

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

LEHTI 3332  
SHEET 3332

KALLIOPERÄKARTTOJEN SELITYKSET  
EXPLANATION TO THE MAPS OF  
PRE-QUATERNARY ROCKS

Jorma Paavola

## Lapinlahden kartta-alueen kallioperä

Summary: Pre-Quaternary rocks of the Lapinlahti  
map-sheet area

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS  
GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

ESPOO 1988



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

Kallioperäkarttojen selitykset, Lehti 3332  
Explanation to the maps of pre-Quaternary rocks, Sheet 3332

Jorma Paavola

## LAPINLAHDEN KARTTA-ALUEEN KALLIOPERÄ

Summary: Pre-Quaternary rocks of the Lapinlahti map-sheet area

Geologian tutkimuskeskus — Geological Survey of Finland

Espoo 1988

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, 3332 Lapinlahti*. 60 pages, 26 figures and 7 tables.

The area of the Lapinlahti map-sheet, about 50 km north of Kuopio, is roughly divided by Lake Onkivesi into eastern Archaean and western, Proterozoic parts. The Archaean area consists predominantly of amphibolite-banded tonalitic-trondhjemitic migmatites. In the NE-corner of the map-sheet area, there is a block in the bedrock separated by blastomylonites, where these migmatites contain granulite-facies mineral parageneses forming enderbitic and pyroxene amphibolitic rocks. Prominent fractures, running especially in the NW—SE direction, are typical features all over the area contained in the map sheet. In the SE corner, the rocks of the Siilinjärvi carbonatite complex reach the area. Jatulian diabases cut the Archaean basement. In the high-grade metamorphic area, they are mainly pyroxene diabases, but elsewhere hydrated to metadiabases.

On the Proterozoic side, the so-called Lampaanjärvi schist belt spreads out over the western map-sheet area. This belt consists predominantly of mica schist with minor quartz-feldspar schist, amphibolite and skarn interbeds. The composition of the Proterozoic intrusives is variable. Heterogeneous granites and granodiorites are quite extensive. The Lapinlahti gabbro-anorthosite stock with a concentric ring structure is most conspicuous. Gabbro, diorite, quartz diorite, tonalite and monzonite intrusives of varying size are common in the western Proterozoic area. Many kinds of dyke rocks are especially abundant in the surroundings of Lake Onkivesi.

Chemical whole rock analyses and isotopic mineral-dating data on the rocks are presented.

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

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

*Jorma Paavola, Geological Survey of Finland, PB 237, SF-70101 Kuopio, Finland.*

ISBN 951-690-309-6

Helsinki 1988. Valtion painatuskeskus

## SISÄLTÖ — CONTENTS

Tutkimusvaiheet .....	5
Kallioperän pääpiirteet ja paljastumasuhteet .....	7
Presvekokarjalainen alue .....	8
Raitainen tonaliittis-trondhjemittinen pohjagneissialue .....	8
Syeniitti-feniitti ja karbonatiitti-glimmeriitti .....	13
Ruhjeyöhykkeisiin liittyvät kivilajit .....	14
Svekokarjalainen alue .....	15
Liuskeet .....	15
Graniitit, granodioriitit ja montsoniitit .....	20
Tonaliitit, kvartsidioriitit ja dioriitit .....	25
Gabrot .....	27
Juonikivet .....	31
Rakenne ja stratigrafia .....	37
Metamorfoosi .....	40
Radiometriset iänmääritykset .....	41
Kivilouhokset ja malmimineralisaatiot .....	53
Retkeilykohteita .....	54
Summary: Pre-Quaternary rocks of the Lapinlahti map-sheet area .....	55
Introduction .....	55
Presvecokarelian rocks .....	55
Svecokarelian rocks .....	56
Metasediments .....	56
Infracrustal rocks .....	57
Dyke rocks .....	58
Structure and stratigraphy .....	58
Metamorphism .....	59
Kirjallisuutta — References .....	60

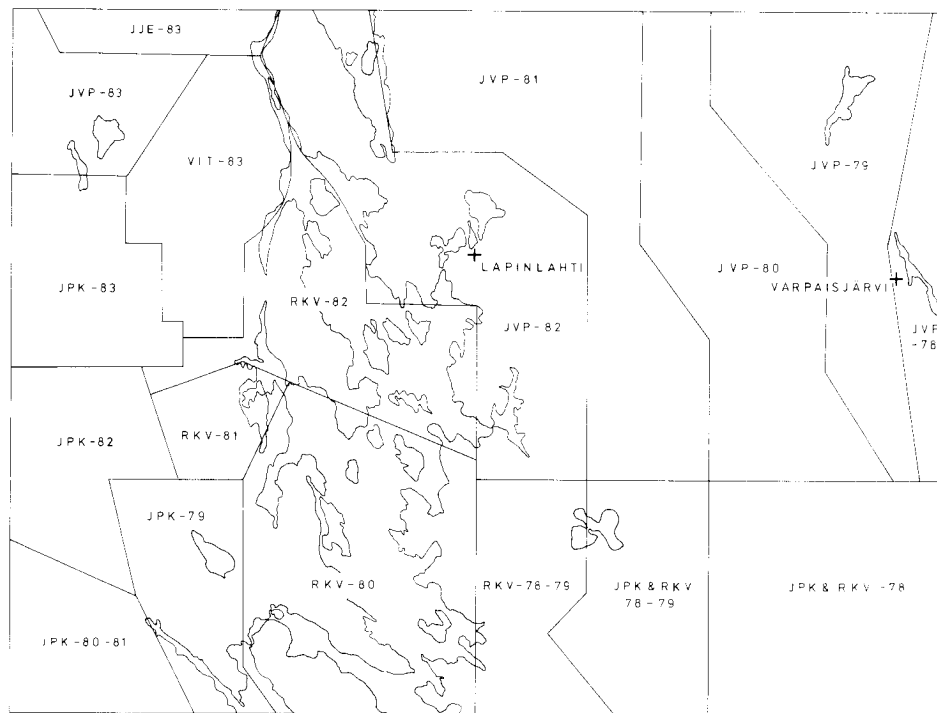
## TUTKIMUSVAIHEET

Lapinlahden kallioperäkartta (Paavola, 1987b) käsittää Suomen kantakartaston 1:100 000 lehden nro 3332. Lehti sisältää alueita Lapinlahden lisäksi myös Iisalmen, Pielaveden, Maaningan, Siilinjärven, Nilsiä ja Varpaisjärven kunnista. Lapinlahden karttalehti on osa Kuopion 1:400 000 mittakaavaisesta geologisesta yleiskartasta (Wilkman, 1933), johon on myös selitys (Wilkman, 1938).

Nykänen (1952) on Lapinlahden gabrotutkimuksessaan kuvannut laajalti myös ympäristön kivilajeja. Myöhemmin gabraa ovat tutkineet Rautaruukki Oy (Kerkkonen, 1985) ja Kemira Oy (Sotka, 1980). Kemira Oy aloitti Takaliston anortosiitin louhinnan vuonna 1984. Puustinen (1971) on tutkinut Siilinjärven karbonaattiesiintymää, jonka pohjoiset jatkeet yltyvät myös Lapinlahden karttalehtialueelle.

Vartiainen (1984) on tutkinut Onkiveden alueen syväkivien ja juonikivien petrologiaa. Maastotyöt hän teki lehden kartoitustyön yhteydessä ja tämä selitys perustuukin näiltä osin paljolti hänen töihinsä.

Itse (Paavola, 1984a; 1986) olen käsitellyt Varpaisjärven alueen arkeisia kiviä ja niiden ikäsuhteita.



Kuva 1. Eri tutkijoiden kartoittamat alueet Lapinlahden karttalehdellä.

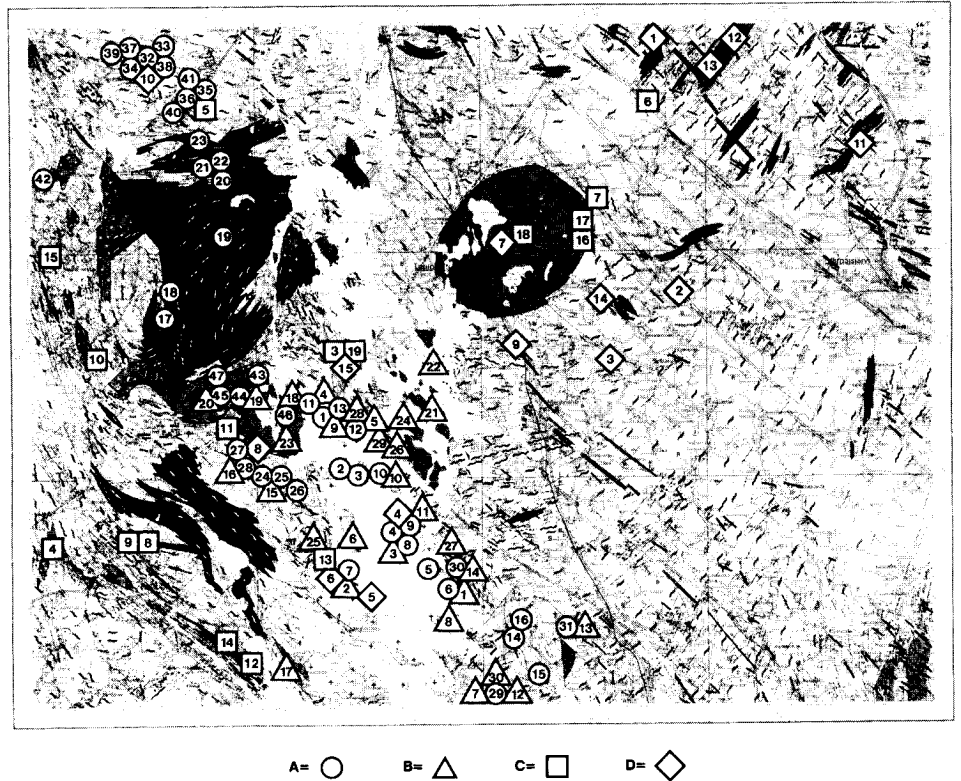
*Fig. 1. Areas mapped by different researchers.*

JJE = J. Eskelinen, JPK = J. Kousa, JVP = J. Paavola, VIT = V. Toivola ja RKV = R. Vartiainen

Käytettävissäni ovat alueelta olleet Rautaruukki Oy:n kartoitusmateriaali, Outokumpu Oy:n kartoitusmateriaali lehdiltä 01 ja 03 ja GTK:n malmiosaston materiaali lehdiltä 02 ja 03. Lisäksi malmiosaston geofysikaaliset maastomittaukset (1:10 000) osista lehtiä 02, 03, 05 ja 09 ovat olleet saatavillani. Geofysiikan osasto teki kaksi lounais-koillisuuntaista VLF ja painovoimamittausprofiilia karttalehden itäisen arkeiisen alueen poikki. GTK:n aerogeofysikaaliset matalalentokartat valmistuivat alueelta vasta varsinaisen kartoitustyön päätyttyä, mutta olivat luonnollisesti korvaamattomana apuna karttaa piirrettäessä.

Kaikki edellä mainittu tutkimusmateriaali on osaltaan auttanut sen geologisen kuvan hahmottumisessa, joka on esitetty Lapinlahden kallioperäkartassa.

Varsinaiset kenttätyöt on tehty vuosina 1978—83 ja lisäksi tarkastuskäyntejä kesällä -84. Kenttätöihin ovat lisäksi merkittäväällä panoksella osallistuneet kesäapulaisina



Kuva 2. Lapinlahden (3332) kartta-alue.

A = pistelaskun numero (taulukot 1—3), B = Kemiallisen analyysin numero (taulukko 4), C = valokuvan numero, D = isotooppiajoituksen numero (taulukot 6—7).

Fig. 2. Area of the Lapinlahden (3332) map-sheet.

A = point-counting analysis No. (Tables 1—3), B = chemical analysis No. (Table 4), C = fig. No., D = isotopic dating No. (Tables 6—7).

Jukka Kousa, 1978—83 ja Risto Vartiainen, 1978—82. Kesällä 1983 olivat kartoituksessa mukana Vesa Toivola sekä tutkimusavustaja Jukka Eskelinen, joka on osallistunut myös kartoitusmateriaalin käsittelyyn. Kartan on piirtänyt puhtaaksi kartanpiirtäjä Anni Vuori.

Kartta-alueen runsaslukuisista mineraalien U-Pb-isotooppiajoituksista on vastannut tohtori Olavi Kouvo GTK:n isotooppigeologian yksiköstä. Hän on myös yhdessä erikoistutkija Matti Vaasjoen kanssa tarkistanut radiometrisiä iänmäärittämiä käsittelevän kappaleen tekstin. K-Ar-isotooppimäärittäykset on teetetty Leedsin yliopistossa Englannissa.

Käsitteilytöiden ovat tarkistaneet tohtori Erkki Marttila ja tohtori Matti Laitala. Suomen kielen tarkistuksen on tehnyt Kotimaisten kielten tutkimuskeskus ja englanninkieliset käännöstyöt maisteri Paul Sjöblom.

Esitän kaikille työhön osallistuneille ja siinä avustaneille parhaimmat kiitokseni.

## KALLIOPERÄN PÄÄPIIRTEET JA PALJASTUMASUHTEET

Onkiveden vesistö jakaa karttalehtialueen N-S suunnassa kahtia. Vesistön itäpuolelle jäävä alue kuuluu Lapinlahden gabroa ja eteläisen Onkiveden alueen granodioriittia lukuun ottamatta presvekokarjalaiseen pohjakompleksiin. Lehden länsiosaa hallitsevat proterotsooiset syväkivet ja liuskeet.

Tyypillinen pohjagneissi on alueella tonaliittista, kvartsidioriittista ja trondhjemittistä granitoidia tai migmatiittia, jossa on amfiboliittisia raitoja ja sulkeumia. Graniittiutumisen on paikallista. Karttalehden kaakkoisnurkassa on Siilinjärven karbonaatti-glimmeriittiesiintymän pohjoispää, jota ympäröi syeniittis-feniittinen granitoidi. Tämä vaihettuu edelleen vahvasti epidoottiutuneeseen graniittigneissiin. Kartta-alueen koillisosa erottuu muusta arkeisesta kallioperästä erillisenä korkean metamorfoosiasteen lohkona, joka aiheuttaa myös selvän positiivisen magneettisen anomalian. Lohkoalueen kivet ovat pääasiassa raitaista enderbiittia tai pyrokseeniamfiboliittia. Ne ovat mitä ilmeisimmin syvemmän eroosiotason ja korkeamman metamorfoosiasteen vastineita tyypillisestä kvartsidioriittis-trondhjemittisestä pohjagneisistä.

Lukuisat luode-kaakkosuuntaiset diabaasit ja metadiabaasit leikkaavat pohjan graniitoideja. Erityisen runsaasti niitä on edellä mainitun korkean metamorfoosiasteen lohkon alueella, missä ne ovat yleensä hyvin säilyneitä pyrokseenidiabaaseja. Muualla juonet ovat vaihtelevassa määrin muuttuneita metadiabaaseja.

Läntistä proterotsooista aluetta dominoivat lännestä Pielaveden karttalehden (3314) (Salli, 1977) alueelta tuleva ns. Lampaanjärven liuskejako sekä lukuisat happamat ja emäksiset syväkivet. Lampaanjärven liuskeet koostuvat pääasiassa sarvivälkekiillegneiseistä, joissa on happamia kvartsimaa-älpagneissivyöhykkeitä sekä amfiboliittisia ja karsivaltaisia välikerroksia. Alueen laaja-alaisimmat proterotsooiset syväkivet ovat

Martikkalan — Lappetelän alueen porfyyrinen graniitti, Onkiveden Karvaselän alueen granodioriitti, Lapinlahden rengasrakenteinen gabro-anortosiitti, Leppälahden alueen gabrot ja kvartsidioriitit sekä Mankonmäen hypersteenimontsoniitti. Lisäksi on lukuisia pienempiä happamia ja emäksisiä syväkivipahkuja.

Emäksiset ja intermediaariset juonet ja juoniparvet ovat niin ikään tavallisia Onkiveden ympäristössä. Kaiken kaikkiaan tämän ns. kratonin reuna-alueen magmatismi on ollut hyvin moninaista ja deformatumina sekavaa.

Kartta-alueen kallioperä on kokonaisuutena suhteellisen rikkonaista ja lohkoutunutta sekä lukuisten, etenkin luode—kaakkosuuntaisten ruhjesiirrosten silpomaa. 1:100 000 mittakaavaista kartoitusta ajatellen alueen paljastuneisuus on riittävä.

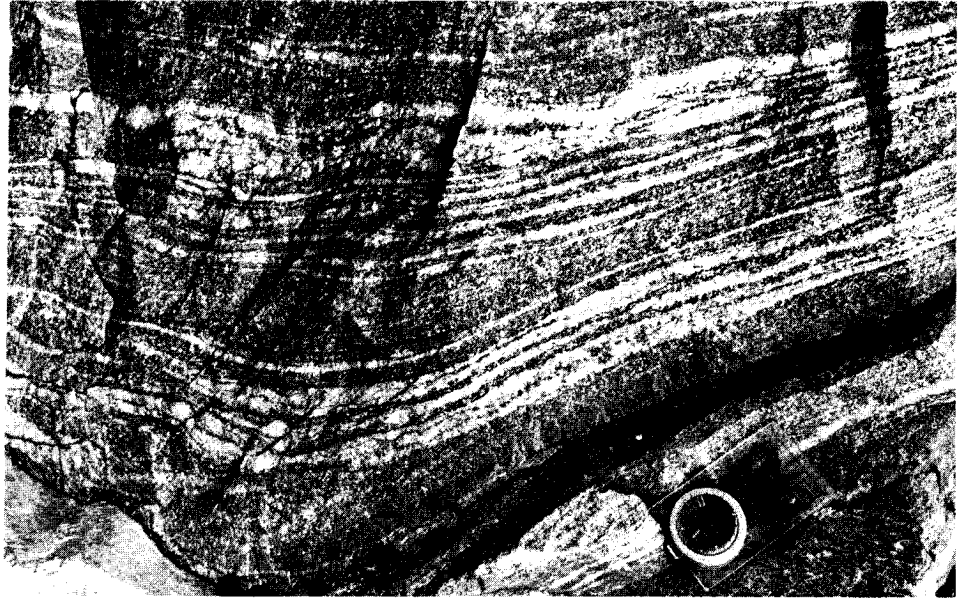
## PRESVEKOKARJALAINEN ALUE

### Raitainen tonaliittis-trondhjemittinen pohjagneissialue

Yli puolet karttalehtialueen kivistä kuuluu ns. presvekokarjalaiseen pohjakompleksiin. Karkeasti ottaen arkeiset kivet ovat Onkiveden vesistön itäpuolella, mutta monin paikoin ne jatkuvat vesistön länsipuolellakin, missä ne rajoittuvat pääasiassa nuorempiin syväkiviin. Pohjakompleksin kiviä on myös kartta-alueen lounaisnurkassa, Tuovilanlahden alueella. Siellä ne ovat monin paikoin vaikeasti tunnistettavia ja tulkittavia. Pohjan kivi on raitaista (kuva 3) tonaliittista tai kvartsidioriittis-trondhjemittistä migmatiittia, jossa on amfiboliittiraitoja (kuva 4), -sulkeumia ja myös leveämpiä yhtenäisiä amfiboliittivyöhykkeitä. Tyypillisintä se on Ala-Pitkän—Lukkari-  
lan alueilta Onkiveden (Karvasalmi—Väisälänmäki—Nerkooniemi) vyöhykkeelle asti. Migmatiittisuus on pääasiassa stromaattista, neosomivaltaisissa osissa usein schollen-tyyppistä (kuva 5) tai nebuliittista. Neosomiaines on pääosin trondhjemittia, jossa kalimaasälpää on primaarisesti hyvin vähän, jos lainkaan. Se on keski- tai karkearakkeista ja esiintyy joskus melko laajoinakin trondhjemittivaltaisina alueina, joissa paleosomiainesta on vain haamumaisina jäänteinä.

Alueen pohjagneissin toinen tyypillinen pääkomponentti, amfiboliitti, on tavallisin vaihtelevan paksuisena raitaisuutena. Amfiboliittia voi kuitenkin olla satojakin metrejä leveinä yhtenäisinä, konformeina vyöhykkeinä. Amfiboliittiset raidat ja linssit on karttaan merkitty vihreillä "liekeillä". Monin paikoin ohuimmat amfiboliittiset raidat ovat assimiloituneet neosomiainekseen. Sen sijaan jo muutaman senttimetrin levyiset raidat ovat yleensä säilyneet ja poimuttuneet tai budinoituneet. Peräkkäiset deformaatiot ovatkin usein aiheuttaneet kiveen monimutkaisia rakenteita. Ainakin osa tasalaatuisista pohjagneissin osista näyttäisi syntyneen homogenisoitumalla em. komponenteista. Tällaista homogeenista kvartsidioriittis-tonaliittista pohjagneissityyp-

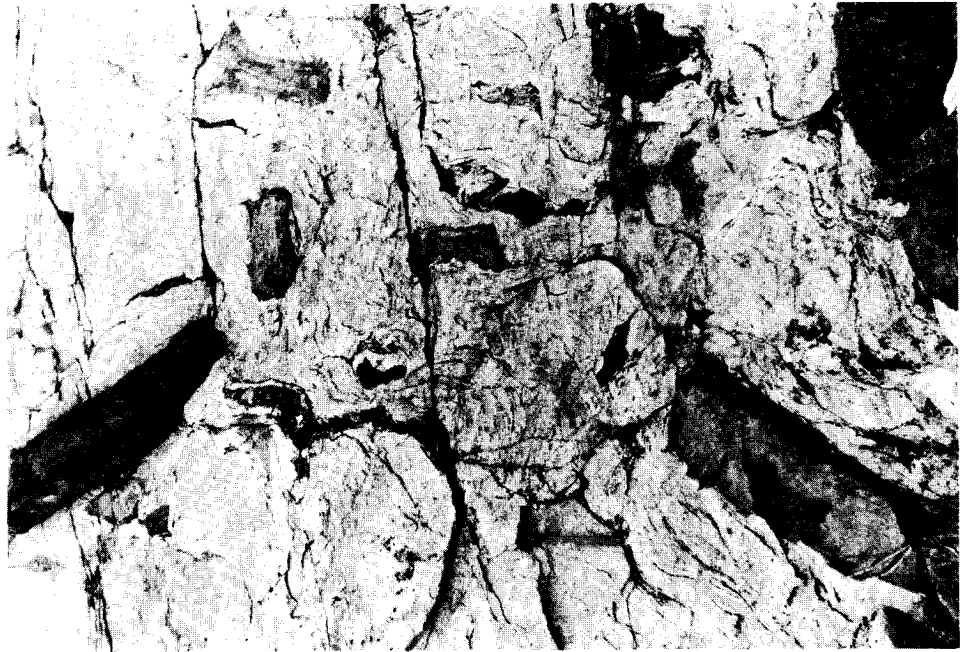




Kuva 3. Arkeinen, raitainen tonaliitti — trondhjemiittinen migmatiitti.  
*Fig. 3. Archaean, banded tonalitic — trondhjemitic migmatite.*  
 Väisälänmäki, 05B, x = 7025.42, y = 513.94



Kuva 4. Arkeinen, amfiboliittiraitainen, intensiivisesti deformatunut migmatiitti.  
*Fig. 4. Archaean, amphibolite-banded, intensively folded migmatite.*  
 Löytynmylly, 01B, x = 7016.90, y = 500.86



Kuva 5. Schollen-migmatiittityypistä, neosomivaltaista pohjan granitoidia. Vasaran pituus 50 cm.  
*Fig. 5. Schollen migmatitic basement with amphibolitic fragments in neosome material. Length of the hammer, 0.5 m.*

Kotikylä, 03D, x = 7037.00, y = 507.50

piä on mm. Ylä-Pitkän—Juurikan alueella (07C). Syväkivimäisen ja raitaisen tyyppin vaihtuminen keskenään on asteittaista. Metamorfoosin ja deformaatioiden aiheuttamat piirteet kallioperässä ovatkin usein vaikeasti tulkittavia. Aina ei ole helppo osoittaa, mikä kivessä on sekundaarista mobiloitumaa tai homogenisoitumaa, mikä taas primaarista.

Puhtaasti amfiboliittisia osia tai vyöhykkeitä näyttää olevan edellä mainitulla pohjan alueella vähemmän kuin karttalehtialueen koillisosassa, missä amfiboliittiset osat ovat valtaosin pyrokseeniamfiboliitteja (kahden pyrokseenin kiviä) (vrt. s. 12). Amfiboliitit voivat olla homogeenisia, gabromaisiakin, mutta raitaisuus sekä kvartsi-plagioklaasi-suonet ja -erkaumat ovat myös yleisiä. Rakenne on granoblastinen. Päämineraalit ovat sarvivälke ja andesiininen plagioklaasi. Sarvivälke on usein hieman ruskehtavan vihreää ja plagioklaasi runsaasti saussuriittinen. Retrogradisten mineraalien osuus on yleensä huomattava. Vaalea amfiboli, biotiitti, epidootti, kloriitti, karbonaatti, titaniitti ja usein kvartsikin ovat osittain tai joskus täysin korvanneet primaarimineraalit. Amfiboliiteissa havaittavat eroavuudet heijastavat primaarikoostumuksen, metamorfoosiasteen tai myöhempien hydrautumisprosessien vaihtelua. Voimakas defor-

maatio antaa paikoin amfiboliitille liuskeisen asun. Amfiboliitti eri tyypeineen on joka tapauksessa merkittävä pohjan melanosomiaines. Sedimentogeenisen paleosomiaineksen osuus pohjassa lienee kartta-alueella vähäinen.

Suurimäen (11C) alueella on paikoin emäksisiä ja ultraemäksisiä pahkuja. Myös voimakkaasti deformatuneilla vyöhykkeillä olevat pienet vuolukiviesiintymät saattavat olla alun perin tällaisia pahkuja. Sellaisia on löytynyt ainakin Ala-Pitkän—Lukkarilan (07C, 10B), Nerkoon (06D) ja Kiukonmäen (09C, D) alueilta.

