation ja metamorfoosin kokeneista kivilajeista. Alueella on vähemmän metamorfoituneiden kiillegneissien joukossa kapeita, noin 325°:een suuntaisia vyöhykkeitä, joissa on karkeita granaatti-kordieriitti-sillimaniittikiillegneissejä ja ortopyrokseenipitoisia granitoideja. Metamorfiset mineraaliseurueet, 1) granaatti-kordieriitti-sillimaniitti, 2) hypersteeni-kalimaasälpä-plagioklaasi-kvartsi ja 3) hypersteeni-plagioklaasi-kvartsi, indikoivat korkeaa metamorfoosiastetta. Kordieriitti-granaatti- ja biotiitti-granaattimineraaliparien Mg-Fe-pitoisuuden perusteella lämpötilaksi on määritetty noin 600°–650°C. Kordieriitin koostumus osoittaa paineen olleen 3,5–4 kb. Mäkitien (1984, s. 38) mukaan tämä ylemmän amfiboliitti-granuliittifasieksen metamorfoosi edustaa alueen tektonis-metamorfisen kehityksen myöhäiskinemaattista vaihetta eli metamorfoosi liittyy alueen deformaatioliikuntojen myöhäiseen vaiheeseen.

Siilinjärven Koivusaaren muodostuman (3331 08B, D ja 11B, C) mafiset metavulkaniitit koostuvat pääasiassa sarvivälkkeestä ja plagioklaasista (oligoklaasi/andesiini-



Kuva 70. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden metamorfoositutkimusalueet. Pohjakartta © Maanmittauslaitos, lupa nro 13/MML/08.
Fig. 70. Metamorphic studies on the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas. Basemap © National Land Survey of Finland, permit No. 13/MML/08.

labradoriitti). Muina metamorfoosia indikoivina mineraaleina on paikoin tavattu granaatti ja tyynyjen välitilassa satunnaisesti esiintyvä andalusiitti. Felsisten metavulkaniittien tyypilliset mineraalit ovat kvartsi, plagioklaasi ja/tai kalimaasälpä, biotiitti,

muskoviitti ja paikoin andalusiitti. Metamorfoosi lienee tapahtunut andalusiitin pysyvyysalueella amfiboliittifasieksen olosuhteissa noin 600°C:n lämpötilassa ja 2–3 kb:n paineessa (Kousa 1986, s. 105).

Siilinjärven Kehvon alueen (3331 08C, 11B) kvartsiitit ovat ortokvartsiitteja ja serisiittikvartsiitteja, joissa kvartsin lisäksi on serisiittiä/muskoviittia, plagioklaasia ja kalimaasälpää (Åker 1985, s. 11). Niiden lisäksi on kvartsiitteja, joissa on kvartsin lisäksi sillimaniittia, kyaniittia yhdessä pyrofylliitin kanssa ja granaattia. Myös kapeita magnetiittipitoisia kvartsiittiraitoja on tavattu. Karbonaattikivissä on diopsidipitoisia kalkkisilikaattikiviä. Ympäristön kiillegneissit ovat muuttuneet monin paikoin nebuliittisiksi migmatiiteiksi, ja muistuttavat enemmänkin syväkiveä kuin metasedimenttiä. Sillimaniitin ja kyaniitin esiintyminen viittaa metamorfoosiin amfiboliittifasieksen olosuhteissa yli 600°C:n lämpötilassa ja n. 4 kb:n paineessa. Myös kiillegneissien migmatoituminen ja anateksis edellyttävät amfiboliittifasieksen olosuhteita.

Kuopion (3242 12A, B, 11B) kvartsiiteissa on kvartsin ohella muskoviittia ja sillimaniittia. Metapeliittisten kiillegneissien tyypilliset metamorfiset indeksimineraalit ovat kordieriitti, sillimaniitti, stauroliitti ja andalusiitti, kun taas metapsammiittisissa osissa esiintyy granaattia. Muskoviitti- ja kalimaasälpäpitoiset kiillegneissit ovat vähemmistönä. Kvartsiittien sillimaniitti-serisiitti-mineraaliparin ja kiillegneissien sillimaniitti-stauroliitti-mineraaliparin ja toisaalta stauroliitti-kordieriitti-mineraaliparin esiintymisen perusteella Aumo (1983a, s. 88) päätteli mainittujen kivien metamorfoituneen amfiboliittifasieksessa (Winklerin keskiasteen metamorfoosin yläosa) noin 620°–670°C:n lämpötilassa ja 3–4 kb:n paineessa. Andalusiitin esiintyminen viittaa myöhempään retrogradiseen metamorfoosiin.

Kuopiosta noin 20 km länteen Airakselan alueella (3242 05B, C) 2–3 km leveässä vyöhykkeessä migmatoituneiden kiillegneissien metamorfisina porfyroblasteina on 1) granaattia ja kordieriittia, 2) granaattia, kordieriittia ja sillimaniittia, 3) granaattia, muuttunutta kordieriittia, andalusiittia, paikoin stauroliittia ja harvemmin kyaniittia. Ortopyrokseenia on kvartsidioriittisessa intruusiossa. Granaatti-biotiitti- ja granaatti-plagioklaasi-mineraalipareista laskettujen paine- ja lämpötila-arvojen perusteella alueen kivet ovat metamorfoituneet noin 5–6 kb:n paineessa ja 530°–660ºC lämpötilassa eli ylemmässä amfiboliittifasieksessa (Fagerström 1990, s. 71). Paineen säilymistä jäähtymisen alkamisen jälkeenkin osoittaa kiillegneisseissä satunnaisemmin esiintyvä kyaniitti.

9.2. Rakenne

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kallioperä sijoittuu maankuoren tektoniseen heikkousvyöhykkeeseen, jota kutsutaan Raahe–Laatokka-vyöhykkeeksi (esim. Korsman & Lestinen 2002). Vyöhykkeen koillis-/itäreunassa olevaa Suvasveden siirrosta ja sen paralleeleja voidaan seurata Kuopiosta Suvasveden ja Kermajärven kautta kaakkoon Puruvedelle asti. Kuopion pohjoispuolella siirroksen paralleeleja sijoittuu mm. Maaninkajärveen ja sen jatkeelle Tuovilanlahteen. Lounais-/eteläreunaan sijoittuu Iisveden siirros myloniitteineen. Näiden kahden siirroksen välinen alue (Kuopion hierto- ja siirrosvyöhyke) on leveydeltään noin 50 km. Sen puolivälissä sijaitsevaa Airakselan hiertovyöhykettä voidaan seurata etelään päin Varkauden kautta Haukivedelle. Pohjoiseen mentäessä vyöhyke yhtyy arkeeisen gneissikompleksin ja proterotsooisen litologian väliseen rajaan Siilinjärven kartta-alueen länsireunassa ja lopulta liittyy Tuovilanlahden kautta kulkevaan Suvasveden siirroksen jatkeeseen. Siilinjärven ja Kuopion kartta-

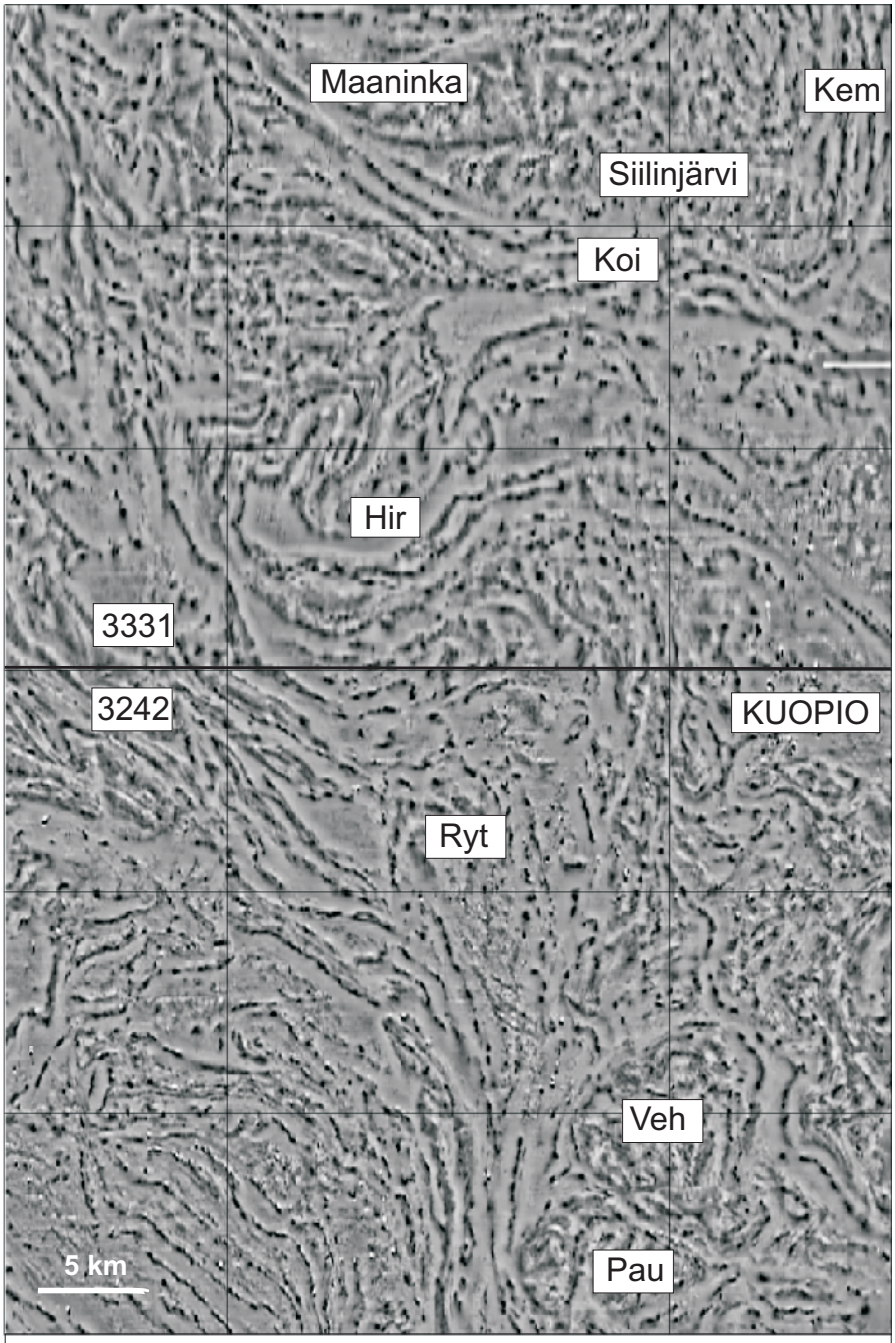
alueella vyöhykkeelle ovat ominaisia myloniittiset hiertosaumat, vertikaalisiirrokset ja ylityöntösiirrokset, jotka deformoivat niin arkeeisia kuin paleoproterotsooisia tektonisia rakenteita.

Molemmilta kartta-alueilta on runsaasti tektonisia kerros-, liuskeisuus-, viivaus- ja poimuakselimittauksia (Siilinjärvi 5 734 kpl, Kuopio 6 403 kpl). Esitysteknisestä syystä kallioperäkartoissa niistä on voitu esittää vain osa (Siilinjärvi 2 868 kpl, Kuopio 2 516 kpl). Näiden mittausten lisäksi on myös runsaasti rakosuuntamittauksia, mutta tilan puutteen niitä ei esitetä kartoissa. Useiden kartoittajien eri aikoina ja eri tarkoituksiin tekemä mittausaineisto on tasoltaan vaihtelevaa: suurimmasta osasta mittauksista on pelkkä mittaustulos, esim. liuskeisuuden suunta ja kaade, ja harvoista on edellisten suureiden lisäksi määritetty myös rakenteen suhteellinen ikä, esim. liuskeisuus L_2. Tästä syystä karttoihin merkittyjen tektonisten suureiden suhteellista ikää ei ole otettu huomioon, mutta useimmissa tapauksissa esim. karttojen liuskeisuus-merkki on yhdistelmä L_1–L_2-liuskeisuuksista. Kuopion kartta-alueen länsipuolen kallioperän rakennegeologisia kehitysvaiheita ovat kuvanneet Parkkinen (1980, s. 30), Fagerström (1990, s. 73) ja Luukas Ni-hankkeen raportissa (Forss et al. 1999, s. 22). Kuopion kaupunkialueelta on Huomon (1978, s. 33), Bowesin (1980) ja Aumon (1983 a, s. 89) selvitykset. Siilinjärven kartta-alueelta rakennegeologiaa ovat kuvanneet Mäkitie (1984, s. 24) ja Åker (1985, s. 58). Tästä syystä yksityiskohtaista rakennegeologista analyysia ei tehdä tässä selityksessä, vaan käsitellään kartoissa ja geofysikaalisessa aineistossa nähtäviä alueellisia suurrakenteita.

Kartta-alueiden kivilajialueiden rajaamiseen on käytetty aeromagneettista matalalentoaineistoa ja alueellista (4 pistettä/km^2) painovoima- eli gravimetrista mittausaineistoa. Alueen aeromagneettisesta matalalentoaineistosta muokattu standardipoikkeamakartta (J. Lerssi/Kuopio), ns. matokartta, esittää maankuoren pintaosan magneettisia poikkeamia (anomalioita) painovoimamittausten Bouguer-anomalia-aineistosta johdetun vertikaaliderivaattakartan tavoin (kuva 74). Menetelmässä aeromagneettisen matalalentoaineiston voimakkaita anomalioita on tasoitettu, mutta samalla heikkoja anomalioita on vahvistettu. Magneettisesti ympäristöään voimakkaamman kivilajin aiheuttaman anomalian maksimikohta erottuu harmaasävykuvassa tummana ”matona”. Minimikohta näkyy sen molemmin puolin sävyltään vaaleana. Käytettävissä on ollut myös sellaisia karttoja, joihin on yhdistetty gravimetrinen aineisto ja magneettinen standardipoikkeama-aineisto.

Standardipoikkeamakartan (kuva 71) rengasmaisiin anomalioihin paikantuvat mm. Vehmasmäen (Veh) ja Paukarlahden (Pau) pohjagneissidoomit ja häiriöttömille alueille sijoittuu yleensä syväkiviä. Liuskejaksot, esim. Hirvilahti (Hir) ja muut pitkänomaiset kivilajiyksiköt, kuten Koivusaaren vulkaniittimuodostuma (Koi) ja Siilinjärven alkalikivikompleksi (Kem), näkyvät vaihtelevan pituisina ja levyisinä nauhamaisina anomalioina. Koska kartoitusalueilla on erittäin runsaasti maastohavaintoja, on eri kivilajiyksiköt voitu rajata varsin hyvin jo maastohavaintojen perusteella ja siten on vältytty kehäpäätelmiltä eli kivilajikarttaa ei ole piirretty muutaman havainnon perusteella geofysikaalista tietoa käyttäen. Geofysikaaliseen aineistoon on turvauduttu niissä kohdissa, joissa maastohavaintoja ei ole ollut riittävästi esim. kivilajiyksiköiden kontaktin paikantamiseen.

Magneettisen matalalentoaineiston perusteella Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kallioperä voidaan jakaa kolmeen toisistaan eroavaan pääalueeseen (Korhonen 1990). Kartta-alueiden läntisen osa-alueen ja keskiosan välisenä rajana on Airakselan siirrosvyöhyke. Läntinen alue erottuu pohjoisluode-eteläkaakkosuuntaisina anomalianauhoina.



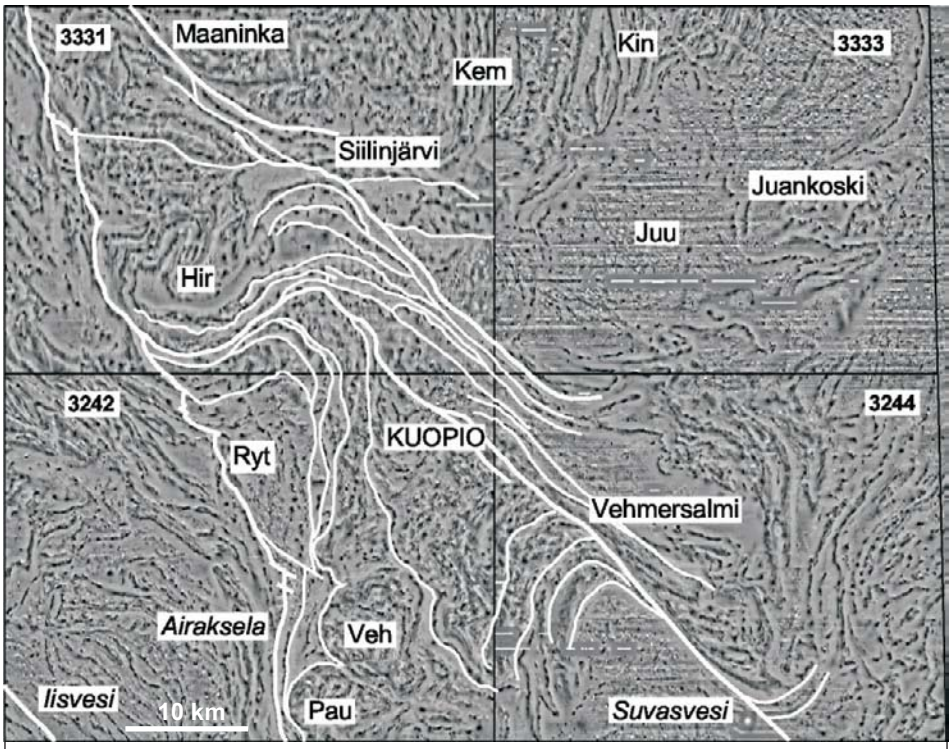
Pau = Paukarlahti, Veh = Vehmasmäki, Ryt = Rytky, Hir = Hirvimäki, Koi = Koivusaari, Kem = Siilinjärven alkalikivikompleksi

Kuva 71. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden aeromagneettisesta matalalentoaineistosta muokattu standardipoikkeamakartta.
Fig. 71. Standard deviation map derived from the low-altitude aeromagnetic material of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.

Kivilajikartassa suuntaus on havaittavissa mm. mainitun suuntaisina liuskeisuuden kulkusuuntina. Keskiosan ja itäisen osa-alueen välinen raja sijoittuu Siilinlahteen (3331 11) ja kiertää sieltä Kevätön-järven ja Pöljänjärven välistä (3331 11B, 12A) Kuivasteenmäen pohjoispuolitse (3331 09A, B) Maaninkajärveen (3331 06), jossa se yhtyy Suvasveden siirroksen jatkeeseen. Siilinjärven kartta-alueella itäisessä osa-alueessa erottuu selkeästi pohjois-eteläsuuntainen karbonatiitti-glimmeriitti-syeniittikompleksi ja sen kääntyminen eteläpäässään luode-kaakkosuuntaiseksi. Sen länsipuolella on pohjagneississä lounais-koillissuuntaisia magneettisia anomalioita, joiden suuntaisesti on myös kivilajiyksiköitä ja myös kivien liuskesuuntaus. Itäisessä osassa on myös runsaasti luode-kaakkosuuntaisia metadiabaasijuonia. Keskimmäisessä osa-alueessa erottuu mm. Koivusaaren vulkaniittimuodostuma (3331 08B, D, 11), Hirvilahden liuskevyöhyke (3331 04) ja paleoproterotsooisten liuskeiden ympäröimät Kuopion alueen pohjagneissidoomit (3242 12, 09, 11, 10, 07). Hirvilahden pohjoispuolella pohjagneississä on lähes itä-länsisuuntaisia anomalioita, jotka 'törmäävät' Airakselan siirrokseen, mutta myös anomalioita, jotka noudattavat proterotsooisten muodostumien rakenteita esim. Hirvilahden alueella Kuopiosta luoteeseen (3331 04).

Gravimetrisen Bouguer-anomalia-aineiston perusteella myös voidaan rajata kolme erilaista aluetta, joiden rajat noudattavat edellä esitettyjen magneettisten osa-alueiden rajoja (Elo 1990).

Kuvan 72 yleistetyssä siirroskartassa erottuu arkeeinen pohjagneissikiila paleoproterotsooisine kivineen Tuovilanlahden (kl 3332 01) pohjoispuolelta Vehmersalmelle asti varsin selvänä oikeakätisesti siirrostuneena megakappaleena. Kaakkoispään siirtymäksi suhteessa itäpuolen pohjakompleksiin voidaan nykyisessä eroosiotasossa mitata noin 15 km, mutta sen sijaan luoteispäässä siirtymää ei näyttäisi juurikaan olevan. Siirroskartasta nähdään myös, miten Suvasveden siirrosvyöhyke ei ole yksi suoraviivainen siirros, vaan se sisältää useita rinnakkaisia anomaliaminimejä ja -maksimeja, joita voidaan seurata kaakosta Kuopioon saakka, jossa ne taipuvat länteenpäin Pohjois-Kallavedelle ja osa edelleen Hirvilahden alueelle. Siellä ne yhtyvät Airakselan siirrosvyöhykkeeseen. Osa niistä jatkaa Siilinjärven ohitse edelleen luoteeseen. Nämä piirteet ilmeisesti syntyivät, kun arkeeinen pohjagneissikompleksi ja sen päällä olleet proterotsooiset kivilajiyksiköt deformoituivat samanaikaisesti kratonin reunaa muokanneen deformaation D1-D2-D3-D4-vaiheiden aikana (Koistinen 2001, s. 9, Forss et al. 1999, s. 22). Mahdollisesti repeytyneen mannerreunan ympäristössä kehittynyt Siilinjärven ja Kuopion alueiden litologia rikkoutui yhdessä pohjagneissien kanssa D1-D2-vaiheiden aikana vaihtelevan kokoisiksi viipaleiksi, jotka työntyivät törmäyksen vastaanottaneesta aktiivireunasta etäämpänä (nykyilmansuunnassa itä-itäkoillinen) sijainneen kratonin päälle. D3-vaiheessa ylityöntyminen ei enää jatkunut kratonin päälle, mutta edelleen jatkunut puristus (työntö) aiheutti lopulta oikeakätisen siirrostuksen liu'uttaen kappaleita nykyisessä ilmansuunnassa luoteeseen. Tässä vaiheessa tapahtui viipaleiden pystyynkääntymistä, aikaisempien symmetristen poimujen muokkaantumista, ylityöntymistä ja yhteenpakkaantumista, jolloin Kuopion ja Siilinjärven alueille kasaantui Iisalmen jäykkää pohjagneissikompleksia vasten keskenään vuorottelevia arkeeisten ja proterotsooisten kivilajien viipaleita. Samalla pohjagneissikiila lyheni ylityöntymisen seurauksena siinä määrin, että kaakkoispään edellä mainittu noin 15 km:n mittainen siirtymä hävisi luoteispäässä olemattomaksi. Siitä osoituksena on mm. Siilinjärven länsipuolella (3331 08A, C) nähtävissä etelälounaaseen viettäviä (vergenssi pohjoiskoilliseen) ylityöntöpintoja, joita pitkin esim. pohjagneissikompleksin kiveä työntyi kvartsiitin päälle.



Pau = Paukarlahti, Veh = Vehmasmäki, Ryt = Rytky, Hir = Hirvimäki, Kem = Siilinjärven alkalikivikompleksi, Kin = Kinahmin kvartsiittivyöhyke, Juu = Juuruksen tonaliitti

Kuva 72. Siilinjärven (3331), Kuopion (3242), Vehmersalmen (3244) ja Juankosken (3333) kartta-alueiden yleistetty siirroskartta.
Fig. 72. Generalized fault map from the Siilinjärvi (3331), Kuopio (3242), Vehmersalmi (3244) and Juankoski (3333) map-sheet areas.

Suvasveden siirrosvyöhykkeen anomaliaminimit edustanevat D1-D2-vaiheen tektonisten kappaleiden – viipaleiden – välisiä rajapintoja. Viipaleet deformoituivat paikoin plastisesti vielä D3-vaiheen aikana ja niiden rajapinnoissa on nähtävissä pystyakselista laahuspienoispoimutusta ja myloniittisaumoja, jotka sijaitsevat nykyisissä pitkissä ja kapeissa järvialtaissa. Niiden rantakallioissa (mm. Räimänlahti 3331 11A) tavataan paikoin vaihettumissarja protomyloniitista ultramyloniittiin. D3-vaiheessa intrudoitui vielä syväkiviä, joista osoituksena ovat mm. Maaningan Honkamäen ja Kuopion Puijon 1 870 Ma:n ikäiset suunnittuneet granitoidit. Toisaalta aikaisemmat intruusiot kivimassojen puristuksessa työntyivät tektonisesti suprakrustisten kivilajien joukkoon. Siitä on esimerkkinä Siilinjärven kartta-alueella Koivusaaren metavulkaniittimuodostuman eteläreunassa (3331 11B, 08D) oleva porfyyrisen granitoidin itä-länsisuuntainen kontakti, joka katkaisee terävästi muodostuman laavavirtoja. D3-rakenteita deformoivat vielä D4-vaiheen hiertosaumat.

Kuopion seudun pohjagneissidoomien (Kuopio, Vehmasmäki, Paukarlahti ja Rytky) on esitetty olevan joko paleoproterotsooisessa deformaatiossa diapiirisen kohoamisen seurauksena syntyneitä doomeja (Eskola 1949, Brun 1980) tai poimuinterferenssiraken-

teita (Bowes 1980). On myös esitetty, etteivät arkeeiset pohjagneissit osallistuneet paleoproterotsooiseen deformaatioon (Bowes 1980). Tällaiset käsitykset ovat mahdollisia sen mukaan, missä paikassa (avainpaljastuma) isoa rakennetta havaintoja tehdään. Kartta-alueen nykyisten maastohavaintojen perusteella on syntynyt käsitys varsin kompleksisesta paleoproterotsooisesta tapahtumasta, johon arkeeinen pohjagneissikompleksi joutui osallistumaan enemmän tai vähemmän aktiivisesti. 'Primaaria' arkeeista rakennetta on mahdollista nähdä ison viipaleen sisäosassa, jonne paleoproterotsooinen deformaatio ei ole vaikuttanut yhtä tehokkaasti kuin reunaosiin. Pohjagneissien ja paleoproterotsooisten metasedimenttien väliset kontaktit mm. Kuopion Lippumäessä ja Rasinmäessä ja pohjagneissejä leikkaavien metadiabaasijuonien deformaatio eivät tue doomien syntyä pelkästään plastisena poimuinterferenssirakenteena, vaan osa karttakuvassa nähtävistä doomien poimumaisista kuvioista on kombinaatio poimutuksesta, ylityöntymisestä ja siirrostumisesta, joihin pohjagneissi osallistui paikoin jäykkänä ylöskohonneena ja ylityöntyneenä laattana. Edellä mainitun Hirvilahden alueen laaja synformirakenne on osoitus arkeeisen pohjan ja sen päällä olevien paleoproterotsooisten kivilajiyksiköiden yhteispoimutuksesta ja -deformaatiosta D1-D2-D3-vaiheissa.

10. STRATIGRAFIA

Stratigrafia, täsmennettynä litostratigrafia, tarkoittaa pintasyntyisten kivilajien – sedimenttikivien ja vulkaanisten kivien – kerrostumisjärjestyksen selvittämistä. Työhön käytetään kivien primaarisia rakenteita, kuten kiilleliuskeissa ja -gneisseissä nähtävää kerrallista rakennetta ja tyynylaavojen tyynyjen yläosaa osoittavia piirteitä. Sedimenttikivien kerrallisesta rakenteesta – raekoko pienenee kerroksen yläosaan mentäessä – voidaan päätellä kerrosten nuorentumissuunta. Kerrosjärjestys ilmaisee pintasyntyisten kivien suhteellisen iän, eli kerrossarjassa ylempänä olevat ovat alempia kerroksia nuorempia. Pintasyntyisiin kiviin tunkeutuneet syväkivet ja juonet eivät kuulu varsinaiseen stratigrafiseen tutkimukseen, mutta ne auttavat rajaamaan kerrostumisen ajankohtaa: sedimentaatio on vanhempaa kuin niihin tunkeutuneet magmakivet. Kivien absoluuttinen ikä saadaan selville radiometrisillä iänmääritysmenetelmillä. Yleisimmin määritys tehdään kivien zirkoni-nimisestä mineraalista U-Pb-menetelmällä. Kivien ikään perustuvaa stratigrafiaa sanotaan kronostratigrafiaksi. Suomessa yleisesti käytettyjä stratigrafisten yksiköiden nimiä, esim. Sariola, Jatuli ja Kaleva (Simonen 1980, s. 7) voidaan pitää lähinnä krono- eli aikastratigrafisten yksiköiden niminä.

Litostratigrafiassa perusyksikkönä on muodostuma (engl. formation). Muodostumia voidaan yhdistää ryhmäksi (engl. group) ja ne tarvittaessa suuremmaksi superryhmäksi (engl. supergroup). Ryhmä voidaan jakaa tarvittaessa myös alaryhmäksi (engl. subgroup). Muodostuma voi koostua jäsenistä (engl. member). Kerros (engl. bed) on pienin stratigrafinen yksikkö. Kuopion kartta-alueella on nimettyjä muodostumia esitetty ainoastaan Kuopion kaupunkialueelta (Aumo 1983a, b). Siilinjärven kartta-alueella on erikseen nimetty Koivusaaren vulkaniittimuodostuma (Kousa 1986). Ne kivilajiyksiköt, jotka koostuvat metamorfoituneista pintasyntyisistä kivilajeista ja niihin tunkeutuneista syväkivistä, nimetään kompleksiksi (engl. complex). Toisaalta ne kivet, jotka ovat metamorfoituneet tai migmatoituneet niin voimakkaasti, ettei niiden alkuperää voida enää varmuudella tunnistaa, luokitellaan litodeemisen stratigrafialuokituksen mukaisesti. Siinä litostratigrafista muodostumaa vastaava yksikkö on litodeemi (engl. lithodeme). Ne

voidaan yhdistää sviitiksi (engl. suite) ja edelleen supersviitiksi (engl. supersuite). Litodeemista luokitusta ei ole käytetty karttalehtien alueella, koska kivilajien alkuperä on yleensä voitu tunnistaa.

10.1. Arkeeinen kallioperä

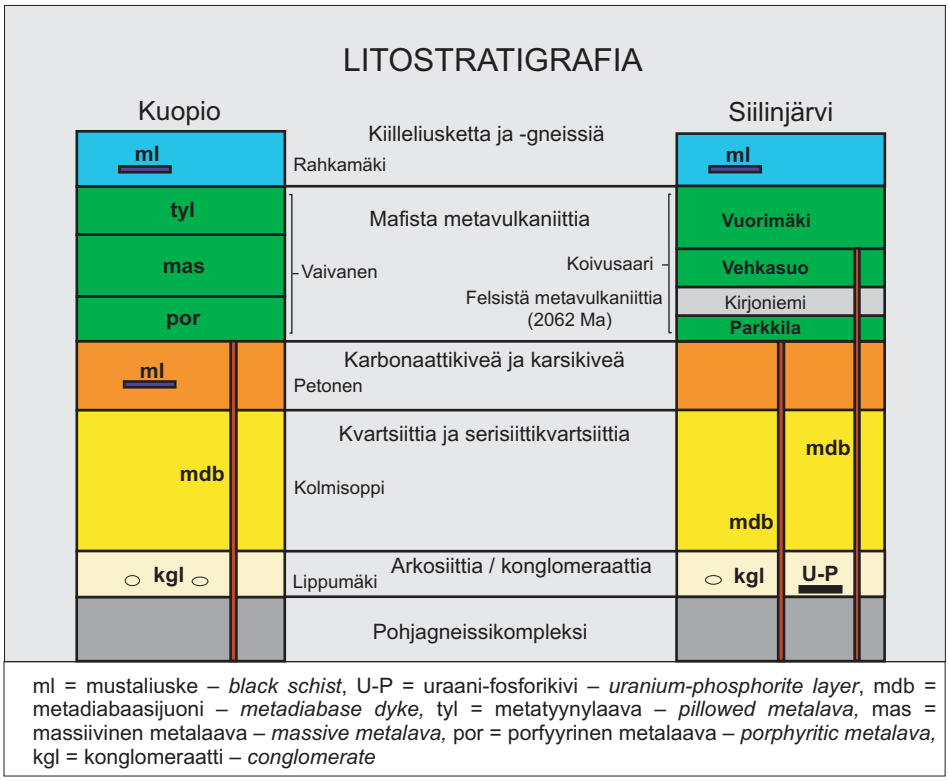
Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueen arkeeinen kallioperä koostuu niin magmakivistä kuin sedimenttisyntyisistä ja vulkaanisperäisistä kivilajeista. Kartta-alueiden arkeeisten kivien stratigrafiasta ei voida esittää muita varmoja käsityksiä kuin se, että Siilinjärven alkalikivikompleksin kivien magma purkautui 150–200 km:n syvyydeltä maankuoresta arkeeisen kallioperän rakoihin noin 2 610 miljoonaa vuotta sitten. Siilinjärven kartta-alueella muutamat graniitit ovat ajallisesti nuorempia kuin ne migmatiittiset gneissit, joihin ne ovat tunkeutuneet. Graniiteista ei ole iänmäärityksiä, mutta niihin tunkeutuneiden metadiabaasijuonien perusteella ne ovat todennäköisesti iältään arkeeisia.

10.2. Paleoproterotsooinen kallioperä

Arkeeisen pohjagneissikompleksin vuoristot rapautuivat ja tasoittuivat aikojen kuluessa tasangoksi eli peneplaaniksi, jolle vuoristojen rapautumisaines kerrostui. Molemmille alueille on ominaista joko arkoosisten kivien tai kvartsiittien sijoittuminen kontaktiin arkeeisten gneissien kanssa; tämän jo Wilkman (1923, s. 5, 14) havaitsi tehdessään kartoitustöitä kesinä 1919–1921 Siilinjärven ja Kuopion alueilla. Kartta-alueiden litostratigrafia esitetään yleistettynä kuvassa 73.

Kuopion kartta-alueella stratigrafisesti alimpana muodostumana on epäjatkuva Lippumäen muodostuma (Aumo 1983a, s. 19), joka koostuu arkosiitista sekä maasälvän ja kvartsin lisäksi biotiittia sisältävästä hienorakeisesta sedimenttikivestä. Aumo (op. cit.) pitää muodostuman vallitsevana kivilajina konglomeraattia, ja arkosiitti on siinä välikerroksina. Preston (1978, s. 36) nimitti konglomeraattia pohjakonglomeraatiksi (engl. basal conglomerate). Tämän kirjoittajan selvityksen mukaan konglomeraatti on 2–20 metrin vahvuisina välikerroksina arkosiitissa. Ohuet kalkkisilikaattiset välikerrokset ja osueet ovat muodostumassa myös varsin yleisiä. Muodostuman kiviä löytyy Lehtoniemen ja Kärängän väliseltä kannakselta (3242 12C), Lippumäestä ja Rasinmäestä (3242 12A) ja Vanuvuoren pohjoispuolelta Koiraveden etelärannalta (3242 11B). Lippumäen muodostuman ja pohjagneissin välisen kontaktin selvittämistä vaikeuttavat kontaktiin tunkeutuneet graniittijuonet, joten kontaktin todellista luonnetta ei voida aina varmuudella sanoa. Tyyppialueellaan Lippumäessä, jossa muodostuma on paksuimmillaan noin 100 m, kontakti on tektoninen, mutta Rasinmäen moottoritieleikkauksessa (3242 12A) 20 m:n vahvuisessa muodostumasta erottuu vajaan 3 metrin levyinen arkeeisen pohjagneissin karsipitoinen vyöhyke – mahdollisesti satroliittinen rapautumiskuori. Arkoosinen aines näyttää kerrostuneen sen päälle konformisti; tosin kontakti on kylläkin myöhemmissä liikunnoissa deformoitunut. Pienen Neulamäen rautatietunnelista Huomo (1978, s. 11, 28) kuvaa kaksi metriä paksun satroliitiksi nimittämänsä vyöhykkeen pohjagneississä ennen kvarsiittimuodostumaa. Satroliittista kiveä on todennäköisesti myös Koiraveden etelärannan Koiranotsan niemellä (3242 11B) arkosiitin ja arkeeisen pohjagneissin välissä.

