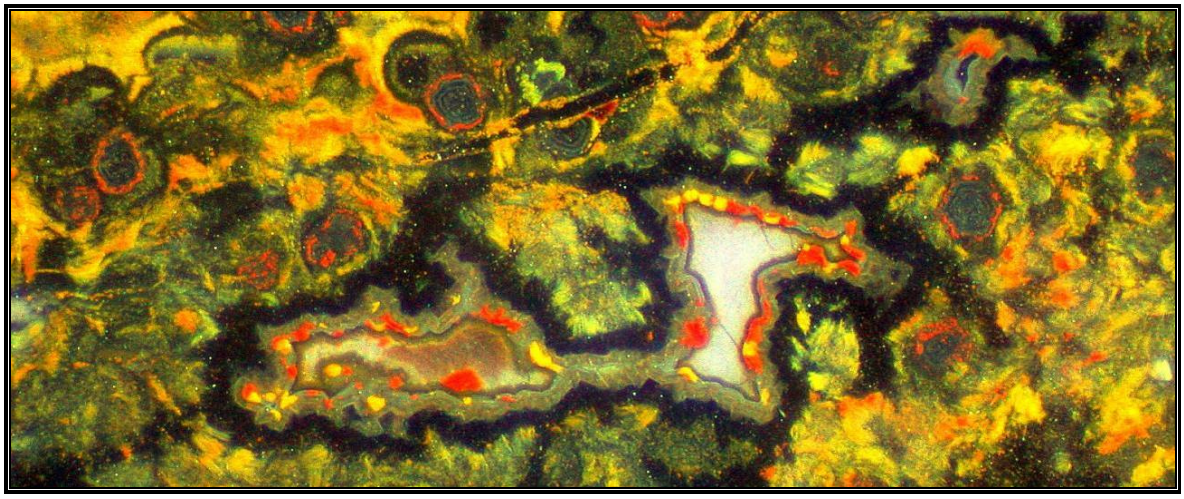
Tutkimuslaboratorio ja PSY
M19/3742/2008/35 08.08.2008
Espoo ja Rovaniemi

Sodankylän Vuotson kalsedonilohkareista ja sferuliittisista felsiittijuonista korukivien raaka-aineena

Kari A. Kinnunen ja Jorma O. Valkama



GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS • GEOLOGISKA FORSKNINGSCENTRALEN • GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

PL / PB / P.O. Box 96
FI-02151 Espoo, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 12

PL / PB / P.O. Box 1237
FI-70211 Kuopio, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 13

PL / PB / P.O. Box 97
FI-67101 Kokkola, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 5209

PL / PB / P.O. Box 77
FI-96101 Rovaniemi, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 14

Y-tunnus / FO-nummer / Business ID: 0244680-7 • www.gtk.fi

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS **KUVAILULEHTI**

Päivämäärä / Dnro
08.08.2008

Tekijät Kari A. Kinnunen Jorma O. Valkama	Raportin laji Arkistoraportti Toimeksiantaja Geologian tutkimuskeskus
Raportin nimi Sodankylän Vuotson kalsedonilohkareista ja sferuliittisista felsiittijuonista korukivien raaka-aineena	

Tiivistelmä

Lapin kultahippukorujen tekijät hyödyntävät nykyään enenevässä määrin myös paikallisia kivimateriaaleja. Tankavaaran Kultamuseon ja turistihuuhtomon eteläpuolisen Vuotson alueen paikallisten korukivityyppien inventoinnin tarkoituksena on osoittaa lappilaisen korualan käyttöön soveltuvia korumateriaaleja. Raporttiin on koottu tutkimusaineistoa Vuotson alueella esiintyvistä kalsedonilohkareista ja sferuliittisista felsiittijuonista. Näitä kivilajeja on hyödynnetty jonkin verran korukivikäytössä 1950-luvulta lähtien. Vuosien varrella kertynyttä aineistoa ei kuitenkaan ole aikaisemmin koottu yhteen. Tiedot kallioesiintymistä puuttuvat yhä lähes kokonaan. Tästä syystä raportissa rajataan geologisin perustein alueita ja kallioperän rakenteita, joihin näiden kivilajien emäkallioiden etsintä olisi mielekästä keskittää. Vuotson kalsedoni- ja sferulikivet ovat laadultaan vaihtelevia mutta parhaimmat kappaleet vastaavat hyvin ulkomaisia kaupallisia materiaaleja. Toisaalta kansainvälisessä kivikaupassa nämä korumateriaalit ovat yleisiä, helposti saatavia ja edullisia. Tästä syystä Vuotson korukivityyppien markkinoinnissa olisi painotettava paikallisuutta. Jalometallikoru, johon on istutettu Vuotson korukivi, on samalla aito ja paikallinen matkamuisto.

Asiasanat (kohde, menetelmät jne.)
Kalsedoni, akaatti, jaspis, korukivet, kvartsi, mineraalit, sferuliittinen rakenne, felsiitti, granitoidit, ruhjevyöhykkeet

Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä)
Suomi, Lappi, Sodankylä, Vuotso, Vuotson kanava, Palokiimaselkä, Roivainen

Karttalehdet
3742

Muut tiedot

Arkistosarjan nimi M arkistoraporttien sarja		Arkistotunnus M19/3742/2008/35	
Kokonaissivumäärä 20	Kieli Suomi	Hinta	Julkisuus Julkinen
Yksikkö ja vastuualue ESY 216 ja PSY 502		Hanketunnus 7802001 ja 2801029	
Allekirjoitus/nimen selvennys Kari Kinnunen		Allekirjoitus/nimen selvennys Jorma Valkama	