Valtaosa alueen ns. pohjan graniittigneisistä on kuitenkin kaikessa heterogeenisyydessään kokonaiskoostumukseltaan tonaliittia tai kvartsidioriittia—dioriittia. Migmatisoivana neosomina siinä on trondhjemitti, paikoin myös nuorempi graniitti. Useat päällekkäiset deformaatiot sekoittavat kokonaiskuvan.

Tyypilliset pohjan granitoidin päämineraalit ovat plagioklaasi, kvartsi, amfiboli ja biotiitti. Plagioklaasi on oligoklaasia tai andesiinia, ja se on vaihtelevassa määrin saussuriittiutunut. Primaari sarvivälke on tummanvihreää, usein ruskehtavaa. Se on usein muuttunut hienorakeiseksi, vaaleaksi sarvivälkkeeksi, kummingtoniitiksi ja biotiitiksi. Näiden sekundaaristen mineraalien aggregaatti näyttää joskus täydellisesti korvaavan jotain varhaisempaa mineraalia, todennäköisesti pyrokseenia. Biotiitti on yleensä kasaumina ja usein kloriittiutunut. Kalimaasälpää on siellä täällä, useimmiten sekundaarisena. Muita aksessorisia mineraaleja ovat epidootti, serisiitti, karbonaatti, apatiitti, opaakki ja zirkoni.

Myös karttalehtialueen lounaisnurkassa, Särkimäen—Löytynjärven alueella, kallioperä on edellä kuvatun kaltaista tonaliittista tai kvartsidioriittista migmatiittia, mutta paikoin vahvasti graniittiutunutta. Etenkin Tuovilanlahden lounaispuolella pohjan granitoidin tunnistaminen nuoremman materiaalin ja deformaation alta on vaikeaa. Täällä kallioperä on hyvin vahvan luode-kaakkosuuntaisen mylonitisoivan ruhjedefor maation särkemä. Kartalla tämä vyöhyke on nuoremman granitisoivan tai migmatisoivan aineksen päällemerkinnöillä varustettua pohjaa. Siihen on sekoittuneena lisäksi proterotsooista amfiboliitti- ja kiillegneissimateriaalia. Vanhin raitainen migmatiitti on kuitenkin arkeinen. Myös proterotsooninen dioriittinen syväkiviaines sekä hienorakeisempi, voimakkaasti suunnittunut amfiboliittinen tai kvartsidioriittinen aines leikkaavat yleensä konformisti tätä kompleksia. Edellisiä leikkaavat vielä graniittiset, apliittiset ja emäksiset juonet.

Tämä kartta-alueen lounaisnurkassa oleva pohjan lohko on ilmeisesti suuren oikeakätisen siirroksen kaakosta työntämä kieleke. Onhan Tuovilanlahti suoraa jatketta suurelle Suvasveden siirrokselle, jota katkeamatta jatkuu yli 200 km aina Puruvedeltä asti. Kielekkeen on tulkittu edustavan arkeisen kuoren kartta-alueen itäosan pohjaa ylempää leikkausta. Maaninkamäen ja Pohjois-Haatalan (01C) alueen pohjan kivissä voidaan nähdä leukokraattisia tyyppejä. Niitä on pidetty arkeisen pohjan varhaisproterotsooisena aikana kemiallisesti rapautuneina pintaosina, joille proterotsooiset liuskeet (mm. Lampaanjärven liuskeet, vrt. s. 15) ovat kerrostuneet. Myös diopsidikarsiraidat ovat tyypillisiä tälle leukokraattiselle kivelle, jonka päällä on kartalla merkki ”kemiallista rapautumista”. Leukokraattiset osat koostuvat valtaosin

plagioklaasista, kvartsista ja kalimaasälvästä. Kloriittiutunut biotiitti on tummana päämineraalina. Aksessoreina ovat sarvivälke, titaniitti, apatiitti ja serisiitti. Karsivaltaisissa osueissa ja raidoissa on vaihtelevia määriä diopsidia, tremoliittia, plagioklaasia ja usein myös kalimaasälpää sekä kvartsia.

Paikallinen graniittiutumisen ominaista pohjan migmatiiteille. Mäntylahdessa (08A), Hyttimäen—Kortemäen vyöhykkeellä, on nähtävissä tyypillisen pohjan asteittain tapahtunut täydellinen graniittiutumisen, jossa pohjan raitaisuus on yleensä haamumaisena tunnistettavissa.

Kartan koillisnurkassa on voimakas positiivinen aeromagneettinen anomalia, jota ruhjeet terävästi rajoittavat eteläpuolella olevasta pohjasta. Tämä magneettinen anomalia ilmenee kallioperässä korkean metamorfoosiasteen lohkona, jonka kivissä on granuliittifasiuksen mineraaliseurueita.

Tämän ns. Varpaisjärven lohkon vallitseva kivilaji on raitainen, runsasplagioklaasinen ja yleensä hypersteenipitoinen granitoidi (enderbiitti). Kivi on tavallisesti myös heterogeenista. Paikoin on leukokraattinen, joskus pegmatoidinen, maasälpä-kvartsi-valtainen aines vallitseva, paikoin taas kvartsidioriittis-tonaliittinen kivi on silmiinpistävän homogeeninen. Homogenisoitunutta syväkivimäistä tyyppiä on mm. Honkamäen (12C) alueella, josta se jatkuu Nilsin kartta-alueen puolelle (Paavola, 1984b), sekä hajanaisempina alueina Viinamäen, Pällikkään (12B) ja Lampiensaamen (09D) alueilla. Hypersteeniä on tavattu pohjan granitoidissa paikoittain varsinaisen lohkoalueen eteläpuolellakin, kuten Levämäen ja Pienimäen alueilla (11). Näillä kohdin kallioperässä on niin ikään selvä positiivinen magneettinen anomalia.

Pyrokseeniamfiboliitit liittyvät oleellisesti Varpaisjärven lohkon enderbiittiseen kallioperään. Ne esiintyvät raitoina, sulkeumina tai leveinä vyöhykkeinä, kuten tonaliittis-trondhjemittisessä kallioperässä yleensäkin, mutta tällä lohkoalueella niitä näyttäisi olevan enemmän. Laaja-alaisimmat pyrokseeniamfiboliitit ovat homogeenisia, gabromaisiakin, mutta usein niissä on raitaisuutta ja suonittavaa kvartsiplagioklaasiainesta. Niiden rakenne on granoblastinen ja mineraalikoostumus vaihtelee sekä kemiallisen koostumuksen että kiteytymisolosuhteiden mukaan. Plagioklaasi, sarvivälke, klinopyrokseeni ja ortopyrokseeni sekä usein myös granaatti, ovat yleisimmät päämineraalit.

Suuri osa Varpaisjärven lohkon Vuorisenpään ja Pajumäen (12B) välisestä kallioperästä on vaihtelevassa määrin graniittiutunutta. Graniittiutumisen ilmenee lisääntyvänä antipertiittinä ja monin paikoin kiven punertavuutena ja kalimaasälpäpitoisuutena. Näistä graniittiutuneista osista on hypersteeni täysin hävinnyt tai muuttunut. Humalalammen luoteispuolella (09D) on puhdasta leukograniittia konformina linsinä. Paikalliset karkearakeiset trondhjemittiset tai leukograniittiset neosomiosueet ovat lohkoalueella tavallisia.

Varpaisjärven—Lapinlahden alueen arkeisten kivien alkuperää, kemismää, metamorfoosiolosuhteita ja ikäsuhteita on käsitelty jo aikaisemmin (Paavola, 1984a; 1986).

### Syeniitti-feniitti ja karbonaatti-glimmeriitti

Kartta-alueen kaakkoisnurkan arkeista kallioperää luonnehtii vahva epidoottiutumisen ja albiittiutumisen. Nämä liittyvät N—S-suuntaisena Siilinjärveltä tänne ulottuvaan, ilmeisesti metasomaattisesti muuttuneeseen vyöhykkeeseen ja arkeiseen kallioperän arpeen, jossa tavataan feniitti-syeniittityypisiä kiviä sekä karbonaattiglimmeriittiä.

Puustinen (1971) on tutkinut Siilinjärven karbonaattikompleksia, joskin hänen tutkimusalueensa painopiste on etelämpänä lehden 3331 alueella. Puustinen pitää karbonaatti-glimmeriittiä kompleksin vanhimpana kivilajina. Sitä lävistää monenkirjava syeniitti.

Karttalehden kaakkoisnurkasta esille pistävän kompleksin pohjoispää on esitetty feniitti-syeniitiksi, joka monin paikoin on hyvin homogeenista ja syväkiven näköistä. Kiistattomat intrusiivikontaktit sen sijaan puuttuvat. Näyttääkin todennäköiseltä, että ympäristön graniittigneissi on muuttunut ruhjevyyhykkeessä tektonis-metasomaattisten prosessien vaikutuksesta ainakin osaksi syeniittiseksi (feniitiksi). Gneissigraniitti on monin paikoin mitä ilmeisimmin myös mobiloitunut ja homogenisoitunut. Karbonaatti-glimmeriitti on intrudoitunut siihen myöhemmin. Metasomaattiset prosessit epidoottiutumisineen ovat silmiinpistäviä laajalti kompleksin ympäristössään. Syeniitti-feniittityypisiä kiviä tavataan niin ikään eri puolilla pohjaa, sen muuttuneissa vyöhykkeissä, mm. Nilsin (3334) karttalehtialueen puolella (Paavola, 1984b).

Alueen syeniitiksi mainitut kivet ovat keski- ja karkearakeisia, paikoin pegmatoidisia. Ne voivat olla heterogeenisiäkin ja maasälpjen väristä riippuen punertavia tai valkeita. Päämineraalikoostumus on vaihteleva. Kalimaasälvän lisäksi ovat klinopyrokseeni tai -amfiboli sekä kvartsi yleisiä. Plagioklaasi, epidootti ja karbonaatti ovat myös usein mukana vaihtelevin määrin. Apatiitti, titaniitti, biotiitti, kloriitti, serisiitti, zirkoni ja opaakki ovat aksessorit. Kalimaasälpää (mikrokliiniä) on likimain puolet kivistä, usein jopa 60—70 %. Pyrokseeni on syvän vihreää tai sinivihreää egiiriiniaugiittia. Se on usein muuttunut reunoiltaan sinivihreäksi riebeckiitiksi, joka esiintyy pääasiassa sekundaarisena.

Glimmeriittiä on vain suppealla alueella (10C) kartan alalaidassa. Sen yhteydessä on karbonaattia pieninä osueina ja raitoina. Glimmeriitti on massamaista ja tummaa kiillekiveä, jossa kuitenkin on tuntuja koostumuksellisia eroja. Alueen tyypillinen glimmeriitti koostuu valtaosin flogopiitista, vaihtelevista määristä karbonaattia, apatiittia ja serpentiiniä, joka lienee oliviinin muuttumistulos. Eräissä glimmeriittityypissä kiille on biotiittia ja sen ohella on runsaasti klinopyrokseenia ja -amfibolia. Glimmeriitin tyypilliset aksessorit ovat titaniitti, opaakki, zirkoni, kloriitti ja serisiitti. Puustisen (1971, s. 30—31) mainitsemaa glimmeriitin ja syeniitin välistä hybridityyppeä on myös. Sen päämineraalit ovat biotiitti (n. 50 %), kalimaasälpä, karbonaatti ja apatiitti.

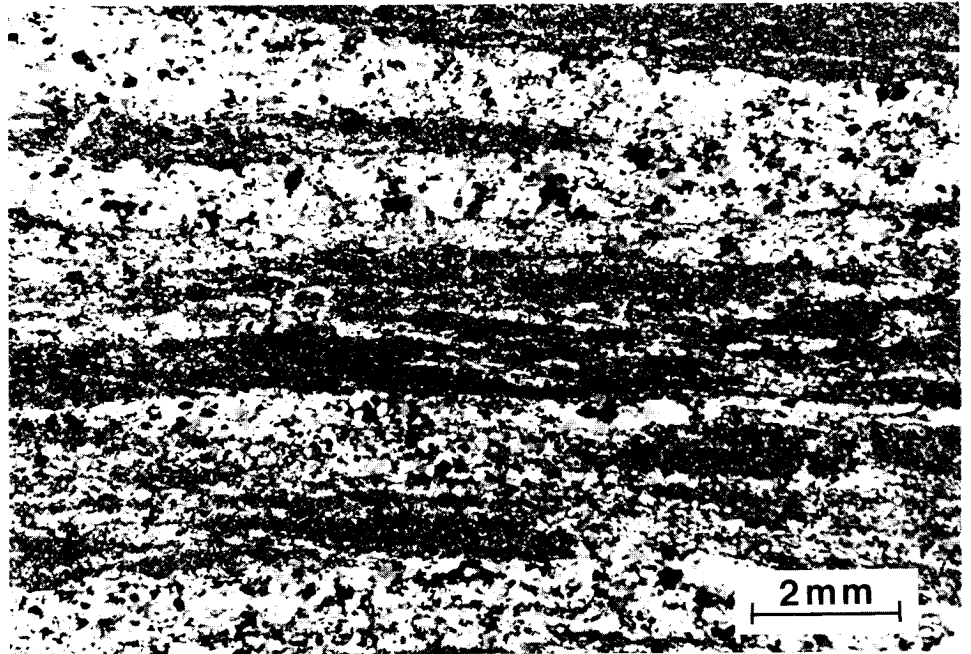
### Ruhjevyöhykkeisiin liittyvät kivilajit

Alueen pohjan granitoideja särkevät lukuisat, enimmäkseen luode-kaakkosuuntaiset ruhjeet ja ruhjevyöhykkeet. Niihin liittyy usein merkittäviä siirroksia. Ruhjevyöhykkeet ovat olleet aktiivisia proterotsooisella ajalla, mutta on hyvin todennäköistä, että ainakin osa niistä on syntynyt jo myöhäisarkeisena kautena.

Näille ruhjevyöhykkeille ovat luonteenomaisia voimakkaasti hiertyneet amfiboliitit ja kvartsiepidootti- tai kvartsidiopsidikivet (blastomyloniitit) (kuva 6), joita on paljastuneena mm. Kiukonmäen (09D) ja Löytynmyllyn (01B) alueilla. Takaliston alueella (09C) myloniitti on edelleen breksioitunut (kuva 7). Kivissä on usein nähtävissä selvästi kehittynyt intrafoliaalinen laahuspöimudeformaatio.

Kauppinen (1973) on kuvannut osin samoja lohkoja rajoittavia ruhjeita läheiseltä Iisalmen alueelta. GTK:n malmiosasto suoritti kesällä 1984 kairauksia tällaisen merkittävän ruhjevyöhykkeen poikki Humalalammesta (09D) noin 2 km länteen. Geofysiikan osaston tekemissä VLF-mittausprofileissa tulevat ruhjeista merkittävimmät myös selvästi esiin.

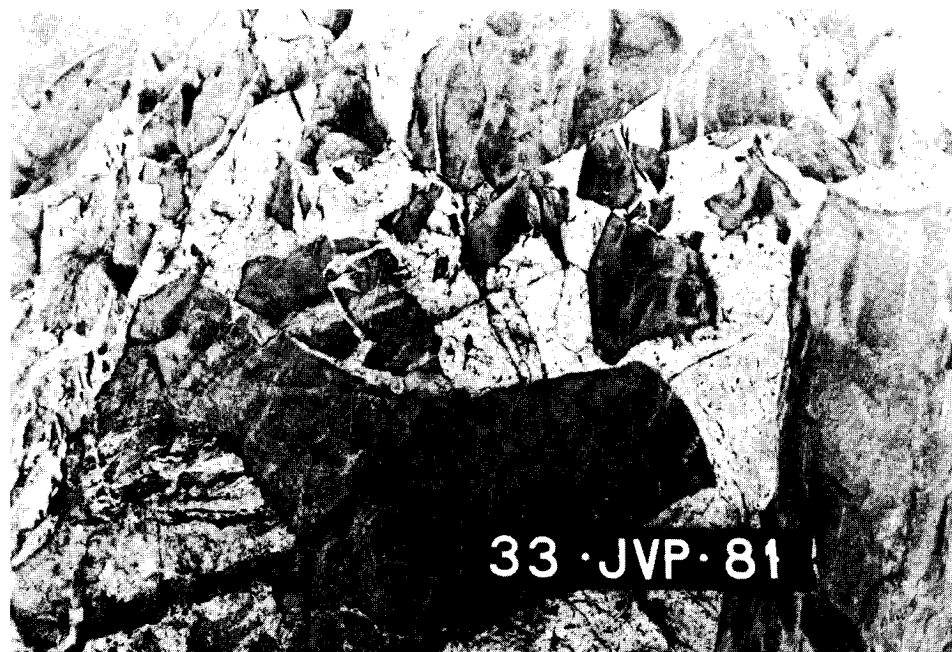
Kvartsiepidoottikivet koostuvat mikropöimuttuneista epidootti-kloriitti- tai kvartsi-pitoisista raidoista. Tremoliitti on myös yleistä. Lisäksi on rautasulfidipitoisia raitoja.



Kuva 6. Blastomyloniitti.

*Fig. 6. Blastomylonite.*

Kiukonmäki, 09D, x = 7036.50, y = 527.65



Kuva 7. Ruhjevyöhykkeeseen liittyvä tektoninen breksia.

*Fig. 7. Tectonic breccia in a crush zone.*

Takalisto, 09C, x = 7032.05, y = 525.26

Kivi on todennäköisesti syntynyt pohjan granitoideista tektono-metasomaattisesti ruhjeliikuntojen yhteydessä. Ruhjeissa tavattavat vahvasti deformatuneet amfiboliitit sisältävät aktinoliittisen amfibolin ja plagioklaasin lisäksi jonkin verran kvartssia, epidoottia, kloriittia, opaakkimineraaleja, titaniittia ja karbonaattia. Nämä amfiboliitit ovat ehkä alkuperältään suurimmaksi osaksi liikuntosaumoihin intrudoituneita diabaaseja, mutta niissä lienee myös myloniittiutuneita pohjan amfiboliitteja.

## SVEKOKARJALAINEN ALUE

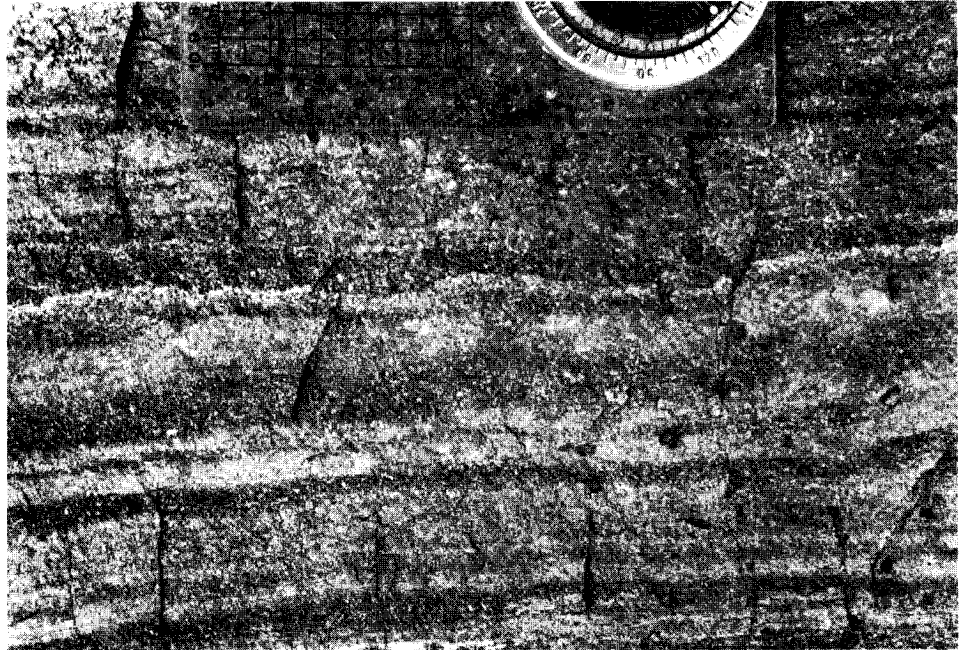
### Liuskeet

Kartta-alueen länsilaidalta kaartavat ns. Lampaanjärven liuskeet levittäytyen kah-  
taalle, toisaalla Leppämäen (02) ja toisaalla Tuovilanlahden—Ahkiolahden (01, 04)  
alueelle. Liuskeviuhkan pohjaväri on kartalla kiilleliuskeen tai kiillegneissin sininen.

Värin valinnassa ei siis ole huomioitu kiven paikoin ilmeisiä tuffiittisia piirteitä. Amfiboliittiset, kalkkisiilikaattipitoiset ja kvartsimaaasälpagneissiset välikerrokset ovat hyvin yleisiä ja ne on merkitty kartalle perinteisesti vihreillä, oransseilla ja keltaisilla symboleilla. Kerrosmyötäiset ja leikkaavat graniittiset juonet sekä juonikvartsi ovat yleisiä.

Kiilleliuske on gneissiytynyt paikoin hyvin voimakkaasti ja muuttunut karkeaksi ja heterogeeniseksi. Tällöin sen erottaminen alueen tietyistä raitaisista tonaliittis-kvartsidioriittisistä migmatiiteista on joskus vaikeaa. Kiillegneissi on saattanut myös assimiloitua asteittain kvartsidioriittiin siten, että vain granaatti- tai kalkkisiilikaattipitoiset reliktit ovat havaittavissa. Monin paikoin tonaliitti-kvartsidioriitti kuitenkin lävistää terävästi liusketta. Edellä mainittuja vaikeaselkoisia kivilajeja on mm. Katajamäen ja Leppäjärven vyöhykkeellä (01B, 02AB) ja Tuovilanlahden ympäristössä.

Kiilleliuske (osin tuffiittinen) on raitaista, usein selvästi kerroksellista (kuva 8). Kerrallisuus on yleistä, joskin tiukka poimuttuneisuus vaikeuttaa rakenteiden selvittelyä. Graniittiset suonet ja juonikvartsi ovat migmatisoivana aineksena. Suunnittuneisuus on yleensä selvä. Usean peräkkäisen deformaation aiheuttamat komplisoidut rakenteet ovat näkyvissä monin paikoin.



Kuva 8. Kerrallinen kiilleliuske.

*Fig. 8. Graded mica schist.*

Kiukonmäki, 01B, x = 7017.10, y = 504.70



Liuskeen tekstuuri on yleensä granoblastinen ja usein myös porfyroblastinen. Tavallisimmat päämineraalit ovat kvartsi, plagioklaasi, kalimaasälpä ja biotiitti. Porfyroblasteina ovat poikiloblastinen muskoviitti ja granaatti. Titaniitti, kloriitti, apatiitti, opaakkimineraalit ja zirkoni ovat aksessoreina. Vähän kalkkipitoisemmissa kerroksissa on sarvivalkettä ja epidoottia. Tällaiset kerrokset ovatkin yleisiä koko liuskealueella. Amfiboliittiset välikerrokset ovat myös yleisiä. Tuovilanlahden pohjoispuolella (01C) on konformina vyöhykkeenä uraliittiporfyriittia.

Pörsänmäen hypersteenimontsoniitin (s. 23) ympäristössä (02B—03A) on korkeammasta metamorfoosiasteesta johtuen mineraalikoostumukseltaan vaihtelevampaa kiillegneisiä. Pienen Lampaanjärven pohjoispuolella (02B) on granaatti-sillimaniittigneisiä, ja Pitkänjärven luoteispuolella (03A) on samanlaiseen kiveen kasvanut kookkaita granaatti- ja kordieriittiporfyroblasteja sekä sillimaniittia. Hypersteenimontsoniitin ja liuskeiden kontaktivyöhykkeellä, etenkin intruusion itäpuolella, tavataan erilaisia sekavia kivilajeja, jotka ovat usein tiiviitä, suhteellisen pienirakeisia tai massamaisia. Heterogeenisyys on tavallista. Kivien yleiset päämineraalit ovat plagioklaasi, pyrokseeni(t), sarvivälke, biotiitti ja kalimaasälpä. Biotiitti ja sarvivälke muodostavat usein hajarakeita. Nämä hieman epämääräiset kivilajityypit ovat mitä ilmeisimmin Pörsänmäen pyrokseenimontsoniitin aiheuttamia hornfelsejä.

Paitsi leukokraattisia vähäkiilteisiä välikerroksia, Lampaanjärven liuskejaksossa on myös leveitä kvartsi-maasälpägneisiä sisältäviä vyöhykkeitä. Merkittävimmän niitä löytyy Tuovilanlahden pohjoispuolelta (01) ja Leppämäen (02A) alueelta. Kerrokset ja vyöhykkeet ovat kartalla keltaisin symbolein. Kvartsi-maasälpägneisit ovat väriltään vaalean tai punertavan harmaita. Muskoviittiporfyroblastit ( $\varnothing < 1\text{cm}$ ) tekevät kivistä paikoin täplikkään (kuva 9). Muskoviitin lisäksi päämineraaleina ovat kvartsi, plagioklaasi, kalimaasälpä ja biotiitti. Joissakin kohdin on omamuotoista granaattia. Opaakki (pääosin rikkikiisu) ja apatiitti ovat yleiset lisämineraalit.

Kiukonmäen koillispuolella (01B,D) ja Leppämäen alueella (02A, C), etenkin Leppäjärven ja Pienen Lampaanjärven välisessä maastossa (02A, B), on liuskejaksossa karsivaltaisia vyöhykkeitä. Karret ovat koostumukseltaan vaihtelevia ja yleensä erittäin intensiivisesti poimuttuneita (kuva 10). Yleisimpien päämineraalien diopsidin, tremoliitin, kalimaasälvän, plagioklaasin, karbonaatin, biotiitin ja kvartsin määrät vaihtelevat. Grossulaarigranaattia on paikoin runsaasti, ja skapoliittiakin on todettu.