Siilinjärven kartta-alueella Kasurilanmäen länsirinteen (3331 11A) arkosiittinen kivi konglomeraattikerroksineen on rinnastettavissa Lippumäen muodostumaan. Sen ja ar-



Kuva 73. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden litostratigrafia.
Fig. 73. Lithostratigraphy of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.

keeisen pohjagneissin välissä on parissa paljastumassa karsipitoista kiveä, joka voisi vastata satroliittista rapautumaa. Wilkman (1923, 1938) ei kuvannut Kuopion kaupungin alueelta konglomeraattia, mutta sen sijaan hän (Wilkman 1923, s. 63) rinnastaa Leppävirran Konnuslahden muuttuneen konglomeraatin Kuopion seudun kvartsiitteihin. Kasurilanmäen kvartsiitin ja pohjagneissin väliin Wilkmanin (1923, s. 27, kuva 8) tulkitsema 6–8 m leveä serisiittirikas ”pohjaliuske”-vyöhyke on eriasteisesti tektonisoitunutta arkeeista tonaliittista pohjagneissiä, ja se on parhaiten näkyvissä Kasurilanmäen luoteisosan eli Piikallion kaakkoisreunassa.

Kuopion kartta-alueella Lippumäen muodostumaa peittävät konformisti Kolmisopen muodostuman (alkujaan Vuorimäen muodostuma, Aumo 1983a, s. 25) kvartsiitit, jotka ovat paikoin myös suoraan kontaktissa pohjagneissien kanssa, kuten Huomo (1978, s. 12) on kuvannut Pienen Neulamäen rautatietunnelista. Muodostuman paksuus vaihtelee 0–200 metriin. Rautatietunnelissa, jossa kvartsiitti on nimetty kvartsiittimuodostumaksi, sen paksuus on 103 m (Huomo op. cit.). Metamorfisen uudelleen kiteytymisen vuoksi klastista rakennetta tai muita primaarisia sedimenttirakenteita on yleensä harvoin nähtävissä. Lippumäen muodostuman ja Kolmisopen muodostuman kontaktissa ei ole selvärajaista eroosiopintaa, vaan arkosiittisen kiven kvartsin määrä lisääntyy noin puolen metrin matkalla ja kivi muuttuu kvartsiitiksi. Lippumäestä ja Rasinmäestä kvartsiit-

timuodostuman alaosasta on tavattu noin 0,5–1,5 m:n paksuinen kerros, jossa on pyöreitä kvartsirakeita (koko 2–8 mm) hienorakeisessa kvartsi-iskoksessa. Klastien raekoon perusteella sitä voidaan pitää konglomeraattisena kerroksena.

Siilinjärven kartta-alueella niin stratigrafisen asemansa kuin mineralogiansa puolesta Kuopion Kolmisopen kvartsiitteja vastaavat Kasurilanmäen (3331 11A, D), Räimän (3331 08C), Ranta-Toivalan ja Sorsasalon (3331 10C, A) sekä Lamperilan Piilumäen (3331 04C), Hirvilahden Hirvimäen ja Niemisjärven Kimarinmäen (3331 04B, 05A) kvartsiitit.

Kuopion Kolmisopen muodostuman kvartsiitin yläosissa on välikerroksina karbonaatti- ja kalkkisilikaattipitoisia kerroksia, joiden vahvuus vaihtelee alle 10 cm:stä vajaaseen metriin, ja karbonaatin määrän lisääntyessä kvartsiitti vaihettuu Petosen muodostuman dolomiittiseksi karbonaattikiveksi (Aumo 1983a, s. 32). Vastaavanlaisen muutoksen kuvaa myös Huomo (1978, s. 14, 15) rautatietunnelista. Heterogeeninen ja epäjatkuva Petosen muodostuma koostuu pääasiassa dolomiittisesta karbonaattikivestä sekä siinä välikerroksina olevista diopsidi- ja tremoliittipitoisista karsikerroksista ja -osueista (Wilkman 1923, s. 33, Aumo 1983a, s. 36). Muodostumaan kuuluu myös Huomon (1978, s. 15, 18) Pienen Neulamäen rautatietunnelista tutkiman kalkkikivi-amfiboliittiryhmän kalkkikivikarsimuodostuma. Petosen muodostuman paksuus vaihtelee 0 metristä 200 metriin, ja rautatietunnelissa sen paksuus on 60 metriä. Muodostuma sijoittuu pääsääntöisesti Kolmisopen muodostuman kvartsiittien päälle, mutta Väärälahden esiintymän (3242 09C) karbonaattikivet sijaitsevat emäksisen vulkaniitin ja kiillegneissin välissä, eli sen perusteella ne olisivat stratigrafisesti vulkaniittien päällä. Muodostuman puuttuminen monesta paikasta voi johtua siitä, että pehmeänä kivilajina karbonaattikivi rapautuu helposti ja on siksi irtomaakerrostumien peitossa, mutta toisaalta Väärälahden (3242 09C) syväkairaus (Aumo 1980) osoittaa sen paikoittain puuttuvan kokonaan.

Petosen muodostuman karbonaattikivien ja kalkkisilikaattikivien joukossa on vaihtelevan vahvuisina välikerroksina kiilleliusketta, amfiboliliusketta, grafiittiliusketta, silikaattifasieksen rautamuodostuman kiveä sekä karsipitoista serttiä. Niiden stratigrafinen asema muodostuman sisällä vaihtelee. Pienen Neulamäen rautatietunnelissa (Huomo 1978, s. 16) on kalkkikivikarsimuodostuman päällä 38 metriä paksu kiilleliuskemuodostuma, joka alkaa siten, että alla olevan muodostuman yläosan ohuiden kiilleliuskekerrosten määrä lisääntyy. Muualla kiilleliuskeet sijoittuvat Aumon (1983a, s. 38) havaintojen mukaan muodostuman yläosaan. Amfiboliliuskeet, alkuperältään mahdollisesti emäksistä tuhkaa, sijoittuvat myös muodostuman yläosaan ja ennakoinevat vulkanismin alkamista (Aumo 1983a, s. 49). Grafiittiliuske (mustaliuske) esiintyy ohuina (< 2 m) välikerroksina Petosenlammen pohjoispuolella (3242 12A), Rasinmäen rinteellä rautatietunnelin eteläpuolella 3242 12A), Jynkänlahdella (3242 12A) ja Hiltulanlahden Hukanniemellä (3242 11B). Pienen Neulamäen rautatietunnelissa grafiittiliuske sijoittuu kiilleliuskemuodostumaan. Silikaattifasieksen rautamuodostumakiven stratigrafinen asema ei ole täysin varma. Aumo (1983a, s. 43) tulkitsee rautamuodostuman kuuluvan Petosen muodostumaan, vaikka varsinaisen rautamuodostuman yhteydessä Rauhalahdessa ei ole karbonaattikiviä, vaan esiintymän lähimmät sivukivet ovat arkeeista pohjagneissiä ja proterotsooista kiillegneissiä, ja yhden havainnon perusteella rautamuodostuman ja pohjagneissin välissä on ilmeisesti Vaivasen muodostumaan kuuluvaa amfiboliittista kiveä. Karbonaattikiven puuttuminen voi johtua siitä, että arkeeisten ja proterotsooisten kivilajien välinen kontakti on alueella tektoninen. Rautamuodostumakiven kuulumista Petosen muodostumaan tukee Pienen Neulamäen länsireunan rataleik-

kauksessa oleva rautamuodostuman kiveä muistuttava granaattirikas kiilleliuske, joka sijaitsee kvartsiitin ja emäksisen metavulkaniitin välissä.

Siilinjärven kartta-alueen Laivonsaaren (3331 07C), Laaninsaaren (3331 07A), Räimän (3331 08C) ja Ranta-Toivalan (3331 10C) karbonaattikivet vastannevat stratigrafisesti Petosen muodostuman kiviä. Laivonsaaren grafiittiliuske (mustaliuske) liittyy läheisesti paikan karbonaattikiviin, mutta sen todellinen stratigrafinen asema ei kuitenkaan ole täysin varma. Wilkmanin (1923, s. 30) kuvauksen perusteella grafiittiliuske esiintyy välikerroksena hienorakeisessa plagioklaasi- ja kvartsirikkaassa gneississä. Lähimmät paljastumat grafiittiliuskeen länsipuolella ovat emäksistä metalaavaa ja itäpuolella kvartsiittia. Grafiittiliuskeen ja kvartsiitin välissä on todennäköisesti karbonaattikiveä 200–500 m etelämpää tehtyjen paljastumahavaintojen perusteella, joten mustaliuske Laivonsaaressa sijoittuisi joko Petosen muodostuman yläosaan tai sen päälle. Siilinjärven Kuivasteenmäen (3331 08D), Toson ja Vironniemen (3331 09C) karbonaatti- ja karsikiviesiintymät uraani-fosforipitoisine välikerrosraitoineen edustanevat joko alempaa ja siten hieman vanhempaa stratigrafista tasoa Petosen muodostumaan verrattuna tai samanaikaista erityyppistä kerrostumisallasta. Kuivasteenmäessä grafiittiliuske (mustaliuske) sijoittuu syväkairaustiedon (SIJ-004) perusteella kalkkisilikaatti- ja karbonaattikivien päälle. Toson esiintymässä grafiittiliuske on välikerroksena karbonaatti- ja kalkkisilikaattikivissä. Siilinjärven Pulkonkosken ja Kolmikannan (3331 06A, 03C) karbonaattikivet sijoittuvat paleoproterotsooisten kiillegneissien ja arkeeisten pohjagneissien väliin, mutta niitä ei kuitenkaan voida varmuudella rinnastaa stratigrafisesti Petosen muodostumaan.

Kuopion kartta-alueella Petosen muodostumaa peittävät Vaivasen muodostuman mafiset metavulkaniitit (Aumo 1983a, s. 49), joihin myös Pienen Neulamäen rautatietunnelista Huomon (1978, s. 15) tutkiman kalkkikivi-amfiboliittiryhmän amfiboliitit ja diopsidiamfiboliitit kuulunevat. Petosen muodostuman karbonaattikivien yläosista tavatut amfiboliittiset välikerrokset osoittavat vulkanismin olleen osittain samanaikaista karbonaattiaineksen sedimentaation kanssa. Vaivasen muodostuman paksuus on 0–600 metriä. Rautatietunnelissa amfiboliittia ja diopsidiamfiboliittia on 185 metriä leveässä vyöhykkeessä (Huomo 1978, s. 15). Varmoja pyroklastisia kiviä, kuten metatuhkaa, meta-agglomeraattia jne., Vaivasen muodostumasta ei ole tavattu, vaan kivet ovat joko tyynyrakenteisia, massiivisia tai porfyriittisia metalaavoja. Niistä stratigrafisesti ylimpänä ovat metatyynylaavat, keskellä massiiviset metalaavat ja alimpana porfyriittiset metalaavat. Rautatietunnelin diopsidiamfiboliitit vastannevat Huomon (op. cit.) kuvauksen perusteella Aumon (op. cit.) tutkimia metatyynylaavoja. Massiivisissa metalaavoissa on paikoin epäjatkuvia serttivälikerroksia, joiden paksuus vaihtelee 20 cm:stä 10 m:iin. Vaivasen muodostuman metavulkaniitteihin niin kemiallisen koostumuksen kuin stratigrafisen asemankin perusteella rinnastettavia metavulkaniittimuodostumia on Kuopion länsipuolella Hirvimäessä (3331 04B, 05A) ja pohjoispuolella Sorsasalossa (3331 10A), Laivonsaaressa (3331 07C), Laaninsaaressa (3331 07A) ja Räimänkoskella (3331 08C).

Siilinjärven kartta-alueella Koivusaaren muodostuman metavulkaniitit sijoittuvat 24 km pitkään ja 4 km leveään lähes itä-länsisuuntaiseen vyöhykkeeseen. Kerroskaateiden ja hyvin säilyneistä tyynyrakenteista määritettyjen kerrosten nuorentumissuuntien perusteella muodostuma on kääntynyt pystyasentoon. Muodostuman rajaamiseen on käytetty magneettisten ja gravimetristen mittausten antamaa tietoa, koska paksujen kvartäärikerrostumien vuoksi vulkaanisten kivien kontaktit ympäröiviin arkeeisiin ja paleoproterotsooisiin sivukiviin eivät ole paljastuneina. Kvartäärikerrostumien vuoksi myös

muodostuman tarkka paksuus on vaikea määrittää, mutta maastohavaintojen ja geofysikaalisen aineiston perusteella se on voinut olla yli 3 km. Samoin kvartäärikerrostumien takia muodostuman todellinen stratigrafinen asema alueen muihin paleoproterotsooisiin kivilajeihin nähden ei ole täysin varma, mutta todennäköisesti se sijoittuu kvartsiittien ja kiillegneissien väliin. Muodostuman sisäinen litostratigrafia metalaavatyynyjen nuorentumissuunnan ja laavavirtojen leikkaussuhteiden perusteella on varsin luotettava. Stratigrafisesti alimpana ovat Parkkilan jäsenen (kuvaus sivulla 62) metalaavat. Leikkaussuhteen perusteella niitä nuorempia ovat Kirjoniemen jäsenen happamat metavulkaniitit, ja niitä nuorempia puolestaan ovat Vehkasuon jäsenen emäksiset metalaavat, koska sen meta-agglomeraattikerroksessa on heitteleinä happamia metavulkaniittikappaleita. Vuorimäen jäsenen metalaavat ovat purkautuneet edellisten päälle. Sitä tukee se, että koostumukseltaan Vuorimäen jäsenen metalaavojen kanssa samanlaiset metadiabaasijuonet leikkaavat aikaisemmin mainittuja metavulkaniitteja.

Molempien kartta-alueiden amfiboliittien ja sarvivälkegneissien stratigrafinen asema on epävarma, mutta muutamalla paljastumalla on nähtävissä, että sarvivälkegneissit sijoittunevat stratigrafisesti kiillegneissien alapuolelle.

Kuopion alueella stratigrafisesti ylimpänä kivilajina ovat Rahkamäen muodostuman kiillegneissit ja -liuskeet. Prestonin (1954, s. 52, 55), joka nimitti muodostumaan kuuluvia kivilajeja peliittisiksi liuskeiksi, arvion perusteella muodostuman paksuus saattaisi olla 1 000–1 500 metriä. Ohuina (1–50 cm) välikerroksina kiillegneisseissä on paikoin amfibolipitoisia liuskeita, ja etenkin muodostuman alaosissa on grafiitti- ja kiisupitoisia liuskeita. Kiillegneissien ja stratigrafisesti niiden alla olevien vulkaniittien välinen kontakti on näkyvissä vain muutamassa paikassa, eikä niissä ole löydetty merkkejä diskordanssista tai konglomeraattikerroksia (Huomo 1978, Aumo 1983a). Pienen Neulamäen rautatietunnelin itäisen suuaukon (3242 12A) kohdalla kiilleliuske iskostaa metalaavakappaleita ja Laivonsaaren Hepokalliossa (3331 07C) kontaktissa oleva kiilleliuske sisältää runsaasti almandiini-granaattia. Se muistuttaa ulkoasultaan Rauhalahden rautamuodostumaan kuuluvaa granaattikiillegneissiä. Näiden granaattikiillegneissien stratigrafiseen rinnastamiseen pitää suhtautua varauksella, sillä Rauhalahden silikaattifasieksen rautamuodostumakivi (3242 12A) sijaitsee tektonisesti arkeeisen pohjagneissin ja proterotsooisen kiillegneissin välissä, ja stratigrafisesti sen on katsottu kuuluvan Petosen muodostumaan.

Kuopiosta länteen Rahkamäen muodostuman kiillegneissejä tavataan vielä Matkusjärven itäpuolella moottoritien kallioleikkauksissa (3242 11B), jossa muodostuman kivet vaihtuvat melko terävän, pystyasentoisen kontaktin jälkeen länsipuolen eriasteisesti migmatoituneiksi psammiittisvaltaisiksi kiillegneisseiksi ja -liuskeiksi. Niiden stratigrafista suhdetta Rahkamäen muodostuman kiviin ei ole pystytty lähemmin selvittämään, sillä rakennegeologiset piirteet viittaavat länsipuolen kivien ylityöntyneen itäosan kivien päälle.

Siilinjärven kartta-alueen kiillegneissit ja -liuskeet vastannevat Kuopion Rahkamäen muodostuman gneissejä ja liuskeita. Tosin Siilinjärvellä ei ole samankaltaisia savivaltaisia liuskeita kuin Kuopiossa, vaan Siilinjärven gneissit ja liuskeet ovat hiekkavaltaisia eli metagrauvakkaa. Niissä on paikoin nähtävissä hyvin säilynyttä kerrallista rakennetta. Jälän kairareikälävistyksessä (SJ/JU-1/1988) metagrauvakka sijoittuu nuorentumissuunnan perusteella kairauksessa havaitun emäksisen metavulkaniitin päälle.

Kuopion ja Siilinjärven kartta-alueille tyypillinen stratigrafinen kivilajiseurue (arkosiitti/kvartsiitti-karbonaattikivi-metavulkaniitti) löytyy kuvattujen lisäksi myös pohjagneissidoomin ympäriltä Kotalahden alueella (3241 12A) (Gaál 1980, Niskanen 1980),

Laatokan pohjoisrannalta Pitkärannan (Eskola 1949, Karhu 1993, s. 29) sekä Sortavalan (Karhu 1993, s. 29) alueilta. Läntisin nykyisin tunnettu Kuopio-tyyppinen kivilajiseurue sijaitsee noin 30 km Kuopiosta luoteeseen Hirvilahdella; tosin sieltä ei ole löydetty Kuopion Petosen muodostuman tyyppisiä karbonaattikiviä vähäistä karsikiviesiintymää lukuun ottamatta. Kuopion eteläpuolella on kvartsiittia kapeissa pohjagneissisuikaleissa, joita on Paukarlahden ja Vehmasmäen pohjagneissiesiintymien länsipuolella. Airakselan alueen, Kuopiosta noin 20 km länteen, kalkkialkaliset vulkanogeeniset sarvivälkegneissit ja amfiboliitit kuulunevat Rautalammin–Pyhäsalmen saarikaari-tyyppisiin vulkaniitteihin. Mainitut kivet sijoittuvat aeromagneettiseen anomaliavyöhykkeeseen, jota voidaan seurata sekä etelään että pohjoiseen. Näin ollen Kuopion länsipuolella on raja (Airakselan siirros-/hiertovyöhyke), jonka itäpuolella on mantereisia metasedimenttejä ja tholeiittisia metavulkaniitteja ja länsipuolella saarikaarityyppisiä kalkkialkalisia metavulkaniitteja ja metagrauvakoita. Tämä tukisi mm. Väyrysen (1954, s. 172) aikoinaan esittämää ajatusta siitä, että Jatulimanner on lännessä ulottunut Kuopion seudulle saakka.

Pielaveden alueen stratigrafiavertailussaan Ekdahl (1993, s. 81–96) rinnastaa Kuopion seudun kivet Pielaveden alueen kiviin. Korrelointi ei kuitenkaan ole perusteltua, koska Pielaveden alueella ei ole Kuopion alueelle tyypillisiä kvartsiitteja ja Pielaveden alueen karbonaattikivien hiilen $\delta^{13}C$-arvo vastaa merellisten karbonaattien arvoa (Ekdahl 1993, s. 92). Kuopion alueen karbonaattikivistä ei ole tavattu U-P-pitoisia välikerroksia Ekdahlin (1993, s. 87) ilmoittamaa Rasinmäen tieleikkauksen kohdalla tien alle jäänyttä esiintymää lukuun ottamatta. U-P-kivien käyttäminen stratigrafisena johtohorisonttina ilman luotettavaa iänmääritystä ei ole perusteltua. Merkittävin korrelointia vastaan oleva seikka on se, että Pielaveden alueen metasedimenttien kerrostumisalustana pidetyt tonaliittiset gneissit ovat iältään noin 1 930–1 910 Ma (Ekdahl 1993, s. 76, Lahtinen 1994, s. 85) eikä niiden ole todettu olevan alkuperältään arkeeisia (Lahtinen & Huhma 1997, s. 20).

Siilinjärven ja Kuopion kvartsiittien, karbonaattikivien ja amfiboliittisten kivien rinnastaminen Nilsiän kartta-alueen (3334) Tahkon ja Juankosken kartta-alueen (3331) Kinahmin kvartsiittijaksoihin on mahdollista, koska ovat ne petrografisesti hyvin samanlaisia, mutta on muistettava, että ne voivat olla keskenään eri-ikäisiä. Siilinjärven Kasurilanmäen kvartsiitit ja pienialainen Jälän (3333 11C) kvartsiittiesiintymä näyttäisivät päättyvän niiden eteläpuolella olevaa laajaa graniittimassiiviin. Mainittujen itäpuolella kvartsiittia on lähimpänä Rahvon saaressa (3333 02A), jonka kivi edustaa Kinahmin kvartsiittiesiintymän lounaispäätä. Rahvon saaren ja Kasurilanmäen kvartsiittien välissä oleva kivilaji on arkeeista pohjagneissiä. Murtolahden Temossa (3333 02A) on karbonaattikiviä, joiden yhteydessä on U-P-pitoisia välikerroksia (Vaasjoki et al. 1980). Ne voivat edustaa samanlaista kerrostumisympäristöä kuin Siilinjärven kartta-alueen Kuivasteenmäen, Toson ja Vironniemen esiintymät (s. 57). Erona on kylläkin se, että Temon karbonaattikivet ovat kvartsiittien päällä, kun Kuivasteenmäestä, Tososta ja Vironniemestä kvartsiitit sen sijaan puuttuvat.

Kiihtelysvaaran–Värtsilän alueella on samantyyppisiä metasedimenttejä ja metavulkaniitteja kuin Siilinjärven ja Kuopion alueella (Pekkarinen 1979, Pekkarinen & Lukkarinen 1991). Siellä on metavulkaniitteja ainakin kahdessa eri stratigrafisessa asemassa, joista stratigrafisesti alemmat, 2 100–2 120 Ma:n ikäiset tholeiittiset metalaavat (Koljolan muodostuma, Pekkarinen & Lukkarinen 1991, s. 7–9), sijaitsevat kvarsiittimuodostumien välissä. Stratigrafisesti ylemmät metavulkaniitit (Ottolan muodostuma) ovat karbonaatti- ja hiililiuskekivien joukossa. Aumon (1983a, taulukko 15, sivu 98)

stratigrafisessa vertailussa Vaivasen muodostuman metavulkaniitit vastannevat Kiihtelysvaaran Ottolan muodostuman vulkaniitteja. Kummankaan muodostuman vulkaniittien ikä ei ole tiedossa, mutta Siilinjärven Koivusaaren muodostuman felsisen jäsenen zirkonin U-Pb-ikä on 2 062 ± 2 Ma ja samanlaisen kivilajiseurueen ja stratigrafisen aseman perusteella on mahdollista, että Vaivasen ja Koivusaaren muodostumien vulkanismi on ollut samanaikaista, eli huomattavasti nuorempaa kuin Kiihtelysvaaran vanhempi (noin 2 100 Ma) vulkanismi. Kuopion Vaivasen ja Kiihtelysvaaran Ottolan muodostuman metavulkaniittien rinnastamista tukee myös viimeksi mainitun muodostuman metavulkaniittien yhteydessä olevien karbonaattikivien (Petäikön muodostuma) ja Kuopion Petosen muodostuman karbonaattikivien hiilen samanlainen +4–+6 ‰ δ^{13}C-arvo (Karhu 1993, s. 22–32). Sen sijaan Kiihtelysvaaran Petäikön muodostuman alapuolella olevan Viistolan muodostuman karbonaattikivien vastaava arvo +10 ‰ (Karhu op. cit.) ei tue Kuopion ja Kiihtelysvaaran alempien (Viistolan muodostuman) karbonaattikivien suoraa rinnastamista. Tämän selityksen tekijälle onkin muodostunut käsitys, että Kuopion seudun arkosiitit ja kvartsiitit ovat syntyneet samantapaisessa rapautumisprosessissa kuin Kiihtelysvaaran, Kolin ja Kainuun vastaavat kivilajit mutta eri kerrostumisaltaassa. Rapautuneen aineksen määrä on ilmeisesti ollut vähäisempää, sillä esim. paksuudeltaan Kuopion seudun esiintymät ovat varsin mitättömiä verrattuna mainittujen alueiden esiintymiin. Allaskin voi olla nuorempi kuin Kiihtelysvaaran allas, sillä Kuopion seudulta puuttuvat Kiihtelysvaaran alueen 2 100 miljoonaa vuoden ikäiset metavulkaniitit.

11. GEOLOGINEN KEHITYS

Siilinjärven ja Kuopion kallioperän radiometrisellä iänmääritysmenetelmällä varmennetut vanhimmat kivet ovat iältään yli 2 690 miljoonaa vuotta, kun taas nuorimpiin kuuluvat ovat noin 1 870 miljoonaa vuotta vanhoja. Kartta-alueiden kallioperän arkeeisia kivilajeja vastaavia kiviä tavataan myös muualla Pohjois-Savossa, Pohjois-Karjalassa, Kainuussa, Pudasjärven alueella ja Lapissa. Arkeeiset kivilajit, ns. pohjagneissit, ovat pääasiassa migmatiitteja eli seoskiviä, joiden vaaleat, kvartsista ja maasälvästä koostuvat trondhjemiittis-granodioriittiset suonet migmatoivat tummaa tonaliittis-kvartsidioriittista kiviainesta joko suoraraitaisena stromaattisena tai juovaisena flebiittisschlierenrakenteena. Migmatiittien joukossa on myös tasalaatuisempia mutta selvästi suunnittuneita syväkivimäisiä gneissejä, joiden koostumus vaihtelee granodioriitista kvartsidioriittiin. Alkuperältään nämä arkeeiset gneissit ovat suurimmalta osaltaan syväkiviä, mutta paikoin niistä voi löytää myös jäänteitä vulkaanisista kivistä todisteena arkeeisesta tulivuoritoiminnasta. Tektonisten rakenteiden perusteella arkeeisen kallioperän kivet ovat kokeneet monivaiheisen tektonisen kehityshistorian arkeeisena aikana, mutta myös proterotsooisena aikana tapahtunut deformaatio on muokannut arkeeista kallioperää. Ilmeisesti arkeeisena aikana on ollut Alppien tapaisia korkeita vuoristoja.

Arkeeisen kallioperän rikkoutumista osoittaa Siilinjärven kartta-alueella sijaitseva alkalikiviesiintymä. Sen aines purkautui silloisen kallioperän syvälle ulottuvaan repeämään noin 2 610 miljoonaa vuotta sitten, ja sen myötä esiintymän apatiittipitoista karbonatiitti-glimmeriittikiveä louhitaan nykyisin fosforin raaka-aineeksi 3 km pitkässä ja noin 600 metriä leveässä avolouhoksessa.

Arkeeisen ajan vuoristot kuluivat ja tasoittuivat peneplaaniksi ennen proterotsooisen ajan alkua noin 2 500 miljoonaa vuotta sitten. Rapautumistuotteet kulkeutuivat silloisen

meren rantaan. Osin kuivalle maalle ja osin mannerta reunustavan shelf-vyöhykkeen matalaan rantaveteen kerrostui arkoosihiekkaa karkeine soravälikerroksineen ja pitkäaikaisen voimakkaan kemiallisen ja mekaanisen rapautumisen seurauksena lopulta lähes puhdasta kvartsihiekkaa. Kvartsihiekan sekaan kerrostui paikoin myös saviainesta. Hieman syvempään veteen syntyi savensekaisia karbonaattikerrostumia, kun meriveteen liuennut karbonaatti saostui ja kerrostui. Niiden yhteydessä paikoin tavattavat grafiittikerrostumat ovat alkuperältään mahdollisesti hiili- ja rikkipitoista liejua. Pelkistävissä olosuhteissa ja melko matalassa vedessä saostui myös rautarikkaita kerrostumia. Mahdollisen samanaikaisen vulkanismin seurauksena karbonaattiainekseen kehittyi tuffi- ja tuffiittikerroksia. Näiden epikontinentaalisten sedimenttien kerrostumisen aikana, 2 400–2 100 miljoonaa vuotta sitten, olosuhteet olivat varsin rauhalliset. Kvartsihiekan kerrostuminen sekä karbonaatin saostuminen edellyttävät nykyisen Saharan tyyppistä ilmanalaa. Paleomagneettisten mittausten perusteella Suomi sijaitsi silloin 2 000–3 000 km päiväntasaajan pohjoispuolella.

Maapallon mannerlaatat ovat olleet ja ovat edelleenkin hitaassa liikkeessä toistensa suhteen. Nykyiset liikunnot, esim. laattojen erkaneminen Atlantin keskiselänteellä, eivät muokkaa kallioperäämme suoranaisesti, mutta muinaisilla liikunnoilla on ollut suuri vaikutus. Liikuntojen seurauksena laattoihin syntyy repeämiä, jotka voivat laajentua valtameriksi. Siilinjärven ja Kuopion kallioperässä on merkkejä edellä kuvatun rauhallisen vaiheen järkkymisestä noin 2 060 miljoonaa vuotta sitten. Silloisen kuoren repeillessä maan uumenissa sijaitsevista magmasäiliöistä purkautui kvartsihiekkojen ja karbonaattikerrostumien päälle tulivuoren tuotteita – laavaa ja tuhkaa. Siilinjärven ja Kuopion metavulkaniitit ovat pääasiassa laavoja ja koostumukseltaan valtaosin emäksistä eli basalttia, jonka SiO_2-pitoisuus on vähemmän kuin 53 % magman kokonaiskoostumuksesta. Koostumukseltaan hapanta metavulkaniittia on Siilinjärvellä emäksisten metavulkaniittien joukossa. SiO_2-pitoisuuden (yli 65 %) perusteella ne vastaavat ryoliitteja ja ryodasiitteja. Tuhkakerrostumia on emäksisten metalaavojen välissä vain ohuina kerroksina, ja happamat metavulkaniitit ovat todennäköisesti virtaustuhkia (ash-flow), joita syntyy kuumissa kaasurikkaissa purkauksissa. Varsinaisia keila- eli kerrostulivuorien jäänteitä ei ole nähtävissä, vaan laavat purkautuivat vedenalaisina rakopurkauksina. Molempien kartta-alueiden metalaavoissa on usein nähtävissä säkkimäistä tyynyrakennetta. Sitä syntyy, kun tulivuoritoiminta tapahtuu veden alla, jolloin purkautuvan noin 800–1 100-asteisen laavavirran pinta jähmettyy nopeasti, mutta sula sisäosa jatkaa virtaamista ja rikkoo jähmettyneen kuoren. Halkeamista pursuaa silloin sulaa, joka kuitenkin jähmettyy nopeasti ja erkanee säkkimäisiksi palloiksi, joita sitten kasaantuu sopivaan kohtaan purkauspaikassa. Magman sisältämien kaasujen paineen ja ympärillä vallitsevan veden paineen mukaan tyynylaavaa kehittyy 200–500 metrin syvyydessä tai syvemmällä. Matalammassa syvyydessä laavan kaasujen paine on suurempi kuin veden paine, ja siitä seuraa, että syntyy joko onteloista laavaa tai laava räjähtää kappaleiksi. Osa emäksisestä magmasta tunkeutui maankuoren halkeamiin ja kiteytyi nykyisin nähtäviksi metadiabaasijuonikiviksi, joita esiintyy mm. arkeeisessa pohjagneississä.

Siilinjärven ja Kuopion metavulkaniittien yhteydessä olevat epikontinentaaliset sedimenttisyntyiset kivet – kvartsiitit ja karbonaattikivet – osoittavat magmojen purkautuneen mantereisessa ympäristössä. Kuopion seutu lieneekin osa laajasta repeämävyöhykkeestä, joka on ehkä kehittynyt asteittain mantereisesta repeämäaltaasta repeytyneen mannerreunan tyyppiseksi altaaksi. Repeämävyöhykkeen alkuperäinen laajuus samoin kuin siinä olevien vulkaniittien ja sedimenttien suhde Itä-Suomen Kiihtelysvaaran–Värtsilän, Kolin, Kainuun ja Kuusamon alueiden ns. jatulisiin muodostumiin on avoin

kysymys. Edellisessä kappaleessa esitetyn stratigrafisen vertailun perusteella ei voida varmuudella esittää, kuuluuko Siilinjärven–Kuopion alue esim. Kiihtelysvaaran–Värtsilän alueen kanssa samaan repeämävyöhykkeeseen vai onko pitkän ajanjakson aikana ollut toiminnassa useita erillisiä repeämäaltaita (rift-altaita), joissa sedimentaatio ja vulkanismi on ollut varsin samanlaista sekä samanaikaista. Kuopion ja Siilinjärven tyyppisen kivilajiseurueen esiintyminen Laatokan pohjoisrannalla Sortavalan–Pitkärannan alueella herättää ajatuksen mainitun alueen kuulumisesta aikoinaan samaan repeämävyöhykkeeseen.

Vulkaanisen toiminnan päätyttyä Siilinjärven ja Kuopion alueen kvartsihiekat, karbonaattikerrostumat ja vulkaniitit peittyivät saven sekaisten hiekkavyöryjen eli turbidiittikerrostumien alle. Kerrostumien paksuus oli todennäköisesti tuhansia metrejä. Nykyisessä ilmansuunnassa kartta-alueiden länsipuolella lainehti todennäköisesti silloin meriallas.

Orogenialiikunnoissa 1 910–1 850 miljoonaa vuotta sitten arkeeiseen mantereeseen ja sitä peittäneisiin edellä kuvattuihin kerrostumiin, joita nimitetään karjalaisiksi muodostumiksi, törmäsi svekofennialainen mannerlaatta, jonka sedimentti- vulkaniitti- ja syväkiviä nykyiset Länsi- ja Etelä-Suomen kivet edustavat. Noissa törmäysliikunnoissa arkeeisen aikajakson eli eonin kivet deformoituivat ja arkeeisen kratonin päälle kerrostuneet karjalaiset kerrostumat painuivat noin 15–25 km:n syvyyteen, jolloin ne korkeassa paineessa ja lämpötilassa metamorfoituivat ja deformoituivat – liuskettuivat, kun liikuntojen puristus asetti kivien mineraalit samansuuntaisiksi. Kvartsihiekkakivet metamorfoituivat nykyisiksi lasimaisiksi kvartsiiteiksi. Kvartsiiteissa oleva alumiinirikas sillimaniitti osoittaa hiekkojen alun perin sisältäneen saviainesta. Karbonaattikerrostumista tuli dolomiittis-kalsiittista karbonaattikiveä, ja hiilikerrostumat kiteytyivät grafiittiliuskeeksi. Kun karbonaattikerrostumiin joutui silikaattiainesta, syntyi niihin metamorfis-metasomaattisesti kalkkisilikaattikivikerroksia. Karbonaattiaineksen saviaineksesta metamorfoituivat välikerroksina tavattavat kiilleliuskeet ja tuhka-aineksesta amfiboliliuskeet. Laava- ja tuhkakerrostumista metamorfoitui vulkaniittikiviä – metalaavaa ja metatuhkaa. Rautasaostumista syntyi silikaattifasieksen rautamuodostumakiveä. Merenpohjan turbidiittikerrostumista kiteytyivät nykyiset kiilleliuskeet ja -gneissit. Niiden metamorfiset mineraalit – porfyroblastit – kuten sillimaniitti, kordieriitti, stauroliitti ja granaatti osoittavat alueen kivilajien metamorfoituneen 3–4 kb:n paineessa ja 600°–700°C:een lämpötilassa. Niissä olevat graniittis-trondhjemiittiset suonet kertovat metamorfoosin aikaisesta kiviaineksen osittaisesta sulamisesta, mutta paikoin lähes täydellisestä sulamisesta ovat todisteena esim. syväkivissä nähtävät alkuperäisen sedimenttiaineksen biotiittirikkaat liuskejäänteet. Sellaiset metamorfiset mineraalit, kuten andalusiitti ja epidootti, viittaavat kivien metamorfoituneen myöhemmin matalammassa paineessa ja lämpötilassa.