Sisällysluettelo

1 JOHDANTO 1

2 KALSEDONIKIVET 2

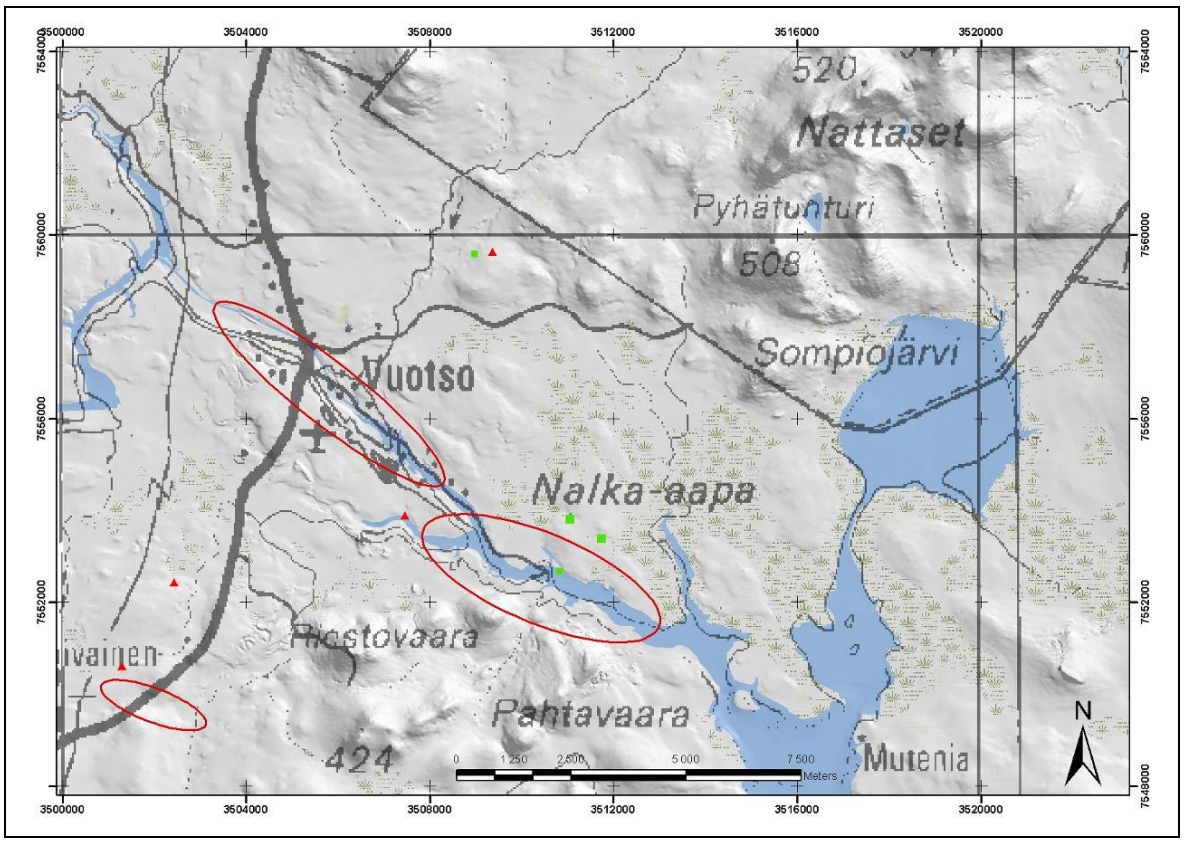
3 SFERULIITTISET FELSIITTIJUONET 10

4 MERKITYS 15

5 KIRJALLISUUSLUETTELO 19

1 JOHDANTO

Tässä raportissa kuvaamme korukivikäyttöön soveltuvia Vuotson alueelta löytyviä kalsedonipitoisia irtokiviä ja lähinnä paikallisina lohkareikkoina tavattavaa sferuliittista felsiittikiveä. Vuotson kalsedonikivet on tunnettu korukiviharrastajain piirissä pitkään. Felsiittikivi on rakennuskivikäyttöön liian tiheään rakoillutta, mutta pienimuotoiseen koriste-esinevalmistukseen se soveltuu mainiosti. Sferuliittisia felsiittikiviä on tutkittu tarkkaan malmitutkimusten yhteydessä, mutta soveltuvuus korukivikäyttöön on ollut lähes selvittämättä. Raporttimme tarkoituksena on ollut tutkimuksen lisäksi koota näistä kivistä jo julkaistua ja julkaisematonta aineistoa korukivien hyödyntämisen tarpeisiin.



Kuva 1. Kalsedoneja löytyy punaisilta ellipsin muotoisilta alueilta parhaiten. Yksittäiset, mutta laadukkaat kalsedonikivien havainnot on merkitty punaisella kolmiolla. Sferuliittisten felsiittikivien löytöpaikat on merkitty vihreillä neliöillä, kaksi isommalla symbolilla merkittyä kohdetta voisi olla aivan paikallista tavaraa. Pohjakartta © Maanmittauslaitos, lupa nro 13/MML/08.

Tutkimusalue sijaitsee Pohjois-Suomessa granuliittikaaren eteläreunan läheisyydessä. Kalsedoneja ja sferuliittisia felsiittikiviä esiintyy Vuotson ympäristössä melko laajalla alueella (kuva 1). Sferuliittisia felsiittejä on löytynyt Lokan tekojärven rannoilta jonkin verran yksittäisinä kappaleina. Yhdestä paikasta sitä on löytynyt enemmänkin. Se voi olla paikallista kiviainesta alla

olevasta kalliosta tai sitten jostain syystä juuri tähän paikkaan on syntynyt näiden kivilajien kasauma. Asia täytyisi selvittää kaivinkoneen avulla.

Ensimmäiset kalsedonilohkarelöydöt tehtiin jo 1950-luvulla kun Vuotsoon rakennettiin kultatutkimuksiin perustettua GTK:n maastotutkimusasemaa. Tuolloin kerättyjä kalsedonikiviä on säilynyt kokoelmissa ja tarkastelemme eräitä niistä tässä raportissa. Kalsedoneja alkoi löytyä runsaammin Vuotson kanavan kaivamisen yhteydessä vuonna 1980. Kanava kaivettiin imuruoppaus menetelmää käyttäen. Kanava sijaitsee Sodankylän kunnan pohjoisosassa, jossa se yhdistää Lokan ja Porttipahdan tekojärvet toisiinsa. Vuotson kylän kautta kaivettu, noin kymmenen kilometriä pitkä suluton kanava valmistui vuonna 1981. Kalsedonikiviä on sittemmin löytynyt laajalta alueelta, kuten Roivaisen läheltä ja Vuotson kanavan lähes läntisimmästä osasta kohti kaakkoa aina Nalijoen suulle saakka (Kuva 1). Matti Långin kokoelmissa on kalsedoneja Vuotson (Lång 1997) lisäksi myös Sevettijärven ja Kutturan alueelta.

2 KALSEDONIKIVET

Kalsedoni on kvartsin piilokiteinen (kryptokiteinen) tai mikrokiteinen muunnos. Prekambrisilla kilpialueilla kvartsin mikrokiteiset ja amorfiset muunnokset ovat harvinaisia tai puuttuvat kokonaan. Viime vuosikymmeninä yleistynyt korukiviharrastus on kuitenkin tuonut tällaisiakin löytöjä esiin maastamme. Useimmiten löydöt ovat liittyneet ruhjevyöhykkeiden myöhempiin rakotäyttymiin mutta myös eräisiin meteoriittikraattereihin kuten Lappajärveen (Hietakankaan sorakuopat) ja Sääksjärveen (Karhiniemen sorakuopat). Tavallisesti kalsedonikiveä on ensin löydetty irtokivinä, usein harjuaineksesta. Vasta vuosien jäljityksen perusteella eräiden emäkallio on saatu paikallistettua. Ulkomaiset kalsedonit sisältävät kvartsin ohella usein myös silikan harvinaista muunnosta moganiittia, mutta sitä ei ole pystytty vielä kotimaisista kalsedoninäytteistä tunnistamaan lukuisista röntgenajoista huolimatta. Mahdollisesti syynä on kalsedoniemme geologisesti korkea ikä, sillä moganiitti muuttuu tavalliseksi kvartsiksi muutamassa sadassa miljoonassa vuodessa (Moxon 2002).

Jasperoidi termiä on yleensä käytetty malmigeologiassa kuvaamaan jaspismaisia, yleensä punertavia silisifoituneita kivilajeja. Tavallisesti jasperoidissa on yhä havaittavissa haamumaisia jäänteitä piilokiteisen kvartsin syrjäyttämästä kivilajista. Termiä on ensin käytetty Pohjois-Amerikan Carlin-tyypin kultamalmeihin liittyvistä kivilajeista. Lapissa jasperoideiksi tulkittavat kalsedoniset silikakivet ovat yleisiä irtokivinä mm. Tankavaaran alueella ja Muoniossa. Tästä tyypistä on käytetty myös nimitystä Lapin ruskea jaspis. Tällaista materiaalia on käytetty Pohjois-Suomessa jo kivikaudella tuontipiikiven korvikkeena (Kinnunen ja muut 1985), mikä ilmentää osaltaan materiaalin yleisyyttä paikallisissa sedimenteissä. Kalsedonikivet puolestaan ovat yleensä suoraan saostumalla syntyneitä (Kinnunen 2003). Kalsedonin raekoko on pienempi kuin jaspiksen, ja jaspiksessa on yleensä kvartsin lisäksi muitakin mineraaleja kuten hematiittia.