Lampaanjärven liuskejaksoson eteläisen hännän pää Ahkiolahden—Käänninniemen alueella (04A) on heikosti tai ei ollenkaan paljastunut. Liuskejaksoson pohjoinen häntä levittäytyy viuhkana Leppämäen—Leppälahden vyöhykkeelle ja katoaa sulautuen syväkivialueelle. Liuskejäänteitä on kuitenkin nähtävissä intruusioissa paitsi kattopuolen jäännös (roof remnant) -tyyppisinä sulkeumina myös ilmeisinä tektonisina kiiloina alueen gabroissa ja kvartsidioriiteissa. Kattaalankylän gabrossa (02C) on siellä täällä erikokoisia, osin assimiloituneita liuskesulkeumia. Kvartsin, plagioklaasin ja biotiitin lisäksi niihin on tavallisesti kasvanut granaattiporfyroblasteja. Granaatti-kordieriitti-antofylliitti- ja granaatti-kordieriitti-stauroliittiseurueita on niin ikään näissä sulkeumissa.



Kuva 9. Muskoviittiporfyroblasteja kvartsimaasälpäliuskeessa.  
*Fig. 9. Muscovite porphyroblasts in quartz-feldspar schist.*  
 Kiukonmäki, 01B, x = 7017.14, y = 504.21



Kuva 10. Karsi.  
*Fig. 10. Skarn.*  
 Suontaus, 02A, x = 7024.94, y = 502.94

Karttalehden luoteisnurkassa, Korpisjoen (03B) alueella, on amfiboliittista kiveä, joka todennäköisesti on metavulkaniittia. Paikoin siinä on nähtävissä laavakiven vahvasti deformatuneiksi rakenteiksi tulkittavia piirteitä. Erilevyiset karsiraidat ovat yleisiä. Amfiboliitti koostuu pääasiassa plagioklaasista ( $An_{45-50}$ ), amfibolista (antofylliitti, kummingtoniitti, sarvivälke), biotiitista, kvartsista ja monin paikoin granaatista. Amfiboliittiin liittyvien karsikivien tekstuuri on kauniin granoblastinen. Ne sisältävät plagioklaasia, epidootia, ja grossulaarigranaattia. Myös karbonaattia esiintyy paikoin.

Pohjoisen liuskehännän etäisimpänä merkinä Leppälahden kylällä (02C) on säilynyt konglomeraattia (kuva 11). Varsinaiselta liuskealueelta sitä ei ole tavattu. Konglomeraatti on keskellä gabro-kvartsidioriittista syväkivialuetta ja todennäköisesti suotuisten tektonisten olosuhteiden vuoksi säilynyt kiilana. Konglomeraatti rajoittuu luoteispuolella raitaiseen kvartsidioriittiseen kiveen, ja kaakkoispuolella siihen liittyy sekavaa dolomiittikarsivaltaista kiveä. Konglomeraatin palloset ovat juonikvartsia, trondhjemiiittista granitoidia (ilmeisesti pohjagneissia), kvartsiiittia, dolomiittia, amfiboliittia ja sarvivälkegabraa (ehkä metadiabaasia). Epämääräisen viirumaisiksi litistyneet liuskefragmentit ovat satunnaisia. Palloset ovat yleisimmin halkaisijaltaan 1–12 cm, mutta jopa 20 cm:n kokosiakin esiintyy. Ne ovat juonikvartsia lukuun ottamatta hyvin pyörityneitä ja vaihtelevasti litistyneitä (vrt. kuva 11).



Kuva 11. Konglomeraatti.

*Fig. 11. Conglomerate.*

Leppälahti, 02C, x = 7022.15, y = 508.65



Kuva 12. Konglomeraattia raontäytteenä sarvivälkegabrossa. Laatan pituus 12 cm.  
 Fig. 12. Conglomerate crack filling in hornblende gabbro. Length of the scale 12 cm.  
 Kiukonniemi, 01C, x = 7011.71, y = 509.86

Eräissä kerroksissa on lähes yksinomaan pallosia, mutta joistakin arkoosityyppisistä kerroksista palloset puuttuvat. Iskosmateriaalissa on kvartssia, oligoklaasia, kalimaasälpää ja pieniä määriä biotiittia, muskoviittia, kloriittia sekä epidoottia. Punertava rautaoksidipigmentti on myös tyypillinen.

Materiaalin epäpuhtaus, lävistävät happamat juonet ja voimakas tektonisoituminen tekevät konglomeraatista sekavan.

Maaninkajärven luoteispäässä, Ahkiolahden kanavasta (04A) runsas kilometri länteen, on pilsteisessä sarvivälkegabrossa erikoinen juonimainen konglomeraatti (kuva 12), joka vaikuttaa raontäytteeltä. Sulkeumaksi se olisi oudon pitkä, koska ”juoni” on n. 30 cm leveä ja sitä voi seurata noin 20 m suunnassa N55W.

Juonimaisen konglomeraatin pääosa koostuu halkaisijaltaan 1 cm:stä 10 cm:iin vaihtelevista suhteellisen hyvin pyöristyneistä, lievästi litistyneistä palloista. Ne ovat pääasiassa juovaisia tai homogeenisiä dioriitti-kvartsidioriittisia kiviä (mahdollisesti pohjagneissia). Osa palloista on emäksistä, vahvasti liuskeista amfiboliittia. Iskos lienee tuffiittisesta materiaalista.

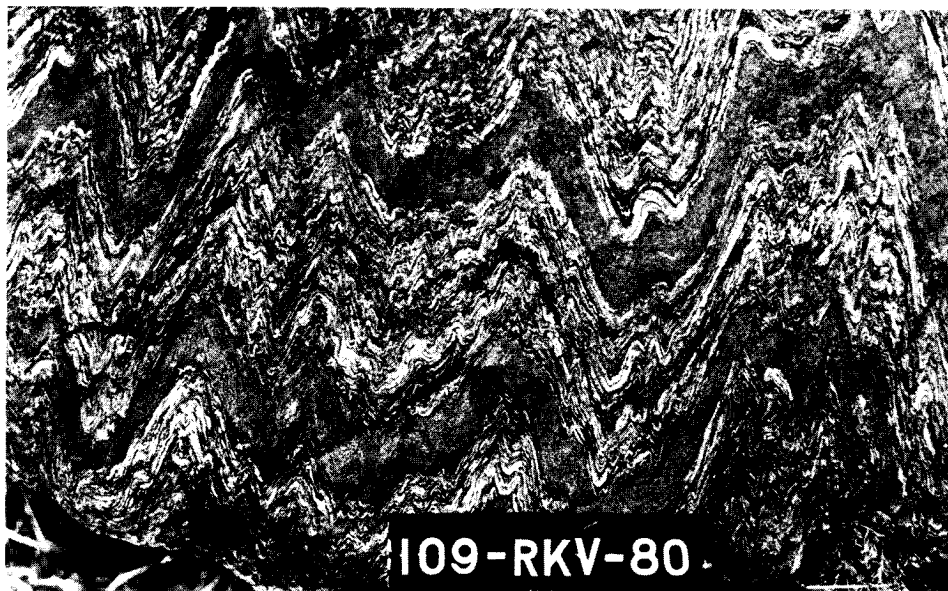
### Graniitit, granodioriitit ja montsoniitit

Laaja-alaisimmat happamat syväkivet ovat kartta-alueen länsiosassa. Lappetelän—Suojoen—Martikkalan alueella (02D, 03C, 05B, 06A) ne ovat koostumukseltaan

graniitista granodioriittiin (kartalla graniittina) vaihtelevia kiviä, joissa on alueen pohjoisosaa lukuun ottamatta kalimaasälpää hajarakeina. Kivi on yleensä selvästi suunnittunutta. Sitä luonnehtivat erilevyiset dioriitti-kvartsidioriittiset raidat, vyöhykkeet tai sulkeumat. Karttaan ne on merkitty vastaavan värisillä "liekeillä". Usein niiden kontaktit sivukiveen tai emäksisiin raitoihin ovat asteittaisia ja epäselviä. Kivi voi kuitenkin olla paikallisesti laajaltakin alalta tasalaatuista. Pohjoisosassaan, Suojoen alueella, kivi muuttuu maasälpähajarakeiden hävitessä selvemmin sarvivälkegraniitiksi.

Graniitin päämineraalit ovat kvartsi, kalimaasälpä (mikrokliini), plagioklaasi, biotiitti ja lähes aina myös sarvivälke. Plagioklaasi on suuressa määrin muuttunut epidootiksi, karbonaatiksi ja serisiitiksi. Sarvivälke ja biotiitti ovat erittäin selvästi pleokroisia, ja biotiitti on lisäksi usein kloriittiutunut. Muita aksessorimineraaleja ovat apatiitti, zirkoni, titaniitti, opaakki ja fluoriitti. Taulukossa 1 (nrot 17—23) on mineraalipaljouslaskuja graniitin eri osista.

Onkiveden Karvaselän alueella (04) on laaja, ympäristöönsä terävästi lävistävä granodioriitti, jota on myös Asevelikylän (07A) alueella. Mikään muu alueen kivilaji ei lävistä granodioriittia. Siinä tavataan ainoastaan pegmatoidisia graniittijuonia. Granodioriitti on usein aiheuttanut kontaktinsa lähistössä ympäröivään pohjan migmatiittiin ja myös siinä oleviin proterotsooisiiin juonikiviin (vrt. s. 32) terävän poimutuksen (kuva 13).



Kuva 13. Terävää poimutusta pohjan migmatiitissa granodioriitin kontaktin lähellä. Myös leikkaavat porfyrijuonet poimuttuneet. Laatan pituus 12 cm.

*Fig. 13. Chevron-folded basement migmatite next to the contact of the granodiorite. Cutting porphyry dykes are folded, too. Length of the scale 12 cm.*

Kolmikanta, 04B, x = 7016.76, y = 512.78

Granodioriitti on keskirakeista, harmaanpunertavaa ja verrattain homogeenista. Maasälpähajarakeita ja pientä raekoon vaihtelua esiintyy paikoin. Heikkoa pilsteisyyttä on selvimmän massiivin reunaosissa. Kontakti on terävä sivukiveen, joka on kontaktivyöhykkeeltään usein vahvasti chevron-poimuttunut (kuva 13). Granodioriitti lähettää sivukiveen runsaasti juonia, jotka ovat usein kontaktin suuntaisia.

Päämineraalit ovat kvartsi, plagioklaasi ( $An_{6-13}$ ), kalimaasälpä (mikrokliini) ja biotiitti. Epidootti ja titaniitti esiintyvät siellä täällä omamuotoisina kiteinä. Muut aksessorit ovat kloriitti, apatiitti, opaakki ja zirkoni. Granodioriitin pistelaskutulokset ovat taulukossa 1 (nrot 1—16) ja kemialliset analyysitulokset taulukossa 4 (nrot 1—11). Kolmesta eri kohdasta granodioriittia otettujen näytteiden zirkonien U-Pb-ikädiagrammi on kuvassa 22. Siitä ilmenee zirkonimateriaalin heterogeenisuus.

Streckeisenin (1976) luokittelun perusteella Onkiveden Asevelikylän kivet ovat granodioriitteja (kuva 20), joskin kemiallisten koostumusten perusteella ne voisivat olla osaksi myös montsograniitteja (vrt. Vartiainen, 1984). Karttaan Onkiveden ja Asevelikylän granodioriitit on selvyden vuoksi merkitty ”risti” päällemerkinnöin.

Granodioriitin primaarimateriaalin heterogeenisuus näkyy myös kiven suhteellisen alhaisessa  $\epsilon_{Nd}$ -arvossa (—3,6). Se viittaa vanhemman komponentin kohtalaiseen määrään magmassa (Huhma, 1986).

Lampaanjärven liuskeiden yhteydessä on lukuisia konformeja, kapeita, usein porfyyrisiä graniittilinssejä (kuva 14). Nämä graniitit ovat selvästi suunnittuneita. Kalimaasälpäporfyroblasteja ( $\varnothing < 1$  cm) on usein runsaasti. Päämineraalit ovat kalimaasälpä, plagioklaasi, kvartsi, biotiitti ja epidootti sekä aksessorit titaniitti, apatiitti ja zirkoni. Kookkaissa kalimaasälpäpoikiloblasteissa on sulkeumina plagioklaasia, kvartsia ja biotiittia.

Katajamäen—Patamäen (01B,D) alueella, sekä vähäisin määrin muuallakin kartta-alueen länsilaidalla on lisäksi harmaata tai punertavaa graniittia. Se on heterogeenistä, raekooltaan vaihtelevaa ja osin porfyyristä. Kvartsidioriittiset, kiillegneissityyppiset ja amfiboliittiset sulkeumat tai assimiloitumat ovat kivessä yleisiä. Siksi sen mineraalikoostumuskin vaihtelee hieman eri alueilla.

Mankonmäen alueella (02B, 03A) on noin 10 km pitkä hypersteenimontsoniittinen intruusio, jossa kivi on karkearakeista ja kalimaasälpäporfyyristä. Rakenteeltaan se on suunnittunutta tai massamaista. Paikoin sen rakenne on lähes wiborgiittinen (kuva 15). Vaikka intruusio on yleensä homogeeninen ja kaunis syväkivi, on se paikoin voimakkaasti deformoitunut ja sisältää heterogeenista juoniverkostoa, joka lävistää emäksisempää, hienorakeisempaa kiveä. Intruusio kuuluneen samaan ryhmään kuin lännempänä, mm. Kiuruveden ja Pielaveden alueilla olevat ns. porfyyriset hypersteenigraniitit. Mankonmäen hypersteenimontsoniitille ovat luonteenomaisia montsodioriittiset ja gabrokoostumuksiset osuudet tai sulkeumat. Tällaiset hieno- ja keskirakeiset, massamaiset osat voivat olla osittain hornfelseiksi muuttuneita murskaleita. Hypersteenimontsoniitin päämineraalit ovat kalimaasälpä, plagioklaasi, sarvivälke, biotiitti, ortopyrokseeni ja usein myös klinopyrokseeni. Kvartsia on paikoin jonkin verran. Kalimaasälpä kuten plagioklaasikin ovat läpimitaltaan noin 0,5—2 cm:n

Taulukko 1. Graniittien ja granodioriittien mineraalikoostumuksia.  
Table 1. Mineralogical compositions of granites and granodiorites.

Mineraalit — Minerals	1	2	3	4	5	6	7	8
Kvartsi — Quartz	29,5	19,4	24,6	23,9	18,9	22,9	27,9	23,3
Plagioklaasi — Plagioclase	43,6	51,2	44,8	45,3	57,7	55,9	52,0	51,9
Kalimaasälpä — Potassium feldspar	18,7	12,0	15,8	13,3	6,8	7,2	13,4	14,3
Sarvivälke — Hornblende	—	—	—	—	—	—	—	—
Biotiitti — Biotite	4,6	9,8	8,8	10,5	10,4	8,8	4,6	6,5
Kloriitti — Chlorite	—	—	—	—	—	1,1	0,4	0,1
Epidootti — Epidote	1,8	4,7	4,6	5,2	4,2	3,1	0,8	2,3
Aksessorit — Accessories	1,8	2,9	1,4	1,8	2,0	1,0	0,9	1,6
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

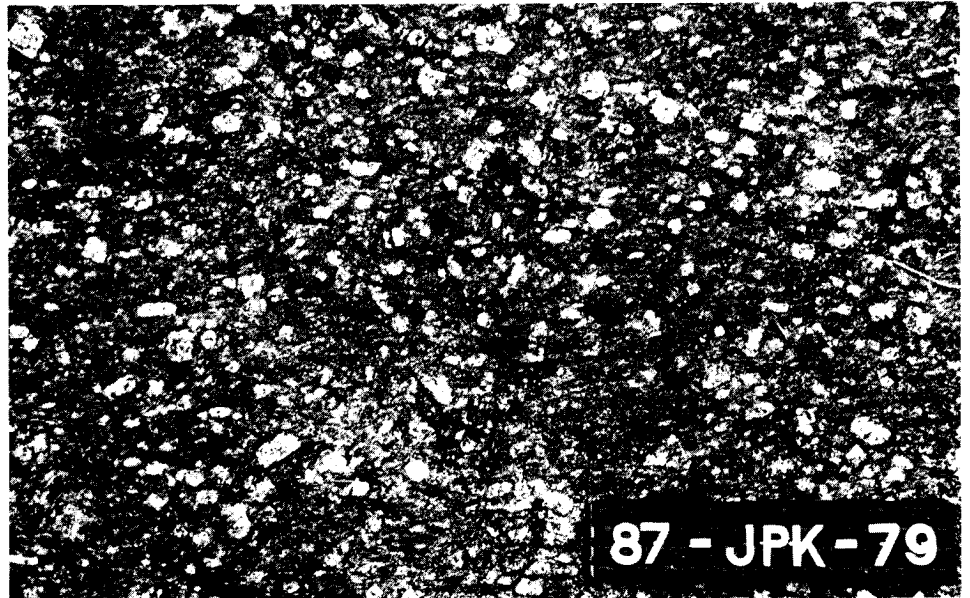
1. Granodioriitti — *Granodiorite*. Mustasaari, Maaninka. 05A, x = 7022.74, y = 513.24
2. Granodioriitti — *Granodiorite*. Kukkoluoto, Maaninka. 05A, x = 7020.36, y = 513.75.
3. Granodioriitti — *Granodiorite*. Lapinsaari, Lapinlahti. 05A, x = 7020.07, y = 514.46.
4. Granodioriitti — *Granodiorite*. Jussilansaari, Lapinlahti. 04D, x = 7017.67, y = 516.34.
5. Granodioriitti — *Granodiorite*. Vihtaniemi, Lapinlahti. 04D, x = 7015.96, y = 517.57.
6. Granodioriitti — *Granodiorite*. Vihtalahti, Lapinlahti. 04D, x = 7015.00, y = 518.68.
7. Granodioriitti — *Granodiorite*. Käänninniemi, Maaninka. 04B, x = 7015.66, y = 514.04.
8. Granodioriitti — *Granodiorite*. Jussilansaari, Lapinlahti. 04D, x = 7017.20, y = 516.46.

Mineraalit — Minerals	9	10	11	12	13	14	15	16
Kvartsi — Quartz	21,3	16,6	21,7	20,2	23,0	33,6	24,4	24,4
Plagioklaasi — Plagioclase	48,8	45,1	50,6	48,5	47,8	40,9	50,3	47,9
Kalimaasälpä — Potassium feldspar	21,2	26,8	21,2	23,8	19,6	9,3	19,2	9,8
Sarvivälke — Hornblende	—	—	—	—	—	—	—	—
Biotiitti — Biotite	6,5	8,3	4,2	4,7	6,1	12,3	5,4	14,4
Kloriitti — Chlorite	—	0,1	1,2	0,3	0,9	—	—	—
Epidootti — Epidote	1,2	1,2	0,2	1,5	1,4	3,7	0,6	3,3
Aksessorit — Accessories	1,0	1,9	0,9	1,0	1,2	0,2	0,1	0,2
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

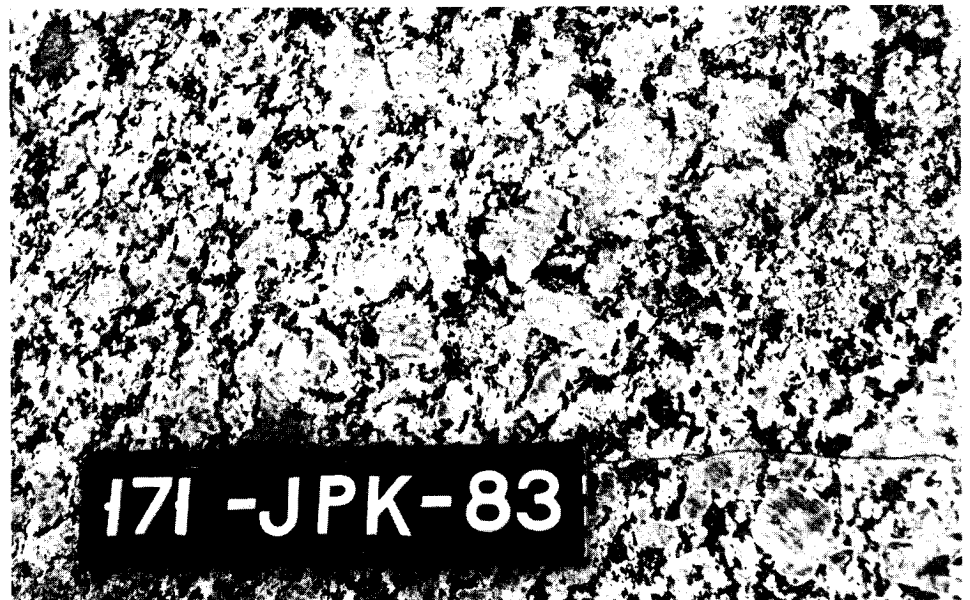
9. Granodioriitti — *Granodiorite*. Jussilansaari, Lapinlahti. 04D, x = 7017.80, y = 516.50.
10. Kvartsimontsoniitti — *Quartz monzonite*. Varposaari, Lapinlahti. 05D, x = 7020.06, y = 515.70.
11. Granodioriitti — *Granodiorite*. Iso-Aarikka, Maaninka. 05A, x = 7023.26, y = 512.62.
12. Granodioriitti — *Granodiorite*. Kuhaniemi, Lapinlahti. 05A, x = 7022.30, y = 514.24.
13. Granodioriitti — *Granodiorite*. Mustasaari, Maaninka. 05A, x = 7022.74, y = 513.24.
14. Granodioriitti — *Granodiorite*. Lajunlahti, Lapinlahti. 07A, x = 7013.02, y = 521.42.
15. Granodioriitti — *Granodiorite*. Kotimäki, Lapinlahti. 07A, x = 7011.30, y = 522.50.
16. Granodioriitti — *Granodiorite*. Lajunlahti, Lapinlahti. 07A, x = 7013.38, y = 521.60.

Mineraalit — Minerals	17	18	19	20	21	22	23
Kvartsi — Quartz	32,2	35,6	24,0	44,8	31,4	37,5	28,2
Plagioklaasi — Plagioclase	43,2	32,4	38,3	23,3	31,8	15,6	26,8
Kalimaasälpä — Potassium feldspar	7,9	11,6	26,5	24,0	14,8	43,2	22,4
Sarvivälke — Hornblende	5,1	6,1	2,7	—	8,5	1,6	13,2
Biotiitti — Biotite	10,2	10,3	5,3	7,1	10,1	1,5	6,8
Kloriitti — Chlorite	—	—	—	—	—	—	—
Epidootti — Epidote	—	—	—	—	—	—	—
Aksessorit — Accessories	1,4	4,0	3,2	0,8	3,4	0,6	2,6
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

17. Granodioriitti — *Granodiorite*. Lappetelä, Iisalmi. 02D, x = 7027.02, y = 505.96.
18. Granodioriitti — *Granodiorite*. Lappetelä, Iisalmi. 02D, x = 7028.17, y = 506.22.
19. Porfyriininen graniitti — *Porphyric granite*. Pilkkämäki, Lapinlahti. 03C, x = 7030.55, y = 508.56.
20. Porfyriininen graniitti — *Porphyric granite*. Suojoki, Lapinlahti. 03C, x = 7033.16, y = 508.50.
21. Porfyriininen granodioriitti — *Porphyric granodiorite*. Suojoki, Iisalmi. 03C, x = 7033.66, y = 508.17.
22. Porfyriininen graniitti — *Porphyric granite*. Suojoki, Iisalmi. 03C, x = 7033.66, y = 508.17.
23. Graniitti — *Granite*. Suomäki, Iisalmi. 03C, x = 7034.94, y = 507.54.



Kuva 14. Porfyyrinen graniitti. Laatan pituus 12 cm.  
 Fig. 14. *Porphyric granite. Length of the scale, 12 cm.*  
 Tuovilanlahti, 01C, x = 7012.74, y = 508.50



Kuva 15. Hypersteenimontsoniitti. Laatan pituus 12 cm.  
 Fig. 15. *Hypersthene monzonite. Length of the scale, 12 cm.*  
 Mankonmäki, 02B, x = 7029.84, y = 500.73



rakeina, joiden välillä on tavallisesti muurilaastirakennetta ja myrmeikiittisiä suotau-mia. Hypersteeni on muuttunut usein biotiitiksi ja kummingtoniitiksi. Yleisiä aksessoreja ovat apatiitti, opaakki, titaniitti ja zirkoni. Keskirakeisten montsogabro-osien ja dioriittisten osien päämineraalit ovat plagioklaasi ( $An_{45-50}$ ), kalimaasälpä, ortopyrokseeni, klinopyrokseeni, sarvivälke ja biotiitti. Opaakia ja apatiittia on myös suhteellisen runsaasti. Montsoniitin reunaosissa on paikoin epämääräistä, hienorakeista kiveä, joka on ilmeisesti intrusiivin kontaktivaikutuksesta syntyntä hornfelsiä. Mineraalikoostumukseltaan se muistuttaa em. gabrotyyppisiä osia. Pyrokseeni ja plagioklaasit muodostavat tasaisen hienorakeisen verkon, jossa on kookkaampia biotiitti-sarvivälkeaggregaatteja ja maasälpämyrmeikiittisiä hajarakeita. Myös granaatti- ja sillimaniittipitoiset liuskeet keskittyvät intrusiivin kontaktin läheisyyteen. Taulukossa 3 (nro 42) on kivistä yksi mineraalilasku.

### Tonaliitit, kvartsidioriitit ja dioriitit

Leppälahden (02C)—Jynkänlahden (04B)—Kattaalankylän (02D) alueella on keskirakeista, homogeenista ja enimmäkseen suunnittunutta kvartsidioriittia tai tonaliittia. Siinä on monin paikoin emäksisiä juonia ja sulkeumia. Kiven kontakti vanhempaan kallioperään (pohjaan) ei ole näkyvässä, ja sen reunaosat ovat usein sekavat.

