

ARKISTOKAPPALE

RAPORTTITIEDOSTO

NV 4898

Geologian tutkimuskeskus
Espoon yksikkö

K21.42/2004/2

Mynämäen karttalehden 1044 kallioperäkartoituksen loppuraportti

Markku Väisänen
Geologian laitos
20014 Turun yliopisto
31.3.2004

SISÄLLYSLUETTELO:

1. JOHDANTO	3
2. KARTOITUSAINEISTO	3
2.1. Vanhempi kartoitusaineisto	3
2.2. Kesän 2003 kartoitusaineisto	4
3. GEOLOGIAN PÄÄPIIRTEET	5
4. PINTAKIVILAJIT	6
4.1. Kiillegneissit	6
4.2. Kvartsi-maasälpägneissit	7
4.3. Vulkaaniset kivet	7
5. SYVÄKIVILAJIT	8
5.1. Gabrot (ja dioriitit)	8
5.2. Tonalitit (ja granodioriitit)	8
5.3. Myöhäisorogeeniset graniitit	9
5.4. Myöhäisorogeeniset monzodioriitit	9
5.5. Rapakivigraniitit	10
5.5.1. Uhlun rapakivigraniittii	10
5.5.2. Kivistön rapakivigraniitti	10
5.5.3. Kärryksen rapakivigraniitti	10
5.6. Diabaasijuonet	10
6. RAKENNEGEOLOGIA JA TEKTONIIKKA	19
7. TALOUDELLISET AIHEET	21
8. EKSKURSIOKOhteet	21
9. KIRJALLISUUSVIITTEET	22

1. JOHDANTO

Mynämäen karttalehden 1044 kallioperän 1:100 000 geologinen kartoitus aloitettiin Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) ja Åbo Akademin (ÅA) yhteistyönä 1989 ja työ jatkui aktiivisena vielä 1990. Tämän jälkeen ÅA teki alueella jonkin verran kallioperähavaintoja vielä vuosina 1992 ja 1993. Kallioperäkartoitus oli sen jälkeen pysähdyksissä vuoteen 2003 asti. Tänä aikana alueella tosin oli tutkimustoimintaan liittyvää geologista aktiiviteettia. Keväällä 2003 sain tehtäväkseni kallioperäkartoituksen loppuunsaattamisen GTK:n, Turun yliopiston (TY) ja ÅA:n välisenä tutkimusyhteistyönä. Työhön kuului ÅA:n ja muun olemassaolevan kartoitusmateriaalin kokoaminen, kallioperäkartoitusta kesän 2003 aikana, tietojen tallentaminen Kalpea-tietokantaohjelmaan, kivilajirajojen piirtäminen 1:20 000 peruskartoille sekä tämän raportin kirjoittaminen. Kokonaistyöaika oli 14.4.2003-31.3.2004.

2. KARTOITUSAINEISTO

2.1. Vanhempi kartoitusaineisto

Vanhaa kartoitusaineistoa oli käytössä kolmea tyyppiä:

1) ÅA:n opiskelijoiden ja henkilökunnan kartoitushavaintoja vuosilta 1989-1993. Kartoitukseen ovat osallistuneet seuraavat henkilöt, perässä kartoittajan käyttämä nimimerkki ja suluissa havaintojen lukumäärä:

Tony Asumaa, TNA-89 (3 kpl)
 Kaj Lax, KFL-89 (46 kpl)
 Henrik Wik, HGW-89 (3 kpl)
 Markku Väisänen, MJV-89 ja MJV-90 (289 kpl)
 Kenneth Fjäder, KEF-90 (110 kpl)
 Eeva Rintala, EKR-90 (3 kpl)
 Bo Lindberg, BVL-92 (16 kpl)
 Synnöve Hollsten, SXH-93 (63 kpl)

Yhteensä siis ÅA:n Geologian laitos teki 533 kallioperähavaintoa. Havainnot on alunperin tallennettu GTK:n havaintolomakkeille ja ne on nyt tämän projektin puitteissa siirretty Kalpea-tietokantaan. Jonkin verran informaatiota löytyi myös ainoastaan peruskartoille merkittynä.

2) Markku Väisänen yhteistyöhön antamat 1044 karttalehdellä tehdyt kallioperähavainnot vuosilta 1992-1997 (MJV-92-97). Näitä havaintoja on 207 kpl. Näiden havaintojen paikkatiedot, kivilajit ja tektoniset mittaukset on myös tallennettu Kalpeaan.

3) GTK:lta saadut havainnot:

Väinö Liimatainen, VL-80 (5 kpl)
 Sven Boris Lindmark, SBL-80 (22 kpl)
 Helmi Risku, HKR-80 (1 kpl)
 Pentti Hölttä, PSH-92 ja PSH-93 (51 kpl)

Nämä havainnot oli jo aiemmin tallennettu GTK:n toimesta Kalpeaan.

Kaikki yllämainittujen havaintojen koordinaatit on mitattu ja laskettu perinteisesti paperikartoilta viivottimella. ÅA:n havainnot on tehty 1:20 000 kartoille. Markku Väisänen 1992-1997 havainnoissa on käytetty ja koordinaatit laskettu 1:50 000 kartoilta, kuten myös Pentti Höltän tekemät 1992-1993 tekemät havainnot. Vuoden 1980 havaintojen kartoitusmittakaavaa en tiedä. Yhteensä vanhoja havaintoja oli käytössä 819 kpl.

Kallioperähavaintojen ohella apuna on käytetty kahta vanhempaa kallioperäkarttaa, Hietasen (1947) karttaa mittakaavassa n. 1:50 000 sekä Härmeen (1958) 1:400 000 karttaa. Alueelta on lisäksi olemassa lukuisia tieteellisiä julkaisuja, joissa on myöskin liitteinä karttoja. Esimerkiksi van Duinin (1992) väitöskirjassa ja Väisänen & Höltän (1999) artikkelissa on mukana karttoja. Koska alue kesällä 2003 kartoitettiin harvapistekartoituksella, ovat sekä edellä mainitut että muut julkaisut hyvänä apuna lopullista karttaa myöhemmin laadittaessa.

2.2. Kesän 2003 kartoitusaineisto

Tämän yhteistyösopimuksen puitteissa GTK, TY ja ÅA suorittivat karttalehden 1044 kartoituksen loppuun kesällä 2003. Minun lisäksi työhön palkattiin projektista kaksi opiskelijaa kausiapulaisiksi, Gustav Westerlund ÅA:sta ja Antti Joutsen TY:sta, kumpikin 3 kk 1 vk. ÅA:sta oli lisäksi kaksi valtionhallinnon palkkaamaa harjoittelijaa, Hans Rasmus Nyman kaksi kuukautta ja Anna-Karin Ek yhden kuukauden. Alkukesän harjoittelun jälkeen Nyman osallistui kartoitukseen omilla havainnoillaan, Ek sen sijaan kerkisi vasta harjoittelemaan kartoitusta eikä sen vuoksi vielä tehnyt omia havaintoja. Lisäksi Nyman oli syksyllä viikon palkattuna tallentamassa Kalpea-aineistoa.

Yllä mainitulla työryhmällä alue kartoitettiin kesällä 2003 harvapistekartoituksella siten, että havainnot kattaisivat alueen suhteellisen tasaisesti. Geofysiikan perusteella tästä periaatteesta saatettiin kuitenkin poiketa jonkun verran. Alueen SW osassa alueeseen kuuluu myös saaristoa, jonka kartoitin liikkuen ÅA:lta vuokratulla veneellä. Heinäkuussa sovittiin että Westerlund tekee alueen vulkaniittien geokemiallisista koostumuksista Pro gradu-tutkielman ÅA:lle ja suunnitelman mukaan vertailee siinä Mynämäen alueen vulkaniitteja Turun ja Paraisten alueiden vulkaniitteihin. Tämän jälkeen hän jonkin verran kohdensi kartoitustaan alueen vulkaanisiin kiviin. Tutkielman työotsikkona on: *Gustav Westerlund: Vulkaniternas geokemiska sammansättning inom Åbo-området* ja sitä ohjaavat professori Carl Ehlers (ÅA) ja Markku Väisänen (TY).

Kartoitushavaintoja kertyi kesän aikana seuraavasti:

Antti Joutsen, APJ-03 (264 kpl)
 Hans Rasmus Nyman, HRN-03 (150 kpl)
 Markku Väisänen, MJV-03 (361 kpl)
 Gustav Westerlund, GJW-03 (305 kpl)

Yhteensä kallioperähavaintoja tehtiin siis 1080 kpl. Kartoitus tehtiin 1:20 000 peruskartoilla ja havaintojen koordinaatit mitattiin GPS-paikantimilla. Kaikki havainnot kirjoitettiin GTK:n havaintolomakkeille, joista ne myöhemmin tallennettiin Kalpeaan.

Alueen kivilajeista otettiin 21 näytettä geokemiallisia analyysejä varten ja näytteet analysoitiin GTK:lla Espoossa. Pääalkuaineet tehtiin XRF-menetelmällä ja hivenalkuaineet ICP-MS menetelmällä. Analyysinumerot, kivilajit ja paikat on listattu Taulukossa 1, ja analyysitulokset

on esitetty Taulukossa 2. Alkuperäisestä GTK:n analyysilistasta on poistettu alkuaine Sb, jonka pitoisuudet olivat täysi 0, sekä Zr:n XRF-tulokset, koska Zr oli analysoitu myös ICP-MS menetelmällä. Pyrkimyksenä oli saada kattava katsaus eri kivilajeihin ja eri orogeenisiin tapahtumiin analysoimalla eri ikäryhmän kiviä. Sen vuoksi näytteitä otettiin kaikista pääkivilajeista. Myöhäisorogeenisista graniiteista otettiin kuitenkin vain yksi näyte, vaikka ne ovatkin alueelle tyypillisiä. Syynä on se, että ne ovat todella heterogeeninen ryhmä eri lähtömateriaalista sulaneita kiviä, etteivät tämän projektin resurssit riitä eri tyyppien analysoimiseen. Toinen syy on se, että näistä kivistä on olemassa äskettäin julkaistuja analyyskejä (esim. Väisänen et al. 2000, Mengel et al. 2001, Johannes et al. 2003). Myös työn alla olevia opinnäytteitä ja julkaisuja vastaavista kivistä on tulossa (esim. dosentti Mikko Nirosen (GTK) ja professori Tapani Rämön (Helsingin Yliopisto) projekteissa. Katsoin edullisemmaksi laittaa rajalliset resurssit muihin kivilajityyppeihin. Mafisten vulkaniittien osuus on ehkä hieman korostunut ja syynä siihen on paitsi yllä mainittu opinnäytteen teko, myös mafisten vulkaniittien tärkeys kuoren varhaisen evoluution tutkimuksessa. Tämän raportin puiteissa ei ole kuitenkaan mahdollista geokemiallista luokittelua syvällisemmin pohtia kivien koostumusten luonnetta ja merkitystä.