Vuotson ja Tankavaaran alueelta tunnetaan jo GTK:n silloisen maaperäosaston johtajan Esa Hyypän kultatutkimuksista 1950-luvulta lohkareita ja irtokiviä, jotka koostuvat kalsedonista ja mikrokvartsista (Kuva 2). Samankaltaista ainesta on löydetty myöhemmin samalta alueelta run-

saasti (Kuva 1), sillä niitä on hyödynnetty paikallisena korumateriaalina. Alueelta on tavattu monen värisiä kalsedonilohkareita (Kuva 2), tyypillisin lienee sinapinkeltainen variaatio. Yleensä irtokivet ovat kooltaan tulitikkuaskin kokoluokkaa, mutta isompiakin on löytynyt, mikä ilmentää kalliolähteiden korukivipotentiaalia.

Kuva 2. Esa Hyypän johtamissa kultatutkimuksissa 1950-luvulla löytyneitä Vuotson alueen kalsedonilohkareiden päätyyppejä (läpimitat 6 – 10 cm). Ylärivissä vasemmalla mikropalloinen, kellertävä kalsedonikivi ja oikealla sinapinkeltaisen kalsedonin ja vaalean juonikvartsin yhdistelmä. Alarivissä vasemmalla sinapinkeltainen tumma syrjäytymätyypin kalsedoni ja oikealla jaspistyypin punainen kalsedoni, jossa mikroskooppisia akaattionteloita (Kansikuva ja Kuva 7). Kuva: Kari A. Kinnunen.

Alueelta on myös tavattu huomattavan kookkaita kalsedonilohkareita. Jorma Valkama on löytänyt 1980-luvun puolivälissä Sodankylän ja Inarin kuntien raja-aidalta korkealaatuisen lohkareen, jonka koko on noin 30 x 30 x 20 mm. Vuonna 2008 tehdyissä jatkotutkimuksissa Jorma Valkama on tavannut Roivaisen alueelta lisää kookkaita kalsedonilohkareita, joista suurimmat painavat 5 ja 6 kg. Aiemmin hän jo oli löytänyt tältä seudulta 5 kg painavan kalsedonilohkareen ja lisäksi lähiseudulta oli löytynyt noin seitsemän kilon kalsedonilohkare (Kuva 3).

Syystalvella 1995 (tarkemmin 11.10.1995) Jorma Valkama löysi suuren, noin 5 kg kalsedonilohkareen Vuotsosta etelään päin noin 8 km Roivaisen lounaispuolelta. Kivilöydös oli sen verran hyvä ja mielenkiintoinen, että silloinen malmipuolen vetäjä Erkki Vanhanen antoi asiasta kuultuaan valtuudet Risto Vartiaiselle ja Jorma Valkamalle tutkia aluetta kaivinkonemontutuksen avulla. Sitä ennen Jorma Valkama porasi ennen koneen paikalle tuontia tunnustelureiän Cobra-iskuporakoneella tutkimuskohteeseen saadakseen selville alueen irtomaiden paksuuden. Kanget pysähtyivät noin seitsemään metriin, mutta silloin kanget olivat painuneet jo melko syvälle rapakallioon.

Kuva 3. Noin 7 kg painava kalsedonilohkare Vuotson Roivaisen Oulan Pöllimaan pohjoispuolelta. Kalsedonille tyypillisiä munuaismaisten pintojen peittämiä onkaloita tapaa monista lohkareista. Löytäjä: Joni Valkama. Kuva: Jorma Valkama.

Tämän jälkeen 31.10-1.11.1995 alueelle kaivatettiin pitkiä tutkimusojia. Kaivausta tehtiin kahtena päivänä. Pysyvä lumi oli satanut maahan 20. lokakuuta. Kaivauksissa ei tavattu merkkejä kalsedonista. Kaivuupaikka sijaitsee n. 200 metrin päässä Riestovaaran graniitin kontaktin pohjoispuolella. Tämän Roivaisen tutkimusalueen koordinaatit ovat: n. X= 7550135 n. Y= 3500800. Montut sijaitsivat kivilajiltaan tumman, osaksi rapautuneen amfibolipitoisen karsikiven päällä.

Laadullisesti parhaita ovat kuitenkin olleet pienimmät kalsedonikappaleet. Niiden väri vaihtelee vaalean keltaisesta mustaan. Aines on varsin tiivistä ja siten korukäyttöön soveltuvaa. Osassa löydöksistä kalsedonin pintaosa (alun perin onkalot) on munuaismaisen kuvioinnin peittämää (kuva 4). Myös akaattimaisia kehä- ja ontelorakenteita on löydetty mutta harvoin ja silloinkin lähes mikroskooppisina piirteinä. Palokiimaselän alueelta on löytynyt vaaleaa kalsedonia myös valkoisten kvartsikivien osueina (kuva 5).

Kuva 4. Vuotson kanavalta löydetyn kalsedonikiven pinnalla erottuvia munuaismaisia kasvurakenteita. Munuaismainen rakenne on esiintynyt kiven ontelossa, jota myöten kappale on lohjennut. Eroosio on ollut verrattain vähäistä ja tällaiset rakennepiirteet ovat säilyneet. Näytteen läpimitta noin 5 cm. Valokuva: Matti Lång.

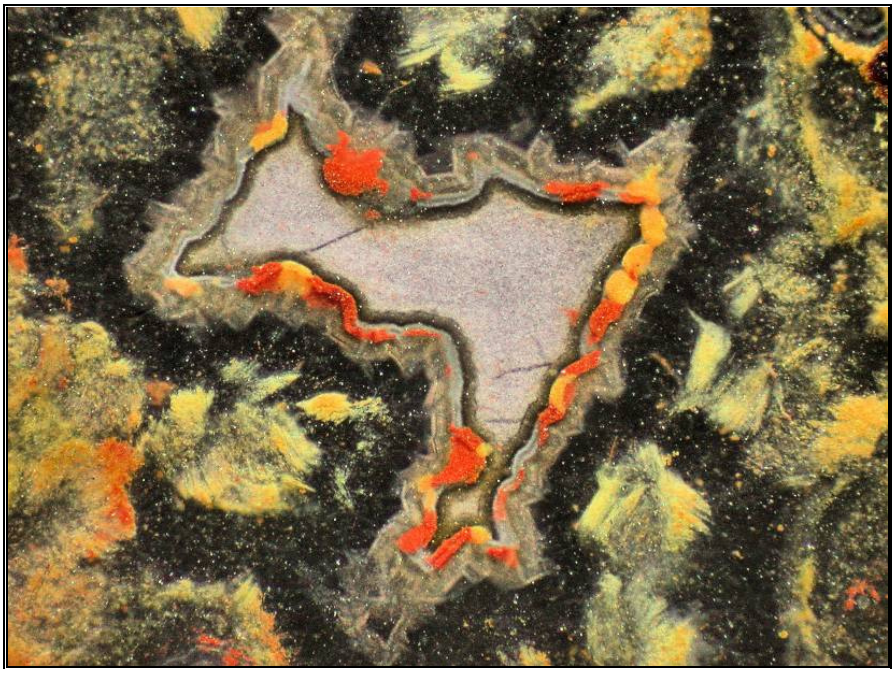
Kuva 5. Vuotson Palokiimaselän kultaesiintymän vaaleaa ja violetin sävyistä kalsedonia. Näytteen läpimitta noin 15 cm. Nattas-projektin tutkijat ovat löytäneet Palokiimaselästä myös noin 25 cm kalsedonikappaleen, jossa on keltaista ja punaista kalsedonia. Kuva: Jorma Valkama