Kiven päämineraalit ovat plagioklaasi ( $An_{10-13}$ ), kvartsi ja biotiitti sekä pienin määrin sarvivälke, kalimaasälpä ja epidootti. Apatiitti, opaakki ja zirkoni ovat aksessoriset mineraalit. Kiven mineraalien paljousuhteet ovat taulukossa 2 (nrot 24—28) ja kuvassa 20 ja kemialliset koostumukset taulukossa 4 (nrot 15—17). Streckeisenin (1976) luokittelun mukaan kivi olisi lähinnä tonaliitti. Kiven zirkonin U-Pb-ikädiagrammi on kuvassa 24.

Edellistä vähän emäksisempää, raekooltaan vaihtelevampaa ja heterogeenisempää kvartsidioriittia on karttalehden etelälaidalla, Ahkiolahden—Tölvän alueella (04A,C ja 07A). Kiven koostumus lähentelee usein dioriittia, jota karkearakeisempi ja plagioklaasipitoisempi tyyppi yleensä migmatisoit. Homogeeniset osat ovat tavallisesti keskirakeisia tai hienorakeisia ja suunnittuneita. Tölvän kvartsidioriitti on myös juonina ympäristön pohjagneississä. Sen päämineraalit ovat plagioklaasi, biotiitti, kvartsi ja sarvivälke. Vähäisessä määrin esiintyy epidoottia, kalimaasälpää, titaniittia sekä aksessorisesti apatiittia, zirkonia ja opaakkeja.

Plagioklaasi on voimakkaasti vyöhykkeellistä ( $An_{15-40}$ ) ja sen rakeiden keskiosassa on usein saussuriittia. Tölvän kvartsidioriitin mineraalimäärät ovat taulukossa 2 (nrot 29—31) ja kuvan 20 diagrammissa. Siitä tehdyt kolme kemiallista analyysia ovat taulukossa 4 (nrot 12—14).

Taulukko 2. Kvartsidioriittien ja tonaliittien mineraalikoostumuksia.  
Table 2. Mineralogical compositions of quartz diorites and tonalites.

Mineraalit — Minerals	24	25	26	27	28	29	30	31
Kvartsi — Quartz	24,9	24,7	23,2	32,9	18,8	6,1	11,3	15,4
Plagioklaasi — Plagioclase	50,2	56,5	44,3	47,0	54,1	47,2	50,4	54,7
Kalimaasälpä — Potassium feldspar	3,0	0,4	4,5	11,9	6,0	0,3	0,3	0,6
Sarvivälke — Hornblende	3,3	2,3	0,8	—	4,5	23,2	19,9	1,7
Biotiitti — Biotite	13,0	14,1	19,6	7,0	13,7	15,6	12,5	18,2
Epidootti — Epidote	4,4	1,3	6,5	0,3	2,0	3,3	4,2	7,5
Titaniitti — Sphene	—	—	—	—	—	3,8	—	0,9
Apatiitti — Apatite	—	—	—	—	—	—	—	—
Karbonaatti — Carbonate	—	—	—	—	—	—	—	—
Serisiitti — Sericite	—	—	—	—	—	—	—	—
Akessorit — Accessories	1,2	0,7	1,1	0,9	0,9	0,5	1,4	1,0
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

24. Tonalitti — *Tonalite*. Leppälahti, Maaninka. 04B, x = 7019.84, y = 510.68.  
 25. Tonalitti — *Tonalite*. Leppälahti, Maaninka. 04B, x = 7019.84, y = 510.68.  
 26. Tonalitti — *Tonalite*. Jynkäniemi, Maaninka. 04B, x = 7019.40, y = 511.72.  
 27. Granodioriitti — *Granodiorite*. Leppälahti, Maaninka. 02C, x = 7021.15, y = 509.46.  
 28. Granodioriitti — *Granodiorite*. Honkamäki, Maaninka. 02C, x = 7020.32, y = 509.55.  
 29. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Tölvä, Lapinlahti. 07A, x = 7010.16, y = 520.60.  
 30. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Vihtaniemi, Lapinlahti. 04D, x = 7015.92, y = 519.12.  
 31. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Oravimäki, Lapinlahti. 07A, x = 7013.40, y = 523.94.

Mineraalit — Minerals	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Kvartsi — Quartz	20,0	16,9	12,6	26,9	13,8	22,1	23,3	18,2	25,3	22,5
Plagioklaasi — Plagioclase	55,9	47,7	56,1	52,3	59,3	48,9	53,8	49,1	44,9	42,6
Kalimaasälpä — Potassium feldspar	2,4	—	—	2,7	—	0,1	—	—	—	—
Sarvivälke — Hornblende	—	7,8	8,9	1,9	1,0	7,2	—	11,9	5,0	8,8
Biotiitti — Biotite	14,5	23,3	17,1	12,5	20,5	18,1	17,0	18,6	20,5	20,7
Epidootti — Epidote	1,4	0,4	1,6	1,5	2,4	0,9	2,9	—	1,7	1,1
Titaniitti — Sphene	1,1	1,9	2,3	0,8	1,7	1,3	1,8	1,4	1,3	2,9
Apatiitti — Apatite	0,8	1,6	1,0	0,4	0,7	0,4	0,9	0,4	0,9	1,0
Karbonaatti — Carbonate	—	—	—	—	—	0,4	—	—	—	—
Serisiitti — Sericite	3,8	—	—	0,5	—	—	—	—	—	—
Opaakki — Opaque	0,1	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

32. Tonalitti — *Tonalite*. Niinimäki, Iisalmi. 03B, x = 7038.38, y = 505.00.  
 33. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Amerikka, Iisalmi. 03D, x = 7039.05, y = 505.94.  
 34. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Levämäki, Iisalmi. 03B, x = 7038.30, y = 504.70.  
 35. Tonalitti — *Tonalite*. Kotikylä, Iisalmi. 03D, x = 7036.95, y = 507.50.  
 36. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Virmankallio, Iisalmi. 03D, x = 7037.00, y = 507.15.  
 37. Tonalitti — *Tonalite*. Sikomäki, Iisalmi. 03B, x = 7038.59, y = 504.57.  
 38. Tonalitti — *Tonalite*. Niinimäki, Iisalmi. 03B, x = 7038.38, y = 505.00.  
 39. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Levämäki, Iisalmi. 03B, x = 7038.70, y = 503.90.  
 40. Tonalitti — *Tonalite*. Sutela, Iisalmi. 03D, x = 7036.40, y = 506.66.  
 41. Tonalitti — *Tonalite*. Kotikylä, Iisalmi. 03D, x = 7037.20, y = 507.10.

Tuovilanlahden vahvasti deformatiivisessa ympäristössä on paljon erikokoisia tonaliittisia tai kvartsidioriittisiä linssejä, joista osa on saattanut syntyä kiillegneisistä homogenisoitumalla. Toisella taholla dioriittisessä tai sarvivälkegneisimäisessä kivessä on kvartsidioriittisiä konformeja juonia. Apliittinen ja graniittinen suonitus on tavallista alueen kivissä. Tällaista raitaista dioriittis-kvartsidioriittistä kallioperää on mm. Löytynmyllyn (01B) alueella, jonka kivet voivat olla yhteydessä em. Tölvän alueeseen (07A). Kivien asussa ja mineraalikoostumuksessa on paljolti vastaavuutta.

Katajamäen alueella (01B, 02A) on myös konformi vyöhyke kvartsidioriittia, joka on osin suhteellisen homogeenista ja keskirakeista. Siinä on kuitenkin myös raitaisia osuuksia ja graniittijuonia sekä sekavia, ympäröiviin kiillegneisisiin vaihettavia tyyppisiä.

Kartta-alueen pohjoisosassa, Kotikylässä (03B,D), on paikoin hyvinkin tasalaatuista, hieno- tai keskirakeista tonaliittia. Se muuttuu monin paikoin haamumaisen raitaiseksi, mutta erottuu kuitenkin viereisistä amfiboliittiraitaisista pohjan kivistä. Nämä tonaliittiset paljastumat saattavat olla osa hyvin leveästä juonesta. Pohjois-eteläsuuntaisia juonia alueella nimittäin tavataan. Kiven päämineraalit ovat kvartsi, plagioklaasi, sarvivälke ja biotiitti. Aksessoreista epidoottia, titaniittia, apatiittia ja opaakkia on runsaanlaisesti. Tonalitiin mineraalisuhteet ovat taulukossa 2 ja kuvassa 20.

Kittolanniemen alueella (05B, 06A) on dioriitti- ja osin gabrokoostumuksista, paljolti amfiboliittimaista kiveä, jota graniittinen aines migmatisoii. Paikoin dioriitti on migmatiittirakenteista: tummat hienorakeiset fragmentit ovat hieman vaaleammassa kivessä.

### Gabrot

Lapinlahden kirkonkylän ympäristössä (05D, 06C, 08B, 09A) on pyöreähkö noin 34 km<sup>2</sup>:n gabro — anortosiitti-intruusio, johon liittyy etelään, Onkiveden saarille, ulottuva noin 8 km pitkä häntä. Gabron koostumusta, rakennetta ja syntyä ovat tarkastelleet Nykänen (1952) ja Kerkkonen (1985). Sotka (1980) on tutkinut gabron anortosiittisiä osia pitäen silmällä anortosiittien alumiinioksidisisällön teollista käyttömahdollisuutta. GTK:n geofysiikan osasto on puolestaan tutkinut magneettisin ja painovoimamittauksin intruusion rengasrakennetta ja dimensioita.

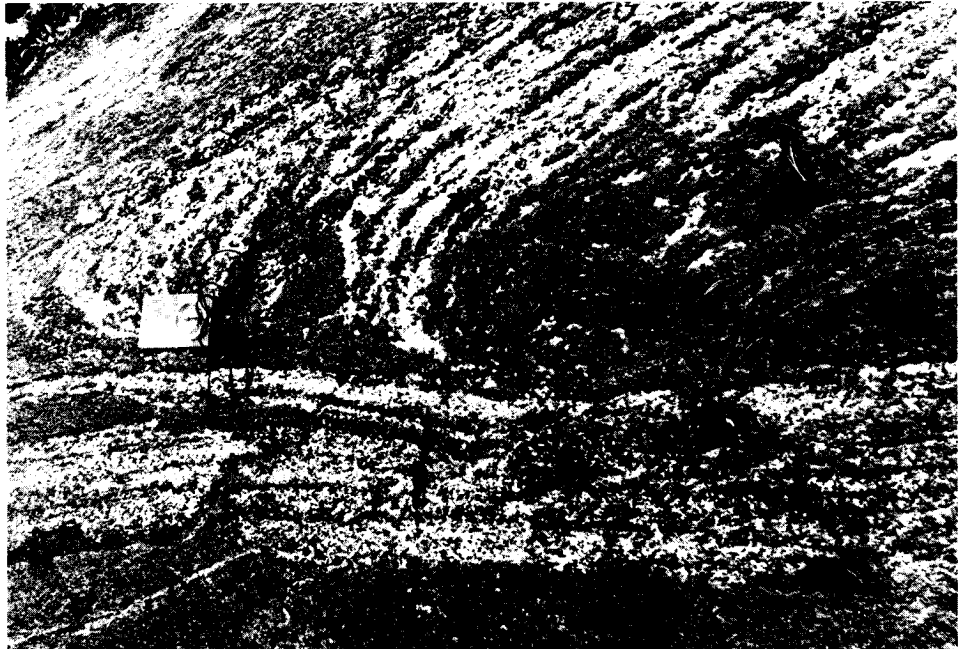
Gabrointruusiota luonnehtivat leveydeltään vaihtelevien ja koostumukseltaan erilaisten emäksisten kivilajien rengasmaiset vyöhykkeet. Rakenne näkyy selvästi GTK:n geofysiikan osaston tekemissä aeromagneettisissa kartoissa ja painovoimamittauksissa.

Gabrossa voi nähdä magmaattista kerrosrakennetta etenkin sen itälaidan anortosiittivaltaisilla paljastumilla. Paikallisia poikkeamia lukuun ottamatta kerrosrakenteen kulku on intruusion laitojen suuntainen. Eräässä kohdassa on tavattu rakennetta, jossa on magmaattisen virtauksen piirteitä (kuva 16). Erilaiset autobreksiarakenteet ovat anortosiitissa niin ikään yleisiä.

Gabroa rajoittavat joka puolelta pohjan migmatiitit. Näiden kontaktit ovat peitteiset. Gabrokontaktin läheisyys ilmenee kuitenkin pohjan kivien epidoottiutumisenä ja muuna muuttumisena tai suoranaishana uudelleen muokkautumisena ja sulamisena, kuten Takaliston alueella (09A). Gabron luoteispuoliskolla avokalliota on varsin vähän.

Ultraemäksistä oliviinipitoista gabroa on intruusion itä- ja eteläreunoilla. Keskustaan päin on anortosiittisia (kuva 17), gabroanortosiittisia tai anortosiittisia gabrovöhykkeitä. Gabron keskiosa koostuu sarvivälkepyrokseeni- ja sarvivälkegastroista. Huoripojanmäellä (09A) on sarvivälkegastrossa pegmatoidisia erkaumia (kuva 18) ja juonia. Paikoin anortosiittinen aines leikkaa gabrokoostumuksisia osia.

Gabrosta lounaaseen pistävä häntä poikkeaa koostumukseltaan hieman varsinaisesta gabrosta. Sen kivet sisältävät mm. kvartssia. On mahdollista, että gabroalueen häntä onkin täysin erillinen intruusio. Luultavasti se kuitenkin edustaa koko Lapinlahden gabron viimeisiä kiteytyksiä. Tämä on myös Kerkkosen (1985) kanta. Taulukossa 4 on kaksi kemiallista analyysiä (nrot 21—22) gabron tästä osasta.



Kuva 16. Magmaattista virtausrakennetta gabrossa.

*Fig. 16. Magmatic flow structure in gabbro.*

Takalisto, 09A, x = 7031.03, y = 524.17



Kuva 17. Anortosiitti.

*Fig. 17. Anorthosite.*

Takalisto, 09A, x = 7031.18, y = 524.08



Kuva 18. Pegmatoidinen osuus gabrossa.

*Fig. 18. Pegmatoidic differentiate in gabbro.*

Huoripojanmäki, 09A, x = 7030.45, y = 521.28

Kerkkonen (op. cit.) jakaa Streckeisenin (1976) luokitteluun nojautuen intrusiivin ultramaafiset kivet pyrokseenihornblendiitteihin, sarvivälkepyrokseeniitteihin ja oliviinisarvivälkepyrokseeniitteihin. Oliiviinigabronoriitit jakaantuvat leuko-oliviinigabronoriitteihin ja melaoiviinigabronoriitteihin. Lisäksi on erilaisia hypersteenigabroja ja gabronoriitteja. Gabrot koostuvat plagioklaasista, oliviinista, hypersteenistä, augiitista, sarvivälkkeestä, biotiitista ja opaakkimineraaleista. Sekundaarisina voi olla kloriittia, serisiittiä, iddingsiittiä ja epidoottia. Aksessoreina ovat apatiitti, titaniitti, karbonaatti ja zirkoni. Plagioklaasin koostumus vaihtelee välillä  $An_{40}$  ja  $An_{80}$ . Nykänen (1952) on havainnut lähes 90 %:nkin anortiittipitoisuuksia. Plagioklaasi on yleensä tervettä, mutta siinä on myös vahvasti saussuriittituneita osia. Etenkin anortosiitin yhteydessä on vahvasti epidoottituneita vyöhykkeitä.

Varsinaisen gabrointruusion kaakkoispuolella, Saarinen-lammen (08D) kohdalla, on pieni intruusio ultraemäksistä oliviinipitoista kiveä, joka todennäköisesti on Lapinlahden gabron satelliitti.

Gabroa lävistävät useat, etenkin emäksiset, suhteellisen hienorakeiset juonet. Niistä ehkä selvimmät ovat Takaliston ja Taskilanmäen alueilla sekä myös anortosiittilouhosella. Näillä alueilla on tosin avokallioitakin runsaimmin. Huoripojanmäellä (09A) on gabropegmatoidisia juonia. Gabropegmatoidisista osista on tehty kaksi zirkonin U-Pb-ikä (vrt. kuva 23 ja taulukko 5). Gabron etelälaidalla noin 10 cm leveä apliittigraniittijuoni lävistää oliviinigabroa. Happamat juonikivet ovat Onkiveden alueen gabrohännällä tavallisia.

Kerkkonen (1985) on tarkastellut yli 200 silikaattianalyysin avulla Lapinlahden gabron kemismää, kantamagman koostumusta, magman differentiaatiota ja fraktioivaa kiteytymistä. Gabron  $SiO_2$ -pitoisuus on 39—54 painoprosenttia (Onkiveden alueella 43—60 painoprosenttia). Intruusion  $Al_2O_3$ -pitoisuus on 4—33 painoprosenttia.  $MgO$  ja  $FeO_{tot}$ -painoprosentit ovat välillä 0—20. Kerkkonen (op.cit.) katsoo primaarimagman olleen kalkkialkalininen joskin siinä on myös korkean Al-basaltin piirteitä. Anortosiitit näyttävät muodostavan oman magmapulssinsa; luonnollisesti niiden  $Al_2O_3$ - ja  $CaO$ -pitoisuudet ovat myös hyvin korkeita.

Leppälahden—Kattaalankylän—Kuivaniemen alueella (02C, 05A) on osittain hyvin säilynyttä gabroa. Sen kontakti Leppälahden kvartsidioriittiin saattaa olla asteettainen. Ainakin länsilaidaltaan se vaihtuu dioriittiseksi. Gabro on homogeenista lukuunottamatta paikallista tummien mineraalien segregoitumista tai anortosiittista migmatisaatiota. Se on valtaosin massamaista tai heikosti suunnittunutta, mutta amfiboliittiseksi tektonisoituneita ja myloniittisia osiakin löytyy.

Leppälahden gabron päämineraalit ovat plagioklaasi ( $An_{55}$ ), sarvivälke (osin uraliittia), hypersteeni, augiitti ja kummingtoniitti. Opaakkia on runsaasti sekä vähän biotiittia ja apatiittia. Pyrokseenit ovat paljolti muuttuneet amfiboleiksi. Gabron mineraalimäärät ovat taulukossa 3 ja kemialliset analyysit taulukossa 4 (nrot 18—20). Hienorakeiset emäksiset juonet ovat gabrossa tavallisia. Gabrossa paikoin tavattavat anomaaliset, esim. granaattistauroliittipitoiset osat, lienevät intruusion kattopuolen jäänteitä viereisestä liuskejaksosta.

Taulukko 3. Gabrojen mineraalikoostumuksia.  
 Table 3. Mineralogical compositions of gabbros.

Mineraalit — Minerals	42	43	44	45	46	47
Kvartsi — Quartz	1,0	—	—	—	—	—
Plagioklaasi — Plagioclase	50,2	70,7	46,2	50,9	37,2	43,2
Kalimaasälpä — Potassium feldspar	23,0	—	—	—	—	—
Sarvivälke — Hornblende	6,2	15,0	19,6	29,4	17,5	23,4
Biotiitti — Biotite	2,6	2,5	2,0	4,6	2,4	2,7
Apatiitti — Apatite	—	2,0	2,2	1,1	1,3	4,5
Ortopyrokseeni — Orthopyroxene	14,3	1,4	12,1	0,3	15,9	—
Klinopyrokseeni — Clinopyroxene	—	—	10,2	—	12,7	—
Kummingtoniitti — Cummingtonite	—	4,8	—	12,3	—	19,7
Opaakki — Opaque	—	3,6	7,7	1,4	13,0	6,5
Aksessorit — Accessories	2,7	—	—	—	—	—
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

42. Pyrokseenimontsoniitti — *Pyrroxene monzonite*. Honkamäki, Iisalmi. 03A, x = 7033.15, y = 500.53.

43. Gabro — *Gabbro*. Rampsunniemi, Maaninka. 05A, x = 7024.50, y = 510.08.

44. Gabro — *Gabbro*. Kattaalankylä, Maaninka. 02C, x = 7023.58, y = 509.22.

45. Gabro — *Gabbro*. Kattaalankylä, Maaninka. 02C, x = 7023.76, y = 508.50.

46. Gabro — *Gabbro*. Kuivaniemi, Maaninka. 05A, x = 7022.90, y = 511.34.

47. Gabro — *Gabbro*. Kattaalankylä, Maaninka. 02C, x = 7024.24, y = 508.30.

Tuovilanlahden ruhjevyyöhykkeen lähistöllä on useita pienehköjä emäksisiä pakkua. Ne ovat vaihtelevasti deformoituneita ja sisältävät apliittisia suonia. Niiden koostumus vaihtelee tavallisesti dioriitista sarvivälkegabroon. Paikoin pakkussa on hornblendiiittisiä osia, ja paikoin sen koostumus voi olla kvartsidioriittinenkin. Muuttuneita päämineraaleja ovat sarvivälke ja plagioklaasi. Ahkiolahden kanavaa rakennettaessa paljastui kalliroleikkauksessa emäksistä, hornblendiiittistä, rikkonaista kiveä, jota lävistää pegmatiittigraniittinen aines. Tämä emäksinen kivi aiheuttaa alueella voimakkaan magneettisen anomalian.

### Juonikivet

Koko kartta-alueen arkeisessa kallioperässä on runsaasti pääasiassa luode-kaakko-suuntaisia karjalaisia metadiabaasijuonia. Runsaimmin niitä on kartan koillisnurkan hypersteenipitoisen pohjan alueella, missä ne indikoivat ilmeisesti myös ympäristöönsä syvempää arkeisen kuoren eroosiotasoa. Näissä kuivissa pohjan kivissä ne ovat yleensä myös parhaiten säilyneet hydrautumattomina pyrokseenidiabaaseina. Toivola (1988) on tutkinut tämän alueen diabaaseja.

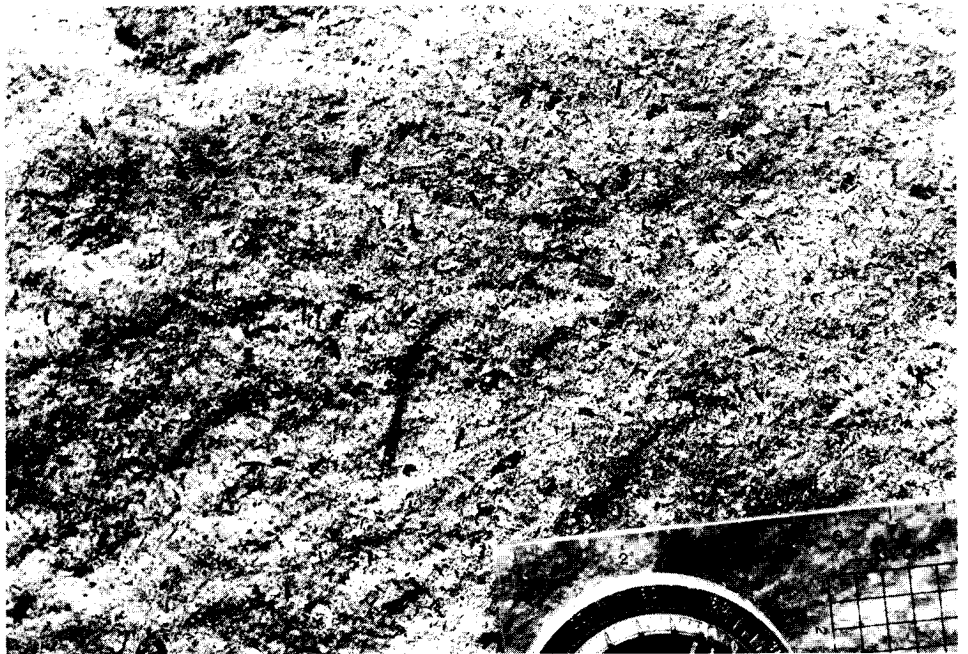
Diabaasit lävistävät pohjaa terävin kontaktein. Nopeasti jäähtynyt lasimainen reuna-muunnos on tavallinen. Ofiittinen tekstuuri on yleinen. Päämineraalit ovat andesiini-labradoriittikoostumuksinen plagioklaasi ja augiittinen pyrokseeni. Paikoin on ortopyrokseenia, satunnaisesti myös oliviinia. Sarvivälke on yleisin sekundaarinen mineraali, mutta sitä on myös primaarisena. Vaalea amfiboli, biotiitti ja epidootti ovat niin ikään yleisiä muuttumistuloksia.

Hypersteenipitoisen pohjan ulkopuolella olevat diabaasit ovat enimmäkseen hydrautuneet metadiabaaseiksi. Ne ovat usein tektonisoituneet, ja niiden primaarimineraalit ovat yleensä täysin muuttuneet. Osittain saussuriittunut plagioklaasi on sarvivälkkeen ohella vallitseva päämineraali. Lisäksi yleisiä ovat biotiitti, kummingtoniitti, kloriitti, epidootti ja karbonaatti.

Erityisesti eteläisen Onkiveden ympäristössä, Tölvän—Karvasalmen—Jynkänniemen—Väisälänmäen alueella (04, 05, 07), on kallioperässä ns. metadiabaasien lisäksi runsaasti erilaisia emäksisiä ja intermediaarisia juonikiviä. Vartiainen (1984) on kuvannut näitä juonikiviä tutkielmassaan, jonka aineistoon myös tämä kuvaus perustuu. Samaan kartoitusmateriaaliin pohjautuu lisäksi lyhyt kuvaus Suomen juonikiviä käsittelevässä kokoomajulkaisussa (Paavola, 1987a).

Suuri osa juonista on täysin deformatumattomia. Terveet sarvivälke- tai plagioklaasihajarakeet ovat usein nähtävissä. Toisissa juonissa on uraliittihajarakeita, toisista hajarakeet puuttuvat. Karttaan nämä kaikki juonityypit on merkitty mustilla väkäsillä.