Kartoituksen yhteydessä otetuista näytteistä tehtiin 25 ohuthiettä ja esimerkiksi kaikista analysoiduista näytteistä on tehty ohuthieet.

Yhteenvedona kartoitusaineistosta voidaan todeta, että se koostuu vanhemmasta kartoitusaineistosta, jonka ovat kartoittaneet taustoiltaan hyvin erilaiset henkilöt, ensimmäisen vuoden opiskelijoista valmiisiin geologeihin. Kaikkea aineistoa ei ole myöskään koottu kallioperäkartoitusta silmällä pitäen. Uusi vuonna 2003 kerätty aineisto on tehty kokonaisuudessaan nimenomaan Mynämäen karttaa varten ja se on siten hyvin kontrollissa. Yhteensä vanhoja ja uusia havaintoja on 1899 kappaletta.

3. GEOLOGIAN PÄÄPIIRTEET

Mynämäen karttalehden 1044 alue sijaitsee Etelä-Suomen graniitti-migmatiittivyöhykkeellä, jolle Ehlers et al. (1993) antoivat kirjainlyhenteen LSGM (late Svecofennian granite-migmatite zone). Termi tuntuu vakiintuneen geologiseen kirjallisuuteen. Tyypillistä LSGM:lle on myöhäis-Svecofenninen matalan paineen-korkean lämpötilan metamorfoosi, joka on aiheuttanut vaihtelevassa määrin kuoren sulamista eli migmatiittituumista ylemmässä amfiboliitti- ja granuliittifasiyksessä. Mynämäki sijoittuu Turun granuliittialueelle, joka on yksi LSGM:n kolmesta granuliittialueesta, Länsi-Uudenmaan ja Sulkavan lisäksi (Hölttä 1986, van Duin 1992, Väisänen et al. 1994, Väisänen & Hölttä 1999, Johannes et al. 2003). Korkea metamorfoosiaste vaikuttaa myös alueen geologiaan monella tavalla, esimerkiksi pintasyntyisten kivien mineralogia on kauttaaltaan metamorfinen ja kivien raekoko on useimmiten keski- ja karkearakeinen. Kuoren sulamistuotteita (graniitteja ja migmatiitteja) on paljon ja se myös näkyy karttakuvassa.

Alueella tavataan lähes kaikki Etelä-Suomelle tyypilliset kivilajit, ja karttalehti onkin geologialtaan hyvin heterogeeninen. Heterogeenisuutta lisää vielä korkean metamorfoosin aiheuttama migmatiittituuminen ja graniittituuminen sekä kompleksinen tektoniikka.

Vanhimmat kivilajit ovat veteen kerrostuneita peliittisiä ja psammiittisia sedimenttejä, jotka on tulkittu turbidiiteiksi. Hiekkaisimmat variaatiot ovat nykyään kvartsi-maasälpägnessejä.

Sedimenttien välikerroksina sekä laajempina alueina lehden N- ja E-osissa on mafisia ja intermediäärisiä vulkaniitteja. Näistä ei ole tehty ikämääriä.

Sedimentteihin ja vulkaniitteihin on tunkeutunut ns. synorogeenisia intrusioita joiden koostumus vaihtelee gabroista tonaliitteihin (tai jopa trondjemiitteihin). Laajin yhtenäinen alue sijaitsee 08-lehdellä, jossa Vahdon tonaliitti esiintyy F3 poimun kulminaatioissa. Näiden kivien iät lienevät n. 1870 Ma (van Duin 1992, Nironen 1999, Väisänen et al. 2002).

1840-1810 Ma välisenä aikana alue joutui voimakkaan lämpöpulssin ja deformaation vaikutuksen kohteeksi, lähes kaikki kivilajit sulivat osittain ja muodostivat migmatiitteja ja anatektisiä graniitteja. Kivien metamorfinen mineralogia on suurimmalta osin peräisin tältä ajalta (Väisänen & Hölttä 1999). Tämän tapahtuman loppuvaiheessa alkoi vaipasta tulla kohti pintaa yhteensopimattomista alkuaineista (incompatible), REE alkuaineista, fluorista ja fosforista rikastuneita magmoja, joista esimerkkinä on Turun Urusvuoren 1815 Ma monzodioriitti (Väisänen et al. 2000).

Viimeisenä magmatismia tuottavana geologisena vaiheena on rapakivien ja diabaasien tunkeutuminen jo aikaisemmin stabilisoituneeseen kallioperään.

4. PINTAKIVILAJIT

4.1. Kiillegneissit

Alueen pääkivilajeina voidaan pitää erityyppisiä kiillegneissejä, joiden koostumus vaihtelee peliittisestä psammiittiseen. Usein peliittiset (kuva 1a) ja psammiittiset (kuva 1b ja 1c) kerrokset vuorottelevat samalla paljastumalla ja tätä on pidetty turbidiittisen sedimentaation merkinä (Väisänen & Hölttä 1999). Metamorfoosista johtuen peliittiset kivet usein ovat karkeampirakeisia kuin psammiittiset. Kiillemäärän vähentyessä psammiittiset sedimentit vaihtuvat alempana kuvattuihin kvartsi-maasälpägneisseihin. Psammiittisvaltaiset sedimentit ovat pääsääntöisesti yleisempiä kartan pohjoisosissa, kun taas peliittisvaltaiset sedimentit ovat vallitsevia alueen keski- ja eteläosissa. Kiillegneisseissä esiintyy mafisia ja intermediäärisiä vulkaanisia välikerroksia (kuva 1c).

Metamorfoosissa psammiittiset sedimentit ovat uudelleen kiteytyneet biotiitti-plagioklaasi ±granaatti-gneisseiksi ja peliittisten kivien mineralogia on nyt useimmiten biotiitti-granaatti – kordieriitti-kalimaasälpä. Granaatit ja kordieriitit esiintyvät porfyroblasteina. Sillimaniitti on porfyroblastina harvainen, yleensä se esiintyy sulkeumina edellämaituissa porfyroblasteissa. Kiillegneissit ovat kauttaaltaan deformatuneita ja migmatiittituneita ja niistä löytyy lähes kaikki oppikirjoissa esitetyt migmatiittirakenteet. Stromaattiset ja diatexiittiset rakenteet ovat ehkä yleisimpiä (kuvat 1a ja 1b). Diatexiittisen materiaalin lisääntyessä sedimentit vaihtuvat alempana kuvattuihin anatektisiin graniitteihin. Leukosomi koostuu yleensä kalimaasälvästä, kvartsista ja plagioklaasista ja usein leukosomissa esiintyy granaatteja, joskus myös kordieriitteja. Koska granaattia ja kordieriittia esiintyy yleisesti sekä mesosomissa että leukosomissa, on näitä migmatiitteja usein kutsuttu granaatti-kordieriitti-gneisseiksi. Vanhemmassa kirjallisuudessa mainitaan myös termi kinzigiitti kuvaamassa granaatti-kordieriittigneissejä (esim. Hietanen 1947).

Tarkempi kuvaus näiden kivien mineralogiasta ja migmatiittitumisesta, samoin mineraalikemian perusteella tehdyistä PT-laskelmista löytyy julkaisusta Väisänen & Hölttä

(1999). Migmatiittien leukosomeja Turun alueella ovat analysoineet ja tutkineet Hölttä (1986), Mengel et al. (2001) ja Johannes et al. (2003). Tämän projektin puitteissa otimme kaksi näytettä analysoitaviksi. Näyte 301.1-GJW-03 on psammiittisen gneissin mesosomista alueen N-osasta (kuva 1b) ja näyte 325-MJV-03 peliittisen gneissin mesosomista alueen S-osasta (Liitteet 1 ja 2).

Väisänen et al. (2002) tekivät Nordsim laboratoriossa SIMS:llä U-Pb ikämäärityksen Lemun granaatti+kordieriitti-pitoisen leukosomin zirkoneista ja saivat konkordiaian 1824 ± 5 Ma. Kyseinen migmatiitti on kuvassa 1a.

4.2. Kvartsi-maasälpagneissit

Alueen N-osissa lehdillä 06, 09 ja 12 esiintyy kiveä joka on kartoitettu kvartsi-maasälpagneissiksi. Se esiintyy usein mafisten vulkaniittien yhteydessä ja siinä esiintyy välikerroksina kyseisiä vulkaniitteja sekä kiillerikkaampia sedimenttejä. Myös gabroja esiintyy silleinä. Kvartsi-maasälpagneissit vaihtuvat psammiittisiin gneisseihin ja ero näiden välillä on usein subjektiivinen. Mafisina mineraaleina kvartsi-maasälpagneisseissä saattaa kuitenkin olla biotiitin lisäksi sarvivälkettä, jota taas psammiittiset kiillegneissit eivät sisällä. Tämä voisi viitata vulkaaniseen alkuperään. Paitsi yllämainitulla alueella, kvartsi-maasälpagneissia esiintyy välikerroksina muuallakin karttalehden alueella. Kuvassa 1d on esitetty migmatiittitunut kvartsi-maasälpagneissi. Kemiaallinen analyysi on tehty näytteestä 176-GJW-03.