Geologisten liikuntojen aikana sedimenttikivien ja vulkaniittien ollessa syvällä maankuoressa purkautui niiden joukkoon kivisulaa, josta kiteytyi laaja-alaisempia syväkiviesiintymiä, kuten graniittia, granodioriittia, tonaliittia, kvartsidioriittia ja gabroa. Osa kivisulasta tunkeutui pintasyntyisiin kiviin ohuiksi felsisiksi ja mafisiksi juoniksi, ja osa kivisulasta kiteytyi juoniksi arkeeisen kallioperän rakoihin. Siilinjärven kartta-alueen lounaisnurkassa olevan (3331 01A) Luvelahden kvartsidioriittisen kiven zirkonin U-Pb-ikä on 1 897 ± 5 miljoonaa vuotta. Kartta-alueiden kivistä nuorimpia ovat Puijon tornin ympäristössä (3242 12B) sijaitseva granodioriitti, jonka iäksi on saatu 1 869 ± 5 miljoonaa vuotta ja virherajojen puitteissa samanikäinen (1 868 ± 5 Ma) Maaningan Honkamäen graniitti (3331 06B, D).

Liikuntojen jatkuessa kivimassat poimuttuivat – menivät rypyille samaan tapaan kuin lattialla oleva matto, kun sitä työnnetään kasaan. Silloin alun perin vaaka-asentoiset kerrostumat kääntyivät pystyasentoon ja ylityöntyivät osittain arkeeisen mantereen ja toistensakin päälle. Itä- ja Pohjois-Suomeen syntyi Karelidit-niminen poimuvuoristo, ja Länsi- ja Etelä-Suomeen kehittyi Svekofennidit-niminen vuoristo. Poimutuksen ja sitä seuranneen kulutuksen (eroosion) seurauksena Siilinjärven ja Kuopion alueella on nykyisessä kallioperän kulutustasossa nähtävissä samanaikaisesti alun perin maanpinnalla syntyneitä sedimenttikiviä ja esim. graniitteja, jotka kiteytyivät noin 20–15 km:n syvyydessä Maan uumenissa 1 870 miljoonaa vuotta sitten. Varsinaisia, esim. Alppien tapaisia korkeita vuoristoja sen sijaan ei enää ole, vaan silloiset vuoristot ovat tasoittuneet. Viimeisen jääkauden noin 10 000 vuotta sitten sulanut paksu mannerjää hioi etenemisvaiheessaan kallioita, koversi syvemmäksi kallioperän heikkousvyöhykkeitä ja loi siten pohjaa Siilinjärven ja Kuopion nykymaiseman topografisille muodoille.

12. TALOUDELLISET AIHEET

12.1. Malmiaiheet

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueilla ei ole tällä hetkellä, intensiivisestä etsinnästä huolimatta yhtään taloudellisesti hyödynnettävää metallisen malmin esiintymää. Kairauskohteet on esitetty Ni-hankkeen raportissa (Forss et al. 1999). Varsinaisia metallikaivoksia ei ole ollut aikaisemminkaan, mutta 1800-luvulla molemmilla alueilla nostettiin limoniittia (järvimalmia) raudan raaka-aineeksi yli 300 ottopaikasta. Tietoa kohteista saa GTK:sta ja Kansallisarkistosta.

12.2. Teollisuusmineraaliaiheita

Siilinjärven Kemiran kaivoksen avolouhos (3331 12C) on teollisuusmineraaliesiintymistä suurin koko maassa. Louhoksen pituus on 3,5 km ja leveys 600 m. Esiintymän karbonatiitti-glimmeriittikiven apatiittia rikastetaan fosforihapon ja fosforilannoitteen raaka-aineeksi. Tuotanto vuonna 2002 oli 800 000 tonnia. Apatiitin rikastamisen sivutuotteena saadaan kalsiittista karbonaattia maanparannukseen, flogopiittia kalilannoitteeksi ja kipsiä. Kipsiä on käytetty rakennuslevyihin. Louhinnan sivutuotteena saadaan myös murskeeksi sopivia tummia amfibolipitoisia kiviä, metadiabaasia ja mikrotonaliittia.

Viime vuosisadan alkupuolella ennen ensimmäistä maailmansotaa Laivonsaaressa (3331 07C) toimineen grafiittilouhoksen grafiitti ei täytä nykyajan laatuvaatimuksia suurehkon rikkimääränsä vuoksi. Molemmilla kartta-alueilla vielä 1 900-luvun alkuvuosikymmeninä louhitut karbonaattikiviesiintymät ovat kooltaan varsin pieniä, osittain asutuksen keskellä ja kivilajiltaan yleensä niin epäpuhtaita, ettei niitä voisi enää hyödyntää teolliseen käyttöön. Kiviharrastajat voivat saada maanomistajan luvalla niistä raaka-ainetta pienesineisiin.

12.3. Rakennuskiviaiheita

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueilla on lukuisia kooltaan vaihtelevia kivenottopaikkoja. Pienialaisten koko on vain muutama neliömetri, ja suurempien pinta-ala on useita kymmeniä neliömetrejä. Pienien louhosten korkeus tai syvyys on 1–2 m. Niistä kivi on irrotettu lyhyillä tulppakiiloilla (pituus noin 12 cm) ja kiveä on ilmeisimmin käytetty kotitarpeeseen louhoksen lähistöllä olevan rakennuksen kivijalkaan, kiviuuniin jne. Suuremmissa louhoksissa toiminta on ollut mittavampaa, ja kiveä on viety ottopaikkaansa kauemmaksi. Nämä viime vuosisadan puolella toimineet louhokset on mainittu karttaalueiden syväkiviä käsittelevässä tekstiosassa.

Siilinjärven Kuivasteenmäen pohjoisreunalla (3331 09C) olevasta kalliopaljastumasta on irrotettu keskirakeista ja varsin tasalaatuista punertavanharmaata graniittia rakennuskiveksi. Paikka on nykyisin GTK:n tutkima potentiaalinen rakennuskiviesiintymä.

Maaningan Käärmelahden Iso Honkamäessä (3331 08B) sijaitsevasta louhimosta on irrotettu rakennuskiveksi kalimaasälpähajarakeista granodioriittia, jonka kaupallinen nimi on ”Maaninka Pink”. Kivi on väriltään punertavanharmaata. Sen tummassa biotiitin, kvartsin ja maasälpien muodostamassa perusmassassa 1–5 cm:n kokoiset kalimaasälpärakeet erottuvat vaaleanpunertavina täplinä. Kivessä on selkeä jyrkkäasentoinen mineraalisuuntaus, jonka suuntaan myös hajarakeet ovat venyneet. Sahaussuunnan mukaan kivilaattojen kalimaasälpähajarakeet saadaan esille muodoltaan joko pitkulaisina tai pyöreähköinä.

Haminalahden ja Kaislastenlahden kylien rajalla, Kellarikallion pohjoisreunalla (3242 09) on maantien molemmin puolin kaksi pientä louhimoa, joista irrotetaan mustaa gabro-dioriittikoostumuksista syväkiveä rakennuskiveksi. Kivi on keskirakeista ja varsin tasalaatuista.

12.4. Kiviainesloukoksia

Molempien kartta-alueiden kallioista on louhittu kiveä kiviainekseksi, kuten louheeksi (kappaleiden koko 20 cm tai enemmän) ja murskeeksi korvaamaan glasiaalimuodostumien soraa ja hiekkaa. Näiden louhosten lisäksi maantie- ja rautatielinjauksia on ohjattu kallioalueiden läpi, jolloin leikkauksista louhittua kiveä on käytetty maantien tai radan rakentamiseen. Kallioperäkarttoihin on merkitty eräitä suurempia toimintansa lopettaneita louhoksia ja niitä on kuvattu syväkiviä käsittelevässä tekstiosassa. Tässä osassa kuvataan selityksen tekohetkellä käytössä olevia kohteita.

Siilinjärven kartta-alueella Vuorimäessä (3331 08D) louhitaan emäksistä vulkaniittia (amfiboliittia) mm. maantien asfalttipäällysteen murskeeksi kahdessa louhoksessa. Murskekiveä louhitaan myös Sorsasalossa (3331 10C). Kivi on plagioklaasihajarakeista tonaliittia, jossa on vaihtelevassa määrin myös kiilleliusketta sulkeumina.

Karttulan kunnan Riuttalan kylän Tuominotkon (3331 01D) pohjoispuolella on mäkialue, jonka kiveä murskataan tienparannusaineeksi. Kohteen kivilajina on tummanharmaata, keskirakeista suuntautunutta tonaliittia (gneissitonaliittia), jossa on jonkin verran graniittisia suonia sekä satunnaisesti kiillegneissimurskaleita.

Kuopion kartta-alueella Haminalahden eteläpuolella sijaitsevassa Hepomäessä (3242 08D) on laajahko mäkialue, jonka kivilaji on vaihtelevan levyisiä graniittijuonia sisältävää seoksista tonaliittigneissiä. Alueen kiveä on louhittu jo 1980-luvun alkupuolelta saakka.

Hepomäestä vajaa 15 km länteen, Pihkainmäen kylän eteläpuolella Hoikanmäen pohjoisreunalla (3242 05D) louhitaan pienirakeista sarvivälkegneissiä, jossa on keskirakeista kvartsidioriittia vaihtelevan levyisinä juonina. Louhoksen lähikallioissa on tavattu myös metadiabaasia/gabroa juonena.

12.5. Harrastustoiminta

Kivien ja mineraalien käytöllä korujen ja pienesineiden valmistukseen on pitkät perinteet. Kartta-alueiden kallioperästä löytyy paikoin koruiksi soveltuvia mineraaleja, kuten kordieriittia ja granaattia. Pieniä, väriltään sinisiä kordieriittikiteitä löytyy mm. Talluskylän Liesjärven itäpuolen kallioista (3331 02A, 6990,670/3504,470) ja Matkusjärven lähellä olevissa moottoritien (vt 5) kallioleikkauksista (3242 11B).

13. GEOLOGISIA RETKEILYKOHTEITA

Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueilla on runsaasti geologisesti mielenkiintoisia retkeilykohteita. Kaikki tähän valitut kohteet eivät ole parhaita mahdollisia, koska valintaperusteena on ollut myös suhteellisen helppo pääsy kohteelle. Useimmat kohteista ovat tieleikkauksia ja louhoksia. Osa kohteista on ajan myötä valitettavasti jo jäkälöitynyt, jolloin kallionpinnasta ei enää näe kiven rakenteita yhtä hyvin kuin kartoitushetkellä. Muutama kohde on tutkimuksen jälkeen peitetty turpeella jäkälöitymisen estämiseksi (mainittu erikseen). Siitä syystä toivotaan turpeen kääntämistä takaisin kohteesta poistuttaessa.

13.1. Kohteita Siilinjärven kartta-alueella

1. Siilinjärvi, Simonsalo (11B; x = 6997,700; y = 3534,690). ABC-huoltoaseman vieressä sijaitseva kevyenliikenteentieleikkaus. Arkeeisen pohjagneissikompleksin raitainen tonaliittis-trondhjemiittinen gneissi, jota proterotsooinen hienorakeinen metadiabaasijuoni leikkaa.
2. Siilinjärvi, Kemiran kaivos (12C; x = 7001,775; y = 3536,740). Siilinjärven karbonatiittikompleksin kivilajeja. Alueelle menoon tarvitaan lupa. Karbonatiittikompleksin kivipaaseja on koristeena Kuopion kaupungin satamassa ja Valkeisen lammen puistoissa.
3. Siilinjärvi, Oulunmäki, Kemiran tehtaat (12C; x = 7000,130; y = 3537,580). Syeniittiä tieleikkauksessa.
4. Kuopio, Lamperila, Täperänmäki (07A; x = 6983,805; y = 3520,565). Tieleikkaus, jossa on juovais-raitaista arkeeista pohjagneissiä ja sitä leikkaavia metadiabaasijuonia.
5. Siilinjärvi, Petäjämäki (12B; x = 7007,900; y = 3532,440). Metadiabaasijuoni.
6. Siilinjärvi, Kasurilanmäki, laskettelumäki (11D; x = 6993,290; y = 3536,225). Kvartsiittia.
7. Siilinjärvi, Räimänkoski, Kourulampi, (11A; x = 6990,540; y = 3530,035). Entinen karbonaattikivilouhos.

8. Maaninka, Kolmikanta (06B; x = 7001,810; y = 3511,155). Karbonaattikiveä koelouhoksessa.
9. Siilinjärvi, Vuorimäki (08D; x = 6995,900; y = 3529,070). Paikoin tyynyrakenteista basalttista metalaavaa. Kohde on toimiva murskekivilouhos, mikä on otettava huomioon sinne mentäessä. Tästä kohteesta noin 500 metriä länteenpäin on toinen toimiva louhos samanlaisessa kivilajissa (x = 6996,090; y = 3538,655).
10. Siilinjärvi, Lehdonkylä (11B; x = 6996,920; y = 3530,250). Basalttista metalaavaa, jossa on tyynyrakennetta. Peitetty.
11. Siilinjärvi, Koivusaari (08D; x = 6997,480; y = 3527,340). Kvartsihajarakeinen hapan, ryoliittinen metatuffi. Ikä 2 062 miljoonaa vuotta.
12. Kuopio, Laivonsaari (07C; x = 6980,690; y = 3529,675). Entinen grafiittilouhos, joka tunnettiin jo 1860-luvulla. Toiminimi Hackman & Co louhi kohteesta grafiittia ennen ensimmäistä maailmansotaa (ks. kuva 36). Louhoksen lähiympäristössä on nähtävissä pohjagneissiä, kvartsiittia, karbonaattikiveä, emäksistä metalaavaa ja granaattipitoista kiillegneissiä.
13. Maaninka, Honkamäki (06D; x = 7008,480; y = 3515,320). Graniittia. Entinen louhos, josta kiveä on louhittu murskeeksi ja louheeksi.
14. Maaninka, Käärmelahti, Iso Honkamäki (08B; x = 6996,670; y = 3521,215). Porfyyrista granodioriittia (ks. kuva 38). Kiveä on louhittu rakennuskiveksi.
15. Siilinjärvi, Toivala Ruskeamäki (10D; x = 6986,480; y = 3536,820). Porfyyrista granodioriittia. Entinen louhos, josta on irrotettu kiveä rakennuskiveksi.
16. Kuopio, Karhonsaari (10C; x = 6982,000; y = 3538,920). Tonaliittia, jossa on plagioklaasia ja sarvivälkettä 2–4 mm:n kokoisina hajarakeina.
17. Kuopio, Ukko-Kaaso (10C; x = 6980,670; y = 3537,587). Pienirakeista granodioriittia, paikoin tonaliittia.
18. Maaninka, Iso Kilpomäki (03B; x = 7007,400; y = 3500,040). Kvartsidioriittia.
19. Maaninka, Vetelänkorpi (03B; x = 7006,460; y = 3501,240). Juovaista tonaliittia (diateksiitti), jossa on sedimenttikivijäänteitä.
20. Kuopio, Niemisjärvi (04B; x = 6985,170; y = 3513,120). Poimuttunut, migmatiittinen kiillegneissi.
21. Kuopio, Tervakangas (04A; x = 6984,020; y = 3511,360). Tieleikkaus: juovais-raitaista tonaliittigneissiä. Kivi muistuttaa ulkoasultaan arkeeisia pohjagneissejä, mutta iänmäärityksen ja Sm/Nd-isotooppikoostumuksen mukaan kivi on proterotsooinen.
22. Karttula, Itä-Karttula, Mustalampi (04A; x = 6983,100; y = 3510, 030). Juovaista tonaliittia, jossa on kiillegneissijäänteitä (diateksiitti, ks. kuva 28).
23. Karttula, Itä-Karttula, Salminen (01C; x = 6982,588; y = 3508,810). Migmatiittinen kiillegneissi, jossa on kalkkisilikaattikonkreetioita.

13.2. Kohteita Kuopion kartta-alueella

1. Kuopio, Petosenmäki (12A; x = 6971,220; y = 3531,770). 600 metriä pitkä tieleikkaus, jossa on nähtävissä arkeeisen pohjagneissikompleksin juovais-raitaista gneissiä ja silmägneissiä sekä niitä leikkaavia, koostumukseltaan erilaisia proterotsooisia graniittisia juonia ja metadiabaasijuonia.
2. Kuopio, Väinölänniemi (12D; x = 6975,755; y = 3535,960). Juovais-raitaista arkeeista pohjagneissiä.

3. Kuopio, Rönö (12D; x = 6975,270; y = 3536,510). Juovais-raitaista arkeeista pohjagneissiä. Useimmat saaressa näkyvistä kalliopaljastumista tai -leikkauksista sisältävät kyseistä pohjagneissiä (ks. kuva 3).
4. Kuopio, Särkiniemi (12A; x = 6974,890; y = 3532,760). Tieleikkaus, juovais-raitaista pohjagneissiä. Mukana myös gneissiä leikkaava amfiboliittijuoni.
5. Kuopio, Puijonlaakso (12B; x = 6977,498; y = 3532,718). Tieleikkaus, juovais-raitaista pohjagneissiä (ks. kuva 2).
6. Kuopio, Puijo (12B; x = 6978,540; y = 3533,160). Kvartsiittia: lasimaista kiveä on nähtävissä K120-hyppyrimäen montun seinämässä ja laskettelurinteen yläosassa. Hyppyrimäen seinämässä erottuvat kvartsiitissa metasomaattiset, vaaleanpunertavat kalimaasälpärakeet (ks. kuva 11).
7. Kuopio, Puijonlaakso, Nesteen huoltamo (12B; x = 6977,460; y = 3533,450). Kvartsiittia huoltamorakennuksen takana sijaitsevassa seinämässä. Kivi on runsaan rakoilun vuoksi rikkonaista. Metasomaattisia kalimaasälpärakeita.
8. Kuopio, Savilahti, Harjula (12B; x = 6977,066; y = 3532,630). Kvartsiittia kevyenliikenteen tien reunassa olevassa pienessä paljastumassa.
9. Kuopio, Lippumäki (12A; x = 6971,150; y = 3533,300). Arkeeisen pohjagneissin ja paleoproterotsooisen arkosiitin välinen tektoninen kontakti. Arkosiitissa on konglomeraattia välikerroksina (ks. kuva 10). Peitetty.
10. Kuopio, Jynkänlahti (12A; x = 6971,910; y = 3533,420). Karbonaattikiveä, viime vuosisadan alkupuolella toimineen kalkkikivilouhoksen jäänne (ks. kuva 14).
11. Kuopio, Korsumäki (11B; x = 6966,840; 3530, 090). Karbonaattikiveä, entinen kalkkikivilouhos.
12. Kuopio, Petosenlampi (12A; x = 6971,760, y = 3532,120). Tieleikkaus, jonka pohjoispäässä on emäksistä vulkaniittia ja eteläosassa karrensekaista karbonaattikiveä. Karsikivessä on diopsidikiteitä.
13. Kuopio, Vaivanen (12A; x = 6972,470; y = 3534,380). Emäksistä metalaavaa, jossa on tyynyrakennetta (ks. kuva 26). Peitetty.
14. Kuopio, Jynkkä (12A; 6972,120; 3533,390). Tieleikkaus: kiilleliusketta/kiillegneissiä, jossa peliittisiä ja psammiittisia kerroksia. Peliittikerroksissa on kordieriittiporfyroblasteja.
15. Kuopio, Pitkälahti (11B; 6969,023; y = 3531,170). Kiillegneissiä, jossa on peliittisiä ja psammiittisia kerroksia. Peliittikerroksissa on kordieriitti- ja sillimaniittiporfyroblasteja.
16. Kuopio, Matkus (11B; x = 6968,520; y = 3531,440). Tieleikkaus: kiillegneissiä. Leikkauksen pohjoisosan kivessä on kordieriittia ja sillimaniittia porfyroblasteina. Eteläosan (kontakti leikkauksen puolivälissä) psammiittisessa kivessä on granaattiporfyroblasteja ja amfibolipitoisia välikerroksia.
17. Kuopio, Kivimäki (07B; x = 6957,500; y = 3525,720). Migmatoitumaton psammiittinen kiillegneissi (metagrauvakka), jossa on kalkkisilikaattisia konkreetioita (ks. kuva 34).
18. Kuopio, Airaksela (05C; x = 6962,200; y = 3519,020). Sarvivälkegneissiä, alkuperältään mahdollisesti tuffia.
19. Kuopio, Vehmasmäki (07D; x = 6958,187; y = 3528, 210). Graniittia, joka leikkaa arkeeista pohjagneissiä.
20. Suonenjoki, Mustavuori (01C; x = 6950,014; y = 3509,005). Rautatietunnelin suuaukko ja rataleikkaus. Tunnelinsuussa on kiillegneissiä ja porfyyrista graniittia. Niiden kontakti näkyy suuaukon pystyseinämässä. Rataleikkauksen kalliossa on

migmatoitunutta kiillegneissiä ja kapeita porfyyrigraniittijuonia. Huomioitava junaliikenne ja virtajohdot.

21. Leppävirta, Luusniemi, Revonlahti (10C; x = 6951,730; y = 3538,770). Metapyrokseniittia.

14. SUMMARY: PRE-QUATERNARY ROCKS OF THE SIILINJÄRVI AND KUOPIO MAP-SHEET AREAS

14.1. Introduction

The area covered by the Siilinjärvi and Kuopio Pre-Quaternary 1:100 000 map-sheets (Lukkarinen 2000, 2002) is located in northern Savo, approximately 350 kilometres north of Helsinki. In the General Geological Map of Finland (scale 1:400 000), these map-sheets are situated in Sheet C3 (Kuopio) compiled by Wilkman (1935, 1938). The bedrock of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas is part of a hybrid zone of late Archaean and Palaeoproterozoic rocks. More than one-third of the area consists of Late Archaean rocks, and more than half of these rocks are situated in the Siilinjärvi map-sheet area. The Kuopio map-sheet area largely consists of Palaeoproterozoic rocks situated mainly in the western and middle part of the map-sheet area.

14.2. Archaean lithology

The rocks of the Archaean basement gneiss complex are mainly heterogeneous migmatites, where the light coloured trondhjemitic to granodioritic veins can be seen as a straight-banded stromatic structure (Fig. 2) or as a banded phlebitic-schlieren structure (Fig. 3) in the dark- coloured tonalitic to quartz dioritic rock. Migmatites also include more homogeneous but clearly oriented gneisses resembling plutonic rocks, where the composition varies from granodiorite to quartz diorite. The map-sheet area of Siilinjärvi is also comprised of granitic intrusions. Originally, these Archaean gneisses were mainly plutonic rocks. However, remains of volcanic rocks such as amphibolite lenses can occasionally be found, indicating volcanic activity during the Archaean time.

The Siilinjärvi alkaline rock complex, in the northeast corner of the Siilinjärvi map-sheet (3331 11, 12), is a northwards-oriented, 16-km-long and 1.5-km-wide plate-like rock complex that indicates intense faulting of the Archaean bedrock (Puustinen 1971, Härmälä 1981, Puustinen & Kauppinen 1989). In the core of the complex there is a 500 to 600-m-wide carbonatite-glimmerite rock formation containing apatite (Fig. 5). This formation is enveloped by a syenitic to fenitic alkaline rock (Figs. 6 and 7). The material of the complex was intruded into a deep fault of the Archaean bedrock approximately 2 610 million years ago based on the U-Pb zircon data. Today, the apatite-rich carbonatite-glimmerite deposit is mined as a raw material for phosphate fertilizers. The open pit is 3 km long and about 600 m wide (Fig. 4).

In the Kuopio map-sheet area, some of the basement gneiss complex rocks form both dome-like (3242 10, 11, 12) and lens-like (3242 07, 08) bodies surrounded by Palaeoproterozoic rocks.

14.3. Palaeoproterozoic lithology

14.3.1. Supracrustal rocks

The Palaeoproterozoic supracrustal rocks of the present erosion level represent the metamorphic counterparts of epicontinental sediments: arkosites, quartzites, carbonate and calc-silicate rocks, black schists, and basaltic volcanic rocks of both oceanic and also within-plate affinity. The most extensive are mica schist and mica gneiss, representing the metamorphozed clayey sand deposited on the ocean floor.

In the Siilinjärvi map-sheet area the arkosites, originally quartz- and feldspar-rich sand, have been found, for example, in the western hillside of Kasurilanmäki (3331 11A). In the Kuopio map-sheet area, the corresponding deposits are located in the Lippumäki and Rasinmäki area (3242 12A). These formations also have conglomerate interbeds (Figs. 8 and 10). The largest arkosite deposit found in Kuopio is located in the Lippumäki area where the thickness of the formation is 100 m. This deposit also contains conglomerate interbeds from 0.5 to 20 m thick.

The pebbles of the conglomerate are mainly granitic in composition and the diameters of the biggest pebbles are almost 0.5 m. Some outcrops in the areas marked as quartzites in the bedrock maps also contain arkosite.

Quartzites, originally deposits of quartz sand, are quite marginal in the Siilinjärvi map-sheet area (Fig. 12). However, the Kolmisoppi formation in the eastern part of the Kuopio map-sheet contains quartzite as narrow (0–200 m) belts flanking the Archaean basement gneiss domes (Fig. 13). Small quartzite deposits have also been found in the basement gneiss lenses located on the western side of the Vehmasmäki and Paukarlahti basement gneiss domes (3242 07A). In Humalajoki, in the southern part of the Kuopio map-sheet area (3242 07C), diamond drilling revealed a previously unknown quartzite belt. Due to metamorphic recrystallization, the quartzites rarely show any primary structures. The sillimanite porphyroblasts found in places indicate that clay material was mixed into the quartz sand during deposition.

The carbonate rocks of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas are mainly dolomite rocks or calcite-bearing dolomite rocks whereas the calcitic carbonate rocks are in the minority. Calc-silicate rocks and chert occur as interbeds. In the carbonate rocks of the Siilinjärvi map-sheet area, thin phosphatic interbeds containing uranium have been found in the uranium showings of Kuivasteenmäki (3331 08D), Toso and Vironniemi (3331 09C). In the Kuopio map-sheet area, some carbonate rock deposits of the Jynkkä area have been exploited so efficiently at the turn of the 20th century that only the vegetation-covered walls remain to indicate the quarries (Fig. 14). Also, some of the deposits have been hidden under the settlements. In places, there are pyrite- and graphite-rich black schists within the carbonate rocks, and at the beginning of the 20th century there was a graphite quarry (Fig. 36) on the island of Laivonsaari (3331 07C).

Palaeoproterozoic metavolcanic rocks in the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas are known as the Koivusaari and Vaivanen formations, respectively. Located on map-sheets 3331 08 and 11, the Koivusaari formation is a 20-km-long and 3 to 4-km-wide fault-bounded block within the Archaean basement gneisses. The formation contains three mafic members (the Parkkila, Vehkasuo and Vuorimäki members) and one felsic member (the Kirjoniemi member). The mafic metavolcanics are mainly pillowed (Figs. 18 and 22) or massive metalavas containing hornblende and plagioclase (oligoclase to labradorite) as the principal minerals. Minor pyroclastic interbeds (agglomerates, lapil-

li tuffs and tuffs) occur sporadically between the metalava flows of the Parkkila and Vehkasuo members (Fig. 21). Varioles and albitic blastophenocrysts occur in pillowed metalavas of the Parkkila member, and relics after quench-structured ("swallow-tail") plagioclase crystals (Fig. 23) are common in the pillowed metalavas of the Vuorimäki member. The rocks of the Kirjoniemi member are pyroclastic ash-flow tuffs or even ignimbrites in origin containing quartz, oligoclase, sericite, K-feldspar and some biotite. Quartz and plagioclase occur as blastophenocrysts 1 to 4 mm in size (Fig. 24). The U-Pb zircon age for the felsic metavolcanic rock is 2 062 million years. Metadiabase dykes cut the rocks of the Koivusaari formation.

Metavolcanic rocks of the Vaivanen formation mantle with the Palaeoproterozoic metasedimentary rocks the Archaean basement domes in the northeastern corner of the Kuopio map-sheet area (3242 11, 12). The formation has a maximum thickness of about 600 m and consists of porphyritic, massive and pillowed basaltic metalavas containing hornblende and plagioclase (oligoclase to andesine) as the principal minerals. In the porphyritic metalavas, hornblende crystals or aggregates up to 4 mm in size occur as pseudomorphs after pyroxene. The interpillow spaces of the lavas are filled with diopside-bearing calc-silicate material (Fig. 26). Pyroclastic rocks are rare. In places there are metachert interbeds up to 10 m thick in the metalava flows.

The hornblende-gneisses and the amphibolites of the map-sheet areas are mainly located in the western part of the area. These rocks are usually banded in appearance with no signs of any primary volcanic structures. Some interbeds of mica schist or mica gneiss occur, and often they are migmatized by granitic or trondhjemitic veins. The origin of these rocks can be tuff or tuffite – a volcanic ash mixed with some epiclastic material like clay. The metavolcanic rocks in Talluskylä, Särkelänniemi (3331 02A) are characterized by a meta-agglomerate structure.

The mica schists and mica gneisses of the map-sheet areas, which were originally turbiditic pelites and clayey graywacke sands, are variably migmatitic with stromatic or phlebitic trondhjemite veins. In places, well-preserved primary sedimentary structures such as graded bedding and convolute bedding are displayed (Figs. 27 and 33). Small calc-silicate bodies resembling concretions are common in these rocks. In the southwestern part of the Siilinjärvi map-sheet (3331 02A, 01B) there are mica gneisses with sillimanite, cordierite and garnet as metamorphic index minerals. In the Kuopio map-sheet area, mica gneisses with sillimanite and cordierite porphyroblasts are located in an area between Kuttakylä (3242 03A) and Airaksela (3242 05C), in Laivonsaari and the islands north of Laivonsaari (3331 07C, D) and in the area between Kuopio City (3242 12A, B) and southern Lake Matkusjärvi (3242 11B). The mica gneisses of the last-mentioned area are known as the Rahkamäki Formation and are mainly pelitic in origin. Mica gneisses in the other parts of the map-sheet areas are mainly psammitic in origin, and they generally only have garnet as a metamorphic index mineral.

14.3.2. Infracrustal rocks

Most of the Palaeoproterozoic plutonic rocks are granitoids with phenocrysts of K-feldspar and plagioclase (Figs. 38 and 39). The composition of the K-feldspathic rocks varies from granite to granodiorite. The plagioclase-predominant rocks are tonalitic to quartz dioritic in composition. In many places, these porphyritic plutonic rocks have mica schist lenses and small roundish calc-silicate bodies as inclusions. Even-grained

granites and granodiorites occur only marginally. Based on the contact relations, the even-grained rocks are younger than the porphyritic varieties. Also, the even-grained mafic (gabbro and diorite) and intermediate (quartz diorite and tonalite) plutonic rock bodies are relatively small in size. The western part of the Siilinjärvi and the northwestern part of the Kuopio map-sheet areas have banded or gneissose tonalites and granodiorites with the remains of mica gneisses and metavolcanic rocks. These areas also contain zones of nebulitic (diatexite) gneisses looking like plutonic rocks (Fig. 28). The mica gneiss and metavolcanic rock remains indicate a sedimentary-volcanogenic origin for the nebulitic gneisses. In many places these rocks resemble the banded Archaean gneisses.

14.3.3. Dyke rocks

The basement gneisses of the map-sheet areas have abundant metadiabase dykes, which have often metamorphosed into amphibolites. The primary ophitic structure of these rocks is rarely visible and they have not been reported to cut the Palaeoproterozoic mica gneisses. In the western part of Kuopio map-sheet area there are some well-preserved ophitic metadiabase dykes cutting the mica gneisses. The age of these metadiabase dykes is younger than the metadiabase dykes cutting the Archaean basement gneisses. However, no exact radiometric datings are available. Also, a high number of intermediate microtonalite dykes (Figs. 43 and 44) have intruded both the Archaean basement gneisses and the Palaeoproterozoic rocks. There are also many granitic to granodioritic and trondhjemitic dykes. Most of the granitic dykes are pegmatitic in appearance and grain size. The width of these dyke rocks varies from a few centimetres to several metres. Due to the Quaternary cover, the exact length of the dykes is unknown. In the northeast corner of the Siilinjärvi map-sheet area, the metadiabase dykes have been traced for 200–500 m and in places, a swarm of 2–3 dykes has been observed in the same outcrop.

14.4. Metamorphic and tectonic features

The Archaean rocks have gone through multi-phased metamorphic and deformation processes under amphibolite/granulite-facies conditions during the Archaean. The bedrock maps show that the tectonic trend lines of the basement gneisses follow the trend lines of the Palaeoproterozoic schists, indicating common metamorphic and deformation processes of the Archaean and Palaeoproterozoic rocks during the Proterozoic as well.

The Palaeoproterozoic rocks have mainly metamorphosed during amphibolite-facies conditions. However, based on the Mg-Fe contents in the cordierite-garnet and biotite-garnet mineral pairs, there are zones (3331 02A, 3242 05, 3242 12) where the pressure and temperature of the metamorphism corresponds to the conditions of the higher amphibolite-facies, almost to the granulite-facies.

The zonal alternation of Archaean and Palaeoproterozoic rocks is a result of the polyphased deformation processes that occurred 1 910–1 850 million years ago as several events of folding, overthrusting and faulting followed each other. In the Palaeoproterozoic rocks of the map-sheet areas, at least four deformation phases can be recognized.

14.5. Geochemistry

The mineralogical composition of the Archaean gneisses and granitoids varies from granodiorite to quartz diorite, while rocks of granitic composition exist only marginally. The SiO_2 content of the Archaean gneisses and granitoids varies between 58 and 69 wt-%. Only the granitic gneisses have a SiO_2 content as high as 74 wt-% (Appendix 1, Table 1, No. 19). Excluding three samples, the K_2O content of the tonalitic-quartz dioritic gneisses is relatively low, under 2 wt-%, and these gneisses therefore clearly differ from the other rocks of the basement gneiss complex as seen in the Na_2O-K_2O-CaO diagram (Figure 45A). The K_2O content of the granodioritic gneisses and the augen gneisses varies from 3 to almost 5 wt-%. Based on the high K_2O content (> 10 wt-%), the syenite and fenite from the Kemira mine and the altered basement gneisses of the Lippumäki area situated in the contact zone of the Archaean and Palaeoproterozoic rocks (3241 12A), clearly differing from the other gneisses of the map-sheet areas. Generally, the REE patterns (Fig. 46) show that the basement gneisses have high LREE/HREE with La 400–600 x chondrites and Yb only 1–15 x chondrites. Most of the samples have significant negative Eu anomalies.

Chemical compositions of the metavolcanites and related rocks from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas are listed in Appendix 1, Tables 2–4. Based on the SiO_2 versus alkali diagram (Figs. 47A, 50A and 53A), the mafic metavolcanics of both map-sheet areas are sub-alkaline. The Koivusaari formation has the alkaline Vehkasuo member and in the Vuorimäki member, traces of alkaline lava flow can also be found. The AFM diagram (Figs. 47B, 50B and 53B) shows that the mafic metalavas are tholeiitic basalts in character. The SiO_2 content of the felsic metatuffs of the Kirjoniemi member corresponds to the composition of rhyolites and rhyodacites.

REE patterns of the mafic metavolcanic rocks show an enrichment of approximately 20–100 x chondrites (Figs. 48, 51 and 54). In the geotectonic discrimination diagrams (Figs. 49, 52 and 55), the samples of the mafic volcanic rocks are found in the fields of oceanic (MORB or OFB) and also within-plate basalts (WPB). Considering the close association with cratonic – epicratonic metasediments and the abundance of pillowed metalavas, it is likely that the metavolcanic rocks of the Siilinjärvi and Kuopio areas have erupted either at a subaqueous cratonic rift or in a rifted continental margin environment.

The metasediments of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas are mainly clastic weathering sediments in origin, but metasediments formed through chemical processes also exist. The arkosites, quartzites and mica schists of the map-sheet areas belong to the clastic metasediments. The strongly migmatized nebulitic migmatites (diatexites) in the western part of the map-sheets may also originally be clastic sediments. The cherts, iron formation rocks, carbonate rocks, calc-silicate rocks and graphite-sulphide schists represent the chemical metasediments of the map-sheet areas.

