

**MAAPERÄGEOLOGISIA KULTATUTKIMUKSIA RUOSSELÄSSÄ
SODANKYLÄN KUNNASSA**

Lisensiaattityö
Oulun yliopisto
Geotieteiden laitos
Geologian osasto
Leena Niska
2006



Laitos		Tekijä	
Geotieteiden laitos		Niska Leena	
Työn nimi			
Maaperägeologisia kultatutkimuksia Ruoselässä Sodankylän kunnassa			
Oppiaine	Työn laji	Aika	Sivumäärä
maaperägeologia	Lisensiaatintutkimus	Elokuu 2006	89 + XXXI s.
<p>Tutkielmassa sovellettiin maaperägeologisia ja erityisesti hippuanalyttisiä menetelmiä kultamineralisaatioiden etsinnässä. Ruoselän tutkimusalue sijaitsee Sodankylän kunnan pohjoisosassa ja se kuuluu Keski-Lapin vihreäkivialueeseen. Kallioperä on hyvin pitkälle rapautunutta. Työn tarkoituksena oli saada uusi näkökulma alueen tutkimuksiin ja testata kohteelliseen malminetsintään sopivia kultahippujen luokitusmenetelmiä. Sakiatievan alueelta on paikannettu tutkimusten aikana kultaesiintymä, jonka tulokset raportoitiin KTM:n vuoden 2005 alkupuolella.</p> <p>Tutkimus koostui sekä maasto- että laboratoriotutkimuksista. Maastotyöt tehtiin 120 km² alueella kesinä 2001–2003 ja niiden aikana moreenista otettiin noin 100 eri paikasta tarvittavat näytteet. Moreenista tutkittiin sen kivilajikoostumus, kemiallinen koostumus, savimineraalit ja rakeisuus. Kulkeutumissuuntaa ja -matkaa selvitettiin susceptibiliteettimittausten ja suuntauslaskujen avulla. Gammaspetrometri-mittauksella selvitettiin kullan yhteydessä usein olevan monatsiitin esiintymistä.</p> <p>Kultatutkimusaineisto kerättiin moreeninäytteistä sekä Sakiatievan Au-mineralisaation rapakallionäytteistä. Kultarakeiden erottelua varten näytteet esirikastettiin vaskaamalla, jonka jälkeen ne eroteltiin jäljelle jääneestä uvasta laboratoriossa. Kultarakeista (120-1255 µm) valikoitiin jatkotutkimukseen 33 moreenin raeetta ja 17 kallioperäraetta. Kultarakeet kuvattiin ja niiden pintaa analysoitiin SEM-EDS-laitteistolla. Tämän jälkeen analysoitiin 35 rakeen keskiosa mikroanalysaattorilla. Kultatutkimusaineistosta tutkittiin rakeiden kokoa, pyörityneisyyttä, muotoa ja pintatekstuuria, sekä geokemiallisista piirteistä lähinnä hienouslukua ja Au/Ag-suhdetta. Muiden alkuaineiden jakautumista tutkittiin siltä osin kuin ne ylittivät luotettavan määrittämissärajat. Kultarakeiden pinnan ja keskuksen alkuaineiden suhdetta verrattiin toisiinsa. Tutkimusalue jaoteltiin näytteenottoa paikkojen mukaan viiteen eri kokonaisuuteen, joiden väliltä etsittiin mahdollisia eroavaisuuksia.</p> <p>Alueella esiintyy enimmillään kolme eri moreenipatjaa, joiden sijaintia topografia kontrolloi. Paikallisen kallioperän graniitit ovat moreenin valtakivistönä. Tulokset antavat myös viitteen siitä, että tutkimusalueen länsipuolen kallioperässä on emäksisiä ja ultraemäksisiä liuskeita sekä näiden yhteydessä sulfidisia rautamuodostumia ja kvartsijuonistoa. Ultramafisten ja sulfidirautamuuodostumaan liittyvien kivilajien koostumus heijastui hyvin moreenin geokemiaan.</p> <p>Supergeenisia mikrokultakiteitä (0,5-2 µm) esiintyi muutaman rakeen pinnalla ja kahdesta rakeesta kuvattiin hyvin Au-pitoinen reunavyöhyke (16-20 µm). Toinen vyöhykkeistä esiintyi kalliokultarakeessa. Muutama kultarake oli yhteenkasvettunut kvartsirakeiden kanssa. Kullan hienousluku on korkein Sakiatievan malmisissa, sekä sitä ympäröivän moreenin rakeissa. Koko aineistossa hienoudeltaan > 980 on kalliokullasta 72 %, mutta moreenin kullasta vain 36 %. Kalliokultarakeet ovat täysin pyöritysmättömiä ja kullan alkuperäiset kidepinnat erottuvat niissä selvinä. Moreenin rakeet olivat pääasiassa hyvin tai täysin pyörityneitä ja siten kaukaa kulkeutuneita. Mukana oli myös paikallisempia, puolipyörityneitä rakeita. Kultarakeiden esiintymistiheys oli matala Sakiatievan malmia lukuun ottamatta.</p> <p>Kultatutkimusaineisto oli alueeseen nähden pienehkö. Tutkimuksella varmistui kuitenkin, että myös pienellä aineistolla voidaan tehdä tiettyjä malminetsinnällisiä johtopäätöksiä. Kalliokullan erottaminen kaukaa kulkeutuneesta on mahdollista, minkä pohjalta voidaan tehdä päätöksiä mahdollisesta kohteellisesta lisänäytteenotosta tai tavanomaisesta malminetsinnästä. Malmityypistä kertovat erot hienoudessa tulivat näkyviin myös alueellisesti.</p>			

ALKUSANAT

Tämä liseniaattityö on tehty Ruosselän kultatutkimuksiin liittyen osana Geologian tutkimuskeskuksen Pohjois-Suomen kultatutkimushanketta.

Kiitokset geologi Eelis Pulkkiselle mielenkiintoisesta aiheesta ja pitkäjänteisestä ohjauksesta työn aikana, sekä kultatutkija Kari Kinnuselle osuvista neuvoista ja innostamisesta kultatutkimusten pariin, sekä professori Vesa Peuraniemelle asiantuntevista neuvoista. Kiitos kuuluu myös kaikille muille minua työssäni avustaneille.

1. JOHDANTO	2
2. AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET	4
3. POHJOIS-SUOMEN GLASIAALINEN KEHITYS	10
4. KULLAN ESIINTYMINEN POHJOIS-SUOMEN MAAPERÄSSÄ	12
5. TUTKIMUSALUE	14
5.1 Kallioperä	15
5.2 Rapakallio	19
5.3 Maaperä	20
5.4 Geokemia	24
6. TUTKIMUSAINEISTO	26
7. TUTKIMUSMENETELMÄT	26
7.1 Kenttätutkimus	26
7.2 Laboratoriotutkimus	30
8. TULOKSET	36
8.1 Moreenin rakenne ja koostumus	36
8.1.1 Stratigrafia	36
8.1.2 Suuntaus	38
8.1.3 Kivilajikoostumus	39
8.1.4 Rakeisuus	40
8.1.5 Savimineraalit	43
8.1.6 Geokemia	45
8.2 Kultarakeiden rakenne ja koostumus	51
8.2.1 Koko ja lukumäärä	51
8.2.2 Pyöristyneisyys	52
8.2.3 Muoto	57
8.2.4 Pintatekstuuri	59
8.2.5 Geokemilliset piirteet	62
9. TULOSTEN TARKASTELU	66
9.1 Moreenin piirteet	66
9.2 Kultarakeiden pyöristyneisyys, muoto ja pintatekstuuri	70
9.3 Kultarakeiden reunavyöhykkeet, mikrokultakiteet ja muut geokemialliset piirteet	73
10. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	78
11. LÄHDELUETTELO	82
LIITTEET	

1. JOHDANTO

Geologian tutkimuskeskuksen Pohjois-Suomen kultatutkimushankkeessa aloitettiin Sodankylän Ruosselässä kultatutkimukset vuoden 1999 alussa. Vuotson ja Tankavaaran ympäristöt olivat yleisen kiinnostuksen kohteena jo 1950-luvulla, jolloin Esa Hyypä johti Lapin kultatutkimuksia (Varjos 2002). 1970-luvun alkupuolella kiinnitettiin huomiota Ruosselän graniitin lämpövaikutuksen tuottamaan malmipotentialisuuteen (Nenonen 1975). Keski-Lapissa tehtiin 1970–90-luvuilla moreenin alueellinen geokemiallinen kartoitus (Gustavsson & al. 1979, Salminen 1995). Aluksi näytteenotto tehtiin 0,5–2 km välein olevilta linjoilta 100 metrin pistevälein, jonka vuoksi se tunnetaan myös ns. linjamoreeninäytteenottona. Näytteistä analysoitiin < 0.06 mm fraktio. Tutkimukset paljastivat 150 km² laajuisen kulta-anomalian ja moreenin keskimääräinen kultapitoisuus Ruosselässä 100 km² alueella oli 9,4 ppb. Lisäksi sadassa näytteessä kultapitoisuus kohosi 20 ppb:n tasolle. Näytteenotossa siirryttiin 1980-luvun alussa tasaväliseen pisteverkkoon, jossa pistetiheys oli 1 näyte 4 km²:ä kohden. Tällöin linjamoreenitutkimuksen näytteistä muodostettiin yhdistämällä uudet näytteet vastaamaan uutta pistetiheyttä (Salminen 1995).

Ruosselän alueen eteläosassa tehtiin tarkempi esitutkimus vuonna 1988, jolloin raskasmineraalitutkimuksissa löydettiin useista näytteistä melko pyöristymättömiä kultarakeita (Pulkkinen & Salmirinne 2006). Tutkimuksissa paljastui laaja kulta-anomalia Ruosselän graniittikompleksin ympärillä ja raskasmineraalirikasteista löytyi kultarakeita (Salminen 1995). Moreenin kulta-anomaliaihin liittyi lisäksi merkittäviä Te-, Cu- ja Mo-pitoisuuksia (Pulkkinen & Salmirinne 2006).

Tähän tutkimukseen kuuluvat maastotyöt aloitettiin syksyllä 2001 ja niitä jatkettiin syksyllä 2002 ja kesällä 2003. Yhteensä 5kk kestäneet itsenäiset maastotyöt olivat pääasiassa näytteenottoa ja näytekäsittelyä. Moreeninäytteenotot tehtiin alueellisten tutkimusten mukaisesti käyttäen samaa metrin syvyyttä näytteenotossa. Lisäksi paikoitellen otettiin lisänäytteitä syvemmältä moreenista. Tutkimusten aikana alueelta löydettiin kaksi kultaminalisaatiota, joista toinen on tutkittu tarkemmin. Molemmat kultaesiintymät liittyvät karbonaattiutumiseen, serisiittyymiseen ja kiisuuntumiseen

(Pulkkinen & Salmirinne 2006). Koko Ruosselän alueen tutkimusaineisto raportoidaan KTM:n vuoden 2006 aikana.

Tämän liseniaatti – tutkimuksen pääpainona on Ruosselän alueen moreenissa olevien kultarakeiden tutkimus ja analysointi sekä niitä ympäröivän moreenin rakenne ja koostumus. Tarkoituksena oli soveltaa monipuolisesti maaperägeologisia ja hippuanalyttisiä menetelmiä malminetsintään, sekä testata hippitutkimuksen sopivuutta tutkimusalueelle. Ruosselän kultaraetutkimuksella oli tarkoitus saada uusi näkökulma kullan etsintään Keski-Lapin vihreäkivialueella.

2. AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET

Geokemiallisen tutkimuksen tehtävänä on kartoittaa alkuaineiden levinneisyyttä maaperässä ja edesauttaa siten raaka-ainevarojen löytymistä, kuten muutakin tutkimusta. Suomessa jäätikkösyntyinen moreeni peittää peruskallion lähes kaikkialla, joten se on luonnollinen valinta niin alueellisen kuin kohteellisenkin geokemiallisen kartoituksen näytemateriaaliksi. Koska moreeni on peräisin pääasiassa alla olevasta kalliosta, siinä havaittavat alkuaineiden pitoisuudet heijastavat alla olevan kallioperän koostumusta kohtalaisen hyvin. Geokemiallisen kartoituksen tulokset antavatkin luotettavan kuvan varsin suuren alkuainejoukon jakautumisesta moreenissa. Tietyn metallin taustaa selvästi korkeammat pitoisuudet kertovat yleensä malmipotentialaisen kohteen läheisyydestä. Kullan jalometallisen luonteen vuoksi itse kultarakeet eivät välttämättä seuraa maaperässä niitä alkuaineita, joihin kulta primäärisesti liittyi kallioperässä. Tästä syystä moreenin geokemian avulla tapahtuvassa kullanetsinnässä korostuu kultapitoisuuksien ohella mineralisaation heijastuminen seuralaisalkuaineiden muodostamana aureolina ympäröivään moreeniin. (Gustavsson et al. 1979, Pulkkinen 1992, Salminen 1995)

Kompleksisen moreenistratigrafian alueella ei saada välttämättä yhteyttä alla olevaan kallioon, joten myös stratigrafian selvittäminen on usein hyödyllistä. Moreenin kulkeutumismatkaa ja -suuntaa voidaan selvittää lähinnä suuntauslaskujen, kivilaskujen (Hirvas et al. 1977), geokemian anomalioiden (Kauranne & Tanskanen 1980, Pulkkinen et al. 1980) ja suskeptibiliteettimittausten (Puranen 1977, Pulkkinen et al. 1980) avulla. Kun tehdään tutkimusta rapakallioalueella, täytyy rapakallion vaikutus huomioida. Sen päällä olevan moreenin hienoaineksessa on aina mukana rapautumistuotteita ja moreenin huokostilavuuden on todettu olevan kymmenkertainen tavalliseen verrattuna (Nieminen & Kellomäki 1982).

Alkuaineiden heijastumista moreenin geokemiaan on tutkittu Suomessa 1950-luvun alusta lähtien. Käytännössä Kauranne (1958) loi moreenigeokemian käytön periaatteet malminetsintään. Menetelmää on Pohjoismaiden (mm. Nurmi 1976, Gustavsson et al. 1979, Peuraniemi 1981) lisäksi käytetty Pohjois-Amerikassa ja etenkin Kanadassa (mm. DiLabio 1981, MacEachern & Stea 1985, Averill 2001, Klassen 2001, McClenaghan 2001). Maailmalla vastaavanlaisissa geokemiallisissa kartoituksissa on

laajalti käytössä mineraalinen purosedimentti. Jäätiköityneillä alueilla se antaa vasta toisen generaation anomaliakuvion alla olevan kallioperän alkuainejakaumasta, koska sedimentin lähtömateriaalina on moreeni (Salminen 1995). Näyttemateriaalina voidaan käyttää tilanteesta riippuen myös järvisedimenttejä, vettä, turvetta, glasifluvialaista ainesta, kasvien osia, maannosta ja vanhaa lunta. Sovellettu geokemia onkin todennäköisesti yksi tehokkaimmista malminetsintämenetelmistä, kunhan vain näyttemateriaalin valinta on onnistunut.

Kulta on kemiallista ja mekaanista rapautumista hyvin kestävä ja säilynyt ja rikastunut maaperässä muihin sen seurassa alun perin olleisiin mineraaleihin nähden. Kulta esiintyy yleensä metallisena kultana, jonka mineraalinimitykset ovat natiivi kulta (Au) ja kulta-amalgaami, (Au,Ag)Hg. Kullan primäärimalmit ovat muodostuneet yleensä hydrotermisistä liuoksista ja ne ovat tavallisesti juonimalmeja, joiden merkittävien harmeminaali on kvartsi. Puhdas kulta (> 99 % Au) on luonnossa erittäin harvinainen ja yleensä kulta muodostaakin lejeerinkejä useiden eri metallien kanssa, tärkeimpinä niistä Ag, Cu, Hg, ja PGE(Pt, Pd, Rh, Ir, Os) (Berman 1998). Hopea on kullan epäpuhtauksista merkittävin ja luonnossa metallinen kulta esiintyykin tavallisesti Au-Ag lejeerinkinä, joka sisältää vaihtelevia määriä muita metallisia epäpuhtauksia. Elektrum-nimitystä on käytetty kullasta, jossa Ag-pitoisuus on vähintään 20–30 % ja enintään 45 %, mutta osa tutkijoista käyttää nimitystä aina kun kyseessä on Au-Ag seos (Shikazono & Shimizu 1988). Kullan nimettyjä mineraaleja (pääasiassa Ag, Pb, Sb, Cu, Te ja S yhdisteinä) on yhteensä 30 (Kinnunen 1997). Suurin osa kullan alkuaineista tulee kuitenkin hippujen sulkeumista, joita löydetään jopa hyvin kuluneiden ja litistyneiden hippujen sisäosista (Koshman & Yugay 1972). Näitä ovat yllämainittujen alkuaineiden lisäksi runsausjärjestyksessä Fe, Pb, Sb, As, Mn, Zn, Bi, Sn, Ti, Cr, Mo, W, Co, Ni ja V (myös Se ja S). Käytännössä melkein aina näiden pitoisuus jää alle 0,5 p%. (Berman 1998) Arseenin, Bi:n, Sb:n ja Te:n esiintymistapa moreenin hienoaineksessa on hyvin samanlainen kuin kullan. Koska ne esiintyvät rikastuneina hydrotermisissä muodostumissa, voidaan niitä käyttää apuna etsittäessä kultamalmeja. Kulta voi esiintyä niiden kanssa myös yhdisteinä (Koljonen 1992).

Maankuoressa kullan keskipitoisuus on 1,5 ppb. Ultramafisissa kivilajeissa pitoisuus on keskimäärin 0,5 ppb ja liuskeissa, graniiteissa ja granodioriiteissa 2 ppb. Moreenin

hienoaikaisen Au-pitoisuuden mediaani on koko Suomessa 0,6 ppb (Koljonen 1992) ja Pohjois-Suomessa 1,1 ppb (Pulkkinen 1996). Kallioperässä kullan taustapitoisuudet ovatkin hyvin pienet ja malmiluokan pitoisuuksiin tarvitaan usein jopa kymmentuhatkertainen rikastuminen (Pulkkinen 1992). Suomessa kulta esiintyy rikastuneena lähinnä kiisumalmeissa, kvartsijuonissa ja metamorfoituneissa vulkaanisissa kivilajeissa (Koljonen 1992). Kulta saattaa esiintyä myös sulkeumina sulfideissa, jolloin moreenin pintaosiin joutuneista kiisuista on postglasiaalisen rapautumisen myötä konsentroitunut kultaa (Saarnisto & Tamminen 1990).

Alluviaalisista upamalmeista tyyppiesimerkkinä ovat Lapin kultahiput. Perinteisiltä kullanhuuhdonta-alueilta löytyvät kookkaat kultahiput ovat yleensä peräisin kvartsi(-karbonaatti)juonista esiintymän syntytavasta ja –ympäristöstä riippumatta, eivätkä ne ole siitä syystä hyviä indikaattoreita malminetsinnässä. Pienet, hengettömät kultarakeet voivat sen sijaan antaa viitteitä kultamineralisaatioiden luonteesta (Kinnunen 1997). Aivan viime vuosina pienten kultahippujen ja -rakeiden lähtömalmin jäljittämistä onkin julkaistu useampia laajoja kansainvälisiä tutkimuksia. Berman (1996) on esittänyt kattavan yhteenvedon venäläisten hippukultatutkimusten tuloksista aina Petrovskayasta (1952) alkaen. Hipuista- ja kultarakeista on tutkittu niiden mineralogisia ja geokemiallisia piirteitä, mukaan lukien rakeiden koko, muoto, pyörityneisyys, litistyneisyys, pintatekstuuri, väri, kemiallinen koostumus, mineraalisulkeumat, fluidisulkeumat ja niiden koostumus, yhteenkasvettumat, hienousaste sekä rakeiden sisäinen rakenne. Hienoa kultaa esiintyy yleensä sulfidimuodostumisissa, kun taas karkeampi kulta ja hiput ovat tyyppillisesti peräisin sulfidiköyhistä kulta-kvartsijuonista. Kultarakeiden kokoon vaikuttavat myös malmityyppi sekä rakeita ympäröivän mineraalimatriksin koostumus. Placer-kullassa esiintymän tyyppi ja kullan sijainti siinä vaikuttavat kokojakaamaan. Muotoon vaikuttavat mm. kerrostumispaikan väliaineen läpäisevyys, malmiliuosten koostumus ja malmin muodostumisen fysiokemialliset olosuhteet. Maanpinnan lähellä syntyneen malmin rakeet vaihtelevat yleensä paljon muodoltaan. Pyöreys on läheisessä suhteessa kultarakeiden alkuperäiseen muotoon, kuljetusmatkaan ja -oloihin, sekä aikaan jonka rae on ollut maaperässä. Sulkeumat ja yhteenkasvettumat antavat tärkeää informaatiota lähtömalmin tyyppistä, samoin rakeiden kemiallinen koostumus. Hienousluku on myös hyvin informatiivinen, vaikkakin se voi vaihdella esiintymän sisällä. Kullan väri kertoo sen hienoudesta ja

tietyistä kemiallisista elementeistä. Sisäisen rakenteen perusteella voi Bermanin mukaan olla mahdollista tehdä päätelmiä myös kultarakeiden syntymiseen johtaneista fysiokemiallisista olosuhteista, kuten kiteytymisnopeudesta, liuosten koostumuksesta, malmikerrostuman syntysyvyydestä, lämpötilasta ja isäntäkivien piirteistä. Malmista irtauduttuaan kultarakeiden rakenne on voinut läpikäydä muutoksia, joista kertovat kidemuodostus, rajapintapiirteet, kasvuvyöhykkeet, hienoudeltaan selvästi toisistaan erottuvien alueiden muodot, supergeeninen muuttuminen (reunavyöhykkeet), mikrokultakiteet ja mahdolliset mekaaniset jäljet. Pintatekstuuria on tutkittu vähiten, mutta sen katsotaan kertovan kuljetuksen luonteesta ja matkasta, sekä epäsuorasti placerin geneettisestä ja ekonomisesta tyypistä.

Länsimaissa irtokultaa on tutkittu myös laajalti. Chapman et al. (2001) jäljittivät yli 20 000 kultarakeen alkuperää niiden sulkeumien ja kemiallisen koostumuksen perusteella. Sulkeumien havaittiin indikoivan hyvin kultamalmityyppiä, mikä mahdollistaa tutkimusten kohdistamisen heti taloudellisimmalta vaikuttavan malmin etsintään. Pelkän kemiallisen koostumuksen ei todettu olevan yhtä hyvä indikaattori, sillä saman malmiesiintymän sisällä esiintyi useiden eri koostumustyyppien rakeita. Knight et al. (1999a, b) tutkivat Klondiken alueella noin 2700 kultarakeen kemiallista koostumusta, sekä muodon muutoksista pyöreyttä ja litteyttä. Rakeet pystyttiin jaottelemaan Au-, Ag-, Cu- ja Hg-pitoisuuksien perusteella korkean ja matalan hienouden malmityyppeihin, joista jälkimmäisessä esiintyivät korkeimmat Hg-pitoisuudet. Fluviaalisen kulkeutumismatkan arvioinnissa litteys oli pitemmillä matkoilla selvästi pyörityneisyyttä parempi indikaattori. Myös Leake et al. (1993) jaottelivat esiintymät korkean (15–35 p%) ja matalan (< 10 p%) Ag-pitoisuuden malmityyppeihin laajassa mittakaavassa. Hienouden vaihtelu yksittäisen malmin sisällä ei mahdollistanut kultarakeiden jaottelua tarkempiin ryhmiin, mutta Hg- ja Pd-pitoisuudet indikoivat paremmin lähtömalmin eroavaisuuksia. Lisäksi sulkeumista tehtiin perusteellinen tutkimus. Niiden määrä vaihteli rakeen poikkileikkauksessa muutamasta yli sataan, koon vaihdellessa < 1–60 µm välillä. Driscoll et al (1990) tutkivat kultarakeiden fluidisulkeumia ja petrografisia ominaisuuksia selvittäen siten vielä löytymättömien kultaesiintymien tyyppiä. Eyles (1995) on tutkinut kultarakeiden muotoa ja kokoa sekä niiden suhdetta toisiinsa. Kiekkomaiset ja pallomaiset ovat vähemmän pyöreitä pienikokoisina, kun taas lievästi kiekkomaisten pyöreys kasvaa koon pienentyessä.

Giusti (1986) tutki kemismmin lisäksi hyvin hienojakoisen kullan käyttäytymistä Coreyn muotofaktorin avulla. Mitä pienempi faktorin arvo on, sitä helpommin rakeet kulkeutuvat vedessä. Suurin osa $< 0,125$ mm kultarakeista hukkaantui näytteistä säännöllisesti vaskauksen aikana alla olevasta keräysastiasta huolimatta. Pyöreät rakeet pakenivat näytteestä selvästi vähemmässä määrin kuin hiutalemaisat. Rakeiden hyvin kultapitoinen ulkovyöhyke edisti niiden kellumista veden päällä. Huhta (1988) puolestaan arvioi että spiraalivaskoolilla menetetään $< 0,08$ mm rakeista 28 %. Loen (1995) sivuaa samaa ilmiötä mainitsemalla karkeiden, sulkeumapitoisten kultarakeiden indikoivan malmin läheisyyttä, kun taas hiutalemaisten rakeiden runsaus viittaa pitkään kuljetusmatkaan. Freyssinet et al. (1989) tutkivat kultarakeiden muutosta ehjästä peruskalliosta ylöspäin Etelä-Malin paksun lateriittirapautuman alueella. Pintaan päin mentäessä rakeiden hajonta suureni asteittain, samoin niiden koko pieneni ja naarmuuntuneisuus ja pyörityneisyys kasvoivat. Kulta näytti liukenevan pinnan minikolojen kautta asteittain alemmasta saproliitista cuirasseen. Hopeaa suosivaa liukenemista tapahtui myös hyvin pienten rakeiden sisäosista. Kulta saostui takaisin supergeenisinä $0,25\text{--}1$ μm :n mikrokiteinä hippujen pinnan epätasaisiin paikkoihin, sekä mm. hematitiitti- ja götiittikiteiden päälle. Se saattoi muodostaa myös erittäin ohuen kultakalvon hippuihin. Supergeenihippujen muoto vaihteli pyöreistä oktaedrisiin. Lawrancen (1998) lateriitista tutkimat supergeeniset mikrokiteet olivat puolestaan kaikki erittäin ohuita kuutiollisia levyjä. Venäläisten havaitsema kullan puhtauden kasvu vulkanogeenisissä esiintymisissä vastasi myös Herailin (1991) tulosta; samalla havaittiin kvartsijuonissa Ag-pitoisuuden kasvu. Watterson (1985) on esittänyt mallin maaperän jäätymisilmiön vaikutuksesta kultarakeiden mobilisaatioon ja kerrostumiseen. Öljyputkien korroosiota maaperässä vastaavana liukenemis-saostumismekanismina toimii anioni-kationivaihto.

Suomessa hippitutkimus on myös saavuttamassa vankemman sijan. Tamminen (1986) on tutkinut Ivalojoen alueen kultahippujen kemiallista koostumusta, mineralogialla ja geologista taustaa. Luhta (1987) tarkasteli irtokullan esiintymistä Sotajoen alueella. Hippujen kulkeutumismatka määriteltiin morfologisten ominaisuuksien perusteella. Saarnisto et al. (1990) havaitsivat Ivalojoella tutkittujen hippujen sulkeumien mineraalikoostumuksen riippuvan hipun Ag-Cu-suhteesta. Matalan suhteen hipuissa esiintyi korkean lämpötilan mineraaleja (kuten

arsenopyriittiä) ja päinvastoin. Nikkarinen (1990) tutki moreenista ja sorasta vaskattujen pienten < 1 mm kultarakeiden määrää, muotoa, kokoa ja koostumusta Ilomantsin alueella. Kinnunen (1991) on määrittänyt sekahippujen petrografian perusteella Lemmenjoen alueen irtokullan alkuperäiskivilajeja. Kinnunen (2003) on tutkinut myös monipuolisesti kultapuroilta löydettyjen isomushippujen ominaisuuksia ja julkaissut sekä hippukohtaisia selontekoja että yhteenvedon Lapin kultasekahipuista. Isompien kultahippujen pintatekstuurin tutkimiseen on kehitetty asetaattikalvomenetelmä, mikroskoipoitavan kalvon vastatessa tunnistettavuudeltaan sormenjälkiä (Kinnunen 1995).

3. POHJOIS-SUOMEN GLASIAALINEN KEHITYS

Pohjois-Suomen maa-alasta on moreenia 52,2 % josta moreenimuodostumia 4,3 %. Maaperää peittävät suurimmaksi osaksi ohuehkot peite- ja pohjamoreenit. Erilaisia moreenista kerrostuneita muodostumia ovat aktiivisesti virranneen jäätikön alla syntyneet drumliinit ja flutingit, joista jälkimmäiset ovat viimeisiä aktiivisen mannerjäätikön kerrostumia. Kumpumoreenit ovat syntyneet jäätikön reunavyöhykkeellä ja ne voivat olla syntytavasta riippuen sekä suuntautuneita että suuntautumattomia. Reunamoreenit ovat harvinaisempia Pohjois-Suomessa, mikä johtunee jäätikön tasaisesta perääntymisestä ja lyhytaikaisista pysähdyksistä. Moreenipeitteisiä jäätikköjokimuodostumia esiintyy heikon virtauksen alueella, varsinkin Keski-Lapin jäänjakajavyöhykkeellä.

Hiekka- ja sora-alueet peittävät maa-alasta 7,9 %, josta ranta- ja jokikerrostumien sekä lievehietikoiden osuus on 6,2 % ja jäätikköjokikerrostumien 1,7 %. Glasifluviaaliset muodostumat ovat syntyneet mannerjäätikön sulamisvaiheessa jäätikön alla, sisällä ja päällä virranneiden sulamisvesien mukanaan kuljettamasta materiaalista. Harjut ovat syntyneet yleensä subglasiaalisissa olosuhteissa ja niitä esiintyy melko tasaisesti koko alueella. Ne ovat kerrostuneet usein huuhtoutuneen kallion päälle. Pohjois-Suomen harjujaksot kulkevat sulamisvesitunnelien mukaisesti jäätikön perääntymissuunnassa satojen kilometrin pituisia matkoja, esiintyen keskimäärin 7-15 km etäisyydellä toisistaan. Tunturialueilla voimakkaat maastonmuodot ovat toisaalta aiheuttaneet harjujen kerrostumisen jäätikön vetäytymissuunnassa sijaitseviin laaksoihin. Harjuja muodostaneet jäätikköjoet pystyivät hydrostaattisen paineen ansiosta nousemaan vastamäkeen ja siten ylittämään suuriakin tunturialueita. Jäätikön pinnalla olleisiin avoimiin railoihin on myös voinut syntyä pienehköjä, tasalakisia harjuja, joita on tavattu mm. Saariselän alueelta. Saumamuodostumiin syntyneet harjut ovat yleensä kooltaan huomattavimpia. Rinneharjuja esiintyy paikallisten sulamisvesivirtojen synnyttäminä. Harjujen materiaalin lajittuneisuusaste on suhteessa niitä kerrostaneen virtauksen nopeuteen, lajittuneisuuden kasvaessa virtauksen hidastuessa. (Johansson & Kujansuu 2005)

Jäätikön reunalle lateraalisesti, marginaalisesti ja ekstramarginaalisesti syntyneitä muodostumia on runsaasti. Yleisimpiä niistä ovat deltat, kuivalle maalle kerrostuneet

sandurit, sekä harjudelat. Nopeasti syntyneet purkaussora- ja hiekkakerrostumat ovat muusta glasifluviallisesta aineksesta poiketen yleensä huonosti lajittuneita. Merkittäviä jokikerrostumia on vain jokilaaksoissa sellaisissa paikoissa, joissa jokitoiminta on päässyt kuljettamaan ja uudelleen kerrostamaan jäätikköjokien synnyttämää materiaalia. Rantakerrostumia esiintyy muinaisen Itämeren ja muutamien suurien jääjärvien, kuten Inarin rannoilla. Tuulten kuljettamia kerrostumia on eniten suurten jäätikköjokikerrostumien yhteydessä, esimerkiksi fossilisoituneina dyyneinä Enontekiöllä ja Inarin Muddusjärvellä. Suot ovat hyvin tyypillisiä Pohjois-Suomen maaperässä. Niiden määrä vaihtelee alueittain 10 %:sta yli 60 %:iin pinta-alasta, keski-arvon ollessa 33,2 %. (Suomen Kartasto 1992)

Sulamisvesien synnyttämiä kulutusmuotoja ovat etupäässä erilaiset uomat ja kurut. Syntyolosuhteilla on suora yhteys syntyneisiin kulutusmuotoihin; määrittävinä tekijöinä ovat sulamisveden määrä ja syntypaikan suhde jäätikön reunaan. Subglasiaaliset uomat, kurut, rotkot ja hioutuneet kalliopinnat syntyivät jäätikön pohjalla hydrostaattisen paineen alaisina. Kulutusvoima oli suurimmillaan tunturin harjan ylityskohdan jälkeen paineisen virtauksen kääntyessä alaspäin. Jäätikön reunalla virranneet sulamisvedet synnyttivät kookkaita, usein lyhytkestoisia reunauomia. Jäätikön sivulle rinteeseen syntyi pieniä, peräkkäisiä lieveuomia. Niiden avulla on usein pystytty selvittämään deglasiaation tarkempaa kulkua. Jäätikön reunan läheisyyteen syntyi suuria ekstramarginaalisia uomia, sekä ns. riippuvia satulakuruja. Paikallisesti glasifluviallinen eroosio synnytti hiidenkirnuja. Jäätikköjokieroosion osin paljaaksi huuhtomiin laaksoihin kuuluvat esimerkiksi Utsjoki ja Kevo. Myös jääjärvien lasku-uomat leikkautuivat usein kallioon asti. (Johansson & Kujansuu 2005)

4. KULLAN ESIINTYMINEN POHJOIS-SUOMEN MAAPERÄSSÄ

Jäätikön sulamisvesitoiminnan seurauksena maaperässä ja rapakalliolla ollut irtokulta kulkeutui ja kerrostui uomien ja jokilaaksojen reunoille. Syntyneiden kultapitoisten sora- ja hiekkakerrostumien eli placereiden esiintyminen vaihtelee alueittain. Lapin merkittävimmät kulta-alueet ovat Ivalojoen ja Lemmenjoen jokilaaksojen ja purojen varsilla. Lemmenjoen ja Ivalojoen-Tankajoen kullasta valtaosa on granuliittialueella, jossa kultapitoiset kvartsijuonet ovat yleisiä. Raskaana mineraalina kulta jää useimmiten lähelle synnyinaluettaan (Johansson & Manninen 2004). Ivalojoella kultaa esiintyy pääuoman lisäksi etelästä laskevien sivujokien laaksoissa. Alueittain lieveumat ovat olleet merkittäviä irtokullan rikastajia synnyttäen laakson rinteisiin terassipankkeja. Pintakultakerrostumat ovat syntyneet usein juuri lieveumien yhteyteen, kun taas rikkaampiin pohjakultakerrostumiin aines on kasautunut jo aiemmassa vaiheessa. (Luhta 1987) Kultaa esiintyy Ivalojoen alueella lisäksi mm. lieveumien kokoojauomissa, ekstramarginaalisissa paleosärkissä, sekä jääjärven lasku-uoman terassisorassa (Peronius 1989). Nykyiset, viimeisen deglasiation aikana syntyneet kultaesiintymät ovat usein uudelleenkerrostuneita aiemmin syntyneistä placereistä.

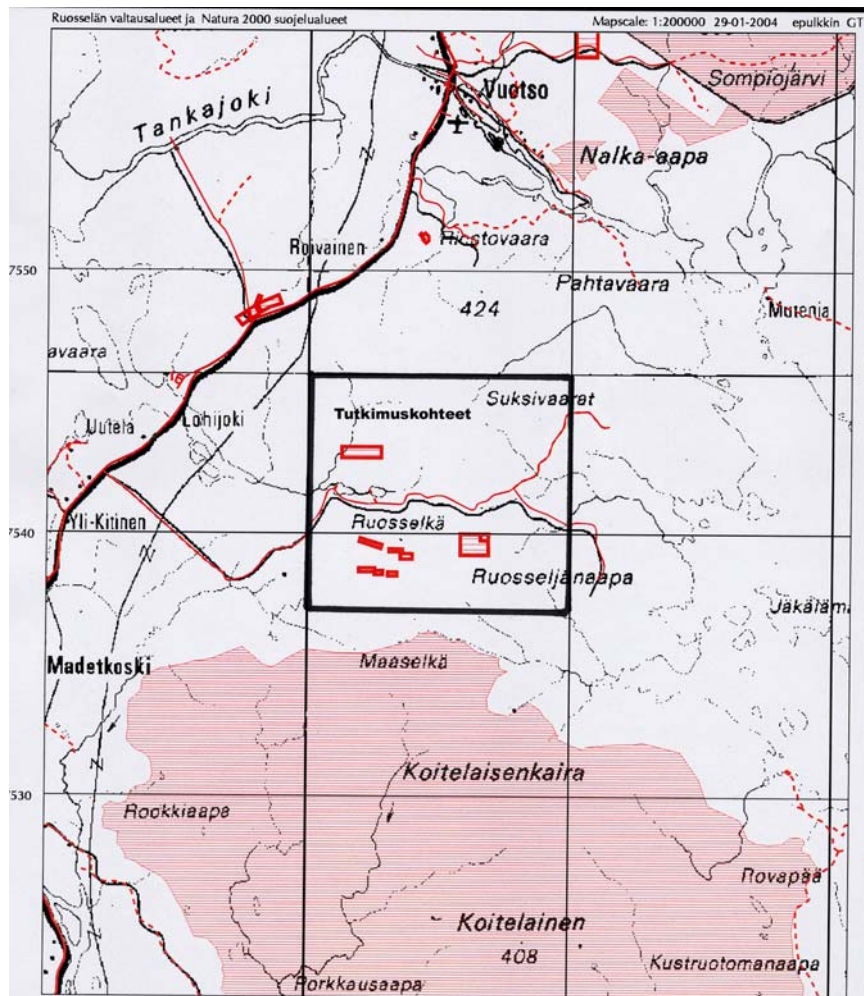
Placereiden muotoon ja kokoon vaikuttavat jokilaaksojen topografia, sekä jäätikön sulamisvaiheessa vallinneet olosuhteet. Eniten kullan rikastumiseen ovat vaikuttaneet pohjan topografiset tekijät. Ivalojoella laajimmat placerit esiintyvät tasapohjaisissa, syvissä ruhjelaaksoissa. Mitä suuremmat vesimassat ovat rikastaneet kultaa, sitä pienempi kaltevuus on ollut siihen riittävää. Kultapankit sijaitsevat miltei poikkeuksetta jokien sisämutkissa. Placerissa esiintymän yläpäähän rikastuvat keskimäärin karkeammat hiput. Poikittaissuunnassa kullan karkeus vaihtelee siten, että kevyimmät hiput rikastuvat sisempään reunaan. (Luhta 1987) Kulta näyttää rikastuneen usein esteiden, kuten kallioharjojen ja kivilohkareiden eteen. Suurin osa kullasta on todennäköisesti peräisin paikallisista mineralisaatioista, mutta hyvin hienorakeinen kulta voi olla kaukaakin kulkeutunutta.

Moreenin, glasifluviaalisen ja fluviaalisen aineksen kulkeutumista on verrattu kivilajisuhteiden perusteella Tenon laaksossa (Johansson & Kujansuu 2005). Moreenaineksestä 90 % oli paikallista, < 2 km kulkeutunutta. Glasifluviaalisesta

aineksesta puolestaan 75 % oli kulkeutunut > 5 km:n ja fluviaalisesta 70 % > 10 km:n päästä. Soklin harjusta tehtyjen raskasmineraalitutkimusten perusteella osa materiaalista oli kulkenut vähintään 80 km. Moreenia huomattavasti pidemmän kulkeutumismatkan takia virtaavan veden kuljettaman ja kerrostaman materiaalin lähtöalueita on huomattavan vaikea kartoittaa. Seassa on yleensä aina myös vanhempien placereiden uudelleenkerrostunutta materiaalia.

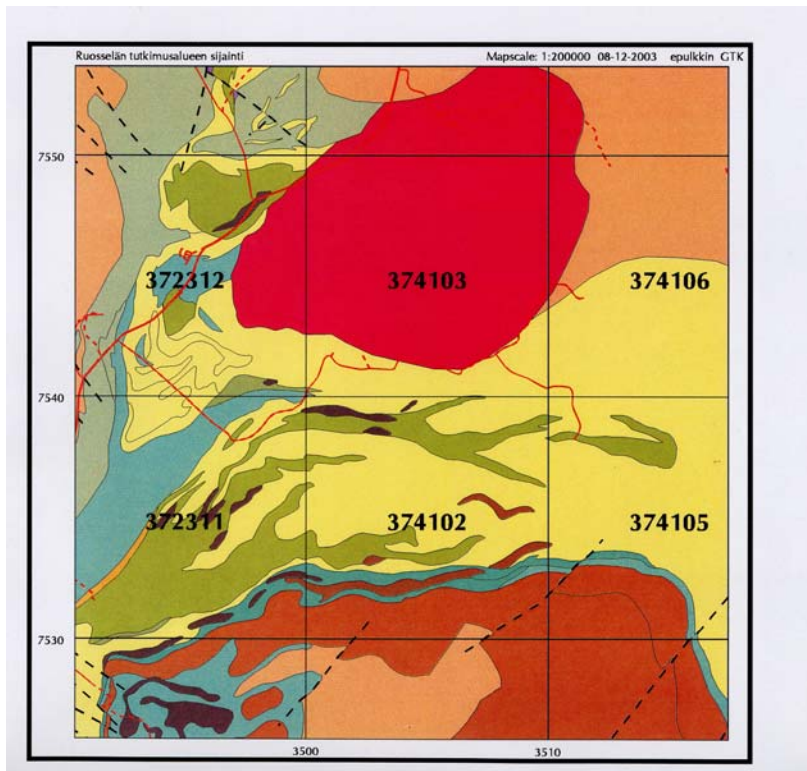
5. TUTKIMUSALUE

Tutkimusalue sijaitsee Sodankylän kunnassa noin 70 kilometriä Sodankylän kirkonkylästä pohjoiseen, Vuotson kylän eteläpuolella (Kuva 1). Tutkimusalueesta käytetään nimitystä Ruossekä. Tutkimuskohteina ovat olleet Ruosselässä sijaitsevat Sakiatieva, Urakkaselänpalo ja Lohipalo. Alueelle pääsee metsäautoteitä pitkin, ja useimmat kohteet ovat tavoitettavissa maastoautolla. Tutkimukset pro gradua varten aloitettiin Sakiatievasta ja Urakkaselänpalosta, jotka sijaitsevat 20 km nelostieltä itään päin ja tutkimuksia laajennettiin myöhemmin vähän pohjoisempana sijaitsevan Lohipalon alueelle. Kohteet ovat Lokan tekoaltaan länsipuolella karttalehtien 3723 ja 3741 alueilla. Ruossekä on Metsähallituksen omistamaa erämaa-aluetta, jonka elinkeinoina ovat lähinnä metsätalous ja poronhoito.



Kuva 1. Tutkimusalueen sijainti. Ruosselän valtausalueet on merkitty punaisilla laatikoilla ja Natura 2000 suojelualueet punertavalla viivoituksella. Kuva Pulkkinen 2004.

Tutkimusalue kuuluu pääasiassa gneissi-migmatiittivyöhykkeeseen ja rajoittuu etelä- ja itäosasta Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeeseen ja kaakkoisosasta arkeisiin vihreäkiviin (Lehtinen et al., 1998). Lehtosen et al. (1998) mukaan alueella on proterotsooisia ja arkeisia liuskevyöhykkeitä sekä arkeisia graniittigneissejä (Kuva 3). Kallioperä koostuu pääpiirteissään Sodankylän ryhmän kvartsiiteista, Savukosken ryhmän metasedimenteistä ja –vulkaniiteista sekä näitä intrudoivista gabroista ja Nattastyypin graniiteista (Luukkonen 1988, Nissinen 1988, Lehtonen et al., 1998).