4.3. Vulkaaniset kivet

Vulkaanisia kiviä esiintyy alueella kolmella eri tavalla: mafisten-intermediääristen metavulkaniittien dominoivina isompina alueina (kartoitettava yksikkö), välikerroksina kiillegneisseissä sekä sulkeumina tonaliiteissa.

Suurimmat yhtenäiset alueet vulkaanisia kiviä on alueen N- ja E-osissa, joissa ne muodostavat karttamittakaavaisia alueita. Metavulkaniitit ovat yleensä väriltään vihertäviä ja asultaan raitaisia (kuva 2a). Raitainen asu viittaa primääriin kerroksellisuuteen, tosin aivan varma siitä ei voi aina olla. Paikoin raitainen asu sisältää myös kivifragmentteja (vulkaaninen breksia, kuva 2b), joka myös viittaa primääriin kerroksellisuuteen. Raitaiset ja kerrokselliset vulkaniitit lienevät tuffeja ja tuffiitteja. Usein mukana on sedimenttisiä välikerroksia. Myös laavoja esiintyy alueella. Laavat ovat homogeenisempia kuin tuffit. Laavojen kerrospaksuus (silloin kun sellainen on havaittavissa) voi olla jopa useita metrejä. Kerroksellisuus näkyy myös koostumusvaihteluna (kuva 2c). Laavoissa esiintyy usein plagioglaasi-porfyryrisiä variaatioita, paikoin niihin on myös kasvanut isoja sarvivälke-porfyroblasteja. Alueen S-osassa Turun Moisiossa (07/10 lehdet) esiintyy erikoisen näköistä pl-porfyriittiä, jossa keskirakeisessa matriksissa esiintyy jopa 2 cm pitkiä pl-liistakkeita. Selkeitä tyyny-laavoja ei alueelta ole havaittu tai tunnistettu.

Vulkaniittien yhteydessä esiintyy myös massiivisia, syväkivimäisiä gabroja ja dioritteja, jotka voivat teoriassa olla joko synvulkaanisia sillejä tai myöhempiä synorogeenisia intrusioita. Koska vulkaniiteista on tavattu selkeitä kapeita vulkaanisia juonia (kuva 2d), lienevät nämä gabrot vulkaanista alkuperää. Gabromaisia, massiivisia kiviä on erityisesti 09D-lehdellä sekä 10D-lehdellä.

Sedimenttien joukossa kerrosmaisesti esiintyvissä vulkaniiteissa tavataan samat vulkaniittien tyypit kuin isommissakin yksiköissä. Vulkaniitteja tavataan myös sulkeumina tonaliiteissa silloin kun tonaliitit ovat tunkeutuneet vulkaanisiin kiviin.

Lähes kaikki mafiset vulkaniitit ja niihin liittyvät gabrot ovat basalteja tai basalttisia andesiitteja. Yksi näyte osuu andesiittiseen kenttään, mutta kyseisessä näytteessä on *in situ* sulamista ja siihen on kasvanut pyrokseenia (kuva 5). Saattaa olla ettei kyseisen näytteen koostumus ole primääri. Th-Hf-Nb-diagrammilla ne ovat pääosin vulkaanisen kaaren vulkaniitteja (kuva 6). Myös spider- ja REE diagrammit viittaavat kaarivulkanismiin (rikastuneet LIL alkuaineet, negatiivinen Nb-Ta jne.). Näyte 34.1-MJV-03 01-lehdeltä kartan S-osasta on kevyistä lantaniideista rikastunut ja muistuttaa muutenkin vähän shoshoniitteja. Koska näytteitä on vain yksi, ei suurempia johtopäätöksiä voi vetää. Kontaminaatiokin on mahdollinen.

5. SYVÄKIVILAJIT

5.1. Gabrot (ja dioriitit)

Gabroja ja dioriitteja esiintyy pienehköinä intruusioina siellä täällä karttalehdellä. 03-lehden N-osassa esiintyy kiillegneissien seassa sillimäinen n. 120 m leveä gabrointruusio. Gabrossa ilmenee koostumisvaihtelua plagioklaasirikkaista osista ultramafisiin osiin. Kenttähavainnot viittaavat siihen, että kyseessä saattaa olla alkavaa magmaattista kerroksellisuutta (kuva 3a).

Gabroja ja dioriitteja (ja kvartsidioriitteja) esiintyy myös jonkin verran tonaliitti-intruusioiden yhteydessä sekä sulkeumina tonaliiteissa. Tällöin kyseessä saattaa olla samanaikainen magmatismi jolloin magmat ovat voineet myös sekoittua keskenään.

Moiossa Turussa lehdellä 10 esiintyy juonimainen gabrointruusio. Gabron kemiallinen koostumus on erikoinen sen korkeiden TiO₂, P₂O₅, Ba, Sr ja LREE pitoisuuksien takia. Tässä suhteessa se muistuttaa Urusvuoren ”shoshoniittista” intruusiota. Moision ”monzogabron” ikäsuhteet sivukiviin eivät kuitenkaan ole aivan selviä. Vielä ainakaan sitä ei voida luokitella myöhäis-(post)-orogeenisiin intruusioihin kuuluvaksi, vaikka se niitä jonkin verran koostumukseltaan muistuttaakin.

Kuvassa 8b on näitä kahta gabrotyyppiä verrattu REE-diagrammilla. Moision gabro on erittäin rikastunut LREE alkuaineista Mynämäen gabroon verrattuna ja erotteludiagrammilla (kuva 9) se sijoittuu ”within plate” kenttään yhdessä rapakivien ja diabaasijuonen kanssa.

5.2. Tonalitit (ja granodioriitit)

Tonalitteja, kvartsidioriitteja (ja granodioriitteja) esiintyy suprakrustisten kivien joukossa sillimäisinä intruusioina koko karttalehden alueella. Suurin intruusio esiintyy Vahdon-Paattisten alueella karttalehden E-osassa, josta se jatkuu kohti NE Loimaan alueelle. Siellä hyvin todennäköisesti samaa intruusiota on kuvannut Nironen (1999).

Nämä intruusiot ovat Mynämäen karttalehden puolella pääosin tonaliittisia, usein sarvivälkepitaisia ja ne vaihtuvat kvartsidioreetteihin, vähäisessä määrin jopa dioriitteihin ja gabroihiin. Mafiset (dioriittiset, joskus gabromaiset) sulkeumat tonaliitissa ovat yleisiä ja kenttähavainnot viittaavat eri koostumuksisten magmojen samanaikaisuuteen (kuva 3b). Vastaavat enklaavit ovat yleisiä myös viereisen Vehmaan karttalehden granodioriiteiss (kts. kuva 12 julkaisussa Lindberg & Bergman (1993)). Myös granodioriitteja esiintyy, mutta

usein kalimaasälpä niissä on sekundääristä ja liittyy myöhäisorogeeniseen migmatiittiutumiseen. Lähes kaikki tonaliitit ovat jossain määrin migmatiittiutuneita. Lehdillä 09 ja 12 on paljon tonaliitteja (granodioriitteja) jotka ovat niin voimakkaasti graniittiutuneita, että niitä on joskus vaikea erottaa anatektisistä graniiteista. Tonaliittien ikä lienee n. 1.87 Ga (van Duin 1992, Nironen 1999, Väisänen et al. 2002) ja ne ovat usein intrudoituneet subhorisontaaleina levymäisinä intrusioina. Ne ja niissä esiintyvä liuskeisuus ovat poimuttuneet myöhemmässä poimutuksessa (katso myös kuva 4a)

Alueen S-osissa sijaitsee pyrokseenipitoisia kivilajeja, joita on aiemmissa tutkimuksissa kutsuttu sekä charnockiiteiksi (Hietanen 1947, van Duin 1992) että enderbiiteiksi (Väisänen & Hölttä 1999). Uusimmat tutkimukset viittaavat siihen että ne ovat alunperin olleet synorogeenisia tonaliitteja, joiden sekä 1820 Ma zirkonipopulaatio että pyriokseenipitoisuus ovat metamorfisia piirteitä (Väisänen et al. 2002, Helenius 2003). Sen vuoksi karttaan kivet tullaan merkitsemään tonaliiteiksi, joiden päälle merkitään pyrokseenin symboli.

Tonaliitit ovat yllättävän SiO₂-rikkaita ja osuvat itse asiassa graniittien joukkoon TAS diagrammilla (kuva 5). Yksi näytteistä poikeaa kahdesta muusta, joka viittaa siihen että nämäkään kivet eivät ole yksi ainut homogeeninen ryhmä.

5.3. Myöhäisorogeeniset graniitit

Myöhäisorogeeniset graniitit ovat hyvin heterogeeninen ryhmä todennäköisesti S-tyypin kiviä, jotka vaihtuvat migmatiittien leukosomeista kartoitettaviin juoniin ja intrusioihin. Niiden asu on joskus lievästi suuntautunut, toisinaan taas massamainen. Väri vaihtelee valkoisesta lohenpunaiseen ja raekoko karkearakeisesta (hyvin harvoin keskirakeinen) pegmatiittiseen. Päämineraalit ovat kalimaasälpä, kvartsi, plagioklaasi ja biotiitti. Useimmiten ne ovat granaattipitoisia, joskus myös kordieriittipitoisia (kuva 3c). Johannes et al (2003) on selvittänyt migmatiittien leukosomien suhdetta graniitteihin Turun alueella ja totesi vahvan korrelaation olevan olemassa. Kenttähavainnoistakin näin voidaan päätellä ja usein näkee miten diatexiset leukosomit vaihtuvat graniitteihin. Graniitit tuntuvat myös kenttähavainnoista päätellen liittyvän joihinkin plastisiin korkean lämpötilan hirtovyöhykkeisiin, joita pitkin graniittinen sula on päässyt kulkemaan. Näiden graniittien iät vaihtelevat Lounais-Suomessa välillä 1840-1810 Ma (Suominen 1991, Väisänen et al. 2000, 2002).