The SiO_2 content of the quartzites is over 95 wt-%, excluding the sillimanite-bearing quartzites, with 85 wt-% of SiO_2 and almost 10 wt-% of Al_2O_3 (Appendix 1, Table 5, see also Fig. 56). The origin of the mica schists and mica gneisses of the map-sheet areas can be determined as pelitic and psammitic based on their structures and mineralogical compositions. The Al_2O_3 content of the pelitic rocks is between 15 and 22 wt-% and the SiO_2 content varies from 47 to 66 wt-%. The corresponding Al_2O_3 and SiO_2 contents of the psammitic schists and gneisses are generally 10–18 and 57–72 wt-%, respectively (Fig. 56). The REE patterns of the mica schists, mica gneisses, the strongly migmatized

mica gneisses are presented in Figure 57. The results show that the LREE (La) has been enriched about 100–500 x chondrite and the HREE (Yb) approximately 10–20 x the chondritic content. The negative Eu anomaly is characteristic of the analysed samples.

The carbonate rocks of the map-sheet areas are mainly dolomitic in composition. The $Fe_2O_3^T$ content of the samples interpreted to belong to silicate facies iron formation rocks is over 20 wt-%. The Al_2O_3 and SiO_2 content of these rocks varies between 18–20 wt-% and 41–45 wt-%, respectively (Appendix 1, Table 5). The SiO_2 content of the chert is a little over 91 wt-%; however, the $F_2O_3^T$ content is approximately 7 wt-%. Therefore, it does not belong to the iron formation rocks in the Kuopio map-sheet area.

The mineralogical composition of the plutonic rocks in the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas varies from granite to peridotite. The chemical compositions (Appendix 1, Table 6) of the analysed samples (Figs. 58 and 59) were compared to the mean compositions of the plutonic rocks given by Le Maitre (1976). With a few exceptions, the Na_2O-K_2O-CaO diagram (Fig. 58A) shows that the samples classified as granites and granodiorites based on their mineralogy correspond to the mean composition of the granites and granodiorites. The porphyritic granodiorites with large K-feldspar phenocrysts are placed between the even- grained and porphyritic granites. The tonalites and quartz diorites of the map-sheet areas contain more Na_2O than the corresponding Le Maitre mean composition rocks. Therefore, the composition points of tonalites and quartz diorites are situated among granodiorites (Fig. 58C, D). In the western part of the map-sheet areas, the chemical composition of the nebulitic migmatites corresponds to the granodiorites and diorites (Fig. 61). The chondrite normalized REE patterns of the analysed plutonic rocks are illustrated in Figure 60. The characteristics of these rocks are that LREE is 100–500 and HREE 8–30 x chondrite, and some of analysed samples have significant negative Eu anomalies.

14.6. Isotopic studies

Four samples from the banded tonalitic to quartz dioritic gneisses of the western part of Siilinjärvi map-sheet area were taken for the U-Pb zircon and titanite age determination. The radiometric ages were also determined for the Honkamäki granite at Maaninka, granodiorite of Puijo and for the Archaean augen gneiss at Petosenmäki. In Siilinjärvi area, the radiometric U-Pb zircon ages are also available for the carbonatite-glimmerite rock from the Kemira open pit and for the felsic volcanic rocks of Koivusaari formation. The age results are presented in Table 1and in Figures 62–69. The locations of the samples are shown in Appendix Map 1.

Sm-Nd-isotope analyses were carried out for the Siilinjärvi map-sheet area rocks to determine the genesis of the rocks. Analyses were performed from one Archaean granitoid, from two Palaeoproterozoic granitoids and from two mica gneiss/amphibolite enclaves of a quartz dioritic granitoid. In Siilinjärvi area, analyses were also carried out for seven samples of Koivusaari metavolcanic rocks and for two samples of metadiabase dykes cutting the volcanic rocks and for the gabbro of Kuivasteenmäki. The results and Nd_c-values are presented in Tables 2 and 3. The locations of the samples are shown in Appendix Map 1.

The $\delta^{13}C$-isotope values of carbonate rock deposits occurring in the Kuopio and Siilinjärvi map-sheet areas were determined (Table 4). The results are included in the research reported by Karhu (1993), where the carbon isotope ratios of the Palaeopro-

terozoic sediments of the Fennoscandian shield are discussed in detail. The locations of the samples are shown in Appendix Map 1.

Rock samples of the Siilinjärvi map-sheet area were also included in the K-Ar age determination study, where the rejuvenation process of the hornblende and biotite of the Archaean bedrock of eastern Finland were studied. The results (Table 5) are published in the final report of the study (Kontinen et al. 1992). The locations of the samples are shown in Appendix Map 1.

14.7. Stratigraphy and geological evolution

Little information is available on the lithostratigraphy of the Archaean bedrock. Based on the contact relations and the U-Pb zircon age determinations, the Siilinjärvi alkaline rock complex (syenite-fenite and carbonatite-glimmerite) was intruded about 2 610 million years ago into the faults of the bedrock composed of tonalite-trondhjemite gneisses and granitoids. The Archaean bedrock formed a depositional basement for the Palaeoproterozoic supracrustal rocks, and part of the weathering products of the eroded mountains at that time formed the source material for the Palaeoproterozoic sediments.

In the stratigraphy of the Palaeoproterozoic rocks (see Fig. 73) the arkosites with conglomerate interbeds are located in the lowest stratigraphical level. These formations may represent ancient river deposits. The arkosite/basement gneiss contact representing the weathering crust of the Archaean basement is assumed to be located in Rasinmäki, Kuopio (3242 12A), and possibly in the western part of Kasurilanmäki, Siilinjärvi (3331 11A).

During the long-lasting strong chemical and mechanical weathering process, almost pure quartz sand was deposited in shallow water (shelf) upon the arkosite sand or directly onto the basement gneisses. The present day quartzites represent those ancient quartz sand deposits. In many places, granitic material intruded into the contact zone between the quartzites and Archaean gneisses.

The original material of the present day metamorphic carbonate rocks and calc-silicate rocks covered the quartz sands when the carbonate in the seawater precipitated. The origin of the graphite deposits found in places within these rocks may be a carbon- and sulphur-bearing mud deposited in restricted basins. Thin phosphatic interbeds with uranium have also been found in carbonate and calc-silicate rocks in Kuivasteenmäki (3331 08D), Toso (3331 09C) and Vironniemi (3331 09C).

After a period of stable sedimentation about 2060 million years ago, mafic lava flows erupted onto both the Siilinjärvi and Kuopio quartz sand and carbonate deposits. Those lavas represent the protolith of the present day metavolcanic rocks of the Koivusaari and Vaivanen formations. Based on the composition, the Koivusaari formation can be divided into three mafic members (Parkkila member, Vehkasuo member and Vuorimäki member) and one felsic member (Kirjoniemi member). The material of the felsic member erupted upon the Parkkila member. The basalts of the Vehkasuo member are alkaline in composition, and the ejected materials of the agglomerate beds in it are felsic. The metalavas of the Vuorimäki member are stratigraphically situated above the Vehkasuo member. The Vaivanen formation of Kuopio consists of porphyritic metalavas situated at the lowermost position in the stratigraphy and covered by massive metalavas. Stratigraphically, the pillowed metalavas are situated on top.

The pillowed metalavas of both areas indicate that the volcanic activity occurred at

least 200–500 m under the sea level. Based on the geotectonic discrimination diagrams, this volcanic activity happened within the plate, possibly near the rifted continental margin environment.

After the volcanic activity, the quartz sands carbonate deposits and volcanic beds were covered under mixed clayey and sandy deposits, like turbidite deposits. The thickness of these deposits was probably several thousands of metres. The mica gneiss area containing cordierite- and sillimanite-bearing pelitic gneisses, typical of the Kuopio City area, extends to the Matkusjärvi region south of Kuopio (3242 11B). A narrow zone of pelitic mica gneisses with porphyblasts of cordierite, sillimanite and garnet also occurs in the middle part of the Kuopio map-sheet area (3242 03A, 05B, C). Elsewhere, the mica gneisses are mainly psammitic in origin. The pelitic mica gneisses may represent the clays deposited in the continental margin environment (Karelian), whereas the psammitic mica gneisses developed in the ocean floor environment (Svecofennian?). The overthrusting and overlapping could explain the side-by-side occurrence of these deposits.

The plutonic rocks of the map-sheet areas intruded within the supracrustal deposits approximately 1 890–1 970 million years ago. Based on the U-Pb zircon age determinations, the youngest plutonic rocks of the map-sheet areas are the Puijo granodiorite (1 872 ± 5 Ma) in Kuopio (3242 12B) and the Honkamäki granite (1 868 ± 5 Ma) in Maaninka (3242 06D). They are clearly foliated, which indicates that these rocks were subject to deformation.

KIRJALLISUUSVIITTEET – REFERENCES

Aartovaara (Abrahamson), G. A. 1898. Matkakertomus, koskeva grafiitin ja osaksi keträ- eli vuolukiven löytöpaikkoja Savossa ja Karjalassa. Teollisuuslehti N:o 8, 87–90, N:o 9, 99–102, N:10, 112–115.

Alalammi, P. (toim.) 1992. Suomen Kartasto, Vihko 123–126, Geologia. Helsinki: Maanmittaushallitus ja Suomen Maantieteellinen Seura. 59 s.

Aumo, R. 1980. Selostus Kuopion Väärälahdessa joulukuussa 1979 suoritetusta kairauksesta. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti K/3242/-79/R-1. 4 s.

Aumo, R. 1983 a. Kuopion Pienen Neulamäen ympäristön kallioperä ja stratigrafia. Pro gradu -tutkielma, Turun yliopisto, Geologian ja maantieteen laitos. 113 s.

Aumo, R. 1983 b. The Proterozoic metasedimentary and metavolcanic mantle of the Kuopio domes. Julkaisussa: Laajoki, K. & Paakkola, J. (toim.) Exogenic processes and related metallogeny in the Svecokarelian geosynclinal complex. Guidebook of the field trip for the IGCP projects 91 and 160 to eastern, central and southern Finland, August 17–26, 1983. Geological Survey of Finland, Guide 11, 86–99.

Aurola, E. 1950. Jynkän kalkkikiviesiintymät. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M17/Kuo-50/2/84. 11 s.

Bouma, A. H. 1962. Sedimentology of some flysch deposits. A graphic approach to facies interpretation. Elsevier Publishing Company. 168 s.

Bowes, D. R. 1980. Structural sequence in the gneissose complex of eastern Finland as basis for correlation in the Presvecokarelides. Acta Geologica Polonica, 30 (1), 15–26.

Brun, J. P., Gapais, D. & le Theoff, B. 1981. The mantled gneiss domes of Kuopio (Finland): interferring diapirs. Tectonophysics 74, 283–304.

Ekdahl, E. 1976. Raportti Kuopion Rytkyssä 1973–1974 suoritetuista U-malmitutkimuksista. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M19/3242/76/1/10.

Ekdahl, E. 1993. Early Proterozoic Karelian and Svecofennian formations and Evolution of the Raahe-Ladoga Ore Zone on the Pielavesi area, central Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 373. 137 s.

Elo, S. 1990. Painovoimakartat ja kallioperän tiheysominaisuudet. Julkaisussa: Alalammi, P. (toim.) Suomen kartasto, Vihko 123–126, Geologia. Maanmittauslaitos ja Suomen Maantieteellinen Seura, 33.

Eskola, P. 1949. The problem of mantled gneiss domes. Quaterly Journal of the Geological Society of London

104, 461–476.

Fagerström, P. 1990. Karttulan kunnan Koskenkylän ja Airakselan alueen kivilajeista. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Geologian laitos. 82 s.

Forss, H., Kontoniemi, O., Lempiäinen, R., Luukas, J., Makkonen, H. & Mäkinen, J. 1999. Ni-vyöhyke ja 1.9 Ga magmatismi -hankkeen (12204) toiminta vuosina 1992–1998 Tervo-Varkaus-alueella. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M 19/3241/99/1/10. 152 s.

Gaál, G. 1980. Geological setting and intrusion tectonics of the Kotalahti nickel-copper deposit, Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland 52 (1), 101–128.

Geokemian osasto 1982. Tiedote analyyttisen kemian yksikön käyttämistä tutkimusmenetelmistä. Geologinen tutkimuslaitos, Geokemian osasto, raportti 1.2.1982. 78 s.

Geolaboratory 2004. Laboratory services FEE schedule 2004. Geological samples. Geological Survey of Finland, Geoservice Centre, Geolaboratory 4/25.11.2003. 43 s.

Huhma, A. 1975. Outokummun, Polvijärven ja Sivakkavaaran kartta-alueiden kallioperä. Summary: Precambrian rocks of the Outokumpu, Polvijärvi and Sivakkavaara map-sheet areas. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkarttojen selitykset, lehdet 4222, 4224, 4311. Geologinen tutkimuslaitos. 151 s.

Huhma, A. 1976. New aspects to the geology of the Outokumpu region. Bulletin of the Geological Society of Finland 48 (1–2), 5–24.

Huhma, A. 1981. Youngest Precambrian dyke rocks in North Karelia, East Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland 53, 67–82.

Huhma, H. 1986. Sm-Nd, U-Pb and Pb-Pb isotopic evidence for the origin of the Early Proterozoic Svecokarelian crust in Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 337. 48 s.

Huomo, P. 1978. Pieni Neulamäki, Kuopio – mahdollinen diapiirinen doomi. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Geologian laitos. 78 s.

Härme, M. 1959. Examples of the granitization of gneisses. Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 184, 41–58.

Härmälä, O. 1981. Siilinjärven kaivoksen mineraaleista ja malmin rikastusmineralogisista ominaisuuksista. Pro gradu -tutkielma, Turun yliopisto, Geologian ja mineralogian laitos. 121 s.

Irvine T. N. & Baragar W. R. A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences 8, 523–548.

Izatt, C. N. 1984. The geology of the Kuttakoski – Soinlahti area, of Central Finland. A part of the final examination for B. Sc (Hons) Geology and Mineralogy, University of Arberdeen, UK. 56 s.

Johannsen, A. 1937. A descriptive petrography of the igneous rocks, vol. IV. The University of Chicago Press. 523 s.

Jokela, J. 1994. Itä-Suomen Ni-vyöhykkeen kartoitus ja rakennetulkinta. Raportti kenttätöistä 1993–1994. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M 19/3241/94/1/10. 26 s.

Karhu, J. 1993. Palaeoproterozoic evolution of the carbon isotopic ratios of sedimentary carbonates in the Fennoscandian Shield. Geological Survey of Finland, Bulletin 371. 87 s.

Kauppinen, H. 1980. Siilinjärven esiintymä ja louhos. Julkaisussa: Mikkonen, A., Kauppinen, H. & Kallioinen, J. Siilinjärven kaivos. Vuoriteollisuus 1, 12–13.

Kauppinen, H. 1982. Siilinjärven karbonatiittimuodostuma. Kemira 6 (4), 11–13.

Koistinen, T. 1993. Heinäveden kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Heinävesi map-sheet area. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkarttojen selitykset, lehti 4221. Geologian tutkimuskeskus. 64 s.

Koistinen, T. & Saltykova, T. (toim.) 1999. Raahe-Ladoga Zone structure-lithology, metamorphism and metallogeny : a Finnish-Russian cooperation project 1996-1999. Map 1: Structural-lithology of the Raahe-Ladoga Zone 1:1 000 000. Geological Survey of Finland.

Koistinen, T. 2001. Raahe–Laatokka -vyöhykkeen rakenne-evoluutio. Julkaisussa: Korsman, K. & Lestinen, P. (toim.) Raahe–Laatokka-symposio. Kuopio 20.–21.3.2001. Laajat abstraktit. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti K 21.42/2002/1, 9–19.

Kontinen, A., Paavola, J. & Lukkarinen, H. 1992. K-Ar ages of hornblende and biotite from Late Archaean rocks of eastern Finland – interpretation and discussion of tectonic implications. Geological Survey of Finland, Bulletin 365. 31 s.

Korhonen, J. 1990. Kallioperän magneettiset ominaisuudet. Julkaisussa: Alalammi, P. (toim.) Suomen kartasto, Vihko 123–126, Geologia. Maanmittauslaitos ja Suomen Maantieteellinen Seura, 26–29.

Korsman, K. & Lestinen, P. (toim.) 2002. Raahe–Laatokka-symposio. Kuopio 20.–21.3.2001. Laajat abstraktit. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti K 21.42/2002/1. 121 s.

Korsman, K., Hölttä, P., Hautala, T. & Wasenius, P. 1984. Metamorphism as an indicator of evolution and structure of the crust in Eastern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 328. 40 s.

Korsman, K., Koistinen, T., Kohonen, J., Wennerström, M., Ekdahl, E., Honkamo, M., Idman, H. & Pekkala, Y. (toim.) 1997. Suomen kallioperäkartta – Berggrundskarta över Finland – Bedrock map of

Finland 1:1 000 000. Geologian tutkimuskeskus.
Kortelainen, N. 1997. Kuopion karttalehden 3242 01 kivilajeista. Kirjallinen harjoitustyö. Helsingin yliopisto, Geologian ja mineralogian osasto. 12 s.
Kousa, J. 1986. Koivusaaren vulkaniittimuodostuma Siilinjärvellä. Pro gradu -tutkielma, Turun yliopisto, Geologian ja mineralogian laitos. 117 s.
Lahtinen, R. 1994. Crustal evolution of the Svecofennian and Karelian domains during 2.1–1.79 Ga, with special emphasis on the geochemistry and origin 1.93–1.91 Ga gneissic tonalites and associated supracrustal rocks in the Rautalampi area, central Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 378. 128 s.
Lahtinen, R. & Huhma, H. 1997. Isotopic and geochemical constraints on the evolution of the 1.93–1.79 Ga Svecofennian crust and mantle in Finland. Precambrian Research 82, 13–34.
Laitakari, I. & Matisto, A. 1974. Kallioperäkartoitus. Geologinen tutkimuslaitos. Opas n:o 5. 52 s.
Lehtinen, M., Nurmi, P. & Rämö, T. (toim.) 1998. Suomen kallioperä. 3 000 vuosimiljoonaa. Suomen geologinen seura. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 375 s.
Le Maitre, R. W. 1976. The chemical variability of some common igneous rocks. Journal of Petrology 17 (4), 589–637.
Le Maitre, R. W. (toim.) 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of igneous Rocks. Oxford: Blacwell Scientific Publications. 193 s.
Linna, A. E. 1943. Kuopion seudun kalkkikiviesiintymät. Lohjan kalkki Oy:lle tehty raportti GTK:n arkistossa. 9 s.
Lukkarinen, H. 2000. Siilinjärvi. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3331. Geologian tutkimuskeskus.
Lukkarinen, H. 2002. Kuopio. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3242. Geologian tutkimuskeskus.
Lundqvist, T., Bøe, R., Kousa, J., Lukkarinen, H., Lutro, O., Roberts, D., Solli, A., Stephens, M. & Weihed, P. 1996. Bedrock map of Central Fennoscandia. Scale 1:1 000 000. Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden.
Makkonen, H. & Forss, H. 2000. Tutkimustyöselostus Karttulan kunnassa valtausalueella Munaniemi 1 (kaivosrekisterinro 6837/1) suoritetuista nikkelimalmitutkimuksista vuosina 1996–1999. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M 06/3242/2000/1/10. 7 s.
Makkonen, H. & Forss, H. 2002. Tutkimustyöselostus Kuopion kaupungissa valtausalueella Niinikoski 1 (kaiv.rek.ro 6777/1) suoritetuista nikkelimalmitutkimuksista vuosina 1996–2000. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M 06/3242/2002/1/10. 10 s.
Marttila, E. 1981. Kiuruveden kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Kiuruvesi map-sheet area. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkarttojen selitykset, lehti 3223. Geologian tutkimuskeskus. 48 s.
McKie, D. 1966. Fenitization. Julkaisussa: Tuttle, O.F. & Gittins, J. (toim.) Carbonatites. Interscience Publishers, 261–294.
Mehnert, K. R. 1971. Migmatites and the origin of granitic rocks. Amsterdam: Elsevier Publishing Company. 405 s.
Miyashiro, A. 1974. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. American Journal of Science 274, 321–355.
Mäkinen, J. & Forss, H. 1998. Tutkimustyöselostus Leppävirran kunnassa valtausalueella Luusniemi 1 (kaivosrekisterinumero 6404/1) ja Luusniemi 2 (kaivosrekisterinumero 6475/1) suoritetuista malminetsintätutkimuksista vuosina 1995–1998. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M 06/3242/98/1/10. 5 s.
Mäkitie, H. 1984. Tervon Talluskylän suprakrustisten kivien korkean asteen metamorfoosi. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Geologian laitos, geologian ja mineralogian osasto. 113 s.
Niskanen, K. 1980. Kotalahden alueen epikontinentaaliryhmän stratigrafia, petrologia ja geokemia. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto. 80 s.
Paavola, J. 1987. Lapinlahti. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3332. Geologian tutkimuskeskus.
Paavola, J. 1988. Lapinlahden kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Lapinlahti map-sheet area. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkarttojen selitykset, lehti 3332. Geologian tutkimuskeskus. 60 s.
Parkkinen, J. 1974. Raportti Leppävirran aluetutkimuksista 1968–73. Outokumpu Oy Malminetsintä. 250 s.
Parkkinen, M. 1980. Suonenjoen–Karttulan alueen mafisten syväkivien geologinen asema ja ympäristö. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Geologian laitos, Geologian ja mineralogian osasto. 46 s.
Pearce, J. A. 1975. Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environments on Cyprus. Tectonophysics 25, 41–67.

Pearce, J. A. & Cann, J. R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks detemined using trace element analyses. Earth and Planetary Science Letters 19, 290–300.

Pearce, J. A., Gorman, B. E. & Birkett, T. C. 1977. The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. Earth and Planetary Science Letters 36, 121–132.

Pekkarinen, L. J. 1979. The Karelian formations and their depositional basement in the Kiihtelysvaara - Värtsilä area, East Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 301. 141 s.

Pekkarinen, L. J. & Lukkarinen, H. 1991. Paleoproterozoic volcanism in the Kiihtelysvaara- Tohmajärvi district, eastern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 357. 30 s.

Pettijohn, F. J. 1975. Sedimentary rocks. Third edition. New York: Harper & Row. 628 s.

Pihl, H. 1986. Dolomitkalstenarna i Paltamo, Koikerojärvi och Maaninka, Kolmikanta – geologi och flotationsförsök. Pro gradu avhandling i geologi och mineralogi, Åbo Akademi, Geologisk-mineralogiska institututionen. 53 s.

Preston, J. 1954. The geology of the Pre-Cambrian rocks of the Kuopio district. Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Ser. A. III 40. 111 s.

Puustinen, K. 1971. Geology of the Siilinjärvi carbonatite complex, eastern Finland. Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 249. 43 s.

Puustinen, K. 1972. Richterite and actinoliitti from the Siilinjärvi carbotite complex, Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland 44, 83–86.

Puustinen, K. 1973. Tetraferriphlogopite from the Siilinjärvi carbonatite complex, Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland 45, 35–42.

Puustinen, K. & Kauppinen, H. 1989. The Siilinjärvi Carbonatite Complex, eastern Finland. Julkaisussa: Notholt, A. J. G., Sheldon, R. P. & Davidson, D. F. (toim.) Phosphate deposits of the world. Volume 2: Phosphate rock resources. Cambridge: Cambridge University Press, 394–397.

Pääjärvi, A. 1985. Vesanto. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3313. Geologian tutkimuskeskus.

Pääjärvi, A. 1991a. Vesannon kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Vesanto map-sheet area. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkarttojen selitykset, lehti 3313. Geologian tutkimuskeskus. 64 s.

Pääjärvi, A. 1991b. Karttula. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3224. Geologian tutkimuskeskus.

Pääjärvi, A. 1999. Rautalampi. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3223. Geologian tutkimuskeskus.

Pääjärvi, A. 2000. Rautalammin ja Karttulan kartta-alueiden kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Rautalampi and Karttula map-sheet area. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkarttojen selitykset, lehdet 3223 ja 3224. Geologian tutkimuskeskus. 81 s.

Rautiainen, J. 2000. Arkeeisen kratonin reunalla esiintyvät intermediääriset juonet Iisalmen, Juankosken ja Siilinjärven alueilla. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Geologian laitos. 60 s.

Richard, S. 1995. Minpet for Windows. Version 2.02. Reference Manual. Minpet Geological Software – Logiciel Géologique Minpet. Québec: Canada. 263 s.

Rosenberg, R. J. & Zilliacus, R. 1977. Improving accurary in routine instrumental activation analysis. Journal of Radioanalytical Chemistry 39, 189–200.

Rosenberg, R. J. & Zilliacus, R. 1980. Instrumental neutron activation determination of 23 elements in 8 new USGS Standard Rocks. Geostandards Newsletter 4 (2), 191–198.

Rönty, H. 1999. Kuopion alueen geomorfologinen kartta. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti K21.42/3223/1/1999. 29 s.

Salli, I. 1977. Pielavesi. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3314. Geologian tutkimuskeskus.

Shervais, J. W. 1982. Ti-V plots and petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. Earth and Planetary Science Letters 59, 101–118.

Simonen, A. 1980. The Precambrian in Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 304. 58 s.

Streckeisen, A. 1974. Classification and nomenclature of plutonic rocks. Recommendations of the IUGS Subcommission on the systematics of igneous rocks. Geologische Rundschau, Band 3, Heft 2, 773–786.

Streckeisen, A. 1980. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamphrophyres, carbonatites and melilitic rocks. Geologische Rundschau, Band 69, Heft 1, 194–207.

Talvitie, J. 1971. Seismotectonics of the Kuopio region, Finland. Bulletin de la Commission géologique de Finlande 248. 41 s.

Thoreld, A. 1863. Journal, förd under malmletningarne inom Kuopio socken om sommaren år 1863. Suomen geologinen komissioni, GTK:n arkisto.

Thoreld, A. 1864. Journal, förd under malmletningarne i Maaninga kapell och en del af Kuopio moder-

socken om sommaren år 1864. Suomen geologinen komissioni, GTK:n arkisto.

Toikkanen, P. 1987. Selostus kallioperäkartoituksesta Kuopion karttalehdellä 3242 01. Turun yliopisto, Geologian ja mineralogian osasto. 9 s.

Tumanto, M. 1983. Raportti kesän 1983 kenttätöistä Leppävirran ja Suonenjoen alueilla. Outokumpu Oy Malminetsintä, raportti 020/3242 07-11/MT/1983.

Vaasjoki, M., Äikäs, O. & Rehtijärvi, P. 1980. The age of mid-Proterozoic phosphatic metasediments in Finland as indicated by radiometric U-Pb dates. Lithos 13, 257–262.

Vartiainen, R. 1984. Maaningan–Onkiveden alueen orogeenisten magmakivien petrologiasta. Pro gradu -tutkielma, Oulun yliopisto, Geologian laitos. 77 s.

Wilkman, W. W. 1923. Kuopion seudun kivilajit. Suomen geologinen komissioni. Geoteknillisiä tiedonantoja 36. 64 s.

Wilkman, W. W. 1935. Kuopio. Suomen geologinen yleiskartta 1:400 000, kivilajikartta, lehti C 3. Suomen geologinen toimikunta.

Wilkman, W. W. 1938. Kuopio. Suomen geologinen yleiskartta 1:400 000, kivilajikartan selitys, lehti C 3. Suomen geologinen toimikunta. 171 s.

Winkler, H. 1976. Petrognesis of metamorphic rocks. Fourth Edition. New York: Springer Verlag. 344 s.

Vuorela, P., Kuivamäki, A. & Lukkarinen, H. 1993. Alustava geologinen selvitys lineaariradan sijoittamismahdollisuuksista Pohjois-Savon alueella. Geologian tutkimuskeskus, Työraportti YST/1993.

Väyrynen, H. 1954. Suomen kallioperä. Tiedekirjasto n:o 27. Helsinki: Otava. 260 s.

Åker, K. 1985. Kehvo-områdets geologi – en petrologisk-, petrografisk- och structurgeologisk studie. Pro gradu avhandling i geologi och mineralogi, Åbo Akademi, Geologisk- mineralogiska institutionen. 70 s.

Äikäs, O. 1987. Malmitutkimukset Siilinjärvellä valtausalueella ”Toso 1” (kaivosrek.nro 3627/1). Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M06/3331/-87/1/60. 4 s.

Äikäs, O. 1988 a. Kuivasteenmäen uraani-fosforiesiintymä Siilinjärvellä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M19/3331/-88/3/60. 11 s.

Äikäs, O. 1988 b. Siilinjärven Vironniemi: uraani-fosforimineraaliutuma kalliossa. (Tutkimuskortti) Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M19/3331/-88/2/60. 2 s.

Äikäs, O. 2000. Juankoski. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3333. Geologian tutkimuskeskus.

LIITTEET – APPENDICES

Liite 1. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kivien kemiallisia koostumuksia. 198
Appendix 1. Chemical compositions of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas. 198

Taulukko 1. Arkeeisten granitoidien ja gneissien kemiallisia koostumuksia. 198
Table 1. Chemical composition of the Archaean granitoids and gneisses. 198

Taulukko 2. Koivusaaren muodostuman kemiallisia koostumuksia. 201
Table 2. Chemical composition of the Koivusaari formation. 201

Taulukko 3. Vaivasen muodostuman kemiallisia koostumuksia. 204
Table 3. Chemical composition of the Vaivanen Formation. 204

Taulukko 4. Sarvivälkegneissien, maasälpägneissien ja amfiboliittien kemiallisia koostumuksia. 208
Table 4. Chemical composition of the hornblende gneisses, feldspar gneisses and amphibolites. 208

Taulukko 5. Paleoproterotsooisten metasedimenttien kemiallisia koostumuksia. 211
Table 5. Chemical composition of the Palaeoproterozoic metasedimentary rocks. 211

Taulukko 6. Paleoproterotsooisten syväkivien ja migmatiittigranitoidien kemiallisia koostumuksia. ... 220
Table 6. Chemical composition of the Palaeoproterozoic plutonic rocks and migmatitic granitoids. 220

Liite 2. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden granitoidien U-Pb-mineraalianalyysejä. 226
Appendix 2. U-Pb mineral analyses of the granitoids from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas. 226

Liite 1. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kivien kemiallisia koostumuksia.
Appendix 1. Chemical compositions of the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.

Taulukko 1. Arkeeisten granitoidien ja gneissien kemiallisia koostumuksia.
Table 1. Chemical composition of the Archaean granitoids and gneisses.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lab	GTK/ka	GTK1	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK1	GTK/ka
SiO2 %	68,80	67,55	65,10	64,70	69,40	59,20	69,60	56,10	59,28	68,80
TiO2	0,40	0,46	0,48	0,61	0,34	1,00	0,41	0,94	0,97	0,33
Al2O3	15,50	15,22	17,20	17,60	16,60	16,70	15,70	17,70	16,40	15,50
Fe2O3t	3,60	3,74	3,91	3,69	2,32	7,21	3,15	6,72	6,71	2,79
MnO	0,06	0,07	0,07	0,06	0,03	0,10	0,04	0,08	0,09	0,04
MgO	1,40	1,66	1,61	1,90	1,12	2,29	1,20	2,39	3,02	1,23
CaO	3,79	3,57	3,46	4,47	3,52	5,09	2,72	3,59	3,95	2,61
Na2O	4,65	4,56	5,47	4,89	4,93	4,89	5,11	6,82	4,98	4,46
K2O	1,38	1,34	2,13	1,54	1,39	2,01	1,59	2,72	2,92	3,66
P2O5	0,13	0,08	0,22	0,23	0,12	0,49	0,15	0,39	0,60	0,15
Summa – *Sum*	99,71	98,25	99,65	99,69	99,77	98,98	99,67	97,46	98,93	99,58
S ppm	0		0	0	0	250	0	500		0
Cl	120		120	101	128	240	120	150		121
V	64		70	78	37	128	50	128		45
Cr	0		0	40	0	35	0	0		36
Ni	22		0	0	23	20	0	0		22
Cu	0		0	0	0	32	0	50		0
Zn	57		103	86	53	111	60	81		52
Rb	55	0	67	68	33	65	66	76	160	64
Sr	324	250	728	856	718	723	436	740	870	594
Y	13	0	12	0	0	16	0	28	0	0
Zr	140	120	182	112	145	222	237	332	200	135
Nb	0	0	0	11	0	26	0	12	0	0
Ba	218	400	606	684	408	664	403	1237	1000	1720
Pb	0		32	0	0	0	0	0		38
Sc	8		7	9	3	11	3	14		5
Th	2,7		7,2	2,8	0	3,2	17,4	6,7		7,6
U	0,7		2,0	1,0	0	1,0	0,6	1,9		0,4
La	17,9		35,5	21,6	9,34	42,1	64,0	51,9		43,0
Ce	38,2		74,3	43,0	16,9	86,7	113,0	119,0		80,1
Pr	4,61		9,44	5,59	1,86	10,2	11,5	15,0		8,74
Nd	17,5		34,9	21,7	6,64	36,2	37,4	58,9		31,3
Sm	3,21		6,45	4,24	1,24	5,72	4,22	9,94		4,37
Eu	0,66		1,41	0,98	0,67	1,5	0,95	2,07		1,07
Gd	3,35		4,49	2,84	0,93	4,9	3,22	8,39		2,94
Tb	0,5		0,55	0,38	0	0,62	0,37	1,1		0,33
Dy	2,51		2,77	1,64	0,56	2,77	1,32	4,88		1,4
Ho	0,48		0,45	0,29	0	0,54	0,24	1,02		0,26
Er	1,3		1,44	0,71	0,24	1,28	0,48	2,71		0,6
Tm	0,21		0,22	0,1	0	0,2	0	0,38		0,11
Yb	1,4		1,28	0,57	0	1,17	0,5	2,54		0,45
Lu	0,2		0,19	0	0	0,18	0	0,37		0

Lab: ks. testi – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
1) 173-HKÅ-81, 3331 04A, x = 6982,750, y = 3514,600, gneissitonaliitti – *gneissic tonalite*
2) 144-HKÅ-82, 3331 08C, x = 6994,440, y = 3528,250, gneissitonaliitti – *gneissic tonalite*
3) 171-PAH-95, 3242 07D, x = 6955,380, y = 3525,040, gneissitonaliitti – *gneissic tonalite*
4) KA0297, 3242 08C, x = 6964,450, y = 3526,280, gneissitonaliiti – *gneissic tonalite*
5) 551-RMA-79, 3242 09C, x = 6971,130, y = 3528,830, gneissitonaliitti – *gneissic tonalite*
6) 13-HJL-94, 3331 02C, x = 6994,930, y = 3508,820, tonaliittigneissi – *tonalitic gneiss*
7) 72-HJL-83, 3331 10A, x = 6981,840, y = 3532,800, tonaliittigneissi – *tonalitic gneiss*
8) 501-JML-83, 3331 11C, x = 6998,650, y = 3536,300, tonaliittigneissi – *tonalitic gneiss*
9) 20-HKÅ-82, 3331 08C, x = 6990,960, y = 3529,890, gneissigranodioriitti – *gneissic granodiorite*
10) 93-PAH-97, 3242 10B, x = 6959,830, y = 3531,460, gneissigranodioriitti – *gneissic granodiorite*