Kuva 3. Ruosselän kallioperä (Lehtonen et al. 1998). Valtatie nro 4 ja siitä erottuva tiestö on kuvattu punaisella. Kivilajisymbolit ovat samat kuin kuvassa 2.

Alueella tehtyjen tutkimusten kuluessa tiedot kallioperästä ovat tarkentuneet. Ruosselän graniittikompleksin eteläosassa graniitti esiintyy 1–30 metrin paksuisina juonina. Paksuimmat juonet ovat karkearakeisia ja niissä on paikoitellen kalimaasälpäкитеiden ympärillä 1–2 mm:n paksuinen plagioklaasikehä. Juonien yhteydessä on paikoitellen tiilenpunaista kvartsiporfyryriä. Lisäksi alueen kairauksissa on lävistetty 0.1–1 metrin paksuisia vaaleanharmaita granitoidijuonia. Ne ovat paikoitellen rikkikiisu- ja turmaliinipitoisia. Ohuimmat, 10–30 cm paksut juonet Sakiatievassa ovat apliittisia, kellanharmaita tai lievästi punertavia ja niiden

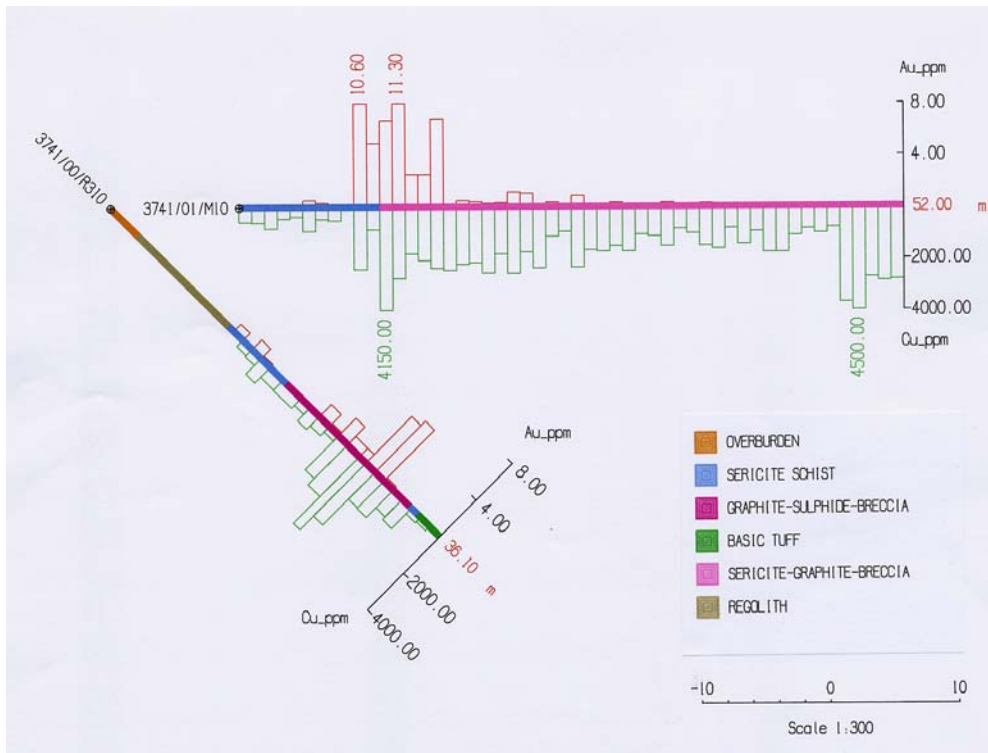
läheisyydessä on kultarikastumia. Yhdestä juonesta saatiin totaalisäteilyksi skintillometrillä mitattaessa 9000 cps.

Metasedimenttien karbonaattipitoiset osat ovat graniittien kontaktissa muuttuneet kontaktimetamorfoosin tuloksena reaktiokarsiksi, jotka ovat paikoin kiisuuntuneet ja serisiittytyneet. Fylliittiset osat ovat lievästi grafiittipitoisia ja kiisuuntuneita, mikä aiheuttaa useimmiten geofysikaalisissa maastomittauksissa havaitut johteet. Sakiatievan alueella happamat vulkaniitit ovat tuffeja. Ne ovat grafiittirikkaita, serisiittytyneitä, karbonaattiutuneita ja kiisuuntuneita.

Kultamineralisaatiot

Ruosselän Sakiatievan kultaesiintymän isäntäkivi on kloriitti-amfiboliliuske, joka kuuluu Sodankylän Sattasvaaran tyyppisiin metakomatiitteihin. Sakiatievan kultamalmi on syntynyt hydrotermisesti. Sille on tyypillistä lähtökivilajin karbonaattiutumisen (CO_2 -metasomatoosi), biotiittiytyminen ja serisiittytyminen (K-metasomatoosi). Tutkimusojan M10 alkupäässä on 7 m täysin muuttunutta ja pitkälle rapautunutta serisiitti-karbonaatti-kiisukiveä, jonka keskimääräinen Au-pitoisuus on 6 ppm, maksimi 11,5 ppm ja minimi 2,5 ppm (Kuva 4). Tutkimusojan loppuosassa kultapitoisuudet vaihtelevat 1,5–0,05 ppm:n välillä (Kuva 5). Montun M10 alle kairattujen reikien näytteissä Cu-pitoisuus ei yllä malmiksi asti (max 0.54 %), mutta se on hyödynnettävissä kullan oheistuotteena. Kairasydänten päämineraalit ovat kvartsia, serisiittiä, kloriittia, grafiittia ja kiisuja. Malmassa on myös Ag- ja Au-antimonideja. Hienorakeista kultaa on sulkeumina kupari-, rikki- ja magneettikiisuisissa sekä karbonaateissa. Kiisujen rapauduttua kulta on rikastunut rapaumaan.

Urakkaselänpalon magnetiittipiroitteisessa amfiboliitissa on merkkejä Au-pitoisesta FeOx-malmista.



Kuva 4. Profiili Sakiatievan kultamalmista (Pulkkinen 2004). Kivilajit sekä Au- ja Cu-pitoisuudet on esitetty värisymbolein. Ylemmän kuvan tulokset on saatu tutkimusojan M10 rapakallionäytteistä ja alemman kuvan kairasydänprofiilista R310.



Kuva 5. Tutkimusoja M10. Kuvassa on grafiitin (sinertävä) breksioimaa kiisuliuskettä (ruskehtava). Kallio on pitkälle rapautunutta. (Kuva Vilho Mäntynen 2001)

5.2 Rapakallio

Keski-Lapin alueella esiintyy yleisesti preglasiaalista rapakalliota, jota muita alueita heikompi glasiaalieroosio ei ole kyennyt kokonaan poistamaan (Boulton 1984, Kujansuu & Niemelä 1984, Sutinen 1992). Sitä on 150 km leveällä luode-kaakko-suuntaisella vyöhykkeellä, joka on osittain sama kuin jäänjakajavyöhyke. Rapakallio on syntynyt pääasiassa ennen pleistoseenikauden jäätiköitymisiä, todennäköisimmin liitu- ja tertiäärikausien aikana (Islam et al. 2002). Paleogeenin ja neogeenin (ent. tertiäärin) kesto oli noin 60 miljoonaa vuotta ja ilmasto oli sen aikana lämmin ja kostea. Nykyisin kemiallinen rapautuminen on voimakkainta kuumalla ja kostealla päiväntasaaja-alueella. Siitä syntyvää maannosta kutsutaan lateriittiseksi maannokseksi ja sille on tyypillistä muodostuman keskiosien kaoliniitti- ja montmorilloniittisavikerros. Vuotson alueelta on löytynyt paikoitellen pitkälle kehittyntä kemiallista rapautumaa moreenin ja terveen kallion välistä. Se on rinnastettavissa syntyolosuhteiltaan ja koostumukseltaan tropiikin lateriittisiin rapautumiin. Se edustaa rapautumaprofiilin syvimpiä leikkauksia, joissa kallion rakenteet ovat vielä näkyvissä. Ulkonäöltään se on saippuamaisen liukasta massaa, jonka väri on lähtökivilajista riippuen ruskeaa, kellertävää, vihreää tai mustaa (Pulkkinen 1985). Sakiatievan malmissa aines on väriltään lähinnä kellanruskeaa. Kemiallista rapautumaa on tutkittu esimerkiksi Mäkärän kultatutkimuksien yhteydessä ja se koostuu pääasiassa kaoliniitistä, montmorilloniitistä ja vermikuliitistä. Seassa on paikoitellen rapautumattomia kvartsirakeita ja osittain rapautunutta maasälpää.

Kemiallinen rapautuminen kohdistuu mineraalirakeiden pintaan. Siinä helposti liukenevat aineet uuttuvat ja kulkeutuvat pois, kun taas vaikealiukoisemmat yhdisteet rikastuvat paikoilleen. Graniittigneissistä poistuu rapautuessa pääasiassa Mg, Ca, Na sekä K ja rikastumista tapahtuu lähinnä Fe:n suhteen. Amfiboliitti on köyhtynyt Si-, Mg-, Ca- sekä Na:n suhteen ja rikastunut Ti-, Al-, Fe-, Mn- ja K:sta. Granuliittinen rapautuma on köyhtynyt Mg-, Ca-, Na- sekä Si:n suhteen ja rikastunut eniten Al:sta ja Fe:sta. Rapautumisen tuloksena graniittigneissistä on syntynyt kaoliniittia, vermikuliittia, Fe-hydroksideja ja hematiittia. Amfiboliitista on syntynyt hematiitin sijasta leukokseenia ja granuliitista kaikkien edellisten lisäksi halloysiittia. Jälkimmäistä on tavattu useiden eri kivilajien rapautumista Vuotson alueella (Peuraniemi & Islam 1993, Islam et al. 2002). Kallioperän täydellisestä kemiallisesta

rapautumisesta jäävät jäljelle yleensä Al- ja Fe-oksidiin ja jalosilikaattien lisäksi hitaasti rapautuvat residuaalimineraalit kuten kvartsi, albiitti ja kalimaasälpä (Koljonen 1992). Muutamain paikoin Keski-Lapin rapakallioalueella on havaittu monien hivenmetallien rikastuneen voimakkaasti rapautumaan ja tätä kautta myös rapautuman päällä olevaan moreeniin (Peuraniemi 1990). Jos kultaa tai muita jalometalleja on alkujaan läsnä, rikastuvat myös ne rapautumisessa. Kemiallista rapautumista edeltävää mekaanista rapautumista aiheuttavat puolestaan lämpötilanvaihtelut, minkä seurauksena kiinteä kiviaines hajoaa soraksi ja hiekaksi. Graniittialuilla mekaanisesti hajonnutta kiviainesta kutsutaan moroksi.

5.3 Maaperä

Pohjois-Suomen maaperää peittää suurimmaksi osaksi peite- ja pohjamoreeni, ja maaperä on yleensä ohut (Aario & Peuraniemi 1991). Moreenimuodostumat ovat tavallisia ja esimerkiksi erityyppisiä kumpumoreeneita esiintyy niin Pohjois- kuin Etelä-Lapissakin (Aario 1990). Jäätikköjokikerrostumat, kuten harjut, deltat, sandurit ja jään reunan muodostumat ovat jakautuneet Pohjois-Suomeen tasaisesti. Keski-Lapin jäänjakaja-alueella kerrostuminen on ollut vähäisempää ja maaston muodot ovat melko tasaisia. (Kujansuu & Niemelä 1984, Suomen Kartasto 1992) Viimeisen jäätiköitymisen sulamisvaihetta edustavia harjuja sekä sulamisvesiuomia on hyvin vähän, mikä kuvastaa jäätikön olleen reunaosastaan rikkonainen ja sulaneen paikalleen. Vuotson alueen harjujaksoista vanhempi on moreenipeitteinen ja sen on tulkittu syntyneen jo varhais- tai keski-Veikselin deglasiaatiovaiheessa. Nuorempi harjujakso, johon kuuluu esimerkiksi Tankavaaran harju, on kerrostunut viime deglasiaatiovaiheessa. Alueella esiintyy myös lieveuomia ja Tankavaaran lounaisrinteellä on sarja marginaalisia uomia. (Johansson & Kujansuu 2005) Suurimmassa osassa Keski-Lappia soita on noin 50–60 % maa-alasta.

Maaperän muodostanut glasiaalihistoria on ollut monivaiheinen. Pohjois-Suomessa on ollut ainakin viisi mannerjäätikön virtaus- ja kuljetusvaihetta, josta ovat todisteena erikäiset moreenipatjat (Hirvas 1991). Patjat on nimetty I-V niitä kuljettaneiden virtausvaiheiden mukaan (Kuva 6, s. 19). Ne koostuvat useista pienemmistä stratigrafisista yksiköistä eli kerroksista. Moreenipatjojen välissä esiintyy usein

lajittunutta ainesta vaihtelevan paksuisina kerroksina. Paikoin niiden välistä on tavattu myös ohuita orgaanisia sedimenttejä, turvetta ja piimaata. Virtausvaiheita vastaava moreenistratigrafia vaihtelee eri puolilla Pohjois-Suomea. Keski-Lapin laajalla jäänjakajavyöhykkeellä, jossa glasiaalieroosio on ollut heikkoa, esiintyy paikoitellen kaikki viisi eri-ikäistä moreenipatjaa. Moreenipatjoja IV ja V on tavattu kuitenkin vain harvoin syvimpien leikkausten pohjilta, esimerkiksi Tankavaarasta (Kujansuu & Hyyppä 1995), eikä niistä ole siten saatavilla kovin tarkkaa tutkimustietoa.

Jäätikön viimeisin eli nuorin virtausvaihe I liittyy Veiksel-jäätikön sulamiseen. Kerrostunut moreeniaines on enimmäkseen ablaatiomoreenia ja vain paikoin pohjamoreenia. Virtausvaiheen I aikana jäätikön kuluttava ja kerrostava toiminta on ollut hyvin vähäistä ja se on kohdistunut lähinnä aikaisemmin kerrostuneeseen ainekseen. Jäätikön sulamisvaiheessa on tapahtunut myös paikallista uudelleen etenemistä. Hirvaksen et al. (1977) mukaan ilmaston muutoksista kertovat patjojen I ja II välissä esiintyvät hiekka- ja sorakerrokset sekä patjassa II esiintyvät routakiilat. Jäätikön viimeisen sulamisvaiheen aikana kerrostunut moreenipatja I on yleensä varsin ohut, keskimäärin 1,3m. Keski-Lapin alueella vaiheen kerrostumat ovat vähäisiä.

Virtausvaiheen II aikana Veiksel-jäätikkö eteni huomattavasti. Jäätikkö virtasi Etelä-Lapissa länsiluoteesta itäkaakkoon ja Keski-Lapissa keskimäärin lännestä itään ja Pohjois-Lapissa lounaasta koilliseen. Virtaus on noudatellut pääpiirteissään kallioperän suurmuotoja. Jäänjakaja sijaitsi Keski-Lapissa, jossa jäätikön virtaussuunnan määrittäminen on ollut hankalaa suuntauksien poiketessa huomattavasti toisistaan. Tämän on ajateltu johtuvan jäänjakajavyöhykkeen kylmäpohjaisten jäätiköiden heikosta, vanhoja suuntauksia osin säilyttäneestä glasiaalieroosiota (Johansson & Kujansuu 2005). Jäänjakajan sijainnissa tapahtuneiden pienten muutosten on myös katsottu aiheuttaneen huomattavia paikallisia virtaussuunnan muutoksia (Hirvas et al. 1977). Vuotson alueella moreenipatjassa II todettujen kahden toisistaan poikkeavan myöhäis-Veikselkautisen virtaussuunnan on tulkittu edustavan kahta eri jäätiköitymisvaihetta. Alueen harjujaksot vastaavat tulkintaa. Keski-Lapin alueella myös moreenipatja II on ohuehko, keskimäärin 1,9 metriä. Väriltään se on useimmiten ruskea ja selvästi runsaskivisempi ja tiiviimpi kuin moreenipatja I. Jäänjakajavyöhykkeen ulkopuolella

jäätikön virtaus on ollut voimakasta ja sen aikana on syntynyt huomattavia moreenimuodostumia. (Johansson & Kujansuu 2005)

Virtausvaiheessa III jäätikkö virtasi luoteesta kaakkoon lukuun ottamatta pohjoisinta Lappia, missä virtaus tapahtui etelälounaasta pohjoiskoilliseen kohti Jäämerta. Jäänjakaja sijaitsi Suomessa Saariselän eteläpuolella ja lännempänä Kölin vuoriston lähellä. Jäätikön toiminta on ollut erittäin voimakasta ja jäätikön virtaus on myötäillyt vain vähän kallioperän suurmuotoja. Keski-Lapissa tätä vaihetta voidaan pitää tärkeimpänä moreeniaineksen kuljettajana. Moreenipatja III on ylempistä poiketen koko alueella poikkeuksellisen tasalaatuinen (Hirvas et al., 1977). Virtausvaihe III on ollut Keski-Lapin ohutpeitteisillä alueilla ainoa kiviainesta selvästi kuljettanut vaihe, mitä tukevat muiden maaperähavaintojen ohella alueella tehdyt susseptibiliteettimittaukset (Härkönen & Pulkkinen 1981). Väriltään moreeni on enimmäkseen harmaa, tosin rapakallioalueella se voi esiintyä ruskeasävyisenä. Aines on moreenipatjaa II kivisempää ja isompikivistä. Alakontakti on yleensä hyvin terävä, ja moreenin rajoittuessa vanhempaan patjaan on tiivysero varsin huomattava. Moreenipatjan alla esiintyy paikoitellen Eem-interglasiaalikerrostumia.

Virtausvaiheiden IV, V ja VI moreenipatjoja on tavattu yleensä vain syvimpien tutkimuskaivantojen pohjalla. Myöhempien vaiheiden voimakas glasiaalieroosio on kuluttanut suojaisimpia maastonkohtia lukuun ottamatta vanhemmat kerrostumat pois ja kerrostanut ne uudelleen. Moreenipatjat ovat Veiksel-jääkautta vanhempia, ja virtausvaihe IV on ajoitettu vastaamaan Saale-jäätiköitymistä (Hirvas et al., 1977). Rinnastus eri virtausvaiheiksi ja patjoiksi on kuitenkin havaintojen vähäisyyden vuoksi hyvin hankalaa. (Johansson & Kujansuu 2005)

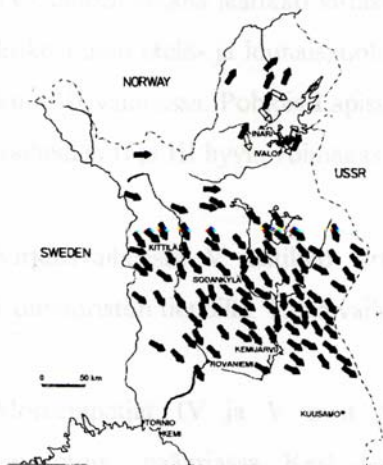
Malminetsinnän kannalta merkittävimmät virtausvaiheet ovat II ja III, joista Keski-Lapin alueella länsiluoteesta virrannut vaihe III. Virtausvaiheen I moreeni on merkityksellinen lähinnä siinä, että lohkarölöydöt ovat valtaosin siitä peräisin (Aario 1981). Tulkinnassa täytyy kuitenkin muistaa, että joillain alueilla lohkarit voivat olla kulkeutuneet myös hyvin kaukaa jäätikön päällä, eivätkä ne välttämättä ole siksi paikallisesti kovin informatiivisia. Jäätikön virtaussuunnasta voidaan myös tehdä havaintoja lohkarölöytöjen perusteella silloin, kun pintamoreenissa oleva kiviaines poikkeaa selvästi alueen kallioperän kivilajikoostumuksesta.



Vaihe I



Vaihe II



Vaihe III



Vaihe IV



Vaihe V

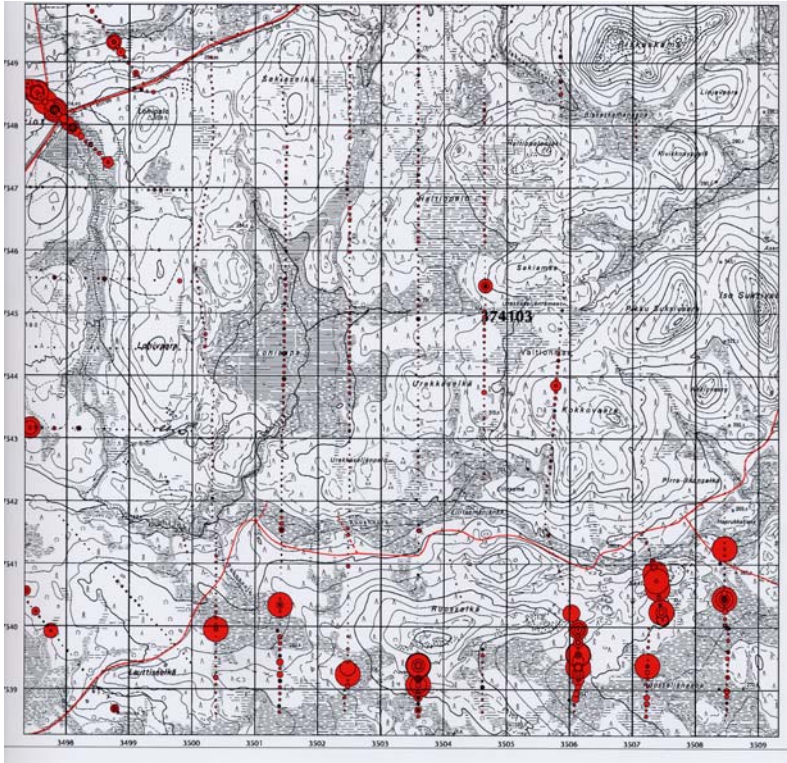
Kuva 6. Jäätikön virtausvaiheet I–V Pohjois-Suomessa Hirvaksen (1991) mukaan. Tummennettu alue vaiheissa II–IV kuvaa jäänjakajavyöhykettä.

5.4 Geokemia

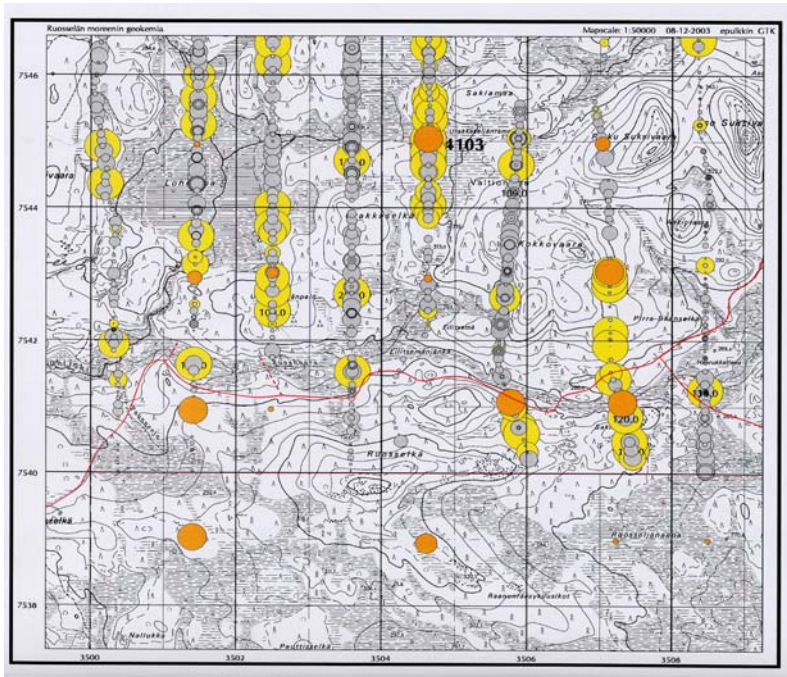
Ruosselkä kuuluu Suomen kartaston geokemian atlaksen (1992) laajoista subprovinsseista vihreäkivialueeseen. Vihreäkivialueilla moreeneissa ovat rikastuneina Al, Au, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Sc, Ti ja V. Tutkimusalueella on myös komatiittialueita, joissa moreenin geokemiassa havaitaan yleisesti korkeita Mg-, Co-, Cr-, Fe-, Ni-, Sc-, Ti- ja V-pitoisuuksia. Vihreäkivet koostuvat plagioklaasista, sarvivälkkeestä, aktinoliitista ja kloriitista. Ne eroavat komatiiteista siten, että ne sisältävät mafisten mineraalien asemesta enemmän plagioklaasia. (Koljonen 1992, Salminen 1995, Suomen kartasto 1992) Vihreäkiviin liittyy kulta- ja kiisumalmeja ja yleensä Au ja Cu esiintyvät As:n ja Sb:n kanssa kohonneina pitoisuuksina (Koljonen 1992).

Talkkunapään karttalehden 47 alueelle luonteenomaiset geokemialliset piirteet, eli Fe:n, Ti:n ja V:n pienet pitoisuudet ja suuret Al-, Ba-, Co-, Cu-, La-, Mn-, P-, Sc-, Sr-, Te-, Th-, Y-, Zn- ja Zr-pitoisuudet, ovat selvimmät Vuotson alueen itäosassa (Lehmuspelto 1994). Alueella oleville Nattas-tyypin graniiteille on ominaista korkea SiO₂-pitoisuus, alkalioksidien summa ja FeO/MgO sekä pääalkuaineiden vähäinen systemaattinen vaihtelu (Front et al. 1989).

Alueellisen moreenigeokemian perusteella alueella on anomaalisia Au-, Te-, Cu- (Kuvat 7 ja 8) ja Mo-pitoisuuksia. Ruosselän karttalehden 3741 03 moreenin taustaarvoissa Au:n maksimi-pitoisuus on 250 ppb, keskiarvo 8.9 ppb ja keskihajonta 19.3. Telluurilla maksimi-pitoisuus on 182 ppb, keskiarvo 25.1 ja keskihajonta 15.5. Määritysrajat ovat molemmilla 5 ppb. Telluurin taustapitoisuus koko alueella on melko korkea, 40 ppb, koska telluuri ei lähde liikkeelle rapautuessa. Sen sijaan usein sen yhteydessä esiintyvä S liukenee pois ja Se sitoutuu kasveihin. Rikkiä ei tutkimusalueen moreeninäytteissä ole käytännössä lainkaan.



Kuva 7. Tutkimusalueen Cu-pitoisuus linjamoreeniaineiston mukaan. Suurimman symbolin alaraja on 500 ppm. (Pulkinen 2004)



Kuva 8. Tutkimusalueen moreenin kulta- ja telluuripitoisuus. Linjamoreeninäytteiden kulta on esitetty keltaisilla symboleilla ja telluuri harmailla, molemmat 40 ppb:n alarajalla. Yhdistettyjen harvapistemoreeninäytteiden kultapitoisuus on esitetty oransseilla symboleilla 10 ppb:n alarajalla. (Pulkinen 2004)

6. TUTKIMUSAINEISTO

Aineisto on kerätty 120 km² alueelta Porttipahdan ja Ruosselän kartta-alueiden lehdiltä 3723 12 ja 3741 02; 03 (Liite 1). Tutkielman pääasiallisena aineistona ovat raskasmineraaliseparoinnissa erotetut kultarakeet sekä moreeniaineksen fysikaalisen ja geokemiallisen tutkimuksen aineisto. Kultarakeista koottu tutkimusaineisto sisältää aiemmat, vuoden 2000 alueellisten moreeninäytteenottoaikojen (25 kpl) rakeet, sekä vuosina 2001–2003 samojen karttalehtien alueelle tehtyjen kohteellisten näytteenottojen (79 kpl) rakeet. Aineisto sisältää lisäksi rapakallionäytteistä (9 kpl) saadut kultarakeet. Tutkituista rakeista 33 kpl on moreenista ja 17 kpl rapakalliosta. Kultinäytteistä on mikroskooppihavaintojen lisäksi otettu SEM-EDS-laitteistolla 80 yksittäistä kuvaa ja 47 rakeen alkuainepitoisuudet on analysoitu. Lisäksi 35 rietta on analysoitu mikroanalysaattorilla. Geokemiallisia analyysejä varten moreeninäytteitä on otettu 138:sta kohdasta yhteensä 207 kpl. Käytössä oli myös 1970-luvun alueellisen moreenigeokemian aineistoa, alueen väärävärικuvat ja ilmakuvat, kairasydänraportteja sekä aeromagneettisten ja maastogeofysikaalisten mittauksien tulokset.

7. TUTKIMUSMENETELMÄT

7.1 Kenttätutkimukset

Montutuksien kohdentamiset tehtiin eri perustein kullakin tutkimuskohteella. Urakkaselänpalon ja Sakiatievan alueella hyödynnettiin alueellisen moreenigeokemian aineistoa, sekä aeromagneettisia ja maastogeofysikaalisia mittauksia. Kallioperästä katsottiin jälkimmäisten perusteella yleisrakennetta leikkaavat kohdat, joita vasten tehtiin poikittainen montutus. Alueella näytti olevan moreenigeokemian perusteella myös anomaalisia Te-, Cu- ja Mo-pitoisuuksia, jotka Au:n kanssa yhdessä esiintyessään vaikuttivat monttujen sijoittamiseen. Lohipalon alueella hyödynnettiin aeromagneettisten lentomittausten tuloksia yhdistettynä moreenigeokemian Au-pitoisuuksiin.

Geokemiallisia analyysyjä, raskasmineraalien erottelua ja rakeisuusanalyysyjä varten Urakkaselänpalon ja Sakiatievan kohteiden tutkimusojista M1–M12 otettiin kolme eri näytettä jokaisesta näytepisteestä. Näytepisteiden määrä vaihteli jonkin verran kaivannon pituudesta ja syvyydestä riippuen. Kun moreenipatjoja oli kaksi, otettiin molemmista erilliset näytteet. Geokemiallinen näytteenotto tehtiin rapsimalla tutkimusojan puhdistettua moreeniseinämää 50 cm pätkissä pohjalta ylös (Kuva 9). Kunkin 50 cm pätkän moreeniaines sekoitettiin edustavammaksi ja siitä otettiin 200 g osanäyte pieneen muovipurkkiin. Näytteet otettiin aina koko ojan matkalta 10 metrin välein. Ojien pituus vaihteli muutamasta kymmenestä 75 metriin. Tutkimusojassa M1 moreeninäytteenotto aloitettiin siten, että se osui alapuolisen kallion amfiboliittiesiintymän kohdalle ja sen molemmille puolille. Vaskausta varten lapioitiin noin 20 kg moreenia eräsäkkeihin. Sekä vaskaus- että rakeisuusanalyysinäytteet otettiin useasta kohdasta yhdistelmänäytteinä, jotta ne saatiin edustavammiksi. Rakeisuusnäytteen määrä oli 1,5–2 kg. Rakeisuuden lisäksi moreeninäytteistä määritettiin vesipitoisuus. Näytteenotto tehtiin kaikissa montuissa samaan aikaan heti kaivuun jälkeen, jotta vesipitoisuus ei päässyt kohoamaan silloin kun montussa oli vettä tihkuva kivi- tai sorakerros. Näytteenottosyvyys vaihteli ojien syvyyden mukaan. Ojia kaivettaessa ensisijainen tarkoitus oli tavoittaa kallio.



Kuva 9. Näytteenotto tutkimusojassa M10. Rapakallion päällä on yksi moreenipatja. (Kuva Vilho Mäntynen 2001)

Lohipalon tutkimuskohteeseen tehtiin 38 pientä kaivinkonemontturyhmää M0001–M0038 kolmeen noin kilometrin päässä toisistaan olevaan tutkimusrivistöön (Liite 1). Montturyhmässä oli 5 pikkumonttua viiden metrin välein ja ryhmät sijaitsivat 50 metrin päässä toisistaan kunkin alusta laskettuna. Näytekasat nostettiin metrin syvyyden jälkeen kaivinkoneella ylös ja montut peitettiin saman tien. Ryhmän jokaisesta montusta otettiin moreenin osanäyte, joka yhdistettiin aina yhdeksi edustavaksi näytteeksi. Montuista otettiin kaksi erilaista yhdistenäytettä, toinen geokemialliseen analyysiin ja toinen raskasmineraaleja varten. Geokemialliseen analyysiin käytettävää moreeninäytettä otettiin noin 200 g ja raskasmineraareihin noin 10 kg. Kaikki vaskauspussit punnittiin keskiarvon laskemista varten. Tarkoitus oli ottaa toinen 10 kg vertailunäyte Goldhound-spiraalirikastimella separoitavaksi, mutta laitetta ei saatu käyttöön. Moreeninäytteet otettiin muuttumattomasta maasta noin metrin syvyydeltä. Näytteenottosyvyys oli sama kuin alueelle aiemmin tehdyissä kartoituksissa. Erot näytteidenotoissa johtuvat eri vuosina tehdyistä tutkimuksista ja niissä syntyneistä erilaisista tarpeista ja resursseista. Vuoden 2001 tutkimusojissa haluttiin päästä kallioon asti, joten ojat olivat vaihtelevan syvyisiä. Vuoden 2003 montutuksissa keskityttiin vain moreeninäytteiden ottoon. Geologian tutkimuskeskuksen yleisohje näytteiden merkintätavasta muuttui myös vuosien 2001 ja 2003 välillä, mikä näkyy monttu- ja kultaraekoodien eroavaisuuksina. Näytteenottoitiheys vaihteli tutkimusalueen sisällä sekä tutkimuksellisista syistä että tiestön asettamien rajoitusten vuoksi.

Moreenin raskasmineraalinäytteet otettiin pääasiassa kultaraetutkimuksia varten ja niitä tuli yhteensä 79 kpl. Näytteet rikastettiin vaskaamalla magnetiittiin asti, jonka jälkeen raskasmineraalien joukossa olleet kultarakeet erotettiin laboratoriossa. Erotus tapahtui GTK:n Frantz Isodynamic Magnetic Separatorilla magneettisten ominaisuuksien perusteella. Laite erottelee kullekin amperitaajuudelle tyypilliset ferro-, para- ja diamagneettiset mineraalit toisistaan. Taajuutta hiljalleen lisäämällä jäävät lopulta jäljelle vain kulta ja muut epämagneettiset mineraalit. Raskasmineraalit laitettiin talteen mahdollista myöhempää tutkimusta varten. Taajuuden korotuksia säädeltiin näytteen magnetiittipitoisuuden mukaan aina 2,3 ampeeriin asti. Tarvittaessa mineraaliseparointiin käytettiin ensin raskaita nesteitä. Loppunäytteestä kulta pikattiin erilleen mikroskoopin avulla. Ruosselän alueelta oli lisäksi vuonna 2000 otettu 25 kappaletta edustavia 200 litran moreeninäytteitä

raskasmineraaliseparointiin. Jokainen yksittäinen näyte on koottu aarin alueelta otetuista 5–9 osanäytteestä. Näytteet on rännitetty maastossa. Rännitys on poikennut normaalista kullan rännityksestä siten, että isot kivet on seulottu pois 15 mm suppiloseulaverkolla ennen moreenin ränniin laittoa, seulontaveden valuessa verkon läpi ränniin. Näytteet on loppukäsitelty edellä mainitulla tavalla vaskaamalla ja laboratoriossa. Saadut kultarakeet liitettiin osaksi kultatutkimusaineistoa.

Montutuksin ja kairauksin löydettiin Sakiatievasta kultamalmin (M10) ja Urakkaselänpalosta malmiviitteitä (M1). Sakiatievan kultapitoisesta rapakalliosta otettiin näytteitä, jotta saataisiin kultatutkimukseen hyvä vertailunäyte tuoreista kultarakeista. Näytteet käsiteltiin yhtenevästi moreeninäytteiden kanssa vaskaamalla ja laboratoriossa. Rapakallionnäytteitä otettiin myös geokemialliseen analyysiin. Näyteenotto tapahtui 9-ristikkomenetelmällä metri kerrallaan siten, että jokainen metrin jakso koostui yhdeksästä eri osanäytteestä. Tutkimusojassa M1 näytteet otettiin jaksolta 50–62 m ja M10:ssä 0–52 m ojan alkupisteestä. Kaikkien näytepisteiden koordinaatit tallennettiin GPS:llä, josta tiedot syötettiin ArcView-tietokoneohjelmaan karttalinjastojen tekemistä varten.

Kivilaskuilla saatiin katsaus alueen kivilajisuhteisiin. Kivilaskut tehtiin vaskauksen ohessa siten, että moreenipussin sisältö kaadettiin vaskooliin veden alla olevan 10 mm seulan läpi. Kiviaines pestiin seulassa irtonaisen maa-aineksen laskeutuessa vaskooliin. Tämän jälkeen kivet laskettiin pääryhmittäin prosenttiosuuksina. Kivilaskut tehtiin yhteensä 38 näytteestä. Kiviä oli jokaisessa näytteessä yli 100 kpl.

Alueen moreenin kulkeutumissuuntaa selvitettiin suuntauslaskujen ja magneettisten mittausten avulla. Urakkaselänpalon ja Sakiatievan kaivantojen moreenipatjoista tehtiin yhteensä 12 suuntauslaskua ja Urakkaselänpalosta mitattiin magneettinen susceptibiliteetti. Tutkimus tehdään rajaamalla kallioperästä magnetiittipitoinen kivilajiyksikkö aeromagneettisin ja maastogeofysikaalisin mittauksin. Mittaamalla sen jälkeen moreenista magnetiitin raekoolle optimaalisen 0,5–0,06 mm fraktion susceptibiliteetti riittävän tiheällä pisteverkolla lähteen ympäriltä voidaan jäätikön kuljetussuunta- ja matka arvioida muodostuvan magnetiittiviuhkan avulla. Tässä tutkimuksessa magneettinen susceptibiliteetti mitattiin jauhetuista näytteistä ennen muita analyysejä. Suuntauslaskuissa mitattiin sadan selvästi pitkänomaisen kiven

suunta; tilastollinen otanta perustui aiempiin (Hirvas et al. 1977) tutkimukseen. Suuntauslasku- ja susceptibiliteettimittauksien tuloksia haluttiin verrata keskenään ja katsoa lisäksi niiden yhteensopivuus aiemmin alueelta tehtyihin (Hirvas et al. 1977, Härkönen & Pulkkinen 1981) moreenin kulkeutumistutkimuksiin. Tutkimusojista M1–M12 havainnoitiin moreenistratigrafia yleisen käytännön mukaisesti.

Tutkimusalueella tehtiin kokeiluluontoinen gammaspektrometrimittaus kullan ja radioaktiivisen säteilyn korrelaation tutkimiseksi. Radioaktiiviset aineet lähettävät gammasäteilyä vain tietyillä, kullekin aineelle ominaisilla energioilla, joten eri aineet ovat tunnistettavissa gammaspektristä (Säteilyturvakeskus 2004). Gammaspektrometruksella pystytään havaitsemaan kullan kanssa tyypillisesti esiintyvät radioaktiiviset mineraalit ja kohdistamaan tutkimukset oikeisiin paikkoihin, joten menetelmä soveltuu hyvin kullanetsintään (GTK:n Lehdistö tiedote 2003). Tässä yhteydessä gammaspektrometrimittauksella selvitettiin onko moreenissa monatsiittia, joka on thorium-rikas mineraali. Monatsiitin tiedetään liittyvän useissa tapauksissa kullan rikastumiseen kallioperässä ja oletetaan, että sitä sisältävät näytteet viittaavat kultapitoisen muuttumisvyöhykkeen läheisyyteen. Monatsiittia esiintyy pegmatiittijuonissa ja metamorfisissa kivissä (Hytönen 1999). Monatsiitti on niukkaliukoinen eli hyvin rapautumista kestävä ja sitä näkyy usein kellertävinä rakeina vaskoolin pohjalla raskaiden mineraalien joukossa. Mikäli näytteissä on kohonnen Th:n lisäksi kulta-anomalia, todennäköisyys muuttumisvyöhykkeen läheisyydestä lisääntyy. Tässä tutkimuksessa valikoidusta monttulinjastosta mitattiin säteily yhdestätoista sadan metrin välein olevasta mittauspisteestä Lohipalon alueella. Tuloksista on laskettu reikäprofiileina pitoisuudet thoriumille, uraanille ja kaliumille, joista vain Th-pitoisuudet on huomioitu tässä yhteydessä. Mittauskohdista tehtiin lisäksi moreenin geokemialliset analyysit Au-pitoisuuden selvittämiseksi.

7.2 Laboratoriotutkimukset

Moreeni- ja kallioperänäytteet esikäsiteltiin ja analysoitiin GTK:n geolaboratoriossa Rovaniemellä. Urakkaselänpalon ja Sakiatievan moreeninäytteistä analysoitiin kemiallisesti < 0,5 mm jauhettu fraktiokoko. Kallionäytteet murskattiin mangaaniteräsmurskaimella ja jauhettiin hiiliteräsjauhimmella. Lohisarrioiden alueen

moreeninäytteet seulottiin nylonseulalla fraktioihin: 2.0–0.5 mm, 0.5–0.06 ja < 0.06 mm (vertaa Gustavsson et al. 1979). Fraktiot 2.0–0.5 mm ja 0.5–0.06 mm homogenisoitiin jauhamalla. Eri fraktioista analysoitiin 0,15 g alkupunnituksella ICP-AES–tekniikalla kuningasvesiuutoksesta 32 alkuaineen pitoisuudet. Kulta määritettiin ensisijaisesti GFAAS-menetelmällä 20 g alkupunnituksella. Grafiittipitoiset, kultapotentialiset näytteet analysoitiin FAAS-menetelmällä 25–50 g punnituksella. FAAS-menetelmä on tarpeellinen näytteen sisältäessä grafiittia, sillä se jää kuningasvesiuutoksessa kullan kanssa jäljelle liuokseen (GTK:n Laboratory Services Fee Schedule 2002).

Geokemiallisten analyysien tulokset esitetään tässä yhteydessä korrelaatiomatriiseina, kuvaajina ja tilastollisina suureina: minimi-, maksimi-, keskiarvo-, keskihajonta- ja mediaani-arvoina. Mediaani on aineiston keskimäinen arvo. Mikäli havaintojoukossa on muutamia selvästi poikkeavia arvoja, mediaani mittaa jakauman keskikohtaa paremmin kuin keskiarvo. Vainoissa jakaumissa joissa on paljon pienempiä havaintoja, keskiarvo on mediaania pienempi ja päinvastoin. Keskihajonta kuvaa sitä, miten monen yksikön päässä jakauman keskiarvosta yksittäiset havaintoarvot keskimäärin sijaitsevat. Korrelaatiomatriisissa korrelaatiokerrointa ja sen merkitsevyyttä käytetään muuttujien lineaarisen riippuvuuden tarkasteluun. Korrelaatiokertoimen arvo +1 saavutetaan silloin kun kaikki pistekuvion pisteet sijaitsevat samalla nousevalla suoralla ja -1 silloin kun ne sijaitsevat laskevalla suoralla. Lineaarista riippuvuutta ei ole kun arvo on 0. Mitä pienempi otoskoko on, sitä suurempi kerroin tarvitaan riippuvuuden osoittamiseksi. Jos merkitsevyytaso on pieni, niin korrelaatiota voidaan pitää tilastollisesti merkittävänä. Sig-arvo kertoo sattuman riskin. Esimerkiksi arvo 0,03 kertoo että riski on 3 % ja varmuus korrelaatiosta siten 97 %. < 0,1 % riskitasolla riippuvuus on tilastollisesti erittäin merkitsevä ja välillä 0,1 - < 1 % merkitsevä. (Metsämuuronen 2000, Leppälä 2004) Tässä tutkimuksessa huomioitiin vain erittäin merkittävät, tason 0,01 korrelaatiot.