Näyte analyysiä varten on valittu siitä graniitista joka Väisänen et al. (2002) mukaan on tonaliitin sulamistuote 1810 Ma sitten. Graniitin koostumus muistuttaakin jonkin verran tonaliitteja (kuva 8a).

5.4. Myöhäisorogeeniset monzodioriitti/gabrot

Mynämäen karttalehden S-reunassa on 1815 Ma ikäinen monzodioriitti (osin monzogabro), joka on samanikäinen kuin ympäröivä S-tyypin granaattipitoinen graniitti. Se koostuu plagioklaasista, sarvivälkkeestä, biotiitista, magnetiitista, titaniitista ja apatiitista. Sen kemiallinen koostumus on erikoinen sillä se on hyvin rikastunut P, Ti, F, Ba, Sr ja LREE alkuaineista (Väisänen et al. 2000). Kyseinen monzodioriitti on vanhin sarjassa ”shoshoniittisia” intrusioita, joita on perinteisesti kutsuttu post-orogeenisiksi. Urusvuoren monzoniitti on kuitenkin lähinnä myöhäisorogeeninen. Ylenpänä kuvattu Moision monzogabro saattaa (varauksella) kuulua samaan sarjaan.

5.5. Rapakivigraniitit

5.5.1. Uhlun rapakivigraniitti

Vehmaan rapakiven itäosassa sijaitsee Uhlun rapakivigraniitti, joka Lindberg & Bergmanin (1993) mukaan on nuorempi kuin Vehmaan pääintruusio. Se koostuu kahdesta päätyypistä, tasarakeisesta rapakivestä ja porfyryripliitista. Lindberg & Bergman ovat Vehmaan karttalehtiselostuksessaan kuvanneet myös Uhlun graniitin. Uhlun graniitin iäksi he saivat U-Pb zirkoni menetelmällä 1573 ± 8 Ma (Lindberg & Bergman 1993). Analyysi 108-APJ-03 on Uhlun graniitista.

5.5.2. Juvan rapakivigraniitti

Härmeen kartalla (1958) rapakiveksi merkitty Juvan graniitti 03/06 lehtien rajalla on vaaleahko, tasarakeinen ja karkea graniitti. Siitä tehty kemiallinen analyysi (3-GJW-03) muistuttaa hyvin paljon Uhlun rapakiven koostumusta, joten Juvan graniitti on osa rapakivigraniitteja (kuva 8a).

5.5.3. Kivistön rapakivigraniitti

Mynämäen kirkonkylän S-puolella oleva Kivistön graniitti on Hietasen kartalla (1947) merkitty rapakiveksi. Kyseessä on homogeeninen, deformatumaton graniitti jossa esiintyy kalimaasälpä- ja plagioklaasiporfyyrejä keskirakeisissa matriksissa. Hieessä kivi on rakoillut ja sen maasälvät ovat muuttuneita. Kivi lienee rapakivi.

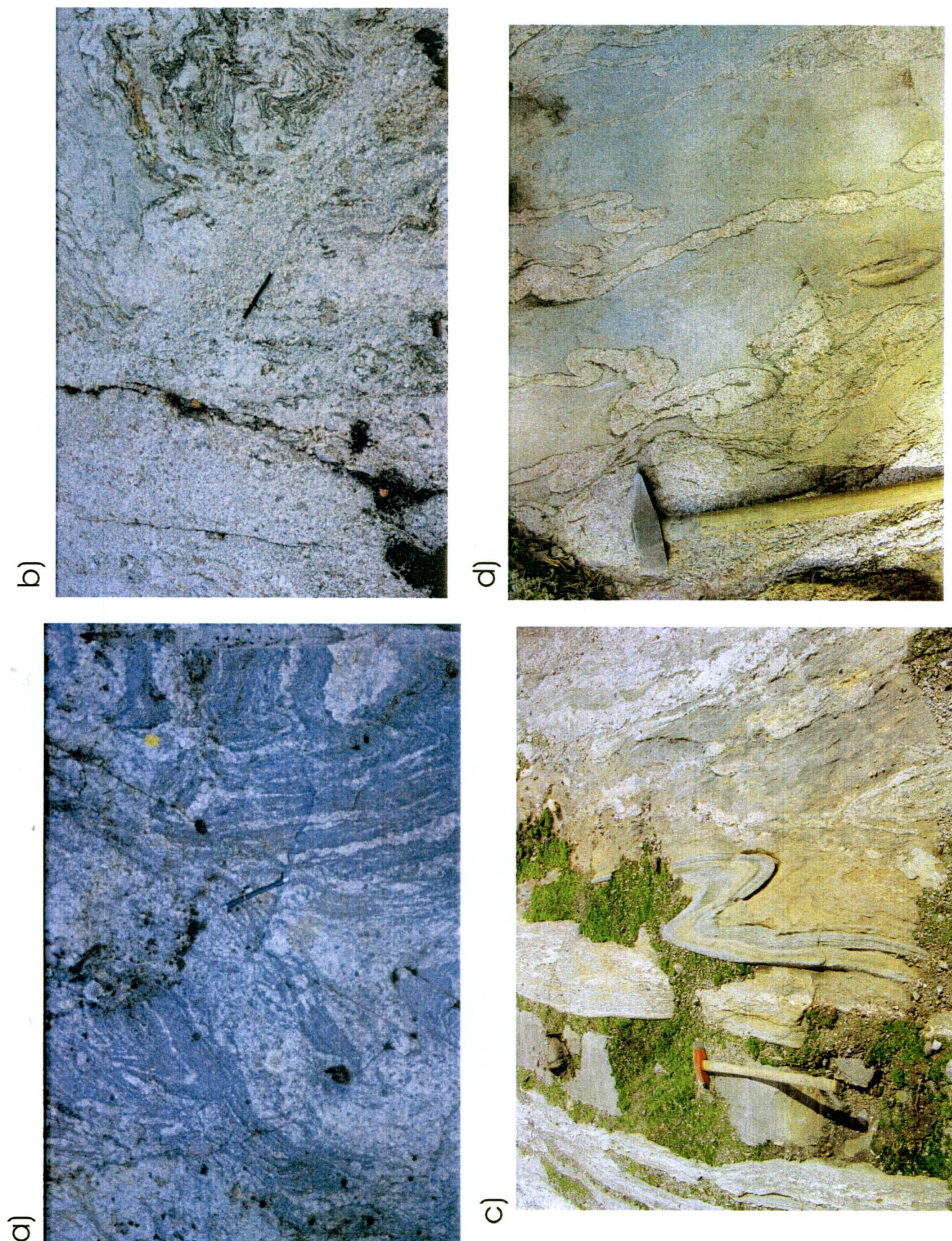
5.5.4. Kärrysen rapakivigraniitti

4 km Mynämäen kirkonkylästä S:ään oleva Kärrysen graniitti oli Hietasen kartalla (1947) rapakiveksi luokiteltu. Se on homogeeninen ja deformatumaton ja hieestä päätellen voi olla rapakivi.

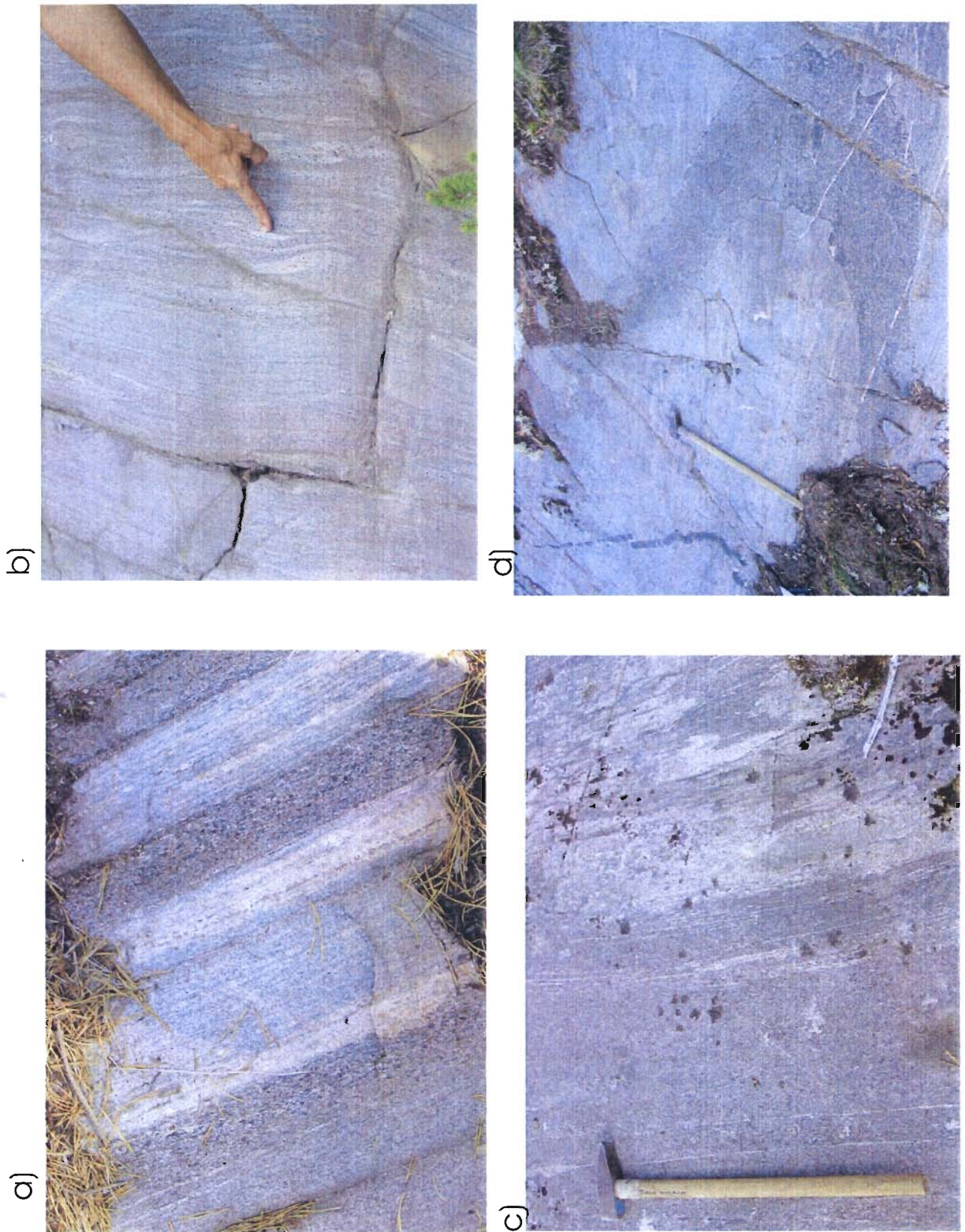
5.6. Diabaasijuonet

Alueelta löytyi kolme diabaasijuonta. Näistä kaksi on uusia havaintoja karttalehdeltä 03. Molemmat juonet ovat pystyjä, tiiviitä-hienorakeisia ja leikkaavat terävästi isäntäkiviä (kuva 3d). Niissä on suuria plagioklaasihajarakeita. Molemmat juonet ovat 8 metriä leveitä. Kemiallinen analyysi on näytteestä 92-HRN-03.