Taulukko 1. jatkuu
Table 1. continued

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lab	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK1	GTK/ka	GTK1	GTK/ka	GTK1
SiO2 %	63,00	66,60	64,00	68,90	64,80	65,33	65,30	67,41	74,70	56,03
TiO2	0,60	0,45	0,57	0,40	0,56	0,55	0,46	0,49	0,14	0,56
Al2O3	16,40	15,30	16,90	14,70	16,00	15,10	16,10	15,72	14,10	16,08
Fe2O3t	4,68	3,86	4,43	3,72	4,63	4,44	4,30	3,57	1,08	4,30
MnO	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,09	0,05	0,02	0,10
MgO	2,50	1,44	2,84	1,77	3,08	2,47	2,61	1,70	0,40	2,59
CaO	4,24	3,60	3,01	1,77	2,23	2,91	3,77	2,19	0,90	10,97
Na2O	4,62	4,15	4,74	4,42	4,46	3,90	4,28	4,28	4,43	1,54
K2O	3,11	3,80	2,85	3,11	3,49	4,83	2,49	4,51	3,70	7,91
P2O5	0,31	0,41	0,30	0,09	0,28	0,24	0,29	0,20	0,03	0,26
Summa – *Sum*	99,54	99,68	99,72	98,94	99,59	99,82	99,69	99,73	99,49	98,87
S ppm	0	0	0	0	0		0		0	
Cl	138	0	126	210	107		0		0	
V	93	77	82	63	88		79		0	
Cr	60	43	58	0	58	41	80		0	
Ni	35	30	32	0	32	32	41		0	
Cu	0	0	0	0	0		0		0	
Zn	89	71	113	66	101		106		28	
Rb	67	70	94	91	92	140	65	120	105	190
Sr	753	350	527	355	478	360	507	390	193	240
Y	14	19	16	0	13	16	15	0	0	0
Zr	220	228	215	118	216	210	134	140	95	170
Nb	0	0	10	0	0	0	0	0,00	0	0
Ba	1310	1080	946	655	1090	1800	981	1500	660	1600
Pb	32	33	31	30	0		32		39	
Sc	11	9	9	6	12		10		2	
Th	10,8	19,1	10,9	11,1	19,7		5,0		9,8	
U	0,6	1,6	1,2	0,5	1,0		0,4		1,1	
La	69,0	85,2	50,1	39,0	64,3		29,1		20,8	
Ce	137,0	165,0	102,0	76,4	126,0		56,3		41,6	
Pr	16,1	18,5	11,7	8,35	14,8		7,06		4,32	
Nd	59,7	67,9	45,2	30,0	53,9		27,50		14,7	
Sm	9,19	10,90	7,76	4,54	8,74		5,22		2,28	
Eu	1,97	1,66	1,54	0,66	1,54		1,01		0,39	
Gd	6,93	7,5	5,36	3,43	6,08		4,48		1,96	
Tb	0,88	0,87	0,74	0,41	0,77		0,52		0,23	
Dy	3,4	3,85	3,13	1,43	2,79		2,41		0,92	
Ho	0,59	0,64	0,51	0,24	0,58		0,42		0,15	
Er	1,61	1,7	1,29	0,53	1,35		1,16		0,34	
Tm	0,22	0,21	0,16	0	0,20		0,13		0	
Yb	1,32	1,43	1,08	0,33	1,17		1,03		0,31	
Lu	0,18	0,15	0,18	0	0,18		0,11		0	

Lab: ks. testi – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
11) 232-PAH-97, 3242 11A, x = 6962,040, y = 3530,820, gneissigranodioriitti – *gneissic granodiorite*
12) 654-RMA-79, 3242 12B, x = 6978,650, y = 3530,070, gneissigranodioriitti – *gneissic granodiorite*
13) 439-RMA-79, 3242 12A, x = 6970,250, y = 3531,340, gneissigranodioriitti – *gneissic granodiorite*
14) 138-JML-83, 3331 05B, x = 6997,370, y = 3511,570, granodioriittigneissi – *granodioritic gneiss*
15) 27-HJL-99, 3242 07D, x = 6957,960, y = 3528,140, granodioriittigneissi – *granodioritic gneiss*
16) 157,60-RMA-79, 3242 09C, x = 6971,850, y = 3529,540, granodioriittigneissi – *granodioritic gneiss*
17) 491-RMA-79, 3242 12C, x = 6972,280, = 3536,040, granodioriittigneissi – *granodioritic gneiss*
18) Li11-RMA-82, 3242 12A, x = 6970,990, y = 3533,360, granodioriittigneissi – *granodioritic gneiss*
19) 222-HJL-79, 3331 11C, x = 6992,150, y = 3536,140, graniittigneissi – *granitic gneiss*
20) Li2-RMA-82, 3242 12A, x = 6971,164, y = 3533,284, muuttunut pohjagneissi – *altered gneiss*

Taulukko 1. jatkuu
Table 1. continued

	21	22	23	24	25
Lab	GTK1	GTK/ka	GTK2	GTK/ka	GTK/ka
SiO2 %	58,40	58,70	53,91	58,80	30,70
TiO2	0,64	0,97	0,30	0,04	0,14
Al2O3	16,87	17,00	15,47	13,70	6,80
Fe2O3t	5,13	6,91	3,00	2,97	8,15
MnO	0,07	0,09	0,06	0,05	0,06
MgO	2,92	3,26	2,38	2,69	20,10
CaO	6,42	2,80	6,37	5,91	11,00
Na2O	2,51	3,88	1,76	1,31	0,00
K2O	8,65	5,01	12,44	10,40	7,22
P2O5	0,30	0,99	0,39	0,95	3,67
Summa – *Sum*	101,34	99,61	96,09	96,82	87,84
S ppm		0		130,00	160,00
Cl		0		100	0
V		144	47	51	53
Cr		0	11	0	0
Ni		24	0	0	0
Cu		0	2	0	0
Zn		148	80	29	50
Rb	270	212	160	116	296
Sr	150	509	1320	276	1632
Y	0	22	9	0	12
Zr	180	190	194	230	0
Nb	0,00	0	0	0	30
Ba	1300	952	2440	797	98
Pb		34		0	0
Sc		12	6,00	17	2
Th		20,9		0	0
U		3,6		0	0
La		129,0		16,3	50,1
Ce		250,0		42,7	134,0
Pr		30,2		5,82	18,80
Nd		94,33		24,4	73,7
Sm		15,2		3,63	11,50
Eu		3,06		0,93	2,81
Gd		10,4		2,74	8,41
Tb		1,23		0,29	0,84
Dy		4,5		1,07	2,93
Ho		0,76		0,14	0,41
Er		1,93		0,32	0,88
Tm		0,26		0	0
Yb		1,72		0,21	0,44
Lu		0,24		0	0

Lab: ks. testi – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
21) Li1-RMA-82, 3244 12A, x = 6971,163, y = 3533,285, muuttunut pohjagneissi – *altered gneiss*
22) KA0298, 3242 08C, x = 6967,060, y = 3529,230, kiillegneissipaleosomi – *mica gneiss palaeosome*
23) KEM6-85, 3331 12C, x = 7001,650, y = 3536,840, feniitti – *phenite*
24) KA2397, 3331 12C, x = 7009,800, y = 3537,850, syeniitti – *syenite*
25) KA2425, 3331 12C, x = 7000,790, y = 3537,530, karbonatiitti – *carbonatite*

Taulukko 2. Koivusaaren muodostuman kemiallisia koostumuksia.
Table 2. Chemical composition of the Koivusaari formation.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lab	GTK2	RR	GTK2	RR	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	RR	RR
SiO2 %	51,36	50,84	48,12	49,16	51,18	57,32	53,05	44,89	45,77	48,11
TiO2	2,75	2,50	2,42	2,27	2,21	2,43	2,58	2,62	2,93	3,07
Al2O3	12,70	13,55	13,29	13,30	12,88	12,56	13,13	15,80	14,97	14,18
Fe2O3t	16,75	17,23	16,82	15,45	15,84	12,82	14,85	15,16	16,12	14,78
MnO	0,20	0,19	0,21	0,20	0,21	0,20	0,20	0,20	0,26	0,27
MgO	4,32	3,76	4,26	3,41	3,85	2,95	3,46	6,33	5,07	3,39
CaO	7,62	7,70	9,09	10,96	6,85	5,73	8,45	7,83	8,50	9,80
Na2O	3,66	3,11	3,22	2,76	4,73	5,21	3,70	2,85	3,55	2,64
K2O	0,22	0,34	0,23	0,64	0,91	0,12	0,47	2,80	1,81	2,57
P2O5	0,35	0,36	0,26	0,32	0,33	0,34	0,34	0,37	0,59	0,60
Summa – *Sum*	99,93	99,58	97,92	98,47	98,99	99,68	100,23	98,85	99,58	99,40
S ppm										
Cl										
V	302	430	326	390	224	250	298		306	430
Cr	40	80	93	90	34	36	42	34		10
Ni	61	60	55	60	28	38	60	35	28	20
Cu	27	40	24	80	16	23	62		52	670
Zn	165	160	157	140	287	89	117		129	290
Rb										
Sr	158	180	192	270	67	100	222	700	411	450
Y	52	48	46	44	58	51	51	23	29	
Zr	288	260	221	230	280	276	283	230	195	290
Nb										
Ba	47	150	68	350	178	47	174	1410	1040	1060
Pb										
Sc	27		30		21	24	29		20	
Th	2,4		1,8		4,2	3,7	2,4			
U	1,20		0,50		1,58	1,40	1,10			
La	24,0	22,0	20,0	21,0	33,0	29,0	21,0		44,0	
Ce	50,0	48,0	44,0	39,0	65,0	56,0	49,0		83,0	
Pr										
Nd	30,0	34,0	21,0	26,0	37,0	36,0	31,0		49,0	
Sm	8,8	8,7	8,0	7,3	9,6	10,3	8,4		9,7	
Eu	2,46	2,4	2,7	2,2	3,28	2,5	2,59		3,20	
Gd										
Tb	1,31	1,3	1,21	1,1	1,5	1,33	1,41		0,98	
Dy										
Ho										
Er										
Tm										
Yb	4,1	4,4	4,6	3,7	5,2	4,0	5,0		2,0	
Lu	0,46	0,53	0,43	0,47	0,70	0,41	0,48		0,21	

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
1) 61-HJL-79, 3331 08D, x = 6997,400, y = 3526,540, metatyynylaava – *pillowed metalava*
2) 85-3-JPK-80, 3331 08D, x = 6997,400, y = 3526,515, metatyynylaava – *pillowed metalava*
3) 59-HJL-79, 3331 08D, x = 6997,380, y = 3526,630, metatyynylaava – *pillowed metalava*
4) 91-JPK-80, 3331 08D, x = 6997,360, y = 3526,750, metatyynylaava – *pillowed metalava*
5) 42-HJL-79, 3331 08D, x = 6997,600, y = 3527,220, metatyynylaava – *pillowed metalava*
6) 56-2-HJL-79, 3331 08D, x = 6997,280, y = 3526,880, metatyynylaava – *pillowed metalava*
7) 146-HJL-79, 3331 08D, x = 6998,190, y = 3529,700, metatyynylaava – *pillowed metalava*
8) 65-HJL-79, 3331 08D, x = 6996,580, y = 3526,880, metatyynylaava – *pillowed metalava*
9) 33-3-JPK-80, 3331 08D, x = 6997,060, y = 3528,083, massiivinen metalaava – *massive metalava*
10) 137-JPK-80, 3331 08D, x = 6996,210, y = 3527,560, metatyynylaava – *pillowed metalava*

Taulukko 2. jatkuu
Table 2. continued

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lab	RR	GTK2	GTK2	GTK/ka	GTK/ka	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2
SiO2 %	46,37	49,83	49,88	46,60	47,30	49,42	49,44	48,87	49,09	49,41
TiO2	3,65	1,43	1,39	1,46	1,42	1,53	1,42	1,45	3,30	1,29
Al2O3	14,62	12,91	12,73	13,20	13,30	15,12	14,31	13,69	12,66	13,53
Fe2O3t	14,95	14,03	15,49	14,23	14,34	13,49	14,82	14,60	17,21	16,03
MnO	0,21	0,19	0,23	0,19	0,19	0,21	0,23	0,22	0,24	0,20
MgO	3,34	6,77	6,73	5,40	5,20	6,08	6,15	5,42	4,74	5,95
CaO	9,04	10,56	8,97	11,40	10,70	11,66	10,68	11,47	9,76	10,54
Na2O	3,43	3,37	3,71	2,43	2,10	2,58	2,78	2,12	2,87	2,75
K2O	2,36	0,16	0,20	0,16	0,26	0,26	0,34	0,32	0,73	0,35
P2O5	1,41	0,13	0,10	0,13	0,13	0,14	0,15	0,12	0,37	0,11
Summa – *Sum*	99,38	99,38	99,43	95,19	94,94	100,49	100,32	98,28	100,97	100,16
S ppm				0	0					
Cl				389	0					
V	400	320	339	140	395	322	370	318	397	353
Cr	20	146	65	100	98	199	170	147	69	140
Ni	20	103	67	322	83	109	110	105	69	106
Cu	20	81	81	111	196	132	180	155	135	92
Zn	120	111	115	0	115	112	110	110	144	133
Rb				180	15					
Sr	560	240	282	24	136	169	150	149	315	211
Y		22	24	96	25	25	25	24	55	26
Zr	200	94	88	4	95	87	80	93	277	90
Nb				43	5					
Ba	3270	93	68	0	82	66	70	59	306	82
Pb				34	0					
Sc		36	40	1	42	38		35	38	36
Th		0,75	0,81	0,20	0,65	0,63	0,56	0,75		0,4
U		0,60	0,65	5,76	0,00	0,40	0,60	0,45		9,00
La		4,3	5,4	14,1	6,17	6,1	5,7	5,9	28,0	15,3
Ce		11,5	13,1	2,17	15,9	14,0	13,9	14,8	61,0	36,0
Pr				10,50	2,47					
Nd		11,0	11,0	3,21	11,7	10,1	9,8	12,7	37,0	23,0
Sm		3,0	3,4	1,09	3,54	3,7	3,4	3,7	9,7	4,9
Eu		1,12	1,19	3,80	1,24	1,20	1,15	1,28	2,44	2,25
Gd				0,65	4,59					
Tb		0,56	0,67	4,23	0,79	0,67	0,65	0,73	1,42	1,20
Dy				0,80	4,95					
Ho				2,30	0,97					
Er				0,34	2,74					
Tm				2,21	0,40					
Yb		1,86	2,36	0,30	2,38	2,0	2,0	2,2	4,3	4,0
Lu		0,24	0,24		0,37	0,25	0,24	0,25	0,51	0,44

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
11) 49-1-JPK-84, 3331 12A, x = 7001,140, y = 3531,640, metatyynylaava – *pillowed metalava*
12) 165-JPK-80, 3331 08D, x = 6996,280, y = 3528,500, massiivinen metalaava – *massive metalava*
13) 21-HJL-79, 3331 08D, x = 6995,940, y = 3528,950, massiivinen metalaava – *massive metalava*
14) 44-HJL-82, 3331 11C, x = 6993,690, y = 3538,180, metatyynylaava – *pillowed metalava*
15) 152D-HJL-79, 3331 11B, x = 6997,480, y = 3531,620, metatyynylaava – *pillowed metalava*
16) 140-JPK-80, 3331 08D, x = 6996,640, y = 3529,170, metatyynylaava – *pillowed metalava*
17) 176-3-JPK-80, 3331 08D, x = 6996,540, y = 3529,240, metatyynylaava – *pillowed metalava*
18) 100-JPK-81, 3331 11B, x = 6996,920, y = 3530,250, metatyynylaava – *pillowed metalava*
19) 155-2-JPK-80, 3331 08D, x = 6996,540, y = 3529,440, massiivinen metalaava – *massive metalava*
20) 8-HJL-79, 3331 08D, x = 6996,560, y = 3539,680, metatyynylaava – *pillowed metalava*

Taulukko 2. jatkuu
Table 2. continued

	21	22	23	24	25	26	27
Lab	RR	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	GTK/ka
SiO2 %	51,33	75,12	77,36	78,47	77,53	76,62	80,60
TiO2	3,22	0,37	0,35	0,17	0,17	0,15	0,14
Al2O3	15,33	10,64	10,92	10,73	11,59	10,39	10,50
Fe2O3t	10,67	3,43	3,01	2,03	2,83	2,33	0,79
MnO	0,17	0,05	0,05	0,01	0,01	0,02	0,01
MgO	2,88	0,72	0,67	0,74	0,67	0,61	0,38
CaO	5,18	1,40	1,08	0,22	0,57	0,57	0,02
Na2O	3,29	2,54	3,97	0,41	0,93	0,86	0,12
K2O	4,77	4,62	1,52	5,59	5,47	6,54	5,03
P2O5	1,60	0,07	0,06	0,05	0,01	0,04	0,05
Summa – *Sum*	98,44	98,96	98,99	98,42	99,78	98,13	97,64
S ppm							0
Cl							0
V	149		4				0
Cr		13	8	16	11		0
Ni	5	30	11	10	28	5	0
Cu	24	12	12	11	9	6	0
Zn	60	105	95	93	185	178	53
Rb							96
Sr	363	61	50	23	33	43	32
Y	27	66	88	105	145	92	115
Zr	339	521	634	508	540	451	503
Nb							69
Ba	6020	1702	433	163	245	270	259
Pb							0
Sc	10	1	2				1
Th		10,4	11,0	12,9	14,7	13,2	13,3
U		2,00	3,60	3,03	4,80	3,30	1,87
La	120	52	75	97	85	56	49,9
Ce	230,0	97,5	147,0	197,0	167,0	131,0	86,7
Pr							14,5
Nd	88,0	51,0	78,0	94,0	93,0	67,0	57,7
Sm	13,0	11,6	14,6	26,0	25,0	17,0	15,1
Eu	2,90	1,69	2,61	1,47	1,42	0,90	0,93
Gd							16,7
Tb	1,10	1,53	2,30	3,30	4,10	2,60	3,13
Dy							21,2
Ho							4,23
Er							12,5
Tm							1,8
Yb	1,9	7,6	8,4	10,2	15,0	11,9	11,3
Lu	0,19	0,86	0,95	1,12	1,72	1,30	1,53

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
21) 11-2-JPK-81, 3331 08D, x = 6996,080, y = 3529,770, metatyynylaava – *pillowed metalava*
22) 43-HJL-79, 3331 08D, x = 6997,480, y = 3527,340, hapan metatuffi – *felsic metatuff*
23) 46-HJL-79, 3331 08D, x = 6997,470, y = 3527,470, hapan metatuffi – *felsic metatuff*
24) 48-HJL-79, 3331 08D, x = 6997,340, y = 3527,540, hapan metatuffi – *felsic metatuff*
25) 18A-JPK-80, 3331, 08D, x = 6997,260, y = 3527580, hapan metatuffi – *felsic metatuff*
26) 41-HJL-79, 3331, 08D, x = 6997,160, y = 3527580, hapan metatuffi – *felsic metatuff*
27) 49-2-HJL-79, 3331, 08D, x = 6997,285, y = 3527870, hapan metatuffi – *felsic metatuff*

Taulukko 3. Vaivasen muodostuman kemiallisia koostumuksia.
Table 3. Chemical composition of the Vaivanen formation.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lab	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	GTK/ka	GTK2	GTK2	GTK2	GTK/ka
SiO2 %	51,85	50,39	49,16	50,91	52,25	50,80	48,67	50,61	51,14	49,30
TiO2	1,08	1,20	1,51	1,18	1,34	1,33	1,97	1,09	1,12	1,12
Al2O3	16,18	14,17	13,82	14,81	13,14	14,30	12,22	15,02	13,99	14,50
Fe2O3t	11,02	13,85	15,18	12,73	13,93	12,10	19,21	12,64	12,71	13,30
MnO	0,16	0,20	0,20	0,20	0,16	0,19	0,21	0,22	0,20	0,20
MgO	5,10	7,28	6,46	5,58	6,53	5,82	4,79	6,92	6,58	6,69
CaO	10,04	9,45	10,23	9,20	9,78	10,90	11,25	10,46	11,32	10,50
Na2O	2,95	2,28	3,11	3,06	1,71	2,91	1,14	2,74	1,79	2,56
K2O	0,71	0,59	0,32	1,39	0,24	0,33	0,37	0,38	0,46	0,38
P2O5	0,20	0,19	0,15	0,17	0,18	0,16	0,19	0,12	0,12	0,12
Summa – *Sum*	99,29	99,60	100,14	99,23	99,26	98,83	100,02	100,20	99,43	98,67
S ppm						0,02				0,01
Cl						104				0
V	230	256	342	266	283	381	423	254	306	337
Cr	180	97	77	112	90	88	5	215	153	112
Ni	71	99	81	67	50	69	23	102	105	88
Cu	60	125	158	130	86	116	161	85	103	98
Zn	111	206	117	110	99	121	140	88	100	99
Rb						0				0
Sr	430	304	251	221	363	221	195	213	253	278
Y	21	22	26	23	20	28	33	20	24	20
Zr	99	92	90	55	84	93	116	71	82	87
Nb						0				0
Ba	264	140	185	197	53	145	77	101	95	107
Pb						0				0
Sc	31	36	40	36	34	51	36	37	41	40
Th			0,50			1,0				1,13
U			0,40			0,4				0,00
La			6,90			10,0				7,4
Ce			18,00			23,30				16,90
Pr						3,26				2,35
Nd			8,40			14,40				10,70
Sm			4,20			3,64				2,68
Eu			1,50			1,26				0,97
Gd						5,12				3,74
Tb			0,63			0,7				0,64
Dy						4,73				4,33
Ho						0,95				0,73
Er						2,68				2,22
Tm						0,43				0,35
Yb			2,30			2,29				2,06
Lu			0,24			0,33				0,28

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map-sheet, coordinates, rock*
1) 11-2-HJL-85, 3331 07C, x = 6980,280, y = 3529,720, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
2) 1-HJL-85, 3331 07C, x = 6980,000, y = 3529,740, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
3) 361-1-RMA-79, 3242 09C, x = 6970,830, y = 3529,820, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
4) 26-HJL-85, 3242 09 D, x = 6979,630, y = 3529,400, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
5) 414-RMA-79, 3242 11B, x = 6968,520, y = 3532,260, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
6) 414-2-RMA-79, 3242 11B, x = 6968,340, y = 3532,050, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
7) 476-RMA-79, 3242 12C, x = 6973,220, y = 3535,060, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
8) 102A-RMA-78, 3242 12A, x = 6972,180, y = 3534,430, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
9) 102-1-RMA-78, 3242 12A, x = 6972,240, y = 3534,430, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
10) 102-RMA-78, 3242 12A, x = 6972,200, y = 35344,70, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*

Taulukko 3. jatkuu
Table 3. continued

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lab	GTK2	GTK2	GTK2	GTK/ka	GTK1	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	GTK1
SiO2 %	51,00	51,86	49,46	51,02	49,12	49,86	50,54	51,48	46,56	51,00
TiO2	1,24	1,96	1,72	1,70	0,98	1,06	1,36	1,41	1,18	1,06
Al2O3	14,29	12,32	14,58	12,91	13,48	13,62	13,47	13,09	15,18	13,63
Fe2O3t	11,34	17,86	15,23	16,01	12,99	13,19	14,38	14,49	14,72	12,78
MnO	0,18	0,25	0,21	0,22	0,19	0,18	0,16	0,21	0,22	0,19
MgO	6,21	4,24	5,32	5,41	7,31	6,25	7,08	6,70	5,76	7,14
CaO	9,91	8,59	8,93	10,00	12,44	13,21	8,72	9,40	13,63	11,82
Na2O	4,11	2,48	3,10	2,52	2,50	1,74	2,58	2,31	1,84	2,49
K2O	0,26	0,49	0,70	0,23	0,53	0,40	0,24	0,48	0,21	0,22
P2O5	0,11	0,21	0,21	0,20	0,11	0,20	0,18	0,23	0,13	0,11
Summa – *Sum*	98,65	100,26	99,46	100,22	99,65	99,71	98,71	99,80	99,43	100,44
S ppm										
Cl										
V	270	380	361	340		266	290	310	287	
Cr	96	57	112	136	130	144	81	60	139	130
Ni	74	33	60	75	150	89	62	57	97	100
Cu	80	268	220	133		96	112	121	98	
Zn	96	181	121	149		858	128	131	320	
Rb					0					0
Sr	137	193	398	167	380	165	223	140	163	150
Y	22	41	27	28	14	21	24	25	22	26
Zr	81	150	106	112	90	72	98	99	78	0
Nb										
Ba	101	171	241	103	300	66	68	104	54	200
Pb										
Sc	40	38	34	36		35	38	39	38	
Th										
U										
La										
Ce										
Pr										
Nd										
Sm										
Eu										
Gd										
Tb										
Dy										
Ho										
Er										
Tm										
Yb										
Lu										

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample*, *map-sheet, coordinates, rock*
11) 68-6-RMA-78, 3242 12A, x = 6971,760, y = 3532,900, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
12) 56-RMA-78, 3242 12A, x = 6971,800, y = 3532,110, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
13) 66-2-RMA-79, 3242 12A, x = 6977,160, y = 3531,300, porfyyrinen metalaava – *porphyritic metalava*
14) 11-1-HJL-85, 3331 07C, x = 6980,280, y = 3529,700, massiivinen metalaava – *massive metalava*
15) 110.55-RMA-79, 3242 09C, x = 6971,850, y = 3529,540, massiivinen metalaava – *massive metalava*
16) 532-RMA-79, 3242 11A, x = 6967,560, y = 3530,980, massiivinen metalaava – *massive metalava*
17) 531-RMA-79, 3242 11B, x = 6967,620, y = 3531,140, massiivinen metalaava – *massive metalava*
18) 529-RMA-79, 3242 11B, x = 6967,740, y = 3531,320, massiivinen metalaava – *massive metalava*
19) 102-2-RMA-78, 3242 12A, x = 6972,280, y = 3534,340, massiivinen metalaava – *massive metalava*
20) 68-1-RMA-78, 3242 12A, x = 6971,790, y = 3532,900, massiivinen metalaava – *massive metalava*

Taulukko 3. jatkuu
Table 3. continued

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Lab	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	GTK2	GTK1	GTK2
SiO2 %	48,79	48,80	53,59	51,51	50,64	50,32	50,32	53,19	51,12	51,72
TiO2	1,26	1,36	1,29	1,73	1,33	1,73	1,73	1,84	1,39	1,32
Al2O3	15,74	13,78	15,08	14,20	14,10	14,14	13,20	14,12	14,30	13,72
Fe2O3t	13,80	13,91	10,59	13,52	14,40	12,61	15,86	13,27	13,13	11,89
MnO	0,17	0,18	0,15	0,17	0,20	0,20	0,21	0,18	0,19	0,19
MgO	6,97	7,70	5,02	5,09	6,34	5,47	5,63	4,44	6,59	5,78
CaO	9,25	9,04	8,55	10,11	9,58	13,71	10,06	8,50	9,69	10,35
Na2O	3,40	2,75	3,13	3,00	3,09	1,24	2,21	3,39	2,61	2,60
K2O	0,49	0,63	0,58	0,45	0,32	0,32	0,24	0,46	0,85	0,50
P2O5	0,15	0,14	0,17	0,21	0,15	0,17	0,20	0,23	0,17	0,18
Summa – *Sum*	100,02	98,29	98,15	99,99	100,15	99,91	99,66	99,62	100,04	98,25
S ppm										
Cl										
V	323	292	265	299	320	389	334	382		270
Cr	147	142	100	195	111	115	107	96	120	75
Ni	97	98	55	98	54	70	43	56	98	68
Cu	104	215	53	77	53	196	36	63		40
Zn	146	161	116	179	131	136	120	130		120
Rb									0	
Sr	99	243	321	281	162	220	167	166	230	190
Y	24	22	22	29	25	32	29	32	39	24
Zr	80	114	122	117	85	117	111	156	150	108
Nb										
Ba	104	220	195	156	95	67	72	270	900	215
Pb										
Sc	44	39	33	34	40	41	36	39		34
Th								0,80		0,70
U								1,70		0,30
La								13,50		11,60
Ce								33,00		23,00
Pr										
Nd								10,40		20,00
Sm								5,40		4,50
Eu								1,67		1,31
Gd										
Tb								0,94		0,61
Dy										
Ho										
Er										
Tm										
Yb								2,60		1,95
Lu								0,36		0,24

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample*, *map-sheet, coordinates, rock*
21) 68-7-RMA-78, 3242 12A, x = 6971,810, y = 3532,910, massiivinen metalaava – *massive metalava*
22) 68-8-RMA-78, 3242 12A, x = 6971,860, y = 3532,900, massiivinen metalaava – *massive metalava*
23) 69-RMA-78, 3242 12A, x = 6971,910, y = 3532,860, massiivinen metalaava – *massive metalava*
24) 65-1-RMA-78, 3242 12A, x = 6971,880, y = 3532,730, massiivinen metalaava – *massive metalava*
25) 65-2-RMA-78, 3242 12A, x = 6971,920, y = 3532,730, massiivinen metalaava – *massive metalava*
26) 275-RMA-78, 3242 12A, x = 6973,480, y = 3530,440, massiivinen metalaava – *massive metalava*
27) 678-RMA-79, 3242 12B, x = 6975,100, y = 3530,240, massiivinen metalaava – *massive metalava*
28) 409-RMA-79, 3242 11B, x = 6969,160, y = 3531,380, metatyynylaava – *pillowed metalava*
29) 107A-RMA-78, 3242 12A, x = 6972,470, y = 3534,380, metatyynylaava – *pillowed metalava*
30) 107B-RMA-78, 3242 12A, x = 6972,470, y = 3534,380, metatyynylaava – *pillowed metalava*

Taulukko 3. jatkuu
Table 3. continued

	31	32
Lab	GTK2	GTK1
SiO2 %	47,85	51,55
TiO2	1,50	1,26
Al2O3	14,63	13,66
Fe2O3t	14,31	13,47
MnO	0,20	0,17
MgO	7,13	6,27
CaO	10,60	10,08
Na2O	2,31	2,98
K2O	1,04	0,37
P2O5	0,20	0,16
Summa – *Sum*	99,77	99,97
S ppm		
Cl		
V	295	
Cr	96	98
Ni	63	81
Cu	37	
Zn	132	
Rb		0
Sr	235	0
Y	29	32
Zr	133	96
Nb		
Ba	880	200
Pb		
Sc	39	
Th		
U		
La		
Ce		
Pr		
Nd		
Sm		
Eu		
Gd		
Tb		
Dy		
Ho		
Er		
Tm		
Yb		
Lu		

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample*, *map-sheet, coordinates, rock*
31) 107C-RMA-78, 3242 12A, x = 6972,470, y = 3534,380, metatyynylaava – *pillowed metalava*
32) 286-1-RMA-78, 3242 12A, x = 6972,540, y = 531,520, metatyynylaava – *pillowed metalava*

Taulukko 4. Sarvivälkegneissien, maasälpägneissien ja amfiboliittien kemiallisia koostumuksia.
Table 4. Chemical composition of the hornblende gneisses, feldspar gneisses and amphibolites.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lab	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR
SiO2 %	60,90	64,90	55,90	54,64	59,14	59,60	61,44	51,85	64,75	65,00
TiO2	0,79	0,58	1,05	0,96	0,97	0,86	0,91	0,85	0,76	0,60
Al2O3	15,90	16,20	15,30	15,92	15,56	16,46	16,10	13,85	15,16	16,40
Fe2O3t	6,61	5,10	9,48	10,14	8,27	7,12	7,12	11,22	5,84	4,75
MnO	0,11	0,10	0,17	0,17	0,13	0,14	0,15	0,22	0,12	0,07
MgO	2,89	1,51	3,97	4,60	3,95	2,68	1,99	6,95	1,39	1,81
CaO	5,03	3,87	6,41	7,34	5,37	6,49	4,49	9,88	3,86	4,73
Na2O	3,61	3,80	3,22	3,09	2,94	3,42	4,25	3,05	3,91	3,90
K2O	2,10	3,38	3,43	2,28	2,72	2,39	2,64	1,52	3,25	1,92
P2O5	0,39	0,22	0,29	0,34	0,31	0,28	0,31	0,18	0,26	0,21
Summa – *Sum*	98,33	99,65	99,22	99,47	99,36	99,43	99,41	99,56	99,30	99,38
S ppm	20	20	20	40	310	640	180	280	250	680
Cl	180	311	136							
V	153	93	252	200	135	140	80	255	40	85
Cr	51	0	201	150	165	55	25	320	60	40
Ni	35	0	48	40	65	20	10	55	20	30
Cu	20	0	30	0	35	70	0	25	40	50
Zn	100	67	126	130	130	100	120	140	110	75
Rb	82	58	62	55	90	45	75	35	60	60
Sr	612	553	563	745	730	670	500	305	460	645
Y	30	17	30	15	15	10	20	15	20	10
Zr	95	171	119	130	185	130	160	80	165	180
Nb	13	0	15							
Ba	458	972	885	750	680	890	875	350	1145	510
Pb	0	0	0							
Sc	18	12	30							
Th	0,8	1,1	2,4							
U	0,6	0,3	0,9							
La	19,8	23,2	19,2	20,2	38,6	20,7				22,2
Ce	48,3	46,7	46,2	32,6	59,4	32,4				30,9
Pr	7,0	5,7	6,3							
Nd	31,1	21,2	26,2	17,6	28,6	19,9				13,1
Sm	7,28	4,32	6,02	5,35	6,15	4,63				3,00
Eu	1,22	0,94	1,37	1,07	1,40	1,04				0,83
Gd	6,84	4,20	5,80							
Tb	1,00	0,56	0,82	0,54	0,63	0,46				0,32
Dy	5,49	3,36	4,79							
Ho	1,02	0,60	0,93							
Er	2,72	1,88	2,55							
Tm	0,35	0,26	0,41							
Yb	2,09	1,59	2,66	1,60	1,53	1,43				0,83
Lu	0,28	0,27	0,37	0,23	0,25	0,21				0,15

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map-sheet, coordinates, rock*
1) 3-HMM-80, 3331 01B, x = 6989,100, y = 3502,050, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*
2) KA0239, 3242 03B, x = 6975,000, y = 3503,760, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*
3) 45-PMF-87, 3242 04D, x = 6958,740, y = 3519,610, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*
4) 237.1-PMF-86, 3242 05B, x = 6967,080, y = 3514,920, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*
5) 402-PMF-87, 3242 05D, x = 6966,100, y = 3519,240, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*
6) 44.4-PMF-86, 3242 05C, x = 6961,540, y = 3516,060, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*
7) 254.1-PMF-86, 3242 05B, x = 6969,200, y = 3513,300, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*
8) 254.2-PMF-86, 3242 05B, x = 6969,200, y = 3513,300, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*
9) 333-PMF-86, 3242 05D, x = 6966,160, y = 3517,400, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*
10) 117.1-PMF-86, 3242 05C, x = 6962,660, y = 3518,800, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*

Taulukko 4. jatkuu
Table 4. continued

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lab	RR	GTK/ka	RR	GTK1	GTK1	GTK1	GTK1	GTK1	GTK1	RR
SiO2 %	54,60	49,80	49,06	48,24	49,79	51,38	50,44	48,22	56,37	62,68
TiO2	0,91	1,15	1,09	1,53	1,50	1,58	1,73	1,80	0,76	0,69
Al2O3	17,00	15,80	15,77	13,74	14,58	14,98	12,83	13,38	16,39	16,90
Fe2O3t	8,91	11,40	11,99	15,53	12,98	12,29	15,93	15,79	8,96	5,92
MnO	0,15	0,17	0,19	0,21	0,18	0,15	0,21	0,19	0,15	0,11
MgO	4,30	6,92	6,18	6,79	6,27	6,03	5,28	4,91	4,58	1,69
CaO	7,98	9,40	10,90	10,00	9,36	7,68	10,32	12,73	7,39	5,17
Na2O	3,64	3,18	3,19	3,16	2,97	4,73	1,85	1,37	3,29	4,30
K2O	1,68	0,90	0,90	0,57	0,95	0,43	0,60	0,66	1,10	1,81
P2O5	0,40	0,43	0,35	0,11	0,16	0,12	0,18	0,20	0,29	0,28
Summa – *Sum*	99,57	99,16	99,62	99,89	98,73	99,38	99,39	99,26	99,28	99,55
S ppm	600	0	70							230
Cl		0								
V	165	285	275							80
Cr	110	211	225	20	36	0				35
Ni	60	62	75	54	64	0				20
Cu	55	0	0							0
Zn	115	111	115	21	22					70
Rb	45	14	10	20	19	0	50	0		50
Sr	700	769	620	190	260	0	390	180		650
Y	15	21	10	0	0	0	0	0		10
Zr	225	68	65	110	120	90	140	90		160
Nb		0		0	0	0	0	0		
Ba	455	229	200	200	400	200	400	350		530
Pb		0								
Sc		34								
Th		1,1	10							
U		0,5	10							
La		14,6	10,3	7,0	11,2	6,4				
Ce		32,6	15,5	18,3	26,0	15,0				
Pr		4,6								
Nd		20,1	10,6	3,8	10,1	12,0				
Sm		4,61	3,79	3,8	5,1	3,3				
Eu		1,26	1,02	1,5	1,4	1,2				
Gd		4,94								
Tb		0,64	0,48	0,48	0,59	0,63				
Dy		3,48								
Ho		0,63								
Er		1,88								
Tm		0,26								
Yb		1,78	1,06	2,30	2,20	1,82				
Lu		0,26	0,19	0,27	0,24	0,21				