Moreeninäytteistä tehtiin 21 rakeisuusanalyysiä. Näytteet otettiin pääsääntöisesti tutkimusojien M1–M12 molemmista moreenipatjoista. Tutkimusojasta M9 löytyi pohjalta kolmas moreenipatja, josta otettu näyte lisättiin aineistoon. Ojasta M8 otettiin maalajinäyte myös kahden moreenipatjan välissä esiintyvistä kivikerroksesta, jota esiintyi useissa tutkimusojissa. Koska moreenissa on tyypillisesti sekä hienoainesta

että karkeampaa ainesta, näytteille tehtiin pesuseulonta ennen kuivaseulontaa. Areometrikokeella määritettiin rakeisuuskäyrän loppuosa pesuseulotulle materiaalille, jolloin saatiin hienoaineksen tarkka osuus. Menetelmällä saadaan maahiukkasten laskeutumisnopeus määrittämällä lietteen tiheys tietyin aikavälein määräsivyydeltä. Areometrikoetta varten seulottiin käsittelemätöntä näytettä < 2 mm seulan läpi aina 100 g yhtä koetta varten. Seulonta- ja areometrikäyrät yhdistettiin yleisen käytännön mukaan silloin kun ne eivät sopineet yhteen. Yhdistäminen tehtiin siten, että areometrikäyrän lukemille otettiin kertoimeksi pesuseulontakäyrän 2 mm kohdasta saatu lukema jaettuna sadalla.

Rakeisuuskäyrien perusteella nimettiin moreenimaalajit käyttäen d_{50} -menetelmää. Moreeniluokituksessa käytetään seuraavaa kolmijakoa: *soramoreenissa* saa olla enintään 5 painoprosenttia läpimitaltaan alle 0,06 mm ainesta; *hienoaineksisessa moreenissa* tulee olla yli 30 painoprosenttia läpimitaltaan alle 0,06 mm:n ainesta, sekä lisäksi vähintään 5 % alle 0,002 mm ainesta eli savilajitetta; *hiekkamoreeni* on näiden väliltä (Haavisto 1983).

Moreenin saviaineksen mineraalikoostumuksen selvittämiseksi tehtiin röntgendiffraktometrillä ajot kolmesta ylemmän moreenipatjan näytteestä, M1:stä, M2:sta ja M4:stä. Tutkimuksessa käytettiin Elektroniikkaoptiikan laitoksen PC-ohjattua Siemens D5000 laitetta 40 kV jännitteellä, 40 mA virralla ja kuparianodilla. 2 mm seulalla seulottua moreeninäytettä punnittiin 3 g ja se sekoitettiin dekantterilasissa suodatettuun veteen. Saatua seosta sekoitettiin ultraäänilaitteessa puoli tuntia, minkä jälkeen näyte laitettiin sentrifugiin 50 sekunnin ajaksi voimakkuudelle 1000 kierrosta/minuutti. Saatu suspensio otettiin talteen ruiskulla ja sentrifugioitiin uudelleen 15 minuutin ajan samalla voimakkuudella. Sentrifugilla saatiin eroteltua < 2 μ m aines analyysijä varten. Sentrifugiputkien pohjalle jääneestä aineksesta tehtiin röntgendiffraktioanalyysia varten jokaisesta näytteestä neljä eri tavalla käsiteltyä preparaattia. Kaikki näytteet kuumennettiin ensin 60 asteessa veden poistamiseksi. Yhdelle näytteelle tehtiin pelkkä 60 asteen kuumennus, muille preparaateille tehtiin etyleeniglykolikäsitely, 375 asteen kuumennus ja 550 asteen kuumennus. Kuumennettaessa tiettyjen savimineraalien käyttäytyminen muuttuu, mikä helpottaa niiden tunnistamista (Deer et al. 1992).

Kultarakeita saatiin moreenista tutkittavaksi 98 kpl ja rapakallionäytteistä useita satoja. Kultarakeiden merkintätapa muuttui vuosien 2000–2003 aikana siten, että alueellisen näytteenoton raekoodit vuodelta 2000 ovat Au1–Au25 ja kohteellisten näytteenottojen koodit vuosilta 2001(-2002) M1–M12 ja vuodelta 2003 M0001–M0038. Kaikki vuoden 2000 kultarakeet on valokuvattu Leica DC200 kameralla Wild M8 -stereomikroskoopin alla ja suurin osa vuosien 2001–2003 rakeista samalla kameralla Leica DMLP polarisaatimikroskoopin alla. Tarpeeksi kookkaista kultarakeista tehtiin mikroskoopilla morfologinen analyysi, jonka jälkeen niistä valittiin tilastollisesti edustava otos (50 kpl) jatkokäsittelyyn. Jatkokäsittelyyn valikoidut kultarakeet kuvattiin ja niiden pinnan geokemiallista koostumusta analysoitiin GTK:n SEM-EDS-laitteistolla Espoossa. Analyysejä tehtiin 2–4 kpl joka rakeesta. Laitteen pienen elektronisäteen avulla voidaan analysoida hyvinkin pieniä yksittäisiä kultarakeita. Rakeita samanaikaisesti mikroskopoimalla analyysit saatiin edustamaan haluttua pinnan kohtaa, joko metallista kultaa tai rakeessa mahdollisesti kiinni olevien mineraalirakeiden koostumusta. Analyysien luotettava määrittämiss raja on yleensä 0,0X–X p% joten aivan vähäisten hivenainepitoisuuksien analysointiin herkkyys ei riitä. Tässä tutkimuksessa määrittämiss rajan voi katsoa olevan lähinnä X % luokkaa. Tarkkoja määrittämiss rajalukemia eri alkuaineille ei ole käytännössä mahdollista saada. Pitoisuudet ovat lisäksi jonkin verran todellista korkeampia, sillä laite normalisoi ne hapen kanssa automaattisesti sataan. Rakeiden poikkileikkauksen Au-pitoisista reunavyöhykkeistä on otettu BSE-kuvat videoprintterillä.

SEM-EDS-tutkimusten jälkeen kultarakeet hiottiin ja hionnasta jäljelle jääneiden 35 rakeen keskus analysoitiin täysautomaattisella Cameca SX50 –mikroanalysaattorilla. Pääasiassa käytettiin 15 kV:n kiihdytysjännitettä, mutta kolmessa tapauksessa 20 kV:n. Kultarakeista analysoitiin Au, Ag, Cu, Hg, Bi, Fe, Pb, S, Sb, Se, Te ja As (Liitteet 3A–C). Kunkin alkuaineen pitoisuuden keskiarvo on laskettu analyysien perusteella ilman numeerisia tasoituksia. Tilastolliset suureet on esitetty taulukoin. Osassa tuloksista useiden eri analyysien keskiarvo jää alle luotettavan määrittämiss rajan. Yksittäiset analyysitulokset, jotka ylittävät rajan, on tummennettu taulukoissa (Liitteet 3 ja 7). Kuvaajissa (Liitteet 4-6) on esitetty keskiarvolukemina myös ne alkuainepiikit, joiden osalta jokin rakeista mitattu arvo on ylittänyt määrittämiss rajan. Kustakin rakeesta on tehty 2–3 sanalyysiä, paitsi kolmesta 10. Mikroanalysaattorimäärittämiss ysten luotettava määrittämiss raja on 0,0X–X p% (Taulukko 1).

Määrittärajat kultahippuanalyseissä		
Alkuaine & viiva		määrittäraja, p%
Ag	La	0,131
Au	La	0,268
Bi	La	0,418
Cu	Ka	0,060
Hg	La	0,292
Fe	ka	0,048
Pb	La	0,387
S	Ka	0,039
Sb	La	0,069
Se	La	0,074
Te	La	0,092

A

Määrittärajat kultahippuanalyseissä		
Alkuaine & viiva		määrittäraja, p%
Ag	La	0,170
Au	La	0,810
Bi	La	0,242
Cu	Ka	0,114
Hg	La	0,998
Fe	ka	0,077
Pb	La	1,666
S	Ka	0,047
Sb	La	0,096
Se	La	0,075
Te	La	0,135

B

Taulukko 1. Mikroanalyysointiajajojen luotettavat määrittärajat alkuaineittain (A) 20 kV:n jännitteellä ja (B) 15 kV:n jännitteellä. Määrittärajat on laskenut Lasse Pakkanen (GTK, Espoo); tässä ne on pyöristetty kolmen desimaalin tarkkuuteen.

Kultaraekuvista tutkittiin morfologiset ominaisuudet silmämääräisesti. Muoto ja pyöristyneisyys perustuvat DiLabion (1990) ja Bermanin (1998) luokitukseen ja pintatekstuuri Kinnusen (1996) luokituksen. Eylesin 6-jaottelu oli liian tiheä rakeiden pienen koon ja siitä seuranneen hankalan mikroskopoinnin takia. SEM-EDS-kuvien ja valokuvien tarkkuus riitti hyvin seuraavaan nelijaotteluun: (1) kulumattomat eli primäärit rakeet, (2) puolipyöristyneet, (3) hyvin pyöristyneet ja (4) täysin pyöristyneet rakeet. Kinnusen (1996) luokituksessa pintatekstuuri jaotellaan kolmeen pääryhmään eli primääri-, sekundääri- ja antropogeenimuotoihin, sekä niiden yhteensä 16 alaryhmään.

Kultarakeiden pituus ja leveys mitattiin viivoittimella A4-koon kuvista hyödyntäen kuvissa olevia µm-asteikkoja. Rakeen leveys mitattiin sen leveimmästä kohdasta, paitsi silloin kun rae oli huomattavan epäsymmetrinen. Siinä tapauksessa mitattiin arvot myös leveimmän kohdan molemmilta puolin edustavista kohdista ja laskettiin keskiarvo. Pituus mitattiin aina pisimmästä kohdasta. Rakeista laskettiin kullan hienousluvun lisäksi Au-Ag-suhde sekä pinnasta että keskuksesta. Kultaraetiedoista koottiin kokoomaliite (Liite 7), jossa on kunkin rakeen paikkatiedot ja koko, sekä pinnan ja keskuksen kemiallinen koostumus, hienous ja Au/Ag-suhde. Liitteessä 6 vastaavat geokemialliset tiedot esitetään graafisessa muodossa.

Tutkimusalue jaoteltiin karttakokonaisuuksien mukaan viiteen eri osaan (Liite 1). Tarkoituksena oli selvittää ovatko eri osien rakeet geokemialliselta koostumukseltaan samankaltaisia tai löytyykö koko alueelta erilaisia kultaraeryhmiä. Sama jaottelu tehtiin

morfologisille ominaisuuksille. Ensimmäiseksi osaksi on eroteltu Sakiatievan malmin kallioperärakeet ja toiseksi esiintymän ympärillä maaperässä olevat rakeet. Osa III sijaitsee Sakiatievan luoteispuolella ja osat IV–V kolmosen pohjoispuolella vastaavassa järjestyksessä. Kartalla järjestys noudattaa lähinnä etelä-pohjoislinjaa.

8. TULOKSET

8.1 Moreenin rakenne ja koostumus

Tutkimusalueen maaperä koostuu pääasiassa moreenista ja turpeesta. Alueen merkittävimmät moreenimuodostumat ovat Sakiatievan ja Ruosselän vaarojen välissä sijaitsevat pohjois-etelä-suuntaiset päätemoreenit. Ne erottuvat selkeästi ympäristöstä sekä maastossa että ilmakuvissa. Maastotutkimusten perusteella (Pulkkinen & Salmirinne 2006) niissä on kivistä moreenia 10–30 metrin paksuudelta.

8.1.1 Stratigrafia

Tutkimusalueella esiintyy pääsääntöisesti yksi tai kaksi eri-ikäistä moreenipatjaa, ja ne ovat korreloitavissa Hirvaksen esittämiin patjoihin II ja III. Alempaa moreenipatjaa havaittiin vain tutkimusalueen länsiosassa, Urakkaselänpalon tutkimuskohteessa. Syvimmissä paikoissa moreenipatjat ulottuvat vähintään 5 metriin, johon kaivaminen lopetettiin. Viereisellä Lohiaavalla tehdyissä kallioperäkairauksissa maapeite oli paikoitellen 20 metriä. Ylempi moreenipatja on 1–3 metriä paksu, kun taas alemman patjan paksuus vaihtelee enemmän.

Useimmissa tapauksissa huuhtoutunut kivikerros erottaa moreenipatjat toisistaan. Muutamassa paikassa moreenipatjojen välissä on sorakerros. Aivan pinnassa esiintyy myös huuhtoutuneita sorakerroksia, jotka ulottuvat syvimmillään aina puoleen metriin saakka. Sakiatievasta, Eilitsemän-vuoman pohjalta on aiemmissa tutkimuksissa löytynyt moreenin ja rapakallion välistä orgaaninen liejukerrostuma. Se koostuu veteen kerrostuneista sedimenteistä ja siinä näkyy ohuita oksia ja lehtipuun lehtiä. Oulun yliopistossa tehtyjen siitepölytutkimusten mukaan siitepölystö on tyypillistä Eem-interglasiaalista flooraa (Forsström, henkilökohtainen tiedonanto 2004).

Moreenipatjoissa on paikoitellen pieniä eroja, mutta yleispiirteet säilyvät selvästi tunnistettavina koko alueella. Ylempi moreenipatja on pääsääntöisesti ruskea, mutta sitä esiintyy myös punertavan tai harmahtavan ruskeana. Kivisyydeltään se on vähä- ja pienikivinen tai lähes kivetön. Kivet ovat melko pyörityneitä. Moreeni on tiiviydeltään

normaalia, massamaista ja rakenteetonta. Alempi moreenipatja on yleensä harmaa, mutta paikoitellen sitä esiintyy myös ruskehtavan harmaana. Moreeni on runsaskivisempää ja kivisyys kasvaa pohjaa kohden. Kivikoko on yleensä suurempi sekä kivet kulmikkaampia kuin ylemmässä patjassa. Myös tiiviys kasvaa alaspäin. Rakenne on massamainen ja rakenteeton, tosin kerroksellisuutta esiintyi yhdessä montussa. Alempi moreenipatja on yhdessä tutkimusojassa lähes kivetön ja sen erottaa ylemmästä patjasta sorakerros. Useissa montuissa pohjavesi valui monttuun kaivamisen yhteydessä patjojen välissä olevaa kivi- tai sorakerrosta myöten. Urakkaselänpalossa Lohiaavan reunassa olevissa montuissa veden runsas tulo esti tarkemman moreenistratigrafisen tutkimuksen.

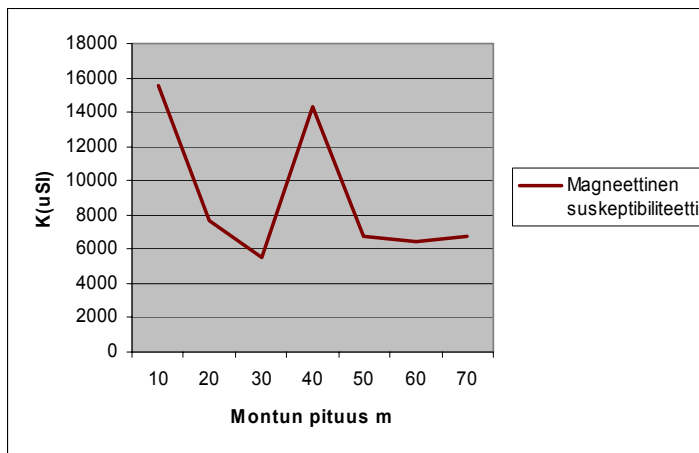
Ojasta M9 löytyi vielä kolmas, muita vanhempi moreenipatja. Se erottui selvästi värinsä ja muiden ominaisuuksiensa perusteella kahdesta muusta tutkimusalueella tavatusta moreenipatjasta. Koostumukseltaan se vastasi aiemmin todettua jäätikön IV virtausvaiheen kerrostamaa moreenia (Hirvas et al 1979). Moreeni esiintyy rapakallion ja alemman moreenipatjan välissä 40 metriä kaivannon alkupäästä alkaen 20 cm paksuisena. Tutkimusojan loppupäätä kohti (pituus 70m) patjan paksuus lisääntyy. Moreeni on erittäin tiivistä ja kivistä sekä väriltään harmaata. Rakeisuusanalyysi osoittaa keskimääräistä suurempaa savespitoisuutta. Moreenipatjan yläpuoliset patjat II ja III sisälsivät huomattavasti enemmän hiekka- ja soralajitetta kuin alueen muut moreenit.

Urakkaselänpalon ja Sakiatievan tutkimuskohteilla moreeni heijasti ainakin kahdessa montussa selvästi alla olevan kallioperän koostumusta. Montun M1 kallioperä koostuu kolmesta eri kivilajista. Alkupäässä on Nattastyypin karkearakeista ja punertavanharmaata graniittia. Sen yläpuolisessa moreenissa on suoraan kalliosta irronneita suuria Nattastyypin graniittilohkareita. Kallioperässä graniitin ja magnetiittipiroitteisen amfiboliitin kontaktissa on tiilenpunainen kvartsiporfyryjuoni. Amfiboliittia on tutkimusojassa 17 metriä. Sen vaikutus näkyy yläpuolella olevassa moreenissa selvästi. Moreeni on amfiboliitin kohdalla tumman harmaata ja siinä on paljon isoja, teräväsärmäisiä amfiboliittilohkareita. Amfiboliitissa on myös biotiittirikasta, kalimetasomatoosin tuottamaa, pehmeää kiveä (Pulkinen & Salmirinne 2006). Amfiboliitti ja kiillekivi ovat selvästi suuntautuneet. Amfiboliitin jälkeen kallioperä jatkuu rapakalliograniittina montun loppuun asti. Rapautuman alta tavoitettiin tervettä kalliota. Sen päällä oleva moreeni oli soramaista, pienikivistä rapakalliomoreenia koostuen pääasiassa morosta. Moro on rapakalliotyyppin graniitista ja Nattasen karkeasta graniitista

syntyntä, mekaanisesti hajonnutta kalliota. Tutkimusojan alkupäässä oli kallion ja moreenin välissä lisäksi värikästä kemiallisesti rapautunutta kalliota. Samaa tyyppistä Vuotson rapakalliosavea löytyi myös tutkimusojista M9 ja M10. Sakiatievan tutkimusojan M10 moreeniseinämässä näkyi selvärajaisena kalliosta peräisin oleva grafiitti.

8.1.2 Suuntaus

Urakkaselänpalon tutkimusojasta M1 mitattiin moreenin magneettinen susceptibiliteetti. Suuntausta ei tullut näkyviin. Moreeni on täysin paikallista ja siinä oleva magneettinen aines oli lähtöisin alla olevan kallion magnetiittipiroitteisista amfiboliiteista (Kuva 10).

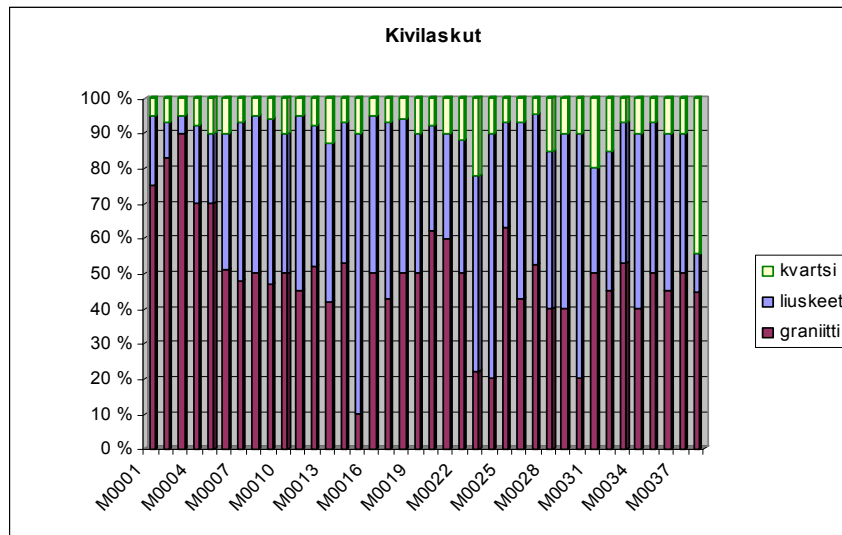


Kuva 10. Urakkaselänpalon pohjois-eteläisen tutkimusojan M1 moreenin magneettinen susceptibiliteetti. Kuvassa pohjoinen on oikealla. Kalliossa olevan magnetiittipiroitteisen amfiboliitin aiheuttama anomalia näkyy moreenissa samalla kohtaa montun keskivaiheilla. Magnetiittia on runsaasti myös montun alussa.

Kolmannes alemmasta moreenipatjasta tehdyistä suuntauslaskuista osoitti pitkänomaisten kivien suuntausta länsiluoteesta itäkaakkoon, mikä vastaa alueelta aiemmin saatuja tuloksia (Härkönen & Pulkkinen 1981). Ylemmässä moreenipatjassa ei ollut selkeää suuntausta.

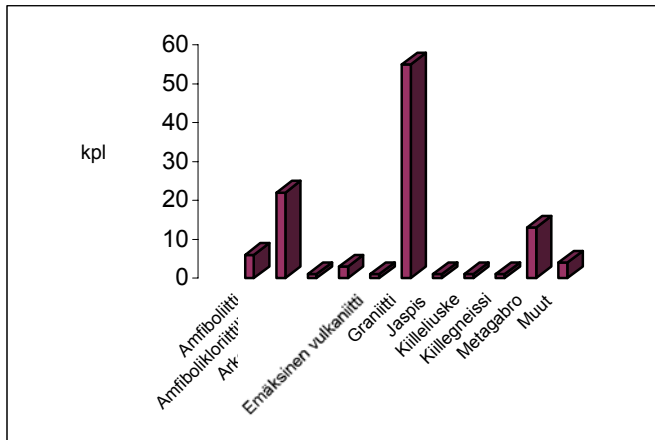
8.1.3 Kivilajikoostumus

Lohipalon tutkimusalueella oli tärkeää saada selville juonikvartsin, graniitin ja liuskeiden keskinäinen osuus, joten moreenin kivet jaoteltiin näihin ryhmiin. Lisäksi näytteistä laskettiin götiitti-, hematiitti- ja magnetiittirakeiden määrät. Näytteissä oli selvästi eniten alueelle tyypillisiä graniitteja, osuuden vaihdellessa lähinnä 40–70 % välillä (Kuva 11). Liuskeita oli 30–40 % ja juonikvartsia 10–20 %, määrän ollessa enimmillään 40 %. Götiittiä oli näytteissä runsaasti, magnetiitin ja hematiitin määrän ollessa vähäisempi.



Kuva 11. Lohipalon kivilaskut. Näytteet ovat montuista M0001–M0038.

Osasta Urakkaselänpalon tutkimusosia tehtiin kvalitatiiviset kivilaskut. Moreenikerrostumissa esiintyy tavallista enemmän amfiboli-kloriittiliuskeita ja punaista jaspista. Kivet ovat melko pyöristymättömiä. Tutkimusosan M2 alemmasta patjasta saatu tulos (Kuva 12) on hyvä esimerkki alueen moreenin sisältämistä kivistä.



Kuva 12. Urakkaselänpalon tutkimusosan M2 kivilasku. Kivilajiosuudet on ilmoitettu kappalemäärinä.

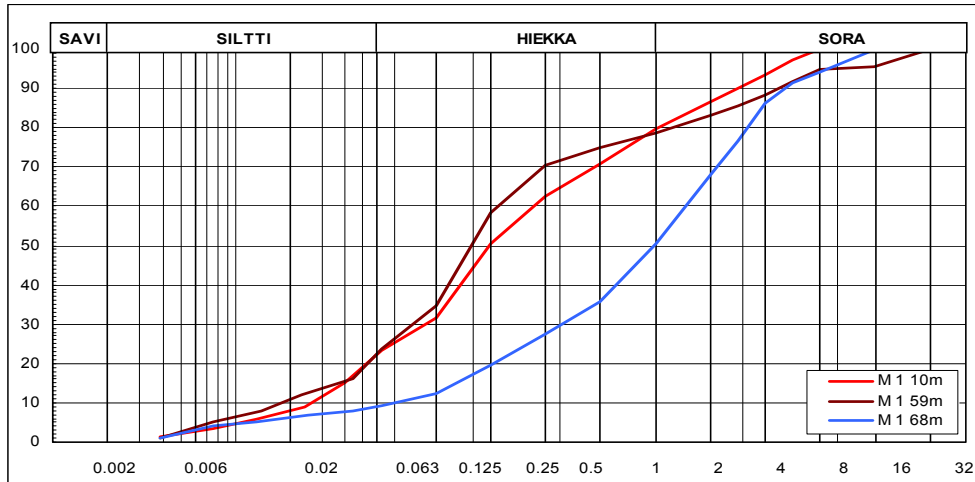
Raskasmineraalinäytteissä oli runsaasti zirkonikiteitä, joiden väri vaihteli värikkäistä kirkkaihin, hyvin paljon timantteja muistuttaviin kiteisiin. Sinooperia (HgS) oli erikoisuutena yhdessä näytteessä. Sitä on löydetty alueelta aiemminkin.

8.1.4 Rakeisuus

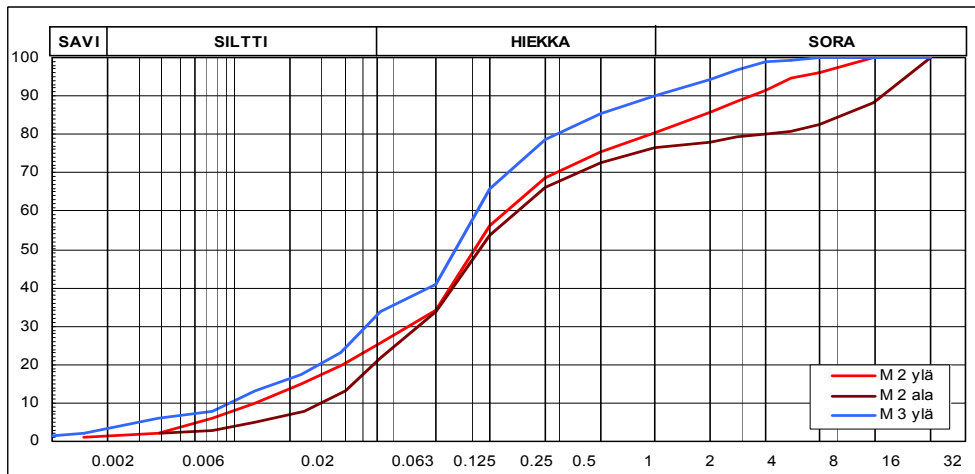
Raekoostumukseltaan moreenipatjat ovat pääasiassa hiekkamoreenia (Kuvat 13–19). Hienoaineksista moreenia on M12 alemmassa moreenipatjassa. Siinä < 0,06 mm aineksen osuus on yli 70 %. Myös maastohavainnoissa moreeni vaikutti hyvin hienoaineksiselta. Tutkimusosan M9 vanha, jäätikön IV virtausvaiheen moreenipatja sisältää eniten saviainesta. Aineksesta jäi areometrikokeessa 3 vrk jälkeen vielä 2 % laskeutumatta. Hienoainesta on mitä ilmeisimmin alla olevasta rapakalliosta peräisin, sillä moreeni oli maastohavainnoissa alaosaan rapakalliosekoitteista. Hienoaineksen määrä ylitti useissa muissakin näytteissä 30 %, mutta < 0,002 mm:n ainesta ei ollut aivan 5 %. Sutisen (1991) mukaan alle 5 % savipitoisuus on hyvin tavallista Pohjois-Suomen moreeneissa. Lisäksi kahdessa näytteessä < 0,002 mm ainesta oli 5 %, mutta < 0,06 mm aineksen osuus jäi alle 30 %. Vierekkäisten tutkimusosien M3 ja M4 ylemmät moreenipatjat ovat hienoainespitoisempia kuin samojen monttujen alemmat moreenipatjat. Montussa M8 moreenipatjojen välissä olleessa huuhtoutuneessa kivikerroksessa on hienoainesta hieman enemmän kuin sitä ympäröivissä moreenipatjoissa. Tulosta vääristää toisaalta se, että näytteeseen tuli mukaan hyvin vähän kerrokselle tyypillisiä isoja kiviä.

Vesipitoisuus korreloi enimmäkseen hienoainespitoisuuden kanssa. Verrattaessa tuloksia tutkimusalueen maastomuotoihin, on Sakiatievan tasaisella alueella sijaitseva moreeni hienoainespitoisempaa ja siten sen vesipitoisuuskin on korkeampi.

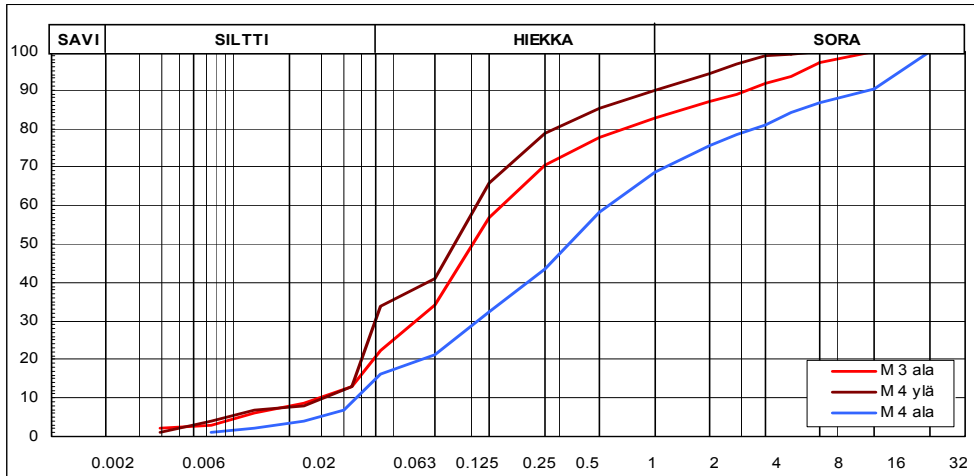
Rakeisuuskäyrät



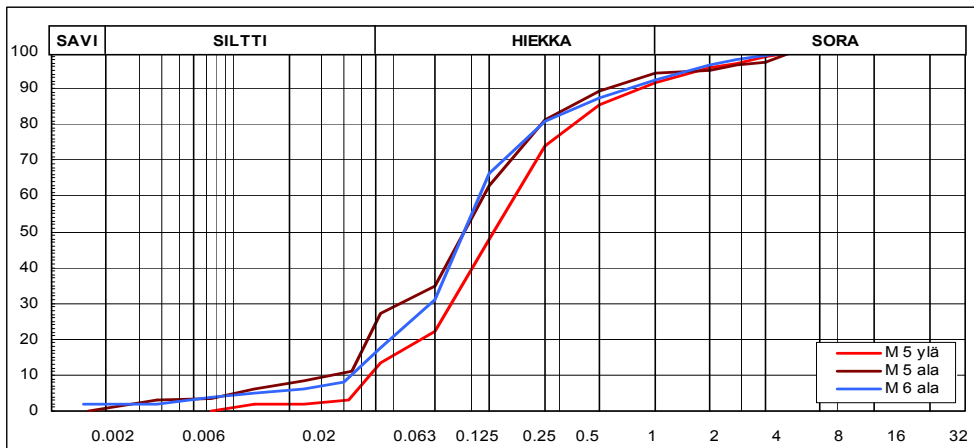
Kuva 13. Moreenin rakeisuuskäyrät Urakkaselänpalon alueelta tutkimusojasta M1.



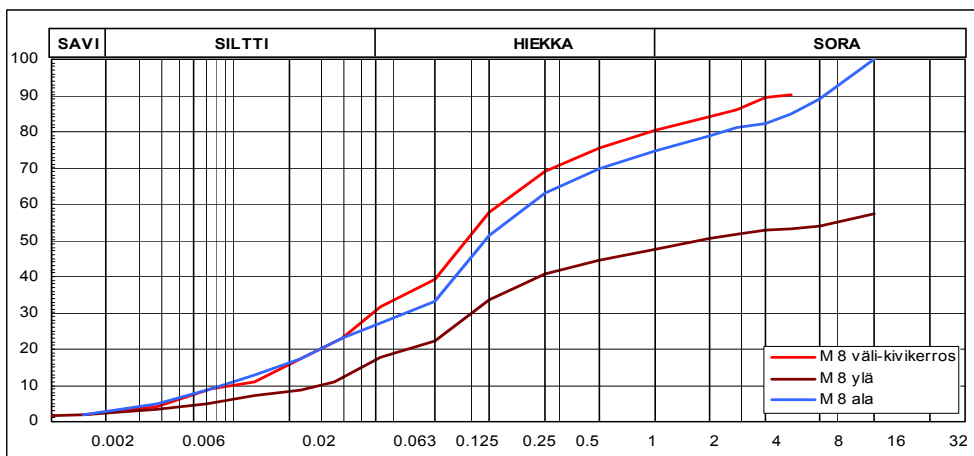
Kuva 14. Moreenin rakeisuuskäyrät Urakkaselänpalon alueelta tutkimusojista M2 ja M3.



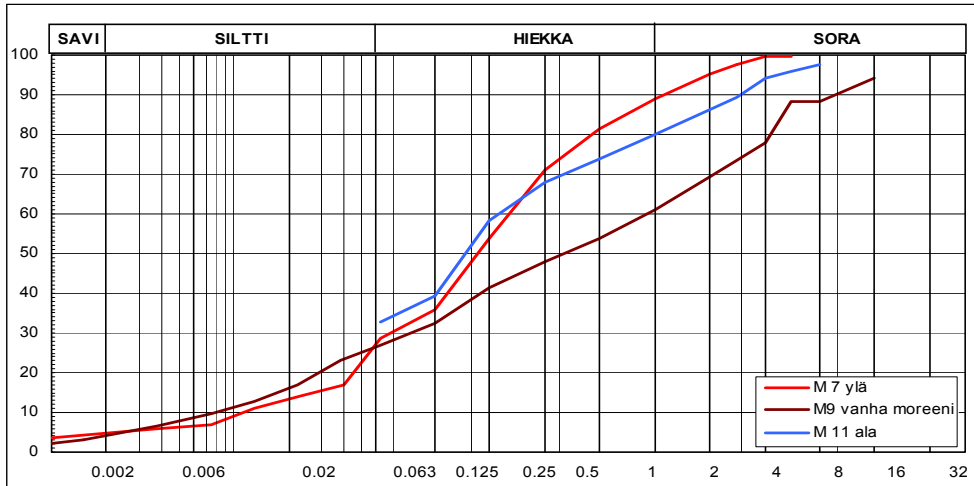
Kuva 15. Moreenin rakeisuuskäyrät Urakkaselänpalon alueelta tutkimusojista M3 ja M4.



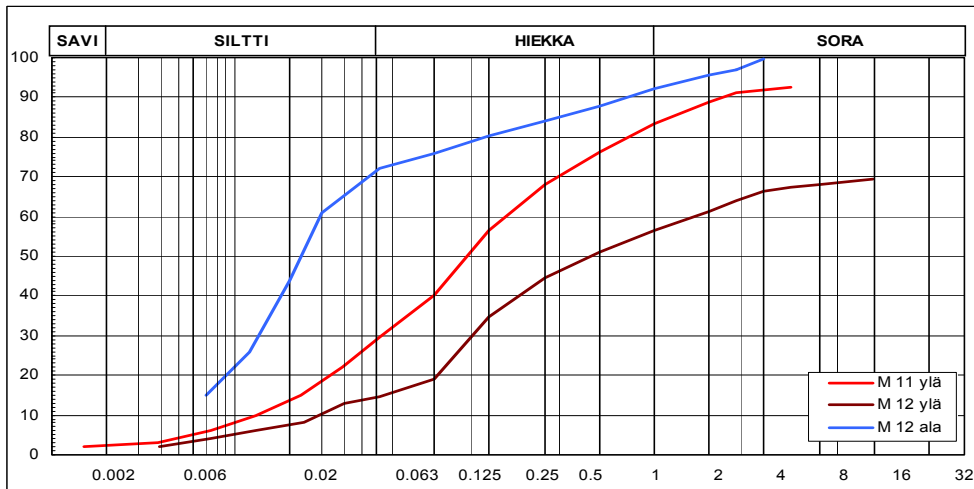
Kuva 16. Moreenin rakeisuuskäyrät Urakkaselänpalon alueelta tutkimusojista M5 ja M6.



Kuva 17. Moreenin rakeisuuskäyrät Urakkaselänpalon alueelta tutkimusojasta M8.



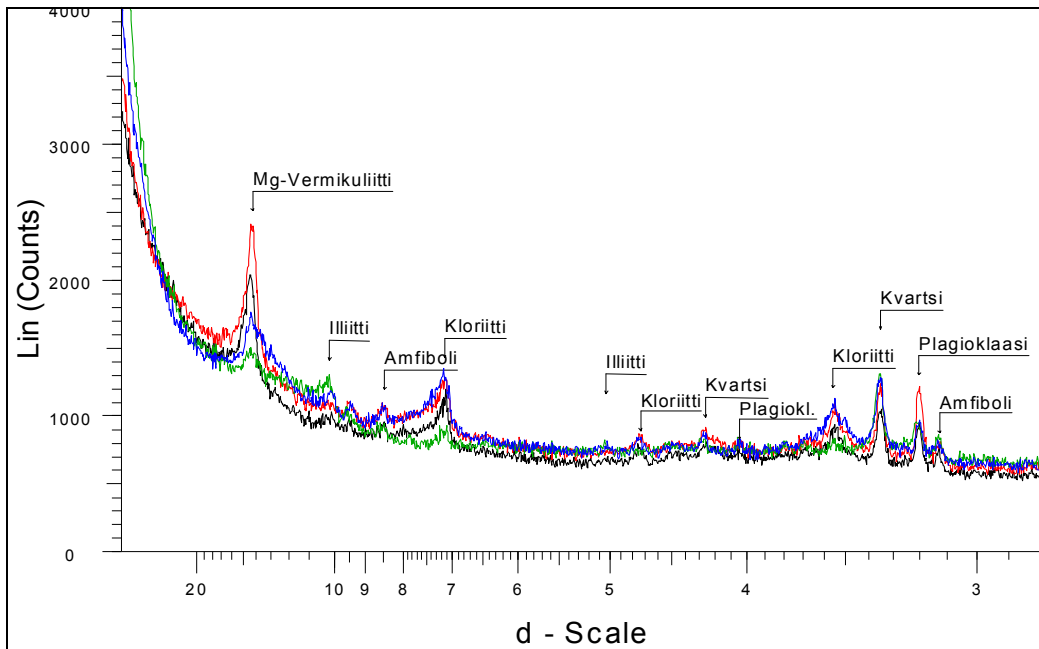
Kuva 18. Rakeisuuskäyrät Urakkaselänpalon alueelta tutkimusojasta M7 ja Sakiatievan alueelta ojista M9 ja M11.



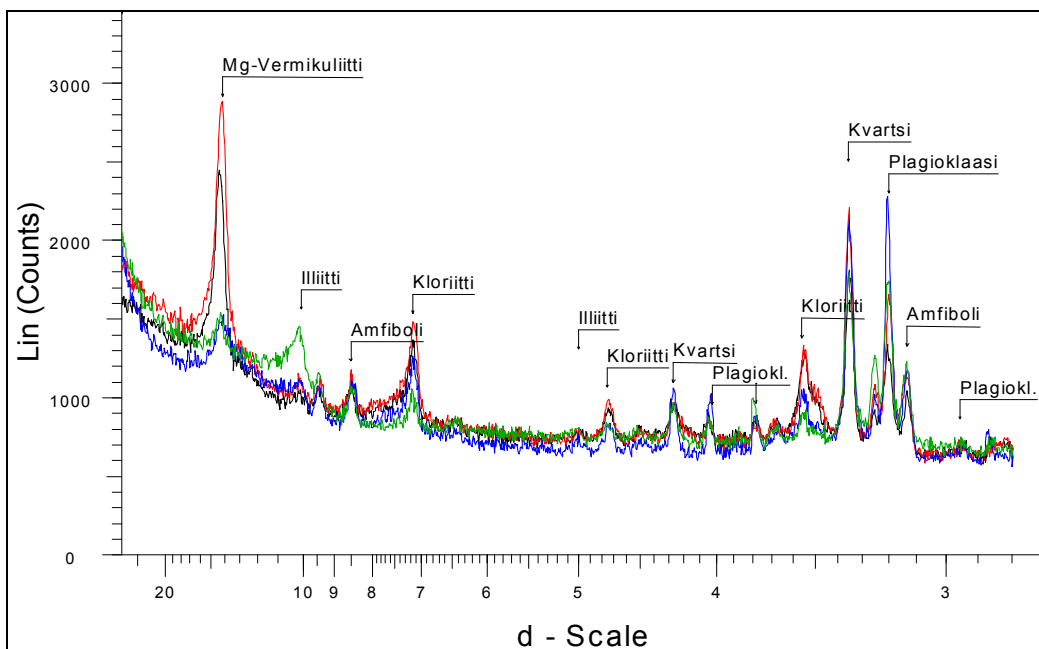
Kuva 19. Moreenin rakeisuuskäyrät Sakiatievan alueelta tutkimusojista M11 ja M12.

8.1.5 Saviaineksen mineraalikoostumus

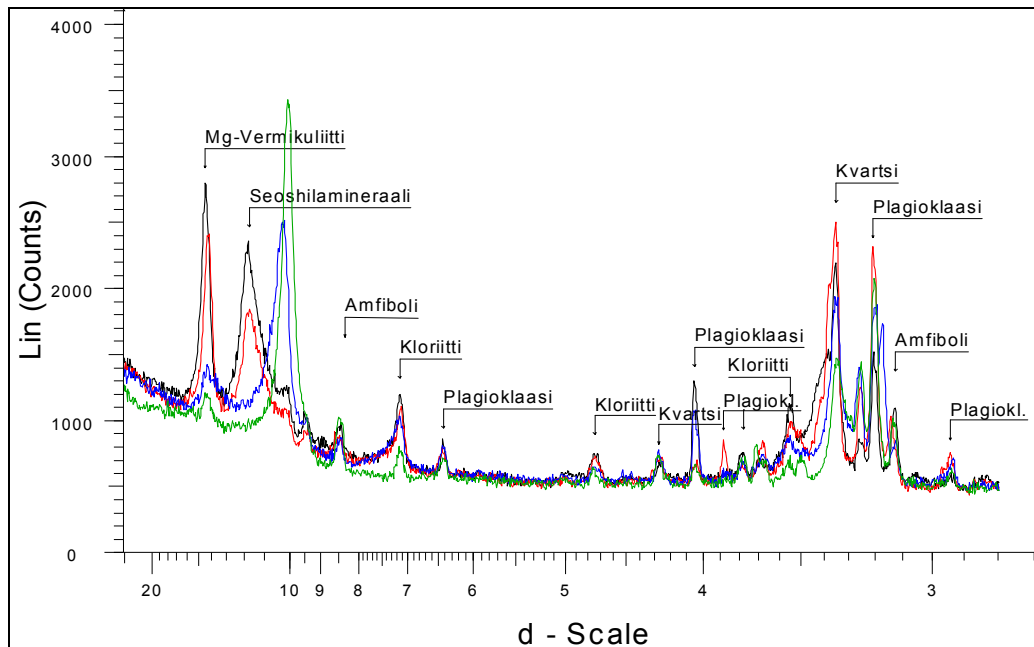
Saviaineksen ($< 2 \mu\text{m}$) tarkemman koostumuksen selvittämiseksi tehtiin XRD-ajot kolmesta eri moreeninäytteestä, yläpatjoista M1, M2 ja M4 (Kuvat 20–22). Maastossa vierekkäin esiintyvien tutkimusojien M1 ja M2 käyrät ovat hyvin samanlaiset. XRD-käyrien perusteella tunnistetut mineraalit ovat kvartsi, plagioklaasi, kloriitti, illiitti, Mg-vermikuliitti ja amfiboli. Kaikki näytteet näyttävät vastaavan mineraalikoostumukseltaan toisiaan. Poikkeuksena on M4:ssä Mg-vermikuliitin ja amfibolin välissä esiintyvä seoshilamineraalien muodostamaa piikkiä.