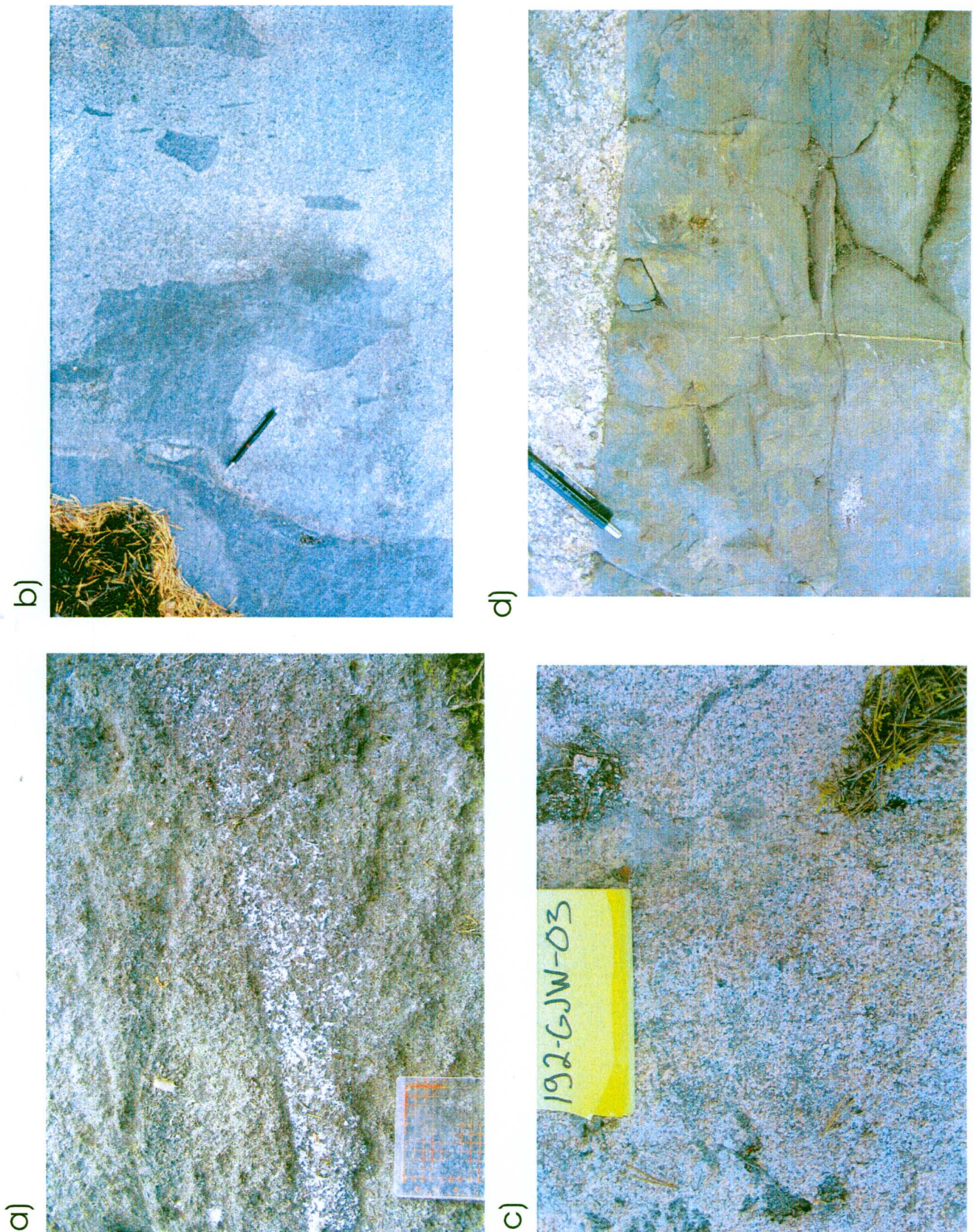
Lemun kirkonkylästä löytyi Hietasen karttaan (1947) merkitty diabaasijuoni. Se on pysty, 1 metri leveä juoni, joka on raekooltaan tiivis. Tiviistä matrixista pystyy erottamaan pyrokseenineulasia. Hietasen karttaan on Lemuun merkitty myös toinen diabaasijuoni, mutta sitä ei löydetty.



Kuva 1. a) Voimakkaasti migmatiittiutunut granaatti-kordieriittigneissi, Lemu. 69-MJV-92. Leukosomi ikämääritetty 1824 \pm 5 Ma. b) Stromaattinen ja diatexinen migmatiitti, Nousiainen. 234-MJV-03. c) Mafinen vulkaniittivälikerros psammiittisessa kiillegneississä, Mynämäki. 301-GJW-03. d) Migmatiittiutunut kvartsi-maasälpagneissi, Vahto. 258-GJW-03



Kuva 2.a) Raitainen-kerroksellinen mafinen vulkaniitti, Mietoinen. 202-GJW-03. b) Vaaleampia deformatuneita fragmentteja mafisemmassa matriksissa. Vahto. 302-GJW-03. c) Mafinen laava, Mietoinen. 200-GJW-03. d) Subvulkaninen juoni leikkaa kerroksellisuuden ja poimuttuu sitten yhdessä vulkaniitin kanssa, Lieto. 303-GJW-03.



Kuva 3. a) Gabro jossa koostumusvaihtelua. Plagioklaasirikas “kerroksen” yläosa ja sen yläpuolella ultramafinen osue, Mynämäki. 163-APJ-03. b) Tonaliitti ja siinä mafisempia enklaveja. Kontaktit usein pyöreitä, Auvainen. 92- PSH-92. c) Myöhäisorogeeninen graniitti jossa granaatteja, Mynämäki. 192-GJW-03 d) Diabaasijuonen ja sivukiven terävä kontakti, Mynämäki. 92-HRN-03.

Taulukko 1. Mynämäen karttalehden 1044 kivilajinäytteet geokemiallisia analyysejä varten

	TUNNUS	KIVILAJI	SIJAINTI	K.LEHTI	X	Y
1	321-MJV-03	Mafinen vulkaniitti / Gabro	Lieto	1044 10	671889	1577343
2	121-MJV-03	Mafinen vulkaniitti	Masku	1044 12	6732985	1573955
3	34.1-MJV-03	Mafinen vulkaniitti	Merimasku	1044 01	6710256	1549774
4	299-MJV-03	Tonaliitti	Vahto	1044 11	6724377	1574385
5	163-APJ-03	Gabro	Mynämäki	1044 03	6738653	1543689
6	92-HRN-03	Diabaasi	Vehmaa	1044 03	6730218	1545433
7	108-APJ-03	Rapakivigraniitti	Vehmaa, Uhlu	1044 02	6727287	1541571
8	301.1-GJW-03	Psammiittinen kiillegneissi/mesosomi	Mietoinen	1044 03	6736183	1546825
9	301.2-GJW-03	Mafinen vulkaniitti	Mietoinen	1044 03	6736183	1546825
10	176-GJW-03	Felssinen gneissi	Mynämäki	1044 06	6738145	1557212
11	302-GJW-03	Mafinen vulkaniitti	Vahto	1044 11	6727354	1572115
12	325-MJV-03	Peliittinen kiillegneissi/mesosomi	Rusko	1044 07	6712967	1567694
13	253.1-GJW-03	Intermediäärinen vulkaniitti	Mynämäki	1044 09	6739802	1568622
14	253.2-GJW-03	Mafinen vulkaniitti	Mynämäki	1044 09	6739754	1568711
15	3-GJW-03	Rapakivigraniitti	Mynämäki, Juva	1044 03	6736518	1550076
16	177-GJW-03	Mafinen vulkaniitti	Mynämäki	1044 06	6738094	1557615
17	328-MJV-03	Mafinen vulkaniitti	Lieto	1044 10	6717320	1580766
18	124-APJ-03	Tonaliitti	Mynämäki	1044 03	6735442	1546820
19	262-APJ-03	Tonaliitti	Merimasku	1044 01	6711483	1546138
20	263.2-APJ-03	Graniitti	Rusko	1044 07	6719126	1567551
21	339-MJV-03	Dioriitti	Turku, Moisio	1044 10	6714694	1571751