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map-sheet, coordinates, rock*
11) 117.2-PMF-86, 3242 05C, x = 6962,660, y = 3518,800, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*
13) 122-PIM-00, 3242 05C, x = 6963,210, y = 3518,920, sarvivälkegneissi – *hornblende gneiss*
12) 427.1-JML-83, 3242 05C, x = 6962,000, y = 3519,040, uraliittiporfyriitti – *uralite porphyrite*
14) 7A-HKÅ-82, 3331 08C, x = 6990,290, y = 3529,800, amfiboliitti – *amphibolite*
15) 39-HKÅ-82, 3331 08C, x = 6990,180, y = 3529,610, amfiboliitti – *amphibolite*
16) 125-HJL-81, 3331 11A, x = 6990,270, y = 3530,520, amfiboliitti – *amphibolite*
17) 64-1-EMR-80, 3331 05A, x = 6990,120, y = 3513,630, amfiboliitti – *amphibolite*
18) 92-1-EMR-80, 3331 05A, x = 6991,150, y = 3514,100, amfiboliitti – *amphibolite*
19) 290-HMM-79, 3331 02A, x = 6990,910, y = 3501,460, meta-agglomeraatti – *meta-agglomerate*
20) 44.1-PMF-86, 3242 05C, x = 6961,540, y = 3516,060, maasalpägneissi – *feldspar gneiss*

Taulukko 4. jatkuu
Table 4. continued

	21	22
Lab	RR	RR
SiO2 %	74,27	67,80
TiO2	0,19	0,42
Al2O3	13,16	15,27
Fe2O3t	1,97	4,09
MnO	0,02	0,10
MgO	0,14	0,97
CaO	0,77	2,78
Na2O	3,50	3,97
K2O	5,33	3,77
P2O5	0,02	0,15
Summa – *Sum*	99,37	99,32
S ppm	0	420
Cl		
V	0	40
Cr	20	30
Ni	15	15
Cu	0	10
Zn	20	80
Rb	90	100
Sr	135	430
Y	10	10
Zr	265	185
Nb		
Ba	740	925
Pb		
Sc		
Th		
U		
La	38,0	
Ce	56,7	
Pr		
Nd	24,7	
Sm	4,81	
Eu	0,44	
Gd		
Tb	0,52	
Dy		
Ho		
Er		
Tm		
Yb	2,03	
Lu	0,30	

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map-sheet, coordinates, rock*
21) 69-PMF-86, 3242 05C, x = 6962,200, y = 3518,180, maasälpägneissi – *feldspar gneiss*
22) 175-PMF-86, 3242 05C, x = 6966,120, y = 3514,980, maasälpägneissi – *feldspar gneiss*

Taulukko 5. Paleoproterotsooisten metasedimenttien kemiallisia koostumuksia.
Table 5. Chemical composition of the Palaeoproterozoic metasedimentary rocks.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lab	GTK1	GTK/ka	GTK1	GTK1	GTK1	GTK1	GTK1	GTK/ka	RR	GTK/ka
SiO2 %	68,67	95,50	85,40	95,32	95,77	64,46	57,82	60,70	57,30	58,30
TiO2	0,31	0,04	0,13	0,06	0,05	0,66	0,89	0,65	1,27	1,05
Al2O3	13,26	1,88	9,90	2,08	2,03	15,63	20,56	17,30	18,90	17,50
Fe2O3t	1,59	0,21	0,81	0,38	0,46	6,83	9,47	5,68	7,12	9,62
MnO	0,05	0,01	0	0	0	0,16	0,06	0,07	0,08	0,10
MgO	1,41	0,04	0,26	0,34	0,48	2,50	3,06	2,69	2,33	4,22
CaO	6,75	0,07	0,11	0,18	1,20	4,53	1,86	4,10	5,06	2,44
Na2O	1,68	0,24	0,71	0,39	0,65	3,77	3,03	4,74	3,45	2,80
K2O	5,16	0,38	0,14	0,30	0	1,05	2,31	2,21	3,13	3,34
P2O5	0,08	0,04	0,07	0,04	0,05	0,21	0,09	0,26	0,59	0,13
Summa – *Sum*	98,96	98,40	97,53	99,09	100,69	99,80	99,15	98,39	99,25	99,50
S ppm		0						710	1180	308
Cl		0						100	259	0
V		0						116	95	229
Cr		0	0	0	0			0	46	168
Ni		0	0	0	0			0	20	89
Cu		0						30	10	0
Zn		0						93	145	137
Rb	150	12	0	0	0			79	130	100
Sr	130	21	120	0	0			680	1110	331
Y		0	0	0	0			0	10	32
Zr	120	83	80	60	0			154	305	183
Nb		0	0	0	0			0	16	15
Ba	1500	77	200	200	200			718	1435	842
Pb		0						0	20	30
Sc		2						11		27
Th		4,7						2,6	0	11,3
U		1						0,0	0	1,6
La		7,4						31,0		41,6
Ce		15,2						62,5		83,5
Pr		1,73						7,16		9,79
Nd		6,4						27,3		35,6
Sm		1,25						4,3		5,88
Eu		0,2						1,02		1,64
Gd		1,17						3,35		6,16
Tb		0,17						0,41		0,84
Dy		0,81						1,77		4,52
Ho		0,15						0,29		0,91
Er		0,48						0,88		2,83
Tm		0,00						0,13		0,43
Yb		0,5						0,75		2,9
Lu		0,00						0,1		0,43

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
1) Li4-RMA-82, 3242 12A, x = 6971,165, y = 3533,280, arkosiitti – *arkosite*
2) 111-HJL-81, 3331 08C, x = 6991,470, y = 3529,000, kvartsiitti – *quartzite*
3) 3-HKÅ-82, 3331 08C, x = 6990,950, y = 3529,260, kvartsiitti – *quartzite*
4) 21.1-HKÅ-82, 3331 08C, x = 6990,820, y = 3529,965, kvartsiitti – *quartzite*
5) 114.1-HJL-81, 3331 08C, x = 6991,300, y = 3529,145, kvartsiitti – *quartzite*
6) 225-HMM-79, 3331 02A, x = 6993,440, y = 3500,710, maasalpaliuske – *feldspar schist*
7) 325-HMM-79, 3331 02A, x = 6991,950, y = 3501,380, kiillegneissi – *mica gneiss*
8) KA2374, 3331 03D, x = 7006,400, y = 3506,630, kiillegneissi – *mica gneiss*
9) 132.22-POT-87, 3242 01C, x = 6950,020, y = 3509,160, kiilleliuske – *mica schist*
10) 1-TJH-84, 3242 02B, x = 6965,680, y = 3504,620, kiillegneissi – *mica gneiss*

Taulukko 5. jatkuu
Table 5. continued

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lab	GTK/ka	RR	RR	RR	RR	GTK0	GTK3	GTK/ka	RR	RR
SiO2 %	60,10	62,87	64,14	60,23	57,56	56,67	57,56	60,10	71,55	72,01
TiO2	0,86	0,74	0,69	0,81	0,92	0,95	1,09	1,07	0,70	0,69
Al2O3	16,80	16,20	17,50	17,34	18,40	19,37	17,75	17,20	10,57	10,18
Fe2O3t	9,46	7,54	6,91	9,59	9,99	9,79	9,61	9,30	6,58	6,75
MnO	0,08	0,09	0,07	0,08	0,15	0,06	0,07	0,07	0,05	0,05
MgO	4,81	3,05	2,41	4,68	2,84	4,87	4,19	3,56	2,29	2,36
CaO	0,88	2,33	2,04	0,92	6,06	1,03	0,97	0,99	2,33	2,55
Na2O	1,61	3,13	2,64	1,64	0,52	2,32	3,04	2,32	1,88	1,60
K2O	3,64	3,25	2,96	4,06	2,75	3,71	3,48	3,87	2,18	2,03
P2O5	0,11	0,09	0,09	0,07	0,32	0,03	0,10	0,07	0,08	0,09
Summa – *Sum*	98,35	99,28	99,45	99,41	99,52	98,80	97,86	98,55	98,21	98,31
S ppm	1360	3760	90	400	1370	1500	2200	8960	11100	12300
Cl	0						7	0		
V	197	125	100	165	15		238	210	210	200
Cr	243	150	140	275	20		260	235	120	140
Ni	143	80	65	165	15		130	119	90	90
Cu	48	40	20	10	15		78	91	80	90
Zn	139	120	110	150	175		134	138	200	190
Rb	133	115	115	155	100	160	130	133		
Sr	104	255	260	110	405	80	168	110	90	100
Y	23	10	20	15	15	20	25	22		
Zr	140	130	150	125	140	160	150	174	110	120
Nb	14						15	14	0	0
Ba	413	760	730	410	480	300	386	419	220	270
Pb	31						40	44	20	20
Sc	30						32	26		
Th	12,1	0	0	0	0		8,0	11,1	0	0
U	2,6	0	0	0	0		3,0	3,0	0	0
La	34,8		41,9	37,8	24,5		35,3	31,9	13,6	
Ce	68,8		63,4	52,2	39,0		69,3	61,5	23,0	
Pr	8,19						8,65	7,4		
Nd	31,6		30,4	24,8	20,6		31,9	28,1	11,3	
Sm	5,81		6,01	5,48	5,39		5,48	5,29	2,36	
Eu	1,22		1,34	0,97	1,25		1,81	1,17	0,69	
Gd	5,68						4,7	4,91		
Tb	0,78		0,68	0,64	0,62		0,67	0,69	0,45	
Dy	4,28						3,93	3,65		
Ho	0,84						0,75	0,72		
Er	2,13						2,1	2,07		
Tm	0,35						0,35	0,33		
Yb	2,07		2,44	1,69	1,99		2,06	1,95	1,37	
Lu	0,34		0,38	0,3	0,33		0,31	0,3	0,16	

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
11) 6-2-HJL-87, 3242 04C, x = 6950,350, y = 3517,270, kiillegneissi – *mica gneiss*
12) 12.6-PMF-86, 3242 05C, x = 6963,430, y = 3515,440, kiillegneissi – *mica gneiss*
13) 154.1-PMF-86, 3242 05D, x = 6965,360, y = 3515,680, kiillegneissi – *mica gneiss*
14) 208B-PMF-86, 3242 05A, x = 6964,180, y = 3514,820, kiillegneissi – *mica gneiss*
15) 384.2-JML-83, 3242 05A, x = 6964,680, y = 3513,930, kiillegneissi – *mica gneiss*
16) KUO1B-JVP-77, 3242 12A, x = 6973,080, y = 3532,020, kiillegneissi – *mica gneiss*
17) 140-1-RMA-78, 3242 12A, x = 6973,050, y = 3533,200, kiillegneissi – *mica gneiss*
18) 254-RMA-78, 3242 12A, x = 6973,520, y = 3532,030, kiillegneissi – *mica gneiss*
19) 78.4-HJL-84, 3331 09C, x = 7002,580, y = 3529,390, kiillegneissi – *mica gneiss*
20) 78.6-HJL-84, 3331 09C, x = 7002,580, y = 3529,391, kiillegneissi – *mica gneiss*

Taulukko 5. jatkuu
Table 5. continued

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Lab	RR	RR	GTK/ka	RR	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	RR	RR	RR
SiO2 %	62,05	63,13	76,10	69,56	61,10	65,90	65,20	69,20	64,98	65,16
TiO2	0,70	1,12	0,23	0,96	0,79	0,75	0,69	0,30	0,74	0,75
Al2O3	16,67	16,67	12,20	10,09	15,70	14,50	15,00	15,17	15,67	15,20
Fe2O3t	6,96	6,85	1,81	8,79	7,92	6,70	6,56	3,08	6,55	7,22
MnO	0,07	0,11	0,02	0,06	0,08	0,08	0,09	0,05	0,06	0,08
MgO	2,92	3,15	0,80	3,59	3,54	2,91	2,88	1,70	2,68	3,07
CaO	2,30	1,63	0,80	1,33	2,47	2,14	2,25	2,10	1,80	1,94
Na2O	3,70	0,50	4,02	1,31	2,92	2,94	3,07	4,25	2,58	2,55
K2O	3,47	6,16	2,94	3,56	4,40	3,40	3,57	3,42	4,03	3,09
P2O5	0,12	0,13	0,05	0,11	0,18	0,11	0,15	0,07	0,12	0,12
Summa – *Sum*	98,96	99,45	98,97	99,36	99,10	99,42	99,46	99,34	99,20	99,18
S ppm	9400	3400	830	2900	6250	1970	3110	60	3210	2830
Cl			0		160	183	0			
V	105	170	42	260	165	152	137	32	100	120
Cr	135	140	46	110	130	129	112	38	140	170
Ni	70	60	23	100	70	58	48	30	70	85
Cu	20	30	0	50	63	44	40	0	50	15
Zn	145	130	36	200	132	112	110	80	115	120
Rb	155		72		152	121	123	95	140	130
Sr	140	60	162	60	254	243	221	365	205	205
Y	20		10		16	21	25	3	10	20
Zr	135	180	88	140	192	203	176	100	175	175
Nb		20	0	0	17	13	13			
Ba	385	480	554	520	875	648	743	1250	740	475
Pb		30	31	20	33	0	0			
Sc			3		20	16	21			
Th	0	0	5,1	0	12,2	10,9	11,1	0	0	0
U	0	0	1,3	0	1,9	1,7	2,0	0	0	0
La	29,0	33,7	10,2	6,1	39,4	37,9	33,3			41,0
Ce	49,6	53,1	19,4	11,1	75,7	77,1	66,2			61,5
Pr			2,16		8,71	9,11	7,89			
Nd	23,7	30,0	7,5	6,0	32,4	32,9	29,6			27,5
Sm	4,70	5,48	1,49	1,50	5,88	5,91	5,55			5,60
Eu	1,19	1,29	0,27	0,48	1,22	1,03	0,99			1,04
Gd			1,70		5,32	5,22	5,45			
Tb	0,65	0,70	0,23	0,30	0,69	0,72	0,78			0,66
Dy			1,30		3,08	3,16	4,22			
Ho			0,27		0,55	0,55	0,85			
Er			0,84		1,48	1,66	2,30			
Tm			0,13		0,19	0,22	0,35			
Yb	2,11	1,63	0,85	0,85	1,22	1,57	2,19			1,81
Lu	0,27	0,19	0,13	0,09	0,18	0,19	0,33			0,32

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
21) SJ1-53.15m, 3331 11C, x = 6992,760, y = 3538,570, kiillegneissi – *mica gneiss*
22) KAS1-5, 3331 11A, x = 6993,440, y = 3533,740, kiillegneissi – *mica gneiss*
23) 21-HJL-82, 3331 11C, x = 6993,220, y = 3538,300, kiillegneissi – *mica gneiss*
24) 203.1-JML-82, 3331 12A, x = 7001,800, y = 3530,045, kiillegneissi – *mica gneiss*
25) 137-POT-87, 3242 01D, x = 6955,740, y = 3506,560, kiillegneissi – *mica gneiss*
26) 42-TJH-84, 3242 02D, x = 6968,510, y = 3507,440, kiillegneissi – *mica gneiss*
27) 22-NMK-96, 3242 04A, x = 6953,810, y = 3510,670, kiillegneissi – *mica gneiss*
28) 6-HJL-87, 3242 04C, x = 6950,330, y = 3517,260, kiillegneissi – *mica gneiss*
29) 208.1-PMF-86, 3242 05A, x = 6964,270, y = 3514,800, kiillegneissi – *mica gneiss*
30) 208.2-PMF-86, 3242 05A, x = 6964,270, y = 3514,800, kiillegneissi – *mica gneiss*

Taulukko 5. jatkuu
Table 5. continued

	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Lab	RR	GTK3	RR	RR	GTK3	GTK3	RR	RR	GTK/ka	GTK3
SiO2 %	68,96	68,74	65,64	70,86	70,33	66,62	63,40	61,93	61,20	66,40
TiO2	0,60	0,67	0,62	0,64	0,70	0,63	1,04	0,85	1,15	0,72
Al2O3	12,93	13,76	15,80	12,60	12,76	14,51	15,48	16,10	16,30	16,00
Fe2O3t	5,51	5,80	6,28	5,19	5,29	5,57	7,30	9,18	7,97	4,93
MnO	0,08	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,05
MgO	2,27	2,55	2,60	2,18	2,37	2,51	2,21	4,21	2,43	2,03
CaO	2,63	1,53	1,61	2,43	2,39	2,42	3,25	1,15	3,14	3,60
Na2O	2,36	2,35	2,32	2,67	2,69	3,14	2,96	1,69	3,06	3,71
K2O	3,58	3,71	4,15	2,36	2,36	2,59	3,13	3,91	3,34	1,90
P2O5	0,14	0,07	0,08	0,14	0,15	0,18	0,38	0,07	0,74	0,27
Summa – *Sum*	99,05	99,22	99,15	99,13	99,11	98,23	99,23	99,17	99,42	99,61
S ppm	4730	1400	4970	260	80	1360	2210	3260	1590	1370
Cl		100			60	38			260	0
V	105	123	105	95	121	112	90	155	122	90
Cr	110	129	140	115	116	113	80	250	76	60
Ni	60	54	85	50	40	53	40	135	38	22
Cu	20	17	55	0	11	21	25	45	31	43
Zn	85	107	105	65	73	84	120	140	128	89
Rb	105	132	130	75	79	95	125	145	130	78
Sr	195	221	205	225	247	242	245	145	264	631
Y	10	24	20	15	24	33	30	20	40	11
Zr	170	210	135	190	236	190	355	160	394	178
Nb		13			9	9			14	15
Ba	615	734	935	535	543	459	670	575	863	740
Pb		33			25	38			35	31
Sc		17			15	15			25	20
Th	0	0	0	0	0	0	0	0	3,6	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	3,6	0
La		48,9	38,7	36,5	35,1	38,6			26,7	29,3
Ce		99,1	57,5	59,8	69,0	76,7			58,6	59,1
Pr		11,60			8,18	8,68			7,65	6,97
Nd		43,2	26,0	29,0	30,6	32,6			33,5	25,1
Sm		7,62	5,27	5,23	5,53	5,71			8,83	4,88
Eu		1,49	1,15	1,17	1,10	1,54			1,67	1,14
Gd		6,86			5,18	5,31			8,66	4,09
Tb		0,88	0,58	0,61	0,72	0,78			1,38	0,63
Dy		3,99			3,63	3,73			7,69	3,21
Ho		0,71			0,71	0,74			1,45	0,63
Er		1,97			2,08	2,20			3,59	1,99
Tm		0,27			0,31	0,30			0,50	0,26
Yb		1,74	1,74	2,16	2,23	2,06			2,67	1,84
Lu		0,23	0,26	0,33	0,29	0,32			0,40	0,28

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
31) 470-PMF-87, 3242 05A, x = 6960,150, y = 3514,170, kiillegneissi – *mica gneiss*
32) 384-JML-83, 3242 05A, x = 6964,680, y = 3513,930, kiillegneissi – *mica gneiss*
33) 384.1-JML-83, 3242 05A, x = 6964,680, y = 3513,930, kiillegneissi – *mica gneiss*
34) 133.1-SKV-86, 3242 05A, x = 6961,700, y = 3510,340, kiillegneissi – *mica gneiss*
35) 133-SKV-86, 3242 05A, x = 6961,760, y = 3510,480, kiillegneissi – *mica gneiss*
36) 121-PMF-86, 3242 05B, x = 6965,360, y = 3512,980, kiillegneissi – *mica gneiss*
37) 183-PMF-86, 3242 05B, x = 6967,580, y = 3511,360, kiillegneissi – *mica gneiss*
38) 375-JML-83, 3242 05B, x = 6965,360, y = 3513,550, kiillegneissi – *mica gneiss*
39) 15-JKL-95, 3242 08A, x = 6960,600, y = 3521,510, kiillegneissi – *mica gneiss*
40) 407-4-RMA-79, 3242 11B, x = 6969,025, y = 3531,170, kiillegneissi – *mica gneiss*

Taulukko 5. jatkuu
Table 5. continued

	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Lab	GTK0	GTK3	GTK3	RR	GTK/ka	GTK3	GTK3	GTK3	GTK3	GTK/ka
SiO2 %	69,66	63,06	59,32	56,19	54,60	54,50	57,77	54,81	54,91	51,20
TiO2	0,75	0,85	0,75	1,11	1,08	1,10	1,07	1,18	1,19	1,83
Al2O3	12,97	14,03	13,34	18,00	18,20	18,10	16,74	18,48	19,03	14,80
Fe2O3t	5,88	8,68	7,85	12,31	12,40	12,00	10,26	11,16	10,62	16,00
MnO	0,07	0,06	0,06	0,10	0,09	0,07	0,07	0,08	0,08	0,15
MgO	2,69	3,78	4,74	6,06	6,39	5,53	4,39	4,97	4,68	5,38
CaO	1,96	1,07	2,56	0,78	0,44	0,62	0,45	0,38	0,76	6,28
Na2O	2,54	2,39	2,34	0,91	0,70	1,13	1,64	1,41	2,46	2,46
K2O	2,48	3,42	2,39	3,84	3,97	3,82	3,58	3,96	3,60	1,25
P2O5	0,11	0,21	0,14	0,04	0,05	0,10	0,07	0,06	0,05	0,19
Summa – *Sum*	99,11	97,55	93,49	99,35	97,93	96,97	96,03	96,49	97,37	99,55
S ppm	2600	2980	33160	1870	1200	3790	2990	1870	1590	2120
Cl		23	62		0	9	25	18	29	193
V		167	284	220	249	260	244	260	273	441
Cr		188	248	355	315	291	247	281	270	150
Ni		136	178	200	189	173	152	150	158	92
Cu		102	80	45	50	118	100	62	47	119
Zn		126	195	180	172	165	139	158	142	215
Rb	90	133	105	140	135	163	131	136	135	37
Sr	190	126	158	125	69	71	76	65	108	201
Y	20	27	29	25	28	25	28	33	25	28
Zr	160	140	148	155	164	149	158	158	157	121
Nb		14	10		15	15	14	15	13	0
Ba	300	294	220	530	506	444	459	494	372	242
Pb		35	34		0	31	34	35	35	0
Sc		19	20		31	23	32	40	36	45
Th		8,0	8,0	0	14,8	0	9,0	0	0	1,3
U		2,0	6,0	0	2,1	0	1,0	0	0	0,7
La		25,3	32,2	41,9	42,4	27,8	34,1	38,0	37,7	9,8
Ce		50,2	62,1	58,1	84,0	55,5	67,6	76,8	74,3	23,9
Pr		6,09	7,46		10,10	6,71	8,23	9,24	9,06	3,41
Nd		23,6	28,1	28,6	38,3	25,9	31,9	35,1	35,2	16,4
Sm		5,34	5,55	5,96	6,63	4,34	5,38	6,76	5,89	4,79
Eu		1,26	1,34	0,87	0,91	1,18	1,26	1,24	1,58	1,46
Gd		5,49	5,39		6,38	4,24	4,72	5,72	5,19	5,46
Tb		0,77	0,79	0,80	0,97	0,60	0,62	0,85	0,63	0,89
Dy		4,06	4,41		5,34	3,50	3,26	4,49	2,76	5,30
Ho		0,74	0,87		0,87	0,68	0,57	0,96	0,46	0,98
Er		1,99	2,69		2,54	1,81	1,56	2,67	1,19	3,10
Tm		0,24	0,36		0,33	0,27	0,21	0,41	0,14	0,44
Yb		1,91	2,84	3,00	2,22	1,77	1,53	2,57	1,02	2,67
Lu		0,26	0,41	0,52	0,32	0,25	0,20	0,39	0,16	0,43

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
41) KUO1A-JVP-77, 3242 12A, x = 6973,080, y = 3532,020, *kiillegneissi – mica gneiss*
42) 140-5-RMA-78, 3242 12A, x = 6973,050, y = 3533,200, *kiillegneissi – mica gneiss*
43) Q52-25.75, 3242 12B, x = 6976,560, y = 3532,035, *kiilleliuske – mica schist*
44) 12.2-PMF-86, 3242 05C, x = 6963,180, y = 3515,680, kiilleneissi – *mica gneiss*
45) 120-PMF-86, 3242 05B, x = 6965,520, y = 3512,770, kiillegneissi – *mica gneiss*
46) 407-3-RMA-79, 3242 11B, x = 6969,025, y = 3531,170, kiillegneissi – *mica gneiss*
47) 140-2-RMA-78, 3242 12A, x = 6973,050, y = 3533,200, kiillegneissi – *mica gneiss*
48) 140-3-RMA-78, 3242 12A, x = 6973,050, y = 3533,200, kiillegneissi – *mica gneiss*
49) 140-4-RMA-78, 3242 12A, x = 6973,050, y = 3533,200, kiillegneissi – *mica gneiss*
50 738-PIM-99, 3242 09A, x = 6971,320, y = 3522,700, kiillegneissi – *mica gneiss*

Taulukko 5. jatkuu
Table 5. continued

	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Lab	GTK/ka	GTK3	GTK3	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK1	GTK/ka
SiO2 %	59,30	51,56	54,43	49,90	56,40	58,40	59,00	61,50	74,49	77,80
TiO2	1,23	0,91	0,81	1,30	1,05	0,99	0,92	0,93	0,35	0,33
Al2O3	15,30	15,53	12,84	18,80	18,10	17,20	13,10	15,10	12,03	10,60
Fe2O3t	10,80	13,92	13,74	11,78	10,50	10,40	9,42	9,10	2,99	2,53
MnO	0,07	0,06	0,05	0,10	0,08	0,08	0,14	0,08	0,03	0,02
MgO	3,55	4,20	3,04	5,07	4,39	4,83	4,71	3,13	1,27	0,97
CaO	2,29	1,08	1,33	0,40	2,01	1,06	4,89	1,86	1,39	1,55
Na2O	2,69	1,74	1,86	1,40	2,68	1,83	2,59	3,07	3,49	3,26
K2O	3,50	4,14	3,44	6,15	4,07	3,71	2,59	3,46	1,82	1,15
P2O5	0,12	0,10	0,14	0,05	0,06	0,11	0,22	0,02	0,07	0,05
Summa – *Sum*	98,85	93,24	91,68	94,95	99,34	98,61	97,58	98,25	97,92	98,26
S ppm	5500	55070	52200	2820	1230	4810	0	3560		1320
Cl	195	65	63	610	182	0	0	310		0
V	345	366	426	297	248	228	219	165		65
Cr	119	191	181	295	164	257	195	153	0	43
Ni	89	236	230	178	86	154	38	75	0	28
Cu	85	163	180	65	110	105	0	55		0
Zn	226	348	302	182	192	153	121	163		55
Rb	126	128	90	276	175	169	67	148	90	56
Sr	172	82	83	98	278	97	475	197	220	130
Y	28	34	33	24	27	26	21	0	0	13
Zr	134	157	147	180	185	147	125	326	100	102
Nb	0	13	10	18	14	13	11	32	0	0
Ba	505	518	356	840	585	363	982	444	1000	62
Pb	0	32	41	0	30	35	0	0		0
Sc	37	28	22	35	33	31	29	19		7
Th	6,7	12,0	8,0	12,1	12,3	10,1	1,5	3,4		3,8
U	2,4	6,0	6,0	2,7	1,6	3,2	0,4	1,8		1,3
La	22,2	40,6	28,1	42,9	42,9	32,3	21,0	10,6		10,7
Ce	45,1	75,4	54,6	86,9	82,6	64,2	46,3	21,0		21,3
Pr	5,96	9,85	7,08	10,30	10,10	7,50	5,85	2,48		2,45
Nd	23,4	37,6	28,8	39,0	38,3	28,0	24,8	8,9		9,2
Sm	4,81	7,17	6,12	7,47	6,46	5,86	5,00	1,79		1,91
Eu	1,23	1,43	1,34	0,91	1,15	1,20	1,31	0,82		0,69
Gd	5,15	6,31	6,35	6,87	6,00	5,70	4,99	1,50		1,76
Tb	0,91	0,93	0,96	0,91	0,82	0,83	0,71	0,16		0,30
Dy	5,05	5,20	5,56	4,32	4,28	4,97	3,78	0,78		1,64
Ho	1,04	0,98	1,12	0,76	0,89	0,96	0,73	0,14		0,31
Er	3,27	3,12	3,12	1,86	2,42	3,05	2,11	0,43		0,99
Tm	0,44	0,44	0,46	0,25	0,36	0,41	0,31	0,00		0,13
Yb	3,22	2,60	3,11	1,61	2,43	2,65	1,98	0,57		0,85
Lu	0,43	0,40	0,44	0,24	0,37	0,40	0,32	0,14		0,13

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
51) 27-MMK-97, 3242 10B, x = 6957,520, y = 3534,080, kiillegneissi – *mica gneiss*
52) Q52-146.50, 3242 12B, x = 6976,560, y = 3532,035, kiillegneissi – *mica gneiss*
53) Q52-154.30, 3242 12B, x = 6976,560, y = 3532,035, kiilleliuske – *mica gneiss*
54) 102-JJE-81, 3331 07B, x = 6988,430, y = 3524,800, kiillegneissi – *mica gneiss*
55) 7C-POT-87, 3242 01A, x = 6951,140, y = 3501,070, kiillegneissi – *mica gneiss*
56) 424C-RMA-79, 3242 11B, x = 6968,000, y = 3531,640, kiillegneissi – *mica gneiss*
57)199B-HMM-79, 3331 02B, x = 6995,250, y = 3500,520, kiillegneissi – *mica gneiss*
58) 80C-HKÅ-81, 3331 04B, x = 6985,170, y = 3513,090, kiillegneissi – *mica gneiss*
59) 213-HKÅ-82, 3331 07D, x = 6988,930, y = 3528,430, kiillegneissi – *mica gneiss*
60) 214-HKÅ-82, 3331 07D, x = 6988,850, y = 3528,600, kiillegneissi – *mica gneiss*

Taulukko 5. jatkuu
Table 5. continued

	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Lab	RR	RR	RR	RR	RR	GTK/ka	RR	RR	GTK/ka	GTK3
SiO2 %	67,30	72,42	61,34	61,16	66,20	65,20	68,16	67,34	69,30	58,00
TiO2	0,69	0,38	1,09	1,05	0,56	0,85	0,59	0,62	0,49	0,90
Al2O3	13,95	13,22	15,30	15,60	15,97	15,00	14,87	14,30	16,00	16,26
Fe2O3t	6,94	3,43	9,18	8,98	5,82	7,24	4,91	5,71	3,67	9,88
MnO	0,05	0,06	0,10	0,10	0,06	0,09	0,06	0,07	0,05	0,05
MgO	3,15	1,36	2,52	2,47	2,30	2,85	1,89	2,69	1,21	4,16
CaO	1,83	4,84	3,31	3,61	2,02	1,95	2,78	2,03	3,25	1,26
Na2O	2,07	2,01	2,74	3,02	2,72	2,73	3,48	2,77	3,86	1,54
K2O	2,60	1,36	3,25	3,04	3,55	3,63	2,41	3,84	1,71	3,39
P2O5	0,16	0,14	0,36	0,30	0,07	0,06	0,06	0,06	0,15	0,08
Summa – *Sum*	98,73	99,22	99,19	99,32	99,27	99,59	99,20	99,43	99,69	95,52
S ppm	11900	1150	2290	2200	4490	2040	2210	2140	0	19740
Cl						104			264	41
V	110	55	85	85	85	155	65	110	59	225
Cr	195	80	105	110	125	130	90	110	0	192
Ni	100	40	50	50	60	55	35	60	0	114
Cu	90	10	30	40	35	32	55	0	23	87
Zn	100	60	155	150	105	117	95	120	81	177
Rb	85	55	105	100	130	118	100	145	41	133
Sr	145	270	255	280	200	293	330	205	615	93
Y	10	10	35	30	15	27	10	20	0	29
Zr	125	145	430	415	105	215	245	155	256	146
Nb						16			8	12
Ba	350	390	930	930	620	811	440	710	928	311
Pb						38			0	30
Sc						20			4	30
Th	0	0	0	0	0	11,4	0	0	4,0	7,0
U	0	0	0	0	0	1,6	0	0	0,6	6,0
La		33,7	51,3		36,3	36,2		40,7	39,0	31,7
Ce		50,2	76,6		49,3	70,9		61,7	69,3	61,5
Pr						8,47			7,56	7,52
Nd		22,6	39,4		23,0	31,0		29,6	25,8	30,2
Sm		4,47	9,11		5,55	5,54		6,03	3,43	5,57
Eu		0,97	1,65		1,01	1,18		0,98	0,95	1,42
Gd						5,06			2,81	5,37
Tb		0,48	0,95		0,60	0,71		0,71	0,35	0,79
Dy						3,96			1,51	4,46
Ho						0,71			0,29	0,84
Er						2,01			0,83	2,46
Tm						0,31			0,12	0,33
Yb		1,38	3,13		1,89	2,07		2,68	0,73	2,22
Lu		0,18	0,45		0,32	0,30		0,42	0,12	0,35

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
61) 13.1-PMF-86, 3242 05A, x = 6964,520, y = 3514,190, kiillegneissi – *mica gneiss*
62) 208C.2-PMF-86, 3242 05A, x = 6964,270, y = 3514,650, kiilleliuske – *mica schist*
63) 378.1-JML-83, 3242 05B, x = 6965,620, y = 3513,850, kiillegneissi – *mica gneiss*
64) 266-LKH-83, 3242 05B, x = 6967,270, y = 3511,360, kiillegneissi – *mica gneiss*
65) 26.1-PMF-86, 3242 05C, x = 6962,880, y = 3515,960, kiillegneissi – *mica gneiss*
66) KA0268, 3242 05C, x = 6962170, y = 3517,250, kiillegneissi – *mica gneiss*
67) 314.2-PMF-86, 3242 05D, x = 6968,160, y = 3514,240, kiillegneissi – *mica gneiss*
68) 367.1-JML-83, 3242 05D, x = 6969,440, y = 3518,610, kiillegneissi – *mica gneiss*
69) 340-JML-83, 3242 06C, x = 6971,335, y = 3515,580, kiillegneissi – *mica gneiss*
70) Q52-54.40, 3242 12B, x = 6976,558, y = 3532,035, kiillegneissi – *mica gneiss*

Taulukko 5. jatkuu
Table 5. continued

	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Lab	GTK/ka	RR	RR	GTK1	GTK1	GTK1	GTK1	GTK1	GTK1	RR
SiO2 %	72,80	68,00	69,38	91,52	75,21	51,53	14,89	53,42	5,96	61,72
TiO2	0,31	0,69	0,50	0,04	0,11	0,03	0,06	0,41	0,05	0,83
Al2O3	13,90	13,77	14,75	0,31	3,80	0,49	0,65	14,20	0,86	16,08
Fe2O3t	2,83	6,09	4,45	7,14	3,45	4,80	0,50	2,85	0,56	5,69
MnO	0,09	0,08	0,07	0,06	0,15	0,39	0,29	0,10	0,12	0,05
MgO	0,90	2,42	1,68	1,16	5,53	18,97	11,81	8,73	20,27	3,55
CaO	3,16	2,45	4,42	1,11	11,58	17,29	45,22	10,26	34,02	1,62
Na2O	3,57	2,68	2,00	0,00	0,92	0,48	0,47	1,14	0,66	2,16
K2O	1,63	3,02	1,80	0,00	0,67	0,11	0,48	6,98	0,39	4,59
P2O5	0,05	0,16	0,17	0,04	0,00	0,04	0,09	0,07	0,12	0,13
Summa – *Sum*	99,24	99,36	99,21	101,37	101,42	94,14	74,45	98,18	63,02	96,42
S ppm	0	530	4780							30700
Cl	0									
V	0	110	75							470
Cr	0	120	100		10					220
Ni	0	50	55		10					190
Cu	0	0	40							110
Zn	78	95	70							150
Rb	49	100	85		0	0	0	150	0	110
Sr	650	230	160		0	0	0	160	0	140
Y	32	20	10		14	0	0	0	0	20
Zr	264	235	140		0	0	0	130	50	150
Nb	18				0	0	0	0	0	10
Ba	2312	645	164		190	200	200	1500	200	650
Pb	0									30
Sc	9									
Th	6,7	0	0							0
U	2,6	0	0							0
La	33,6		34,1							
Ce	68,6		52,5							
Pr	8,08									
Nd	31,3		24,7							
Sm	6,05		4,99							
Eu	1,02		0,76							
Gd	5,90									
Tb	0,86		0,60							
Dy	4,79									
Ho	1,02									
Er	2,88									
Tm	0,45									
Yb	3,17		1,84							
Lu	0,44		0,29							