Kuva 20. Tutkimusosan M1 moreenin savimineraalikoostumus. Mustalla käyrällä on merkitty etyleenikäsitelty näyte, punaisella 60 asteen, sinisellä 375 asteen ja vihreällä 550 asteen näytteet.



Kuva 21. Tutkimusosan M2 moreenin savimineraalikoostumus. Mustalla käyrällä on merkitty etyleenikäsitelty näyte, punaisella 60 asteen, sinisellä 375 asteen ja vihreällä 550 asteen näytteet.



Kuva 22. Tutkimusojan M4 moreenin savimineraalikoostumus. Mustalla käyrällä on merkitty etyleenikäsitelty näyte, punaisella 60 asteen, sinisellä 375 asteen ja vihreällä 550 asteen näytteet.

8.1.6 Geokemia

Tutkimusalueen moreeni- ja kallioperänäytteiden Ca-, Co-, Cu-, Fe-, Ni-, Pb-, Zn-, Ba-, Ca-, K-, La-, Mg-, Mn-, P-, Sc- ja Au-pitoisuuksien tilastoparametrit esitetään Taulukoissa 2–5. Kukin fraktio on käsitelty erikseen, sillä korrelaatioita voi tehdä ainoastaan saman fraktion analyysitulosten kesken. Karkeammista fraktioista tehtyjen analyysien pitoisuustaso on huomattavasti alempi kuin alueellisessa geokemiallisessa kartoituksessa käytetyn < 0,06 mm fraktion. Tässä tutkimuksessa hienoin < 0,06 mm fraktio analysoitiin vain Lohipalon alueelta.

Urakkaselänpalon ja Sakiatievan tutkimusojien M1–M10 moreenin geokemiallinen koostumus on melko homogeeninen (Taulukko 2). Tutkimusojassa M1 on korkeita kalipitoisuuksia. Kalsium on alueella anomaalinen > 0,5 %:n ja P > 0,03 %:n pitoisuuksina. Lantaani on myös anomaalinen. Molybdeenillä on yksittäinen 9 ppm pitoisuus, joka näkyy kohoumana myös kallionäytteessä. Samassa näytteessä Fe-pitoisuus nousee huomattavan korkealle. Ultramafiittien alkuainekombinaatioon kuuluvat Mg, Cr, Ni ja Co ovat selvästi koholla tutkimusojien M7 ja M8 moreeneissa, minkä lisäksi ne

korreloivat keskenään (Liite 2A). Korrelaatiomatriisissa ne esiintyvät Ca:n kanssa, mutta kairasydämissä Ca ja P eivät korreloi ultramafiittien kanssa. Rikki on yhdessä analyysissä hieman kohonneena, mutta kallioperän rapautumisesta johtuen se on useimmiten uuttunut kokonaan pois. Montun M10 moreenissa ei näytä esiintyvän taustasta poikkeavaa vaihtelua. Kultapitoisuus on tosin muutamassa näytteessä lievästi koholla.

Statistics									
	CO	CR	CU	FE	NI	PB	ZN	AU	
N	81	81	81	81	81	81	81	81	81
Mean	12,2822	77,249	29,688	26597,53	33,737	2,273	24,540	,00244	
Median	12,0000	73,300	23,200	25600,00	32,600	,000	23,600	,00000	
Std. Deviation	3,11400	23,8648	26,4679	5561,294	11,0923	4,4520	5,8218	,019681	
Minimum	4,63	16,6	9,0	15300	8,7	,0	14,4	,000	
Maximum	23,70	165,0	240,0	51700	80,7	12,6	52,8	,177	

	BA	CA	K	LA	MG	MN	P	SC	
N	81	81	81	81	81	81	81	81	81
Mean	63,08	4438,27	1553,58	23,65	5419,14	268,94	284,78	6,295	
Median	60,90	4580,00	1400,00	16,40	5310,00	257,00	288,00	6,130	
Std. Deviation	12,596	1240,699	630,835	28,280	1322,527	85,883	78,104	1,8092	
Minimum	45	1130	1060	10	2570	164	75	3,0	
Maximum	108	10600	5770	212	11800	827	509	17,8	

Taulukko 2. Tutkimusojien M1–M10 moreeninäytteiden alkuainepitoisuuksien (ppm) tilastoparametrit.

Tutkimusojan M1 kallioperässä Mo, Ca ja P (0,1–0,2 %) ovat anomaalisia (Taulukko 3). Lantaani-, Ca- ja P-pitoisuudet korreloivat keskenään, tosin La vain osassa näytteitä. Kalium-pitoisuus on huomattavan korkea.

Statistics									
	CO	CR	CU	FE	MO	NI	PB	ZN	
N	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mean	32,758	86,658	52,542	89325,00	18,6892	43,833	13,683	99,45	
Median	33,150	72,250	54,050	95700,00	15,9000	40,050	12,700	98,85	
Std. Deviation	2,5635	70,2282	19,2158	16638,079	10,18515	22,1151	3,3531	18,838	
Minimum	27,6	23,4	24,6	65600	6,25	21,5	10,5	72	
Maximum	36,4	274,0	88,1	118000	36,40	108,0	20,1	130	

	CA	CO	LA	MG	MN	P	SC	AU	
N	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mean	11471,67	32,758	71,383	20650,00	1624,17	991,00	24,867	,0140	
Median	11000,00	33,150	61,300	19850,00	1590,00	862,50	25,950	,0000	
Std. Deviation	2224,777	2,5635	30,5635	5272,139	283,660	356,339	5,0741	,02847	
Minimum	9600	27,6	43,3	12400	1230	681	15,8	,00	
Maximum	18100	36,4	139,0	32300	2100	1960	30,6	,09	

Taulukko 3. Tutkimusojan M1 kallioperän näytteiden alkuainepitoisuuksien (ppm) tilastoparametrit. Magnetiittipiroitteisen amfiboliitin kultapitoisuus on 30–90 ppb.

Tutkimusojan M10 kallionäytteissä on Cu:a parhaimmillaan 0,2–0,45 % Au-anomalioiden yhteydessä (Taulukko 4). Muuten tasaisesti koholla olevassa kultapitoisuudessa näkyvät selvät piikit 9–10 ja 12–13 metrin kohdalla. Kromi toimii hyvänä kivilaji-indikaattorina ja pitoisuusvaihtelut ovat jyrkkiä. Anomaaliset Ni- ja Co- sekä Mg- ja Cr-pitoisuudet korreloivat keskenään indikoiden alueen ultramafitteja (Liite 2B). Vaihtelua esiintyy Mo- ja vähäisesti myös As-pitoisuuksissa. Rautaa on hyvin runsaasti ja rikkiä jonkin verran. Lantaanipitoisuus on enimmillään metrin jaoksissa 150–205 ppm.

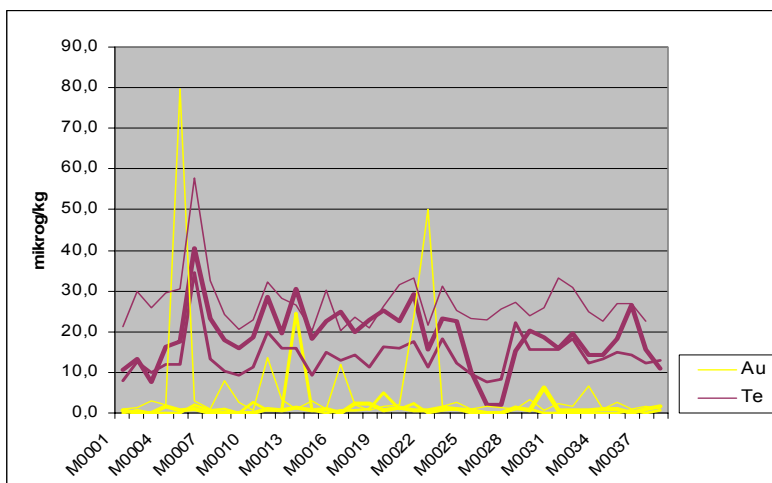
Statistics								
	CO	CR	CU	FE	NI	PB	ZN	AU
N Valid	51	51	51	51	51	51	51	51
Mean	102,62	350,13	1693,59	125380,39	273,55	15,602	43,535	1,07225
Median	65,30	267,00	1620,00	117000,00	179,00	15,900	33,600	,16800
Std. Deviation	116,837	311,693	942,827	67499,132	266,601	6,9338	51,1282	2,503347
Minimum	12	28	379	21300	28	,0	3,9	,000
Maximum	630	1790	4500	286000	1480	34,8	295,0	11,300

	BA	CA	K	LA	MG	MN	P	SC
N Valid	51	51	51	51	51	51	51	51
Mean	105,82	1937,08	2241,49	52,41	8399,65	493,16	1207,35	16,424
Median	96,20	1290,00	1810,00	39,10	6620,00	393,00	1270,00	15,700
Std. Deviation	44,749	1700,595	1656,108	42,007	6452,926	466,638	510,876	4,1915
Minimum	28	331	381	8	972	75	241	10,0
Maximum	231	6750	7840	205	29200	2410	2200	28,0

	MO	AG	AS	S	B
N Valid	51	51	51	51	51
Mean	20,08	,21	28,888	83,87	3,77
Median	17,50	,00	23,500	45,80	,00
Std. Deviation	15,681	,532	24,1781	140,050	4,319
Minimum	0	0	,0	0	0
Maximum	63	2	97,3	947	13

Taulukko 4. Tutkimusojan M10 kallionäytteiden alkuainepitoisuuksien (ppm) tilastoparametrit.

Lohipalon alueella montturyhmien M0001–M0038 moreenien alkuainepitoisuudet ovat suhteellisen pieniä (Taulukko 5). Analyysit tehtiin kolmesta eri fraktiokoosta. Karkeassa fraktiossa Au-pitoisuus on lähellä Pohjois-Lapin mediaaniarvoa 1,1 ppb (Pulkinen 1996). Keskifraktiossa Au on muutamassa kohden anomaalisena (25 ppb). Hienossa fraktiossa on useissa näytteissä alueella merkittävänä pidettävää > 10 ppb:n Au-pitoisuutta (11–80 ppb). Telluuri näyttää jakautuvan tasaisesti koko alueelle, joten lähinnä pitoisuuksien vaihtelut ovat huomionarvoisia. Vaikka Te-pitoisuus on alhainen, se näyttäisi korreloivan Au-pitoisuuden kanssa < 0,06 mm fraktiossa (Kuva 23). Kullan muista seuralaisista As esiintyy anomaalisena samassa fraktiossa.



Kuva 23. Lohipalon tutkimusmonttujen M0001–M0038 Au- ja Te-pitoisuuksien suhde. Molemmat näytteet on analysoitu kolmesta eri raekoosta; 2,0–0,6, 0,6–0,06 ja < 0,06. Taulukossa viivojen paksuus on suhteessa raekokoon. Pitoisuus on sitä korkeampi, mitä hienompaa aines on.

Ultramafiittien alkuainekombinaatiosta kertovat Mg, Cr, Ni ja Co esiintyvät myös alueen tässä osassa (Taulukko 5). Niiden anomaliakontrasti on muihin nähden jyrkkärainen, tosin Co on vain vähän koholla. Rautaa on alueella tasaisesti. Lyijy on koholla osassa näytteitä fraktiokoosta riippumatta. Rikistä on vain vähän merkkejä. Thoriumin pitoisuudet ovat melko pieniä. Kupari-pitoisuudet jäävät myös hyvin pieniksi eikä vaihtelua juuri esiinny. Kalsium, Co, Cr, Fe, Mg ja Ni korreloivat L- ja K-fraktioissa, ja Ca, Cr, Mg ja Ni P-fraktioissa (Liitteet 2C-D). Kaikissa fraktioissa on korrelaatio Co, Cu, Ni ja Zn välillä.

Tutkimusrivistön M0007–M0027 gammaspektrometrimittausten yhteydessä tehdyissä lisäanalyyseissä tulokset olivat samat vaikka näytteet otettiin kallioperään asti. Ainoastaan Te:n määrä kohoaa selkeästi yli metrin syvyydellä. Gammaspektrometrimittauksen tuloksissa ei havaittu korrelaatiota kullin ja thoriumin arvojen kesken. Thoriumin säteily oli hyvin pientä, kuten kultapitoisuudetkin.

Statistics L-fraktio

	CO	CR	CU	FE	NI	PB	ZN	AU µg
N Valid	38	38	38	38	38	38	38	38
Mean	21,935	93,432	33,77	29076,32	41,926	4,69	23,6326	,928
Median	21,700	97,500	33,40	29150,00	42,250	,00	22,4500	,777
Std. Deviation	7,2872	30,6103	13,099	7549,922	17,4046	8,861	8,04281	1,0905
Minimum	8,3	31,3	13	15000	12,9	0	9,04	,0
Maximum	40,3	152,0	78	43100	76,0	38	52,00	6,3

	BA	CA	K	LA	MG	MN	P	SC
N Valid	38	38	38	38	38	38	38	38
Mean	43,676	1342,66	575,11	14,464	3625,79	410,47	199,482	5,715
Median	40,200	1345,00	510,50	13,200	3680,00	395,00	191,500	5,245
Std. Deviation	13,4212	450,558	281,116	3,7983	1291,489	172,406	60,4233	1,7055
Minimum	26,7	528	0	9,6	1330	116	84,3	2,6
Maximum	77,5	2810	1300	28,0	6990	887	381,0	11,7

	NA	AS	TE µg
N Valid	38	38	38
Mean	330,79	1,00	18,603
Median	335,50	,00	18,500
Std. Deviation	39,420	3,485	7,7381
Minimum	252	0	,0
Maximum	417	14	40,5

Statistics K-fraktio

	CO	CR	CU	FE	NI	PB	ZN	AU µg
N Valid	38	38	38	38	38	38	38	38
Mean	13,5855	96,10	29,179	26710,53	38,600	2,89	21,553	1,28
Median	12,6500	94,35	27,400	25550,00	39,050	,00	20,650	,54
Std. Deviation	3,83141	37,698	9,8148	6735,015	14,0742	7,510	6,7804	3,994
Minimum	8,28	39	19,0	17400	19,9	0	14,2	0
Maximum	24,10	200	73,0	42400	81,0	34	53,3	25

	BA	CA	K	LA	MG	MN	P	SC
N Valid	38	38	38	38	38	38	38	38
Mean	44,211	1164,39	594,74	15,992	3481,32	259,42	181,71	5,989
Median	41,850	1080,00	522,50	14,400	3220,00	236,00	170,00	5,925
Std. Deviation	13,6203	315,857	309,519	6,9941	1008,526	147,430	53,235	1,5913
Minimum	27,5	687	0	8,2	2150	117	109	4,1
Maximum	94,3	2350	1380	47,8	5940	1000	359	12,5

	NA	TE µg
N Valid	38	38
Mean	317,21	14,0279
Median	313,50	13,2500
Std. Deviation	27,586	4,77759
Minimum	260	7,71
Maximum	391	34,50

Statistics P-fraktio

	CO	CR	CU	FE	NI	PB	ZN	AU µg
N Valid	38	38	38	38	38	38	38	38
Mean	22,047	186,976	66,334	52063,16	87,242	8,045	51,724	6,509
Median	21,350	192,500	64,500	51550,00	86,500	,000	50,200	1,780
Std. Deviation	4,4105	44,4455	17,0602	7739,873	24,3606	13,6597	11,3484	15,0571
Minimum	14,6	95,4	39,1	33800	46,4	,0	39,7	,7
Maximum	36,6	256,0	137,0	78100	152,0	55,9	103,0	79,8

	BA	CA	K	LA	MG	MN	P	SC
N Valid	38	38	38	38	38	38	38	38
Mean	90,81	1771,50	1375,84	38,366	9342,11	410,50	378,50	13,349
Median	88,10	1710,00	1285,00	34,000	9210,00	381,50	350,00	13,200
Std. Deviation	18,392	528,452	548,939	14,8474	2108,038	169,046	110,917	2,5464
Minimum	62	977	482	20,0	6160	206	195	7,7
Maximum	154	3590	2920	103,0	14100	1170	750	22,5

	NA	AS	TE µg
N Valid	38	38	38
Mean	297,68	3,64	26,963
Median	299,00	,00	25,900
Std. Deviation	16,009	5,926	6,5107
Minimum	255	0	20,2
Maximum	332	19	57,8

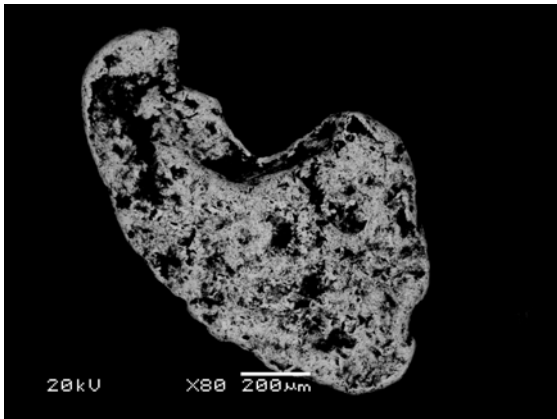
Taulukko 5. Montturyhmien M0001–M0038 moreeninäytteiden tilastoparametrit L-, K- ja P-fraktioista. Pitoisuudet ovat ppm:ina, Au:a ja Te:a lukuunottamatta (ppb).

8.2 Kultarakeiden morfologia ja koostumus

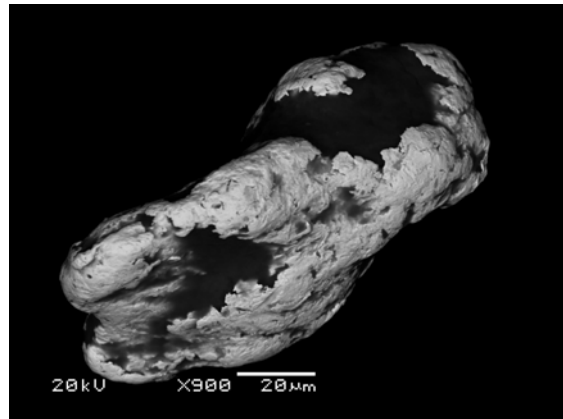
8.2.1 Koko ja lukumäärä

Kultarakeiden koko on hyvin pieni, aineiston suurimmat jäävät alle 1,5 mm. Tutkittujen rakeiden keskimääräinen pituus on 386 μm , pisimmän ollessa 1255 μm ja lyhimmän 120 μm (Kuva 24). Keskimääräinen leveys on 190 μm . Levein rae on 765 μm ja kapein 45 μm . Näytepartikkeleiden pienen koon vuoksi hippu-nimityksen sijasta käytetään kultarae-nimitystä. Yleisnimityksenä on päädytty käyttämään kultatutkimusaineistoa.

Kultarakeita löytyi moreenista 98 kpl eli melkein yksi joka näytteestä (104 kpl). Rakeiden esiintymistiheydessä oli kuitenkin huomattavaa vaihtelua. Suurista 200 kg:n näytteistä rakeita löytyi aina yhdestä useampaan (1–11 kpl), kun 10 ja 20 kg:n näytteistä niitä löytyi satunnaisesti (1–4 kpl). Rapakallionäytteistä löytyi satoja rakeita.



A

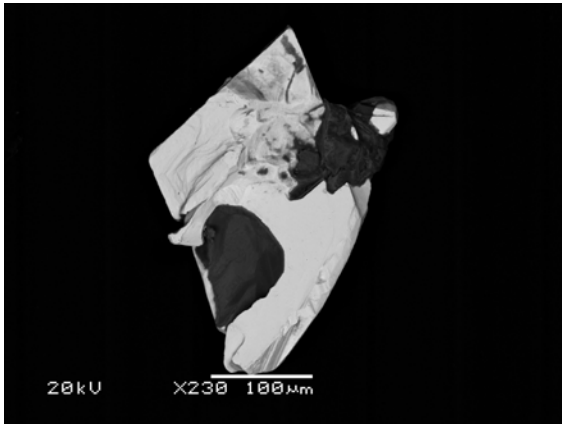


B

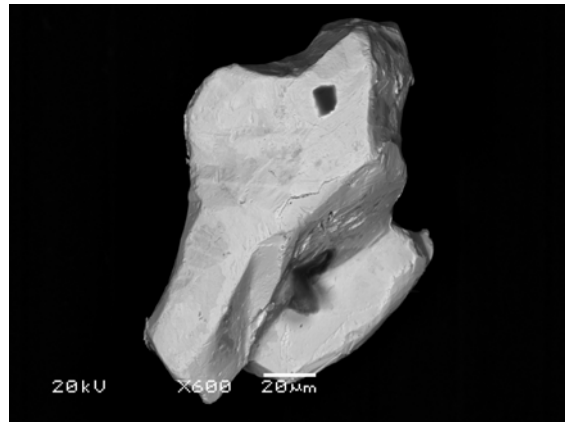
Kuva 24. Rae A on aineiston pisin (1255 μm) ja B toinen aineiston kahdesta lyhimmästä (120 μm) kultarakeesta.

8.2.2 Pyöristyneisyys

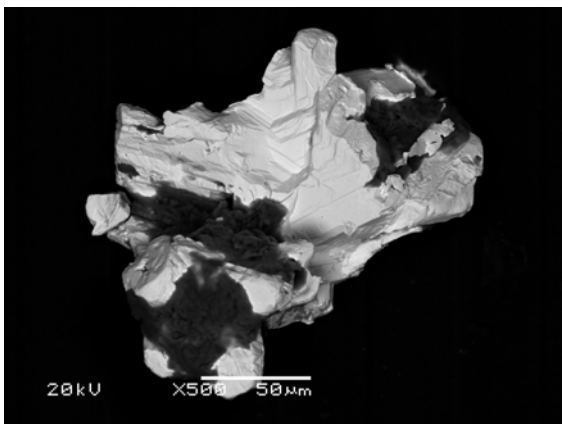
Tutkimusojan M10 rapakalliosta saadut kultarakeet ovat primäärejä (Kuva 25). Nämä pyöristymättömät kultarakeet ovat tyypiesimerkki Ruosselän alueen hydrotermisistä kalliokultakiteistä. Kidepinnan rakenteen osittainen omamuotoisuus on helposti tunnistettavissa rakeissa A ja B. Tyypillistä porrasmaista kidepinnan rakennetta esiintyy rakeissa A, C, D ja E. Kullan kuutiolliset kidepinnat ovat selvästi näkyvissä rakeissa G ja H. Kuvan I nystymäistä pintarakennetta ei esiinny yhtä hallitsevana muissa tutkituissa rakeissa. Rae J on muista (A–I) poiketen toisesta, vasta osin paikannetusta kultamineralisaatiosta. Näyte on otettu magnetiittipiroitteisen amfiboliittirapauman kohdalta tutkimusojasta M1.



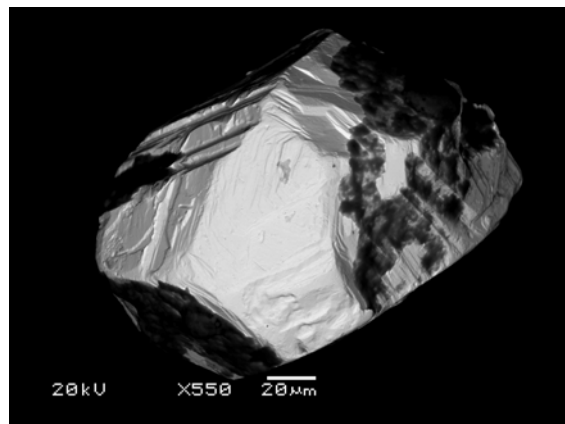
A



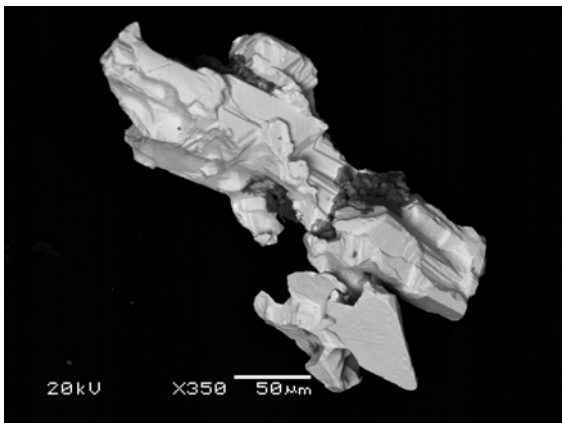
B



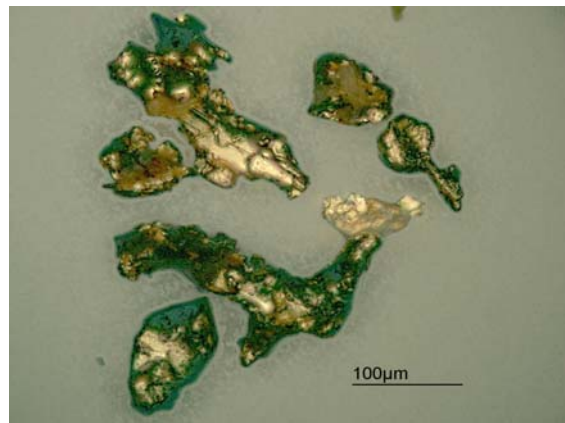
C



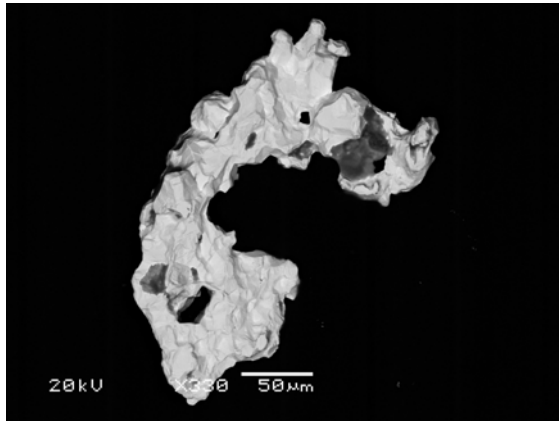
D



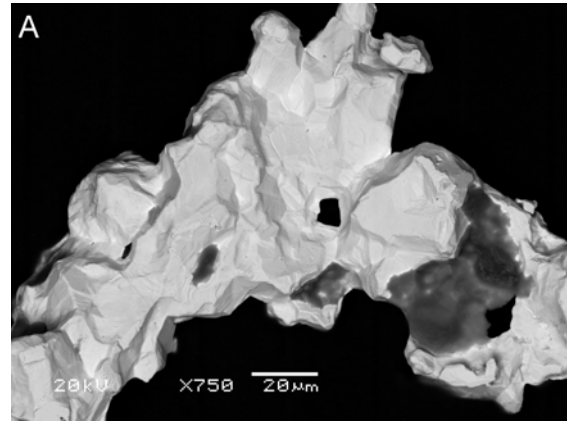
E



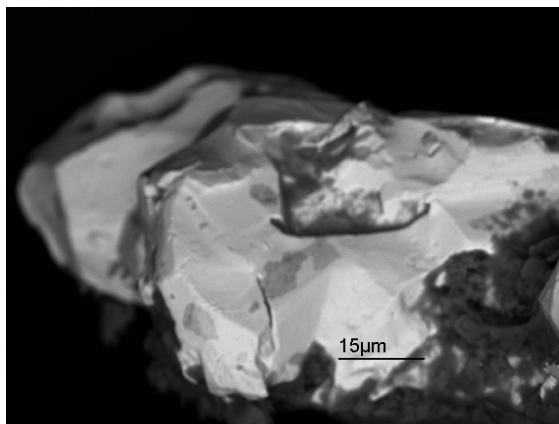
F



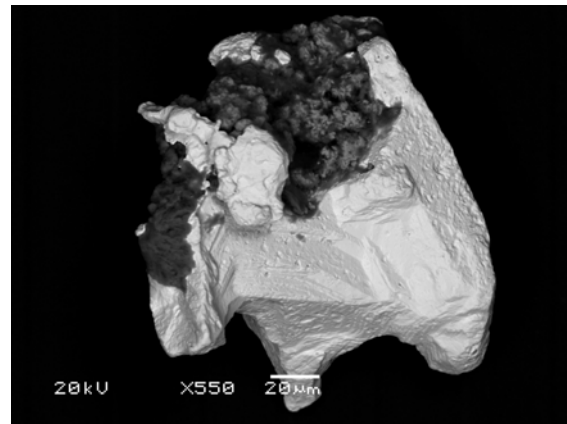
G1



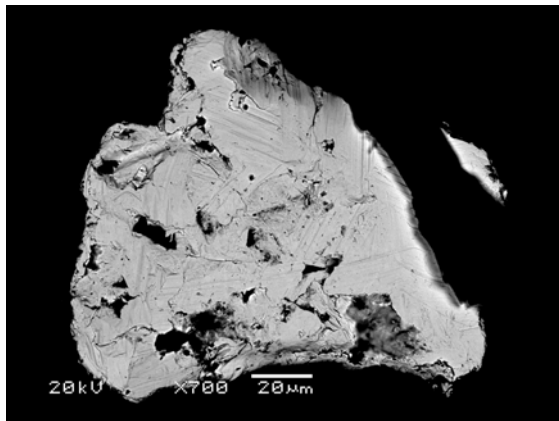
G2



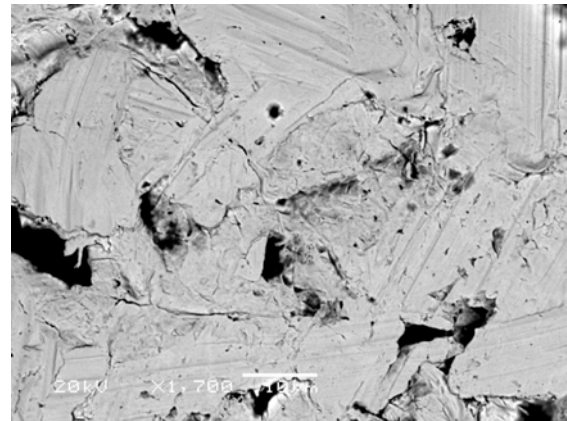
H



I



J1

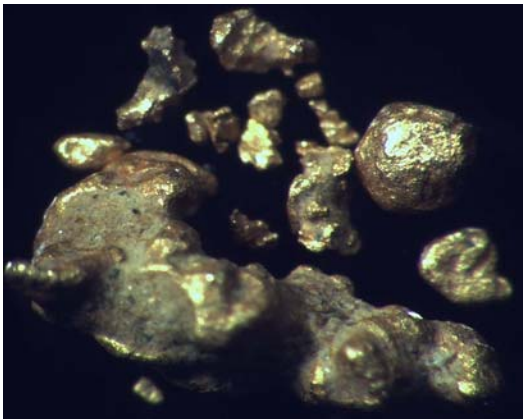


J2

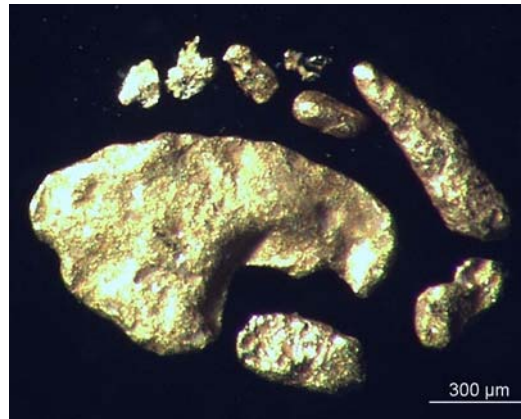
Kuva 25. Kultarakeista otetut SEM-EDS-kuvat A–J ja valokuva F. Kaikki rakeet ovat primääriä kalliokultaa. Kuvissa A ja B rakeiden ulkomuoto on selkeäpiirteinen ja osin omamuotoinen. Kultarakeissa A ja C–E näkyy kalliokullalle tyypillinen porrasmainen kidepinnan rakenne. Kuvan F vasemmassa yläkulmassa näkyy rae E. Tarkkuusero kuvien välillä on huomattava. Rakeissa G ja H on vieri vieressä kultakiteiden oktaedrisia, yhteenkasvattuneita kidepintoja. Kuvassa I näkyy nystymäistä rajapintarakennetta. Rakeessa J kide on kasvanut rajoittuen rajapinnaltaan muihin, uurreryhmän synnyttäneisiin kiteisiin.

Kaikki moreenissa olleet kultarakeet ovat joko puolipyörityneitä, hyvin pyörityneitä tai täysin pyörityneitä. Kuitenkin muista poiketen yhdessä rakeessa primäärit kidepinnat ovat selvästi näkyvissä ja rae on pyöritymätön. Suurin osa pyörityneistä rakeista on hyvin tai melkein täysin pyörityneitä rakeen alkuperäisen muodon mittapuitteissa. Kuvan 26 valokuvista A ja B näkee rakeiden koon ja pyörityneisyyden vaihtelun aina yhden 200 litran näytteen sisällä. Kuvassa A on aineiston ainoa palloksi takoutunut rae; muiden täysin muuttuneiden rakeiden lähtömuoto on tuottanut erilaisen loppumuodon.

Kuvassa 27 nähdään esimerkit eri pyöritysvaiheen rakeista. Rakeessa A on tapahtunut kulumista vain osassa pintaa ja rakeen keskeltä voi yhä erottaa primaareja kuutiollisia kidepintoja. Vaikka rae B onkin piirteiltään selvästi kuluneemman näköinen, erottaa siinä vielä paikoin heikkoja jäänteitä kullan alkuperäisistä kidepinnoista. Kuvien C ja D rakeet ovat jo hyvin pyörityneitä. Niissä on kuitenkin vielä jäljellä painumattomia ulokkeita sekä pinnan epätasaista muotoa. Rakeet kuvissa E ja F ovat jo täysin pyörityneitä, lopullisen muodon vaihdellessa alkuperäisen mukaan.

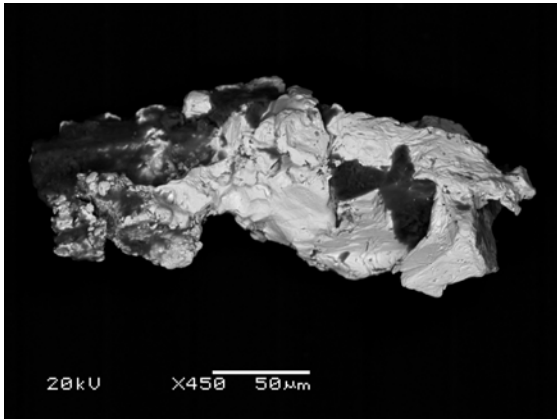


A

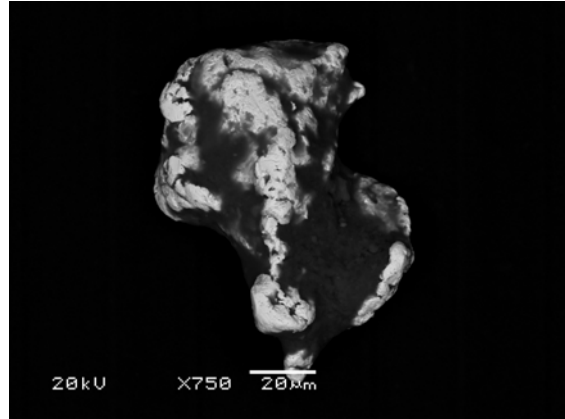


B

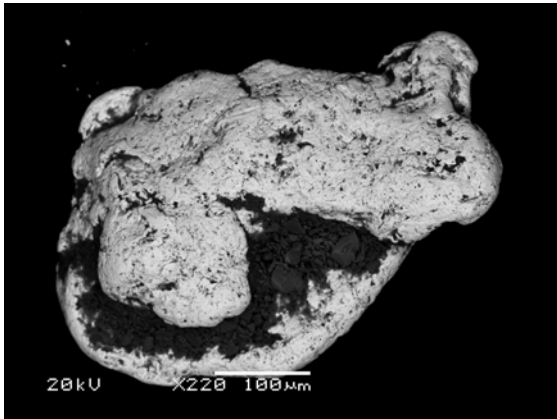
Kuva 26. Valokuvissa on pyöritysmuotoiltaan erilaisia rakeita. Kuvan A oikeassa yläkulmassa on täysin pyöritynyt, palloksi takoutunut kultarake. Kuvan B oikeassa yläkulmassa on esimerkkikuvan 27 täysin pyöritynyt rae F. Sen vasemmalla puolella olevista neljästä rakeesta kolme on hyvin pyörityneitä ja kaksi puolipyörityneitä. Kuvan A tarkkaa mittausta ei tiedetä, mutta sen kookkain rae on todellisuudessa kuvan B suurimman kokoluokkaa. Kultarakeet ovat aineiston kookkaimmat.



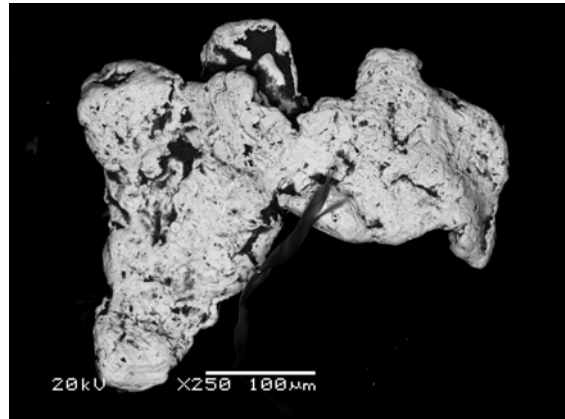
A



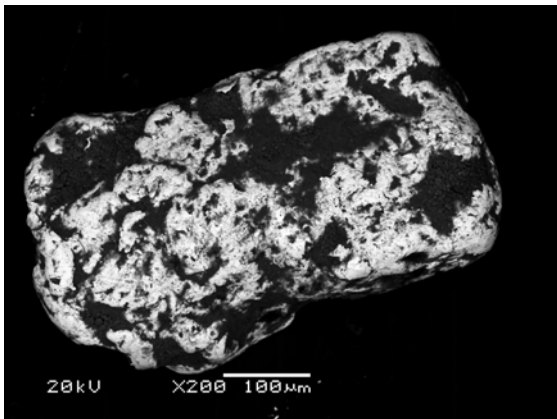
B



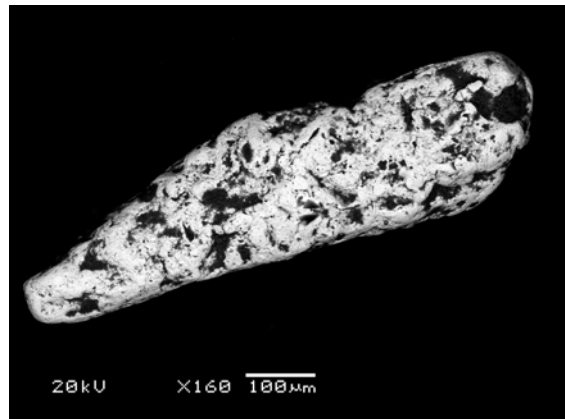
C



D



E



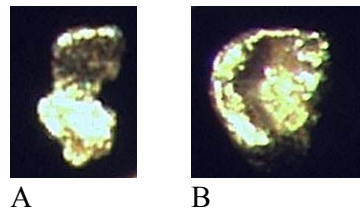
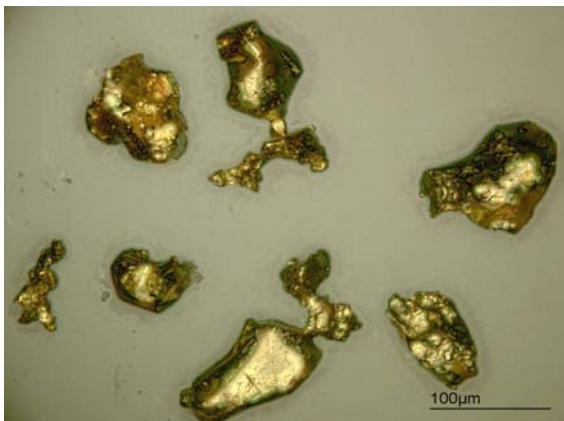
F

Kuva 27. Kultarakeista otetut SEM-EDS-kuvat A–F. Rakeet A ja B ovat puolipyörityneitä. A:n primaarirakenteet erottuvat vielä hyvin selvinä, kun taas B:ssä kuutiomaista kidesivua näkyy enää muutamassa kohdassa. Rakeet C ja D ovat jo hyvin pyörityneitä, mutta ulokkeita erottuu yhä. Rakeet E ja F ovat täysin pyörityneitä.

8.2.3 Muoto

Kulumattomat tutkimusojan M10 kalliokultarakeet vastaavat muodoltaan usein kidesykeröä, jossa kultakiteet ovat yhteenliittyneet joko symmetriseksi tai epäsymmetriseksi kidekasaumaksiksi. Yhteenliittyneitä kiteitä voi olla muutamasta lukuisiin. Osin omamuotoisia kultarakeita esiintyy myös ilman kidesykeröitä. Kokonaisuusto rakeilla vaihtelee aina kuvan 25 sirppimäisistä (G1) ja levymäisistä (J1) möhkälemäisiin (I). Muodoissa näyttää olevan huomattavaa eroa saman kalliokultaesiintymän sisällä. Sattumalta voi löytää kuitenkin hyvinkin samanmuotoisia kiteitä, kuten Kuvassa 28.

Puoli-, hyvin- ja täysin pyöristyneissä rakeissa muodot (Kuva 30) vaihtelevat hiutalemaisista, levymäisistä (A) tai pitkulaisista (B) aina kokkeramaisiin (C) massamaisiin (D) ja sienimäisiin (E) möhkäleisiin, sekä kiekkomaisiin, sauvamaisiin, lehtimäisiin ja hiutalemaisiiin muotoihin. Pyöristyneiden rakeiden muoto on yleensä hyvin takoutuneen ja massamaisen näköinen. Useissa rakeissa on silittyneitä pintamuotoja. Kuvan 29 rae A on rullautunut kuljetuksessa keskeltä ohueksi sileäksi levyksi ja sen reunat ovat kääntyneet ylöspäin. Kultarae B on taipunut puoliympyräksi.

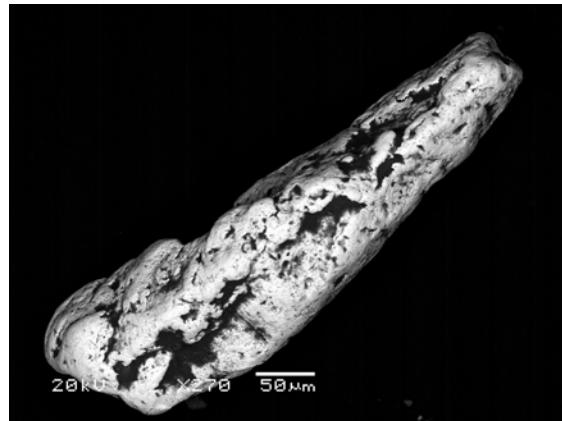


Kuva 29. Valokuvassa A on rullautunut, levymäinen rae ja kuvassa B on puoliympyrä. Molempien koko on vain joitain kymmeniä mikrometrejä, mikä on syynä valokuvien epätarkkuuteen.

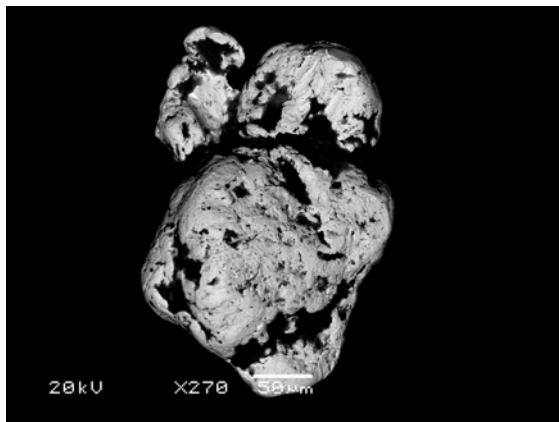
Kuva 28. Kaksi hyvin samanmuotoista kalliokultakidettä on vastakkain kuvan keskellä.