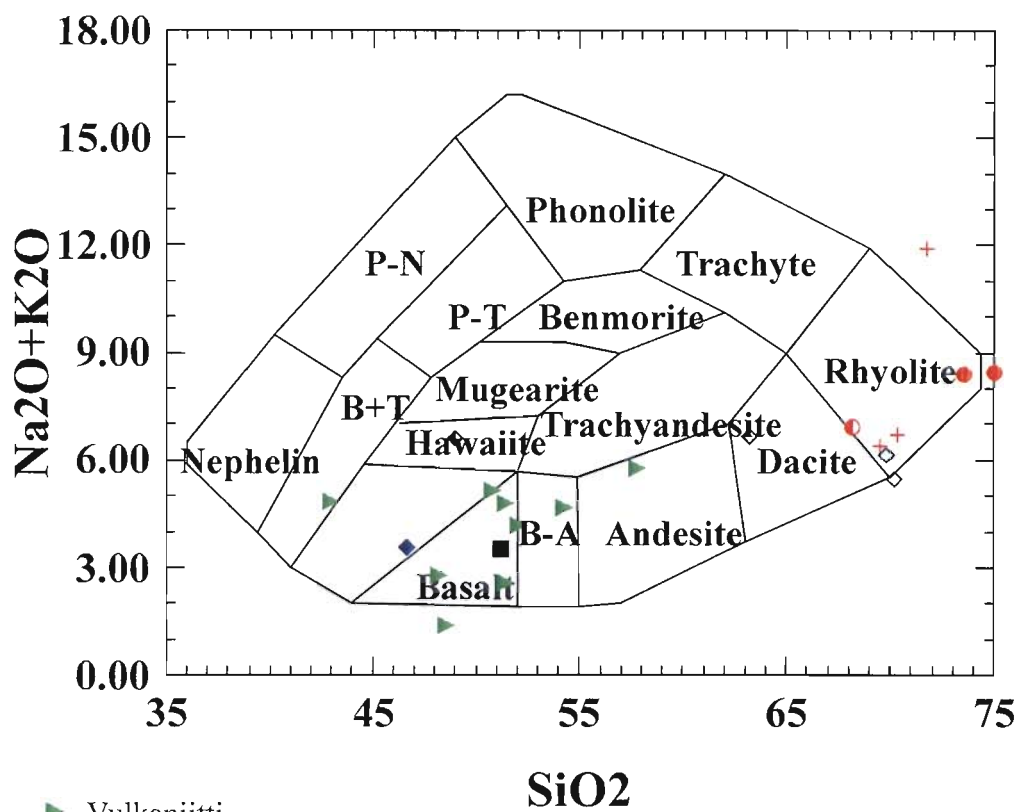
Taulukko 2.

Mynämäen karttalehden 1044 kivilajien XRF ja ICP-MS analyysit

Sample %/ppm	Na2O %	MgO %	Al2O3 %	SiO2 %	P2O5 %	K2O %	CaO %	TiO2 %	MnO %	FeO %	S %	Cl %	V %	Cr %	Ni %	Cu %	Zn %	Ga %	Sr %	Nb %	Mo %	Sn %	Ba %	Pb %
Method	+ 175X	+ 175X	+ 175X	175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X	+ 175X
321-MJV-03	2.07	7.53	14.6	51.4	0.185	0.501	10.6	0.974	0.161	9.16	0!	0.0037!	0.0254	0.0286	0.0080	0.0142	0.0090	0.0027	0.0380	0.0004!	0!	0.0001!	0.0173	0.0017!
121-MJV-03	2.43	11.4	12.0	48.2	0.146	0.378	9.99	0.810	0.159	10.5	0.0049!	0.0036!	0.0226	0.0740	0.0166	0.0075	0.0091	0.0014!	0.0531	0.0005!	0!	0!	0.0148	0.0022!
34.1-MJV-03	2.81	7.94	14.5	43.0	2.34	2.05	9.26	1.55	0.173	11.0	0.513	0.014	0.0269	0.0123	0.0091	0.0077	0.0149	0.0022	0.1899	0.0010	0!	0!	0.0783	0.0022!
299-MJV-03	4.78	1.07	15.7	70.3	0.103	1.94	2.62	0.326	0.036	2.50	0!	0.0045!	0.0034	0.0028!	0.0020	0.0025	0.0049	0.0053	0.0423	0.0007!	0.0001!	0!	0.0511	0.0030
163-APJ-03	2.41	11.0	13.1	46.6	0.475	1.16	9.63	1.02	0.183	10.2	0.052	0.0042!	0.0277	0.0820	0.0227	0.0047	0.0116	0.0022	0.0649	0.0010	0!	0!	0.0200	0.0018!
92-HRN-03	2.43	3.70	13.7	51.2	0.750	1.06	7.55	3.08	0.189	13.5	0.116	0.010	0.0251	0.0043	0.0014!	0.0040	0.0182	0.0023	0.0304	0.0015	0.0002!	0!	0.0600	0.0019!
108-APJ-03	2.64	0.21	12.5	75.0	0.060	5.82	0.837	0.230	0.035	1.98	0!	0.023	0.0018!	0.0014!	0.0006!	0.0006!	0.0021	0.0026	0.0097	0.0035	0.0002!	0!	0.0407	0.0067
301.1-GJW-03	2.94	2.04	13.9	69.8	0.145	3.18	2.03	0.586	0.045	4.36	0.0007!	0.0053!	0.0094	0.0080	0.0016!	0.0008!	0.0081	0.0026	0.0308	0.0012	0.0001!	0!	0.1073	0.0031
301.2-GJW-03	0.90	10.7	12.2	48.5	0.124	0.492	10.8	0.919	0.200	11.6	0.0035!	0.0048!	0.0284	0.0841	0.0092	0.0014!	0.0138	0.0020	0.0197	0.0002!	0!	0!	0.0050	0.0018!
176-GJW-03	4.00	1.46	14.3	70.2	0.148	1.47	2.77	0.587	0.081	4.12	0!	0.0042!	0.0079	0.0039	0!	0.0007!	0.0099	0.0023	0.0281	0.0010	0!	0!	0.0199	0.0024!
302-GJW-03	2.99	5.80	16.0	54.2	0.207	1.73	7.41	1.05	0.156	8.79	0.0038!	0.0046!	0.0235	0.0082	0.0040	0.0062	0.0117	0.0026	0.0478	0.0006!	0!	0!	0.0455	0.0018!
325-MJV-03	3.95	2.17	16.5	63.2	0.167	2.72	2.44	0.720	0.094	6.26	0.342	0.0031!	0.0128	0.0064	0.0026	0.0096	0.0110	0.0028	0.0185	0.0012	0.0003!	0!	0.0566	0.0028!
253.1-GJW-03	3.10	6.53	15.7	52.0	0.175	1.09	8.16	1.05	0.355	10.4	0.006	0.008	0.0198	0.0162	0.0093	0.0401	0.0134	0.0025	0.0381	0.0005!	0!	0!	0.0424	0.0012!
253.2-GJW-03	4.03	5.66	16.7	51.4	0.294	0.752	10.0	1.18	0.115	7.66	0!	0.014	0.0257	0.0201	0.0082	0.0013!	0.0068	0.0024	0.0727	0.0007!	0!	0!	0.0179	0.0015!
3-GJW-03	2.32	0.25	12.9	73.6	0.105	6.07	0.660	0.269	0.032	2.56	0!	0.014	0.0017!	0.0003!	0!	0.0022	0.0067	0.0026	0.0057	0.0027	0.0002!	0!	0.0306	0.0040
177-GJW-03	4.07	6.50	17.0	50.8	0.249	1.07	7.53	1.43	0.181	9.67	0.009	0.0016!	0.0301	0.0087	0.0055	0.0062	0.0088	0.0022	0.0582	0.0004!	0!	0!	0.0165	0.0016!
328-MJV-03	4.25	2.68	17.1	57.7	0.189	1.52	5.78	0.958	0.166	8.35	0.011	0.0035!	0.0166	0.0030	0.0020	0.0041	0.0123	0.0028	0.0425	0.0007!	0!	0!	0.0391	0.0019!
124-APJ-03	4.86	1.12	15.9	69.5	0.098	1.52	3.20	0.436	0.027	2.67	0.007	0.023	0.0038	0.001!	0.0021	0.0004!	0.0067	0.0028	0.0431	0.0006!	0.0001!	0!	0.0136	0.0021!
262-APJ-03	5.21	1.80	15.5	68.2	0.120	1.73	3.20	0.440	0.056	3.00	0.0056!	0.0046!	0.0062	0.0066	0.0041	0.0108	0.0049	0.0026	0.0668	0.0005!	0.0002!	0!	0.0276	0.0015!
263.2-APJ-03	2.35	0.022!	15.1	71.8	0.127	9.55	0.230	0.024	0.0075!	0.38	0.0018!	0.005!	0.0001!	0.0005!	0.0005!	0.001!	0.0002!	0.0019!	0.0255	0.0002!	0.0002!	0!	0.1217	0.0046
339-MJV-03	4.56	4.56	17.2	49.0	1.36	2.02	7.45	1.86	0.152	9.12	0.120	0.014	0.0212	0.0009!	0.0022	0.0050	0.0129	0.0023	0.2464	0.0025	0!	0!	0.1348	0.002!