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
71) 18-TCW-83, 3331 05D, x = 6996,180, y = 3519,050, kiillegneissi – *mica gneiss*
72) 141.2-PMF-86, 3242 05B, x = 6967,070, y = 3510,740, kiillegneissi – *mica gneiss*
73) 26.2-PMF-86, 3242 05C, x = 6962,880, y = 3515,960, kiillegneissi – *mica gneiss*
74) 381-1-RMA-79, 3242 12A, x = 6970,080, y = 3530,150, sertti – *chert*
75) 117-HJL-79, 3331 08B, x = 6997,620, y = 3521,780, karsikivi – *calc-silicate rock*
76) 11.2-HKÅ-82, 3331 08C, x = 6990,610, y = 3529,570, karbonaattikivi – *carbonate rock*
77) 16-HKÅ-82, 3331 08C, x = 6990,595, y = 3529,810, karbonaattikivi – *carbonate rock*
78) 22.1-HKÅ-82, 3331 11A, x = 6990,540, y = 3530,030, karbonaattikivi – *carbonate rock*
79) 22.2-HKÅ-82, 3331 11A, x = 6990,540, y = 3530,040, karbonaattikivi – *carbonate rock*
80) 75.4-HJL-84, 3331 09C, x = 7001,900, y = 3529,630, mustaliuske – *black schist*

Taulukko 5. jatkuu
Table 5. continued

	81	82	83	84
Lab	RR	GTK3	GTK1	GTK1
SiO2 %	49,55	43,98	45,02	41,62
TiO2	0,72	0,73	2,46	1,67
Al2O3	13,14	14,92	20,17	18,18
Fe2O3t	12,07	12,39	22,88	21,90
MnO	0,04	0,05	0,05	0,11
MgO	2,01	6,64	3,93	3,99
CaO	1,08	1,64	1,17	9,66
Na2O	0,46	0,69	1,72	1,54
K2O	4,77	2,97	2,54	0,69
P2O5	0,17	0,23	0,06	0,32
Summa – *Sum*	84,01	84,23	100,00	99,68
S ppm	53500	36790		
Cl		40		
V	1060	692		
Cr	210	168		
Ni	340	196		
Cu	370	116		
Zn	2920	204		
Rb	70	113		
Sr	40	64		
Y	50	34		
Zr	160	154		
Nb	10	3		
Ba	370	323		
Pb	70	24		
Sc		11		
Th	0	13,0		
U	0	10,0		
La		34,0		
Ce		63,1		
Pr		8,38		
Nd		29,4		
Sm		5,65		
Eu		1,20		
Gd		6,23		
Tb		0,85		
Dy		4,99		
Ho		1,01		
Er		2,92		
Tm		0,39		
Yb		2,76		
Lu		0,43		

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map sheet, coordinates, rock*
81) KAS1-1A, 3331 11A, x = 6993,440, y = 3533,740, mustaliuske – *black schist*
82) Q52-121.20, 3242 12B, x = 6976,560, y = 3532,035, mustaliuske – *black schist*
83) 218A-RMA-78, 3242 12A, x = 6974,300, y = 3532,480, rautamuodostuma – *iron formation*
84) 219-RMA-78, 3242 12A, x = 6974,130, y = 3532,530, rautamuodostuma – *iron formation*

Taulukko 6. Paleoproterotsooisten syväkivien ja migmatiittigranitoidien kemiallisia koostumuksia.
Table 6. Chemical composition of the Palaeoproterozoic plutonic rocks and migmatitic granitoids.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lab	GTK/ka	GTK1	GTK/ka	RR	GTK/ka	GTK1	RR	GTK1	RR	RR
SiO2 %	74,20	72,46	72,50	72,44	72,10	71,92	73,88	68,26	69,38	65,44
TiO2	0,19	0,28	0,10	0,24	0,30	0,11	0,20	0,52	0,51	0,81
Al2O3	13,30	13,96	15,40	14,54	14,80	13,75	13,36	14,61	14,34	15,30
Fe2O3t	2,00	1,77	0,80	1,86	2,22	1,07	2,00	4,72	4,05	5,64
MnO	0,03	0,00	0,02	0,03	0,04	0,01	0,04	0,07	0,05	0,05
MgO	0,24	0,66	0,24	0,49	0,63	0,43	0,30	0,95	0,88	1,63
CaO	0,78	1,29	1,07	1,61	1,69	1,47	1,46	1,43	2,01	2,76
Na2O	3,78	3,53	3,64	3,45	3,70	2,56	3,55	3,98	2,85	2,82
K2O	4,99	4,52	5,69	4,59	4,21	7,80	4,36	4,20	5,03	4,59
P2O5	0,04	0,07	0,12	0,08	0,08	0,04	0,06	0,13	0,21	0,28
Summa – *Sum*	99,55	98,54	99,57	99,32	99,76	99,16	99,20	98,87	99,30	99,31
S ppm	0		100	10	0		20		640	1030
Cl	100		0	138	0		145		287	297
V	0		0	10	0		10		35	62
Cr	0	0	0	25	32		20	0	37	65
Ni	0	0	0	15	0		16	0	22	30
Cu	0		0	0	0		0		10	11
Zn	66		0	60	64		53		90	105
Rb	64	140	114	120	120	160	70	110	165	125
Sr	129	210	231	245	267	170	210	230	185	275
Y	28	0	75	4	0	0	13	0	29	17
Zr	319	190	89	150	190	110	170	310	250	290
Nb	11	0	0	12	16	0	10	0	15	14
Ba	655	1700	1202	1010	962	1000	880	2100	860	1180
Pb	31		72	30	39		13		32	22
Sc	3		3		4					
Th	4,84		10,70		10,30					
U	0,96		4,61		1,72					
La	63,1		25,4		43,1				56,8	61,1
Ce	116,0		51,6		75,7				96,2	97,3
Pr	12,90		6,17		8,00					
Nd	48,0		23,5		27,3				47,2	47,4
Sm	9,00		5,43		4,17				8,49	8,51
Eu	0,52		1,23		0,68				1,00	1,34
Gd	8,24		7,43		3,24					
Tb	1,16		1,42		0,44				0,99	0,88
Dy	5,84		10,20		1,49					
Ho	1,10		2,23		0,24					
Er	2,87		6,72		0,74					
Tm	0,37		1,02		0,12					
Yb	2,32		6,41		0,64				2,58	1,82
Lu	0,32		0,92		0,00				0,32	0,21

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map-sheet, coordinates, rock*
1) 65-HMM-78, 3331 06D, x = 7008,430, y = 3515350, graniitti – *granite*
2) 107-HJL-81, 3331 08C, x = 6991,360, y = 3529,320, graniitti – *granite*
3) 194B-HKÅ-82, 3331 10B, x = 6987,000, y = 3531,090, graniitti – *granite*
4) 144.1-POT-87, 3242 01B, x = 6959,820, y = 3503,880, graniitti – *granite*
5) 54-SKV-86, 3242 02A, x = 6960,400, y = 3503,890, graniitti – *granite*
6) Li12-RMA-82, 3242 12A, x = 6971,180, y = 3533,279, graniitti – *granite*
7) 98-HJL-87, 3331 10C, x = 6984,620, y = 3539,850, porfyyrinen graniitti – *porphyritic granite*
8) 82.1-HKÅ-82, 3331 11A, x = 6991,600, y = 3531,040, porfyyrinen graniitti – *porphyritic granite*
9) 132-POT-87, 3242 01A, x = 6950,000, y = 3509,000, porfyyrinen graniitti – *porphyritic granite*
10) 129-PMF-86, 3242 05B, x = 6966,785, y = 3510,455, porfyyrinen graniitti – *porphyritic granite*

Taulukko 6. jatkuu
Table 6. continued

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lab	RR	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	RR	GTK3	RR	RR
SiO2 %	63,38	62,30	65,60	66,20	58,40	61,30	70,75	70,21	68,33	72,26
TiO2	0,68	0,63	0,65	0,61	1,09	0,56	0,30	0,32	0,49	0,20
Al2O3	16,25	15,80	16,50	16,60	16,70	16,10	15,35	15,02	15,61	14,66
Fe2O3t	7,05	5,81	3,57	4,78	9,77	7,08	2,72	2,96	3,76	1,92
MnO	0,08	0,13	0,05	0,07	0,13	0,14	0,05	0,06	0,07	0,04
MgO	0,74	2,00	1,35	1,08	2,74	2,56	0,70	0,66	0,97	0,45
CaO	3,02	4,51	3,12	3,56	4,02	5,99	2,58	2,93	3,13	2,21
Na2O	2,97	3,79	4,99	4,24	3,26	2,86	4,56	4,49	4,18	3,95
K2O	4,80	2,96	2,91	2,32	2,83	2,91	2,26	1,88	2,55	3,33
P2O5	0,33	0,22	0,29	0,19	0,18	0,21	0,10	0,12	0,17	0,07
Summa – *Sum*	99,29	98,16	99,03	99,65	99,12	99,71	99,36	98,64	99,27	99,09
S ppm	580	170	140	0	1940	0	30	10	30	20
Cl	166	480	0	169	224	478	164	155	192	184
V	15	123	74	65	153	172	26	26	40	10
Cr	32	30	36	0	93	38	18	17	24	15
Ni	15	0	0	0	47	0	15	8	20	10
Cu	3	40	29	0	42	41	0	0	0	0
Zn	167	89	73	82	149	86	80	67	80	55
Rb	110	62	70	61	98	59	62	35	51	55
Sr	274	598	1320	540	408	549	520	699	530	570
Y	17	21	0	12	31	15	5	11	6	1
Zr	590	177	241	342	406	81	165	203	240	130
Nb	16	11	12	14	16	0	5	6	9	2
Ba	2480	879	1947	1330	747	775	610	803	1120	2270
Pb	24	0	34	0	0	0	16	22	10	10
Sc		17	8	7	24	22		2		
Th		3,07	8,54	9,14	12,50	1,44		2,00		
U		0,50	3,57	0,81	2,42	0,71		0,87		
La		19,1	70,8	74,3	48,6	21,4		37,0		
Ce		41,4	128,0	123,0	89,8	42,0		69,50		
Pr		5,20	13,80	12,50	10,30	4,77		7,50		
Nd		20,1	47,7	39,7	38,8	18,0		26,0		
Sm		3,98	6,12	5,17	6,76	3,49		4,16		
Eu		0,92	1,53	1,36	2,49	0,93		1,01		
Gd		3,80	4,19	3,98	6,62	3,42		3,86		
Tb		0,58	0,48	0,55	0,93	0,60		0,45		
Dy		3,19	1,65	2,32	5,12	2,98		2,08		
Ho		0,64	0,27	0,44	1,01	0,61		0,43		
Er		1,89	0,62	1,32	2,99	1,79		1,26		
Tm		0,30	0,00	0,16	0,44	0,28		0,16		
Yb		1,86	0,59	1,10	3,38	1,66		1,08		
Lu		0,29	0,00	0,15	0,49	0,25		0,17		

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map-sheet, coordinates, rock*
11) 140C-PMF-86, 3242 05B, x = 6966,880, y = 3511,150, porfyyrinen graniitti – *porphyritic granite*
12) 300-HMM-79, 3331 02A, x = 6993550, y = 3501,900, granodioriitti – *granodiorite*
13) 168-JML-79, 3331 09A, x = 7004,930, y = 3521,300, granodioriitti – *granodiorite*
14) 24-LKH-83,3 242 03C, x = 6974,750, y = 3508,600, granodioriitti – *granodiorite*
15) 18-POT-87, 3242 01A, x = 6952,000, y = 3503,140, granodioriitti – *granodiorite*
16) 118-SKV-86, 3242 05A, x = 6962,970, y = 3511,610, granodioriitti – *granodiorite*
17) 117B.1-HJL-87, 3331 07A, x = 698,0840, y = 3523,470, trondhjemiitti – *trondhjemite*
18) 239.3-HJL-87, 3331 07A, x = 6982,360, y = 3522,450, granodioriitti – *granodiorite*
19) 149-HJL-87, 3331 07A, x = 6982,540, y = 3524,880, granodioriitti – *granodiorite*
20) 258-HJL-87, 3331 07D, x = 6985,900, y = 3527,320, granodioriitti – *granodiorite*

Taulukko 6. jatkuu
Table 6. continued

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Lab	GTK/ka	RR	RR	RR	GTK1	GTK1	RR	GTK1	GTK/ka	GTK/ka
SiO2 %	68,50	71,15	69,09	70,23	69,67	67,65	70,50	63,79	69,60	58,10
TiO2	0,40	0,37	0,40	0,35	0,38	0,51	0,37	0,71	0,57	1,36
Al2O3	15,40	14,34	14,70	14,48	14,65	15,33	14,52	15,32	14,50	16,10
Fe2O3t	3,51	2,93	3,76	3,49	3,48	4,59	3,13	6,12	4,26	9,70
MnO	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,05	0,09	0,05	0,11
MgO	0,68	0,59	0,47	0,54	0,91	1,08	0,68	1,14	0,95	3,18
CaO	2,15	1,77	2,34	1,72	1,34	1,66	2,14	2,94	2,12	4,08
Na2O	4,16	3,99	4,01	3,72	4,32	4,46	3,97	4,38	3,04	2,94
K2O	4,13	3,99	4,36	4,64	4,89	3,79	3,82	3,90	4,40	2,74
P2O5	0,15	0,11	0,13	0,13	0,12	0,17	0,13	0,17	0,19	0,32
Summa – *Sum*	99,14	99,29	99,32	99,35	99,81	99,32	99,31	98,56	99,68	98,63
S ppm	0	30	70	20			10		150	2600
Cl	270	206	260	131			131		169	184
V	33	20	17	24			27		59	178
Cr	0	20	19	26	0	0	22	0	40	110
Ni	0	12	13	20	0	0	16	0	0	43
Cu	0	0	0	0			0		0	34
Zn	68	70	75	84			68		84	150
Rb	66	60	100	146	180	160	68	0	144	90
Sr	506	350	280	210	180	250	315	420	214	327
Y	21	8	25	28	0	0	13	0	35	35
Zr	351	290	270	240	180	210	200	470	236	272
Nb	18	10	13	16	0	0	10	0	13	18
Ba	1894	1320	1350	760	1100	1100	980	2800	801	710
Pb	40	23	13	24			20		39	0
Sc	7								10	28
Th	10,70								16,80	10,10
U	1,74								2,42	1,37
La	105,0		57,3						58,3	49,2
Ce	195,0		95,2						119,0	99,5
Pr	20,20								13,90	11,90
Nd	66,5		43,80						49,9	44,7
Sm	8,80		8,64						9,04	7,59
Eu	1,44		1,24						1,20	2,10
Gd	7,05								8,20	7,77
Tb	0,98		0,95						1,14	1,07
Dy	4,67								6,58	5,69
Ho	0,86								1,28	1,08
Er	2,22								3,50	3,34
Tm	0,34								0,47	0,43
Yb	2,32		2,86						3,11	2,79
Lu	0,33		0,34						0,45	0,45

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map-sheet, coordinates, rock*
21) 152-HJL-81, 3331 10D, x = 6988,070, y = 3538,500, granodioriitti – *granodiorite*
22) 403-HJL-87, 3331 10D, x = 6987,340, y = 3539,610, granodioriitti – *granodiorite*
23) 13.1-JJE-79, 3331 08B, x = 6996,620, y = 3521,180, porfyyrinen granodioriitti – *porphyritic granodiorite*
24) 20.2-HJL-79, 3331 08D, x = 6995,840, y = 3529,100, porfyyrinen granodioriitti – *porphyritic granodiorite*
25) 10-HJL-79, 3331 08D, x = 6995,560, y = 3529,280, porfyyrinen granodioriitti – *porphyritic granodiorite*
26) 80-HJL-79, 3331 08D, x = 6995,510, y = 3528,800, porfyyrinen granodioriitti – *porphyritic granodiorite*
27) 387-HJL-87, 3331 11D, x = 6996,690, y = 3539,720, porfyyrinen granodioriitti – *porphyritic granodiorite*
28) 70-HKÅ-82, 3331 11A, x = 6991,330, y = 3531,430, porfyyrinen granodioriitti – *porphyritic granodiorite*
29) 57-TJH-84, 3242 02D, x = 6969,660, y = 3505,530, porfyyrinen granodioriitti – *porphyritic granodiorite*
30) 80B-LKH-83, 3242 03C, x = 6970,820, y = 3508,570, porfyyrinen granodioriitti – *porphyritic granodiorite*

Taulukko 6. jatkuu
Table 6. continued

	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Lab	GTK/ka	RR	RR	RR	RR	GTK1	GTK/ka	RR	GTK/ka	GTK/ka
SiO2 %	61,90	62,63	62,63	59,77	61,83	58,26	65,90	65,90	59,60	65,90
TiO2	1,01	0,99	0,94	1,10	0,97	0,83	0,62	0,24	0,79	0,59
Al2O3	16,30	15,61	15,50	15,90	15,64	17,90	16,00	17,24	16,90	15,90
Fe2O3t	7,31	8,14	8,28	9,37	8,45	8,39	4,99	3,12	6,62	4,79
MnO	0,09	0,06	0,10	0,10	0,10	0,13	0,07	0,07	0,10	0,07
MgO	2,05	1,99	2,04	2,18	2,30	2,56	1,36	1,02	2,65	1,27
CaO	3,40	3,32	3,27	3,72	3,48	5,04	3,77	5,19	5,61	3,25
Na2O	3,24	3,06	2,80	2,93	2,97	3,35	4,71	3,26	4,30	4,46
K2O	3,99	3,12	3,32	3,63	3,22	2,42	1,73	3,21	1,67	2,52
P2O5	0,32	0,31	0,32	0,40	0,28	0,32	0,20	0,09	0,27	0,18
Summa – *Sum*	99,61	99,22	99,19	99,10	99,24	99,20	99,34	99,33	98,51	98,93
S ppm	400	2250	2200	2330	2330		2000	30	330	170
Cl	252	274	239	220	331		250	249	250	160
V	122	80	67	75	85		79	56	160	74
Cr	71	90	84	80	95		31	23	44	0
Ni	0	50	47	53	47		0	12	21	0
Cu	22	26	27	30	30		0	0	35	0
Zn	121	200	150	155	140		94	40	84	90
Rb	102	125	107	88	115		40	55	51	49
Sr	327	240	260	295	273		482	620	962	432
Y	33	15	28	44	23		17	3	23	16
Zr	361	380	457	513	395		192	76	190	207
Nb	15	30	13	19	13		10	3	13	13
Ba	1400	560	1160	1530	890		579	1120	586	1083
Pb	39	18	21	20	17,00		0	11	0	0
Sc	19						13		16	10
Th	13,20						3,80		3,36	3,65
U	1,63						0,51		0,49	0,98
La	44,5	88,7		61,4	51,3		46,8	12,7	26,6	30,7
Ce	95,4	142,0		95,2	81,7		87,6	19,8	55,8	59,5
Pr	11,10						9,66		7,03	7,19
Nd	42,3	67,6		48,8	40,4		34,6	8,67	28,7	27,0
Sm	8,05	10,70		10,30	7,30		5,63	1,78	5,88	4,78
Eu	1,69	2,79		2,00	1,73		1,24	0,75	1,41	1,00
Gd	7,36						5,30		5,78	4,82
Tb	1,08	1,22		1,15	0,91		0,71	0,31	0,76	0,64
Dy	5,86						3,53		3,90	3,24
Ho	1,10						0,65		0,79	0,62
Er	3,13						1,61		2,27	1,52
Tm	0,42						0,23		0,31	0,21
Yb	3,04	6,73		4,70	3,29		1,27	0,86	2,18	1,40
Lu	0,46	0,89		0,64	0,43		0,18	0,11	0,31	0,20

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map-sheet, coordinates, rock*
31) 76-JEM-96, 3242 09B,6975, x = 290, y = 35241,40, porfyyrinen granodioriitti – *porphyritic granodiorite*
32) 206B-1-PMF-86, 3242 05A, x = 6964,020, y = 3514,940, gneissigranodioriitti – *gneissic granodiorite*
33) 141.1-PMF-86, 3242 05B, x = 6967,070, y = 3510,740, gneissigranodioriitti – *gneissic granodiorite*
34) 161-PMF-86, 3242 05B, x = 6966,965, y = 3512,940, gneissigranodioriitti – *gneissic granodiorite*
35) 12-PMF-86, 3242 05C, x = 6963,460, y = 3515,390, gneissigranodioriitti – *gneissic granodiorite*
36) 321-HMM-79, 3331 02A, x = 6992,540, y = 3503,040, tonaliitti – *tonalite*
37) 8B-JJE-81, 3331 08A, x = 6990,880, y = 3523,250, tonaliitti – *tonalite*
38) 462-PMF-87, 3242 05A, x = 6963,900, y = 3512,140, tonaliitti – *tonalite*
39) 8-HMM-81, 3331,01A, x = 6980,020, y = 3502,150, kvartsidioriitti – *quartz diorite*
40) 125D-PPN-80, 3331 04B, x = 6987,600, y = 3511,430, kvartsidioriitti – *quartz diorite*

Taulukko 6. jatkuu
Table 6. continued

	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Lab	GTK/ka	GTK/ka	RR	GTK/ka	RR	GTK/ka	GTK3	GTK3	GTK/ka	GTK3
SiO2 %	60,70	52,90	59,14	52,90	49,74	48,20	50,30	48,63	49,70	51,00
TiO2	0,87	1,07	0,56	1,69	0,72	2,20	0,49	0,34	0,81	1,00
Al2O3	17,90	19,60	16,57	16,00	19,63	16,10	13,00	15,92	16,80	16,30
Fe2O3t	5,21	8,66	7,67	10,34	9,03	16,00	10,70	8,76	11,10	11,30
MnO	0,07	0,13	0,15	0,14	0,13	0,23	0,17	0,11	0,20	0,20
MgO	1,83	3,53	2,86	3,84	6,97	4,37	14,50	11,70	4,72	4,40
CaO	4,74	7,63	6,65	6,72	9,45	7,54	5,48	8,19	8,96	8,10
Na2O	5,04	4,17	3,07	3,69	3,05	3,21	1,61	1,91	3,91	3,34
K2O	1,68	0,50	2,61	1,27	0,58	1,22	0,37	0,37	2,45	1,47
P2O5	0,33	0,31	0,23	0,60	0,24	0,45	0,09	0,05	0,82	0,39
Summa – *Sum*	98,37	98,50	99,51	97,18	99,55	99,51	96,71	95,98	99,47	97,50
S ppm	110	0	50	580	1400	1620	590	6490	0	0
Cl	150	220	442	220	330,00	111	95	133	459	480
V	102	164	150	210	67	330	211	105	278	261
Cr	0	0	40	76	140	38	1100	471	63	57
Ni	0	0	10	30	175	36	176	581	32	17
Cu	22	0	10	43	65	28	34	364	68	82
Zn	97	121	90	129	95	177	106	62	123	109
Rb	68	0	48	23	20	30	9	12	39	49
Sr	1096	950	545	527	615	373	391	540	2190	754
Y	0	16	11	27	5	43	7	5	20	17
Zr	217	81	100	197	100	675	52	26	55	70
Nb	14	0	7	17	3	13	6	5	0	10
Ba	805	317	710	559	400	444	209	158	851	510
Pb	0	0	9	0	12	0	16	18	0	18
Sc	8	17		26		44	27	26	38	26
Th	1,86	0,00		1,85		1,29			0,55	
U	1,54	0,27		0,75		0,57			0,22	
La	29,3	14,5	20,6	36,9	11,70	21,1			28,4	
Ce	58,0	31,1	36,0	77,8	20,40	49,7			63,0	
Pr	6,88	4,29		9,64		6,74			8,69	
Nd	26,0	18,7	16,3	38,5	10,30	29,6			37,5	
Sm	4,36	3,51	4,09	7,16	2,28	7,42			8,28	
Eu	1,22	1,28	0,89	2,00	1,14	2,20			2,10	
Gd	3,25	3,21		7,32		7,83			7,89	
Tb	0,39	0,46	0,52	1,02	0,34	1,34			0,93	
Dy	1,81	2,60		5,35		8,08			4,07	
Ho	0,27	0,48		1,04		1,61			0,74	
Er	0,80	1,32		2,92		4,93			1,90	
Tm	0,00	0,19		0,41		0,69			0,24	
Yb	0,58	1,26	1,54	2,56	0,84	4,66			1,46	
Lu	0,00	0,16	0,20	0,38		0,68			0,22	

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map-sheet, coordinates, rock*
41) 134-EMR-80, 3331 05C, x = 6990,520, y = 3516,850, kvartsidioriitti – *quartz diorite*
42) KA2397, 3331 12C, x = 7000,070, y = 3535,970, kvartsidioriitti – *quartz diorite*
43) 496-PMF-87, 3242 05A, x = 6961,370, y = 3514,450, kvartsimontsodioriitti – *quartz monzodiorite*
44) 7-JPK-84, 3331 09A, x = 7002,950, y = 3524,730, gabro – *gabbro*
45) 24.3-JPK-84, 3331 09C, x = 7003,133, y = 3525,575, gabro – *gabbro*
46) 74-CNI-84, 3242 03A, x = 6973,250, y = 3501,860, gabro – *gabbro*
47) 149-JEM-96, 3242 06C, x = 6972,920, y = 3515,610, gabro – *gabbro*
48) R404 18.30, 3242 09A, x = 6974,900, y = 3522,945, gabro – *gabbro*
49) 13-JEM-95, 3242 10C, x = 6952,210, y = 3538,730, gabro – *gabbro*
50) 55.1-JEM-95, 3242 10C, x = 6951,800, y = 3536,050, gabro – *gabbro*

Taulukko 6. jatkuu
Table 6. continued

	51	52	53	54	55	14	57	58	59
Lab	GTK3	GTK3	GTK/ka	GTK/ka	RR	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka	GTK/ka
SiO2 %	45,60	48,60	68,40	66,50	69,72	66,00	54,30	50,80	54,90
TiO2	0,29	0,35	0,35	0,44	0,42	0,71	1,21	0,90	0,78
Al2O3	1,80	3,21	15,40	15,30	15,38	15,90	17,40	13,90	16,50
Fe2O3t	11,80	9,72	3,22	4,38	2,73	4,38	9,67	12,30	9,39
MnO	0,23	0,21	0,06	0,09	0,04	0,08	0,14	0,21	0,16
MgO	20,40	19,10	1,41	1,73	1,19	2,21	3,47	6,72	4,78
CaO	14,60	12,20	2,89	3,77	3,06	2,68	6,48	9,90	7,66
Na2O	0,09	0,29	4,68	4,23	4,94	4,79	3,57	2,77	3,59
K2O	0,02	0,13	1,59	2,37	1,67	2,78	2,12	1,33	1,51
P2O5	0,01	0,01	0,11	0,11	0,13	0,17	0,37	0,07	0,33
Summa – *Sum*	94,84	93,82	98,11	98,92	99,28	99,70	98,73	98,90	99,60
S ppm	100	50	230	440	80	0	600	600	200
Cl	66	127	110	170		263	331	275	479
V	220	219	57	93	34	55	259	296	210
Cr	1590	596	0	52	30	0	38	193	102
Ni	165	137	0	0	20	0	0	105	27
Cu	52	34	0	42	0	0	45	43	0
Zn	113	65	64	62	65	64	115	117	101
Rb	5	3	64	72	43	88	60	46	38
Sr	33	78	479	548	670	448	540	209	695
Y	4	7	0	16	0	22	29	21	20
Zr	7	20	75	120	190	245	102	54	130
Nb	4	5	0	0		18	16	0	0
Ba	44	51	284	366	560	874	520	193	460
Pb	8	10	0	33		0	0	0	0
Sc	63	69	4	11		15	38	40	22
Th			12,20	9,89	6,00	2,96	3,88	1,09	1,51
U			1,30	1,36	1,00	1,03	2,09	0,44	0,71
La			29,00	20,60		24,80	29,50	6,51	19,70
Ce			53,40	39,00		48,20	68,80	16,10	42,60
Pr			5,70	4,33		6,00	8,99	2,13	5,74
Nd			20,10	15,90		22,70	38,10	10,20	23,40
Sm			2,94	3,14		4,31	8,64	2,56	4,87
Eu			0,70	0,72		1,04	1,95	0,85	1,32
Gd			2,23	3,12		4,74	7,84	3,01	4,25
Tb			0,28	0,43		0,67	1,15	0,62	0,55
Dy			1,14	2,29		3,56	5,95	3,80	2,77
Ho			0,20	0,47		0,87	1,11	0,76	0,55
Er			0,56	1,29		2,20	3,19	2,35	1,77
Tm			0,00	0,20		0,28	0,44	0,37	0,21
Yb			0,42	1,28		1,91	2,87	2,30	1,45
Lu			0,00	0,20		0,26	0,34	0,34	0,22

Lab: ks. teksti – *see text*, 0 = arvo alle määritysrajan – *value below detection limit*

Näyte, karttalehti, koordinaatit, kivilaji – *Sample, map-sheet, coordinates, rock*
51) 27-JEM-95, 3242,10C, x = 6951,350, y = 3538,760, peridotiitti – *peridotite*
52) 15-JEM-95, 3242,10C, x = 6951,730, y = 3538,770, pyrokseniitti – *pyroxenite*
53) 167-HMM-79, 3331 02D, x = 6999,130, y = 3505,200, granodioriitti – *granodiorite*
54) KA2373, 3331 03B, x = 7005,530, y = 3502,150, granodioriitti – *granodiorite*
55) 56-HJL-80, 3331 04A, x = 6984,020, y = 3511,380, tonaliitti – *tonalite*
56) 175-JML-83, 3242 03A, x = 6974,000, y = 3502,350, granodioriitti – *granodiorite*
57) 142-TUH-96, 3242 04C, x = 6951,440, y = 3518,890, gneissidioriitti – *gneissic diorite*
58) 278B-JML-83, 3242 06B, x = 6977,140, y = 3514,590, amfiboliitti – *amphibolite*
59) 189-LKH-83, 3242 06D, x = 6975,500, y = 3515,050, amfiboliitti – *amphibolite*

Liite 2. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden granitoidien U-Pb-mineraalianalyysejä.
Appendix 2. U-Pb mineral analyses of the granitoids from the Siilinjärvi and Kuopio map-sheet areas.