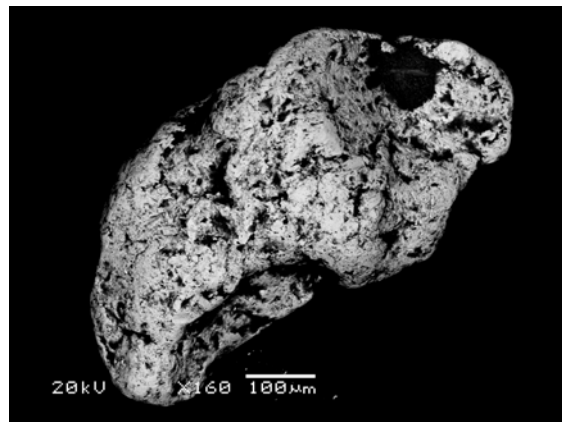
A



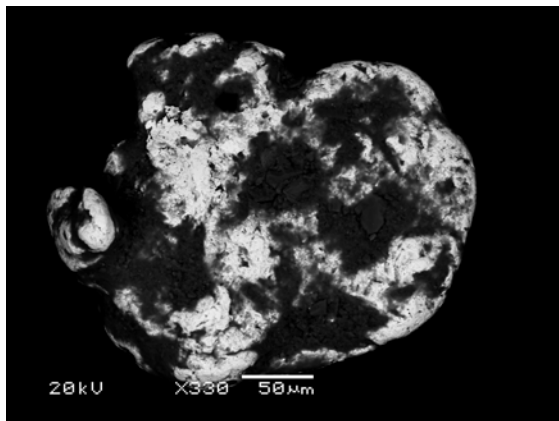
B



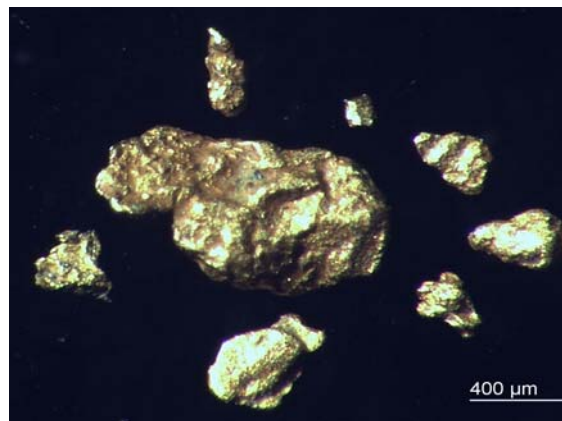
C



D



E



F

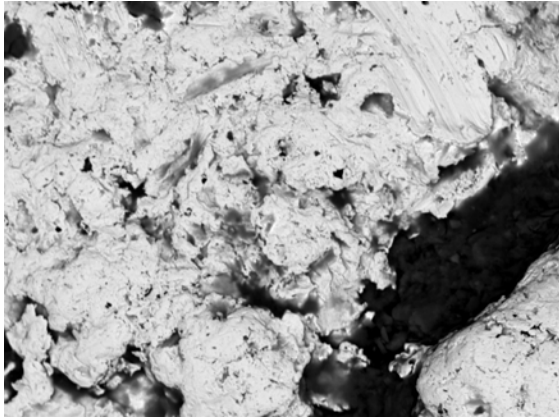
Kuva 30. Kultarakeiden SEM-EDS-kuvat A–E ja valokuva F. Rae A on muodoltaan hiutalemäinen, laakea levy. Rakeella B on tyypillinen pitkulainen, tappimainen muoto. C on muodoltaan pullea, kokkaremainen ja D massamainen, möhkälemäinen rae. Rae E on huokoinen ja pesusienimäinen. Kuvan F iso kultarae on tyypiesimerkki massamaisesta möhkälestä. Yläoikealla on aaltomaiseen muotoon painunut levymäinen hiutale.

8.2.4 Pintatekstuuri

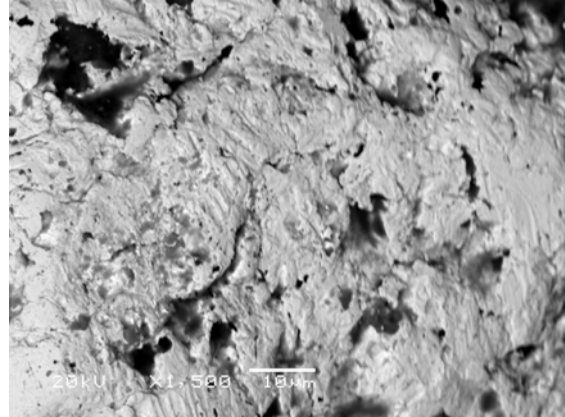
Pyöristyneiden kultarakeiden tyypillisiä rakenteita ovat mikrouurteet, primaarikolot, painaumakolot, impaktikuopat, aaltopainamat, naarmut ja pirsteinen, pitsimäinen sekä harsomainen rakenne. Antropogeenisiä, näytteen käsittelystä aiheutuvia naarmuja on muutamassa rakeessa. Ne voidaan erottaa yleensä muuta pintarakennetta kirkkaammasta väristä, tosin SEM-EDS-kuvissa ero ei ole kovin selvä. Antropogeenisiltä naarmuilta näyttäisivät rakeen A oikeassa yläkulmassa ja rakeen F vasemmassa yläkulmassa olevat jäljet (Kuva 31). Syviä primäärikoloja on kultarakeissa runsaasti. Painaumakolot erottaa primääreista jälkimmäisten suuremman koon ja syvyyden ansiosta. Mikrouurteita esiintyy käytännössä kaikissa rakeissa joissa on tapahtunut kiteytymisen jälkeistä kulumista. Kultarakeessa B on tyypillinen mikrouurteinen pinta. Sen sijaan rakeessa C on erikoiset väkäset uurteiden alussa. Mikrouurteiden ohella painaumakolot ja impaktikuopat ovat hyvin tavallisia. Molempia esiintyy rakeessa D, jonka pinnan pirsteisyyden vaikutelmaa lisää nuppineulanpään kokoiset, muiden mineraalirakeiden painamat reiät. Rakeen E keskellä on sivukuvassa hyvin erottuva kookas säteittäinen painauma, jonka keskeltä uurteet lähtevät poispäin. Kahdessa rakeessa on lisäksi useita erikoisia, mikroskoopilla erottuvia kolmi- ja viisisakaraisen tähtikuvion näköisiä painaumia.

Kultarakeen F pinta on enemmistöstä poiketen pitsimäinen. Hipun G alaoikeassa laidassa näkyy syvä 60 µm pitkä naarmu, jonka syntyessä kulta on osin taipunut kääreelle. Rakeen pintatekstuuri on muista poikkeava ja vaikuttaa huokoisuudessaan lähinnä pesusienimäiseltä. Rakeen H pinta on hyvin haperomainen ja poikkeuksellisen pirsteinen. Keskellä olevan primaarikolon oikealla puolella on kraaterimainen painauma ja alaoikealla muutama liiskautunut pinta. Liiskautuneita pintoja on useissa eri rakeissa. Kuvassa C liiskautunut pinta on poikkeuksellisen laaja, käsittäen kuvasta > 90 % ja koko rakeen yhdestä pinnasta yli kolmanneksen. Rakeessa I pintoja on runsaasti ja lisäksi sen päälaki on uurtunut pois. Ulkoisesti pinnat näyttävät selvästi erillisine reunoineen siltä kuin niihin olisi niittautunut kultalevy. Tämän ilmiön voisivat selittää rakeissa J ja K esiintyvät erikoiset, irrallisen näköiset pitsireunaiset pikkulaatat. Niiden painautuminen takaisin kiinni rakeen pintaan voisi aiheuttaa niittautumisefektin. Kuvassa J2 näkyvät hyvin sekä irralliselta vaikuttavat laatat että tasaiseksi liiskautunut pinta kuvan alalaidassa. Rakeessa K pinta ei ole vielä yhtä eriytynyt kuten J:ssä.

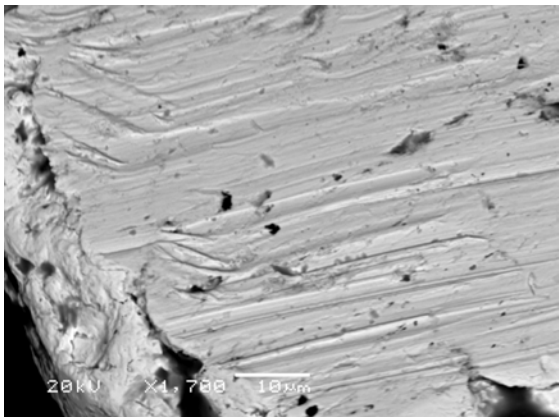
Kulumattomien kalliokultarakeiden (Kuva 25) pinnassa primaarikolot ja rakeiden C-E kehämäinen mikroporrassarakenne ovat tyypillisiä. Rakeiden pinnassa on hyvin vähän kulumisesta indikoivia muutoksia ja kidepinnat ovat enimmäkseen tasaisia (rakeet A ja B) tai kultaan rajoittuneen mineraalin tai kideaineksen piirteitä heijastavia (rakeet I ja J).



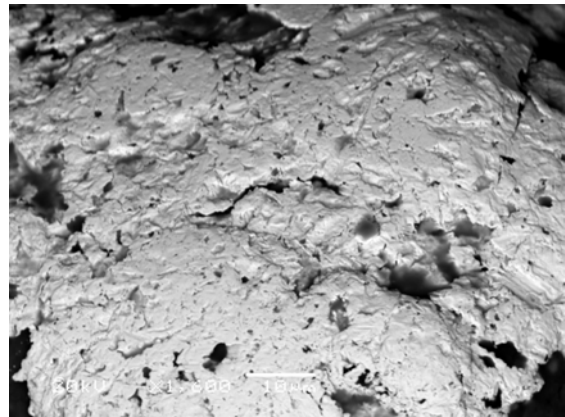
A



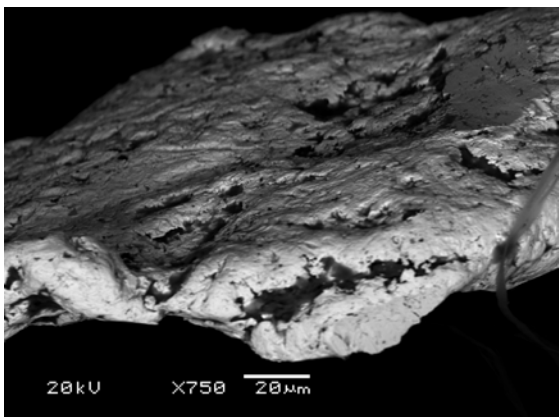
B



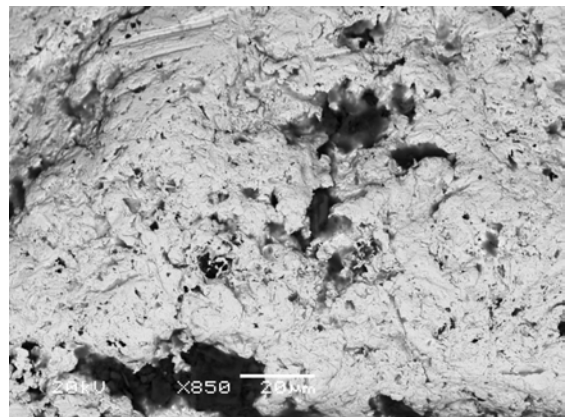
C



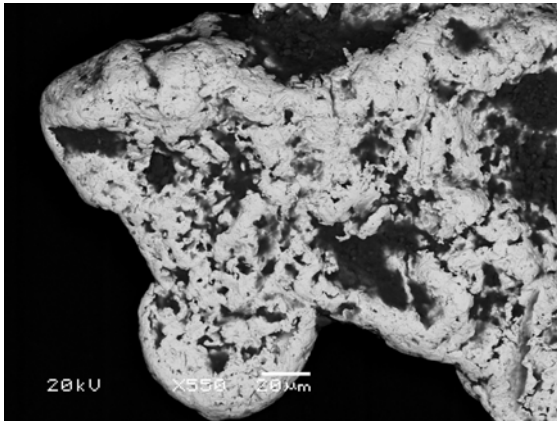
D



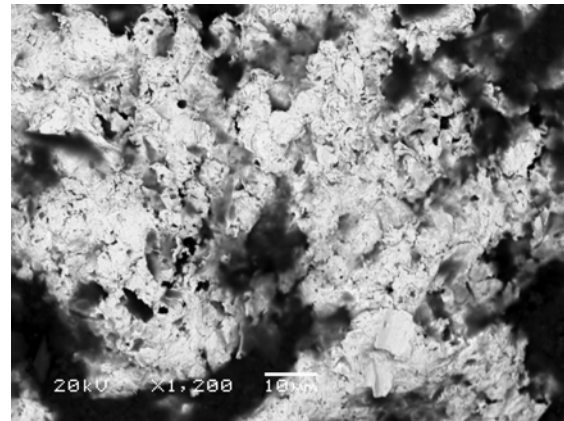
E



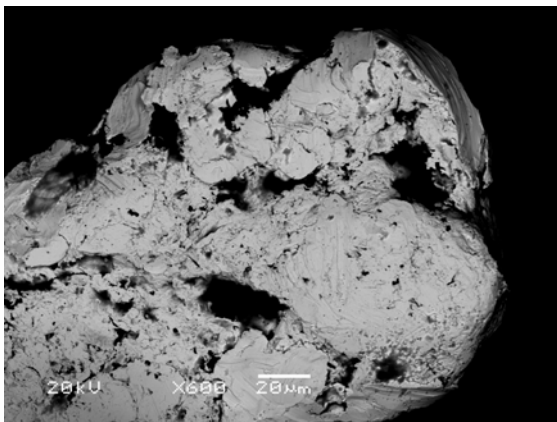
F



G



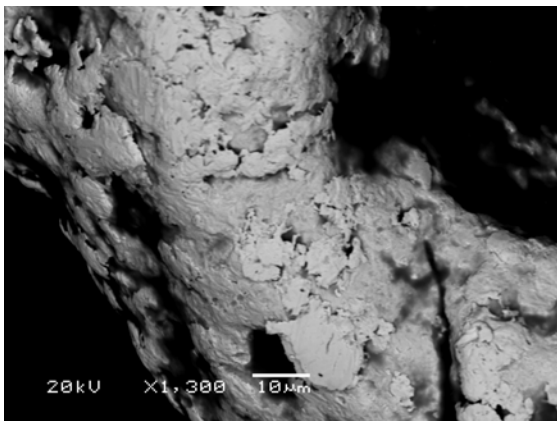
H



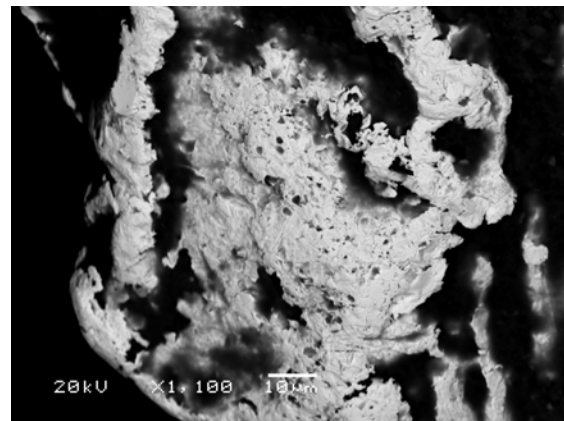
I



J1



J2

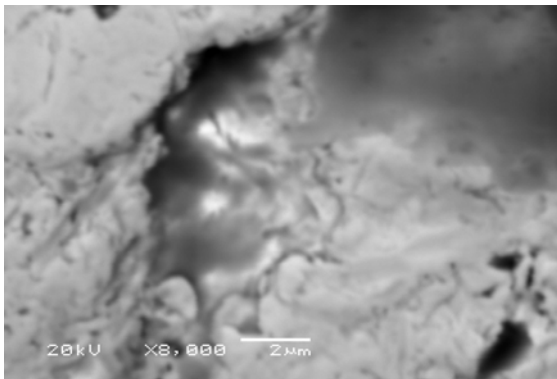


K

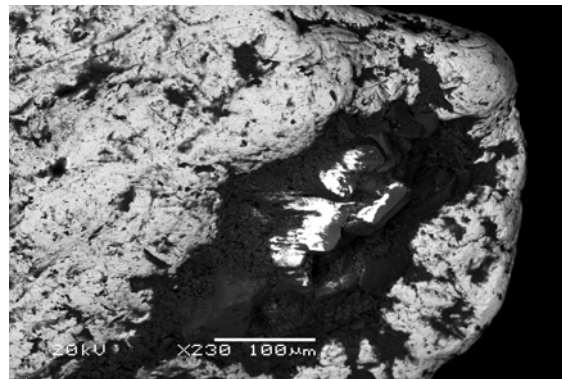
Kuva 31. Kultarakeiden SEM-EDS kuvat (A-K). Rakeessa A on antropogeenisiä naarmuja oikeassa yläkulmassa. Rakeessa B on runsaasti tyypillisiä mikroourteita, kun taas rakeessa C on erikoiset väkäset liistautuneella pinnalla olevien uurteiden alussa. Rakeessa D on runsaasti painaumakoloja ja impaktikuoppia. Rakeessa E näkyy selvästi kookas, säteittäinen painauma kuvan yläneljänneksessä. Rakeen F pintarakente on pitsimäinen ja rakeen G pesusienimäinen. Rakeen H tekstuuri on haperomainen. Liiskautuneita pintoja esiintyy rakeen C lisäksi rakeissa I, J ja K. Rakeissa J-K hallitsevana rakenteena ovat pitsireunaiset pikkulaatat.

8.2.5 Geokemialliset piirteet

Täysin pyöristyneistä kultarakeista ainakin kahdessa on tyypillisiä bakteerien näköisiä uudelleensaostumisen synnyttämiä mikrokultakiteitä, joiden pituus on vain muutamia μm :jä (Kuva 32). Ne erottuvat SEM-kuvista kirkkaina, sillä niiden pinta ei ole naarmuinen ja lisäksi puhdas kulta heijastaa eri aallonpituuksia kuin epäpuhdas kulta. Rakeessa B on kiinnikasvaneena kvartsirakeita, jotka näkyvät kuvassa kirkkaina. Kirkkaus johtuu varautuneisuudesta, sillä kullan johtaessa hyvin sähköä varautuneisuus kasaantuu kvartsiin. Moreenissa kultrakeen pintaan voi takertua myös detritaalisia mineraalirakeita (kuten kvartsia ja granaattia), jotka irtoavat pois rakeiden pinnan kuluessa. Tavallisella mikroskoopilla tarkasteltuna yhden kultarakeen pinnalta erottui kaksi vihreää mineraalirakeita ja lisäksi muutamassa rakeessa näkyi pieniä tummia rakeita. Niiden koostumus jäi epäselväksi, sillä niitä ei löytynyt enää SEM-EDS:llä. Vain kahdessa rakeessa havaittiin hyvin Au-pitoinen reunavyöhyke (C ja D) mikroanalyyisin yhteydessä (Lasse Pakkanen, henkilökohtainen tiedonanto 2004).



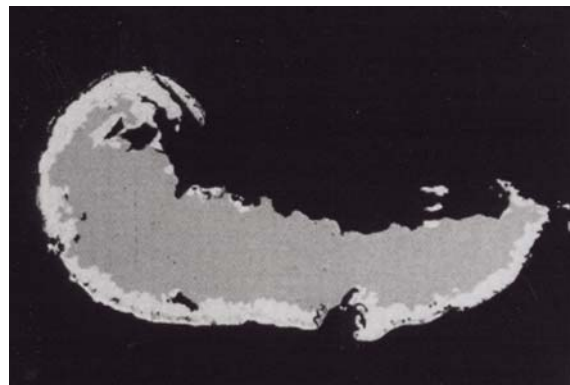
A



B



C



D

Kuva 32. Kuvassa A näkyy kirkkaina heijastuvia supergeenisia mikrokultakiteitä. Kuvan B keskellä on joukko kirkkaina näkyviä kvartsirakeita. Rakeiden C ja D poikkileikkauksissa näkyy hyvin niitä ympäröivä kultapitoinen vyöhyke. Rakeen C pituus on $240 \mu\text{m}$ ja vyöhykkeen Au-pitoisuus 99,35 p%. Rakeen D pituus on $215 \mu\text{m}$ ja Au-pitoisuus 98,9 p%.

Mikroanalyyseissä kultarakeiden todettiin sisältävän Au:n ja Ag:n lisäksi analysoitavia määriä kuparia, vismuttia ja rikkiä (Liitteet 3A-B) sekä elohopeaa (Liite 3C). Kaikkien pitoisuus jäi alle 1 p%. Tilastolliset suureet on esitetty alla (Taulukot 6 ja 7). Rakeiden keskustan ja pinnan pitoisuuksien suhteessa ei näy selvää korrelaatiota. Keskustan alkuaineista Ag näkyy vaihdellen pinnassa, mutta toisaalta suuretkaan keskuksen Ag-pitoisuudet eivät näy välttämättä pinnassa. Kallioperärakeissa keskustan Ag- ja Cu-pitoisuudet näkyvät keskimääräistä useammin pinnassa. Koko aineistossa huomataan keskuksen muiden alkuaineiden osalta, että Bi ja S näyttävät esiintyvän enimmäkseen eri aikaan Cu:n kanssa (Liitteet 3A–B). Pitoisuuspiikit ovat kuitenkin pieniä ja satunnaisia.

Keskusten pitoisuudet jakautuvat melko tasaisesti kallioperärakeiden (osa I) ja moreenin rakeiden (osat II–V) välille (Liite 4). Osan IV rakeissa näkyy notkahdus Au-pitoisuudessa ja sen seurauksena kohouma Ag:ssa. Pinta-analyyseissä Au-pitoisuus on vähän keskimääräistä alhaisempi osissa I ja V (Liite 5). Hopeapitoisuus on näissä osissa korkein. Kuparissa on piikki osan II rakeissa.

Pinnan ja keskuksen Au-, Ag-, Cu- ja Hg-pitoisuuksien eroista on tehty erikseen raekohtaiset vertailevat taulukot (Liitteet 6A–F). Maaperärakeiden pinnassa Au:n seuralaisista hopeaa ja kuparia esiintyy vähän vaihdellen. Osassa II esiintyy vain kuparia ja vähäisessä määrin elohopeaa. Kallioperärakeiden pinnassa osassa I Ag:n esiintyminen on runsainta. Maaperä- ja kallioperärakeiden keskuksessa Ag ja Cu ovat usein yhdessä, hopeaa esiintyy tosin useammin. Osassa V kullin seuralaisista esiintyy vain hopea. Erityisten kultaraeryhmien muodostumista ei havaita tarkasteltaessa aineistoa osista I–V riippumatta.

		Statistics					
		AU	AG	CU	HG	BI	S
N	Valid	120	120	120	120	120	90
Mean		95,0778	4,1658	,0592	,1130	,0644	,0392
Median		97,4582	2,2200	,0345	,0665	,0000	,0393
Std. Deviation		5,32115	5,14316	,06193	,15002	,10241	,02360
Minimum		70,19	,00	,00	,00	,00	,00
Maximum		100,35	27,36	,26	,75	,39	,09

Taulukko 6. Kultarakeiden keskuksen mikroanalyysointiajojen tilastolliset suureet.

	AU	AG	CU	HG
N Valid	47	47	47	47
Mean	96,3583	2,3970	,7470	,5021
Median	97,8000	,0000	,0000	,0000
Std. Deviation	3,91303	3,73319	1,10724	1,49804
Minimum	84,75	,00	,00	,00
Maximum	100,00	15,25	4,80	6,70

Taulukko 7. Kultarakeiden pinnan SEM-EDS-analyysitulosten tilastolliset suureet.

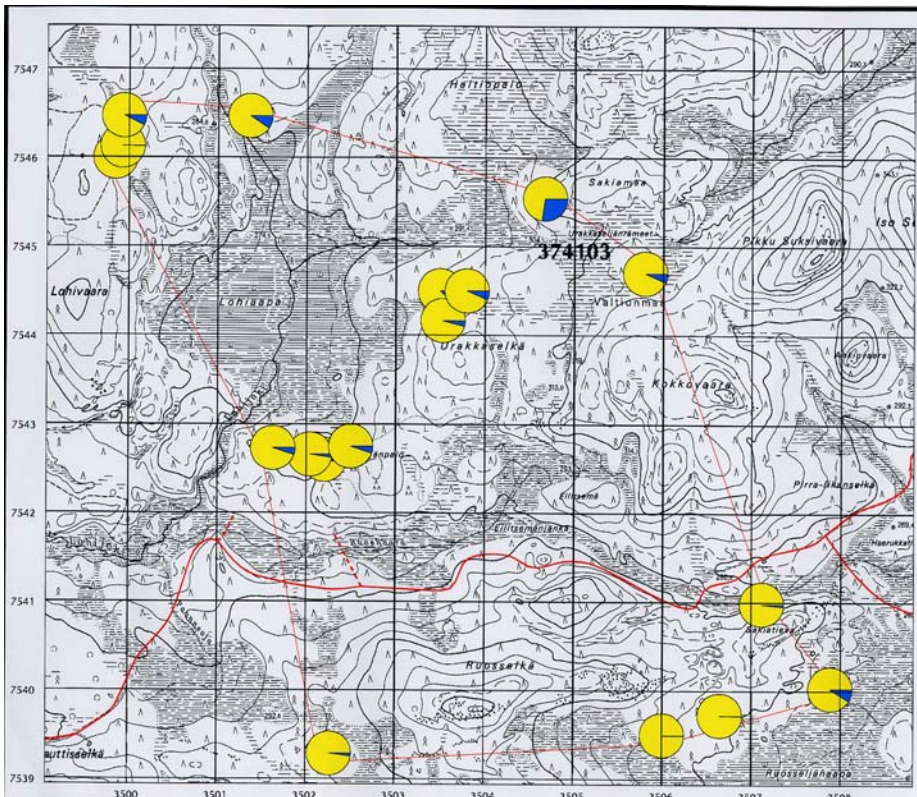
Kultarakeiden pinnasta saatiin SEM-EDS-analyyseissä Au:n, Ag:n, Cu:n ja Hg:n lisäksi pitoisuuksia seuraaville alkuaineille: Na, Mg, Al, Si, Mn, K, Ca, Ti, Fe, P, Cr, V ja Zn. Kaikkien pinnassa oli vaihtelevin määrin detritaalista ainesta (Na, Mg, Al, Si, Mn, K, Ca, Ti, Fe), joka on tarttunut niihin joko maaperässä tai näytteitä käsiteltäessä. Kromia on rakeen Au6 yhdessä analyysissä 34,3 %, mutta tuloksissa lukuarvo on tasoittunut useiden analyysien keskiarvoksi 10,4 %. Analyysien perusteella rakeista löytyi kromiitin lisäksi ainakin almandiini- albiitti- rutiili- ja ilmeniittirae, sekä kvartsirakeita. Geokemiallisten analyysien tulokset on esitetty rakeittain kokoomataulukossa (Liitteet 7A–M).

Hienousluvussa esiintyy selvää vaihtelua (Taulukko 8). Noin 90 % rakeista on hienoudeltaan > 900. Lopuista noin 10 %:sta kolme raeetta neljästä kuuluu ryhmään 871–877 ja yksi on hienoudeltaan 723. Kahdesta rakeesta analysoidujen Au-rikkaiden reunavyöhykkeiden hienousluvut ovat 997 ja 994. Kallioperärakeiden ja maaperärakeiden hienoushajonta poikkeaa toisistaan. Ensimmäisistä 72 % on hienoudeltaan > 980 ja jälkimmäisistä vain 36 %. Kullan hienous vaihtelee epäsäännöllisesti malmin sisällä ja samankin näytteen eri rakeissa pitoisuudet voivat poiketa huomattavasti toisistaan (Liitteet 7A–M). Esimerkiksi M10 9–10b on hienoudeltaan 874 ja M10 9–10c taas 927, tosin molemmat ovat keskimääräistä alhaisempia arvoja. Rakeilla M10 14–15a ja M10 15–16a on sama hienousluku 997, muttei muita yhtäläisyyksiä vierekkäisen sijainnin lisäksi. Sen sijaan Osassa IV on kolmen hienoudeltaan < 900 oleva raeryhmä. Rakeissa on yhteistä niiden hyvä pyörityneisyys. Hienoudeltaan > 995 olevissa rakeissa on Ag:n lisäksi pieniä Cu- pitoisuuksia. Yhtä pyöritymätöntä lukuun ottamatta ne ovat puolipyörityneitä. Yhden puolipyörityneen rakeen syvennyksessä on jäljellä selviä kiinnikasvettuneita kvartsirakeita, joten se ei ole kulunut kaikilta osin yhtä paljon. Puolet tämän hienousluokan rakeista kuuluu Osaan II ja toinen puoli Osaan V.

Hienousluku	Koko aineisto	mp-rakeet	kp-rakeet
999–996	26	21	36
995–990	9	8	9
989–980	14	8	27
979–950	14	17	9
949–900	26	33	9
< 900	11	13	9

Taulukko 8. Kullan hienousluku %-osuuksina koko aineistossa, sekä erikseen maaperän hipuissa ja kallioperärakeissa.

Kulta/Ag-suhteen vaihtelu on keskuksen osalta välillä 3–708 ja keskiarvo on 124,3. Maastokartasta nähdään, että hopeapitoisuuden suurimmat arvot saadaan tutkimusalueen pohjoisosassa (Kuva 32). Pinnassa Au/Ag-suhde on selvästi alhaisempi ja se vaihtelee välillä 6–53 keskiarvon ollessa 18,9. Erot voivat selittyä osin eri analyysimenetelmistä. Lukuarvot on esitetty rakeittain Liitteen 6 yhteydessä.



Kuva 32. Tutkimusalueen kartassa on esitetty kultarakeiden keskuksen Au/Ag-pitoisuuden vaihtelu alueittain. Ympyrädiagrammeissa keltainen väri symboloi Au:n osuutta ja sininen Ag:n. Suurimmat hopeapitoisuudet esiintyvät alueen pohjoisosassa. Yksi ruutu vastaa neliökilometriä.

9. TULOSTEN TARKASTELU

9.1 Moreenin piirteet

Tutkimusalueella esiintyy kolme eri moreenipatjaa, joiden sijaintia alueen topografia kontrolloi. Urakkaselänpalon alavalla ja laakean topografian alueella esiintyy yleensä kaksi moreenipatjaa ja korkeammalla, vaihtelevan topografian maastossa sijaitsevassa Sakiatievassa rapakallion päällä on vain yksi peitemoreenipatja. Moreeni on pääsääntöisesti hiekkamoreenia, mutta siinä on paikoin mukana runsaasti alapuolisesta rapakalliosta peräisin olevaa hienoainesta. Hienoaineksesta XRD:llä tunnistetut mineraalit ovat tyypillisiä Keski-Lapin rapakallioalueen moreeneissa, lukuunottamatta amfibolia. Se on todennäköisesti lähtöisin alueella esiintyvistä graniittijuonten kontakteihin liittyvistä karsikivistä (Pulkkinen, henkilökohtainen tiedonanto 2004). Moreenipatjat vastaavat väriltään ja koostumukseltaan aiemmissä tutkimuksissa saatuja havaintoja (Hirvas et al. 1977). Ylemmän moreenipatjan ajoittainen harmaanruskea väri johtunee pohjaveden pinnan tason vaihteluista ja raudan hapettumisasteesta siinä. Yhdestä tutkimusmontusta löytyi myös ruskean ja harmaan patjan välinen, metrin paksuinen harmaanruskea kerros. Moreenipatjojen välissä on tyypillisesti lajittuneita aineksia (ibid.), mistä saatiin myös tämän tutkimuksen yhteydessä havaintoja. Useimmissa tapauksissa jäätikön sulamisvesien huuhtoma kivikerros tai sorakerros erottaa moreenipatjat toisistaan. Huuhtoutuneita sorakerroksia esiintyy paikoin myös moreenin päällä.

Moreenin suuntausta on alueella tarkasteltu aiemmin sekä suuntauslaskujen (Hirvas et al. 1977) että susceptibiliteettimittausten (Härkönen & Pulkkinen 1981) avulla. Tulokseksi saatu suuntaus on länsiluoteesta itäkaakkoon. Tutkimusalueen luoteispuolella sijaitsevan Roivaisen moreenista ja kalliossa olevasta magnetiittipitoisesta metaperidotiitista tehdyssä susceptibiliteettimittauksessa anomaaliset pitoisuudet ulottuivat lähdealueesta enintään 2 kilometrin päähän (Liite 8). Urakkaselänpalossa, 1–2 metrin paksuisesta moreenista tehdyssä susceptibiliteettimittauksessa moreeniaines osoittautui täysin paikalliseksi. Paikallisuuteen viittaa lisäksi osassa aluetta kallioperän selvärajainen heijastuminen moreeniin. Alemman moreenipatjan suuntauslaskuista vain kolmannes antoi tulokseksi alueen yleissuuntauksen länsiluoteesta itäkaakkoon. Ylempässä moreenipatjassa ei havaittu suuntautumista. Toisaalta rapautuneen aineksen sekoittuminen moreeniin hankaloitti paikoin suuntauslaskuja. Solifluktiosta aiheutuvaa kivien uudelleen suuntausta

ei havaittu. Kummastakin moreenipatjasta tehdyissä suuntauslaskuissa oli ajoittain suurta hajontaa myös Hirvaksen et al. (1977) tutkimuksissa. Asian pääteltiin johtuvan jäänjakajan pienten sijainninmuutosten aiheuttamista huomattavista muutoksista paikallisissa virtaussuunnissa. Alueen heikolla glasiaalieroosiolla on todennäköisesti myös osuutensa asiaan. Lohipalon kivilaskuista saatiin kokonaiskuva alueen kivilajisuhteista. Ohuen moreenipeitteen vuoksi paikallisen aineksen osuus kivistä on suuri. Paikallisen kallioperän graniitit ovatkin moreenin valtakivinä. Tulokset antavat myös viitteen siitä, että tutkimusalueen länsipuolen kallioperässä on emäksisiä ja ultraemäksisiä liuskeita, sekä näiden yhteydessä sulfidisia rautamuodostumia ja kvartsijuonistoa. Paikallisesta kallioperästä poikkeavat Urakkaselänpalon kloriittiutuneet komatiitit ovat todennäköisesti peräisin viereiseltä Lohiaavalta, josta jäätikkö on kuljettanut ne länsiluoteisessa suunnassa ja kerrostanut moreeniin.

Alueen kallioperän kivilajikoostumus näkyy hyvin moreenin kemiallisessa koostumuksessa. Ultramafiittien alkuaineyhdistelmästä komatiittialueilla kertovien Mg:n, Cr:n, Ni:n ja Co:n anomaliakonstrasti on koko alueella muihin alkuaineisiin nähden jyrkkärajainen. Nikkelin ja Cr:n perusteella voisi alueella päätellä olevan kloriittiamfiboliliusketta, jolloin myös moreenin 1 % Mg-pitoisuudet sopivat kuvaan. Muissa kivissä näitä alkuaineita on yleensä vähän. Magnesiumia voi olla tosin muuallakin, kuten karbonaatin yhteydessä. Kohonneet molybdeenipitoisuudet (10–63 ppm) liittyvät kuparianomaliioihin. Lohipalon alueella kaikissa fraktioissa esiintyvä korrelaatio Co:n, Cu:n, Ni:n ja Zn:n välillä selittyy sillä, että alueen kallioperässä on sulfidirautamuodostumaan liittyviä kivilajeja. Sulfideihin liittyvät metallit näyttävät korreloivan varsin hyvin pieninäkin pitoisuuksina. Korrelaatioista valtaosa on tilastollisesti erittäin merkitseviä, ja varmuus korrelaatiosta on 100 %. Loput korrelaatioista ovat tilastollisesti merkitseviä 98 % varmuudella. Tutkimusojan M1 korkeat K-pitoisuudet johtuvat todennäköisimmin biotiitistä, jota on kallioperässä ja moreenissa silminnähden runsaasti. Anomaaliset Ca ja P viittaavat yhdessä esiintyessään apatiittiin, jota on kairasydänten perusteella kallioperässä. Rikki on liuennut käytännössä kokonaan pois alueen kallioperän korkeasta rapautumisasteesta johtuen. Kaikkiaan moreenin alkuainepitoisuudet ovat melko pieniä koko alueella verrattuna vihreäkivivyöhykkeen moreeniin. Kullan kanssa esiintyvää Th-rikasta monatsiittia ei gammaspektrometritulosten perusteella esiinny, eikä kohonneita Th-pitoisuuksia esiinny myöskään geokemiallisissa analyyseissä. Tosin menetelmä ei ole Th:lle paras

mahdollinen. Monatsiitin vähäinen määrä on etu alueen mahdollisille kullankaivajille, sillä sen runsaus uvassa on usein rikasteen jatkokäytön kannalta ongelmallista. Täytyy muistaa että vaikka kuningasvesiuutoksessa pääosa näytteen saviaineksesta liukenee, liukenematta jäävät kuitenkin mm. alumiinioksidi, hematitiitti, kromiitti, kvartsi, monatsiitti, maasälvät (lukuun ottamatta anortiittia) ja muskoviitti. Menetelmällä ei siis saada moreenin mineraalien totaalipitoisuuksia, vaan maaperän vahvaan happoon liukeneva osa. Silikaatit ja eräät oksidit jäävät suurelta osin liukenematta, mutta kiisut, karbonaatit ja fosfaatit liukenevat lähes täysin (Koljonen 1992). Raskasmineraalirikaste onkin hyvä täydenne geokemiallisille analyyseille silloin kun sen käyttö on mahdollista (kts. Averill 2001).

Kahden eri moreenipatjan koostumus ei näytä eroavan alkuaineiden osalta toisistaan, joten todennäköisesti ylemmän patjan aines on pitkälti alemmasta siihen sekoittunutta. Pitoisuudet ovat kuitenkin odotetusti hieman korkeammat alemmassa patjassa lähempänä kallioperää. Verrattaessa Au- ja Te-pitoisuuksia aiempiin alueellisen moreenigeokemian tuloksiin (Kuvat 6 ja 7) huomataan pitoisuuksien olevan tausta-arvojen luokkaa tai pienempiä. Lähinnä tausta-arvoja on luonnollisesti $< 0,06$ mm fraktio, sillä sitä on käytetty myös alueellisessa kartoituksessa. Suuremmissa fraktioissa pitoisuudet jäävät alle taustan. Sakiatievan kultamalmin yläpuolisessa moreenissa näkyy kahdessa kohden juuri määritysrajan ylittävä Au-pitoisuus. Vain yksi korkea Cu:n pitoisuuspiikki korreloi malmin rikkaimman osan kanssa, vaikka alueellisen moreenigeokemian tuloksissa Cu on selvästi koholla koko Sakiatievassa. Myöskään muilta osin malmi ei näytä heijastuvan moreenin geokemiassa. Tämä johtunee näytteen karkeasta fraktiokoosta ($< 0,5$ mm), sillä optimaalisin analysoitava fraktio kullan etsinnässä on $< 0,06$ mm. Anomalian on havaittu erottuvan siinä parhaiten taustasta (DiLabio 1982, Shilts 1984, Averill 2001) ja kultaesiintymissä on aina mukana myös hienorakeista $0,02$ – $0,03$ mm kultaa (Pulkinen 1996). Vastaavasti analysoitaessa moreenin hienoainesta voi todellinen kultapitoisuus kalliolla olla korkeampi sillä kultaesiintymissä on toisinaan mukana myös karkeampaa kultaa. Yksittäinen anomalia karkeassa fraktiossa voi aiheutua ns. hippuefektistä. Sakiatievan malmin rapakalliosta otettujen vaskausnäytteiden ja geokemiallisten analyyssien kultapitoisuus korreloi sen sijaan erittäin hyvin. Samalla saatiin selvä näyttö vaskauksen onnistumisesta, sillä rakeiden määrä väheni yhtä aikaa analysoitujen Au-pitoisuuksien kanssa. Moreenin vaskausnäytteistä löydettyjen kultarakeiden esiintymispaikat eivät korreloi moreenin hienoaineksen kohonneiden Au-pitoisuuksien kanssa. MacEachern & Stea (1985) päätyivät samaan tulokseen Nova Scotian alueella. He

päätelivät sen johtuvan hippuefektistä, sillä eri osanäytteiden analyysit antoivat päinvastaisia tuloksia ja lisäksi vaskauksessa hippuefekti yleensä minimoituu ja vastaavasti geokemian analyyseissä maksimoituu. Vaskausunäytteet ja hienoaines korreloivat heikosti myös Ivalojoen alueella (Saarnisto et al. 1990).

Lohipalon alueella näkyy selvä ero Au-pitoisuuksissa eri fraktiokokojen välillä. Pitoisuudet kasvavat selvästi < 0,06 mm fraktiossa, mikä pätee myös muihin alkuaineisiin. Kulta ja Te näyttävät korreloivan hienossa fraktiossa (Kuva 23), vaikkakin pieninä pitoisuuksina. Kullan muista seuralaisista As esiintyy anomaalisena. Sen sijaan fraktioiden 2,0–0,5 mm ja 0,5–0,06 mm alkuainepitoisuuksien välillä ei ole selvää eroa, mikä on tulos sinänsä. Täytyy kuitenkin muistaa, että näytekoko oli sama kaikissa fraktioissa, vaikka karkeita fraktioita analysoitaessa edustavan näytekoon tulisi olla suurempi kuin tasaisesti hajautuneessa hienoaineksessa. Pehmeiden ja hienorakeisten kivilajien geokemia heijastuukin hyvin moreenin < 0,06 mm fraktiossa, toisin kuin karkearakeisten kivilajien kuten graniitin. Graniittialueilla moreenin koostumus heijastaakin vain siinä olevien helppoliukoisten mineraalien koostumusta tai preglasiaalisen rapautuman savimineraalien vaikutusta (Pulkkinen 1996). Tässä työssä osin käytetyn karkean fraktion olisi pitänyt periaatteessa antaa korkeampi pitoisuus oksideihin sitoutuneille alkuaineille, sillä glasiaalieroosio ei kuluta niitä hienoaineksiseksi. Näin ei kuitenkaan ollut, koska kuningasvesi ei ilmeisestikään liuota niitä.

Kultarakeiden taustapitoisuuden on havaittu vaihtelevan alueittain välillä 0,1–2 rae/kg moreenia. Malmia indikoiva raemäärä vaihteli välillä 1–20 rae/kg, ja sen perusteella on myös mahdollista arvioida ennalta emäkallion Au-pitoisuutta. (Averill 2001) Tässä tutkimuksessa kultarakeiden määrä vaihtelee suhteessa näytekokoon. Keskiarvoksi saadaan yksi rae joka näytteestä, mikä vastaa Averillin alinta taustapitoisuutta. Määrän vaihtelu näytekoon mukaan viittaa kohtalaisen tasaisesti hajaantuneeseen taustamateriaaliin. Vaskausunäytteissä on ollut todennäköisesti hukkaa. Huhdan (1988) arvion mukaan < 0,08 mm rakeista 28 % menetetään spiraalivaskoolilla. Giustin (1986) mukaan perinteisellä vaskoolilla suurin osa < 0,125 mm kultarakeista menetetään. Jälkimmäinen tulos vaikuttaisi pätevän tässäkin tapauksessa, sillä aineiston lyhin rae on pituudeltaan 120 µm, joskin sen leveys on vain 45 µm. Spiraalivaskooli näyttäisi olevan siten selvästi parempi näytteiden rikastuksessa.