Juonien ja juoniparvioiden kulkusuunnat vaihtelevat kovasti, joskin ne yleensä sijoittuvat pohjoisen ja lännen välille. Juonien on todettu leikkaavan alueen kaikkia muita kivilajeja paitsi Onkiveden ja Asevelikylän granodioriitteja ja graniittisia juonia. Selvästi runsaimmin juonia on pohjagneississä, etenkin Onkiveden itäpuolella.



Kuva 19. Sarvivälkeporfyryjuoni.

*Fig. 19. Hornblende porphyry dyke.*

Väisälänmäki, 05B, x = 7025.41, y = 513.95



Uraliittiporfyyrijuonten leveys vaihtelee muutamasta desimetristä pariin metriin. Niissä on usein heikko suunnittuneisuus juonen kulun suunnassa. Amfibolikyhmyt ( $\varnothing < 8$  mm) ovat tyypillisiä. Kiven päämineraalit ovat tremoliittinen amfiboli ja plagioklaasi. Amfibolia on paitsi perusmassassa myös raekasaumina, uraliittiutuneina hajarakeina. Biotiitti, epidootti, titaniitti ja opaakki ovat yleiset muuttumistulokset. Andesiiniset plagioklaasihajarakeet ovat usein vyöhykkeellisiä. Näiden mineraalien lisäksi on vähän kvartssia, zirkonia ja apatiittia.

Sarvivälkeporfyyriä tavataan  $< 0,5$  m leveinä, usein heikosti suunnittuneina juonina. Hajarakeiden suunnittuneisuus saattaa olla osaksi primaarista juoksurakennetta. Neulasmaiset sarvivälkehajarakeet erottuvat yleensä selvästi vaaleasta rapautumispinnasta (kuva 19). Juoniparven sarvivälkeporfyyrijuonet näyttävät leikkaavan uraliittiporfyyrijuonia. Sarvivälkeporfyyrien päämineraalit ovat sarvivälke, plagioklaasi, biotiitti ja joskus epidootti. Muuttumattomissa kivissä sarvivälke on  $< 15$  mm pitkinä, usein vyöhykkeellisinä neulasina. Paikoin neulaset ovat kuitenkin muuttuneet sekundaarisiksi amfiboliksi. Andesiininen plagioklaasi voi joissakin juonissa olla hajarakeina. Plagioklaasin lisäksi perusmassassa on biotiittia, epidoottia, kvartssia, titaniittia, opaakkia, kloriittia sekä vähän apatiittia ja zirkonia.

Puhtaita plagioklaasiporfyyrijuonia on edellisiä vähemmän. Nämä juonet ovat  $< 0,5$  m leveitä ja näyttävät leikkaavan sekä uraliitti- että sarvivälkeporfyyrijuonia. Plagioklaasihajarakeet ( $\varnothing < 4$  mm) ovat omamuotoisia vyöhykkeellisiä ( $An_{50-65}$ ) ja vaihtelevasti saussuriittiutuneita. Hyvin hienorakeinen perusmassa sisältää plagioklaasin lisäksi biotiittia sekä vähän epidoottia, titaniittia, opaakkia, apatiittia ja kvartssia.

Erilaisia välimuotoja edellä esitetyistä juonityypeistä, samoin kuin hajarakeettomia emäksisiä juonia, joita ei ole tarkemmin luokiteltu, tavataan niin ikään Onkiveden ympäristössä.

Taulukossa 4 (nrot 23—29) on kemiallinen analyysi seitsemästä Onkiveden alueen emäksisestä tai intermediaarisesta juonesta, sekä yksi (nro 30) analyysi alueen erästä leukograniittisesta juonesta.

Sutelan—Levämäen alueella (03) lävistää tonaliittisten juonten parvi pohjan migmatitteja pohjois-eteläsuuntaisena. Juonten leveys saattaa olla kymmeniä, ehkä satakin metriä. Juoniaines on homogeenista ja massamaista, paikoin tekstuurltaan ofiittista. Plagioklaasia on kivessä keskimäärin 50 % ja kvartssia n. 20 %. Muita päämineraaleja ovat biotiitti ja sarvivälke. Myös epidoottia, titaniittia ja apatiittia on tavallista runsaammin. Kalimaasälpää on satunnaisena.

Taulukko 4, Lapinlahden kartta-alueen magmakiviä kemiallisia analyysituloksia. XRF-analyysit tehnyt Väinö Hoffren.

Table 4. Chemical compositions of igneous rocks in the Lapinlahti map-sheet area. XRF-analyses by Väinö Hoffren.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO <sub>2</sub> .....	65,63	71,71	68,90	73,16	73,55	64,81	72,71	67,72	71,65	68,27	71,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	17,09	15,27	15,80	15,64	15,03	17,16	14,18	16,19	15,57	16,08	15,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3,24	1,85	2,51	1,75	1,43	3,75	3,00	2,52	2,02	2,58	1,85
MgO .....	1,49	0,65	1,11	0,67	0,51	1,71	0,70	1,00	0,82	1,09	0,83
CaO .....	2,43	1,69	2,11	1,46	1,37	3,39	1,45	2,02	1,76	2,12	1,75
Na <sub>2</sub> O .....	5,47	5,06	4,90	5,16	4,98	5,24	3,81	4,93	4,79	4,88	4,87
K <sub>2</sub> O .....	2,55	2,74	2,96	2,49	3,06	2,49	3,80	3,58	2,96	3,17	3,24
MnO .....	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,00
TiO <sub>2</sub> .....	0,61	0,25	0,43	0,23	0,19	0,63	0,35	0,47	0,29	0,41	0,33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,23	0,05	0,10	0,06	0,04	0,17	0,05	0,20	0,08	0,14	0,10
	98,79	99,31	98,86	100,67	100,20	99,39	100,08	98,66	99,97	98,78	100,40
Q .....	16,88	27,12	22,95	29,07	28,93	14,77	31,30	19,94	27,28	21,73	25,82
or .....	15,28	16,32	17,72	14,63	18,06	14,84	22,48	21,47	17,52	18,99	19,09
ab .....	46,94	43,16	42,00	43,42	42,09	44,71	32,27	42,34	40,59	41,87	41,09
an .....	10,70	8,12	9,94	6,81	6,53	15,84	6,87	8,85	8,22	9,74	8,01
ne .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C .....	1,48	1,04	0,95	1,93	1,13	0,09	1,28	1,03	1,48	1,12	1,32
Ol fo .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
fa .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
en .....	3,76	1,63	2,80	1,66	1,27	4,30	1,75	2,53	2,05	2,75	2,06
fs .....	1,41	0,97	1,17	0,94	0,73	1,82	1,60	0,98	1,00	1,22	0,70
Wo .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
di en .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
fs .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
wo .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
mt .....	1,81	1,04	1,40	0,97	0,81	2,02	1,65	1,47	1,12	1,46	1,06
il .....	1,17	0,48	0,83	0,43	0,36	1,21	0,67	0,91	0,55	0,79	0,62
hm .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ap .....	0,55	0,12	0,24	0,14	0,09	0,41	0,12	0,48	0,19	0,34	0,24
fem .....	8,71	4,24	6,43	4,14	3,26	9,75	5,79	6,37	4,90	6,56	4,68
cc .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Qu .....	21,34	31,32	27,76	33,37	32,47	19,87	36,37	23,81	31,95	26,31	30,03
Or .....	19,32	18,85	21,43	16,80	20,28	19,97	26,12	25,64	20,52	23,00	22,20
Ab 100 .....	59,34	49,84	50,81	49,84	47,25	60,16	37,50	50,55	47,54	50,69	47,78
Qu .....	18,79	28,63	24,78	30,95	30,25	16,38	33,68	21,54	29,14	23,54	27,47
Or .....	17,02	17,23	19,13	15,58	18,89	16,46	24,19	23,19	18,71	20,57	20,31
Ab .....	52,27	45,56	45,35	46,22	44,02	49,59	34,73	45,72	43,36	45,35	43,71
An 100 .....	11,92	8,57	10,74	7,25	6,83	17,57	7,40	9,55	8,78	10,55	8,52

1. Granodioriitti — *Granodiorite*. Vihtalahti, Lapinlahti. 04D, x = 7015.00, y = 518.68.
2. Granodioriitti — *Granodiorite*. Käänninniemi, Maaninka. 04B, x = 7015.66, y = 514.04.
3. Granodioriitti — *Granodiorite*. Jussilansaari, Lapinlahti. 04D, x = 7017.20, y = 516.46.
4. Granodioriitti — *Granodiorite*. Iso-Aarikka, Maaninka. 05A, x = 7023.26, y = 512.62.
5. Granodioriitti — *Granodiorite*. Kuhaniemi, Lapinlahti. 05A, x = 7022.30, y = 514.24.
6. Granodioriitti — *Granodiorite*. Viitasaari, Maaninka. 04B, x = 7017.20, y = 514.26.
7. Graniitti — *Granite*. Tölvä, Lapinlahti. 07A, x = 7010.16, y = 520.60.
8. Graniitti — *Granite*. Mustasaari, Lapinlahti. 04C, x = 7013.50, y = 518.50.
9. Granodioriitti — *Granodiorite*. Mustasaari, Maaninka. 05A, x = 7022.74, y = 513.24.
10. Kvartsimontsoniitti — *Quartz montzonite*. Varposaari, Lapinlahti. 05D, x = 7020.06, y = 515.70.
11. Granodioriitti — *Granodiorite*. Jussilansaari, Lapinlahti. 04D, x = 7017.80, y = 516.50.

Taulukko 4. jatkuu  
Table 4. continues

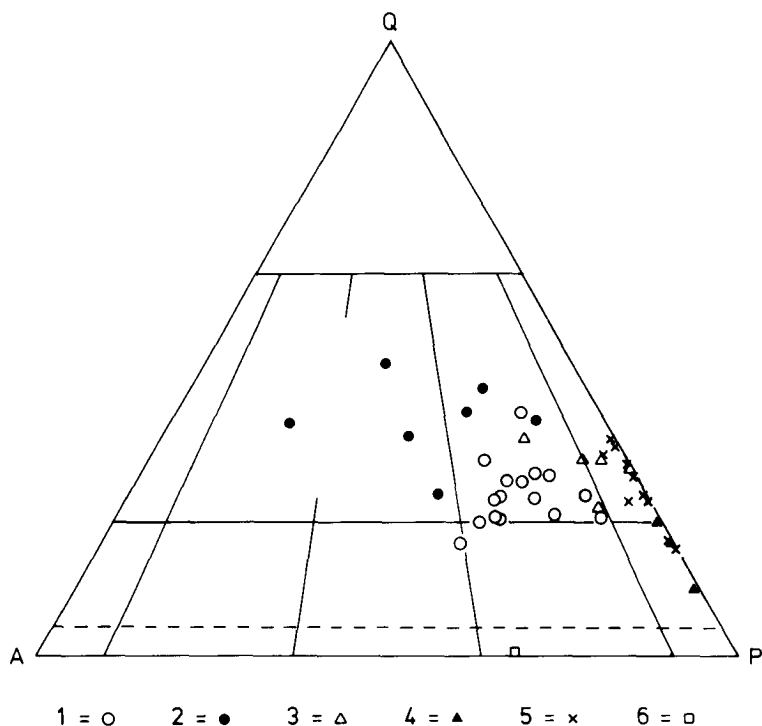
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
SiO <sub>2</sub> .....	56,18	60,26	53,92	63,39	64,83	66,92	43,02	45,44	49,48	50,84	49,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	16,93	17,96	17,96	17,09	15,99	15,93	13,43	13,99	18,31	11,51	16,91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	8,88	6,60	8,99	4,23	3,84	4,33	13,68	17,35	11,07	11,01	10,84
MgO .....	3,41	2,13	3,30	2,52	1,97	1,39	9,49	6,73	6,54	12,87	6,03
CaO .....	5,95	5,00	7,28	3,96	3,67	3,78	10,65	9,18	8,37	8,93	9,20
Na <sub>2</sub> O .....	4,69	3,96	3,18	4,56	4,62	4,69	2,46	2,68	3,72	2,44	3,53
K <sub>2</sub> O .....	1,90	1,80	1,57	1,60	1,84	1,45	0,61	0,38	0,70	0,90	0,76
MnO .....	0,14	0,10	0,17	0,07	0,07	0,05	0,19	0,19	0,19	0,22	0,20
TiO <sub>2</sub> .....	1,29	0,65	0,92	0,51	0,44	0,58	2,74	4,42	1,42	0,73	1,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,33	0,26	0,51	0,15	0,17	0,19	1,05	0,74	0,58	0,30	0,53
	99,70	98,72	97,80	98,08	97,44	99,31	97,32	101,10	100,38	99,75	98,11
Q .....	3,82	15,13	7,56	17,99	19,97	23,41	—	—	—	—	—
or .....	11,33	10,82	9,55	9,67	11,19	8,65	3,74	2,25	4,14	5,38	4,62
ab .....	40,04	34,10	27,69	39,45	40,22	40,07	19,62	22,73	31,61	20,87	30,69
an .....	19,71	23,51	30,97	19,09	17,59	17,68	24,72	25,09	31,33	17,99	28,83
ne .....	—	—	—	—	—	—	1,09	—	—	—	—
C .....	—	1,05	—	1,04	0,14	0,23	—	—	—	—	—
Ol fo .....	—	—	—	—	—	—	13,00	2,79	6,26	7,89	4,99
fa .....	—	—	—	—	—	—	7,25	2,45	4,08	3,14	3,74
en .....	6,69	5,40	7,88	6,42	5,05	3,50	—	9,29	5,79	14,13	4,86
fs .....	4,55	5,18	7,52	2,99	2,67	2,83	—	7,40	3,43	5,11	3,30
Wo .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
di en .....	1,88	—	0,58	—	—	—	6,00	3,54	1,64	7,02	3,45
fs .....	1,28	—	0,55	—	—	—	3,04	2,81	0,97	2,54	2,35
wo .....	3,30	—	1,16	—	—	—	9,62	6,57	2,74	10,36	6,06
mt .....	4,15	2,94	3,49	2,00	1,89	2,06	3,93	4,91	3,92	3,43	3,84
il .....	2,47	1,26	1,80	0,99	0,86	1,11	5,41	8,42	2,71	1,40	1,97
hm .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ap .....	0,79	0,63	1,24	0,36	0,41	0,45	2,58	1,76	1,38	0,72	1,29
fem .....	25,11	15,40	24,22	12,77	10,89	9,95	50,83	49,93	32,91	55,75	35,87
cc .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Qu .....	6,93	25,19	16,87	26,80	27,98	32,45	—	—	—	—	—
Or .....	20,53	18,03	21,31	14,41	15,67	12,00	16,03	9,01	11,62	20,48	13,07
Ab 100 .....	72,55	56,78	61,82	58,79	56,35	55,05	83,97	90,99	88,38	79,52	86,93
Qu .....	5,11	18,10	9,97	20,87	22,45	26,06	—	—	—	—	—
Or .....	15,12	12,95	12,60	11,22	12,57	9,63	7,79	4,50	6,19	12,15	7,20
Ab .....	53,46	40,80	36,55	45,77	45,21	44,62	40,79	45,40	47,11	47,18	47,86
An 100 .....	26,11	28,14	40,88	22,14	19,77	19,69	51,42	50,10	46,69	40,67	44,95

12. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Tölvä, Lapinlahti. 07A, x = 7010.16, y = 520.60.  
13. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Oravimäki, Lapinlahti. 07A, x = 7013.40, y = 523.94.  
14. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Vihtaniemi, Lapinlahti. 04D, x = 7015.92, y = 519.12.  
15. Tonalitti — *Tonalite*. Leppälahti, Maaninka. 04B, x = 7019.84, y = 510.68.  
16. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Honkamäki, Maaninka. 02C, x = 7020.32, y = 509.55.  
17. Kvartsidioriitti — *Quartz diorite*. Ahkiolahti, Maaninka. 04A, x = 7011.35, y = 511.40.  
18. Gabro — *Gabbro*. Kuivaniemi, Maaninka. 05A, x = 7023.20, y = 511.86.  
19. Gabro — *Gabbro*. Kattaalankylä, Maaninka. 02C, x = 7023.58, y = 509.22.  
20. Gabro — *Gabbro*. Kattaalankylä, Maaninka. 02C, x = 7023.76, y = 508.50.  
21. Gabro — *Gabbro*. Tiperänluoto, Lapinlahti. 05C, x = 7022.85, y = 517.76.  
22. Gabro — *Gabbro*. Palosaari, Lapinlahti. 05C, x = 7025.00, y = 517.90.

Taulukko 4. jatkuu  
Table 4. continues

	23	24	25	26	27	28	29	30
SiO <sub>2</sub> .....	46,17	49,66	50,20	52,28	52,05	58,18	64,85	75,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	17,28	16,31	18,27	14,94	17,37	16,77	17,35	13,75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	13,01	11,67	8,78	10,46	10,29	7,14	4,21	0,72
MgO .....	6,47	6,15	6,12	6,76	4,73	3,53	1,38	0,25
CaO .....	8,49	8,28	9,34	8,85	7,78	5,54	4,03	0,99
Na <sub>2</sub> O .....	3,51	3,58	3,81	3,78	3,70	3,90	5,21	3,90
K <sub>2</sub> O .....	0,61	1,47	1,22	0,94	1,28	2,07	1,36	4,58
MnO .....	0,20	0,21	0,14	0,21	0,17	0,13	0,07	0,00
TiO <sub>2</sub> .....	2,19	1,34	0,76	1,07	1,03	0,73	0,51	0,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,82	0,33	0,21	0,18	0,22	0,25	0,19	0,00
	98,75	99,00	98,85	99,47	98,62	98,24	99,16	99,37
Q .....	—	—	—	—	1,49	10,33	18,58	32,47
or .....	3,68	8,84	7,34	5,62	7,72	12,51	8,12	27,25
ab .....	30,35	30,84	31,97	32,38	31,96	33,74	44,56	33,22
an .....	30,24	24,53	29,66	21,28	27,57	22,63	18,96	4,94
ne .....	—	—	0,45	—	—	—	—	—
C .....	—	—	—	—	—	—	0,44	0,58
Ol fo .....	7,89	5,56	7,79	0,96	—	—	—	—
fa .....	4,93	3,26	3,64	0,47	—	—	—	—
en .....	3,37	3,78	—	9,75	9,47	7,97	3,47	0,63
fs .....	1,91	2,01	—	4,31	5,76	3,67	1,78	0,32
Wo .....	—	—	—	—	—	—	—	—
di en .....	1,85	3,88	4,39	5,93	2,56	1,01	—	—
fs .....	1,05	2,06	1,86	2,62	1,56	0,47	—	—
wo .....	3,06	6,30	6,72	9,18	4,33	1,58	—	—
mt .....	5,45	5,54	4,19	5,01	5,05	4,06	2,65	0,44
il .....	4,25	2,59	1,47	2,06	2,00	1,42	0,98	0,15
hm .....	—	—	—	—	—	—	—	—
ap .....	1,98	0,80	0,51	0,43	0,53	0,61	0,45	—
fem .....	35,73	35,79	30,58	40,71	31,25	20,79	9,34	1,54
cc .....	—	—	—	—	—	—	—	—
Qu .....	—	—	—	—	3,62	18,26	26,07	34,93
Or .....	10,82	22,29	18,66	14,80	18,75	22,10	11,40	29,32
Ab 100 .....	89,18	77,71	81,34	85,20	77,63	59,63	62,53	35,75
Qu .....	—	—	—	—	2,17	13,04	20,60	33,17
Or .....	5,73	13,77	16,64	9,49	11,23	15,79	9,00	27,84
Ab .....	47,22	48,03	46,36	54,62	46,49	42,59	49,39	33,94
An 100 .....	47,05	38,20	43,01	35,90	40,11	28,58	21,01	5,05

23. Emäksinen juoni — *Basic dyke*. Kuivaniemi, Maaninka. 05A, x = 7021.60, y = 511.34.  
 24. Uraliittiporfyyrijuoni — *Uralite porphyry dyke*. Sarviluoto, Lapinlahti. 05C, x = 7022.45, y = 516.44.  
 25. Uraliittiporfyyrijuoni — *Uralite porphyry dyke*. Viitamäki, Maaninka. 04B, x = 7016.92, y = 512.70.  
 26. Uraliittiporfyyrijuoni — *Uralite porphyry dyke*. Kaikko, Lapinlahti. 05C, x = 7021.28, y = 516.22.  
 27. Sarvivälkeporfyyrijuoni — *Hornblende porphyry dyke*. Karvasalmi, Lapinlahti. 04D, x = 7017.00, y = 518.56.  
 28. Sarvivälkeporfyyrijuoni — *Hornblende porphyry dyke*. Kuhaniemi, Lapinlahti. 05A, x = 7022.66,, y = 514.34.  
 29. Plagioklaasiporfyyrijuoni — *Plagioclase porphyry dyke*. Mäntysaari, Lapinlahti. 05C, x = 7021.48, y = 515.56.  
 30. Leukogranitti juoni — *Leucogranite dyke*. Tölvä, Lapinlahti. 07A, x = 7010.16, y = 520.60.



Kuva 20. Lapinlahden kartta-alueen proterotsooisten magmakivien mineraalikoostumuksia Streckeisenin (1976) kvartsi-kalimaasälpä-plagioklaasi kolmiossa. Symbolit: 1. Onkiveden ja Asevelikylän granodioriitit, 2. Lappetelän graniitti, 3. Leppälahden tonaliitti, 4. Tölvän kvartsidioriitti, 5. Kotikylän tonaliitti, 6. Pörsänmäen hypersteenimontsoiitti.

Fig. 20. Mineral compositions of Proterozoic igneous rocks from the area of the Lapinlahti map-sheet. Quartz-alkali feldspar-plagioclase diagram by Streckeisen (1976). Symbols: 1. Onkivesi and Asevelikylä granodiorites, 2. Lappetelä granite, 3. Leppälahti tonalite, 4. Tölvä quartz diorite, 5. Kotikylä tonalite, 6. Pörsänmäki hypersthene monzonite.

## RAKENNE JA STRATIGRAFIA

Kartta-alueen kallioperän rakenteet jakaantuvat arkeisiin ja proterotsoosiin. Arkeinen kallioperä on kokenut monifaasipoisutuksen, jonka jälkeen se on vielä särkynyt lohkoiksi. Varhaisin havaittava arkeinen rakenne on tiukka isoklinaalinen poimutus, joka on selvimmän havaittavissa amfiboliittisten osien kvartsiplagioklaasisuonissa. Seuraava merkittävä läpikotaiseen deformaatioon liittyvä poimutus on yleensä terävää, W-muotoista, epäsymmetristä ja usein chevron-tyyppistä, mutta joskus verrattain avointa. Huomattava trondhjemiittisen neosomiaineksen intrudoitu-

minen liittyy tähän deformaatioon. Näiden varhaisimpien poimutusten akselitasojen kulut ovat paljolti päällekkäisiä ja näkyvät kivessä raitaisuutena tai erilaisina interferenssikuvioina. Tämä raitaisuus on kartta-alueen itäosissa paikallisia poikkeuksia lukuunottamatta koillinen-pohjoiskoillinsuuntaista ja kääntyy alueen keskiosissa likimain itä-länsisuuntaiseksi.

Nuoremmat arkeiset rakenteet kulminoituvat tietyissä esim. luode-kaakkosuuntaisissa vyöhykkeissä, joissa varhaisemmat rakenteet ovat poimuttuneet. Jäykkää siirrostusta voi niin ikään liittyä näihin vyöhykkeisiin. Myös Siilinjärven pohjois-eteläsuuntainen muuttunut (feniittiytynyt) ruhjeärpi, johon karbonaatti-glimmeriitti on intrudoitunut, edustanee nuorta arkeista suuntaa. Söviitin zirkonin U-Pb-ikä on 2609 Ma. (GTK, 1985. Kallioperäosaston toimintakertomus vuodelta 1984).

Yleisesti ottaen kartta-alueen arkeiset rakenteet korreloituvat pääpiirteissään Luukosen (1985, 1988) yksityiskohtaisesti esittämiin Kainuun arkeisiin rakenteisiin.

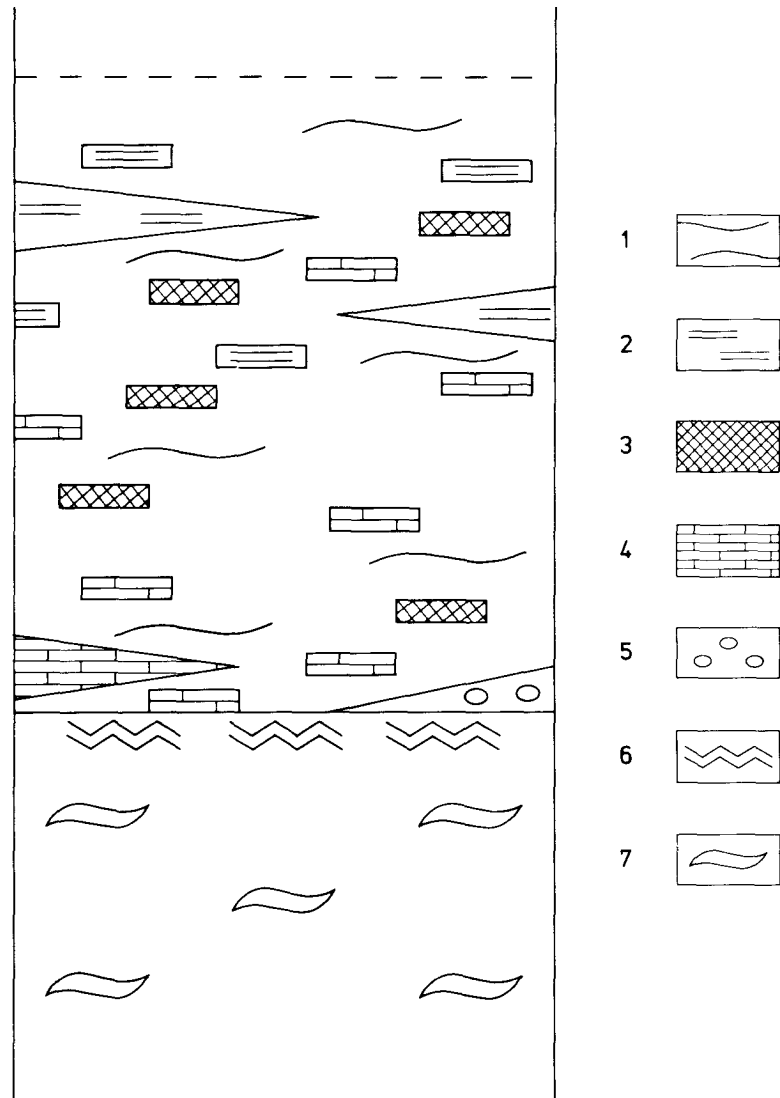
Kallioperän rikkoutuminen sekä siihen yhdistyvät jäykät lohkoluokitukset ja merkittävät ruhjeet myloniitteineen näyttävät olevan poikkeuksellisen voimakkaita nimenomaan Iisalmen—Lapinlahden—Varpaisjärven—Sonkajärven alueella (vrt. Kauppinen, 1973). Ruhjeissa kaikki aikaisemmat rakenteet peittää voimakas myloniittituuminen, siihen liittyvät metasomaattiset muutokset sekä niitä seuranneet poimutusfaasit. Ruhjeet ovat olleet mitä ilmeisimmin aktiivisia useaan eri otteeseen. Osa ruhjeista lienee syntynyt jo myöhäsarkeisena aikana, mutta aktiivisia ruhjeet ovat olleet myös proterotsooisella ajalla. Paikoin ruhjeen myloniittirakennetta leikkaa emäksinen kivilaji (mahdollisesti jatulinen diabaasi), joka on joskus myös itse voimakkaasti deformatunut. Tällaiset havainnot osoittavat ruhjevyyhykkeitten olleen aktiivisia pitkään varhaisproterotsooisella ajalla. Viimeisen tapahtuman tuloksena on breksia, jossa juonikvartsi breksioi myloniittivyöhykkeen kiviä.