Kalsedonin erilaisille väri- ja tekstuurimuunnoksille on käytössä monia nimityksiä. Vuotson kalsedonikivissäkin esiintyy eräitä näistä. Joissakin kalsedoneissa erottaa stereomikroskoopilla harvinaisuutena akaattitäytteisiä onteloita ja rakotäyttymiä. Värimuunnokset ovat yleisempiä kuten lähes musta (onyks), läpinäkymätön punainen (jaspis) ja läpikuultavan oranssinpunainen (karneoli). Värimuunnokset osoittavat kalsedonikiven epäpuhtauksina esiintyvien rautaoksidien mineralogista koostumusta. Yleistäen voi sanoa, että kalsedonikivi on sitä punaisempi mitä enemmän se sisältää hematiittia. Samaten kalsedonikivi on sitä vaaleampi mitä vähemmän siinä on muita mineraaleja kuin kvartsia.

Kuva 6. Kalsedonilohkareita löytyy jatkuvasti ns. Vuotson "kanjoneista". Sinapinkeltaisina kappaleina (kuvan keskellä) ne erottuvat huonosti tavallisista kivilajeista, jotka ovat silautuneet samanvärisellä limoniittisella kalvolla. Sadesää tai kastelupullon käyttö auttaa kalsedonien etsinnässä. Kuva: Jorma Valkama 21.6.2008.

Kalsedonikivistä ei siis ole vielä varmoja kalliohavaintoja. Alueellisesti löydöt keskittyvät paljolti samoille seuduille kuin sferuliittiset felsiittihavainnot. Erona on niiden esiintyminen varsinkin Vuotson läpi kulkevan NWW-EES -suuntaisen ruhjevyöhykkeen päällisessä maa-aineksessa (Kuva 6). Todennäköisimmin kalsedonikivien kalliolähteetkin ovat samassa ruhjevyöhykkeessä, mutta tästä ei ole suoria todisteita.

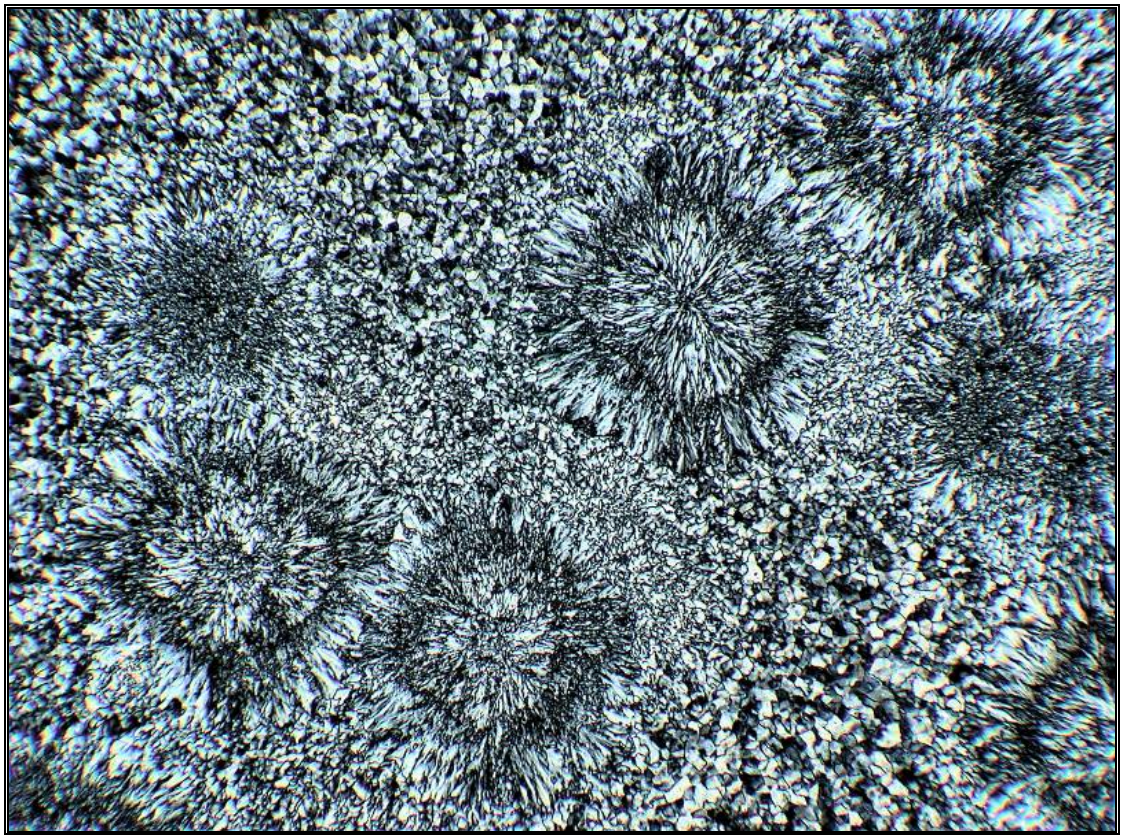
Polarisaatiomikroskoopilla Vuotson kalsedoneja voi luokitella tekstuuriensa perusteella kahteen päätyyppiin: *primaareihin* ja *sekundaareihin*. Useimmissa, varsinkin kookkaimmissa lohkareissa, on havaittavissa kumpaakin tyyppiä.



Kuva 7. Punaisen jaspismaisen kalsedonikiven (ks. Kuva 2 ja Kansikuva) rakennetta kuvattuna pimeäkenttävalossa polarisaatiomikroskoopilla ohuthieestä. Kiven onteloissa on mikroskooppisia akaattionteloita. Onteloiden reunoilla on säteettäisrakenteista kalsedonia mikrokerroksina (harmaa) ja paikoin rautaoksideja (punainen ja kellertävä). Ontelon keskus tasalaatuista kalsedonia, jossa muutamia kutistumishalkeamia ilmeisesti osoittamassa aineksen opaalialkuperää. Ruskeat lyhteet ovat kalsedonikiven perusmassan rautamineraalien kiteytymisrakenteita tai jäännösrakenteita silisifoitumalla syrjäytyneestä kivilajista. Kuva-alan leveys vastaa 0,7 mm. Kuva: Kari A. Kinnunen.