Kultarakeiden pieni koko on Bermanin (1996) ja Gavrilenkön et al. (1999) mukaan tyypillistä sulfidimuodostumille. Sakiatievan alueelta on löydetty hienorakeista kultaa sulfidimineraalien yhteydestä sekä irrallaan että kupari-, rikki- ja magneettikiisujen sisältä sulkeumina (Rantala 2003). Kiisujen rapauduttua Au on rikastunut rapaamaan. Bermanin (1996) ja Gavrilenkön et al. (1999) mainitsema kvartsijuonihippujen suurempi koko näyttäisi pätevän myös Lapin perinteisillä kullanhuuhdonta-alueilla. Tässäkin tutkimuksessa muutamissa kultarakeissa oli kiinni primääreja kvartsikiteitä, joten osa rakeista on oletettavasti lähtöisin alueen juonista. Kivilaskujen perusteella kvartsijuonistoja on alueella runsaasti ja juonet erottuvat myös maastossa pitkittäisinä pintapaljastumina. Myös aiemmissa tutkimuksissa graniitissa on havaittu useita sitä leikkaavia kvartsiporfyyrijuonia (Rantala 2003). Tunnistetut kvartsin kanssa yhteenkasvaneet kultarakeet eivät olleet kooltaan muita suurempia. Tosin edellä tarkoitettaneen varsinaisen hipun kokoluokkaa olevaa kultaa, eikä tämän aineiston pieniä rakeita. Sakiatievan malmissa olevat kultarakeet vastasivat kooltaan maaperästä löytyneitä rakeita.

9.2 Kultarakeiden pyörityneisyys, muoto ja pintatekstuuri

Kultarakeiden kulkeutumismatkaa indikoiva pyörityneisyysaste vaihtelee huomattavasti koko aineistossa. Pelkät SEM-EDS-kuvat näyttävät antavan liian pyörityneen vaikutelman. Parempi tarkkuus saatiinkin tarkastelemalla rakeita mahdollisuuksien mukaan myös mikroskoopilla ja värivalokuvista. Kalliokultarakeet ovat täysin pyöritymättömiä ja niiden kidepinnat ovat selvästi erotettavissa. Kullan kidemuoto on kuutiollinen, mutta koska kiteiden esteetön kasvu on luonnossa vain harvoin mahdollista, ovat kiteet usein epäsymmetrisiä. Pintarakenne on melko tasainen, eikä kulumiseen viittaavia naarmuja esiinny, mikä kertoo myös rakeiden primääriydestä. Porrasmaista, kiteiden erilaisesta kasvuvauhdista johtuvaa rajapintarakennetta esiintyy useissa rakeissa. Rakenne on syntynyt kiteiden rajoittuessa kiteytymisvaiheessa esimerkiksi kulta- tai kvartsirakeeseen. Muun aineksen rapautuessa pois kulta on säilynyt ja sen muoto ja pinta kertovat hävinneistä mineraaleista. Nystymäinen pintarakenne on syntynyt todennäköisesti samalla tavalla, heijastaen kultaan rajoittuneen mineraalin tai itse rajapinnalla olleen aineksen piirteitä. Amfiboliittirapautumasta löytyneen rakeen uurteet voisivat olla syntyneet amfibolikiteiden rajapintaryhmittymistä. Toisaalta rakenne voi olla myös kullan

ominaisuuksien synnyttämä. Roudan vaikutus olisi myös ajateltavissa, mutta sitä ei ole voitu tutkimuksissa varmistaa. Asiaan saataneen tulevaisuudessa lisävalaistusta. Muista poiketen yksi kalliokultarake on osittain pyöristynyt. Näyte on saattanut kontaminoitua moreenin alaosaan näytteenotossa. Rae on voinut tarttua rapakallion pinnan yläpuoliseen moreeniin pyörien siinä hyvin lyhyen matkaa. Se on ollut luultavasti kulumattomalta osaltaan kiinni toisessa mineraalissa, mikä selittäisi puolittaisen rakenteen.

Moreenista löydettyjen kultarakeiden pyöristyneisyys vaihtelee puolipyöristyneiden, hyvin pyöristyneiden ja täysin pyöristyneiden välillä. Rakeista suurin osa on hyvin ja täysin pyöristyneitä, mikä kertoo niiden olevan todennäköisesti kaukaa kulkeutuneita (DiLabio 1990). Havainto sopii yhteen moreenin vähäisen raemäärän kanssa, josta mainittiin edellä. Kuitenkin myös puolipyöristyneitä rakeita löytyy hajanaisesti, mikä kertoo lyhyemmästä kulkeutumismatkasta. Alueella aiemmin tehtyjen susceptibiliteettimittausten perusteella viimeinen jäätiköityminen on kuljettanut moreenia enintään 2 kilometriä. DiLabion (1982) tutkimuksissa kultapitoisuudessa tapahtui selvä lasku 250 m päässä lähteestä ja rakeiden uudelleenmuotoutuminen oli tapahtunut yleensä jo kilometrin matkan jälkeen. On kuitenkin muistettava että täysin pyöristyneet rakeet voivat olla hyvinkin vanhaa perua ja läpikäyneet useita jäätiköitymisiä. Hajonta yhden näytteen sisältämien rakeiden pyöristymisasteissa näkyy parhaiten 200 kg moreeninäytteissä. Muusta aineistosta poiketen alueen pohjoisosasta löytyi yksi täysin kulumaton primäärirake. Pitemmälle menevät päätelmät vielä löytymättömän malmin läheisyydestä eivät ole yhden rakeen perusteella aiheellisia. Mahdollisuus olisi kuitenkin hyvä sulkea pois lisänäytteillä. Todennäköisimmin rake on ollut kuljetusvaiheessa tarttuneena johonkin toiseen mineraaliin, joka on rapautunut myöhemmin pois kullan ympäriltä. Koska alueella on tavattu sulfidien sisältä pieniä kultarakeita, voi rakeen olettaa rapautuneen niistä.

Kultarakeiden muoto vaihteli huomattavasti niin maaperässä kuin rapakalliiossakin. Muoto ei näyttäisi siten kertovan tällä alueella erityispiirteistä. Toisaalta Bermanin (1996) mukaan maanpinnan lähellä olevassa malmissa syntyneet kultarakeet ovat hyvin vaihtelevia muodoltaan. Mineralisaation syntysyvyyttä on kuitenkin hankala arvioida luotettavasti. Muoto voi riippua toisaalta monesta muustakin malmigeneettisestä seikasta. Täysin pyöristyneissä kultarakeissa näkyy hyvin rakeen alkuperäisen muodon vaikutus loppumuotoon.

Kultarakeiden kuljetuksen aikaisen takoutumisen katsotaan vaikuttavan eniten muodon muutokseen ja siinä erityisesti litteyteen, abraasion taas pintatekstuuriin ja pyöreyyteen. Pintatekstuurin katsotaan olevan viimeisen abraasiotapahtuman tulos (Knight 1999a) ja se kertoo lähinnä kuljetuksen luonteesta ja matkasta (Berman 1996). Pintarakenteiden tulkinta on subjektiivisen kuvailevaa, mutta yleisrakenteet (esimerkiksi naarmut) ovat yleensä melko yksiselitteisiä. Tulkinnan kannalta vaihtoehtoja rakenteiden synnylle on yleensä useita, eikä täyttä varmuutta usein voida saavuttaa. Syviä primäärikoloja on rakeissa runsaasti. Toisaalta osa niistä voi olla syntynyt rakeen ulokkeiden painuessa kiinni sen pintaan. Muokkautumisen edetessä tapahtumasta voi olla vain kolo jäljellä, ja joissain tapauksissa eroa primaariin on hankala tehdä pelkkien SEM-EDS-kuvien avulla. Taipuneiden ulokkeiden sisälle voi jäädä sedimenttiainesta. Painaumakolot ovat yleensä pienempiä ja syntyneet esimerkiksi kvartsin tai muiden mineraalien painaessa jälkensä rakeen pintaan.

Useissa rakeissa esiintyvät liiskautuneet pinnat saattavat olla käsittelyssä syntyneitä antropogeenisiä jälkiä (Kuva 30). Toisaalta ne voivat hyvinkin olla sedimentologisten prosessien synnyttämiä. Pinnan liiskautumisen voisivat selittää usein samoissa rakeissa näkyvät pitsireunaiset pikkulaatat, joiden painuminen takaisin rakeen pintaan synnyttäisi efektin. Pitsireunaiset laatat voivat puolestaan olla syntyneet rakeiden maaperässä tapahtuneen takoutumisen ja uuttumisen aiheuttamasta seuralaismineraaliaineksen irtoamisesta. Läheisellä Tankavaaran alueella kullankaivajat ovat havainneet vastaavan rakenteen esiintyvän myös kookkaammissa hipuissa. Se on voinut syntyä esimerkiksi karbonaatin poistumisen seurauksena (Kinnunen, henkilökohtainen tiedonanto 2004). Pitsilaatat ovat monin paikoin suoraa jatkumoa rakeen tasaiselle pinnalle ja niissä on samat mikrokulumisen merkit kuin muussakin pinnassa. Pintatekstuuri on sama myös jo kokonaan irrallisilta näyttävissä osissa. Vaihtoehtoisesti pinnalla voisi ajatella tapahtuneen supergeenistä saostumista, mutta edellä mainittu rakenne ei tue ajatusta. Lisäksi yhden rakeen pinnan Au-pitoisuus on vain 91 % ja Ag-pitoisuus 7 %. Toisessa vastaavat arvot ovat Au 98,8 % ja Cu 1,2 %. Varmuus pitsireunaisten laattojen synnystä ja niiden yhteydestä liiskautuneisiin pintoihin jää kuitenkin osin epäselväksi. Tulkinnat voivat myös muuttua nopeasti. Esimerkiksi mikroskooppisen rihmamaisen pintarakenteen, jota löytyi runsaasti Alaskan kultahipuista, ajateltiin olevan bakteerien synnyttämää (Watterson 1992). Myöhemmin rakenne pääteltiin Hg:n haihtumisjäljiksi (Watterson 1994, Eylesin 1994 mukaan). Koska rakenteesta ei ollut saatavilla kuvaa, jäi epäselväksi onko tämän

tutkimuksen söheröpintaisissa rakeissa samankaltaisuutta. Rakeiden pintakuviointi on tiettyyn rajaan saakka suhteessa kuluneisuuteen, esimerkiksi kokonaan pitsimäistä pintatekstuuria esiintyy vain täysin pyöristyneissä rakeissa. Aineisto on tosin tilastollisesti hyvin pieni.

9.3 Kultarakeiden reunavyöhykkeet, mikrokultakiteet ja muut geokemialliset piirteet

Kahdessa rakeessa havaittiin hyvin Au-pitoinen reunavyöhyke, joka on paksuimmillaan noin 16–20 µm. Kultapitoisen vyöhykkeen paksuus vaihtelee yleensä 1–60 µm välillä (Knight et al. 1999a). Kehän paksuuden ja rakeen muodon välillä on havaittu olevan selvä yhteys (esimerkiksi Driscoll et al. 1990, Knight et al. 1999a). Reunavyöhykkeen Au-pitoisuus ei sen sijaan ole suhteessa rakeiden keskuksen pitoisuuteen (esim. Groen et al. 1990), eikä suhdetta näy tässäkään. Koska vyöhykkeitä ei ollut mahdollista tutkia tässä yhteydessä systemaattisemmin, esiintymisen yleisyydestä alueella ei ole tarkkaa tietoa. Mikroprobaa varten hiotun kullan perusteella esiintyminen on 5,5 % luokkaa. Aiempien tutkimusten pohjalta sen tiedetään voivan olla joillain alueilla hyvinkin säännöllistä (esimerkiksi Tamminen 1986). Toinen nyt kuvatuista rakeista on Sakiatievan malmin kidesykeröinen rae (Kuva 25G). Vyöhykkeen on päätelty olevan sekundäärinen, sillä sitä ei esiinny kalliokullassa. Sakiatievan malmissa se on syntynyt todennäköisesti lateriittisen rapautumisprosessin aikana. Toinen rae on moreenista ja siinä uuttuminen on todennäköisesti alkanut rapautumaprofiilissa jatkuen maaperässä. Vyöhykkeen on esitetty voivan syntyä periaatteessa kolmella eri tavalla (Mann 1984): (1) hopean liukenemisella rapautumisen ja kulkeutumisen aikana, (2) kullan saostumisella hippujen pinnalle hapettuneesta, Au-pitoisesta vedestä pelkistävässä olosuhteissa, (3) itsenäisessä elektronipuhdistusprosessissa, jossa elektroni liukenee ja Au saostuu välittömästi takaisin rakeen pinnalle. Mannin (ibid.) mukaan hapettavissa olosuhteissa hyvin epästabiilin Au-Ag-lejeeringin liukenemisen aiheuttavat lateriittisen profiilin ferrolyysissä kehittyneet hyvin happamat ja korkean konsentraation omaavat kloridiliuokset. Happamimmat elektrolyyttiliuokset pystyvät liuottamaan sekä Au:n että Ag:n, kun taas pelkkä Ag liukee myös miedommissa liuoksissa. Kullan uuttuminen vaatii lisäksi hopeaa korkeamman hapen osapaineen. Freyssinetin et al. (1989) mukaan kultarakeiden- ja hippujen kemiallinen uuttuminen lisääntyy lateriittiprofiilissa huomattavasti pintaa kohti noustessa.

Hopean valikoitua liukenemistä hipusta kannatetaan yleisesti niin länsimaissa (esimerkiksi Saarnisto & Tamminen 1990, DiLabio 1990, Knight et al. 1999b, Chapman et al. 2001) kuin Venäjälläkin (Knight 1992, Berman 1996). Fontaine (Groenin et al. 1990 mukaan) esitti ajatuksen jo 1882, mutta vasta Mann (1984) havaitsi uuttumisen kokeellisesti. Toisaalta esimerkiksi Groenin et al. (1990) mukaan uuttuminen olisi epätodennäköistä muutamaa ångströmiä syvemmältä, koska Ag:n diffuusio elektрумista kultapitoisen vyöhykkeen liukenemisherkeempään ulompaan osaan on erittäin hidasta. Itsenäinen elektronipuhdistusprosessi on hänen mukaansa todennäköisempää, sillä sen synnyttämä repaleinen kultavyöhyke päästäisi osan elektрумista aina liuosten ulottuville.

Mannin (1984) mukaan olosuhteissa, joissa kulta on vain marginaalisesti liukeneva, pieni muutos missä tahansa kemiallisessa elementissä voi aiheuttaa sen uudelleensaostumisen. AuCl_4^- -kompleksista saostuminen voi tapahtua joko (1) Cl^- -ioniliuoksen laimentuessa, (2) pH:n noustessa tai (3) AuCl_4^- -ionien vähentyessä. Lateriittisessä profiilissa kulta näyttää saostuvan vaihtoehdon (3) mukaisesti Fe:n oksidien yhteydessä. Profiilissa ja maaperässä saostuneita, lähes puhtaita < 2 mm supergeenisia mikrokultakiteitä on löydetty eri puolilta maailmaa. Suotuisimmat syntyolosuhteet näyttäisivät olevan graniitti- ja gneissialueilla, sillä niissä on yleensä hyvin alhainen pH. Yleensä kiteiden koko on vain joitain kymmeniä mikrometrejä. Supergeenisen saostumisen synnyttämiä mikrokultakiteitä (0,5-2 µm) havaittiin myös tässä työssä muutaman rakeen pinnalla. Kultarakeiden kasvua kookkaammiksi rajoittavat monet eri seikat, kuten AuCl_4^- :n ja Fe^{2+} :n saant nopeus, profiilin fysikaaliset ominaisuudet, kiteytymisenergia ja muut kiteytymiseen vaikuttavat tekijät (ibid.) Mikrokultakiteiden on havaittu voivan synnyttää myös erittäin ohuen kultakalvon hippujen pinnalle (Freysinet et al 1989).

Vaikka mikrokultakiteiden synty on yleisesti hyväksytty, on suurempien kultahippujen saostuminen edelleen epävarmaa. Viime vuosikymmenen aikana kultatutkijat ovat joutuneet toteamaan, ettei niitä ole varmuudella löydetty, ja Mannin (1984) jälkeen uudelleensaostumista on käsitelty vain pienten, muutamien satojen µm:n kokoluokkaa olevien kultarakeiden synnyn yhteydessä (esim. Pohl 1985, Vasconcelos & Kyle 1991, Lawrance 1998). Hippuja on aikoinaan usein ajateltu supergeenisiksi mm. niiden pinnan korkean kultapitoisuuden takia – muita ominaisuuksia tarkemmin tutkimatta. Supergeenisuutta on perusteltu myös Hg:n läsnäololla. Myöhemmin hippujen on havaittu absorboivan sitä hyvinkin herkästi maaperästä (Berman 1996, Knight et al. 1999a).

Suurempien supergeenisisten hippujen mahdollisuus on silti hyvä pitää mielessä, sillä maailman kultahipuista on kuitenkin tutkittu vain murto-osa. Lateriittisilla alueilla thiosulfaateilla, orgaanisella aineksella ja syanidilla ei ole merkitystä reaktion kannalta, mutta ne saattavat olla merkittävämmässä asemassa muissa rapautumaympäristöissä.

Tuloksissa karttaosien I–V välillä oleva rakeiden Au-, Ag- ja Cu-pitoisuuksien vaihtelu voi periaatteessa kertoa eri alkuperää olevista raeryhmistä. Toisaalta vaihtelu on pientä ja siksi se voi olla tilastollisesti satunnaista. Osan IV keskuksen Au-pitoisuuksien notkahdus ei näy pinnassa, eikä osien I ja V pinnan Au-pitoisuuksien lasku keskuksessa. Päinvastoin osan I keskuksen Au-pitoisuus on aineiston korkein. Erilaisilla analyysimenetelmillä on todennäköisesti osansa asiaan, ja vastaisuudessa määritykset olisikin hyvä tehdä samalla laitteistolla. Mikroanalyysit ovat selvästi tarkempia kuin SEM-EDS-analyysit.

Kuparia esiintyy keskuksissa vain 0–0,26 ppm pitoisuuksina, mikä vastaa hydrotermisten esiintymien alle 1–2 % pitoisuutta (Kinnunen 1997). Kultarakeiden keskuksen Au-pitoisuudessa näyttäisi olevan loiva lasku malmista pois päin jäätikön virtaussuuntaa vastaan mentäessä. Selvimpänä erottuu malmia ympäröivän osan II korkea Au-pitoisuus. Jäätikön virtaukset ovat kuitenkin olleet melko vaihtelevia, eikä suunta ole välttämättä paikallistasolla sama kuin alueellisesti. Ongelmana on myös rakeiden esiintyminen taustapitoisuuksina, joten ne voivat olla peräisin useista eri lähteistä. Kultatutkimusaineisto on lisäksi kerätty 120 km² alueelta, mikä on tarkemman tulkinnan kannalta liian laaja verrattuna tutkittuun näytemäärään.

Kultarakeiden pintaosan koostumuksessa selvimpänä piirteenä erottuu Sakiatievan malmin (osa I) rakeiden keskimääräistä alhaisempi Au-pitoisuus. Rakeiden keskuksen Ag- ja Cu-pitoisuudet vastaavat pintaosan pitoisuuksia muuta aineistoa paremmin, minkä voisi ajatella johtuvan rakeiden kulumattomasta pinnasta. Erityisesti hopeaa on pinnassa runsaasti. Tulos on kuitenkin ristiriitainen, kun ottaa huomioon keskuksen erittäin korkean Au-pitoisuuden. Pintaosan tuloksen voikin katsoa johtuvan enemmän SEM-EDS-analyysien antamista liian korkeista kullan seuralaisten pitoisuuksista kuin todellisesta ristiriidasta. Hyvin pienet Hg-pitoisuudet ovat tulleet pintaan todennäköisesti maaperästä, sillä kullan on havaittu absorboivan elohopeaa herkästi. Sinooperia (HgS) oli muutamissa vaskausnäytteissä, jonka perusteella Hg:a voisi ajatella olevan maaperässä. Toisaalta Hg:n vähäisyys aineistossa ei tue ajatusta. Alueella ei ole myöskään harjoitettu vanhaa

kullanhuuhdonta, mikä aiheuttaa usein kontaminaatioita. Toisaalta keskustun muutamat määritysrajan ylittävät pitoisuudet antavat viitteen myös Hg:n primääristä esiintymisestä. Rakeiden pinnan detritaalisin aineksen koostumus on tyypillinen. Samoja mineraaleja esiintyi XRD:llä tunnistettujen savimineraalien joukossa.

Kullan hienousluvussa on vaihtelua Sakiatievan malmin rakeiden välillä, vaikka se onkin keskimäärin erittäin suuri. Hienousluvun tietty vaihtelu malmin sisällä on tavallista ja sen katsotaan voivan johtua mineralisoitumisen jaksoittaisuudesta tai jostain äkillisestä muutoksesta yhden mineralisaatiotapahtuman sisällä (Knight et al. 1994, Berman 1996). Hydrotermisissä esiintymissä metallisen kullan koostumukseen vaikuttavat PT-olosuhteiden lisäksi vieraiden alkuaineiden runsaus malmifluidissa sekä se, minkälaisissa kompleksiyhdisteissä ne esiintyvät. Kompleksiyhdisteistä keskeisiä ovat S ja Cl, joista S-yhdisteet aiheuttavat kultaan korkean Ag-pitoisuuden ja Cl-yhdisteet alhaisen (Koljonen 1992). Kultarakeita ympäröivästä Au-pitoisesta vyöhykkeestä saadut tulokset viittaavat siihen, että kullan hienousluku on normaalisti > 988 sen ollessa stabiilina maaperässä (Knight et al. 1999a). Kallioperärakeet ovat prosenttiosuuksina tarkasteltuna hienoimpia; hienousasteessa > 980 niitä on puolta enemmän kuin maaperärakeita (Taulukko 8). Aineistossa erottuu kolmen hienoudeltaan < 900 olevan rakeen ryhmä, joka sijaitsee karttaosassa IV (Liite 1). Pienen lukumäärän vuoksi korrelaatio osassa IV voi olla sattumaa, ja lisäksi yhden kallioperärakeenkin hienous on < 900 . Koska moreenin ja kallioperän kullan jakauma liikkuu samalla korkean hienouden välillä, ei pelkän hienousluvun perusteella näyttäisi olevan tällä alueella mahdollista jäljittää rakeiden lähtömalmia. Sen sijaan malmia ympäröivän osan II muita rakeita korkeampi hienousluku on todennäköisesti malmin vaikutusta.

Vaikka kultarakeita ei voidakaan aina selkeästi ryhmitellä hienouden perusteella, voi keskimääräinen hienous sinänsä olla hyvinkin informatiivinen (Berman 1996). Suurin hienous on yleensä hipuilla, jotka ovat lähtöisin vulkanogeenisistä kulta-telluuri- ja kulta-antimoni-esiintymistä (ibid., ks. myös Herail 1991). Sakiatievassakin malmityyppi on voinut vaikuttaa asiaan, mineralisaation hienous on korkea ja Au esiintyy siinä etupäässä sulfidien yhteydessä. Mineralisaatiossa esiintyy myös Au- ja Ag antimonideja. Stanovoyin alueella (Kim 1991, Knightin 1992 mukaan) kullan hienous suhteessa malmityyppiin on suurin metamorfoituneissa malmeissa, > 950 , mikä on myös huomionarvoinen tulos. Herailin mukaan kvartsijuonissa taas kullan Ag-pitoisuus kasvoi. Kvartsijuonissa

Indigirka Riverin alueella (Samusikov 1991, Knightin 1992 mukaan) hienouden on havaittu vaihtelevan suhteessa kvartsijuonen mineralogiaan. Hienous on matalin (650–750) kullan esiintyessä kvartsijuonissa wolframiitin yhteydessä; sheeliitin ja arsenopyriitin yhteydessä hienous on 750–875, arsenopyriitin ja pyriitin 875–925, sulfidien ja antimonin 925–950 ja antimonin 950–999. Sakiatievassa myös alueen kvartsijuonissa hienous voi olla korkea: kvartsin kanssa kiinnikasvettunut rae on hienoudeltaan 997. Kultarakeiden isäntäkivien erottelu hienouden perusteella ei tunnu olevan siten mahdollista.

10. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tarkoituksena oli soveltaa monipuolisesti maaperägeologisia ja hippuanalyttisiä menetelmiä kultamalmien etsintään Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä Ruosselän alueella Sodankylän Vuotsossa. Maaperägeologisin menetelmin selvitettiin kullan esiintymiseen vaikuttavia alueen geologisia erityispiirteitä. Urakkaselänpalon alavalla ja laakean topografian alueella esiintyy yleensä kaksi moreenipatjaa. Korkeammalla, vaihtelevan topografian maastossa sijaitsevan Sakiatievan rapakallion päällä on vain yksi peitemoreenipatja. Suskeptibiliteettimittauksissa ei tullut esiin suuntausta, eikä siitä saatu viitettä suuntauslaskuistakaan. Aiempien tutkimusten perusteella jäätikön viimeinen moreenia kuljettanut virtausvaihe on ollut alueella pääpiirteittäin länsiluoteesta itäkaakkoon. Moreenin rakenne ja savimineraalikoostumus vastaavat Keski-Lapin alueella aiemmin saatuja tuloksia. Moreeniaines on pitkälle alemmasta patjasta ylempään patjaan sekoittunutta. Moreenin paikallisuusaste on korkea, mutta myös kauempaa tullutta materiaalia on selvästi mukana. Paikallisen kallioperän graniitit ovat moreenin valtakivistönä. Tulokset antavat myös viitteen siitä, että tutkimusalueen länsipuolen kallioperässä on emäksisiä ja ultraemäksisiä liuskeita sekä niiden yhteydessä sulfidisia rautamuodostumia ja kvartsijuonistoa. Ultramafisten ja sulfidirautamuodostumiin liittyvien kivilajien koostumus heijastuu hyvin moreenin geokemiaan. Rikki on liuennut käytännössä kokonaan pois, mikä kertoo alueen kallioperän korkeasta rapautumisasteesta. Gammasppektrometrimittauksen perusteella alueella ei esiinny monatsiittia, mikä on eduksi pienkaivostoimintaa ajatellen.

Kultarakeiden tutkimus ja analysointi osoittivat, että hippitutkimuksen avulla on myös vihreäkivialueella mahdollista saada malminetsinnällisesti käyttökelpoista tietoa. Alueelta löydettiin tutkimusten kuluessa Sakiatievan kultamalmi, jonka rapakalliosta saatujen kultarakeiden vertailu moreenista löytyneisiin rakeisiin osoittautui merkittäväksi eduksi aineiston analyysissä. Malmin rakeissa havaittavat poikkeavuudet olivat usein samoja kuin maaperärakeissakin, mikä esti liian pitkälle menevien johtopäätösten vetämisen vain maaperärakeiden vaihteluiden pohjalta.

Moreenin kultapitoisuus ei korreloinut vaskausnäytteiden kanssa, mikä voi johtua sekä karkeasta fraktiokoosta että hippuefektistä. Pitoisuudet kohoavat selvästi $< 0,06$ mm fraktiossa, ja ne vastaavat siinä alueellisen geokemian kartoituksen taustapitoisuuksia.

Sakiatievan Au-Cu-malmi ei myöskään aiheuttanut kulta- tai kuparianomaliaa moreenin < 0,5 mm fraktioon. Sen sijaan rapakallionäytteiden Au-pitoisuuden ja vaskattujen kultarakeiden määrän välillä oli selvä korrelaatio. Moreenissa kullan esiintymistiheys on keskimäärin 1 rae/näyte, minkä voi katsoa olevan kullan taustapitoisuus alueella. Rapakalliossa rakeiden määrä /näyte oli malmin kohdalla satoja.

Kultarakeet on jaoteltu neljään eri kulkeutumismatkasta kertovaan pyöristymisasteeseen. Kalliokultarakeet pystyy erottamaan liikkuneista kultarakeista muodon ja pintarakenteiden avulla. Kalliorakeet ovat primäärejä ja siten täysin pyöristymättömiä. Niiden kidepinnat ovat selkeästi näkyvissä ja rajapintarakennetta esiintyy useissa rakeissa. Kuluneisuudesta kertovia piirteitä ei esiinny. Maaperärakeista suurin osa on hyvin tai täysin pyöristyneitä, mikä kertoo niiden olevan todennäköisesti kaukaa kulkeutuneita. Materiaalissa on mukana myös paikallisia puolipyöristyneitä rakeita. Moreenin rakeiden seasta löytyi yksi kalliokultarake, joka on todennäköisesti kulkeutunut paikalleen jonkin myöhemmin pois rapautuneen sulfidimineraalin sisällä. Koska valtaosa kultarakeista on kaukaa kulkeutunutta taustamateriaalia, on niiden lähteitä käytännössä mahdotonta jäljittää. Selvä tulos on kuitenkin eri kulkeutumismatkasta kertovien rakeiden esiintyminen alueella ja täysin pyöristymättömien rakeiden viittaus malmin läheisyyteen. Mikäli pyöristymättömiä rakeita on paljon ja esiintyminen lisäksi selvästi alueen taustamäärää runsaampaa, ovat jatkotutkimukset aiheellisia.

Kahdesta rakeesta on kuvattuna erittäin Au-pitoinen reunavyöhyke, joka on paksuimmillaan noin 16–20 µm. Vyöhykkeiden arvioitu esiintyminen alueella on 5,5 % luokkaa. Toinen on kalliokultaa, joten vyöhyke on syntynyt todennäköisesti lateriittisen rapautumisprosessin aikana uuttumisen seurauksena. Rakeiden uuttuminen on todennäköisesti alkanut rapautumaprofilissa ja jatkunut maaperässä. Supergeenisen saostumisen synnyttämiä mikrokultakiteitä (0,5-2 µm) on muutaman rakeen pinnalla.

Kultarakeiden koko on hyvin pieni (120–1255 µm), ja lisäksi kaikkein hienoin aines on menetetty vaskauksen yhteydessä. Pieni koko onkin tyypillinen mm. sulfidimuodostumien kullalle. Sakiatievan malmissa on aiempien tutkimusten perusteella hienorakeista kultaa kupari-, rikki- ja magneettikiisuissa sekä karbonaateissa. Joissakin rakeissa kulta on yhteenkasvettuneena kvartsin kanssa, joten niiden voi katsoa olevan peräisin alueen graniittia leikkaavista kvartsi- ja pyrijiuonista. Kullan geokemiallinen koostumus voi myös

kertoa eri alkuperää olevista rakeista. Ongelmaksi muodostui SEM-EDS- ja EPMA-analyysien herkkyuden riittämättömyys kultaa, hopeaa ja kuparia lukuun ottamatta. Pääkomponenttien Au:n ja Ag:n käyttö on tästä syystä suositeltavinta. Kuparia on rakeissa vain 0–0,26 ppm pitoisuuksina, mikä on tyypillistä hydrotermisten malmien kullalle.

Alue on jaoteltu karttaosiin I–V, ja niiden sisällä olevia rakeita on verrattu keskenään. Yhtäläisyyksiä etsittiin myös koko aineistosta. Keskuksen Ag- ja Cu-pitoisuudet heijastuvat parhaiten kalliokultarakeiden pinnalle, mikä johtuu todennäköisesti pinnan kulumattomuudesta. Pitoisuuksien realistista suhdetta oli kuitenkin vaikea määrittää analyysimenetelmien erilaisten herkkyysien vuoksi. Kullan hienous on alueella hyvin korkea: noin 90 % kullasta on hienoudeltaan > 900. Hienouserojen perusteella oli mahdollista tehdä muutamia eroja raeryhmien välille. Kalliokullassa luku on selvästi korkeampi, vaikka viiteväli onkin sama kuin maaperärakeilla. Hienoudeltaan > 980 on kalliokullasta 72 %, mutta maaperärakeista vain 36 %. Sakiatievan malmin ympäriltä löytyneitten rakeiden hienous oli suurempi kuin muualla, joten osa niistä on hyvin todennäköisesti malmista lähtöisin. Hopeapitoisuus on suurin alueen pohjoisosasta löydettyissä rakeissa. Hienouden on katsottu olevan korkein vulkanogeenisissa, metamorfoituneissa malmeissa sekä sulfidien ja antimonin yhteydessä olevissa kvartsijuonissa. Tämä tulos sopii myös Ruossekään.

Tässä työssä käytetty useiden eri ominaisuuksien vertailu antaa mahdollisuuden laaja-alaiseen malminetsinnälliseen tarkasteluun. Lopullinen kultatutkimusaineisto oli kuitenkin alueen laajuuteen (120 km²) nähden pieni. Suuri hajonta ja vähäinen rakeiden lukumäärä vaikeuttivat tilastollisesti luotettavaa luokittelua. Kuitenkin myös pienellä aineistolla voidaan tehdä tiettyjä malminetsinnällisiä johtopäätöksiä. Kalliokullan erottaminen kaukaa kulkeutuneesta on mahdollista, minkä seurauksena voidaan tehdä päätöksiä mahdollisesta kohteellisesta lisänäyteenotosta tai tavanomaisesta malminetsinnästä. Sulkeumat (Saarnisto et al. 1990) sekä selvät alueelliset erot kullan hienoudessa kertovat jo ennalta malmityypistä, jolloin mahdolliset jatkotutkimukset voidaan suunnata taloudellisimmalta vaikuttavan esiintymän paikantamiseen. Kun yhdistetään kultarakeiden tutkimus moreenin < 0,06 mm fraktion geokemiaan, saadaan tuloksiin mukaan sekä vaskauksessa hukkuva hyvin hienoaineksinen kulta että suuremmat fraktiot. Kahden menetelmän käyttö antaa lisäksi suuremman varmuuden kullan mahdollisesta esiintymisestä tutkimusalueella.

Subjekttiivinen vaikutus vaskauksen lopputulokseen tulisi minimoida esimerkiksi spiraalivaskoolia käyttämällä.

11. LÄHDELUETTELO

- Aario, R., 1981. Pohjois-Pohjanmaan ja koillismaan pintamoreeneista. Julkaisussa: Pintamoreenin merkitys malmilohkarekuljetuksissa. Toim. Pentti Lindroos. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo. Tutkimusraportti N:o 55, s. 15–24.
- Aario, R., 1990. Morainic landforms in northern Finland. Excursion guide, Nordia tiedonantoja, Sarja A, No. 1, pp. 13–27.
- Aario, R. & Peuraniemi, V., 1991. Glacial dispersal of till constituents in morainic landforms of different types. *Geomorphology*, 6 (1992), pp. 9–25.
- Averill, S., 2001. The application of heavy mineral indicator mineralogy in mineral exploration with emphasis on base metal indicators in glaciated metamorphic and plutonic terrains. In: *Drift Exploration in Glaciated Terrain*. Geological Society Special Publication No. 185., London, pp. 69–81.
- Berman, Y.S., 1998. Mineralogical and geochemical features of native gold as indicators of possible sources of its theft. *Geochemistry International*, Vol. 36, No. 7, pp. 632–637.
- Boulton, G. S., 1984. Development of theoretical model of sediment dispersal by an ice sheet. In: *Prospecting in areas of glaciated terrain*. Proceedings of the symposium held in Espoo 1984. The Institution of Mining and Metallurgy, pp. 213–223.
- Chapman, R., Leake, B & Styles, M., 2002. Microchemical characterization of alluvial gold grains as an exploration tool. *Gold Bulletin* 35/2, pp. 53–65.
- Deer, W.A., Howie, R. A. & Zussman, J., 1992. An introduction to the rock-forming minerals. 2nd edition. Harlow: Longman Scientific & Technical. 695s.
- DiLabio, R. N. W., 1981. Glacial dispersal of rocks and minerals at the south end of Lac Mistassini; Quebec, with special reference to the icon dispersal train. *Geological Survey of Canada, Bulletin* 323, 46 p.
- DiLabio, R.N.W., 1982. Gold and tungsten abundance vs. grain size in till at Waterlay, Nova Scotia. *Geological Survey of Canada, Paper* 82–1B, pp. 57–62.
- DiLabio, R.N.W., 1990. Classification and interpretation of the shapes and surface textures of gold grains from till on the Canadian Shield; in *Current Research, Part C*, Geological Survey of Canada, Paper 90-IC, pp. 323–329.
- Driscoll, A. J., Hall, D.L & Craig, J.R., 1990. Placer Gold: an unrealized potential for characterizing lodes. *Georgia Geol. Surv., Bull.*, p. 13.

- Eyles, N., 1995. Characteristics and origin of coarse gold in Late Pleistocene sediments of the CARIBOO placer mining district, British Columbia, Canada. *Sedimentary Geology* 95, pp. 69–95.
- Freyssinet, Ph., Zeegers, H. & Tardy, Y., 1989. Morphology and geochemistry of gold grains in lateric profiles of southern Mali.; *Journal of Geochemical Exploration*, v. 32, pp.17–31.
- Front, K., Vaarma, M., Rantala, E. & Luukkonen, A., 1989. Keki-Lapin varhaisproterotsooiset Nattas-tyypin graniittikompleksit, niiden kivilajit, geokemia ja mineralisaatiot. *Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti N:o 85*, 77 s.
- Gavrilenko, B.V., Kazakov, N.V., Kalinin, A.A. & Rezhnova, S.A., 1999. Native gold in primary and placer deposits of Kola Peninsula. Abstract volume, Gold '99 Trondheim, Norway May, pp.75–77.
- Giusti, L., 1986. The morphology, mineralogy, and behaviour of "fine-grained" gold from placer deposits of Alberta: sampling and implications for mineral exploration. *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 23, nro. 11, pp. 1662–1671
- Groen, J.C., Craig, J.R. & Rimstidt, R., 1990. Gold-rich rim formation on electrum grains in placers. In: *Canadian Mineralogist*, Vol. 28, pp. 207–228.
- GTK:n Laboratory Services Fee Schedule 2002. Geological Samples. Geolaboratory, Geoservice Center, Geological Survey of Finland, 43 s.
- GTK:n lehdistötiedote, 2003. Lehdistötiedote 5.6.2003, Geologinen tutkimuskeskus. http://www.gsf.fi/domestic/lehtiin/2003/lt030605_2.htm
- Gustavsson, N., Noras, P. & Tanskanen, H., 1979. Seloste Geokemiallisen kartoituksen tutkimusmenetelmistä. Tutkimusraportti N:o 39. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo, 20 s
- Haavisto, M. (toim.), 1983. Maaperäkartan käyttöopas 1:20 000, 1: 50 000. Geologinen tutkimuslaitos. Opas 10. Espoo, 80 s.
- Herail, G., 1991. Evolution of the morphology and composition of gold grains from primary sources to supergene environment: general characteristics and application to the knowledge of Bolivian placers. In: *International Symposium on Alluvial Gold Placers*. La Paz, Bolivia, June 3–5, 1991, abstracts. La Paz: ORSTOM, pp. 71–73.
- Hirvas, H., Alftan, A., Pulkkinen, E., Puranen, R. ja Tynni, R., 1977. Raportti malminetsintää palvelevasta tutkimuksesta Pohjois- Suomessa vuosina 1972–1976. Tutkimusraportti N:o 19. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo, 54 s.

- Hirvas, H., 1991. Pleistocene stratigraphy of Finnish Lapland. Geological Survey of Finland. Bulletin 354. Geologian tutkimuskeskus, Espoo, 123 s.
- Hytönen, K., 1999. Suomen mineraalit. Geologian tutkimuskeskus, Erillisjulkaisu, 399 pp., 214 figures and one table.
- Härkönen, I. & Pulkkinen, E., 1981. Eräiden mineralisaatioiden kuvastuminen pintamoreenissa Keski-Lapissa. Julkaisussa: P. Lindroos (toim.). Pintamoreenin merkitys malmilohkarekuljetuksissa. Geologinen tutkimuslaitos, Tutkimusraportti N:o 55, s. 53–59.
- Islam, R.M., Peuraniemi, V., Aario, R. & Rojstaczer, S., 2002. Geochemistry and mineralogy of saprolite in Finnish Lapland. Applied Geochemistry 17, pp. 885–902.
- Johansson, P. & Manninen, T., 2004. Maankamaran synty ja kehitys. Kirjassa: Kajala, L. (toim.), Lemmenjoki - Suomen suurin kansallispuisto. Metsähallitus, Gummerrus Oy, s.152-173
- Johansson, P. & Kujansuu, R. (toim.), 2005. Pohjois-Suomen maaperä. Maaperäkartojen 1:400 000 selitys. Geologian tutkimuskeskus, Espoo, 236 s.
- Kauranne, L.K., 1958. On prospecting for molybdenum on the basis of its dispersion in glacial till. Geological Survey of Finland, Bulletin 180, pp. 31–43.
- Kauranne, L.K. & Tanskanen, H., 1980. Subgroup 9: Chemistry of till as transport indicator, abstract. s. 24–25. In: Glacigenic deposits as indicators of glacial movements. Tutkimusraportti N:o 48. Geologinen tutkimuslaitos, 39 s.
- Kinnunen, K.A., 1991. Lemmenjoen alueen irtokullan alkuperäiskivilajien määrittäminen sekahippujen petrografian perusteella. Geologian tutkimuskeskus, malmiosasto, arkistoraportti M16/3812/91/1, 31s.
- Kinnunen, K.A., 1995. New methods for photography through the microscope: application to gem materials. In: Autio, S. (ed.) Geological Survey of Finland, Current Research 1993–1994. Geological Survey of Finland. Special Paper 20, 185–187.
- Kinnunen, K.A., 1996. Classification scheme for surface textures of gold nuggets from Finnish Lapland. Bull. Geol. Soc. Finland 68, Part 2, pp. 18–33.
- Kinnunen, K.A., 1997. Metallisen luonnonkullan kemiallisesta koostumuksesta. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M40/-97/1, 16 s.
- Kinnunen, K.A., 2003. Kalsedonin ja kullan sekahippu Lemmenjoen alueelta ja yhteenvetoa Lapin kultasekahipuista. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M19/381/2003/1, 14 s.

- Klassen, R.A., 2001. A Quaternary geological perspective on geochemical exploration in glaciated terrain. In: *Drift Exploration in Glaciated Terrain*. Geological Society Special Publication No. 185. London, pp. 1–17.
- Knight, J.B., 1992. The use of the characteristics of native gold as an exploration tool: an overview with emphasis on the Soviet contribution. *Current Research, Part D*; Geological Survey of Canada, Paper 92–1D, pp. 67–72.
- Knight, J.B., Mortensen, J.K. and Morison, S.R., 1994. Shape and Composition of Lode and Placer Gold from the Klondike District, Yukon, Canada: Exploration and Geological Services Division, Yukon, Indian and Northern Affairs, Canada, Bulletin 3, 1994, 142pp.
- Knight, J.B., Morison, S.R. & Mortensen, J.K., 1999a. The relationship between placer gold particle shape, rimming and distance of fluvial transport as exemplified by gold from the Klondike District, Yukon Territory, Canada. *Economic Geology*, Vol. 94, pp. 635–648.
- Knight, J.B., Morison, S.R. & Mortensen, J.K., 1999b. Lode and placer gold deposition in the Klondike District, Yukon Territory, Canada: Implications for the nature and genesis of Klondike placer and lode gold deposits. *Economic Geology*, Vol. 94, pp. 649–664.
- Koljonen, T. (toim.), 1992. Suomen geokemian atlas, osa 2: moreeni. Geologian tutkimuskeskus, Espoo, 219 s.
- Koshman, P.N. & Yugay, T.A., 1972. The causes of variation in fineness levels of gold placers. *Geochem. Int.* 9, pp. 481–484.
- Kujansuu, R. & Niemelä, J., 1984. Suomen maaperäkartta 1:1 000 000. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.
- Kujansuu, R. & Hyyppä, J., 1995. Vuotson kartta-alueen maaperä. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Maaperäkarttojen selitykset, lehti 3742. Geologian tutkimuskeskus, Espoo, 107 s.
- Lawrance, L.M., 1998. The morphology and geochemistry of supergene gold at Hannan South gold mine, Western Australia. *Bicentennial Gold 88*. Geol. Soc. Aust. Abstr. 23, 469 pp.
- Leake, R.C., Bland, D.J. & Cooper, C., 1993. Source characterization of alluvial gold from mineral inclusions and internal compositional variation. *Trans. Instn. Min. Metall. (Sec. B:Appl. earth sci.)* 102, B65–B82.