Fraction	Weigth (mg)	U conc (ppm)	Pb conc (ppm)	$^{206}Pb/^{204}Pb$ (meas.)	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{238}U$	±2 SE (%)	$^{207}Pb/^{235}U$	±2 SE (%)	$^{207}Pb/^{206}Pb$	±2 SE (%)	Corr.	$T^{206/238}$	$T^{207/235}$	$T^{207/206}$
A279 – Kivimäki, kvartsidioriitti – *quartz diorite*															
A. +4.5/HF/crushed	21,2	147,3	80,1	41813	0,118	0,487	0,65	11,980	0,65	0,178	0,15	0,97	2558	2602	2637
B. 4.4-4.5/HF/uncr.	21,6	174,1	94,4	18635	0,118	0,485	0,93	11,953	0,94	0,179	0,15	0,96	2550	2600	2640
C. 4.4-4.5/+100	21,6	175,6	95,6	10929	0,117	0,487	0,65	11,950	0,65	0,178	0,15	0,97	2557	2600	2634
D. Titanite	30,5	36,1	14,6	312	0,055	0,338	0,71	5,350	1,74	0,115	1,39	0,70	1878	1876	1874
E. 4.3-4.5/abr 5 h	21,2	223,0	118,7	9162	0,122	0,475	0,65	11,435	0,65	0,175	0,15	0,97	2503	2559	2603
F. 4.2-4.3/abr	6,3	326,6	146,2	5571	0,127	0,402	0,65	8,750	0,65	0,158	0,15	0,97	2176	2312	2434
G. +4.5/-200/abr	20,4	155,3	81,6	25745	0,118	0,472	0,65	11,310	0,65	0,174	0,15	0,97	2493	2549	2593
H. 4.4-4.5/-200/abr	21,8	192,5	102,9	8418	0,124	0,475	0,65	11,545	0,65	0,176	0,15	0,97	2506	2568	2617
I. 4.0-4.2/abr	6,2	392,9	169,4	3784	0,132	0,386	0,65	8,064	0,65	0,152	0,22	0,94	2104	2238	2363
J. +4.5/dark/abr 8 h	16,1	190,4	104,8	17933	0,131	0,487	0,65	12,056	0,65	0,180	0,15	0,97	2558	2608	2648
K. +4.5/long/anr 5 h	12,9	190,1	105,2	11409	0,138	0,487	0,65	11,991	0,65	0,179	0,15	0,97	2557	2603	2640
L. +4.5/glassy/abr 2 h	9,0	173,1	97,5	16625	0,121	0,502	0,65	12,526	0,65	0,181	0,15	0,97	2621	2644	2662
M. +4.5/-300	9,9	184,7	92,9	5140	0,119	0,450	0,65	10,546	0,65	0,170	0,15	0,97	2394	2483	2557
A1033 – Petosenmäki, silmägneissi – *augen gneiss*															
A. 4.2-4.3/100-200	5,5	552,4	216,1	4121	0,109	0,359	0,65	7,202	0,65	0,146	0,21	0,94	1975	2136	2295
B. 4.0-4.2/+100	5,3	645,3	239,9	2996	0,097	0,344	1,31	6,610	1,33	0,139	0,15	0,96	1905	2060	2219
C. 4.0-4.2/100-200	5,8	699,0	246,7	3483	0,098	0,328	0,65	6,149	0,65	0,136	0,44	0,80	1827	1997	2177
D. 3.8-4.0/100-200	5,0	911,8	281,3	2522	0,086	0,290	0,65	5,092	0,65	0,127	0,15	0,97	1640	1834	2062
E. 4.2-4.3/abr 3 h	12,0	541,6	219,2	3553	0,118	0,367	0,65	7,424	0,65	0,147	0,15	0,97	2015	2163	2307
A172 – Oravimäki, kvartsidioriitti – *quartz diorite*															
A. +4.5/HF/crushed	24,5	107,6	37,1	27274	0,085	0,334	0,65	5,294	0,65	0,115	0,15	0,97	1855	1867	1881
B. +4.5/HF/uncrushed	20,1	154,8	52,2	11733	0,092	0,323	0,65	5,180	0,65	0,116	0,22	0,93	1804	1849	1900
C. 4.4-4.5/HF/uncr.	21,1	188,7	63,4	14416	0,096	0,321	0,65	5,194	0,65	0,117	0,15	0,97	1795	1851	1915
D. Titanite	30,6	113,3	42,4	1118	0,160	0,326	0,65	5,146	0,65	0,114	0,48	0,85	1820	1843	1869
E. 4.2-4.3/+100	2,2	786,7	324,8	3109	0,080	0,383	1,00	8,259	0,90	0,157	0,15	0,95	2088	2259	2419
F. 4.2-4.3/-100/abr	15,9	812,4	285,5	3758	0,122	0,324	0,65	5,317	0,65	0,119	0,15	0,97	1810	1871	1940
G. 4.0-4.2/+100	1,6	1118,2	496,0	4212	0,084	0,412	0,95	8,764	0,95	0,154	0,15	0,95	2224	2313	2393
H. 4.0-4.2/-100/abr	8,1		453,9	4955	0,143	0,323	0,65	5,295	0,95	0,119	0,15	0,97	1805	1868	1933
I. +4.5/abr 5 h	20,4	114,9	39,9	10800	0,092	0,333	0,65	5,330	0,65	0,116	0,15	0,97	1854	1873	1895
J. +4.3/short/abr 9 h	10,7	498,3	189,5	3115	0,087	0,354	0,65	6,977	0,65	0,143	0,15	0,97	1952	2108	2265
K. +4.5/long/abr 5 h	21,8	170,6	58,4	4115	0,106	0,322	0,65	5,123	0,65	0,116	0,15	0,97	1797	1839	1888
L. +4.5/-200/abr	21,6	119,9	40,9	11682	0,089	0,328	0,65	5,209	0,65	0,115	0,15	0,97	1830	1854	1881
M. +4.5/-200/abr	21,0	157,2	54,4	2924	0,096	0,326	0,65	5,201	0,65	0,116	0,15	0,97	1820	1852	1889
N. +4.5/-200/abr 17 h	20,6	114,0	39,3	16206	0,089	0,332	0,65	5,276	0,65	0,115	0,15	0,97	1849	1865	1882

Liite 2. jatkuu
Appendix 2. continued

Fraction	Weigth (mg)	U conc (ppm)	Pb conc (ppm)	$^{206}Pb/^{204}Pb$ (meas.)	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{238}U$	±2 SE (%)	$^{207}Pb/^{235}U$	±2 SE (%)	$^{207}Pb/^{206}Pb$	±2 SE (%)	Corr.	$T^{206/238}$	$T^{207/235}$	$T^{207/206}$
A105 – Tervakangas, kvartsidioriitti – *quartz diorite*															
A. +4.5	20,7	249,3	86,4	1088	0,108	0,312	0,65	5,170	0,65	0,120	0,23	0,92	1751	1847	1958
B. 4.3-4.5	20,5	435,2	132,1	1005	0,113	0,272	0,65	4,473	0,65	0,120	0,42	0,85	1548	1725	1948
C. +4.5/HF	20,4	226,3	79,7	2820	0,097	0,329	1,94	5,587	1,97	0,123	0,21	0,93	1835	1914	2001
D. 4.3-4.5/+200/HF	21,8	342,9	112,4	3707	0,102	0,308	0,65	5,052	0,65	0,119	0,20	0,95	1730	1828	1941
E. +4.5/abr 5 h	21,9	238,4	85,3	1145	0,105	0,324	0,65	5,405	0,65	0,121	0,20	0,95	1808	1885	1971
F. Titanite	23,3	131,4	89,5	452	1,106	0,333	0,66	5,187	0,73	0,113	0,27	0,90	1850	1850	1850
G. +4.3/short/abr 3 h	4,7	260,8	97,2	1250	0,099	0,339	0,65	6,108	0,65	0,131	0,20	0,95	1880	1991	2109
H. +4.3/long/abr 3 h	6,5	228,4	81,4	1250	0,110	0,324	0,65	5,320	0,65	0,119	0,15	0,97	1807	1872	1944
I. 3.8-4.3/short/abr 3 h	1,2		486,9	1325	0,115	0,254	0,65	4,165	0,65	0,119	0,20	0,95	1457	1667	1943
J. +4.5/-200/abr 3 h	20,4	247,1	83,8	873	0,104	0,304	0,65	4,839	0,65	0,116	0,15	0,97	1710	1791	1887
K. 4-3-4.5/-200/abr	15,6	353,3	114,7	732	0,127	0,286	0,65	4,498	0,65	0,115	0,37	0,88	1604	1730	1886
L. +4.5/-300	20,8	251,7	85,4	788	0,104	0,302	0,65	4,826	0,65	0,116	0,32	0,90	1701	1789	1894
M. +4.5/-200/abr 5 h	24,0	246,6	82,5	1515	0,101	0,308	0,65	4,945	0,65	0,116	0,20	0,95	1732	1810	1900
N. 4.3-4.5/-200/abr 5 h	16,0	370,8	118,6	863	0,119	0,283	0,65	4,489	0,65	0,115	0,15	0,97	1607	1728	1879
O. +4.5/-200/abr 17 h	21,8	242,6	81,4	3657	0,097	0,317	0,65	5,091	0,65	0,116	0,15	0,97	1775	1834	1902
A275 – Tervakangas, apliittinen granodioriittijuoni – *aplitic granodiorite dyke*															
A. +4.5	23,1	219,8	76,6	1651	0,082	0,326	0,65	5,416	0,65	0,121	0,15	0,97	1819	1887	1963
B. 4.3-4.5	21,0	374,2	123,3	1636	0,080	0,308	0,65	5,247	0,65	0,124	0,25	0,92	1730	1860	2009
C. +4.5/HF/uncrushed	22,4	210,7	71,6	10841	0,083	0,328	0,65	5,341	0,65	0,118	0,15	0,97	1826	1875	1930
D. 4.3-4.5/HF/uncr.	20,0	312,8	102,8	10957	0,080	0,317	0,65	5,199	0,65	0,119	0,36	0,85	1776	1852	1939
E. Titanite	25,2	124,7	80,8	146756	0,977	0,331	0,65	5,133	0,65	0,112	0,24	0,93	1844	1841	1838
A146 – Luvelahti, tonaliitti – *tonalite*															
A. +4.4	20,5	227,8	82,5	4137	0,125	0,335	0,65	5,327	0,65	0,115	0,15	0,97	1862	1873	1885
B. 4.3-4.4/+200	20,4	294,3	109,0	1401	0,142	0,330	0,65	5,233	0,65	0,115	0,36	0,88	1838	1857	1880
C. Titanite	30,2	84,4	28,9	1100	0,028	0,332	0,99	5,181	1,31	0,113	0,77	0,65	1846	1849	1852
D. 4.2-4.4/long/abr	15,7	300,8	111,1	2548	0,159	0,330	0,65	5,247	0,65	0,115	0,15	0,97	1838	1860	1885
E. 4.3-4.4/short/abr	15,4	295,2	107,9	1907	0,133	0,331	0,65	5,272	0,65	0,115	0,15	0,97	1844	1864	1886
F. +4.4/long/abr	20,9	207,3	75,7	4171	0,130	0,337	0,65	5,355	0,65	0,115	0,15	0,97	1870	1877	1885
G. +4.4/short/abr	17,1	232,4	86,9	1690	0,134	0,337	0,65	5,386	0,65	0,116	0,15	0,97	1872	1882	1893
H. 3.8-4.3/short/abr	7,0	474,3	162,5	855	0,143	0,298	0,65	4,696	0,65	0,114	0,32	0,89	1681	1766	1869
A205 – Luvelahti, tonaliitti – *tonalite*															
A. +4.0/long	17,5	395,8	131,9	2741	0,119	0,308	0,65	4,867	0,65	0,115	0,30	0,90	1731	1796	1873
B. +3.8/short/abr 3 h	10,0	432,4	138,1	2182	0,101	0,298	0,65	4,718	0,65	0,115	0,15	0,97	1682	1770	1875
C. +4.0/anhedral	17,4	394,7	130,8	1710	0,111	0,305	0,65	4,825	0,65	0,115	0,19	0,95	1715	1789	1876
D. +4.3/long/abr 3 h	11,5	338,5	116,4	8708	0,120	0,320	0,65	5,083	0,65	0,115	0,15	0,97	1788	1833	1884
E. 3.6-4.3/long /abr	4,5	676,8	215,4	2784	0,138	0,290	0,65	4,573	0,65	0,114	0,15	0,97	1642	1744	1869
F. 3.6-4.3/short/abr	7,8	540,1	165,0	1358	0,105	0,280	0,65	4,392	0,65	0,114	0,15	0,97	1593	1710	1857
G. +4.3/-300	15,9	408,0	132,3	4990	0,114	0,304	0,65	4,805	0,65	0,115	0,15	0,97	1709	1785	1875
H. Titanite	erittäin suuri käänteinen diskordanssi – *extreme reverse discordance*									0,114	0,41				1868
I. Titanite	erittäin suuri käänteinen diskordanssi – *extreme reverse discordance*									0,113	0,65				1849

Liite 2. jatkuu
Appendix 2. continued

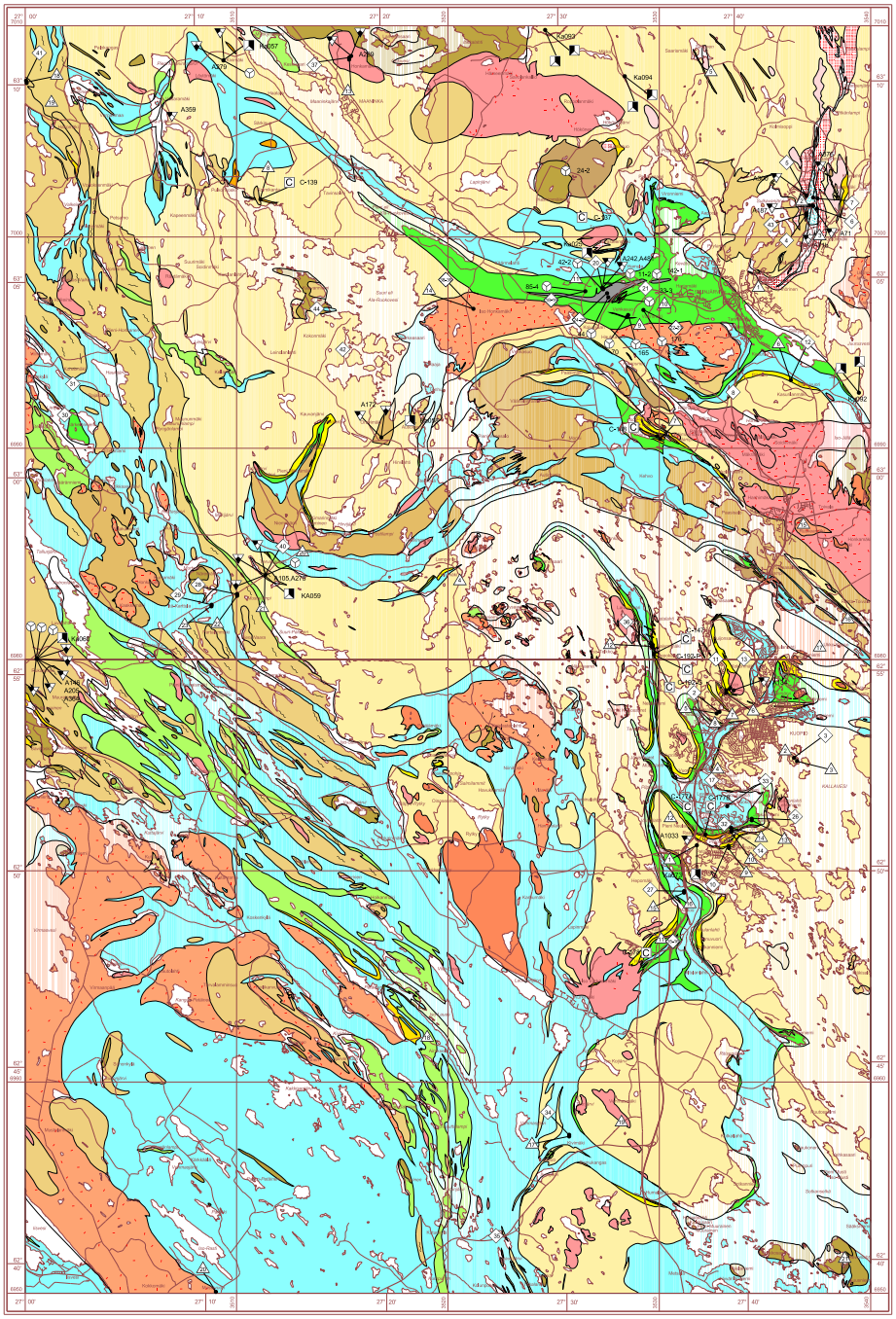
Fraction	Weigth (mg)	U conc (ppm)	Pb conc (ppm)	$^{206}Pb/^{204}Pb$ (meas.)	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{238}U$	±2 SE (%)	$^{207}Pb/^{235}U$	±2 SE (%)	$^{207}Pb/^{206}Pb$	±2 SE (%)	Corr.	$T^{206/238}$	$T^{207/235}$	$T^{207/206}$
A364 – Luvelahti, leukokraattinen tonaliittijuoni – ***leucocratic tonalite dyke***															
A. +4.0/+200	5,8	571,6	176,3	2351	0,091	0,291	0,65	4,580	0,65	0,114	0,24	0,93	1647	1745	1865
B. 3.6-4.0	2,2		385,1	665	0,138	0,210	0,65	3,197	0,65	0,110	0,38	0,85	1229	1456	1805
C. Total, abr 1 h	0,9	855,3	247,9	631	0,153	0,247	0,65	3,792	0,65	0,112	0,30	0,90	1420	1591	1825
D. Titanite	30,0	18,9	7,1	219	0,148	0,276	0,65	4,077	0,65	0,107	0,70	0,75	1571	1649	1750
E. 3.8-4.0/abr 3 h	5,0	883,6	259,5	2840	0,100	0,276	0,65	4,319	0,65	0,113	0,16	0,96	1572	1696	1854
A359 – Ukonniemi, apliittinen graniittijuoni – ***aplitic granite dyke***															
A. +4.35	5,3	386,0	108,3	328	0,125	0,224	0,89	3,825	1,10	0,124	0,57	0,70	1304	1597	2010
B. 4.2-4.35	12,2	664,9	133,4	299	0,117	0,159	0,65	2,423	0,87	0,110	0,61	0,70	953	1249	1804
C. 4.0-4.2	8,0		190,6	237	0,122	0,126	0,65	1,773	1,30	0,102	1,01	0,60	762	1035	1669
D. Titanite	16,9	erittäin suuri käänteinen diskordanssi – *extreme reverse discordance*								0,1094	0,81				1789
E. Titanite	28,0	erittäin suuri käänteinen diskordanssi – *extreme reverse discordance*								0,1090	0,77				1783
F. 3.8-4.2/+200/abr	2,3		231,0	375	0,108	0,146	0,65	2,120	0,65	0,106	0,27	0,90	876	1155	1724
G. 3.6-4.0/large/abr	0,4		221,7	250	0,119	0,113	0,65	1,597	1,50	0,102	1,04	0,60	692	968	1663
A289 – Honkamäki, graniitti – ***granite***															
A. 4.3-4.6/abr 5 h	14,6	480,2	165,5	1767	0,141	0,310	0,65	4,863	0,65	0,114	0,15	0,97	1740	1795	1860
B. 4.3-4.6/+100/abrC	13,6	618,9	212,1	1004	0,145	0,300	0,65	4,703	0,65	0,114	0,24	0,92	1693	1767	1857
C. 4.3-4.5/+100/abrF	9,3	361,4	124,4	1984	0,131	0,313	0,67	4,918	0,81	0,114	0,15	0,92	1755	1805	1863
D. 4.2-4.3/-100/abr	10,1		373,8	980	0,164	0,269	0,67	4,185	0,74	0,113	0,27	0,90	1534	1670	1847
E. Titanite	31,7	107,3	43,6	272	0,098	0,321	0,72	5,037	0,85	0,114	0,41	0,80	1795	1825	1860
A134 – Puijo, granodioriitti – ***granodiorite***															
aA. -200	21,0	937,6	306,0	3915	0,137	0,302	0,65	4,723	0,65	0,114	0,40	0,87	1699	1771	1857
aB. +4.2/abr 2 h	4,0	640,5	222,1	5627	0,133	0,321	0,65	5,079	0,65	0,115	0,15	0,97	1793	1832	1877
aC. 4.0-4.2/abr 2 h	4,1	904,3	315,3	5575	0,128	0,324	0,65	5,082	0,65	0,114	0,15	0,97	1806	1833	1863
aD. 4.0-4.2/long/abr	5,2	817,1	289,3	3846	0,133	0,326	0,65	5,119	0,65	0,114	0,15	0,97	1817	1839	1864
aE. 3.8-4.0/abr 2 h	5,4		390,3	8526	0,139	0,316	0,65	4,953	0,65	0,114	0,15	0,97	1771	1811	1857
bF. +4.3/-200/abr 2 h	4,4	536,3	193,2	1235	0,121	0,325	0,65	5,121	0,65	0,114	0,15	0,97	1814	1839	1868
bG. 4.2-4.3/-200/abr	10,0	735,8	255,2	6965	0,126	0,323	0,65	5,069	0,65	0,114	0,15	0,97	1803	1830	1862
bH. 4.0-4.2/-200/abr	7,4		340,9	6019	0,133	0,309	0,65	4,836	0,65	0,114	0,27	0,90	1734	1791	1858
bI. 3.6-4.2/abr	3,4	1116,1	375,0	4354	0,137	0,309	0,65	4,821	0,65	0,113	0,15	0,97	1735	1788	1851
bJ. +3.6/abr/dark	2,0		300,3	2941	0,081	0,284	0,65	4,488	0,65	0,115	0,18	0,95	1609	1728	1876
bK. 4.2-4.3/-200/abr	6,7	716,4	249,0	11910	0,128	0,324	0,65	5,091	0,65	0,114	0,15	0,97	1809	1834	1863

Isotooppisuhteet korjattu laboratoriokontaminaation ja alkuperäislyijyn suhteen – *Data corrected for blank and common lead*

Suomen geologinen kartta 1:100 000. Kallioperäkarttojen selitykset, lehdet 3331 ja 3242

Geological map of Finland 1:100 000. Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks, Sheets 3331 and 3242

Liitekartta 1
Appendix map 1



SIILINJÄRVEN JA KUOPION KARTTA-ALUEIDEN KALLIOPERÄ

PRE-QUATERNARY ROCKS OF THE SIILINJÄRVI AND KUOPIO MAP-SHEET AREAS

MERKKIEN SELITYS - LEGEND

PALEOPROTEROTSOOISIA KIVILAJEJA
PALAEOPROTEROZOIC ROCKS

- Killeporeissiä ja kiillaliuskeita
  Mica gneiss and mica schist
- Mustaliuskeita ja kiisuliuskeita
  Black schist and sulphide-bearing schist
- Kvartsi-maasälpägneissiä
  Quartz-feldspar gneiss
- Hapanta metavulkaniitta
  Felsic metavolcanite
- Amfiboliitta / sarvivälkegneissiä
  Amphibolite / hornblende gneiss
- Emäksistä metavulkaniitta
  Mafic metavolcanite
- Karbonaattikivet ja kalkkiliikaarikivet
  Carbonate rock and calc-silicate rock
- Arkiosiitta, kvartsiitti ja serisiittikvartsiitti
  Arkosite, quartzite and sericite quartzite
- Graniitta
  Granite
- Porfyyrista graniitta
  Porphyritic granite
- Porfyyrista granodioriitta / kvartsidioriitta
  Porphyritic granodiorite / quartz diorite
- Granodioriitta ja tonaliitta
  Granodiorite and tonalite
- Granodioriitta, tonaliitta tai kvartsidioriitta
  Granodiorite, tonalite or quartz diorite
- Juovaista tai gneissimäistä tonaliitta ja granodioriitta
  Striped or gneissic tonalite and granodiorite
- Mikrotonaliitta
  Microtonalite
- Tonaliitta
  Tonalite
- Kvartsidioriitta ja tonaliitta
  Quartz diorite and tonalite
- Kvartsidioriitta ja dioriitta
  Quartz diorite and diorite
- Metadiabaasia
  Metadiabase
- Gabroa
  Gabbro
- Ultramafiitta kiveä
  Ultramafic rock

ARKEEISIA KIVILAJEJA
ARCHAEAN ROCKS

- Perusgneissiä (tonaliitta-trondhjemiitta-granodioriitta; graniitoita ja migmatiitta)
  Basement gneiss (tonalite-trondhjemite-granodiorite; granites and migmatite)
- Graniitta
  Granite
- Kvartsi-maasälpägneissiä
  Quartz-feldspar gneiss
- Feniitti-syeniittiä
  Fenite-syenite
- Karbonatiitti-glimmeriittiä
  Carbonatite-glimmerite
- Avolouhos
  Open pit
- Zirkonin U-Pb-ajoitus
  Zircon U-Pb dating
- Titaniitin U-Pb-ajoitus
  Sphene U-Pb dating
- Sm-Nd isotooppimääritys
  Sm-Nd isotopic data
- Hiilen isotooppimääritys
  Carbon isotopic data
- Sarvivälkkeen K-Ar -ajoitus
  Hornblende K-Ar dating
- Biotiitin K-Ar -ajoitus
  Biotite K-Ar dating
- Retkeilykohde
  Excursion target
- Valokuva
  Photo

© GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS, ESPOO 2007
© GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND, ESPOO 2007
POHJAKARTTA © MAANMITTAUSLAITOS, LUPA nro 13/MML/06
BASE MAP © NATIONAL LAND SURVEY OF FINLAND, LICENCE no. 13/MML/06

Mittakaava 1:100 000 Scale

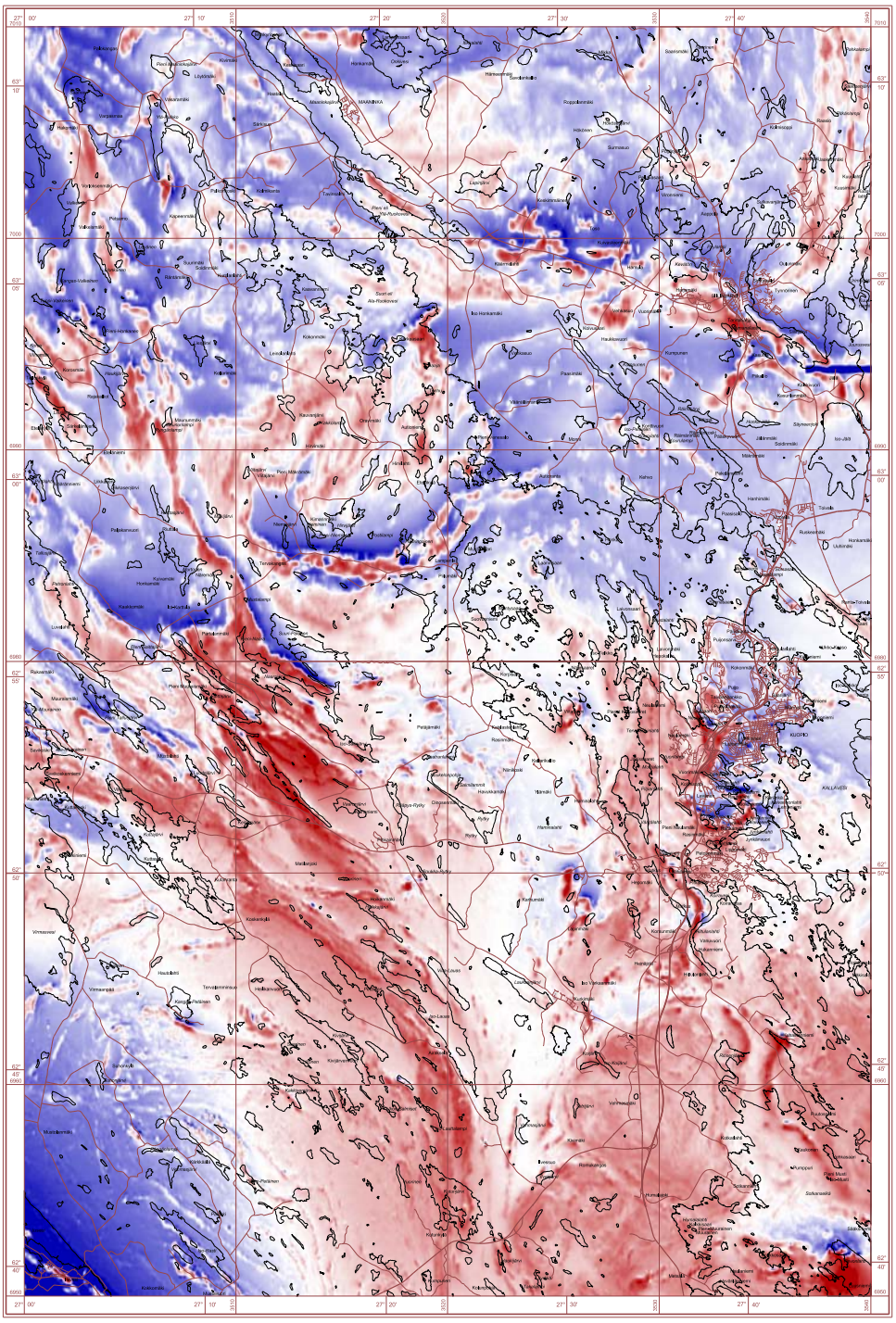
5 km

Laatinut / Compiled by: Heikki Lukkarinen, GTK, Kuopio

GIS - toteutus / GIS - production: Heikki Lukkarinen, GTK, Kuopio; Anni Vuori, GTK, Kuopio

Suomen geologinen kartta 1:100 000. Kallioperäkarttojen selitykset, lehdet 3331 ja 3242
Geological map of Finland 1:100 000. Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks, Sheets 3331 and 3242

Liitekartta 2
Appendix map 2



AEROMAGNEETTINEN KARTTA

TOTAALI- INTENSITEETTI
DGRF- 65 TASOSSA

© GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS, ESPOO 2007
© GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND, ESPOO 2007

POHJAKARTTA © MAANMITTAUSLAITOS, LUPA nro 13/MML/08
BASE MAP © NATIONAL LAND SURVEY OF FINLAND, LICENCE no. 13/MML/08

Mittakaava 1:100 000 Scale
5 km

Laatinut / Compiled by: Jouni Lerssi, GTK, Kuopio

GIS - toteutus / GIS - production: Anni Vuori GTK, Kuopio

Julkaistut kallioperäkartat (1:100 000) ja selitykset (*), Tilapäiskartta [ ]

Published maps of Pre-Quaternary rocks (1:100 000) and explanations (*) , Temporary map [ ]

1.4.2008

* 0034+0043 Signilskär, 1978.
1011 Lågskär, 1978.
* 1012 Mariehamn, 1979.
1013 Kökär, 1981.
1014 Föglö, 1980.
* 1021 Geta, 1978.
1022+1024 Hullberga, 1992.
* 1023 Kumlinge, 1978.
1031 Utö, 1983.
1032 Korppoo, 1987.
* 1033 Nötö, 1954.
* 1034 Nagu, 1973.
* 1041 Iniö, 1986.
* 1042 Vehmaa, 1992.
* 1043 Turku, 1994.
1131 Uusikaupunki, 1994.
* 1132 Rauma, 1993.
1133 Yläne, 1994.
* 1134 Kokemäki, 1994.
1141 Luvia, 1994.
1143 Pori, 1994.
* 1242 Korsnäs, 1960.
1244 Jurva, 2002.
1343 Vexala, 1981.
* 1823 Kilpisjärvi, 1994.
1832 Ropi, 1988.
* 1842 Halti, 1994.
2011 Hanko, 1970.
2012 Perniö, 1955.
2013 Jussarö, 1973.
[* 2014 Tammisaari, 1991.]
* 2021 Salo, 1955.
* 2022 Marttila, 1957.
* 2023 Suomusjärvi, 1955.
* 2024 Somero, 1955.
2031 Mäkiluoto, 1992.
* 2032 Siuntio, 1960.
* 2034 Helsinki, 1967.
2041 Lohja, 1994.
* 2042 Karkkila, 1953.
* 2043 Kerava, 1969.
* 2044 Riihimäki, 1956.
* 2111 Loimaa, 1953.
* 2112 Huittinen, 1976.
* 2113 Forssa, 1954.
* 2114 Toijala, 1973.
* 2121 Vammala, 1967.
* 2122 Ikaalinen, 1952.
2122 Ikaalinen, 1993.
* 2123 Tampere, 1961.
* 2124 Viljakkala-Teisko, 1953.
* 2131 Hämeenlinna, 1949.
* 2132 Valkeakoski, 1970.
* 2133 Kärkölä, 1961.
* 2134 Lammi, 1964.
* 2141 Kangasala, 1964.
2142 Orivesi, 1986.
2143 Padasjoki, 1971.
2144 Kaipola, 1973.
* 2213 Kuru, 1960.
* 2214 Virrat, 1965.
* 2221 Jalasjärvi, 1990.
2222 Seinäjoki, 1962.
* 2222 Seinäjoki, 1991.
* 2223 Alavus, 1970.
* 2224 Kuortane, 1971.
* 2231 Mänttä, 1976.
* 2232 Keuruu, 1963.
* 2241 Ähtäri, 1970.
* 2313 Alajärvi, 1979.
* 2314 Evijärvi, 1992.
2321 Pietarsaari, 1981.
2322 Kokkola, 1980.
2323 Kaustinen, 1971.
* 2324 Kannus, 1961.
* 2331 Kyyjärvi, 1993.
* 2332 Perho, 1976.
* 2334 Kinnula, 1962.
* 2341 Lestijärvi, 1964.
* 2342 Sievi, 1962.
* 2343 Reisjärvi, 1963.
* 2344 Nivala, 1962.
* 2413 Kalajoki, 1955.
* 2431 Ylivieska, 1955.
* 2432+2414 Pyhäjoki, 1957.
* 2433 Haapavesi, 1958.
* 2434 Vihanti, 1958.
* 2441 Raahe, 1959.
* 2443 Paavola, 1959.
* 2533 Haukipudas, 1986.
* 2541 Kemi, 1971.
* 2542+2524 Karunki, 1972.
* 2543 Simo, 1975.
* 2544 Runkaus, 1971.
* 2624 Sieppijärvi, 2001.
* 2631 Törmäsjärvi, 2002.
* 2633 Koivu, 2003.
* 2642 Pasmajärvi, 2002.
* 2713 Kolari, 1984.
2714 Kihlanki, 1981.
* 2723 Muonio, 1980.
* 2731 Kurtakko, 1992.
2732 Kittilä, 1984.
2744+3722 Pokka, 2003.
* 3012 Pellinki, 1965.
* 3021 Porvoo, 1964.
* 3022 Lapinjärvi, 1962.
* 3023+3014 Kotka, 1970.
* 3024 Karhula, 1965.
* 3041+3043 Haapasaari, 1972.
* 3042 Hamina, 1973.
* 3044 Vaalimaa, 1979.
* 3111 Lahti, 1964.
* 3112 Heinola, 1970.
* 3113 Kouvola, 1963.
* 3114 Vuohijärvi, 1969.
* 3121 Sysmä, 1977.
* 3122 Joutsa, 1982.
* 3123 Mäntyharju, 1978.
3124 Hirvensalmi, 1988.
* 3131 Luumäki, 1975.
* 3132 Savitaipale, 1965.
* 3133 Ylämaa, 1979.
* 3134 Lappeenranta, 1964.
* 3141 Ristiina, 1990.
* 3142 Mikkeli, 1980.
* 3144 Sulkava, 1966.
* 3223 Rautalampi, 2000.
* 3224 Karttula, 1991.
* 3231 Haukivuori, 1984.
* 3232 Pieksämäki, 1971.
3233 Rantasalmi, 1973.
* 3234 Varkaus, 1980.
3241 Suonenjoki, 2004.
* 3242 Kuopio, 2002.
* 3311 Viitasaari, 1966.
* 3312 Pihtipudas, 1969.
* 3313 Vesanto, 1985.
* 3314 Pielavesi, 1977.
* 3321 Pyhäjärvi, 1992.
* 3322 Kärsämäki, 1992.
* 3323 Kiuruvesi, 1977.
* 3331 Siilinjärvi, 2000.
* 3332 Lapinlahti, 1987.
3333 Juankoski, 2000.
* 3334 Nilsiä, 1980.
* 3341 Iisalmi, 1990.
* 3342 Vieremä, 2001.
* 3343 Rautavaara, 1997.
3344 Laakajärvi, 2005.
* 3411 Piippola, 2002.
* 3412 Rantsila, 2000.
* 3422 Oulujoki, 1983.
3423 Utajärvi, 1994.
3424 Sanginkylä, 1992.
3431 Kajaani, 1997.
3432 Paltaniemi, 2004.
3433 Sotkamo, 1981.
3434 Paltamo, 1993.
3442 Puolanka, 1990.
3443 Hyrynsalmi, 1989.
* 3511 Kiiminki, 1984.
3531 Jonku, 1977.
3541 Rytinki, 1979.
3543 Loukusa, 1980.
* 3612 Rovaniemi, 1996.
3614 Vikajärvi, 2002.
3623 Nampa, 2003.
3642 Pelkosenniemi, 1979.
* 3643 Kursu, 1967.
3644 Vuotostunturi, 1983.
* 3713 Sodankylä, 1979.
* 3714 Sattanen, 1980.
3723 Peurasuvanto, 1993.
3733+4711 Savukoski, 1986.
* 3934+4912+4914 Näätämö, 1994.
* 4112+4111 Imatra, 1966.
* 4121 Virmutjoki, 1987.
4122 Lohilahti, 1992.
* 4123+4114 Parikkala, 1982.
* 4124+4132 Punkaharju, 1980.
* 4213 Kerimäki, 1975.
* 4214 Rääkkylä, 1985.
* 4221 Heinävesi, 1993.
* 4222 Outokumpu, 1971.
4223 Joensuu, 1985.
* 4224 Kontiolahti, 1971.
* 4231 Kitee, 1973.
* 4232+4234 Tohmajärvi, 1967.
* 4241 Kiihtelysvaara, 1971.
* 4242 Eno, 1983.
* 4243 Oskajärvi, 1983.
4244+5222 Ilomantsi, 1973.
* 4311 Sivakkavaara, 1971.
4312 Ylä-Luosta, 2005.
* 4313 Koli, 2005.
* 4321 Nurmes 1973.
4322 Puukari, 1993.
* 4411 Ontojoki, 1976.
* 4412 Hiisijärvi, 1973.
* 4413 Kuhmo, 1978.
* 4414+4432 Lentiira, 1993.
* 4421 Moisiovaara, 1986.
* 4423+4441 Ala-Vuokki, 1987.
4522 Vasaraperä, 1989.
* 4524+4542 Kuusamo, 1973.
* 4613 Rukatunturi, 1982.
* 4621+4623 Salla, 1967.

Karttoja ja karttaselityksiä myy:

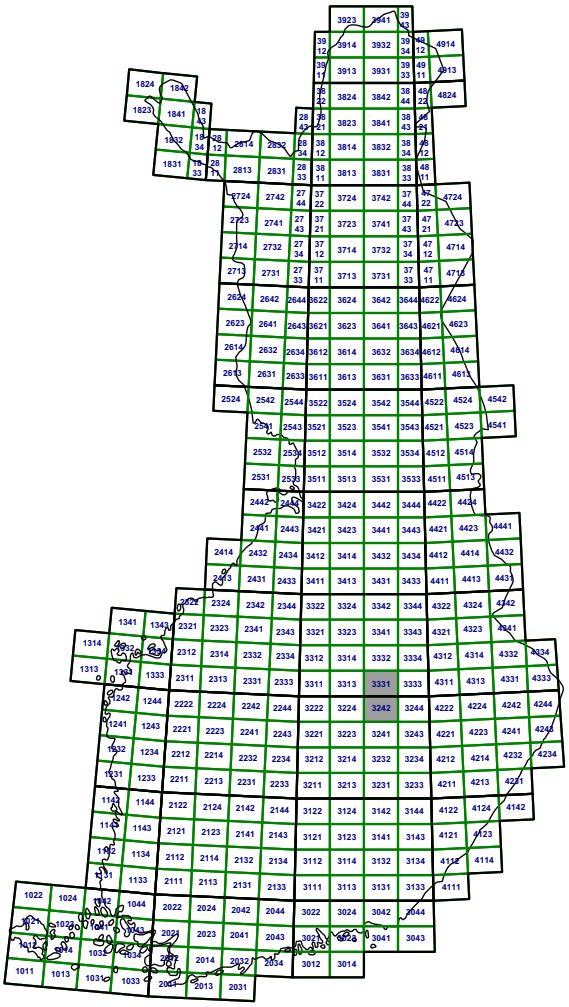
Geologian tutkimuskeskus (GTK)
Julkaisumyynti
PL 96
02151 Espoo
Puh. 0205 50 11

The maps and explanations may be purchased at:

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

E-mail: julkaisumyynti@gtk.fi www.gtk.fi

www.gtk.fi
info@gtk.fi



Karttalehtijako 1:100 000
Map division 1:100 000

ISBN 978-952-217-034-7 (PDF)