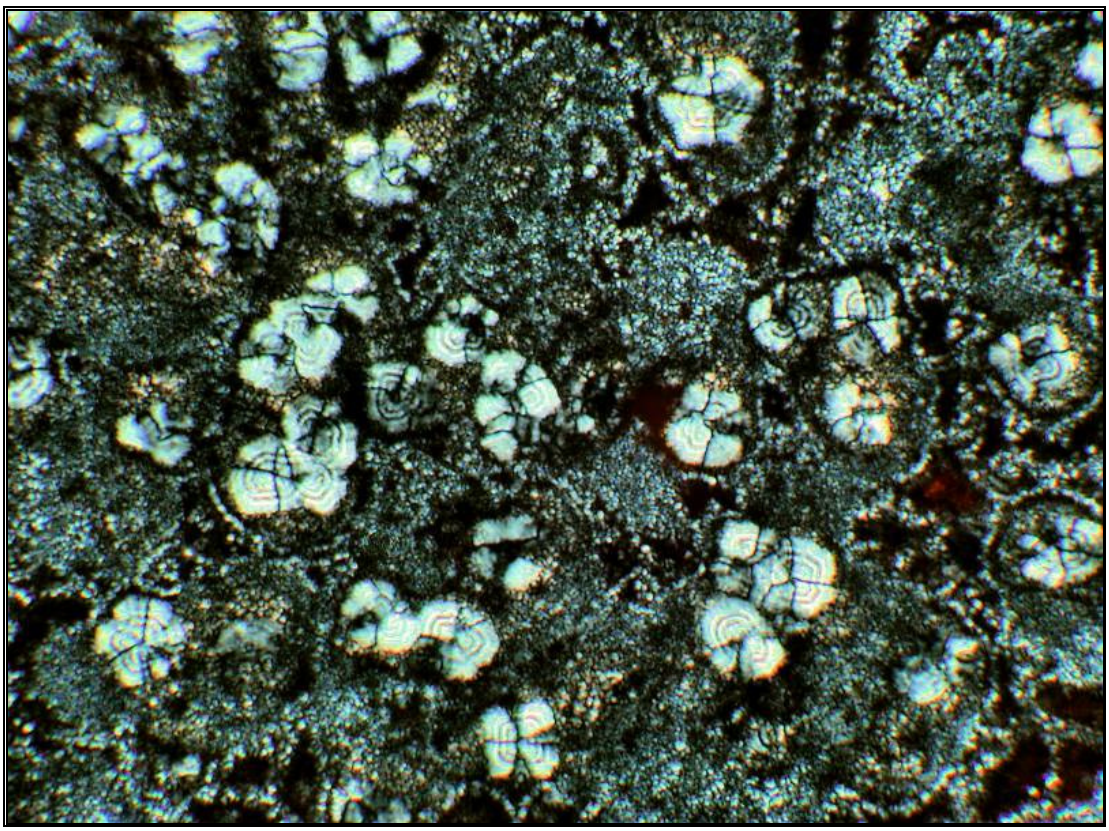
1. ***Primaarikalsedonit*** ovat avoimen (vesitäytteisen) tilan saostumia, ja niissä on paikoin mikroskooppisia akaattionteloita (Kuva 7) ja munuaismaisen kalsedonin silaamia pintoja (Kuva 4). Näihin lukeutuvat useimmat jaspismaisen punaiset kalsedonit kuten myös harvinaisemmat kellertävät, mikropallorakenteiset kalsedonikivet. Primaarikalsedoni osoittaa emäkiven varsin pinnallista syntyä, sillä syvemmällä kallioperässä silika on kiteytynyt makrokiteisenä kvartsina. Primaarikalsedoni on korukäyttöön parasta materiaalia.

2. ***Sekundaarikalsedonit*** ovat sivukiven silisifikaatiossa syrjäytymällä muodostunutta ainesta. Malmigeologiassa tämä kivilaji tunnetaan yleisesti nimellä jasperoidi. Vuotson lohkareissa tummanruskea sinappimainen sekundaarikalsedonin tyyppi on yleisin. Se koostuu kalsedonin ohella mosaiikkimaisesta mikrokvartsista. Ruskeassa silika-aineksessa on jäänteitä syrjäytyneestä mineraaliaineksesta, jotka erottuvat tummina rautamineraalirikkaina kuvioina. Usein ne ovat tulkittavissa karbonaattimineraalien lohkopintojen jäännösrakenteiksi. Varsinkin rautakarbonaattien syrjäytyessä voi muodostua tällaisia jäännösrakenteita. Tämän tyypin lisäksi Vuotson lohkareistossa on monen tyyppisiä kellertäviä, silisifoituneita liuskekiviä. Niissä on relikteinä kiillesuomuja ja monirakeisia kvartsialueita. Myös sekundaarikalsedoni soveltuu materiaalina korukäyttöön: eräät ruskeat, dendriittimäisiä rautaoksidikasvustoja sisältävät kalsedonikivet muistuttavat jopa etäisesti sammalakaattia.



Kuva 8. Sferulien kalsedonisäietyyppi (kellertävä, mikropalloinen kalsedoni kuvassa 2 ylärivissä vasemmalla). Perusmassa on mosaiikkimaista mikrokvartsia. Ohuthie ja lambda-vaihesiirtolevy. Kuvattu HDR (high dynamic range) yhdistelmäkuvana, jolla sekä tummien että vaaleiden alueiden rakenteet kyetään esittämään samassa kuvassa. Kuvan leveys vastaa 4,5 mm. Kuva: Kari A. Kinnunen.

Kalsedonikivien silikan rakennetyypit ovat ohuthieissä huomattavan samankaltaisia, vaikka käsikappaleissa värisävy ja rakenteet muutoin vaihtelevat laajasti. Yleisimmät rakennetyypit ovat sferulit ja niiden välistä tilaa täyttävän perusmassan mosaiikkimainen mikrokvartsi. Kalsedonikivissä on sferuleja on kahta päätyyppiä: 1 *kalsedonisäie-tyyppi* (Kuva 8) ja 2 *sektoriaalinen mikrokvartsikidetyyppi* (Kuva 9). Ilmeisesti sferulityypit ilmentävät silikan saostumiseen vaikuttaneen mikroympäristön kemiallisia eroja, ehkä karbonaattimineraalien määrää, muuttuneessa alkuperäkivilajissa. Rakenteet ilmentävät siten silikan ylikyllästeisyyden astetta, joka on vaikuttanut silikan kiteytymiseen joko säikeinä tai moninkertaisesti kaksostuneina kiteinä. Kalsedonisferulit erottuvat lohkareiden rapautumispinnalla ryynimäisinä kohoumina ja kiven sahatulla pinnalla ne näkyvät vaaleina läiskinä.



Kuva 9. Sferulien sektroriaalinen kvartsikidetyyppi punaisessa kalsedonissa (näyte Kuvassa 2 alhaalla oikealla). Perusmassa on mosaiikkimaista mikrokvartsia ja siinä jäänteitä silisifoituneesta sivukivestä (mustat alueet). Kuvattu HDR yhdistelmäkuvana. Kuvan leveys vastaa 1,7 mm. Kuva: Kari A. Kinnunen.