Kallioperästä on näin muodostunut rikkoutunut ja lohkomainen. Se on ilmeisesti syntynyt siten, että koko läntinen arkeinen alue, ns. Iisalmen laatta (Väyrynen, 1939), on ensin irtaantunut muusta itäisestä graniittigneissialueesta ja sitten työntynyt sitä vasten ja ainakin eteläosiltaan myös selvästi sen päälle. Kuoren näin paksuunnuttua seurasi nopea isostaattinen ja terminen tasapainottuminen. Eroosio on sitten myöhemmin paljastanut paikoin suhteellisen syvän kuoren leikkauksen hypersteenipitoisine kivineen.

Tuovilanlahden alueella (01) arkeiset kivet ovat selvästi osallistuneet myös proterotsooiseen luode-kaakkosuuntaiseen tektonisoitumiseen. Tämä ruhjevyyhyke on jatke ns. Suvasveden siirrokselle, jota myöten kartta-alueen lounaisnurkan pohja on kiilana työntynyt nykyiseen asemaansa.

Proterotsooiset liuskeet (Lampaanjärven jakso) ovat isoklinaalisesti poimuttuneet. Tämän akselitaso seuraa liuskejakson yleistä kulkua, joka Pielaveden kartta-alueelta kaartaa ja leviää itä-kaakkosuuntaiseksi viuhkaksi Tuovilanlahden ja Leppämäen alueille. Pohjois-, koillis- ja pohjoisluode-suunnat leikkaavat liuskeen kulkua.

Tuovilanlahden ruhje on suora jatke ns. Suvasveden siirrokselle. Tuovilanlahden alueen kallioperä onkin tietyissä vyöhykkeissä voimakkaasti myloniittituumutta. Kivi



Kuva 21. Yksinkertaistettu stratigrafiakaavio kartta-alueen proterotsooisista liuskeista. Symbolit: 1. Osin tuffiittinen killeliuske, 2. kvartsimaasälpäliuske, 3. Amfiboliitti, 4. Karsi, 5. Konglomaatti, 6. Kemiallista rapautumista, 7. Arkeainen pohjan granitoidi.

*Fig. 21. A simplified stratigraphic scheme of the Proterozoic schists in the area of the map-sheet. Symbols: 1. Partly tuffaceous mica schist, 2. Quartz-feldspar schist, 3. Amphibolite, 4. Skarn, 5. Conglomerate, 6. Chemical weathering, 7. Archaean basement granitoid.*

on usein hyvin hienorakeista. Sen tiiviissä massassa erottuu vain klasteja, joissa joskus näkyy pyörähtäneisyyttä. Myloniittiutumiseen liittyvä ruhjeliuskeisuus on paikoin hyvin avoimesti poimuttunutta. Koistisen (1981) rakennejaottelussa Suvasveden siirros liittyy  $D_{2c}$ -deformaatioon.

Pohjoisempänä, missä metamorfoosiaste on korkeampi ja magmatismi lisääntynyt, ovat rakenteet huomattavasti sekavampia ja vaikeammin tulkittavia.

Kuvassa 21 on kartoituksen yhteydessä syntynyt ylimalkainen tulkinta kartta-alueen ns. Lampaanjärven liuskeiden stratigrafiasta. Kemiallisesti rapautuneen arkeisen pohjan päällä on runsaasti karsivälikerroksia sisältävä kiillegneissi. Pohjakonglomeraateista ei ole varmaa näyttöä. Karsikerrokset vähenevät ylöspäin. Kiillegneissi on tavallisesti sarvivälkepitoista, ja siinä on usein amfiboliittisia kerroksia. Punertavat kvartsimaasälpagneissivälikerrokset ja -vyöhykkeet ovat yleisiä kerrossarjan ylimpinä pidetyissä osissa.

## METAMORFOOSI

Arkeinen kallioperämme on todennäköisesti kokenut useita korkean tai keskiasteen metamorfooseja. Lapinlahden alueen ikämäärytykset, 3,1 Ga, merkitsevät joko magman primaarista kiteytymisvaihetta tai varhaista voimakasta metamorfoosia. Noin 2,7 Ga vanhat korkean asteen metamorfoosin mineraaliseurueet ovat säilyneet ympäristöön paremmin syvän leikkauksen lohossa kartta-alueen koillisosassa. Tämä metamorfoosi on ehkä merkittävimmin muokannut nyt näkyvää arkeista kallioperää. On kuitenkin mahdollista, että etenkin emäksisten pyrokseeniamfiboliittien mineraaliseurueissa on saattanut säilyä merkkejä vielä aikaisemmasta korkean asteen metamorfoosista. Kartta-alueen koillisosan lohkon ulkopuolella olevat alhaisemman metamorfoosiasteen raitaiset migmatiitit ovat olleet selvästi alttiimpia myös retrogressiivisille muutoksille. Hypersteenipitoisten granitoidien (enderbiittien) ja kahden pyrokseenin amfiboliittien metamorfoosisuhteita on tarkasteltu jo aikaisemmin (Paavola, 1984a).

Lohkoalueen enderbiittien zirkonin U-Pb ja sarvivälkkeen K-Ar-iät, lähes 2,7 Ga (vrt. s. 53), ilmoittavat tämän voimakkaan termisen tapahtuman ajankohdan. Samaan aikaan ovat sarvivälkkeen K-Ar-kellot nollaantuneet myös ympäristön raitaisen pohjan granitoideissa (vrt. taulukko 7).

Tämän jälkeen arkeinen alue ei ole kokenutkaan mitään merkittävää alueellista termistä tapahtumaa, vaan se on jäähtynyt ilmeisen tasaisesti vähäisempiä paikallisia uudelleenlämpiämissä lukuun ottamatta. Svekokarjalainen uudelleenlämpiäminen ei ole pystynyt vaikuttamaan käsiteltävän alueen kiviin yhtä voimakkaasti kuin yleensä arkeisella alueella, missä etenkin biotiittien mutta usein myös sarvivälkkeiden hiloista on poistunut argonia ja K-Ar-iät ovat merkittävästi nuorentuneet. Kiven



metamorfoosiasteella onkin havaittu olevan suuri merkitys sen K-Ar-ikiin. (kts. Kallio ja muut, 1986 ja 1987). Lapinlahden kartta-alueella nämä iät näyttävät nuorentuneen perusteellisimmin aivan kratonin reunaosissa.

Suuret arkeisen kallioperän ruhjeet ovat samoin selvästi olleet aktiivisia myös proterotsooisella ajalla. Niissä on vihreäliuske- ja epidoottiamfiboliittifasioksen mineraaliseurueita sekä voimakkaita metasomaattisia muutoksia.

Lapinlahden kartta-alueen länsipuolella olevassa proterotsooisessa kallioperässä ilmenee metamorfoosiasteen vaihtelu myös paljolti lohkomaisena (vrt. esim. Marttila, 1976). Korsman ja muut (1984) jakavat Pihtiputaan—Pielaveden alueen niin ikään useaan metamorfiseen lohkokon. Heidän mielestään Kuopion ja Lampaanjärven lohkot ovat metamorfisesti suurelta osalta samanlaisia, välittömästi arkeisen graniittigneissin reuna-alueen tuntumassa olevia lohkoja.

Lampaanjärven liuskejakson eteläosa on metamorfoitunut amfiboliittifasioksen paine- lämpötilaolosuhteissa. Liuskeet ovat enimmäkseen tyypillisiä biotiittiplagioklaasigneissejä. Happamammissa välikerroksissa ovat tyypillisiä terveet, tasapainossa olevat muskoviittiporfyroblastit. Pohjoisempana, Mankonmäen ympäristössä, missä magmaattinen aktiivisuus on ollut suurempi ja kontaktimetamorfiset ilmiöt yleisempiä, metamorfoosiolosuhteiden määrittäminen käy vaikeaksi. Ortopyrokseenia tai granaattia, kordieriittia ja sillimaniittia sisältävät kivet voivat olla hyvin lähellä huomattavasti alhaisempaa metamorfoosiastetta edustavia kiviä.

Mankonmäen hypersteenimontsoniitin yhteydessä on tiiviitä massamaisia pyrokseenikiviä, jotka ovat todennäköisesti montsoniitin aiheuttamia pyrokseenihornfelseja.

## RADIOMETRISET IÄNMÄÄRITYKSET

Kartta-alueelta on tehty runsaasti isotooppianalyysejä, ja niiden tulokset on suurelta osin aikaisemmin julkaistu (Kallio ja muut, 1986 ja 1987; Paavola, 1986). GTK:n isotooppigeologian laboratoriossa on analysoitu zirkoni- ja titaniittifraktioita 13 ikänäyttestä. Tähän mennessä julkaisemattomat U-Pb-analyysitulokset ovat taulukossa 5 ja niihin perustuvat konkordiadiagrammit kuvissa 22—26. Kaikki kartta-alueen U-Pb-iät on esitetty yhteenvetotaulukossa 6. Iänmääritysnäytteiden ottoapaikat ilmenevät kuvasta 2.

Kartta-alueelta sarvivälkkeistä ja biotiiteista Leedsin yliopistossa teetetyt K-Ar-iänmääritykset ovat taulukossa 7.

Arkeisen raitaisen pohjan granitoidin kvartsidioriittinen melanosomi Lapinlahden Romonmäestä (A76) antaa zirkonille U-Pb-iän  $3095 \pm 18$  Ma ja Kiiikkukalliolta (A937)  $3136 \pm 20$  Ma (Paavola, 1986). Ikä heijastaa joko primaarikiteytymistä tai varhaista voimakasta metamorfoosia. Korkean metamorfoosiasteen lohkon alueelta enderbiittinen pohja (Lampiensalmi, A979) antaa hyvin konkordantin iän 2693 Ma

(Paavola, 1986). Ikä liittyy siihen n. 2,7 Ga sitten kulminoituneeseen voimakkaaseen metamorfiseen tapahtumaan, johon liittyy runsaasti neosomuodostusta ja magmaattista aktiivisuutta koko arkeisella alueella. Myös Nilsiä kartta-alueen samanlaiset enderbiittiset kivet (A843 ja A844) antavat iästä analogisia tuloksia (Paavola, 1984b). Näiden kuivien hypersteenipitoisten kivien sarvivälkkeiden K-Ar-iät ovat lähes zirkoni-ikien luokkaa (kts. taulukko 7).

Onkiveden granodioriitti on heterogeenistä (vanhaa komponenttia runsaasti), ja siksi siitä on tehty zirkonien U-Pb-ajotus massiivin kolmesta eri kohdasta (kts. kuva 2) eli Jussilansaaresta (A63), josta on myös titaniitti-ikä sekä Käänninniemen (A679) ja Viitasalmesta (A499). Zirkonien uraanin määrä, 450—900  $\mu\text{g/g}$ , on verrattain alhainen. Tavallisen lyijyn määrä etenkin Viitasalmen ja Käänninniemen näytteissä on suuri  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -suhteen ollessa 236—803. Kahdeksasta fraktiosta lasketun regressiosuoran yläleikkaus konkordiakäyrän kanssa antaa radiometriseksi iäksi 1908 Ma (kuva 22) ja hajonta on 16 Ma 2 sigma tasolla. Suora määrittäytyy pääasiassa Käänninniemen ja Viitasalmen näytteistä, sillä Jussilansaaren näytteestä vain pienin fraktio sattuu suoralle. Jussilansaaren kolmelle muulle fraktiolla sekä Käänninniemen kookkaimpien kiteiden fraktiolla laskettu suora antaisi iäksi 1958 Ma hajonnan ollessa vain 9 Ma (2 sigma), mutta negatiivinen alaleikkaus ( $-169 \pm 75$ ) antaa aiheen olettaa, että kyseessä on satunnainen seosikä.

Viitasalmen näytteen (A499) kolmen fraktion zirkonipopulaatiosta vanhaa komponenttia ei ole havaittu.

Käänninniemen näytteen (A679) zirkonifraktioiden isotooppisuhteet asettuvat yhtä lukuun ottamatta samalle regressiosuoralle (kuva 22). Kiteet muistuttavat Viitasalmen zirkoneita, ts. kaikkien fraktioiden zirkonit ovat lähes aina kirkkaita, omamuotoisia ja pitkiä prismoja ( $L/B > 5$ ).

Jussilansaaren näytteen (A63) zirkonitkaan eivät poikkea ulkonäöltään oleellisesti edellisistä.

Jussilansaaren zirkonien kaikki  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -iät ovat yli 1900 Ma (taulukko 5). Sen sijaan muista näytteistä vain Käänninniemen suuret zirkonikiteet ylittävät tuon iän. Muutenkin kaikki näytteen A63 zirkonien isotooppisuhteet ovat lähempänä konkordiakäyrää kuin näytteiden A499 ja A679 suhteet, vaikka niiden uraanipitoisuus on suurempi kuin konkordanteimman A499:n tai A679:n fraktion. Nämä ominaisuudet viittaavat siihen, että Jussilansaaren zirkonit eivät olisikaan kogeneettisiä Viitasalmen ja Käänninniemen zirkonien kanssa. Kenttähavaintojen perusteella on Onkiveden granodioriittia kokonaisuudessaan pidetty alueen nuorimpana intruusiona, jota ainoastaan pegmatoidiset juonet lävistävät. Lävistäviä juonia, joita on pidetty samana Onkiveden graniitti-granodioriittina, on myös Leppälahden kvartsidioriitissa, vaikka sen ikä onkin 1902 Ma (kuva 24). Onkiveden granodioriitin ikä 1908 Ma voi kuitenkin olla myös seosikä. Arkeisen komponentin osuus on ainakin Jussilansaaren näytteessä (A63) melko suuri, sillä sen  $\epsilon_{\text{Nd}}$  on  $-3,6$  (Huhma, 1986). Näin ollen ei Onkiveden ja Leppälahden ikätulosten ja maastohavaintojen välillä välttämättä olekaan ristiriitaa.

Taulukko 5. Zirkonien ja titaniittien U-Pb isotooppianalyttisiä tuloksia Lapinlahden kartta-alueen kivilajeista.  
 Table 5. U-Pb isotope analytical data for zircons and titanites of rocks from the Lapinlahti map-sheet area.

Näyte n:o  Sample no.	Fraktio Fraction (g/cm <sup>3</sup> )  Ø = raekoko, µm grain size	Pitoisuus Concentration µg/g		<sup>206</sup> Pb <sup>204</sup> Pb  Mitattu Measured	Lyijyn isotooppikoostumus Isotopic composition of lead <sup>206</sup> Pb = 100			Atomisuhteet ja radiometriset iät, Ma. Atom ratios and radiometric ages, Ma.		
		<sup>238</sup> U	<sup>206</sup> Pb radiog.		204	207	208	<sup>206</sup> Pb <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb <sup>206</sup> U
A063	A d>4.1	615.7	156.64	1381	.07174	13.123	16.118	.2940 ± 15 1661	4.931 ± 26 1807	.12162 ± 9 1980
	B 3.8<d<4.1 Ø>70;HF	558.7	158.75	3382	.02713	12.383	15.426	.3284 ± 17 1830	5.442 ± 33 1891	.12019 ± 33 1959
	C 3.8<d<4.1 Ø<70;HF	605.5	163.41	2847	.03448	12.112	16.388	.3119 ± 16 1750	5.009 ± 27 1820	.11648 ± 15 1903
	D 3.8<d<4.1 Ø>70	908.3	217.08	692.1	.13986	14.011	20.858	.2762 ± 18 1572	4.622 ± 36 1753	.12137 ± 41 1976
	E titanite 3.6–3.8	49.66	14.47	446.3	.21976	14.434	112.76	.3368 ± 22 1871	5.323 ± 43 1872	.11462 ± 47 1874
A679	C 4.3<d<4.6 70<Ø<130	466.5	93.31	600.6	.16489	13.759	16.495	.2312 ± 15 1340	3.676 ± 30 1566	.11531 ± 49 1884
	D 4.3<d<4.6 Ø<70	451.6	97.10	803	.12314	13.083	15.140	.2485 ± 19 1430	3.912 ± 38 1616	.11417 ± 64 1867
	E 4.2<d<4.3 70<Ø<130	790.4	106.88	326.8	.30490	15.324	20.920	.1563 ± 10 936	2.411 ± 18 1245	.11188 ± 39 1830
	F 4.2<d<4.3 Ø<70	759.3	119.22	437.0	.22745	14.203	17.763	.1815 ± 16 1075	2.781 ± 27 1350	.11115 ± 47 1818
	G 4.3<d<4.55 Ø>160	397.5	66.26	397.0	.2403	15.645	20.989	.1927 ± 14 1135	3.304 ± 37 1481	.12437 ± 93 2019

Taulukko 5. jatkuu.  
Table 5. continues.

Näyte n:o <i>Sample no.</i>	Fraktio Fraction (g/cm <sup>3</sup> ) $\varnothing$ = raekoko, $\mu$ m <i>grain size</i>	Pitoisuus Concentration $\mu$ g/g		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ Mitattu <i>Measured</i>	Lyijyn isotooppikoostumus Isotopic composition of lead $^{206}\text{Pb} = 100$			Atomisuhteet ja radiometriset iät, Ma. <i>Atom ratios and radiometric ages, Ma.</i>		
		$^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}$ radiog.		204	207	208	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
A499	A 4.3 < d < 4.55 70 < $\varnothing$ < 130	476.6	92.38	448.0	.22182	14.500	18.413	.2240 ± 14 1303	3.553 ± 27 1539	.11502 ± 45 1880
	B 4.2 < d < 4.3 7 < $\varnothing$ < 130	728.6	96.95	236.0	.42200	16.813	25.808	.1538 ± 10 922	2.350 ± 22 1227	.11082 ± 69 1813
	C 4.3 < d < 4.55 $\varnothing$ < 70	493.2	105.20	578.5	.17175	13.746	16.693	.2465 ± 14 1420	3.883 ± 35 1610	.11423 ± 72 1867
A708	A d > 4.2 $\varnothing$ > 130	511.2	145.11	6432	10549	.11668	.16454	.3281 ± 17 1829	5.220 ± 30 1855	.11540 ± 20 1886
	B 3.6 < d < 4.2	1961	533.18	6195	7230	.11624	.20884	.3142 ± 17 1761	4.954 ± 27 1811	.11436 ± 14 1870
A918	A d > 4.6	165.1	40.89	1467	1569	.12283	.23147	.2863 ± 15 1622	4.508 ± 26 1732	.11421 ± 20 1867
	B 4.2 < d < 4.6	476.9	125.45	1825	1864	.12135	.24521	.3040 ± 16 1711	4.782 ± 32 1781	.11409 ± 42 1865
	C 3.8 < d < 4.0 $\varnothing$ > 160	1656	425.61	3431	3642	.11753	.31312	.2971 ± 21 1676	4.662 ± 36 1760	.11381 ± 26 1861
A067	A d > 4.6 HF	137.1	38.21	9870	.008471	11.738	17.689	.3222 ± 17 1800	5.164 ± 28 1846	.11624 ± 9 1899
	B 4.2 < d < 4.6	328.6	80.34	3639	.02649	11.950	16.776	.2826 ± 15 1604	4.517 ± 24 1734	.11593 ± 14 1894
	C 4.2 < d < 4.3	251.2	68.81	18976	.004107	11.678	17.161	.3165 ± 16 1772	5.072 ± 27 1831	.11622 ± 7 1899
	D <i>titanite</i> 3.4 < d < 3.5 <i>dark col'd</i>	246.4	71.50	957	.10365	12.723	21.250	.3354 ± 23 1864	5.234 ± 56 1858	.11319 ± 82 1851

Taulukko 5. jatkuu.  
Table 5. continues.

Näyte n:o Sample no.	Fraktio Fraction (g/cm <sup>3</sup> ) Ø = raekoko, µm grain size	Pitoisuus Concentration µg/g		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ Mitattu Measured	Lyijyn isotooppikoostumus Isotopic composition of lead <sup>206</sup> Pb = 100			Atomisuhteet ja radiometriset iät, Ma. Atom ratios and radiometric ages, Ma.		
		<sup>238</sup> U	<sup>206</sup> Pb radiog.		204	207	208	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{U}}$
A135	A d>4.2	462.3	152.91	4873	.01400	14.051	23.682	.3823 ± 24 2087	7.310 ± 56 2149	.13868 ± 56 2210
	B 4.0<d<4.2	1486	527.31	4570	.02071	14.925	55.373	.4100 ± 26 2214	8.285 ± 54 2262	.14657 ± 16 2306
	C 3.8<d<4.0	2342	805.80	3924	.02530	14.909	57.727	.3977 ± 27 2158	7.996 ± 55 2230	.14582 ± 14 2297
	D 3.6<d<4.0	2139	733.63	2790	.03507	15.192	65.251	.3963 ± 25 2152	8.054 ± 51 2237	.14739 ± 16 2316
	E 3.6<d<4.0 M	2258	774.18	2859	.03426	15.121	65.841	.3962 ± 27 2151	8.018 ± 58 2233	.14679 ± 28 2308
	F 3.8<d<4.0 abr	2458	862.37	4658	.02107	14.879	58.791	.4054 ± 26 2193	8.164 ± 53 2249	.14606 ± 14 2300
	G 3.6<d<3.8	2784	883.68	3275	.03010	14.723	58.472	.3668 ± 29 2014	7.249 ± 61 2142	.14332 ± 33 2267
A288	aA d>4.3	231.8	70.27	4152	.02243	14.000	10.794	.3503 ± 23 1936	6.620 ± 45 2062	.13706 ± 20 2190
	aB d>4.3 HF	203.0	61.67	11127	.006968	13.398	10.911	.3511 ± 22 1939	6.441 ± 44 2037	.13306 ± 33 2138
	bC d>4.5	184.2	53.57	5894	.01465	12.335	10.979	.3361 ± 18 1867	5.625 ± 33 1919	.12139 ± 28 1976
	bD 4.3<d<4.5	321.7	87.96	3218	.02975	12.262	11.282	.3160 ± 18 1770	5.168 ± 31 1847	.11862 ± 22 1935
	aE titanite 3.5<d<3.6	29.02	8.40	330.1	.29575	15.362	106.11	.3344 ± 21 1859	5.235 ± 40 1858	.11355 ± 41 1857
	aF titanite 3.5<d<3.6 Ø>160	26.98	7.62	209.2	.47077	17.728	110.05	.3265 ± 32 1821	5.109 ± 63 1837	.11349 ± 73 1856

Taulukko 5. jatkuu.  
Table 5. continues.