- Lehmuspelto, P., 1994. Sodankylän ja Talkkunapään kartta-alueiden geokemia. Geokemiallisten karttojen selitykset, Lehdet 37 ja 47. Geologian tutkimuskeskus, Espoo, 24 s.
- Lehtinen M., Nurmi, P. & Rämö, T. (toim.), 1998. Suomen kallioperä – 3000 vuosimiljoonaa. Suomen geologinen seura, 375 s.
- Lehtonen, M., Airo, M-L., Eilu, P., Hanski, E., Kortelainen, V., Lanne, E., Manninen, T., Rastas, P., Räsänen, J. ja Virransalo, P., 1998. Kittilän vihreäkivialueen geologia. Lapin vulkaniittiprojektin raportti. Summary: The stratigraphy, petrology and geochemistry of the Kittilä greenstone area, northern Finland. A Report of the Lapland Volcanite Project. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 140, 144 s.
- Leppälä, R., 2004. Ohjeita tilastollisen tutkimuksen toteuttamiseksi SPSS for Windows -ohjelmiston avulla. Tampereen yliopisto, Tampere. (3. uudistettu painos), 39 s.
- Loen, J.S., 1995. Use of placer gold characteristics to locate bedrock gold mineralization. *Exploration and Mining Geology* 4 (4), pp. 335–339.
- Luhta, V., 1987. Kullan placer-esiintymät sotajoen alueella Inarin lapissa ja esiintymien suhde alueen geomorfologiaan. Pro gradu –tutkielma, Oulun Yliopisto, Maantieteen laitos, 116 s.
- Luukkonen, A., 1988. Sodankylän Nattastuntureiden graniittistokin petrografia, rakenne ja geokemia. Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto, Geologian laitos, 97 s.
- Maceachern, I.J. & Stea, R.R., 1985. The dispersal of gold and related elements in tills and soils at the Forest Hill gold district, Guysborough County, Nova Scotia. *Geological Survey of Canada, Paper 85–18*, 31 pp.
- Mann, A.W., 1984. Mobility of Gold and Silver in Lateric Weathering Profiles: Some Observations from Western Australia. In: *Economic Geology*. Vol. 79, pp. 38–49.
- McClenahan, M.B., 2001. Regional and local-scale gold grain and till geochemistry signatures of lode Au deposits in the western Abitibi Greenstone Belt, central Canada. In: *Drift Exploration in Glaciated Terrain*. Geological Society Special Publication No. 185. London. pp. 201–224.
- McEachern, I.J. & Stea, R.R., 1985. The dispersal of gold and related elements in tills and soils at the forest hill gold district, guysborough county, Nova Scotia. In: *Geological Survey of Canada, Paper 85–18*, 31 s.
- Metsämuuronen, J., 2000. Monimuuttujamenetelmien perusteet SPSS-ympäristössä. International Methelp, Helsinki, 202 s.

- Nieminen, P. & Kellomäki, A., 1982. Moreenin hienoaineksen huokoisuudesta. Porosity of fine fractions of tills. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto, Rakennusgeologia. Raportti 10, s. 1–122.
- Nikkarinen M., 1991. Size, form and composition of gold grains in glacial drift in Ilomantsi, Eastern Finland. *Journal of Geochemical Exploration* 39, pp. 295–302.
- Nissinen, P., 1988. Sodankylän Riestovaaran graniittibatoliitin petrografia ja rakenne. Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto, Geologian laitos, 85 s.
- Nurmi, A., 1976. Geochemistry of the till blanket at the Talluskanava Ni-Cu ore deposit, Tervo, Central Finland. Tutkimusraportti N:o 15. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo, 84 s.
- Peronius A., 1989. Laanilan-Tolosjoen morfogeneettinen tulkinta. Pro gradu-tutkielma, Geologian laitos, Oulun yliopisto.
- Peuraniemi, V., 1990. The weathering crust in Finnish Lapland and its influence on the composition of glacial deposits. In: Excursion guide, Nordia tiedonantoja, Sarja A, No. 1, pp.7–11.
- Peuraniemi, V. and Islam, R., 1993. The weathering crust in the Vuotso-Tankavaara area – The first evidence on the occurrence of halloysite in Finland. *Chemical Geology*, 107, pp. 307–311.
- Pohl, D.C., 1985. Supergen gold migration and enrichment, Sierra Gorda, Chile. *Eos*, 66:1143.
- Pulkkinen, E., Puranen, R. & Lehmuspelto, P., 1980. Interpretation of geochemical anomalies in glacial drift of Finnish Lapland with the aid of magnetic susceptibility data. Tutkimusraportti N:o 47. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo. 39 s.
- Pulkkinen, E., 1985. Vuotson rapakalliosavi. Lapin Tutkimusseuran Vuosikirja XXVI, Geologinen tutkimuskeskus, Rovaniemi, s. 41–45.
- Pulkkinen, E., 1996., Sallan kartta-alueen geokemia. Geokemiallisten karttojen selitykset, Lehti 46. Geologinen tutkimuskeskus, Espoo, 43 s.
- Pulkkinen, E., Keinänen, V. & Salmirinne, H., 2005. The Sakiatieva gold prospect in the Central Lapland Greenstone Belt, Finland. Geological Survey of Finland GTK) CM06/3741/2005/1/10.
- Pulkkinen, E. ja Salmirinne H. 2006. Tutkimustyöselostus Sodankylän kunnassa Ruosselän valtausalueilla Lohiaapa 1 Kaiv.rek.nro 7549/1, Urakka 1 Kaiv.rek.nro 7782/1, Sorva 1 – 2 Kaiv.rek.nrot 7782/2 ja 7782/3 sekä Ruosselkä 1 – 7

- Kaiv.rek.nrot 7141/1 – 7141/7 suoritetuista kultatutkimuksista vv. 1999-2005. Geologinen tutkimuskeskus, Rovaniemen yksikkö.
- Puranen, R., 1977. Magnetic susceptibility and its anisotropy in the study of glacial transport in northern Finland. In: Prospecting in areas of glaciated terrain 1977, Inst. Min. Metall. London, pp. 111–119.
- Rantala, S., 2003. Sodankylän Sakiatievan goologia ja mineralogia Nattas-tyyppin graniitin ja differentioituneen gabron kontaktialueella. Pro gradu –tutkielma, Turun yliopisto, Geologian laitos, 59 s.
- Saarnisto, M., Tamminen, E. & Vaasjoki, M., 1991. Gold in bedrock and glacial deposits in the Ivalojoeki area, Finnish Lapland. Journal of Geochemical Exploration 39, pp. 303–322.
- Salminen, R. (toim.), 1995. Alueellinen geokemiallinen kartoitus Suomessa vuosina 1982–1994. Tutkimusraportti 130, Geologian tutkimuskeskus, Espoo, 47 s.
- Shikazono, N. & Shimizu, M., 1988. Electrum: Chemical composition, mode of occurrence, end depositional environment. University Museum, University of Tokio, Bulletin 32, 81 pp.
- Shilts, W. W., 1984. Till geochemistry in Finland and Canada. In: Journal of Geochemical Exploration. Volume 21, N:o 1–3, pp. 95–119.
- Soffregen, R., 1986. Observations on the behaviour of gold during supergene oxidation at Summitville, Colorado, USA., and implications for electrum stability in the weathering environment. Appl. Geochem., 1:549–558.
- Suomen kartasto 1992. Vihko 123–126 Geologia. Maanmittaushallitus, Helsinki (5. laitos), 58 s.
- Sutinen, R., 1992. Glacial deposits, their electric properties and surveying by image interpretation and ground penetrating radar. Geological Survey of Finland, Bulletin 359, 134 pp.
- Säteilyturvakeskus 2004.
http://www.stuk.fi/sateily_ymparistossa/ilman_radioaktiivisuusvalvonta.html
- Tamminen, E., 1986. Ivalojoen alueen kultahippujen kemiallinen koostumus, mineralogia ja geologinen tausta. Pro gradu -tutkielma, Geologian laitos, Oulun Yliopisto, 84 s.
- Varjos, O., 2002. Lapin kultatutkimuksen Vuotson alueella. Kultaklubin uutiset 2, s.14–25.

- Vasconcelos, P. & Kyle, R., 1991. Supergene geochemistry and crystal morphology of gold in a semiarid weathering environment: application to gold exploration. In: *Journal of Geochemical Exploration*, 40 (1/3) pp. 115–132.
- Watterson, J.R., 1985. Crystalline gold in soil and the problem of supergene nugget information: freezing and exclusion as genetic mechanisms. *Precambrian Research*, 30 (4), pp. 321–335.

LIITTEET

1. Ruosselän alueen näytteenottoaikat
- 2A Tutkimusojien M1-M10 moreenin alkuaineiden korrelaatio
- 2B Tutkimusojan M10 kallioperän alkuaineiden korrelaatio
- 2C-D Montturyhmien M0001-M0038 moreenin alkuaineiden korrelaatio
- 3A-C Kultarakeiden keskustan alkuainetaulukot
4. Kultarakeiden keskustan alkuaineet karttaosioittain
5. Kultarakeiden pinnan alkuaineet karttaosioittain
- 6A-F Kultarakeiden pinnan ja keskuksen Au-, Ag-, Cu- ja Hg-pitoisuudet
- 7A-N Kultaraetietojen kokoomataulukot
8. Roivaisen susceptibiliteettimittauksen tulos



NÄYTETUNNUKSIEN VÄRISYMBOLIT

- Kirkkaan keltaisissa näytteissä on hippuja
- Väalean keltaisissa ei ole hippuja
- Punainen on Sakiatievan malmi

KULTAHIPPUTUTKIMUKSET ALUEITTAIN

- Moreeninäytteet 10 kg, Lohipalon alue
- Moreeninäytteet 20 kg, Urakkaselänpalo ja Sakiatieva
- Moreeninäytteet 200 kg, Ruosselän alue



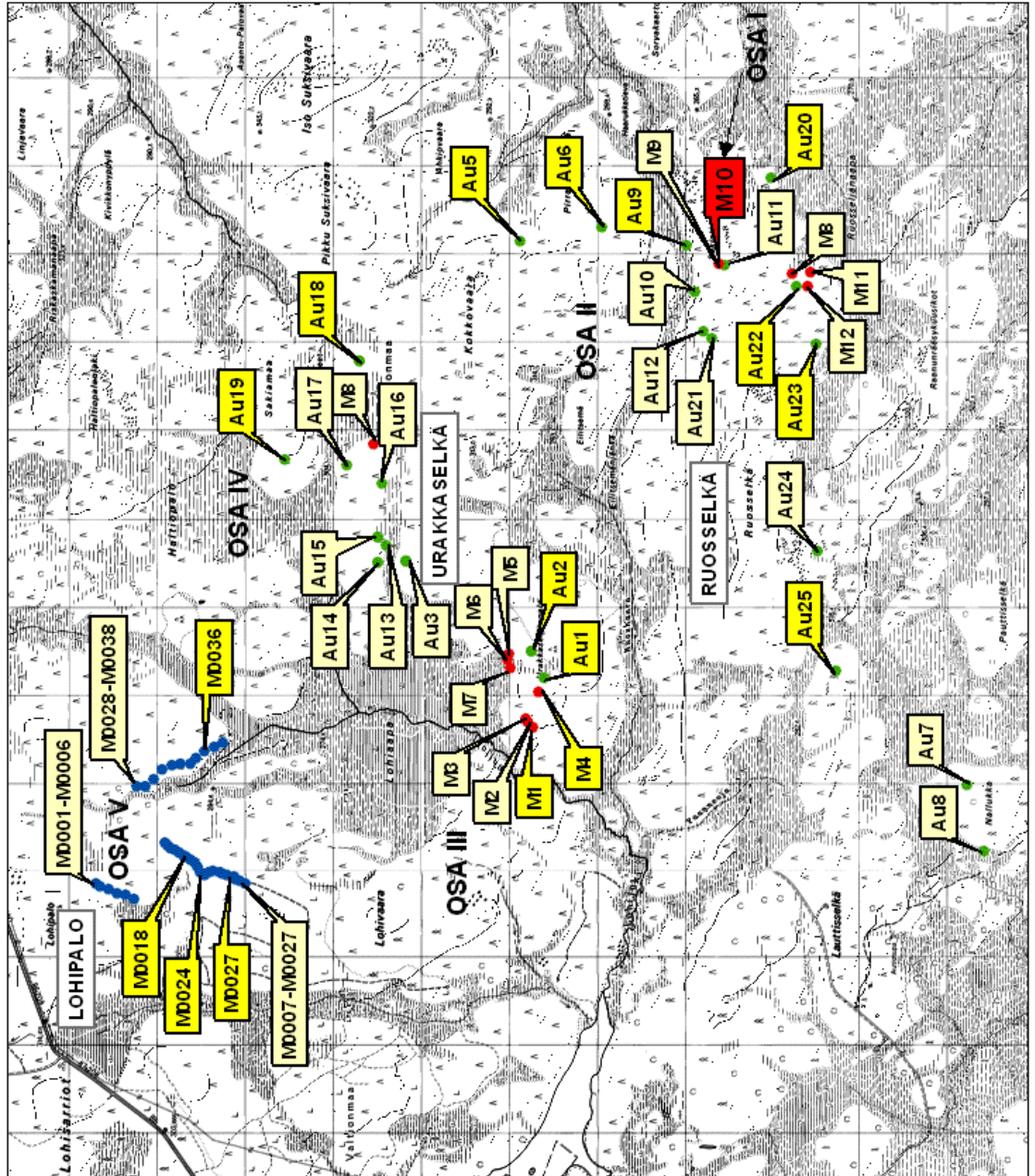
Jaatikon virtausuunta

Karttalehdet 3723 11 ja 12
3741 02 ja 03

0 970 1 940 Meters



Ruosselän alueen näyteenotto pisteet



TUTKIMUSOJIEN M1-M10 MOREENIN ALKUAINIEN KORRELAATIO

Correlations

		CA	CO	CR	FE	MG	NI
CA	Pearson Correlation	1	,407**	,272*	,397**	,635**	,254*
	Sig. (2-tailed)	.	,000	,014	,000	,000	,022
CO	Pearson Correlation	,407**	1	,795**	,731**	,830**	,870**
	Sig. (2-tailed)	,000	.	,000	,000	,000	,000
CR	Pearson Correlation	,272*	,795**	1	,447**	,594**	,907**
	Sig. (2-tailed)	,014	,000	.	,000	,000	,000
FE	Pearson Correlation	,397**	,731**	,447**	1	,728**	,470**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	.	,000	,000
MG	Pearson Correlation	,635**	,830**	,594**	,728**	1	,686**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	.	,000
NI	Pearson Correlation	,254*	,870**	,907**	,470**	,686**	1
	Sig. (2-tailed)	,022	,000	,000	,000	,000	.

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

		CO	CU	NI	PB	ZN	AU
CO	Pearson Correlation	1	,364**	,870**	,209	,793**	,064
	Sig. (2-tailed)	.	,001	,000	,061	,000	,567
CU	Pearson Correlation	,364**	1	,315**	-,042	,175	-,040
	Sig. (2-tailed)	,001	.	,004	,711	,119	,721
NI	Pearson Correlation	,870**	,315**	1	,181	,619**	-,003
	Sig. (2-tailed)	,000	,004	.	,105	,000	,978
PB	Pearson Correlation	,209	-,042	,181	1	,261*	-,053
	Sig. (2-tailed)	,061	,711	,105	.	,019	,637
ZN	Pearson Correlation	,793**	,175	,619**	,261*	1	-,052
	Sig. (2-tailed)	,000	,119	,000	,019	.	,642
AU	Pearson Correlation	,064	-,040	-,003	-,053	-,052	1
	Sig. (2-tailed)	,567	,721	,978	,637	,642	.

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). Analyyselijä 81 kpl/alkuaine

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

TUTKIMUSOJAN M10 KALLIOPERÄN ALKUAINOIDEN KORRELAATIO

Correlations

		CA	CO	CR	FE	MG	NI	AU
CA	Pearson Correlation	1	,117	-,249	-,075	,244	-,019	-,014
	Sig. (2-tailed)	.	,413	,079	,599	,085	,893	,922
CO	Pearson Correlation	,117	1	-,008	,389**	,223	,759**	,443**
	Sig. (2-tailed)	,413	.	,954	,005	,115	,000	,001
CR	Pearson Correlation	-,249	-,008	1	,115	,701**	,139	-,143
	Sig. (2-tailed)	,079	,954	.	,423	,000	,329	,318
FE	Pearson Correlation	-,075	,389**	,115	1	,066	,550**	,381**
	Sig. (2-tailed)	,599	,005	,423	.	,648	,000	,006
MG	Pearson Correlation	,244	,223	,701**	,066	1	,220	-,066
	Sig. (2-tailed)	,085	,115	,000	,648	.	,121	,643
NI	Pearson Correlation	-,019	,759**	,139	,550**	,220	1	,533**
	Sig. (2-tailed)	,893	,000	,329	,000	,121	.	,000
AU	Pearson Correlation	-,014	,443**	-,143	,381**	-,066	,533**	1
	Sig. (2-tailed)	,922	,001	,318	,006	,643	,000	.

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

		CO	CU	MO	NI	PB	S	ZN
CO	Pearson Correlation	1	,369**	-,071	,759**	-,218	-,161	,110
	Sig. (2-tailed)	.	,008	,621	,000	,124	,260	,443
CU	Pearson Correlation	,369**	1	,270	,609**	,305*	,013	,135
	Sig. (2-tailed)	,008	.	,055	,000	,030	,926	,346
MO	Pearson Correlation	-,071	,270	1	,086	,570**	,376**	-,198
	Sig. (2-tailed)	,621	,055	.	,550	,000	,007	,163
NI	Pearson Correlation	,759**	,609**	,086	1	-,037	-,081	,315*
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,550	.	,795	,574	,024
PB	Pearson Correlation	-,218	,305*	,570**	-,037	1	,304*	-,016
	Sig. (2-tailed)	,124	,030	,000	,795	.	,030	,911
S	Pearson Correlation	-,161	,013	,376**	-,081	,304*	1	-,141
	Sig. (2-tailed)	,260	,926	,007	,574	,030	.	,322
ZN	Pearson Correlation	,110	,135	-,198	,315*	-,016	-,141	1
	Sig. (2-tailed)	,443	,346	,163	,024	,911	,322	.

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). Analyysessä 51 kpl/alkuaine

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

MONTTURYHMIEN M0001-M0038 MOREENIN KORRELAATIO
L-, K- ja P- fraktiot

Correlations L-fraktio

		CA	CO	CR	FE	MG	NI
CA	Pearson Correlation	1	,439**	,588**	,556**	,778**	,692**
	Sig. (2-tailed)	.	,006	,000	,000	,000	,000
CO	Pearson Correlation	,439**	1	,795**	,829**	,667**	,715**
	Sig. (2-tailed)	,006	.	,000	,000	,000	,000
CR	Pearson Correlation	,588**	,795**	1	,954**	,830**	,928**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	.	,000	,000	,000
FE	Pearson Correlation	,556**	,829**	,954**	1	,788**	,922**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	.	,000	,000
MG	Pearson Correlation	,778**	,667**	,830**	,788**	1	,895**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	.	,000
NI	Pearson Correlation	,692**	,715**	,928**	,922**	,895**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	.

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

		CO	CU	NI	PB	ZN	AU
CO	Pearson Correlation	1	,693**	,715**	,010	,534**	,138
	Sig. (2-tailed)	.	,000	,000	,951	,001	,409
CU	Pearson Correlation	,693**	1	,930**	,319	,930**	,191
	Sig. (2-tailed)	,000	.	,000	,051	,000	,251
NI	Pearson Correlation	,715**	,930**	1	,087	,898**	,206
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	.	,604	,000	,214
PB	Pearson Correlation	,010	,319	,087	1	,361*	-,089
	Sig. (2-tailed)	,951	,051	,604	.	,026	,594
ZN	Pearson Correlation	,534**	,930**	,898**	,361*	1	,208
	Sig. (2-tailed)	,001	,000	,000	,026	.	,211
AU	Pearson Correlation	,138	,191	,206	-,089	,208	1
	Sig. (2-tailed)	,409	,251	,214	,594	,211	.

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). Analysejä 38 kpl/alkuaine

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Correlations K-fraktio

		CA	CO	CR	FE	MG	NI
CA	Pearson Correlation	1	,494**	,728**	,602**	,688**	,647**
	Sig. (2-tailed)	.	,002	,000	,000	,000	,000
CO	Pearson Correlation	,494**	1	,746**	,901**	,757**	,878**
	Sig. (2-tailed)	,002	.	,000	,000	,000	,000
CR	Pearson Correlation	,728**	,746**	1	,852**	,809**	,826**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	.	,000	,000	,000
FE	Pearson Correlation	,602**	,901**	,852**	1	,815**	,898**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	.	,000	,000
MG	Pearson Correlation	,688**	,757**	,809**	,815**	1	,850**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	.	,000
NI	Pearson Correlation	,647**	,878**	,826**	,898**	,850**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	.

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

		CO	CU	NI	PB	ZN	AU
CO	Pearson Correlation	1	,855**	,878**	,177	,644**	,254
	Sig. (2-tailed)	.	,000	,000	,288	,000	,124
CU	Pearson Correlation	,855**	1	,914**	,419**	,906**	,156
	Sig. (2-tailed)	,000	.	,000	,009	,000	,351
NI	Pearson Correlation	,878**	,914**	1	,117	,771**	,262
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	.	,483	,000	,112
PB	Pearson Correlation	,177	,419**	,117	1	,565**	-,042
	Sig. (2-tailed)	,288	,009	,483	.	,000	,802
ZN	Pearson Correlation	,644**	,906**	,771**	,565**	1	,102
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	.	,541
AU	Pearson Correlation	,254	,156	,262	-,042	,102	1
	Sig. (2-tailed)	,124	,351	,112	,802	,541	.

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). Analyysejä 38 kpl/alkuaine

Correlations P-fraktio

		CA	CO	CR	FE	MG	NI
CA	Pearson Correlation	1	,240	,416**	,109	,473**	,463**
	Sig. (2-tailed)	.	,146	,009	,516	,003	,003
CO	Pearson Correlation	,240	1	,650**	,843**	,578**	,831**
	Sig. (2-tailed)	,146	.	,000	,000	,000	,000
CR	Pearson Correlation	,416**	,650**	1	,540**	,830**	,907**
	Sig. (2-tailed)	,009	,000	.	,000	,000	,000
FE	Pearson Correlation	,109	,843**	,540**	1	,466**	,738**
	Sig. (2-tailed)	,516	,000	,000	.	,003	,000
MG	Pearson Correlation	,473**	,578**	,830**	,466**	1	,736**
	Sig. (2-tailed)	,003	,000	,000	,003	.	,000
NI	Pearson Correlation	,463**	,831**	,907**	,738**	,736**	1
	Sig. (2-tailed)	,003	,000	,000	,000	,000	.

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

		CO	CU	NI	PB	ZN	AU
CO	Pearson Correlation	1	,897**	,831**	,147	,576**	-,022
	Sig. (2-tailed)	.	,000	,000	,379	,000	,896
CU	Pearson Correlation	,897**	1	,896**	,252	,792**	-,056
	Sig. (2-tailed)	,000	.	,000	,127	,000	,740
NI	Pearson Correlation	,831**	,896**	1	-,049	,600**	-,072
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	.	,769	,000	,666
PB	Pearson Correlation	,147	,252	-,049	1	,602**	,274
	Sig. (2-tailed)	,379	,127	,769	.	,000	,095
ZN	Pearson Correlation	,576**	,792**	,600**	,602**	1	,253
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	.	,126
AU	Pearson Correlation	-,022	-,056	-,072	,274	,253	1
	Sig. (2-tailed)	,896	,740	,666	,095	,126	.

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). Analyysejä 38 kpl/alkuaine

KULTARAKEIDEN KESKUSTAN ALKUAINETAULUKOT. Mikroanalysaattoriajot

Luotettavan määritysrajan ylittävät analyysit on tummennettu.

Index #	Ag	Au	Bi	Cu	Hg	Fe	Pb	S	Sb	Se	Te	Total	Rae
1087,04	2,86	97,09	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,05	0,05	0,02	0,00	100,12	Au1/2000
1088,04	2,75	97,14	0,03	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	100,00	Au1/2000
1089,04	2,68	97,60	0,26	0,09	0,00	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	100,69	Au1/2000
1090,04	0,85	98,11	0,39	0,15	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	99,52	Au2a/2000
1091,04	0,78	97,81	0,00	0,13	0,14	0,01	0,29	0,03	0,00	0,00	0,00	99,17	Au2a/2000
1092,04	0,75	98,18	0,33	0,14	0,00	0,00	0,25	0,05	0,00	0,05	0,02	99,76	Au2a/2000
1093,04	5,14	93,47	0,16	0,11	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	98,94	Au2b/2000
1094,04	4,99	94,59	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	99,78	Au2b/2000
1095,04	12,77	86,99	0,00	0,00	0,11	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	99,91	Au3a/2000
1096,04	12,86	86,54	0,00	0,03	0,27	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	99,75	Au3a/2000
1097,04	12,52	87,84	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,06	0,00	0,00	100,50	Au14b/2000
1098,04	12,31	88,28	0,00	0,04	0,12	0,01	0,00	0,03	0,07	0,00	0,00	100,85	Au14b/2000
1099,04	4,30	94,75	0,16	0,08	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	99,35	Au14a/2000
1100,04	4,19	95,56	0,00	0,05	0,29	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	100,14	Au14a/2000
1101,04	4,23	95,59	0,08	0,03	0,15	0,00	0,30	0,05	0,00	0,03	0,00	100,46	Au14a/2000
1102,04	6,63	92,83	0,00	0,02	0,15	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	99,71	Au15a/2000
1103,04	6,75	92,38	0,19	0,02	0,17	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	99,56	Au15a/2000
1104,04	6,54	92,09	0,35	0,10	0,21	0,03	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	99,44	Au15a/2000
1105,04	6,55	92,72	0,22	0,08	0,00	0,02	0,08	0,05	0,01	0,02	0,00	99,75	Au15b/2000
1106,04	6,64	92,00	0,00	0,03	0,15	0,00	0,02	0,06	0,05	0,00	0,00	98,95	Au15b/2000
1107,04	6,44	93,51	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,03	0,00	100,06	Au18a/2000
1108,04	6,53	93,52	0,29	0,06	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	100,52	Au18a/2000
1109,04	6,63	91,70	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	98,42	Au18a/2000
1110,04	27,36	71,29	0,00	0,00	0,70	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	99,40	Au19/2000
1111,04	27,05	71,76	0,00	0,00	0,75	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	99,60	Au19/2000
1112,04	27,29	70,19	0,00	0,01	0,74	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,08	98,33	Au19/2000
1113,04	8,59	90,23	0,00	0,02	0,08	0,00	0,05	0,04	0,00	0,01	0,00	99,00	Au20/2000
1114,04	8,72	90,27	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,03	99,13	Au20/2000
1115,04	9,07	90,34	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,06	99,52	Au20/2000
1116,04	0,26	97,99	0,32	0,15	0,04	0,02	0,08	0,05	0,00	0,00	0,00	98,91	Au22/2000
1117,04	0,28	99,17	0,00	0,15	0,22	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	99,86	Au22/2000
1118,04	0,32	98,87	0,00	0,14	0,07	0,00	0,00	0,04	0,02	0,01	0,00	99,46	Au22/2000
1119,04	0,35	98,87	0,00	0,19	0,17	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	99,65	Au23/2000
1120,04	0,44	98,90	0,19	0,17	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,02	0,00	99,79	Au23/2000
1121,04	0,39	98,91	0,11	0,26	0,13	0,00	0,08	0,03	0,03	0,00	0,00	99,93	M1b/2001
1122,04	0,38	98,58	0,19	0,26	0,15	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,03	99,63	M1b/2001
1123,04	0,36	99,99	0,15	0,21	0,00	0,00	0,14	0,04	0,00	0,00	0,00	100,90	M1b/2001
1124,04	5,12	94,12	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	99,38	M1a/2001
1125,04	5,11	92,62	0,00	0,11	0,06	0,01	0,12	0,01	0,00	0,01	0,00	98,05	M1a/2001
1126,04	4,85	94,94	0,16	0,07	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	100,06	M1a/2001
1127,04	7,49	92,14	0,14	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	99,81	M0018/2003
1128,04	7,61	90,57	0,00	0,02	0,11	0,00	0,02	0,05	0,00	0,02	0,00	98,39	M0018/2003
1129,04	7,22	91,86	0,00	0,02	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,24	M0018/2003
1130,04	0,15	98,46	0,00	0,04	0,01	0,00	0,17	0,05	0,03	0,00	0,00	98,92	M0024/2003
1131,04	0,26	98,22	0,00	0,04	0,29	0,02	0,00	0,02	0,07	0,00	0,00	98,90	M0024/2003
1132,04	0,09	99,23	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,40	M0024/2003
1133,04	0,25	98,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	98,37	M0027/2003
1134,04	0,08	99,69	0,15	0,00	0,14	0,01	0,26	0,09	0,00	0,00	0,00	100,42	M0027/2003
1135,04	2,71	95,23	0,00	0,07	0,28	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	98,34	M10 15-16c/2002
1136,04	2,33	97,58	0,00	0,05	0,22	0,01	0,04	0,04	0,00	0,03	0,00	100,28	M10 15-16c/2002
1137,04	0,53	98,46	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	99,18	M10 15-16b/2002
1138,04	0,60	99,07	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,04	0,08	0,00	0,00	99,91	M10 15-16b/2002

LIITE 3B

Index #	Ag	Au	Bi	Cu	Hg	Fe	Pb	S	Sb	Se	Te	Total	Rae
1139,04	0,25	98,81	0,12	0,19	0,05	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	99,44	M10 14-15/2002
1140,04	0,27	98,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,10	0,04	0,00	0,00	0,00	98,68	M10 14-15/2002
1141,04	0,38	99,41	0,00	0,18	0,00	0,00	0,02	0,04	0,04	0,00	0,00	100,07	M10 14-15/2002
1142,04	1,88	98,21	0,00	0,06	0,15	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01	0,00	100,39	M10 12-13/2002
1143,04	1,76	98,38	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	100,27	M10 12-13/2002
1144,04	0,30	100,35	0,00	0,12	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	100,84	M10 11-12/2002
1145,04	0,42	99,14	0,33	0,08	0,08	0,00	0,21	0,04	0,00	0,00	0,00	100,29	M10 11-12/2002
1146,04	1,10	98,03	0,17	0,03	0,05	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	99,42	M10 10-11b/2002
1147,04	1,21	98,19	0,00	0,09	0,08	0,00	0,08	0,09	0,00	0,00	0,04	99,77	M10 10-11b/2002
1148,04	1,35	98,20	0,03	0,11	0,08	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	99,84	M10 10-11/2002
1149,04	1,47	97,00	0,04	0,10	0,09	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	98,75	M10 10-11/2002
1150,04	1,40	97,90	0,00	0,08	0,24	0,00	0,10	0,07	0,00	0,02	0,00	99,82	M10 10-11/2002
1151,04	12,22	85,58	0,26	0,03	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	98,15	M10 9-10b/2002
1152,04	12,70	87,68	0,00	0,03	0,17	0,00	0,00	0,06	0,06	0,01	0,00	100,70	M10 9-10b/2002
1153,04	2,57	96,00	0,04	0,06	0,06	0,01	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	98,82	M4/2001
1154,04	2,55	97,16	0,16	0,03	0,31	0,00	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	100,37	M4/2001
1155,04	2,50	97,47	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	100,10	M4/2001
1156,04	0,95	98,82	0,00	0,11	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	99,94	Au3b/2000
1157,04	0,91	99,76	0,10	0,11	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,95	Au3b/2000
1158,04	8,18	90,78	0,09	0,01	0,25	0,03	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00	99,42	M0036/2003
1159,04	11,56	87,58	0,00	0,05	0,30	0,00	0,15	0,06	0,01	0,00	0,00	99,72	M0036/2003
1160,04	8,56	89,70	0,01	0,03	0,42	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	98,79	M0036/2003
1161,04	1,50	97,45	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	99,10	Au18b/2000
1162,04	1,52	98,44	0,04	0,16	0,05	0,00	0,14	0,04	0,00	0,00	0,00	100,39	Au18b/2000
1163,04	1,58	98,43	0,00	0,12	0,16	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	100,31	Au18b/2000
1164,04	1,99	98,59	0,00	0,05	0,10	0,00	0,14	0,05	0,00	0,00	0,00	100,91	Au25/2000
1165,04	2,11	96,52	0,00	0,06	0,05	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	98,80	Au25/2000
1166,04	1,71	97,63	0,13	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	99,56	Au9/2000
1167,04	1,57	98,36	0,20	0,08	0,00	0,00	0,14	0,05	0,00	0,00	0,00	100,40	Au9/2000
1168,04	1,71	97,83	0,00	0,07	0,17	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	99,83	Au9/2000
1169,04	0,58	98,76	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	99,59	M10 15-16a/2002
1170,04	0,07	99,38	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	99,60	M10 15-16a/2002
1171,04	0,23	98,51	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	98,82	M0018/2003/Au-reuna
1172,04	0,23	99,21	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01	0,00	99,54	M0018/03/Au-reuna
1173,04	0,28	100,33	0,00	0,00	0,23	0,02	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	100,91	M0018/03/Au-reuna
1174,04	0,64	99,06	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	99,95	M10 9-10b/02/Au-reuna
1175,04	0,31	98,89	0,23	0,01	0,01	0,00	0,10	0,06	0,00	0,00	0,00	99,61	M10 9-10b/02/Au-reuna
1176,04	0,70	98,74	0,02	0,00	0,07	0,00	0,18	0,04	0,00	0,01	0,00	99,76	M10 9-10b/02/Au-reuna

Analysointiolosuhteet: kiihdytysjännite = 15 kV, elektronisäteen virranvoimakkuus ja läpimitta = 30 nA ja 1 mikrometri vastaavasti.

Mikroanalysaattori / operaattori = Cameca Camebax SX50 / Lassi Pakkanen

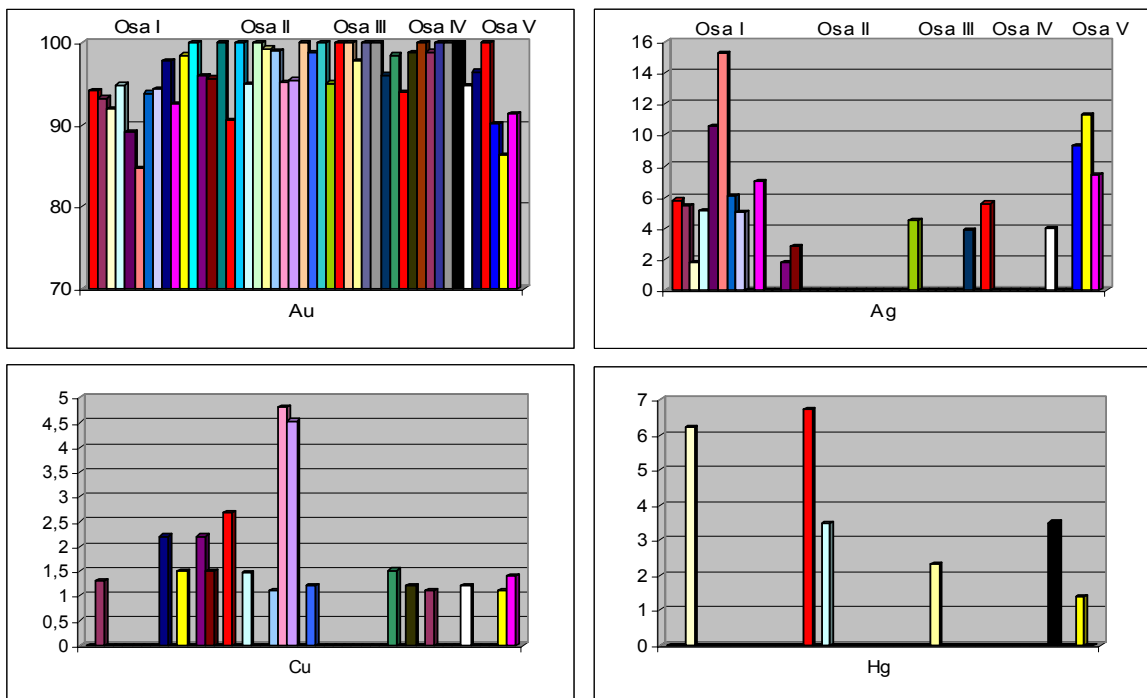
LIITE 3C

Index #	Au	Ag	Sb	Te	Se	Bi	Pb	Hg	Cu	Fe	Total	Näyte
12464,03	90,43	7,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,01	0,03	98,28	M10/3741/9.00-10.00
12465,03	90,71	8,16	0,00	0,07	0,00	0,23	0,00	0,17	0,05	0,00	99,39	
12466,03	91,90	7,10	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,08	0,00	99,12	
12467,03	90,61	7,40	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	98,45	
12468,03	92,15	7,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,03	0,01	100,04	
12469,03	91,12	7,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	98,30	
12470,03	91,70	7,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	98,90	
12471,03	92,95	7,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,09	0,01	0,00	100,29	
12472,03	92,37	6,87	0,00	0,07	0,00	0,00	0,10	0,00	0,01	0,00	99,43	
12473,03	92,84	6,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	99,51	
Aver.	91,68	7,27	0,00	0,02	0,00	0,05	0,03	0,09	0,03	0,01	99,17	
12474,03	99,39	0,17	0,00	0,00	0,02	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	99,83	M10/3741/8.00-9.00
12475,03	98,80	0,29	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	99,58	
12476,03	98,59	0,20	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,14	0,03	0,00	99,34	
12477,03	98,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,48	0,00	0,01	99,53	
12478,03	98,76	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	99,25	
12479,03	98,97	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,02	99,62	
12480,03	99,63	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,19	0,13	0,02	0,00	99,98	
12481,03	99,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,04	0,00	0,02	100,46	
12482,03	99,91	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	100,07	
12483,03	98,64	0,21	0,00	0,00	0,00	0,14	0,03	0,07	0,01	0,00	99,10	
Aver.	99,12	0,14	0,00	0,00	0,00	0,07	0,11	0,19	0,01	0,01	99,68	
12484,03	93,26	5,79	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,34	0,02	0,00	99,45	Au3d/3741
12485,03	95,87	4,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	100,14	
12486,03	94,08	5,77	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	99,91	
12487,03	92,85	6,05	0,00	0,01	0,01	0,17	0,00	0,13	0,00	0,00	99,22	
12488,03	92,46	5,63	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13	0,08	0,00	0,01	98,32	
12489,03	97,75	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,12	0,01	0,00	98,79	
12490,03	95,86	3,07	0,04	0,00	0,00	0,20	0,00	0,19	0,00	0,00	99,36	
12491,03	98,06	0,32	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	98,44	
12492,03	93,02	5,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,02	99,02	
12493,03	93,99	5,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,21	0,03	0,00	99,88	
Aver.	94,72	4,27	0,01	0,00	0,00	0,04	0,07	0,12	0,01	0,00	99,25	

Analysointiolosuhteet: kiihdytysjännite = 20 kV, elektronisäteen virranvoimakkuus ja läpimitta = 30 nA ja 1 mikrometri vastaavasti.
Mikroanalysaattori / operaattori = Cameca Camebax SX50 / Lassi Pakkanen

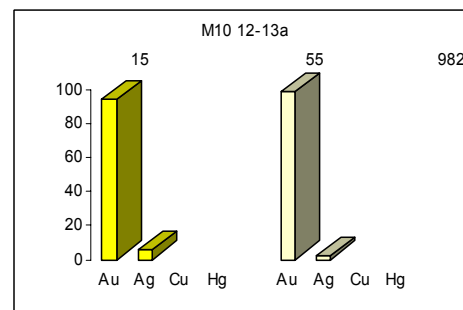
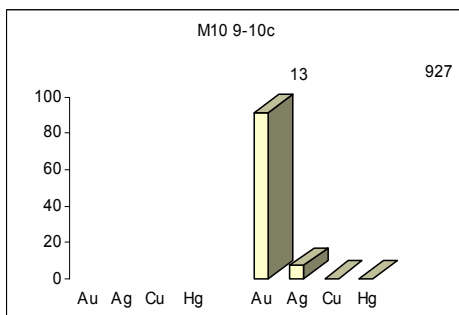
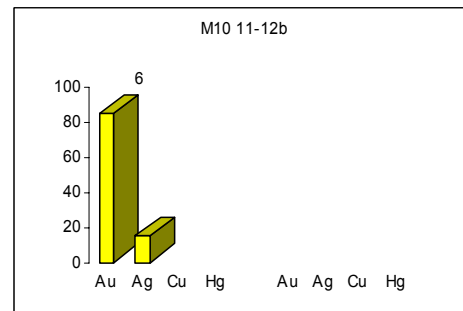
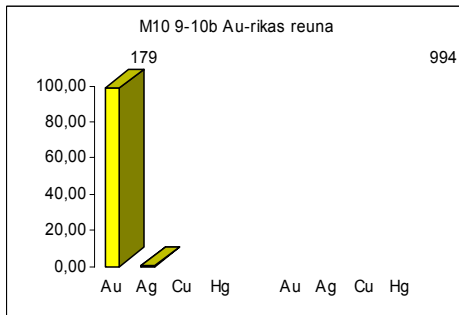
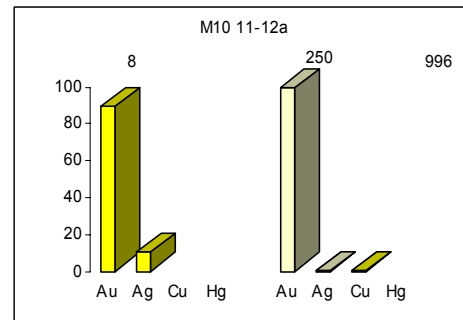
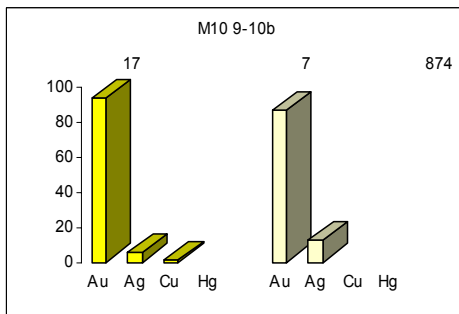
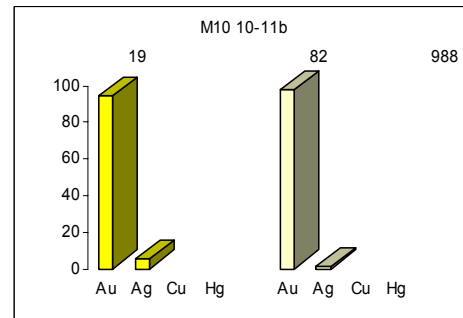
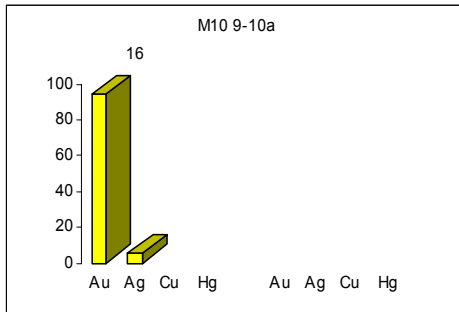
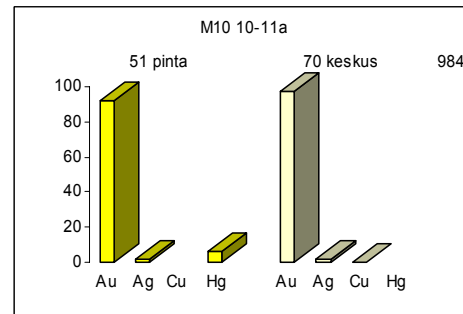
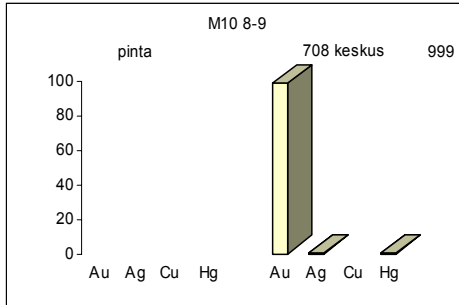
KULTARAKEIDEN PINNAN ALKUAINET KARTTAOSIOITTAIN SED-EDS-analyysitulokset

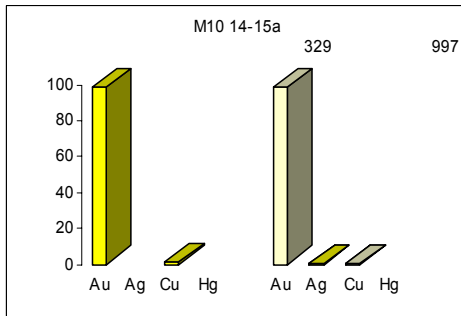
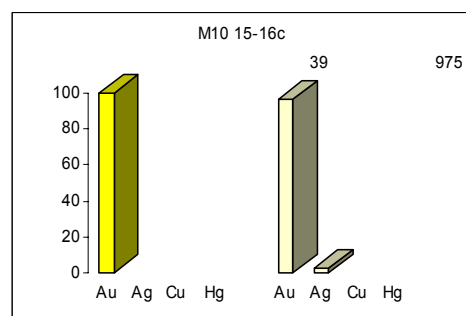
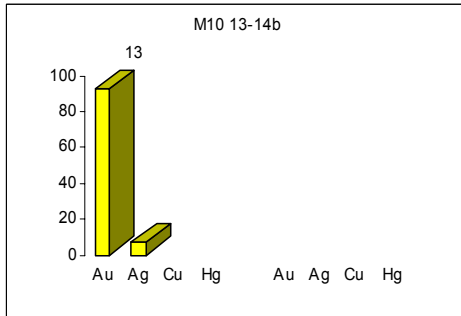
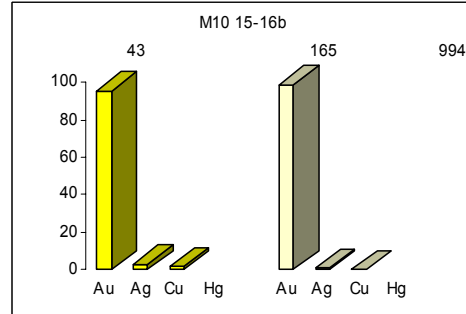
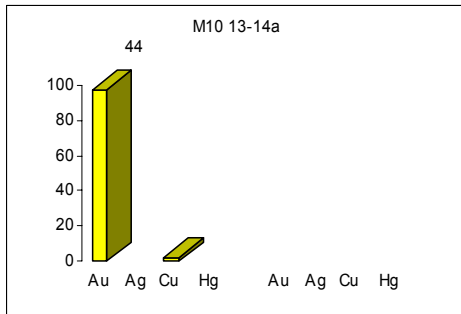
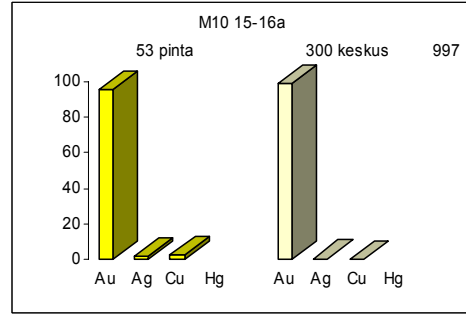
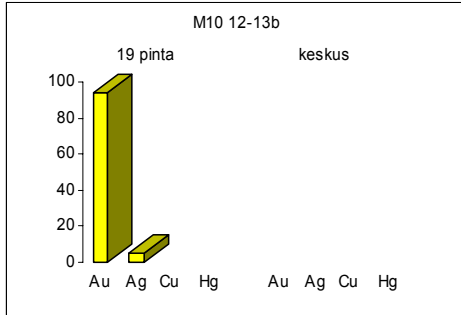
Tulokset on esitetty kultaraeryhmittäin %-osuuksina karttaosioiden I – V mukaisesti. Punaiset pitoisuuspalkit symboloivat uuden osion alkamista.