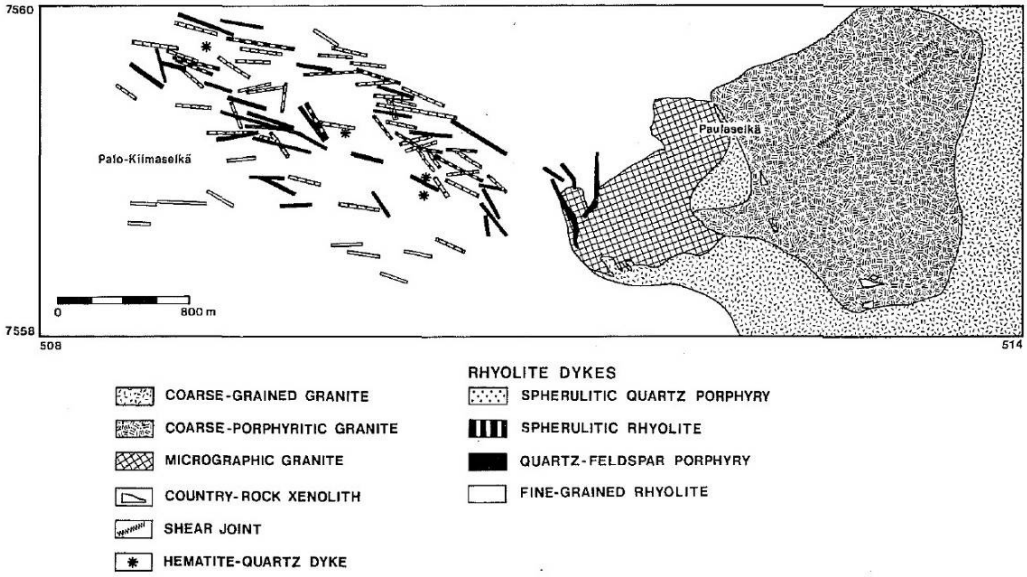
Kalsedonikivien iästä ei ole tietoa. Todennäköisimmin kalsedoni- ja mikrokvartsisaostumat liittyvät Vuotson alueella ruhjevyöhykkeisiin. Tähän viittaa suurimpien kalsedonilohkareiden koko ja muoto, sillä ne osoittavat silika-aineksen saostuneen melko leveisiin lähes avoimiin rakoihin. Ruhjevyöhykkeiden iästä ei ole tutkimuksia, mutta on oletettavaa että ne ovat olleet aktiivisia monessa vaiheessa metamorfoosin loppuvaiheen ja Nattas-graniittien paikoilleen asettumisen jälkeen. Joka tapauksessa primaarikalsedoni on saostunut kallioperän avoimiin (vesitäytteisiin) tiloihin, ja tämä puolestaan osoittaa tapahtuman ajallistuvan vaiheeseen, jossa kallioperän mekaaninen tila on jo ollut hauraan deformaation vaiheessa. Samaan viittaa kalsedonin vaatima melko alhainen syntylämpötila (yleensä alle 200°C). Näin ollen kalsedonikivien maksimi-ikä ajoittuisi joitakin kymmeniä miljoonia vuosia nuoremmaksi kuin alueen nuorimpien graniitti-intruusioiden paikoilleen asettuminen (1,8 – 1,7 Ga). Nuorimmat iät voisivat liittyä Kaledonidien muodostumisen aikaisiin liikuntoihin, mutta näistä ei ole vielä käytettävissä tutkimusaineistoa. Kalsedonikappaleiden suuri koko ja hydroterminen mineraaliparageneesi yleensäkin osoittavat, että kysymyksessä ei voi olla supergeeninen silkreettityyppinen saostuma.

3 SFERULIITTISET FELSIITTIJUONET

Vuotson alueen sferuliittisia perusmassaltaan hienorakeisia happamia juonikiviä (Kuva 10) on tavattu Nattasen graniitin alueella ja sen länsipuolella lähinnä paikallisina lohkareikkoina (Kuva 11). Kemialliselta koostumukseltaan juonet ovat ryoliittisia julkaistujen kemiallisten analyysien mukaan (Luukkonen 1988, Front ym. 1989). Front ym. (1989) tulkitsevat nämä juonet vulkaanisten purkauskanavien lähes pinnallisiksi leikkauksiksi. Juonia on neljää tyyppiä ja sferuliittiset juonet ovat niistä harvinaisimpia. British Geological Surveyn (BGS) kivilajiluokituksen perusteella niistä voi käyttää termejä: felsiitti, ryoliittikivi tai alkalimaasälpäryoliitti. Osaa juonista voi myös kutsua mikrograniittijuoniksi. Tässä raportissa käytämme niistä melko yleistyyppistä termiä felsiittinen juoni, joka kattaa tässä yhteydessä tarkastelemamme kivilajityypit.

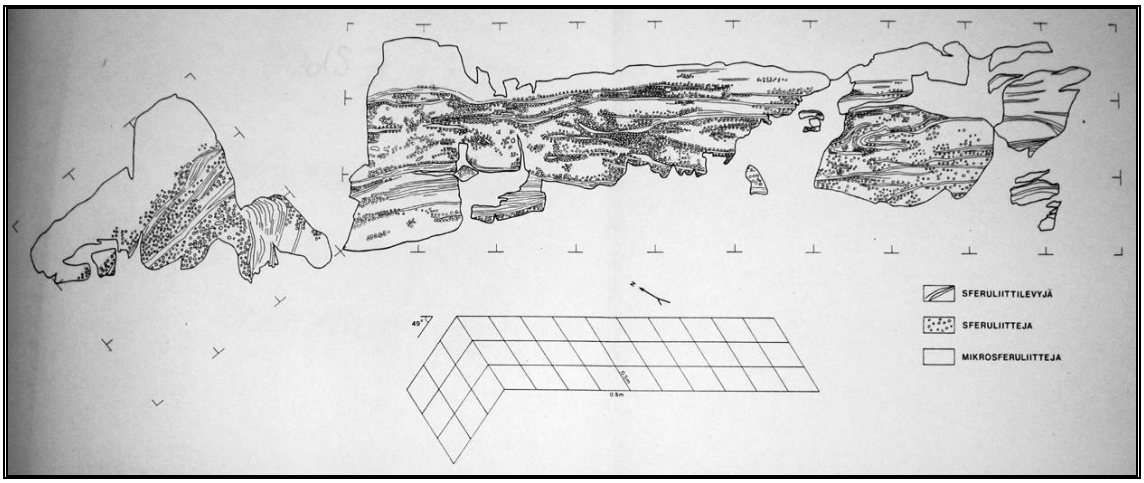
Vuotson ohella sferuliittirakenteista kiveä on tavattu hieman etelämpää Sodankylän Riestovaaran Ilveskurulta. Näitä kivilajeja on kuvattu Pasi Nissisen pro gradu-työssä (Nissinen 1988). Hänen tulkintansa mukaan säteettäisestä kvartsista ja mikrokliinista paikoin koostuvat sferuliittikivet ovat graniittien porfyyrisiä reunamuunnoksia ja siten autoliittisia sulkeumia. Nissisen mukaan ne ovat graniittimagman liikkeessä deformoituneet tai ne voivat olla puolittain jäähtyneeseen kiveen purkautuneita ja venyttyään katkeilleita juonia (henkilökohtainen tiedonanto, Pasi Nissinen 2008). Nissinen kuvaa myös Riestovaaran Ilveskurun mikrokvartsidioriittijuonista viuhkamaista kvartsin ja maasälvän kasvettumaa.

Kuva 10. Sferuliittinen felsiittikivi, Vuotso. Koko n. 30 x 25 x 10 cm. Kuva: Jorma Valkama.



Kuva 11. Vuotson alueen sferuliittisten felsiittijuonien (spherulitic rhyolite) esiintyminen ja liittyminen Nattas-graniittiin (kuvassa oikealla). Kuva: karttakuva 5.1 gradussa (Luukkonen 1988), kuva 6 julkaisussa (Front ym. 1989). Nattas-graniitin luoteispuolelta on tavattu sferuliittirakenteista rakkaa, jossa sferuleilla on vihreä keskus.

Kuva 12. Tiettävästi ainut auki kaivettu sferuliittisen felsiittijuonen puhkeama (x = 7559,68, y = 508,86). Kuvassa Nattas-projektin tutkijoita: Lassi Pakkanen, Markus Vaarma, Kai Front, Pasi Nissinen ja Ari Luukkonen. Kuvattu 1980-luvun puolivälissä. Kuva: Markus Vaarma (itselaukaisimella).