Näyte n:o Sample no.	Fraktio Fraction (g/cm <sup>3</sup> ) Ø = raekoko, µm grain size	Pitoisuus Concentration µg/g		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ Mitattu Measured	Lyijyn isotooppikoostumus Isotopic composition of lead <sup>206</sup> Pb = 100			Atomisuhteet ja radiometriset iät, Ma. Atom ratios and radiometric ages, Ma.		
		<sup>238</sup> U	<sup>206</sup> Pb radiog.		204	207	208	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
A288	bG 4.3 < d < 4.5 Ø < 130 abr 2 h	344.5	99.00	2784	.03343	12.198	11.556	.3321 ± 24 1848	5.380 ± 40 1881	.11748 ± 17 1918
	bH d > 4.3 Ø > 130 abr 1 h	481.1	152.24	2965	0.2387	15.952	9.009	.3657 ± 34 2009	7.890 ± 77 2218	.15648 ± 30 2418
	bI 4.2 < d < 4.3 Ø < 130 abr 1 h	521.2	148.02	3216	.02775	12.338	11.031	.3282 ± 19 1829	5.415 ± 34 1887	.11966 ± 24 1951
	bJ 4.0 < d < 4.2 Ø < 130 abr 1.5 h	625.2	169.61	2471	.03928	12.296	12.625	.3136 ± 27 1758	5.087 ± 46 1833	.11767 ± 22 1921
	HF = pesty fluorivetyhappossa preleached in HF									
	M = magneettinen fraktio magnetic fraction									
	abr = abraasiopuhdistettu									

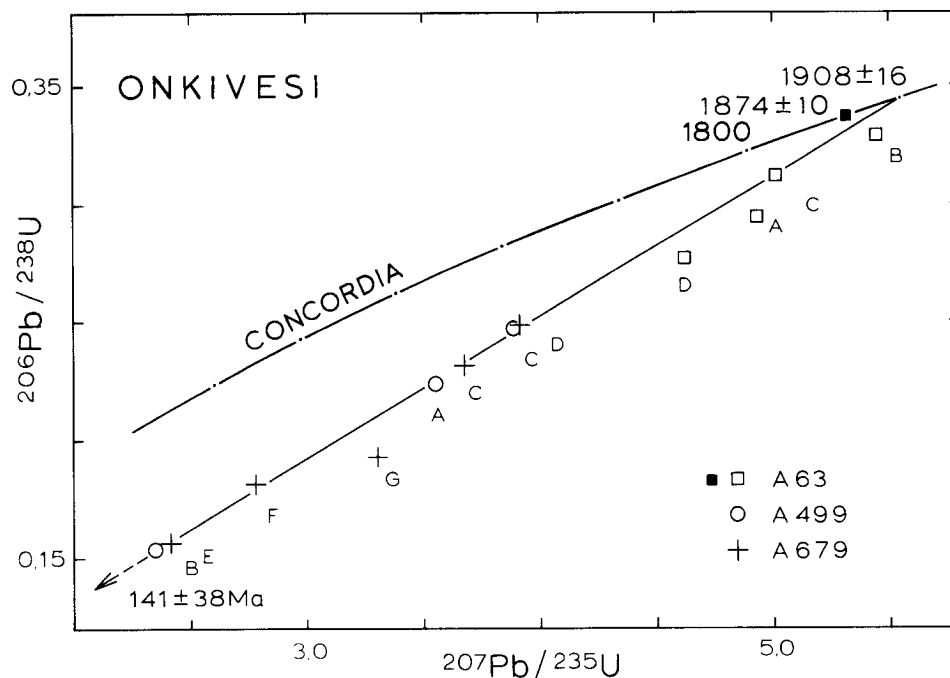
A63-Jussilansaari. Granodioriitti — *Granodiorite*. Jussilansaari, Lapinlahti. 04D, x = 7017.70, y = 516.34  
A679-Käänninniemi. Granodioriitti — *Granodiorite*. Käänninniemi, Maaninka. 04A, x = 7014.60, y = 514.96  
A499-Viitasalmi. Granodioriitti — *Granodiorite*. Viitasalmi, Maaninka. 04B, x = 7015.88, y = 513.33  
A708-Huoripojanmäki. Gabropegmatoidi — *Gabbro pegmatoid*. Huoripojanmäki, Lapinlahti. 09A, x = 7030.46, y = 521.30  
A918-Huoripojanmäki. Gabropegmatoidi — *Gabbro pegmatoid*. Huoripojanmäki, Lapinlahti. 09A, x = 7030.22, y = 521.30  
A67-Leppälahti. Kvarsidioriitti — *Quartz diorite*. Leppälahti, Maaninka. 02C, x = 7021.10, y = 509.32  
A135-Humppi. Metadiabaasi — *Metadiabase*. Humppi, Lapinlahti 08B, x = 7025.69, y = 521.56  
A288a-Levämäki. Tonalitti — *Tonalite*. Levämäki, Iisalmi 03B, x = 7038.30, y = 504.70  
A288b-Sikomäki. Tonalitti — *Tonalite*. Sikomäki, Iisalmi 03B, x = 7038.61, y = 504.55

Kaikki kolme Onkiveden granodioriittinäytettä ovat myös titaniittipitoisia. Vain Jussilansaaren näytteen titaniitin U-Pb-ikä ( $1874 \pm 10$  Ma) on laskettu (kuva 20), koska vain siinä alkuperäisen lyijyn pitoisuus on riittävän pieni.

Lapinlahden gabron, Huoripojanmäen kahden näytteen (A708 ja A918) zirkonien U-Pb-ikädiagrammi on kuvassa 23 ja analyysitulokset taulukossa 5. Molemmat näytteet ovat intruusion keskuksen gabropegmatoidisista osista.

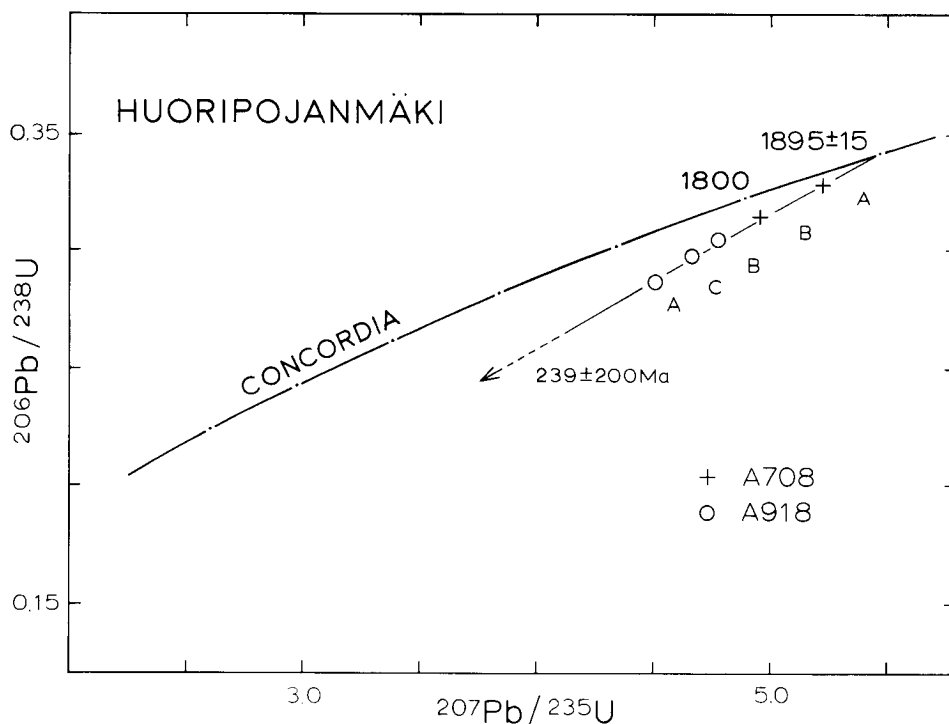
Zirkonia on näytteissä vähän. Kummankin näytteen zirkonit ovat omamuotoisia. A708:ssa on omamuotoisia, kirkkaita, läpinäkyviä kideyksilöitä. Näytteelle A918 on tyypillinen ruskea zirkonimuunnos. Näytteissä on runsaasti rutiilia. Gabropegmatoidiset osat eivät edusta varsinaista pääkiveään vaan ovat rikastuneet hivenalkuaineista, mikä ilmenee zirkonienkin uraanipitoisuuksissa. Raskain fraktio on pieni, ja kivistä löytyy uraanirikas, kevyt fraktio, jonka uraanipitoisuus nousee lähelle  $2000 \mu\text{g/g}$ . Konkordiadiagrammissa isotooppisuhteet muodostavat suoran (kuva 23), jonka yläleikkaus antaa iäksi  $1895 \pm 15$  Ma. Alaleikkaus on normaali.

Leppälahden kvartsidioriitista (A67) on analysoitu kolme zirkonifraktiota ja titaniitti. Analyysitulokset ovat taulukossa 5 ja konkordiadiagrammi kuvassa 24.



Kuva 22. Konkordiadiagrammi kolmen Onkiveden granodioriittinäytteen zirkonifraktioille ja yhdelle titaniitille. Kts. taulukko 5.

Fig. 22. Concordia plot for zircon fractions and one titanite from the Onkivesi granodiorite. Each sample has a number and letter corresponding to the fractions in Table 5.



Kuva 23. Konkordiagrammi Lapinlahden gabron kahden pegmatoidisen näytteen zirkonifraktioille. Kts. taulukko 5.

Fig. 23. Concordia plot for two pegmatoidic samples from the Lapinlahti gabbro. See Table 5.

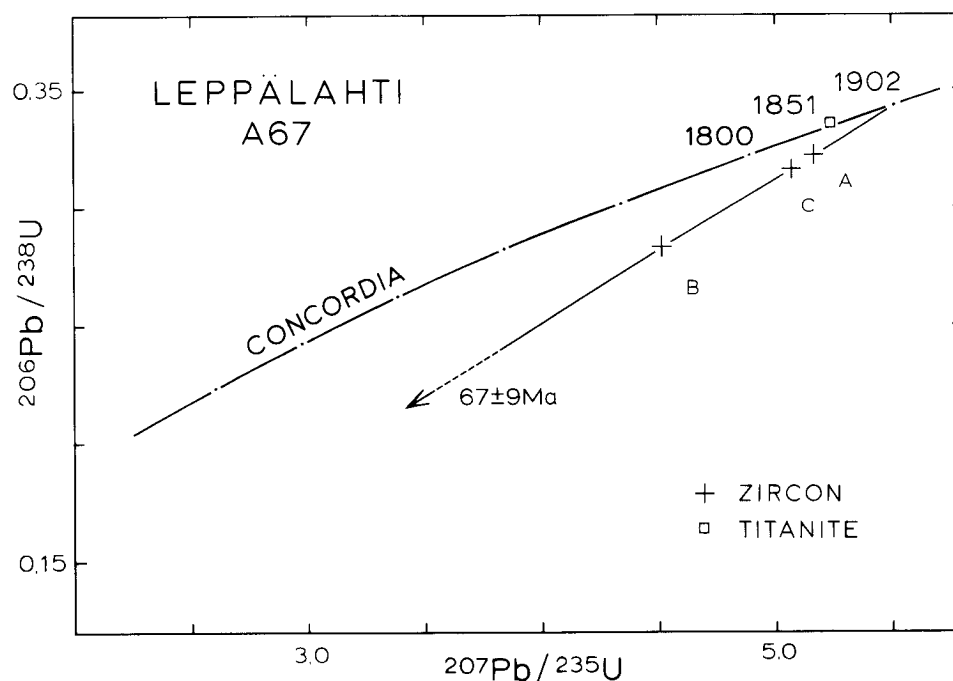
Zirkoni on pienikiteistä, kirkasta ja lyhyttä (L/B 1,5—3). Uraanipitoisuus on huomattavan alhainen, ts. raskain fraktio on suuri. Alkuperäisen lyijyn määrä on alhainen päätellen  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -suhteesta, joka ylittää fluorivedyssä pestyssä fraktiossa jopa yli 18 000:n. Vaikka zirkonifraktioita on analysoitu vain kolme, ne antavat tarpeellisen tiedon, etenkin kun fraktiot A ja C ovat miltei konkordantteja ja  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -suhteeseen perustuva ikä on niin korkea, että hieman yli 1,9 Ga:n ikä on todellinen.

Vastaava ikä ( $1903 \pm 10$  Ma) hyvin samantyyppisestä tonaliittisesta kivistä on saatu mm. Joroisten Saunakankaalta (Huhma, 1986). Tämän ikäryhmän kivet edustavatkin mahdollisesti omaa, tietyn koostumuksista magmaattisen aktiivisuuden vaihetta kratonin reunavyöhykkeellä.

Leppälahden kvartsidioriitin titaniitti on melko uraanirikas ja alkuperäisen lyijyn määrä on alhainen titaniitin kyseessä ollen ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -suhde on 957). Titaniitista saatu ikä ei ole tavallinen synorogeeninen, vaan 1851 Ma, joka on virherajoissa sama kuin Levämäen tonaliitin antama ikäarvo (kts. s. 51).

Humpin (A135) metadiabaasijuonen U-Pb analyysitulokset ovat taulukossa 5 ja sen





Kuva 24. Konkordiadiagrammi Leppälähden kvartsidioriitin titaniitille ja zirkonifraktioille.

Kts. taulukko 5.

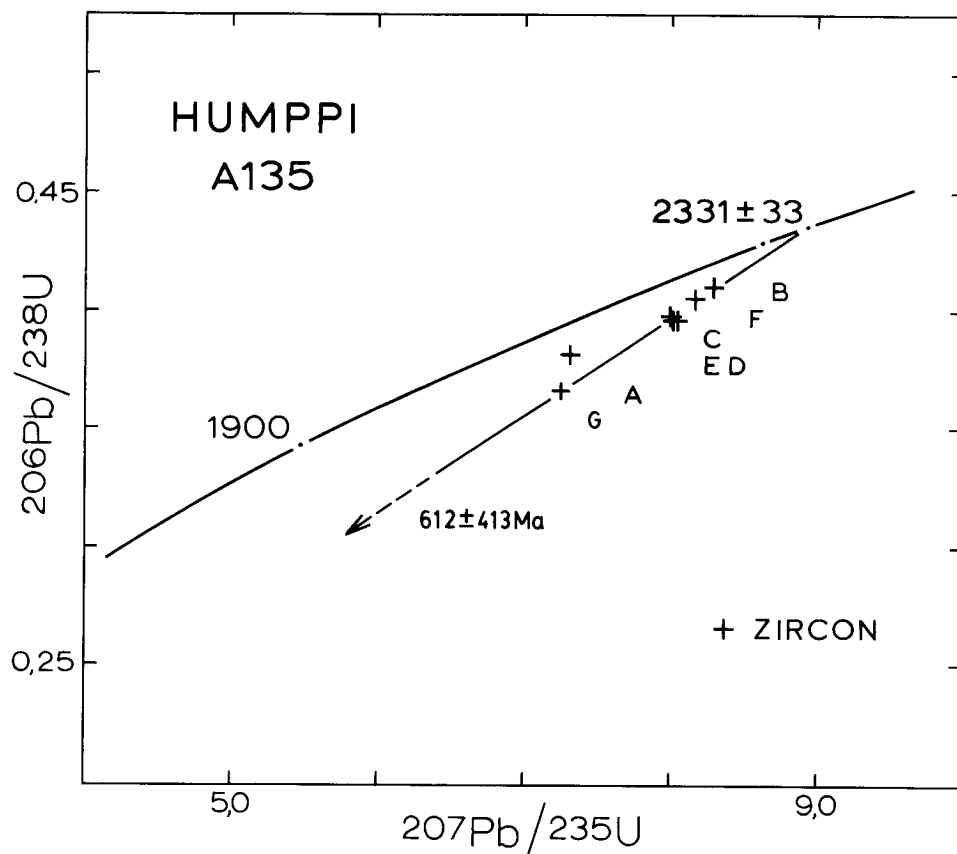
Fig. 24. Concordia plot for a titanite and zircon fractions from the Leppälahti quartz diorite. See Table 5.

konkordiadiagrammi kuvassa 25. Juonen radiometrisen iän määrittäminen osoittautui hankalaksi, ja saatu ikä  $2331 \pm 33$  Ma (2 sigma) on jossain määrin outo. Alaleikkaus 612 Ma on melko korkea.

Näytteestä analysoitiin ensin viisi pientä zirkonifraktiota (A—E: 2,0, 3,36, 10,8, 4,13 ja 4,27 mg) ja myöhemmin kaksi abraasiopuhdistettua lisäfraktiota (F ja G) tuloksen selventämiseksi. Vain yksi fraktio (A:  $+ 4.2 \text{ g/cm}^3$ ) on hilaltaan suurin piirtein terve, koska uraanipitoisuus on  $466 \mu\text{g/g}$ . Muut pitoisuudet ovat  $1500\text{—}2800 \mu\text{g/g}$ , mitkä ovat hyvin suuria diabaasin kyseessä ollen. Alkuperäisen lyijyn määrä on kuitenkin vähäinen suurehkojen  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -suhteiden ( $4873\text{—}2790$ ) perusteella.

Uraanin suuri pitoisuus tuo mieleen graniittiset kivet ja mahdollisen assimilaation. Toisaalta (fraktiota A lukuunottamatta) havaittava suuri  $^{208}\text{Pb}$ -suhde on hyvin tyypillinen emäksisille kiville, joiden Th/U-suhde on huomattavan suuri.

Kuten edellä todettiin, fraktio A poikkeaa selvästi muista fraktioista. Se on toiseksi diskordantein, sisältää vähän uraania ja sen Th/U-suhde on pieni. Diffuusiomallin mukainen ikäarvo 2222 Ma antaisi eräänlaisen minimiarvon. Todennäköisimmin kyseessä on kuitenkin sekafraktio, ts. piste olisi suoralla, joka vedetään n. 1,9 Ga:n arvosta ryhmään CDE.



Kuva 25. Konkordiadiagrammi Humpin metadiabaasin zirkonifraktioille. Kts. taulukko 5.  
 Fig. 25. Concordia plot for zircon fractions from the Humpin metadiabase. See Table 5.

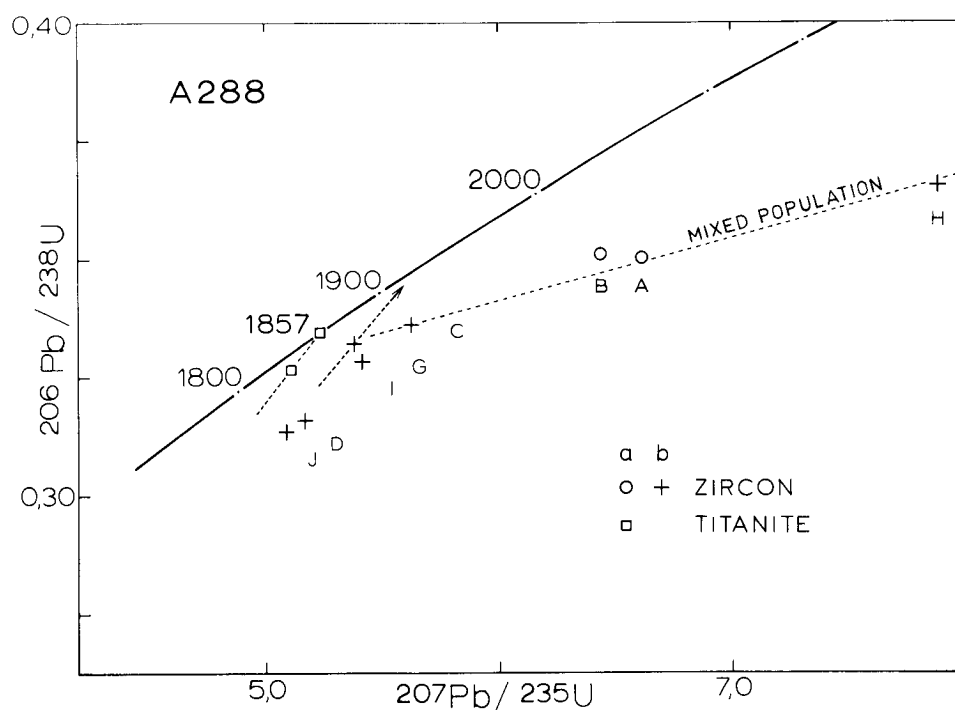
Muut fraktiot (B—G) muodostavat melko yhtenäisen ikäryhmän  $2331 \pm 33$  Ma. Diffuusiomallin mukaiset ikäarvot testattuina  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -suhteeseen perustuvilla tuloksilla antavat joka tapauksessa fraktioille B—G yli 2,3 Ga:n iäkiä, mutta fraktiolle A runsaan 2,2 Ga:n iän. Humpin (08B) juoni on siis Lapinlahden gabroa (kts. s. 48) huomattavasti vanhempi eikä ainakaan ikätulosten valossa voi olla sen apofyyysi, vaikka se sijaintinsa puolesta siksi sosisikin.

Jossain määrin jää avoimeksi, edustavatko nämä zirkonifraktiot todella Humpin juonen zirkonipopulaatiota. Joka tapauksessa niissä on maafisille kiville luonteenomaisia piirteitä. Fraktio, jonka tiheys on  $>4,3 \text{ g/cm}^3$ , on pääasiassa baddeleyiittia. Tässäkin suhteessa Humpin juoni muistuttaa diabaaseja. Muiden fraktioiden sisältämä zirkoni on pienikiteistä ja omamuotoista. Sulkeumia tavataan c-akselin suunnassa, ja ne saattavat olla myös baddeleyiittia. Yleisesti ottaen zirkonit ovat pitkiä prismoja, joiden L/B-suhde on noin neljä. Zirkoni on normaalia, ei jatulityyppistä, eli sameaa,

lyhyttä ja punaruskeaa. Tosin jatuliin liittyvät diabaasijuonet (esim. Hyypiä ja Kutsu) sisältävät myös normaalia zirkonia.

Levämäen (a) ja Sikomäen (b) mikrotonaliittinäytteet on käsitelty yhteisellä numerolla A288. Niiden radiometriset analyysitulokset ovat taulukossa 5 ja konkordia-diagrammi kuvassa 26. Näytteistä on analysoitu yhteensä kahdeksan zirkonifraktiota ja titaniitti kaksi kertaa. Zirkonien osalta ikätulos on vaikeasti tulkittava, mutta titaniitit antavat selvän ikätuloksen 1857 Ma.

Kivessä on kaksi erilaista zirkonigeneraatiota, joista nuoremman kiteet ovat neulasmaisia, vaihtelevan kokoisia mutta samantyyppisiä. Prismapinnat ovat kirkkaita ja särmät hieman pyöristyneitä. L/B-suhde ylittää jopa kymmeneen. Vanhemman zirkonipopulaation kiteet ovat paksumpia, tummia ja kookkaampia kuin nuoremman. Myös tämän tyyppin särmät ovat pyöristyneet. Sikomäen näytteen (b) zirkonikiteet ovat valtaosaltaan omamuotoisia, vaaleita, neulasmaisia ja pienikiteisiä. Niissä on runsaasti sulkeumia. Tummiin zirkonikiteiden päälle on usein kiteytynyt ohut silaus nuorempaa zirkonia, jota on yritetty puhdistaa abraasiolla pois. Korkordiadiagrammilla (kuva 26) ikätulos siirtyi kuitenkin nuorempaan päin.



Kuva 26. Konkordiadiagrammi Levämäen—Sikomäen tonaliitin zirkoni- ja titaniittifraktioille.  
Kts. taulukko 5.

Fig. 26. Concordia plot for zircon and titanite fractions from the Levämäki—Sikomäki tonalite.  
See Table 5.

Sekapopulaation vuoksi zirkonitulokset hajoavat konkordiadiagrammilla ja muodostavat janteen (mixed population). Tämän mukaan voidaan ajatella että on mahdollista löytää puhdas, vanhasta komponentista vapaa ryhmä, joka antaisi yläleikkauksen konkordiakäyrällä. Lähinnä tällaista tapausta olisi fraktio G, jolle diffuusiomallin mukainen ikä olisi 1924 Ma. Nuoremman zirkonigeneraation ikä on todennäköisesti 1880—1924 Ma.

Avoimeksi jää, onko vanha komponentti peräisin vain sekundaarisista sulkeumista vai onko kyseessä vanha materiaali, joka olisi sulanut epätäydellisesti uutta silikaattisulaa muodostaessaan.

Näytteiden A67 ja A288a titaniitti-iat 1851 ja 1857 Ma kuuluvat laajalla alueella tavattavaan noin 1860—1850 Ma:n titaniitti-ikäryhmään ja edustavat ilmeisesti metamorfoosin huipun jälkeistä (n. 500°C:ssa tapahtunutta) mineraalihilan sulkeutumisajankohtaa.

Taulukko 6. Yhteenveto Lapinlahden kartta-alueella tehdyistä U-Pb-ajoituksista.  
Table 6. Summary of the U-Pb-ages from the Lapinlahti map-sheet area.

Näyte ja sijainti <i>Sample and location</i>	Fraktioita <i>Fractions</i>	Konkordia leikkaukset <i>Concordia intercepts</i>		Referenssit <i>References</i>	Kuvan 2 No. <i>No in fig. 2</i>
		Ylempi— <i>Upper</i>	Alempi— <i>Lower</i>		
Enderbiitti (A979). Lampiensalmi, Lapinlahti	4	2693		Paavola, 1986	1
Kv-dioriittinen melanosomi (A76). Romonmäki, Lapinlahti	7	3095 ± 18	851 ± 232	„	2
Kv-dioriittinen melanosomi (A937). Kiikkukallio, Lapinlahti	3	3136 ± 20	1459 ± 411	„	3
Trondhjemiiittinen leukosomi (A645). Kiikkukallio, Lapinlahti	4	Sekaikä — <i>Mixed population</i>		„	3
Granodioriitti (A63, Titaniitti). Jussilansaari, Lapinlahti	1	1874 ± 10			4
Granodioriitti (A63). Jussilansaari, Lapinlahti	4	} 1908 ± 16	141 ± 38	Huhma, 1986	4
Granodioriitti (A679). Käänninniemi, Maaninka	5				
Granodioriitti (A499). Viitasalmi, Maaninka	3				
Gabropegmatoidi (A708). Huoripojanmäki, Lapinlahti	2	} 1895 ± 15	239 ± 200		7
Gabropegmatoidi (A918). Huoripojanmäki, Lapinlahti	3				
Kvartsidioriitti (A67, Titaniitti). Leppälahti, Maaninka	1	1851			8
Kvartsidioriitti (A67). Leppälahti, Maaninka	3	1902	67 ± 9		8
Metadiabaasi (A135). Humppi, Lapinlahti	7	2331 ± 33	612 ± 413		9
Tonaliitti (A288a, Titaniitti). Levämäki, Iisalmi	2	1857			10
Tonaliitti (A288a). Levämäki, Iisalmi	2	} Sekaikä — <i>Mixed population</i>			10
Tonaliitti (A288b). Sikomäki, Iisalmi	6				

Taulukko 7. Lapinlahden kartta-alueen arkeisten granitoidien sarvivälkkeiden ja biotiittien K-Ar-ikä.  
 Table 7. K-Ar age determinations on hornblendes and biotites of Archaean granitoids from the Lapinlahti map-sheet area.