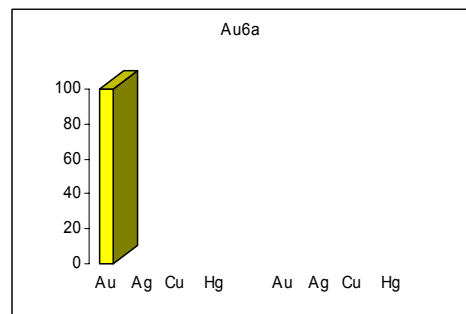
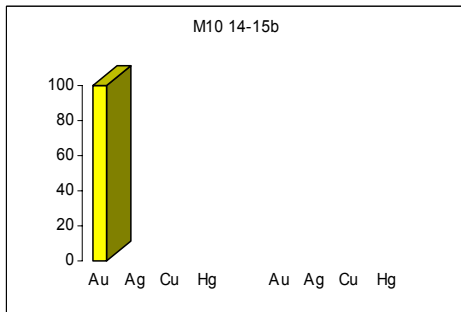
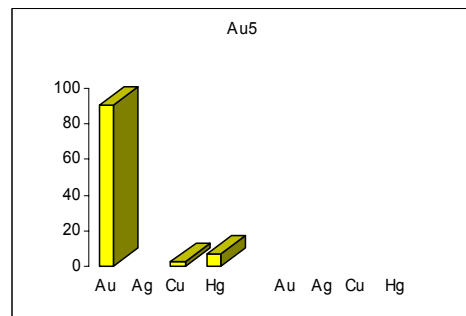
**KULTARAKEIDEN PINNAN JA KESKUKSEN Au-, Ag-, Cu- ja Hg-
PITOISUUDET, Au/Ag-SUHDE JA HIENOUSLUKU KARTTAOSIOITTAIN.**

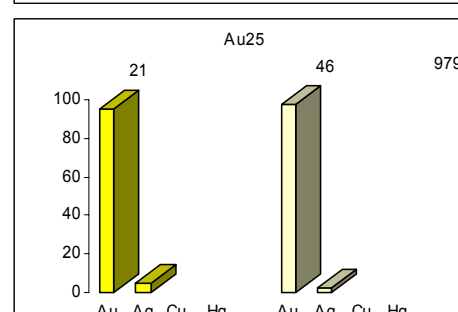
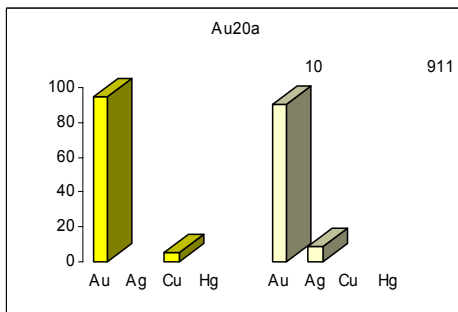
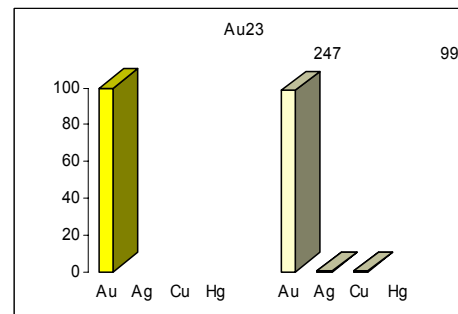
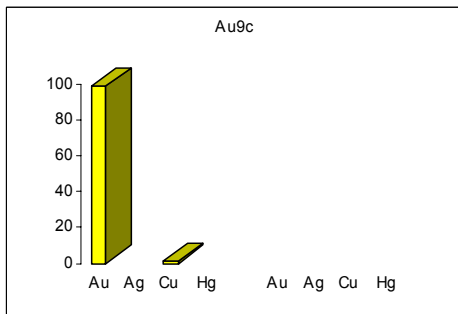
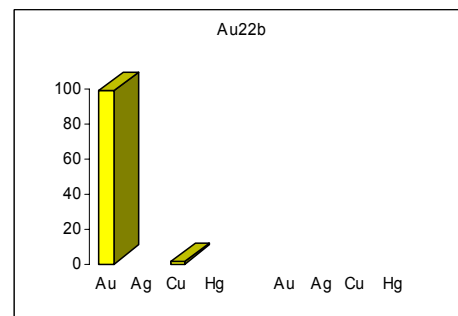
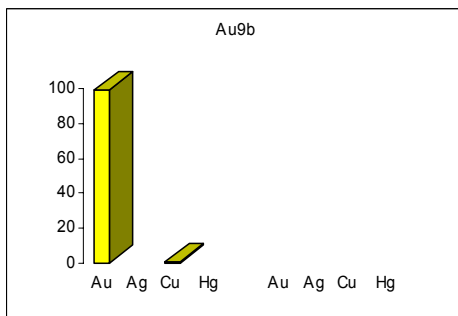
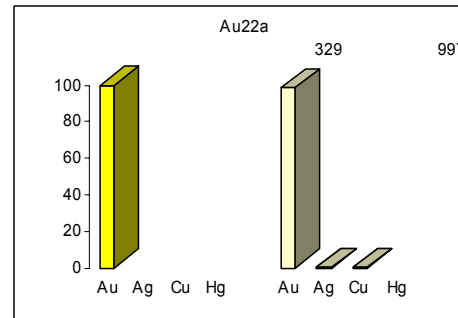
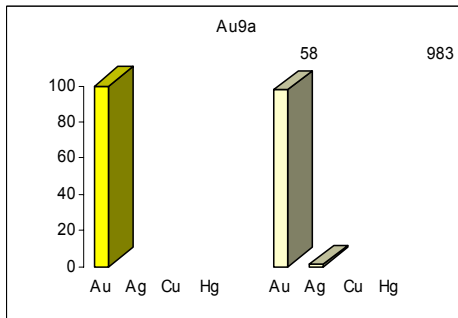
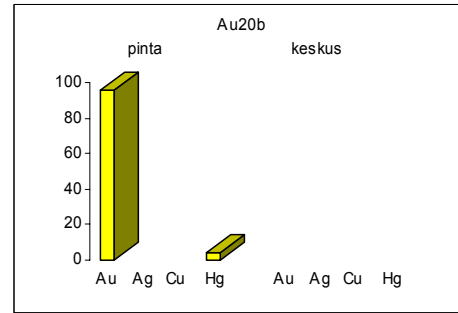
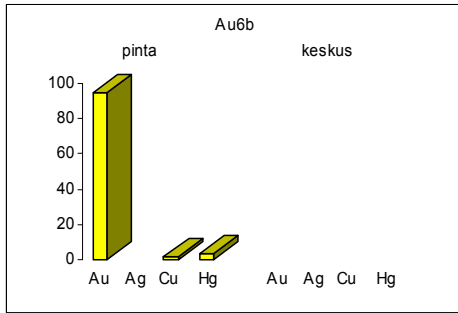
KARTTAOSA I



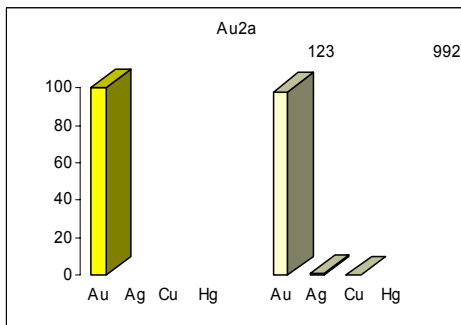
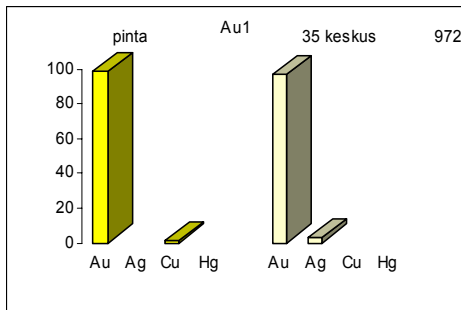
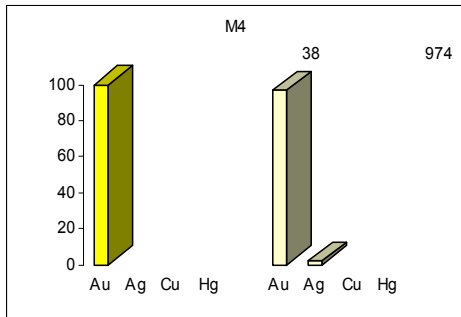
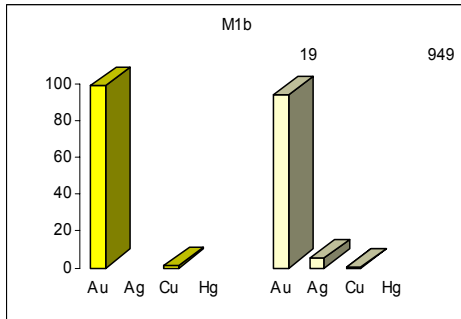
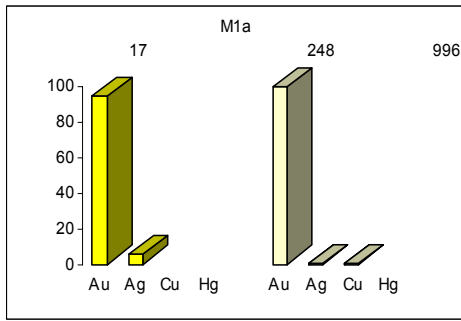


KARTTAOSA II

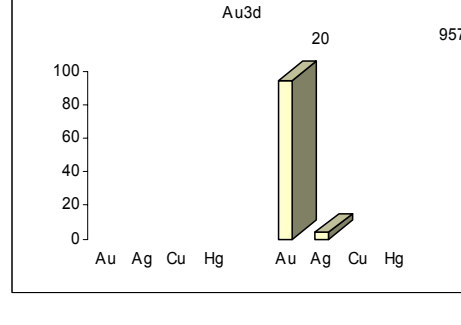
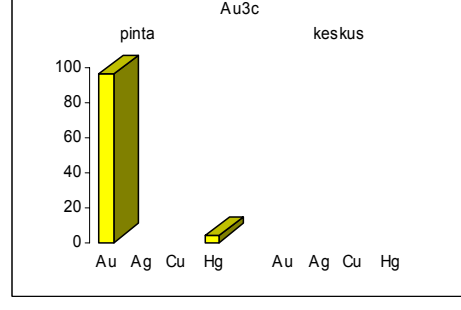
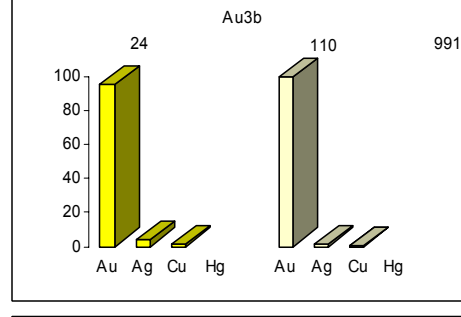
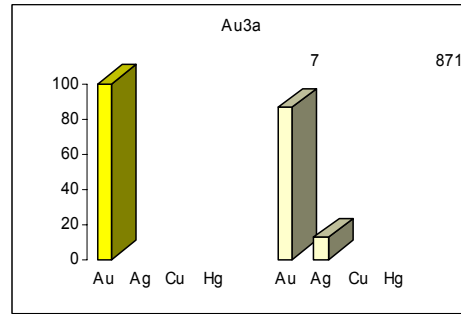
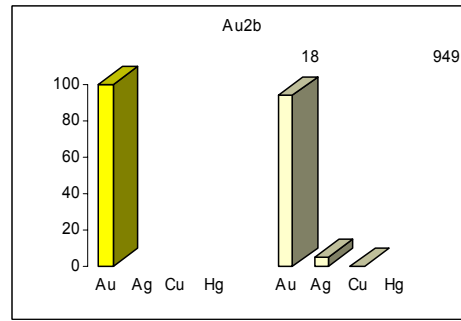


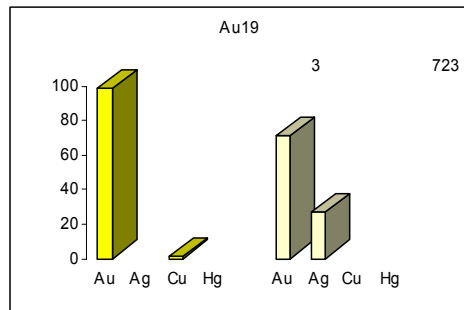
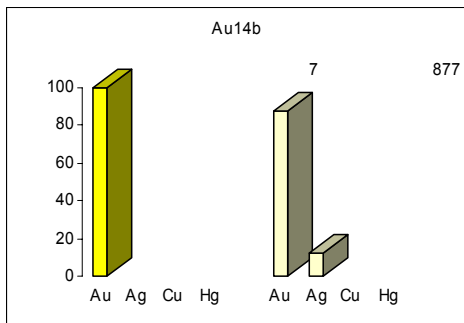
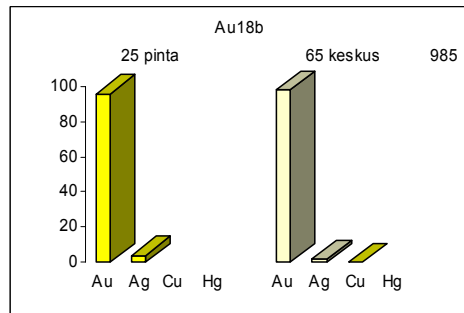
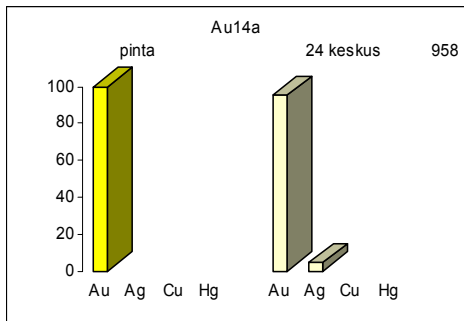


KARTTAOSA III

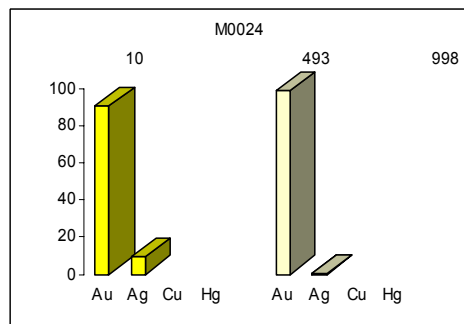
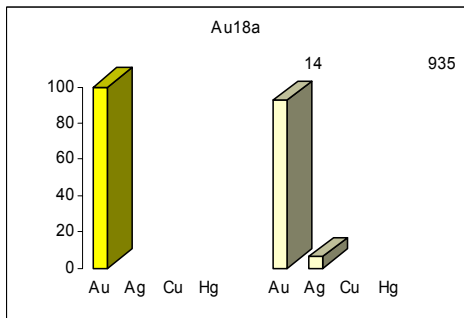
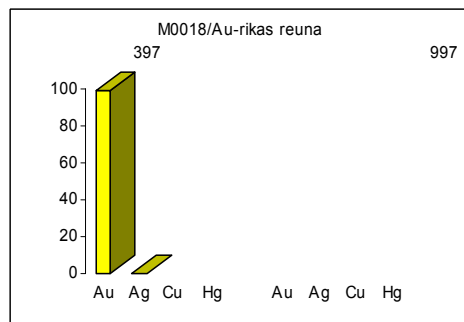
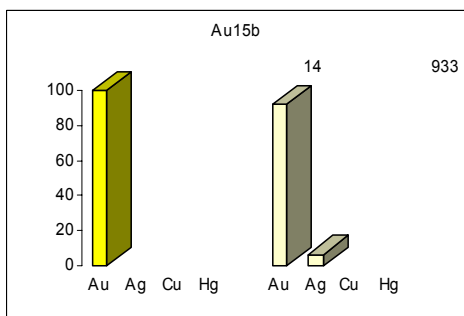
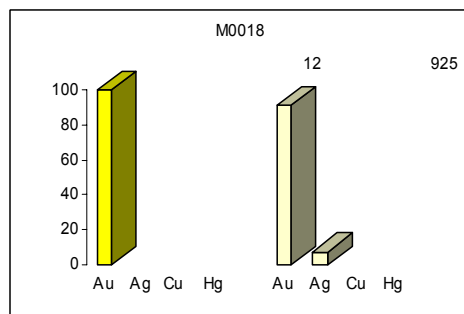
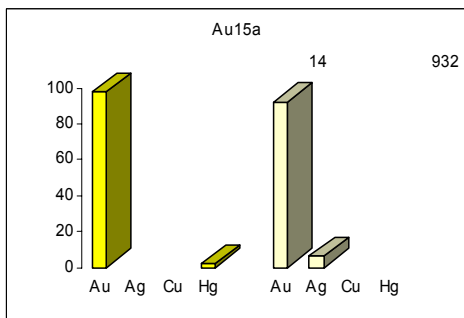


KARTTAOSA IV

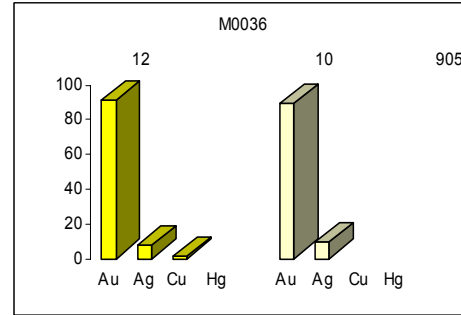
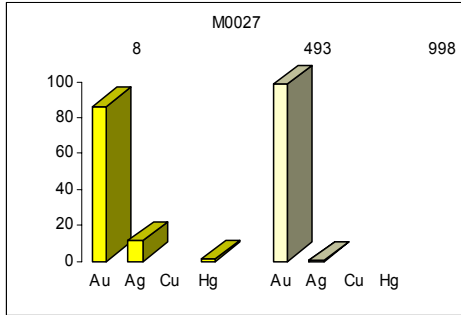




KARTTAOSA V



LIITE 6F



KULTAHIPPUTIETOJEN KOKOOMATAULUKOT

<u>Kultahippu</u>	<u>M1a</u>	<u>M1b</u>	<u>M4</u>
Paikka	Urakkaselänpalo	Urakkaselänpalo	Urakkaselänpalo
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 542 731	7 542 731	7 542 660
Y-koordinaatti	3 501 625	3 501 625	3 502 040
Löytövuosi	2001	2001	2001
Koko (µm) pituus/leveys	150/120	120/45	960/765
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	99,2/94	93,9/ 98,8	96,9/100
Ag	0,4/5,6	5/0	2,54/0
Cu	0,2/0,4	0,1/1,2	0,05/0
Hg	0,1/0	0	0,16/0
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	248	19	38
<i>Pinta</i>	17		
Hienousluku	996	949	974
<i>keskus</i>			
Bi	0,15	0,05	0,07
Fe	0	0	0
Pb	0,09	0,05	0,30
S	0,03	0,01	0,08
Sb	0,10	0	0
Se	0	0,10	0
Te	0,10	0	0
<i>pinta</i>			
Na	0	0,8	
Mg	2,7	0,9	
Al	12,8	14,0	
Si	19,7	21,7	
P	0,5	0	
K	0,6	0,5	
Ti	1,1	0,8	
Fe	20,6	17,2	

<u>Kultahippu</u>	<u>M10 8-9</u>	<u>M10 9-10a</u>	<u>M10 9-10b</u>
Paikka	Sakiatieva	Sakiatieva	Sakiatieva
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 539 795	7 539 795	7 539 795
Y-koordinaatti	3 506 800	3 506 800	3 506 800
Löytövuosi	2002	2002	2002
Koko (µm) pituus/leveys		270/175	214/85
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	99,12/0	0/94,19	86,6/93,3
Ag	0,14/0	0/5,81	12,5/5,4
Cu	0,01/0	0	0/1,3
Hg	0,19/0	0	0,1/0
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	708		7
<i>Pinta</i>		16	17
Hienousluku	999		874
<i>keskus</i>			
Bi	0,07		0,13
Fe	0,01		0
Pb	0,11		0
S	0		0,04
Sb	0		0,03
Se	0		0
Te	0		0

<u>Kultahippu</u>	<u>M10 9-10b Au-rikas reuna</u>	<u>M10 9-10c</u>	<u>M10 10-11a</u>
Paikka		Sakiatieva	Sakiatieva
Peruskarttakehti		3741 03	3741 03
X-koordinaatti		7 539 795	7 539 795
Y-koordinaatti		3 506 800	3 506 800
Löytövuosi		2002	2002
Koko (µm) pituus/leveys		-	250/80
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	98,90	91,68/0	97,7/92
Ag	0,55	7,27/0	1,4/1,8
Cu	0	0,03/0	0,1/0
Hg	0,02	0,09/0	0,1/6,2
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>		13	70
<i>Pinta</i>	179		51
Hienousluku	994	927	984
<i>keskus</i>			
Bi	0,12	0,05	0,02
Fe	0	0,01	0
Pb	0,09	0,03	0
S	0,05	0	0,05
Sb	0,02	0	0,01
Se	0	0	0
Te	0	0,02	0

<u>Kultahippu</u>	<u>M10 10-11b</u>	<u>M10 11-12a</u>	<u>M10 11-12b</u>
Paikka	Sakiatieva	Sakiatieva	Sakiatieva
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 539 795	7 539 795	7 539 795
Y-koordinaatti	3 506 800	3 506 800	3 506 800
Löytövuosi	2002	2002	2002
Koko (µm) pituus/leveys	300/155	340/210	
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	98,1/94,9	99,8/89,2	0/84,75
Ag	1,2/5,1	0,4/10,6	0/15,25
Cu	0,1/0	0,1/0	0
Hg	0,1/0	0,1/0	0
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	82	250	
<i>Pinta</i>	19	8	6
Hienousluku	988	996	
<i>keskus</i>			
Bi	0,09	0,16	
Fe	0	0	
Pb	0,04	0,11	
S	0,06	0,04	
Sb	0	0	
Se	0	0	
Te	0,02	0	

<u>Kultahippu</u>	<u>M10 12-13a</u>	<u>M10 12-13b</u>	<u>M10 13-14a</u>
Paikka	Sakiatieva	Sakiatieva	Sakiatieva
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 539 795	7 539 795	7 539 795
Y-koordinaatti	3 506 800	3 506 800	3 506 800
Löytövuosi	2002	2002	2002
Koko (µm) pituus/leveys	290/175	205/105	210/80
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	98,3/93,9	0/94,4	0/97,8
Ag	1,8/6,1	0/5	0
Cu	0,1/0	0/0,6	0/2,2
Hg	0,1/0	0,0	0
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	55		
<i>Pinta</i>	15	19	44
Hienousluku	982		
<i>keskus</i>			
Bi	0		
Fe	0		
Pb	0		
S	0,05		
Sb	0		
Se	0		
Te	0		

<u>Kultahippu</u>	<u>M10 13-14b</u>	<u>M10 14-15a</u>	<u>M10 14-15b</u>
Paikka	Sakiatieva	Sakiatieva	Sakiatieva
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 539 795	7 539 795	7 539 795
Y-koordinaatti	3 506 800	3 506 800	3 506 800
Löytövuosi	2002	2002	2002
Koko (µm) pituus/leveys	180/135	280/110	160/140
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	0/92,5	98,7/98,5	0/100
Ag	0/7	0,3/0	
Cu	0/0,5	0,2/1,5	
Hg	0	0,02/0	
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>		329	
<i>Pinta</i>	13		
Hienousluku		997	
<i>keskus</i>			
Bi		0,04	
Fe		0	
Pb		0,04	
S		0,04	
Sb		0,01	
Se		0	
Te		0	

<u>Kultahippu</u>	<u>M10 15-16a</u>	<u>M10 15-16b</u>	<u>M10 15-16c</u>
Paikka	Sakiatieva	Sakiatieva	Sakiatieva
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 539 795	7 539 795	7 539 795
Y-koordinaatti	3 506 800	3 506 800	3 506 800
Löytövuosi	2002	2002	2002
Koko (µm) pituus/leveys	140/55	120/70	175/110
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	99,1/96	98,8/95,7	96,4/100
Ag	0,3/1,8	0,6/2,8	2,5/0
Cu	0,1/2,2	0,1/1,5	0,1/0
Hg	0	0	0,3/0
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	300	165	39
<i>Pinta</i>	53	34	
Hienousluku	997	994	975
<i>keskus</i>			
Bi	0,07	0	0
Fe	0	0	0
Pb	0	0	0,02
S	0,06	0,06	0,04
Sb	0	0,04	0
Se	0	0	0,20
Te	0	0	0

<u>Kultahippu</u>	<u>M0018</u>	<u>M0018 Au-rikas reuna</u>	<u>M0024</u>
Paikka	Lohipalo		Lohipalo
Peruskarttakehti	3723 12		3723 12
X-koordinaatti	7 546 469		7 546 127
Y-koordinaatti	3 499 945		3 499 931
Löytövuosi	2003		2003
Koko (µm) pituus/leveys	390/180		240/65
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	91,5/100	99,35	98,6/90,2
Ag	7,4/0	0,25	0,2/9,3
Cu	0	0	0,1/0,5
Hg	0,1/0	0,08	0,1/0
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	12	397	493
<i>Pinta</i>			10
Hienousluku	925	997	998
<i>keskus</i>			
Bi	0,05	0	0
Fe	0	0,01	0
Pb	0,01	0	0,06
S	0,02	0,06	0,03
Sb	0	0	0,03
Se	0,01	0	0
Te	0	0	0
<i>pinta</i>			
Mg	1,2		
Al	16,1		
Si	20,5		
K	0,6		
Ti	3,5		
Fe	13,4		

<u>Kultahippu</u>	<u>M0027</u>	<u>M0036</u>	<u>Au1</u>
Paikka	Lohipalo	Lohipalo	Urakkaselänpalo
Peruskarttakehti	3723 12	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 546 001	7 546 467	7 542 600
Y-koordinaatti	3 499 851	3 501 362	3 502 200
Löytövuosi	2003	2003	2000
Koko (µm) pituus/leveys	120/80	260/90	485/110
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	98,9/86,3	89,4/91,3	97,3/98,9
Ag	0,2/11,3	9,4/7,4	2,8/0
Cu	0/1	0/1,4	0,1/1,1
Hg	0,1/1,4	0,3/0	0
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	494	10	35
<i>Pinta</i>	8	12	
Hienousluku	998	905	972
<i>keskus</i>			
Bi	0,08	0,03	0,10
Fe	0	0,01	0,01
Pb	0,16	0,05	0
S	0,05	0,04	0,03
Sb	0	0,02	0,02
Se	0	0,01	0,01
Te	0	0	0
<i>pinta</i>			
Mg	2,1		0,5
Al	14,3		14,4
Si	23,9		16,1
P	0,4		0
K	0,8		0,4
Ca	0,4		0
Ti	0,9		3,1
Fe	10,7		25,1

<u>Kultahippu</u>	<u>Au2a</u>	<u>Au2b</u>	<u>Au3a</u>
Paikka	Urakkaselänpalo	Urakkaselänpalo	Urakkaselkä
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 542 750	7 542 750	7 544 165
Y-koordinaatti	3 502 500	3 502 500	3 503 530
Löytövuosi	2000	2000	2000
Koko (µm) pituus/leveys	240/195	230/160	775/200
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	98/100	94/100	86,8/100
Ag	0,8/0	5,1/0	12,8/0
Cu	0,1/0	0,1/0	
Hg	0,1/0		0,2/0
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	123	18	7
<i>Pinta</i>			
Hienousluku	992	949	871
<i>keskus</i>			
Bi	0,24	0,08	0
Fe	0	0	0,01
Pb	0,18	0	0
S	0,03	0,05	0,02
Sb	0	0	0
Se	0,02	0	0
Te	0,01	0	0
<i>pinta</i>			
Mg	3,0	2,2	0
Al	13,0	13,7	12,3
Si	21,9	19,7	21,1
K	1,0	0,7	4,2
Ca	0,4	0,6	0,6
Ti	1,0	1,1	2,5
Fe	15,6	19,3	16,9

<u>Kultahippu</u>	<u>Au3b</u>	<u>Au3c</u>	<u>Au3d</u>
Paikka	Urakkaselkä	Urakkaselkä	Urakkaselkä
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 544 165	7 544 165	7 544 165
Y-koordinaatti	3 503 530	3 503 530	3 503 530
Löytövuosi	2000	2000	2000
Koko (µm) pituus/leveys	255/195	1255/560	
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	99,3/94,8	0/96,5	94,72/0
Ag	0,9/4	0	4,27/0
Cu	0,1/1,2	0	0,01/0
Hg	0,04/0	0/3,5	0,02/0
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	110		20
<i>Pinta</i>	24		
Hienousluku	991		957
<i>keskus</i>			
Bi	0,05		0,04
Fe	0		0
Pb	0		0,07
S	0,03		0
Sb	0		0,01
Se	0		0
Te	0		0
<i>pinta</i>			
Na	0,6		
Mg	2,8		
Al	14,5		
Si	23,0		
K	0,8		
Ca	0,5		
Ti	0,7		
Fe	11,6		

<u>Kultahippu</u>	<u>Au5</u>	<u>Au6a</u>	<u>Au6b</u>
Paikka	Pirralikanselkä	Pirralikanselkä	Pirralikanselkä
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 542 867	7 541 940	7 541 940
Y-koordinaatti	3 507 163	3 507 330	3 507 330
Löytövuosi	2000	2000	2000
Koko (µm) pituus/leveys	690/325	530/245	370/185
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	0/90,6	0/100	0/95,1
Ag			
Cu	0/2,7		0/1,5
Hg	0/6,7		0/3,5
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>			
<i>Pinta</i>			
Hienousluku			
<i>pinta</i>			
Na	0,3	0	0
Mg	4,3	6,2	1,1
Al	8,0	9,5	8,1
Si	23,9	16,0	13,6
P	0	0,2	0
K	0,3	0,3	0,9
Ca	1,8	3,0	0,5
Ti	0,5	0,2	1,0
Cr	0	10,4	0
Fe	16,1	13,4	39,3
Mn	1,4	0	0
		Kromiittisulkeuma	

<u>Kultahippu</u>	<u>Au9a</u>	<u>Au9b</u>	<u>Au9c</u>
Paikka	Sakiatieva	Sakiatieva	Sakiatieva
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 540 980	7 540 980	7 540 980
Y-koordinaatti	3 507 115	3 507 115	3 507 115
Löytövuosi	2000	2000	2000
Koko (µm) pituus/leveys	300/230	220/160	285/100
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	97,9/100	0/99,3	0/99
Ag	1,7/0	0	0
Cu	0,1/0	0/0,7	0/1,1
Hg	0,1/0	0	0
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	58		
<i>Pinta</i>			
Hienousluku	983		
<i>keskus</i>			
Bi	0,11		
Fe	0		
Pb	0,05		
S	0,03		
Sb	0		
Se	0		
Te	0		
<i>pinta</i>			
Na	0,6	0,6	
Mg	4,3	0,2	
Al	6,7	10,3	
Si	30,6	24,2	
K	3,5	0,2	
Ca	1,8	0,2	
Ti	0,2	7,9	
Fe	5,5	6,5	
Zn	0	0,4	

LIITE 7K

<u>Kultahippu</u>	<u>Au14a</u>	<u>Au14b</u>	<u>Au15a</u>
Paikka	Urakkaselkä	Urakkaselkä	Urakkaselkä
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 544 500	7 544 500	7 544 500
Y-koordinaatti	3 503 500	3 503 500	3 503 800
Löytövuosi	2000	2000	2000
Koko (µm) pituus/leveys	890/360	430/235	560/200
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	95,3/100	88,1/100	92,4/97,8
Ag	4,2/0	12,4/0	6,7/0
Cu	0,1/0	0	0,1/0
Hg	0,2/0	0,1/0	0,2/2,3
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	24	7	14
<i>Pinta</i>			
Hienousluku	958	877	932
<i>keskus</i>			
Bi	0,08	0	0,18
Fe	0	0	0,01
Pb	0,10	0	0,04
S	0,05	0,03	0,03
Sb	0	0,06	0
Se	0,01	0	0
Te	0	0	0
<i>pinta</i>			
Na	1,1	2,6	0
Mg	0,9	1,7	3,1
Al	16,3	13,8	14,6
Si	23,9	26,0	22,7
K	0,6	4,0	0,5
Ca	0,1	1,5	0,5
Ti	1,0	0,2	1,3
Fe	9,8	3,7	12,0

<u>Kultahippu</u>	<u>Au15b</u>	<u>Au18a</u>	<u>Au18b</u>
Paikka	Urakkaselkä	Urakkaseljänrämeeet	Urakkaseljänrämeeet
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 544 500	7 544 700	7 544 700
Y-koordinaatti	3 503 800	3 505 800	3 505 800
Löytövuosi	2000	2000	2000
Koko (µm) pituus/leveys	290/125	215/195	330/160
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	92,4/100	92,9/100	98,1/96,1
Ag	6,6/0	6,5/0	1,5/3,9
Cu	0,1/0	0,03/0	0,1/0
Hg	0,1/0	0,04/0	0,1/0
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	14	14	65
<i>Pinta</i>			25
Hienousluku	933	935	985
<i>keskus</i>			
Bi	0,11	0,10	0,01
Fe	0,01	0	0
Pb	0,05	0	0,05
S	0,05	0,02	0,02
Sb	0,03	0,01	0
Se	0,01	0,01	0
Te	0	0	0
<i>pinta</i>			
Na	0	0,7	
Mg	1,1	1,0	
Al	16,7	15,9	
Si	21,9	20,4	
K	0,5	1,0	
Ca	0	0,3	
Ti	1,1	0,8	
Fe	13,6	16,2	

LIITE 7M

<u>Kultahippu</u>	<u>Au19</u>	<u>Au20a</u>	<u>Au20b</u>
Paikka	Sakiamaa	Sakiatieva	Sakiatieva
Peruskarttakehti	3741 03	3741 03	3741 03
X-koordinaatti	7 545 543	7 540 026	7 540 026
Y-koordinaatti	3 504 673	3 507 886	3 507 886
Löytövuosi	2000	2000	2000
Koko (µm) pituus/leveys	520/260	800/240	330/90
Kemiallinen koostumus (wt%)			
<i>keskus / pinta</i>			
Au	71,1/98,5	90,3/95,2	0/95,5
Ag	27,2/0	8,8/0	0
Cu	0/1,52	0/4,8	0
Hg	0,7/0	0,00	0/4,5
Au/Ag suhde			
<i>Keskus</i>	3	10	
<i>Pinta</i>			
Hienousluku	723	911	
<i>keskus</i>			
Bi	0	0	
Fe	0	0	
Pb	0,01	0,02	
S	0,03	0,04	
Sb	0	0,01	
Se	0	0	
Te	0,03	0,03	
<i>pinta</i>			
Na	2,7	0	0
Mg	1,7	0	2,5
Al	14,5	7,3	15,5
Si	25,2	8,7	19,7
K	0,1	0,3	0,5
Ca	0,5	6,8	0,5
Ti	0,2	16,0	5,7
Fe	8,7	24,3	10,7
		Ilmeniittirae	Kuva rutiilirakeen kohdalta Almandiini ja muita sulkeumia

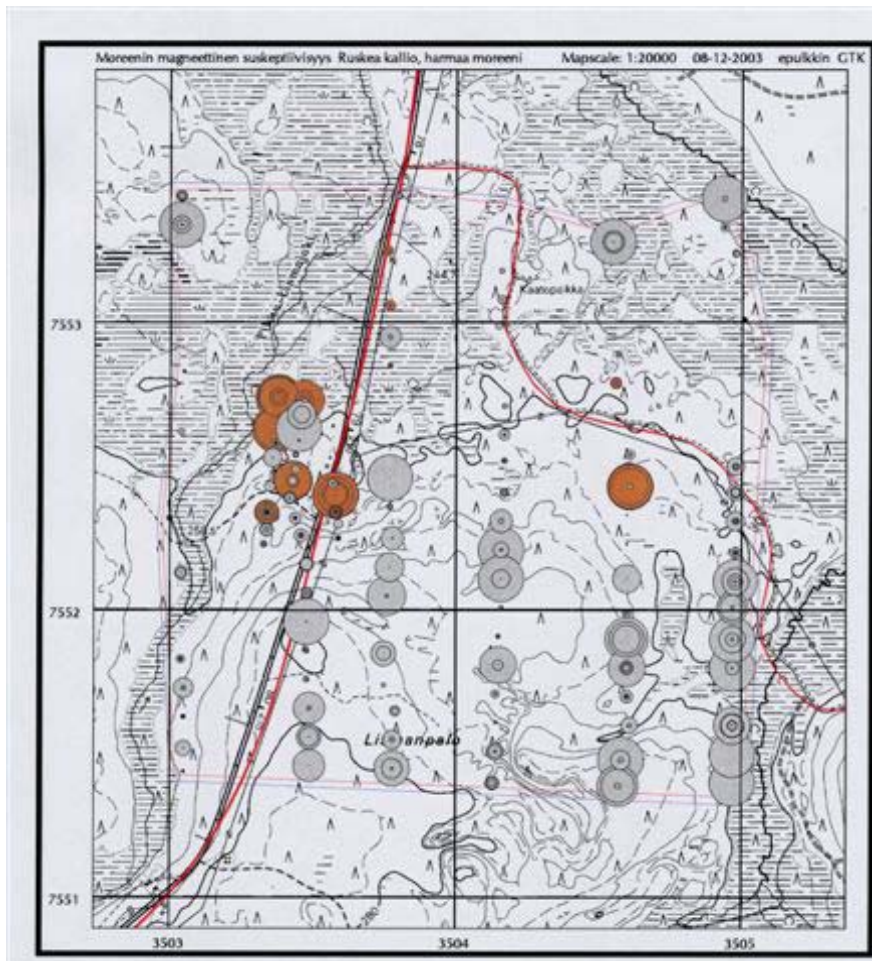
LIITE 7N

<u>Kultahippu</u>	<u>Au22a</u>	<u>Au22b</u>	<u>Au23</u>	<u>Au25</u>
Paikka	Sakiatieva	Sakiatieva	Ruosseljänaapa	Ruosselkä
Peruskarttakehti	3741 02	3741 02	3741 02	3741 02
X-koordinaatti	7 539 724	7 539 724	7 539 500	7 539 285
Y-koordinaatti	3 506 684	3 506 684	3 506 000	3 502 266
Löytövuosi	2000	2000	2000	2000
Koko (µm) pituus/leveys	1140/560	555/270	370/225	325/160
Kemiallinen koostumus (wt%)				
<i>keskus / pinta</i>				
Au	98,7/100	0/98,8	98,9/100	97,6/95,1
Ag	0,3/0	0	0,4/0	2,1/4,5
Cu	0,2/0	0/1,2	0,2/0	0,1/0,5
Hg	0,1/0	0	0,1/0	0,1/0
Au/Ag suhde				
<i>Keskus</i>	329		247	46
<i>Pinta</i>				21
Hienousluku	997		996	979
<i>keskus</i>				
Bi	0,11		0,10	0
Fe	0,01		0	0
Pb	0,03		0	0
S	0,04		0,07	0,05
Sb	0,01		0	0
Se	0,01		0,01	0
Te	0			
<i>pinta</i>				
Na	1,0	0	0	
Mg	4,5	2,6	0	
Al	10,6	9,2	19,7	
Si	22,7	19,9	25,4	
K	1,0	0	0	
Ca	3,6	2,0	0	
Ti	0,7	13,4	1,1	
V	0	0,2	0	
Fe	12,0	7,3	5,0	

t

Kvartsi-kiteitä saostuman alla

ROIVAISEN SUSKEPTIBILITEETTIMITTAUS



Kuvassa kallioperä (magnetiittipitoinen metaperidotiitti) on ruskein symbolein ja moreenissa heijastuva anomalia harmaan. Kuva Pulkinen 2004.