Kuva 13. Sferuliittisen felsiittikiven kuvassa 12 näkyvän paljastuman detaljikartta Ari Luukkosen gradutyöstä (Liite 1, Luukkonen 1988).

Sferuliittisista felsiittijuonista on erinomainen kuvaus Ari Luukkosen pro gradu-työssä (Luukkonen 1988). Hänellä on myös detaljikartoituksen havaintoja yhdestä 1985 auki kaivetusta felsiittijuonen puhkeamasta (Kuvat 12 ja 13). Hän käyttää siitä termiä sferuliittinen ryoliittijuoni (Luukkonen 1985, liite 1). Puhkeama on karttalehdellä 3742 01, ja koordinaatit ovat x = 7559,68, y = 508,86.

Sferulit koostuvat monikiteisistä maasälpäkasaumista. Luukkonen (1988) on määrittänyt sferulien maasälvän röntgendiffraktiolla pertiittiseksi kalimaasälväksi. Säteettäisesti kasvanut kalimaasälpä on niissä yleistä kuten Luukkonen mainitsee, mutta lisäksi monissa vain sferulin ulkokehä on säteettäisrakenteinen. Sisäosa on monissa kalimaasälpäkiteiden aggregaateista koostuvaa. Joissakin sferuleissa on heikosti erottuva kvartsi- tai kiilleydin. Kiven perusmassa koostuu hienorakeisesta kvartsista ja maasälvästä. Aksessoreina mineraaleina on epidoottiryhmän mineraaleja, kiilteitä ja rautaoksideiksi muuttuneita opaakkeja. Mineraalikoostumus ja perusmassan rakenne (hajarakeiden puuttuminen) luokittaa kiven sferuliittiseksi felsiitiksi tai mikrograniitiksi eikä siis porfyyriksi. Epidoottiryhmän mineraaleja esiintyy perusmassassa ja kiveä leikkaavina ohuina juonia. Luukkonen on määrittänyt perusmassasta XRD:llä mikrokliinin, kvartsin, albiitin, biotiitin ja muskoviitin.

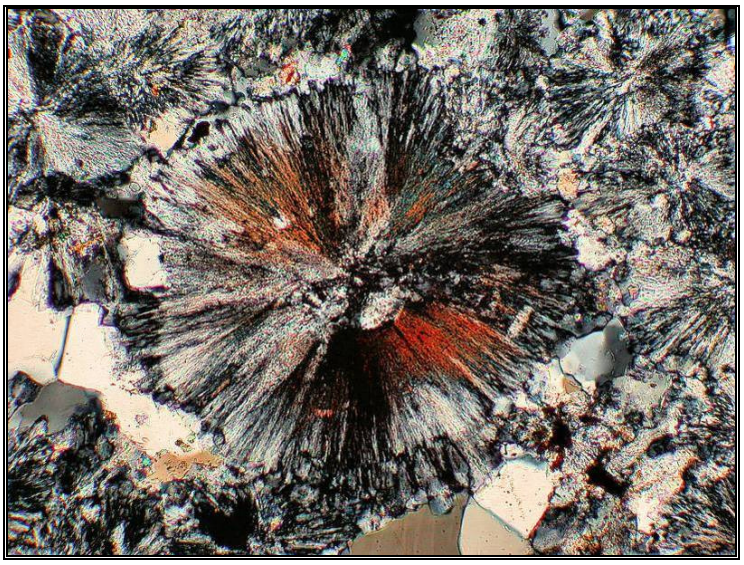
Sferulit olivat eräissä tutkimissamme näytteisssä järjestyneet paikoin kerroksittain. Tämä voi ilmentää sulan liikuntoa juuri ennen sen jähmettymistä. Sferulien läpimitta ja tilavuusosuus vaihtelee kuva-analyysillä tehtyjen muutaman mittauksen mukaan eri juonien näytteissä laajasti joskin systemaattisesti (Taulukko 1). Sferulien koon pienentyessä niiden tilavuusosuus vastaavasti suurenee. Tämä riippuvuus mahdollisesti ilmentää sulan viskositeetin ja kiteytymisytimien määrän välistä yhteyttä.

Taulukko 1. Sferuliittisten felsiittinäytteiden sferulien läpimitan ja tilavuusosuuden välinen riippuvuus.

Läpimitta, mm	Tilavuusosuus prosentteina
10 – 12	23
5 -7	31
1,0 – 1,2	41

Kuva 14. Kokohiekuvassa polarisaatiomikroskoopilla ristiinpolarisoidussa valossa sferulit erottuvat yleensä varsin heikosti felsiittikiven perusmassasta. Sferulit koostuvat kuvassa kalimaasälvästä, jolla on sekä säteettäinen että mikrokiteinen rakenne. Kiveä leikkaavat hienorakeiset epidoottijuonet. Kuvaleveys 18 mm. Kuva: Kari A. Kinnunen.

Kuva 15. Sferuliittien rakenne erottuu kokohiekuvassa paremmin tasopolarisoidussa valossa. Sferulien säteettäinen kalimaasälpä muodostaa pallorakenteissa lyhdemäisiä erkaumia ulkokehällä. Kuvaleveys 25 mm. Kuva: Kari A. Kinnunen.



Kuva 16. Eräät harvinaisemmat sferulit koostuvat kokonaan säteettäisrakenteisesta kalimaasälvästä. Ydin koostuu yleensä kvartsista tai kiilteestä. Kuva-alan leveys 2,3 mm. Kuva: Kari A. Kinnunen.

Mielenkiintoinen havainto on siinä, että sferulirakenne ilmenee selvästi vasta osittain rapautuneissa kivinäytteissä. Näytteethän ovat paikallisista rakkamaisista lohkareikoista kerättyjä. Nattasen keskiosista aikanaan kerätyissä näytteissä muuttumaton sisäosa on suklaanruskeaa ja vain rapautuneessa reunuksessa sferuliittirakenne ilmenee. Tämä johtuu siitä, että sferuliiteissa rakenne on tiheämpää ja siten rapautumista kestävämpää kuin karkeammassa (0,2 - 0,5 mm) perusmassassa. Kuvan 17 näyte on happamasta juonesta Nattasten graniitin keskeltä. Näytteen oli saanut Tapani Tervo 1980-luvulla Lapin Malmin Osmo Inkiseltä ja sen tarkemmasta löytöpaikasta ei ole tietoa.

Kuva 17. Vuotson alueen sferuliittisen felsiittijuonen sahauspinnalta kiilloitettu kappale. Kiven rapautumaton sisäosa on tummanruskeaa. Rapautumisreunuksessa perusmassa on vaalentunut mutta sferulit ovat säilyneet tummina. Tämä selittää kiven tummapalloisen rakenteen, sillä useimmat kappaleet ovat perusmassaltaan kokonaan rapautuneet. Kuva-alan leveys 4,3 cm. Kuva: Kari A. Kinnunen.

Kirkkaiden kvartsikiteiden reunustamia pyöreähköjä onteloita havaittiin eräissä sferulikivijuonissa. Onteloiden läpimitta vaihteli välillä 2 mm x 0,5 mm ja 5 mm x 3 mm. Kideontelot ovat tulkittavissa miaroliittisiksi onkaloiksi. Tämä osoittaa sulan kiteytymistä verrattain pienessä litostaattisessa paineessa lähellä silloista maanpintaa. Onkaloita on vain muutamissa juonissa ja tällaiset eivät sovellu korukäyttöön.