Näyte Sample	Mineraali Mineral	x =	y =	% K	Vol. <sup>40</sup> Ar rad. ccSTP/g × 10 <sup>-5</sup>	% <sup>40</sup> Ar rad.	Ikä (Ma) Age	Kuvan 2 N:o No. in fig. 2
KA002	Sarvivälke <i>Hornblende</i>	7034,60	536,98	1.41 ±0.01	29.843 29.865	99.3 97.6	2510 ± 75	11
KA003	Sarvivälke <i>Hornblende</i>	7039,62	531,20	0.940 ±0.005	23.593 23.675	99.2 98.8	2747 ± 82	12
KA004	Sarvivälke <i>Hornblende</i>	7038,04	530,29	0.438 ±0.008	10.705 10.752	96.8 97.4	2710 ± 80	13
KA007	Sarvivälke <i>Hornblende</i>	7028,24	528,73	1.41 ±0.013	32.617 32.471	98.9 98.9	2632 ± 80	2
KA008	Sarvivälke <i>Hornblende</i>	7039,44	527,90	1.05 ±0.010	25.451 25.198	98.3 98.9	2692 ± 80	1
KA008	Biotiitti <i>Biotite</i>	7039,44	527,90	7.43 ±0.01	143.00 143.98	98.4 99.2	2386 ± 72	1
KA009	Sarvivälke <i>Hornblende</i>	7027,81	525,39	1.08 ±0.005	27.787 27.792	98.3 98.2	2776 ± 83	14
KA010	Sarvivälke <i>Hornblende</i>	7024,80	525,60	1.32 ±0.007	31.291 31.356	98.4 98.6	2666 ± 80	3
KA010	Biotiitti <i>Biotite</i>	7024,80	525,60	7.14 ±0.02	108.85 109.73	99.2 99.1	2088 ± 63	3
KA056	Biotiitti <i>Biotite</i>	7025,41	513,93	7.40 ±0.07	90.157 90.523	94.3 99.6	1819 ± 55	15

$$\lambda_{\beta} : 4.962 \cdot 10^{-10}/\text{yr}$$

$$\lambda_{\alpha} : 0.581 \cdot 10^{-10}/\text{yr}$$

$$^{40}\text{K} : 0.01167 \text{ atom } \%$$

## KIVILOUHOKSET JA MALMIMINERALISAATIOT

Lapinlahden kartta-alueelta ei ole löytynyt malmeja, mutta aktiivista rakennuskivi-toimintaa seudulla on ollut jo vuosikymmeniä.

Varpaisjärven alueella on useita entisiä diabaasilouhoksia, joista on otettu rakennuskiveä. Nykyisin sitä louhitaan Pyönlammen (12C) länsipuolella olevasta louhoksesta. Myös Lapinlahden gabroa Taskilanmäeltä (09A) on käytetty rakennuskivenä ja samoin Onkiveden granodioriittia mm. Mustasaaresta (04C).

Kemira Oy on louhinut Takaliston (09A) alueelta anortosiittia ja rikastanut siitä alumiinioksidia.

GTK:n malmiosasto on kairannut Kiukonmäen (09D) alueella erään lohkoa rajaavan ruhjeen läpi. Ruhjeen amfiboliittisessa kivessä on viitteitä kupari- ja magneettikiisuista.

## RETKEILYKOhteita

Tuovilanlahti (01C,  $x = 7013.6$   $y = 506.8$ ). Ruhjeeseen liittyviä voimakkaasti kataklastisia ja myloniittisia kiviä.

Pintukangas (01D,  $x = 7016.71$   $y = 505.64$ ). Sarvivälkekiillegneissi, jossa karsivälikerroksia.

Leppälahti (02C,  $x = 7021.10$   $y = 509.32$ ). Kvartsidioriitti.

Kattaalankylä (02C,  $x = 7023.78$   $y = 508.50$ ). Pyrokseenigabro.

Mankonmäki (02B,  $x = 7029.84$   $y = 500.73$ ). Pieni tieleikkaus porfyristä hypersteenimontsoniittia.

Kattaalankylä (02D,  $x = 7025.26$   $y = 507.18$ ). Porfyristä graniittia.

Väisälänmäki (05B,  $x = 7025.42$   $y = 513.94$ ). Tieleikkaus tyypillistä raitaista pohjagneissia, jossa mm. lävistävä sarvivälkeplagioklaasiporfyryjuoni.

Takalisto (09A,  $x = 7031.10$   $y = 524.16$ ). Kemira Oy:n anortosiittilouhos, jossa on myös magmaattista kerrosrakennetta sisältävää gabroanortosiittia.

Lampiensalmi (09D,  $x = 7039.46$   $y = 527.87$ ). Homogeenista enderbiittistä pohjaa.

Pällikäs (12B,  $x = 7037.68$   $y = 533.20$ ). Tieleikkaus kahdenpyrokseenin amfiboliittia.

Laakamäki (12C,  $x = 7034.68$   $y = 539.93$ ). Hylätty louhos, jossa hyvin tervettä pyrokseenidiabaasia.

## Summary:

## PRE-QUATERNARY ROCKS OF THE LAPINLAHTI MAP SHEET AREA

## Introduction

The area contained in the map sheet of Lapinlahti is located roughly 50 kilometers north of Kuopio. The bedrock of the area was previously mapped by Wilkman (1933) on the scale of 1:400 000. In addition, some more limited surveys have been made in the area.

Lake Onkivesi divides the area of the map sheet roughly into the eastern, Archaean part and the western, predominantly Proterozoic part. The Archaean bedrock consists mainly of amphibolite-banded, tonalitic-trondhjemitic migmatites, which exhibit variety in both their structure and their degree of metamorphism. The Proterozoic rocks of the western margin of the area include granites, granodiorites, tonalites, quartz diorites, diorites, gabbros and monzonites. The schist belt of Lampaanjärvi consists mainly of hornblende-bearing mica-schist and quartz-feldspar schist as well as skarn interbeds. Many different types of dyke rocks and fractures, running especially NW—SE, are common in the area of map sheet.

## Presvecokarelian rocks

The Archaean bedrock of the map-sheet area consists predominantly of banded tonalitic-trondhjemitic granitoids and migmatites with amphibolitic bands and inclusions (Figs. 3 and 4). There are also broad quite homogeneous amphibolitic horizons. In many places, the rock is quite homogeneous tonalite or quartz diorite. The migmatization is mainly stromatic, though also of schollen type. In the homogenized or trondhjemitic parts with a predominantly neosome content, paleosome relics are common. Following several successive deformations, the rock is structurally in many cases complicated. The mineral composition of the typical basement gneiss is plagioclase, quartz, hornblende and biotite as well as a varying quantity of secondary minerals. Potash feldspar is rarely present and then often secondary. In places the rock is nevertheless conspicuously granitized.

In the northeastern part of the map-sheet area, there is a block bounded by faults, in which the corresponding amphibolite-banded tonalitic-trondhjemitic rocks are composed of mineral assemblages of a distinctly higher degree of metamorphism, mainly representing the granulite facies. The amphibolitic paleosome material contains in many cases two pyroxenes and often garnet, too. It occurs in the form of bands, inclusions or broad horizons in enderbite. The enderbite is often found to be extensively quite homogeneous predominantly plagioclase bearing. The other principal minerals present are hypersthene, hornblende, biotite and quartz.

From its southeastern corner, there extends into the area of the map-sheet syenitic-fenitic basement rock. This is evidently a basement altered by tectonic-metasomatic processes, and it is surrounded by a broad epidotized zone. Into this apparently tectonic fracture in the basement, there has intruded carbonatite-glimmerite.

Blastomylonitic quartz-epidote rocks and amphibolites have developed in the prominent fractures cleaving the basement.

## Svecokarelian rocks

### Metasediments

The rocks of the so-called Lampaanjärvi schist belt curve over from the nearby Pielavesi district to the area included in the Lapinlahti map-sheet. The rocks are mainly mica schists or mica gneisses. The mica schists are in many places distinctly bedded (Fig. 8). Graded bedding is common. Vein quartz and granitic dykes migmatize the schist, which is also intensively folded. The principal minerals of the mica schist are quartz, plagioclase, potash feldspar and biotite. Muscovite and garnet occur as porphyroblasts. Hornblende-bearing and amphibolitic interbeds are commonly in evidence. Farther north, is the activity of magmatism and the degree of metamorphism increase, there occur garnet-, cordierite- and sillimanite-bearing gneisses.

There is a prevalence of reddish gray quartz-feldspar gneiss horizons and interbeds. Spotting results in some places from the presence of muscovite porphyroblasts (Fig. 9). In addition to the muscovite, they are composed of quartz, feldspar and biotite.

Intensively folded horizons or boudinated interbeds consisting predominantly of skarn (Fig. 10) are common occurrences. The commonest of the principal minerals contained in them are diopside, tremolite, potash feldspar, plagioclase, carbonate, biotite and quartz. Grossular garnet occurs in abundance locally and the presence of scapolite has been detected as well.

In the gabbro of Leppälahti there occur schist inclusions of the "roof-remnant" type, in which there have developed garnet-cordierite-anthophyllite and garnet-cordierite-staurolite assemblages.

There extends into the area of the map-sheet from the NW corner an amphibolite sequence (presumably metavolcanite). Skarn bands are a prevalent feature in it. The amphibolite consists of plagioclase, amphibole (anthophyllite, cummingtonite, hornblende), biotite, quartz and, in many places, garnet.

In the area with a preponderance of plutonic rocks in the village of Leppälahti, conglomerates have been preserved, evidently owing to favorable tectonic conditions (Fig. 11). The c. 1—12 cm pebbles contained in the rock consist of vein quartz, trondhjemitic granitoid (apparently basement gneiss), quartzite, dolomite, amphib-



olite and hornblende gabbro (possibly metadiabase). Also schist fragments are met with sporadically. The cementing material is of the arkosic type.

### Infracrustal rocks

Of the Proterozoic plutonic rocks located at the western margin of the map-sheet area, the most extensive are granitic-granodioritic in composition. In many places, they contain inclusions in abundance and nebulitic remnants of old material. Even where the granodiorite is quite homogeneous, as in the area of Onkivesi, the significant share of the older material can be observed in the ages of certain zircon populations (Fig. 22) and the  $\epsilon_{Nd}$ -value ( $-3.6$ ) (Huhma, 1986). The principal minerals contained in the rock are potash feldspar, plagioclase, quartz and biotite. The potash feldspar is often seen to occur as phenocrysts.

At the western edge of the map-sheet area, at Mankonmäki, there is a hypersthene-monzonite intrusion, which is potash feldspar porphyritic. Its structure is in many places wiborgitic (Fig. 15). In addition to the potash feldspar, the principal minerals are plagioclase, hornblende, biotite, orthopyroxene and often also clinopyroxene. In some places there is a little quartz. Characteristic of the rock are fine- and medium-grained, pulpy inclusions of monzonitic or gabbroic composition.

In the Leppälahti district, there occurs a fairly homogeneous quartz dioritic-tonalitic rock. Its principal minerals are plagioclase, quartz, biotite and, in small amounts, hornblende and potash feldspar. An age diagram of the zircon contained in the rock, worked out by the U-Pb method, appears in Fig. 23.

Smaller quartz dioritic-tonalitic intrusions occur in, among other places, the areas of Tölvä, Tuovilanlahti and Kotikylä. The mineral compositions of the Proterozoic, acid-intermediary intrusions mentioned as occurring at the western margin of the map-sheet area are presented in Tables 1—2 and Fig. 20.

The most striking Proterozoic intrusion in the map-sheet area is the ring-structured gabbro of Lapinlahti which can be distinguished also on the a magnetic chart as a positive anomaly. At the eastern and southern margins of the intrusion, there is an outcropping of ultrabasic, olivine-bearing gabbro. Closer to the center, there occur anorthositic gabbro zones. The central portions of the intrusion consist of hornblende gabbro and hornblende-pyroxene gabbro. From the round gabbro intrusion proper there projects toward the southwest a "tail", which is somewhat different in composition, containing in places, inter alia, quartz. It may actually represent some of the last crystallizations of the entire intrusive. Fig. 24 presents the U-Pb age of zircons worked out from two pegmatoidal parts of the center of the Lapinlahti gabbro.

In the Leppälahti—Kuivaniemi area, there occurs a gabbro that is quite well preserved. Its contact with the previously mentioned Leppälahti quartz diorite is apt to be gradual. To some extent, this gabbro has undergone tectonization to produce amphibolite. The principal minerals of the rock are plagioclase, hornblende (partly uralitic), hypersthene, augite and cummingtonite.

At Tuovilanlahti, in the southwestern corner of the map-sheet area, there are numerous rather small basic intrusions, the composition of which varies from diorite to hornblendite.

### Dyke rocks

The Archaean granitoid area is penetrated throughout by Proterozoic diabases, which run mainly in a NW—SE direction. These so-called Jatulian diabases have by and large hydrated into metadiabases; but in places where the parent rock is dry, that is, where the metamorphic grade of the rock is high, these dykes are generally pyroxene diabases, in some instances also olivine-bearing. In fractures, the diabases have often been shorn, at least partially, into amphibolites.

In the lake district of Onkivesi and its near surroundings, there occur, in addition to the metadiabases, numerous different kinds of basic and intermediary dyke rocks. The dykes are generally undeformed. Hornblende and/or plagioclase phenocrysts are on the whole clearly distinguishable. The dykes have been tentatively classified as hornblende porphyry, uralite porphyry, plagioclase porphyry and basic dykes, although various intermediate forms are also met with. Table 4 (nos. 23—29) presents chemical analyses of seven basic-intermediary dyke rocks occurring in the Onkivesi district. Tonalite dykes are a common occurrence in the northwestern corner of the area contained in the map-sheet.

### Structure and stratigraphy

The structures exhibited by the rocks in the area contained in the map-sheet can be classified as Archaean and Proterozoic. The Archaean bedrock has undergone a multiphase deformation. The oldest of the structures observed in it is an isoclinal folding, which is further deformed by a more open, asymmetric folding. This phase also includes an abundant trondhjemitic neosome formation. The youngest deformations culminate mainly in certain zones. During the early Proterozoic time, the Archaean bedrock of the region was further broken up, to some extent evidently following zones of weakness developing as early as the Archaean time. In these fractures, there occur heavily ground blastomylonites, which often have a sharp intrafolial fold structure. The banding of the basement in the eastern part of the map-sheet runs between NE and NNE, but farther west the direction turns predominantly E—W. By means of the U-Pb dating of the zircon, the age obtained for the paleosome of the basement is 3.1 Ga (Table 6). This age represents either the primary crystallization event or intense metamorphism at an early stage. The neosome material is younger, at least for the most part, having originated at a pulse of about 2.7 Ga.

The Proterozoic schists are likewise isoclinally folded, with the axial plane following the general trend of the schist sequence, which curves over from the western Pielavesi area and spreads into a fan in the southwestern part of the map sheet. Farther north, as the magmatic activity and the degree of metamorphism increase, the structures become less clearly defined. Fig. 21 presents schematically the picture forming during the course of the mapping work of the stratigraphy of the so-called Lampaanjärvi schist belt.

### Metamorphism

The Archaean bedrock has evidently undergone at least two metamorphisms of a medium or high-grade. The 3.1 Ga datings obtained from the paleosome material in the Lapinlahti district signify either the age of primary crystallization or early high grade metamorphism. Approximately 2.7 Ga ago, there occurred a high-grade metamorphism, mineral assemblages produced by which have been preserved as a result of favorable circumstances (overthrust and block movements) in the northeastern part of the area included in the map sheet. It was this metamorphism that apparently most significantly worked up the Archaean bedrock as it exists at the present day. The nearly 2.7 Ga U-Pb ages on zircon of the enderbites and all the K-Ar ages on hornblende indicate the date of that event. Thus have the K-Ar ages of the hornblende been resetted also in the granitoids outside the block area (see Table 7), which have also been more susceptible to retrogressive processes. The present researcher has investigated the metamorphic conditions of the high-grade rocks in the block area previously, too (Paavola, 1984a). The Svecokarelian orogeny caused fluid activity in the basement and as a consequence also retrogressive phenomena as well as rejuvenation of the K-Ar ages of, in particular, the biotite, most thoroughly in the very marginal parts of the craton.

The large fractures in the Archaean bedrock had also been active during the Proterozoic period as well. In them can be observed mineral assemblages of the green schist and epidote-amphibolite facies together with conspicuous metasomatic changes.

The variation in the metamorphic grade of the Proterozoic bedrock in the area included in the map-sheet can also be divided into blocks, likewise farther west, in the Pielavesi—Kiuruvesi region (cf., Korsman *et al.*, 1984; Marttila, 1976). The regional metamorphic grade of the southern part of the Lampaanjärvi schists is comparatively low. The schists are to a great extent biotite-plagioclase gneisses, which in many instances also contain hornblende. The acid interbeds sometimes show the presence of muscovite porphyroblasts. Farther north, as the magmatic activity increases and the contact-metamorphic phenomena become more prevalent, the determination of the conditions of metamorphism becomes difficult. The rocks containing orthopyroxene or garnet, cordierite and sillimanite are likely to be very close to rocks of a significantly lower grade of metamorphism. Massive variants of the hornfels type are common.

## KIRJALLISUUTTA — REFERENCES

- Geologian tutkimuskeskus, 1985.** Kallioperäosaston toimintakertomus vuodelta 1984, s. 44.
- Huhma, H., 1986.** Sm-Nd, U-Pb and Pb-Pb isotopic evidence for the origin of the Early Proterozoic Svecofennian crust in Finland. *Geol. Surv. Finland, Bull.* 337, 48 s.
- Kallio, P., Kontinen, A., Lukkarinen, H., Luukkonen, E. & Paavola, J., 1986.** Biotiitin K-Ar-ikä Itä-Suomen arkeiselta granitoidialueelta. *Geologi* 4—5, 83—85.
- , 1987. Sarvivälkkeen K-Ar-ikä Itä-Suomen arkeiselta granitoidialueelta. *Geologi* 4—5, 63—65.
- Kauppinen, H., 1973.** Iisalmen alueen lohkorakenteista. Pro gradu -tutkielma, Turun yliopisto, 102 s.
- Kerkkonen, K., 1985.** Lapinlahden gabron petrografiasta, rakenteesta ja kemismistä. Pro gradu-tutkielma, Oulun yliopisto, 82 s.
- Koistinen, T., 1981.** Structural evolution of an early Proterozoic strata-bound Cu-Co-Zn deposit, Outokumpu, Finland. *Trans. R. Soc. Edinb. Earth Sci.* 72, 115—158.
- Korsman, K., Hölttä, P., Hautala, T., & Wasenius, P., 1984.** Metamorphism as an indicator of evolution and structure of the crust in Eastern Finland. *Geol. Surv. Finland, Bull.* 328, 40 s.
- Luukkonen, E. J., 1985.** Structural and U-Pb isotopic study of late Archaean migmatitic gneisses of the Presvecofennides, Lylyvaara, eastern Finland. *Trans. R. Soc. Edinb. Earth Sci.* 76, 401—410.
- , 1988. On the structure and stratigraphy in the northern part of the late Archaean Kuhmo greenstone belt, eastern Finland. *Geol. Surv. Finland, Special Paper* 4, 71—96.
- Marttila, E., 1976.** Evolution of the Precambrian volcanic complex in the Kiuruvesi area, Finland. *Geol. Surv. Finland, Bull.* 283, 109 s.
- Nykänen, O., 1952.** Petrologinen kuvaus Lapinlahden gabrosta ja eräistä siihen liittyivistä muodostumista. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 90 s.
- Paavola, J., 1984a.** On the Archean high-grade metamorphic rocks in the Varpaisjärvi area, Central Finland. *Geol. Surv. Finland, Bull.* 327, 33 s.
- , 1984b. Kallioperäkarttojen selitykset, lehti 3334 Nilsjä. English summary: Pre-Quaternary rocks of the Nilsjä map-sheet area. Suomen geologinen kartta 1:100 000, 57 s.
- , 1986. A communication on the U-Pb and K-Ar age relations of the Archaean basement in the Lapinlahti—Varpaisjärvi area, Central Finland. *Geol. Surv. Finland, Bull.* 339, 7—15.
- , 1987a. Nilsjään ja Lapinlahden alueiden juonikivet. *Julkaisussa Suomen diabaasit ja muut mafiset juonikivilajit. Toimittaneet K. Aro ja I. Laitakari. Tutkimusraportti* 76, 45—51.
- , 1987b. Kallioperäkartta, lehti 3332, Lapinlahti. Suomen geologinen kartta 1:100 000.
- Puustinen, K., 1971.** Geology of the Siilinjärvi carbonatite complex, eastern Finland. *Bull. Comm. Geol. Finlande* 249, 43 s.
- Salli, I., 1977.** Kallioperäkartta, lehti 3314, Pielavesi. Suomen geologinen kartta 1:100 000.
- Sotka, P., 1980.** Suomen potentiaaliset alumiinioksidin raaka-aineet ja niiden hyväksikäyttömahdollisuudet. Helsingin teknillinen korkeakoulu, 109 s.
- Streckeisen, A., 1976.** To each plutonic rock its proper name. *Earth-Sci. Rev.* 12, 1—33.
- Toivola, V., 1988.** Varpaisjärven alueen diabaaseista. Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto, 73 s.
- Vartiainen, R., 1984.** Maaningan—Onkiveden alueen orogeenisten magmakivien petrologiasta. Pro gradu -tutkielma, Oulun yliopisto, 77 s.
- Wilkman, W. W., 1933.** Kivilajikartta—Pre-Quaternary Rocks, Lehti — Sheet 3 C, Kuopio. Suomen geologinen yleiskartta, 1:400 000.
- , 1938. Kivilajikartan selitys, Lehti — Sheet 3C, Kuopio, Suomen geologinen yleiskartta 1:400 000, 171 s.
- Väyrynen, H., 1954.** Suomen kallioperä sen synty ja geologinen kehitys. Otava, Helsinki, 260 s.

Julkaistut kallioperäkartat (1:100 000) ja selitykset (\*)  
Published maps of pre-Quaternary rocks (1:100 000) and explanations (\*)

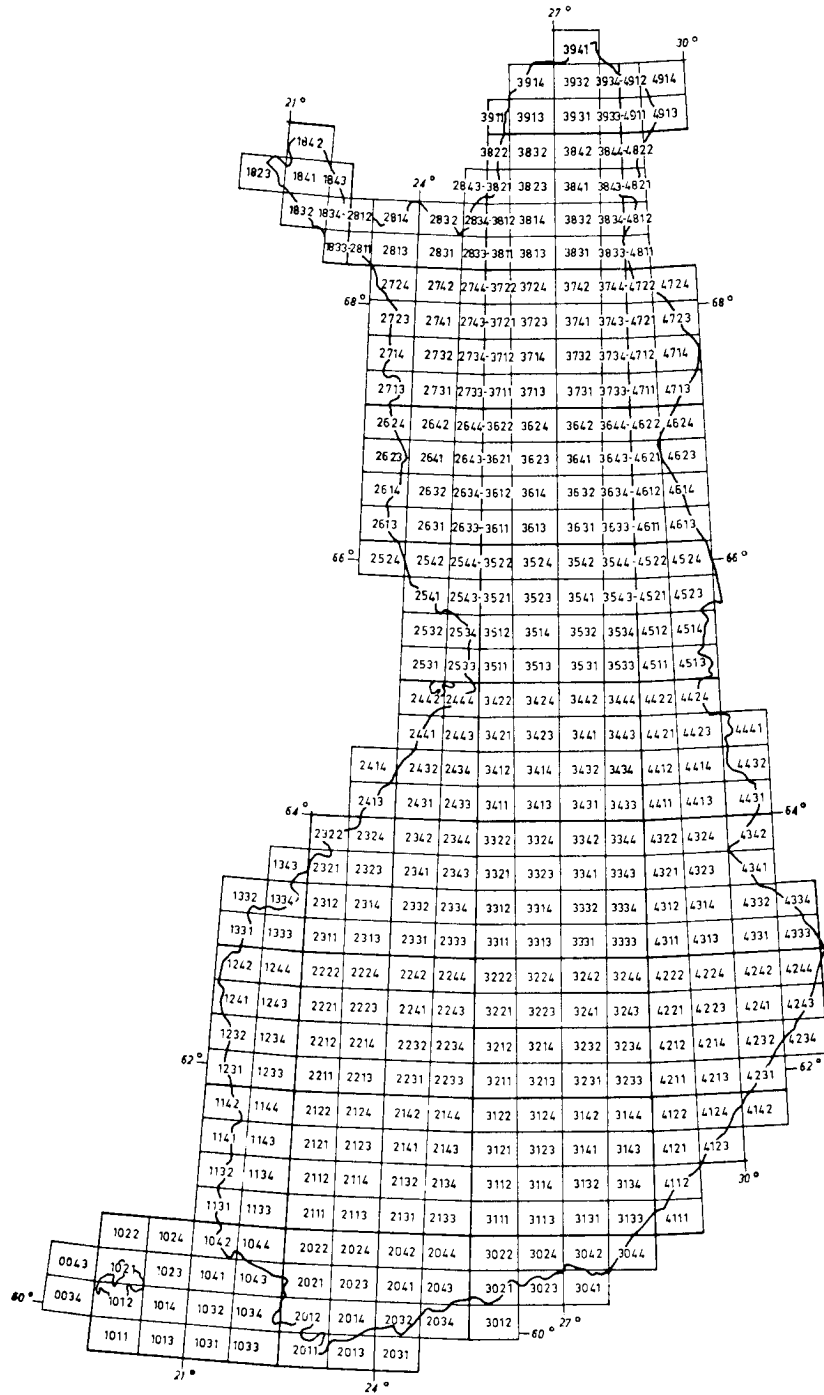
1.9.1988

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

Julkaisuja myy / Publications may be purchased at:

Maanmittaushallituksen karttapaino, Karttakeskus Pasila  
Käyntiosoite: Pasilan virastokeskus, Opastinsilta 12 B  
Postiosoite: PL 85, 00521 Helsinki 52  
Maanmittaushallituksen karttanmyynti,  
Eteläesplanadi 4, SF-00130 Helsinki 13

Geologian tutkimuskeskus  
Julkaisumyynti  
02150 Espoo  
puh. (90) 46931  
Teleksi 123185 geolo sf



Karttalehtijako 1:100 000  
 Map division 1:100 000

ISBN 951-690-309-6