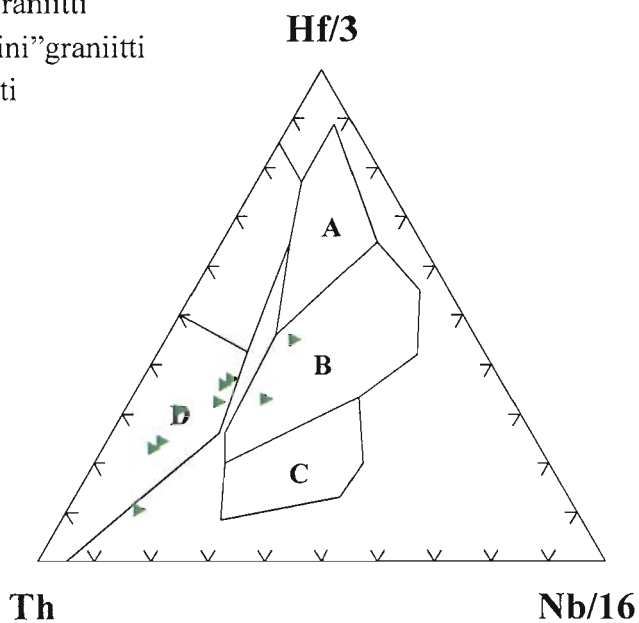
Taulukko 2

Sample	Bi	Ce	Dy	Er	Eu	Gd	Ho	La	Lu	Nd	Pr	Sm	Tb	Tm	Yb	Sc	Y	U	Th	Hf	Nb	Rb	Ta	Zr
%/ppm	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Method	+ 175X	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M
321-MJV-03	0.0002!	24.3	2.59	1.27	1.00	3.35	0.54	10.8	0.19	14.3	3.18	3.19	0.46	0.22	1.29	33.6	14.4	1.24	2.07	2.09	4.45	11.9	0.31	72.2
121-MJV-03	0!	13.5	2.39	1.33	0.83	2.61	0.48	5.52	0.20	9.33	1.93	2.35	0.43	0.20	1.32	31.0	14.3	0.28	0.65	1.22	3.19	5.17	0.21	51.6
34.1-MJV-03	0.0002!	257	7.60	2.87	5.54	18.4	1.26	101	0.33	145	33.7	23.3	2.00	0.37	2.41	20.00	36.0	1.63	2.40	1.00	6.35	42.2	0.27	41.9
299-MJV-03	0!	31.4	1.26	0.67	0.53	1.53	0.25	17.4	0.10	11.3	3.14	1.71	0.24	0.10	0.72	3.60	7.41	3.28	5.77	3.32	5.95	84.5	0.51	141
163-APJ-03	0!	69.6	4.83	2.04	2.37	8.07	0.86	26.4	0.28	45.9	10.0	8.89	0.98	0.30	1.92	33.9	24.1	1.42	1.91	2.26	8.33	32.1	0.40	86.6
92-HRN-03	0!	76.5	9.50	5.51	2.20	11.1	2.01	35.1	0.76	46.3	9.99	9.80	1.68	0.81	5.19	35.2	56.4	0.54	2.79	5.94	14.3	29.9	0.71	264
108-APJ-03	0!	199	10.3	6.94	0.56	10.4	2.27	104	1.42	67.9	20.6	11.3	1.69	1.25	9.21	4.25	63.2	9.11	44.5	6.18	30.5	356	2.70	214
301.1-GJW-03	0!	89.8	4.15	1.95	1.22	5.74	0.79	43.2	0.29	38.7	10.2	6.60	0.82	0.31	1.96	11.8	22.9	3.04	13.3	5.76	11.7	151	0.82	230
301.2-GJW-03	0.0003!	11.4	3.10	1.66	0.74	2.89	0.63	4.77	0.23	7.89	1.52	2.20	0.45	0.25	1.76	37.7	16.9	0.55	0.60	1.32	2.98	12.6	0.20	48.5
176-GJW-03	0!	58.8	4.55	2.90	1.08	5.47	0.98	27.5	0.43	27.6	6.74	5.55	0.84	0.37	2.65	12.5	29.4	3.51	7.60	5.12	10.1	110	0.83	205
302-GJW-03	0!	32.9	3.27	1.46	1.04	3.73	0.56	15.1	0.21	18.3	4.35	3.79	0.51	0.22	1.44	21.9	17.2	1.08	2.31	2.58	5.50	102	0.36	103
325-MJV-03	0.0001!	62.7	4.36	2.50	1.15	6.14	0.90	30.4	0.37	30.0	7.59	5.83	0.84	0.40	2.56	17.6	26.9	3.84	9.47	4.17	11.0	161	1.09	158
253.1-GJW-03	0.0007!	33.0	3.27	1.67	1.25	4.29	0.68	12.3	0.21	20.3	4.54	4.12	0.57	0.24	1.43	25.2	17.5	0.28	<0.5	2.09	5.65	24.7	0.31	80.4
253.2-GJW-03	0!	28.1	3.35	1.78	1.13	4.52	0.68	11.5	0.24	18.1	3.81	3.96	0.65	0.26	1.76	22.2	19.6	1.12	0.9	2.07	7.94	8.35	0.61	90.5
3-GJW-03	0!	180	11.6	6.05	0.6	14.8	2.37	82.5	0.85	81.7	21.0	15.5	2.15	0.94	5.55	5.81	66.8	3.14	33.0	7.10	24.7	378	1.98	250
177-GJW-03	0!	31.4	4.38	2.22	1.38	4.98	0.88	12.6	0.30	19.2	4.16	4.64	0.78	0.31	2.18	25.7	24.3	1.14	1.85	2.86	4.94	38.5	0.32	113
328-MJV-03	0.0001!	35.8	4.62	2.76	1.19	4.54	0.91	16.0	0.39	19.8	4.47	4.22	0.76	0.38	2.65	23.1	27.0	0.64	1.32	3.14	7.09	37.9	0.48	125
124-APJ-03	0!	19.6	0.83	0.23	0.61	1.51	0.14	11.1	<0.1	7.93	2.08	1.73	0.19	<0.1	0.25	6.02	3.75	0.73	1.23	4.02	9.29	90.0	0.37	171
262-APJ-03	0!	30.9	1.47	0.66	0.74	2.14	0.26	17.2	<0.1	13.7	3.43	2.32	0.28	0.1	0.53	6.68	7.45	0.7	1.39	3.21	6.29	69.6	0.39	141
263.2-APJ-03	0!	5.04	0.66	0.30	0.44	0.81	0.14	1.80	<0.1	3.06	0.65	0.76	0.11	<0.1	0.30	<0.5	3.95	1.86	2.46	0.70	0.71	268	<0.2	24.9
339-MJV-03	0!	278	5.93	2.33	4.35	14.6	1.06	123	0.29	129	33.2	18.3	1.62	0.30	1.94	12.2	29.5	1.17	4.16	3.98	22.4	65.9	0.84	192

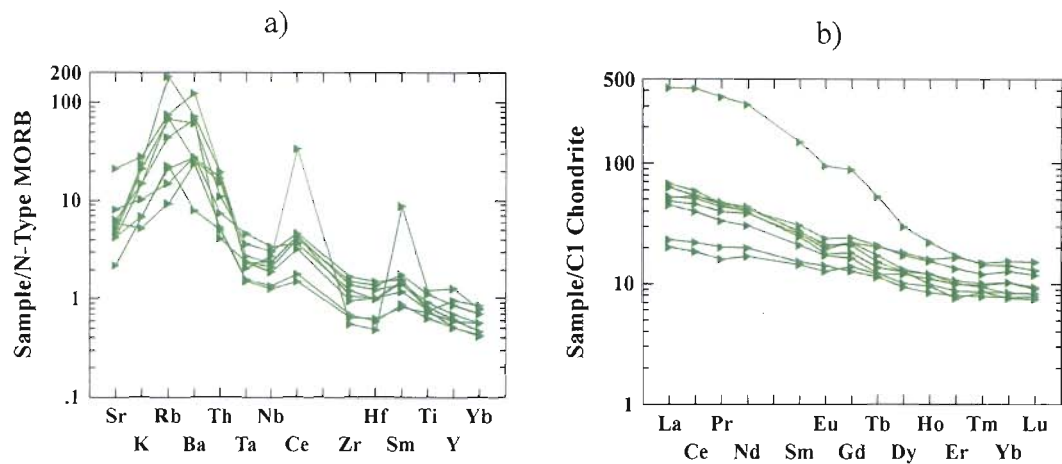


- ▶ Vulkaniitti
- Diabaasijuoni
- ◆ Gabro
- ◆ Monzogabro
- + Tonaliitti/granodioriitti
- Rapakivigraniitti
- "Mikrokliini"graniitti
- ◇ Sedimentti

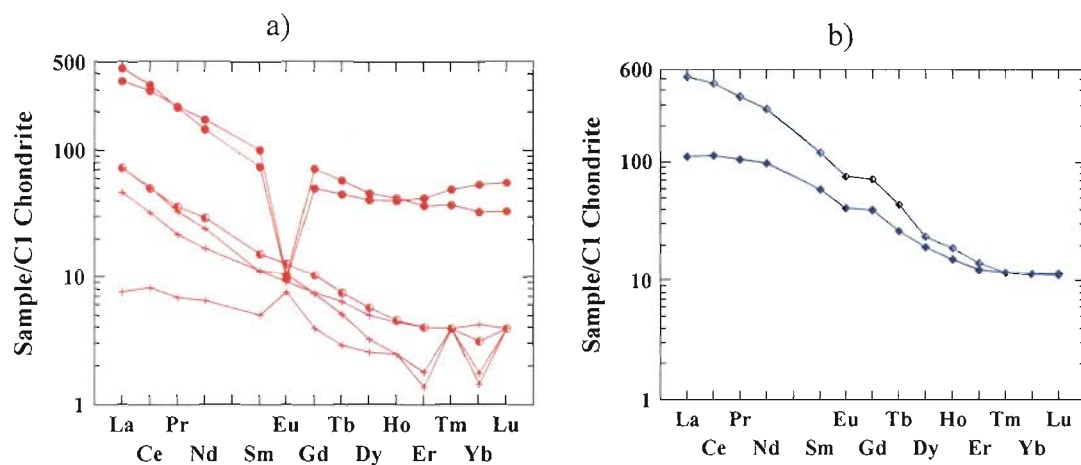
Kuva 5. Kivien geokemialliset analyysit TAS-diagrammilla esitettynä.



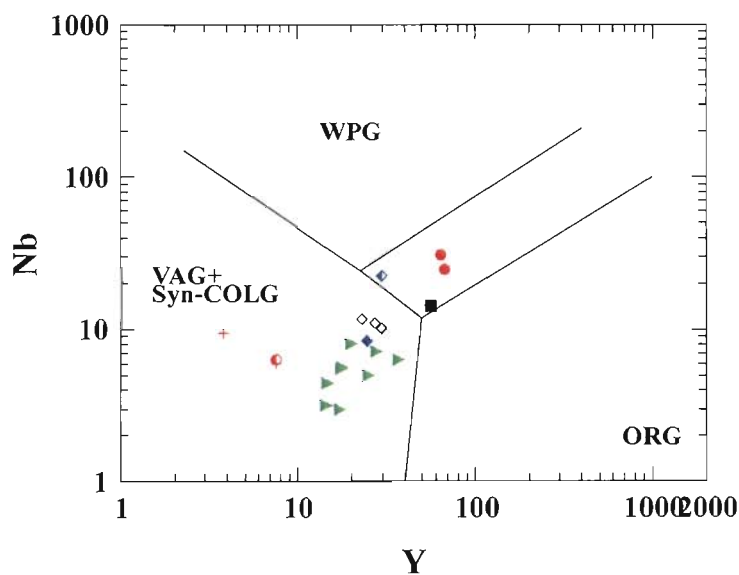
Kuva 6. Vulkaniset kivet esitettynä Th-Hf-Nb diagrammilla. B=Enriched MORB, D= Volcanic Arc



Kuva 7. a) Spider-diagrammi vulkaaniiteista ja niiden yhteydessä olevista gabroista. b) REE diagrammi, aineisto sama kuin a:ssa



Kuva 8. a) REE-diagrammi granitoideista. Symbolit kuten kuvassa 5. b) REE diagrammi gabrosta ja monzogabrosta.



Kuva 9. Eoitteludiagrammi koko aineistosta.

6. RAKENNEGEOLOGIA JA TEKTONIIKKA

Alue on hyvin kompleksisesti deformatunut useassa eri vaiheessa. Karkeasti deformaatiot voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- 1) Synorogeeninen vaihe, joka tuotti etupäässä kerrosmyötäisiä D1/D2 poimuja makaavassa asennossa. Laattoina intrudoituneet synorogeeniset intruusioidet deformatuivat myös tässä vaiheessa. Kuvassa 4a on tällainen loiva tonaliitti alkuperäisessä loivassa asennossaan myöhemmän poimutuksen akselikulminaatioissa. Alueen kivien pääliuskeisuus liittyy tähän vaiheeseen.
- 2) Myöhäisorogeeninen vaihe, joka poimutti loivat rakenteet pystympään asentoon F3 poimutuksessa. Alueen lämpöhuippu ajoittuu tähän vaiheeseen ja kivet migmatiittituvat. Myös anatektiset graniitit intrudoituivat tässä vaiheessa.
- 3) Huippumetamorfoosin jälkeinen deformaatio, joka esiintyy hirtovyöhykkeinä . Hirtovyöhykkeistä on tavattu myös myloniitteja (kuva 4b). Kaikki tutkitut myloniitit ovat olleet oikeakätisesti hiertyneitä. Myös hauraita ruhjeita ja siirroksia esiintyy. Nämä kaikki Hierto- ja ruhjevyöhykkeet tullaan laittamaan kartalle samalla katkoviiva-symbolilla, koska eri vyöhykkeiden ikäsuhteet ovat epäselviä.

Yksityiskohtaisempi kuvaus alueen rakennegeologiasta löytyy julkaisusta Väisänen & Hölttä (1999).

a)



b)



Kuva 4. a) Makaava-asentoinen tonaliitti. Graniittijuonet seuraavat loivaa liuskeisuutta, Vahto. $x=6722850$ $y=1571744$. Paljastuma on F3 poimun taivekohdassa. b) Hiertynyt granodioriitti, alareunassa ultramyloniittia, Nousiainen. 119-MJV-03.

7. TALOUDELLISET AIHEET

Vehmaan rapakiveä on louhittu rakennuskiveksi vuodesta 1904 alkaen ja toiminta jatkuu edelleen. Karttalehden alueella Uhlun graniittia louhitaan rakennuskiveksi.

Kiviainesta louhitaan eri puolilta karttalehteä esimerkiksi tienrakennusteollisuutta varten. Koska karttalehti sijaitsee kolmen kaupungin alueella (Naantali, Raisio, Turku), joissa on vilkasta rakennustoimintaa, kiviainesteollisuudella lienee kasvuedellytyksiä.

8. ESKKURSIOKOhteet

Alla muutama kohde, jotka ovat soveliaita ekskursionkohteiksi. Kohteista 2 ja 3 on tarkemmat kuvaukset GTK:n ekskursionoppaassa (Hölttä et al. 1994).

1. *Turku, Urusvuori, kevyen liikenteen väylän tieleikkaus* ($x=6710270$ $y=1571568$).

1815 Ma ikäisen monzodioriitin ja saman ikäisen granaattipitoisen graniitin kontakti. Graniitissa on monzodioriittia sulkeumana ja monzodioriitissa on graniitin kappaleita.

2. *Rusko, hiekkakuopat* ($x=6712850$ $y=1567500$)

Peliittinen granaatti-kordieriitti gneissi, jossa alkavaa migmatiittiutumista. Hyvin säilynyt kerroksellisuus. Kaksi poimutusfaasia, joissa näkyy miten *in situ* sulaminen liittyy F3 poimutukseen. Karkearakeisia graniittijuonia.

3. *Masku, Riviera, hiekkakuoppia* (parkkipaikka $x=6715814$ $y=1562295$, hyviä paljastumia esim kohteissa $x=6715630$ $y=6715630$; $x=6715300$ $y=1562690$)

Intensiivisesti migmatiittiutunut granaatti-kordieriittigneissi. Paljastumat ovat F3 poimuksen taivekohdassa, myös varhaisempia F2 poimuja näkyy. Leukosomissa sekä granaatteja että kordieriitteja.

4. *Vahto, hiekkakuopat* ($x=6726561$ $y=1571946$)

Deformoitunut tonaliitti, jossa pegmatiittisia graniittijuonia.

5. *Vahto, hiekkakuopat* ($x=6727354$ $y=1572115$)

Kerroksellinen mafinen vulkaniitti. Muutama fragmenttipitoinen kerros.

5. *Vehmaa, Lahdinko* ($x=6730597$ $y=1541275$)

Rapakiven ja migmatiitin kontakti. Rapakivi esiintyy leikkaavina juonina.

Kiitokset

Tutkimusprofessori Olavi Selonen (GTK, Kuopio) antoi tietoja alueen rakennuskivilouhimoista. Hänelle kiitokset.

9. KIRJALLISUUSVIITTEET

- Ehlers, C., Lindroos, A., Selonen, O., 1993. The late Svecofennian granite-migmatite zone of southern Finland - a belt of transpressive deformation and granite emplacement. *Precambrian Research* 64, 295-309.
- Härme, M., 1958; 1960. Kivilajikartta, Pre-Quaternary rocks, sheet B 1, Turku, 1958, with explanation 1960. Suomen geologinen yleiskartta - General geological map of Finland 1:400 000. Geologinen tutkimuslaitos.
- Helenius, E.-M., 2003. Turun alueen charnockiittien petrogenesis. Pro-gradu tutkielma. Turun yliopisto, geologia ja mineralogia. 72 p. 15 liitettä.
- Hietanen, A., 1947. Archean geology of the Turku district in southwestern Finland. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, Vol. 58, p. 1019-1084, + a map sheet.
- Hölttä, P., 1986. Observations on the metamorphic reactions and PT conditions in the Turku granulite area. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 339, 43-58.
- Hölttä P., Väisänen M., Rastas J. 1994. Excursion in the Turku area. In: M. Pajunen (ed.) High temperature-low pressure metamorphism and deep crustal structures. Program for the Meeting of IGCP project 304 'Deep Crustal Processes' Finland, September 16-20. 1994. *Geological Survey of Finland. Report K31.4/-94/1*, 13-17.
- Johannes, W., Ehlers, C., Kriegsman, L.M., Mengel, K., 2003. The link between migmatites and S-type granites in the Turku area, southern Finland. *Lithos* 68 (3-4), 69-90.
- Lindberg, B., Bergman, L., 1993. Vehmaan kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Vehmaa map-sheet area. Sammanfattning: Berggrunden inom Vemo kartblad. Suomen geologinen kartta 1:100 000 : kallioperäkarttojen selitykset lehti 1042. 56 p. + 4 app.
- Mengel, K., Richter, M., Johannes, W., 2001. Leucosome-forming small-scale geochemical processes in the metapelitic migmatites of the Turku area, Finland. *Lithos* 56 (1), 47-73.
- Nironen, M., 1999. Structural and magmatic evolution in the Loimaa area, southwestern Finland. In: Kähkönen, Y. & Lindqvist, K. (eds.) Studies related to the Global Geoscience Transects/SVEKA Project in Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 71 (1), 57-71.
- Suominen, V., 1991. The chronostratigraphy of southwestern Finland with special reference to Postjotnian and Subjotnian diabbases. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 356. 100 p.
- Väisänen M., Hölttä P., 1999. Structural and metamorphic evolution of the Turku migmatite complex, southwestern Finland. In: Kähkönen, Y. & Lindqvist, K. (eds.) Studies related to the Global Geoscience Transects/SVEKA Project in Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 71 (1), 177-218.
- Väisänen M., Hölttä P., Rastas J., Korja A., Heikkinen P., 1994. Deformation, metamorphism and the deep structure of the crust in the Turku area, southwestern Finland. In: Pajunen, M. (ed.) High temperature-low pressure metamorphism and deep crustal structures: meeting of IGCP project 304 'Deep Crustal Processes' in Finland, September 16-20, 1994. *Geological Survey of Finland, Guide* 37, 35-41.
- Väisänen M., Mänttari I., Hölttä P., 2002. Svecofennian magmatic and metamorphic evolution in southwestern Finland as revealed by U-Pb zircon SIMS geochronology. *Precambrian Research* 116 (1-2), 111-127.
- Väisänen M., Mänttari I., Kriegsman L.M., Hölttä P., 2000. Tectonic setting of post-collisional magmatism in the Palaeoproterozoic Svecofennian Orogen, SW Finland. *Lithos* 54 (1-2), 63-81.
- Van Duin, J.A. 1992., The Turku granulite area, SW Finland: a fluid-absent Svecofennian granulite occurrence. PhD thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam. 234 p.