Vuotson alueen felsiittijuonien sferulirakenteen syntyä on selitetty alijäähtyneestä sulasta tapahtuneella kiteytymisellä (Luukkonen 1988). Sittemmin tehdyt kokeelliset tutkimukset sulien kiteytymisestä tukevat Luukkosen selitystä (ks. Baker & Freda 2001). Kokeissa on havaittu, että vasta noin 200 °C alijäähtyminen aiheuttaa sferulirakenteen. Rakenne olisi siten syntynyt eutektisella kiteytymisellä alijäähtyneestä sulasta. Tällaisessa kiteytymisessä sferulit syntyvät kun kiteen kasvunopeus on ollut yhtäsuuri tai isompi kuin diffuusion nopeus kuten Hans-Peter Meyer osoitti väitöskirjassaan (Meyer 1989). Hänen tutkimuksensa keskittyi magmaattisten, granitoidisten pallokivien synnyn mallintamiseen. Vuotson sferuliittinen felsiittikivi onkin lähellä pallokivien protopallotyyppiä tekstuureiltaan (ks. Lahti 2005).

4 MERKITYS

Vuotson kalsedonikiviä on jonkin verran käytetty paikallisena korukivenä (Vartiainen 2001). Vuotson kalsedonista on myös hyviä näytteitä monissa maamme merkittävissä mineraalikokoelmissa kuten Matti Långin ja Kauko Sairasen museokokoelmissa. Sferuliittista felsiittikiveä sitä vastoin on hyödynnetty ja kerätty vielä varsin vähän. Kiveä on tosin käytetty koristekivenä akvaariossa (Pasi Nissinen, henkilökohtainen tiedonanto 2008).

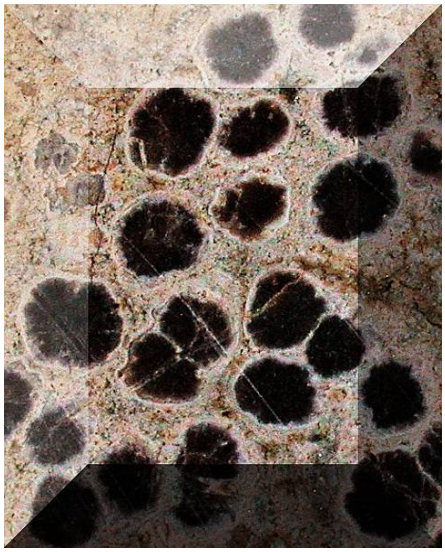
Kumpikin kivityyppi on maamme kivilajistossa harvinainen ja lisäksi verrattain kaunista hiottuna (Kuva 18). Näin ollen näkisimme että niiden laajempaa hyödyntämistä kannattaisi tarkemmin selvittää. Verrattain pienimuotoisella maastokartoituksella voitaisiin todennäköisesti kummastakin kivilajityypistä löytää käyttökelpoisia kallioesiintymiä. Näiden kivityyppien työstämiseen voitaisiin samalla kehittää uusia hiontamuotoja (Kuva 19) ja esinetyyppejä. Digitaalista koehiontaa voitaisiin käyttää korusuunnittelun alkuvaiheissa apuna (Kuva 20). Kiven kuvioinnin soveltuvuus eri kokoisiin ja muotoisiin kiviin ja mahdollisiin koruihin olisi näin jo ennakkoon kokeiltavissa. Tankavaaran kultamuseon ja turistihuuhtomon läheisyys mahdollistaisi esineiden markkinoimisen aidosti paikallisina matkamuistoina. Yksinkertaisimmillaan tämä voisi alkajaisiksi olla pienten kivinäytteiden myyntiä muovipussissa nimi- ja löytöpaikkatietoineen kulta-alueen kivimatkamuistoina.

Kalsedonikivien kalliolähteiden paikallistaminen olisi tärkeää myös kalliokullan malminetsinnällisen tutkimuksen kannalta. Oiva Varjos esimerkiksi on löytänyt Hirvasselän kultamineralisaatiosta kvartsihematiittinäytteen, jossa on uruguay-tyypin akaattia (Kinnunen 2003, s. 14). Kullanhuuhdonta-alueilta on tavattu ainakin yksi kullan ja kalsedonin muodostama sekahippu, joka myös osoittaa kullan ja kalsedonin yhteyttä ja epitermisiä kiteytymisolosuhteita joissakin juonissa (Kinnunen 2003). Vuotson alueen Mäkärärova ja Palokiimaselkä ovat jo 1950-luvulla löytyneitä kalliokullan etsintäkohteita Virtasen kultasekahippuun liittyen. Näiden mineralisaatioiden

mahdolliset kalsedonisaostumat pitäisi vielä tarkistaa esimerkiksi kairasydämet läpikäymällä. Samoin pitäisi määrittää mahdollisesti tulevaisuudessa kalliosta löytyvistä Vuotson alueen kalsedonisaostumista niiden isäntäkiven kultapitoisuudet.

Kuva 18. Vuotson kalsedonikiviä pyöröhiottuna (pituus noin 20 mm). Kuva: Reijo Lampela.

Kuva 19. Kuvia hieman erikoisemmasta Vuotson kalsedonista valmistetusta korusta. Kivi on Eeva Valkaman GTK:n Vuotson tukikohdan (hirsipuoli) vierestä, melkeinpä pihalta, löytämä. Kiven muoto on lähes alkuperäinen. Kullankaivaja ja korukivihioja Lasse Kock on hionut siihen hieman fasettimaisia pintoja kiven alkuperäistä muotoa säilyttäen. Kuva: Jorma S. Timonen.



Kuva 20. Digitaalisella kuvankäsittelyllä koehiottua Vuotson sferuliittikiveä. Sahatuista leikkeistä otetuista digikuvista on kuvankäsittelyohjelmalla luotu hiottu kivi, jotta kuvioinnin soveltuvuutta eri kokoisille kiville pystytään kokeilemaan. Tälle felsiittityypille soveltuisi noin 3 cm koko. Tietokoneavusteisen korunvalmistuksen yleistyessä tämä mahdollistaa korun ja kiven sopivuuden varmistamisen jo tietokoneruudulla ennen konkreettista korunvalmistusta. Kuva ja kuvankäsittely: Kari A. Kinnunen.

Monilla Lapin lohkareilla ja irtokivillä on veistoksellisesti syöpynyt pintarakenne. Varsinkin kalsedonikivillä on usein ulkomaisia purokiviä muistuttava puolikiiltävä pinnan rakenne (Kuva 21). Samoin kalsedonikivien (Kuva 4) munuaismaiset onkalorakenteiden pinnat voisivat soveltua korukiviksi sinällään. Tällaisia pintoja voitaisiin sahata ja muotoilla koruihin sopivaan muotoon niin että luonnonpinta säilytettäisiin. Tätä pintaa voisi lisäksi pehmeällä laikalla hieman kiillottaa käyttäen timantti- tai ceriumoksiditahnaa apuna.

Kuva 21. Vuotson kalsedonikivilohkareen luonnollinen pintarakenne. Tällaisia pintoja voitaisiin käyttää koruihin luonnontilaisina muotoon sahattuina levyinä. Kuvaleveys 5 cm. Kuva: Kari A. Kinnunen.

Sferuliittinen felsiittikivi muistuttaa etäisesti dalmatian jaspista (Kuva 22). Tämä viime vuosina kansainväliseen myyntiin tullut korumateriaali on kivilajiltaan pyörylärakenteista ryoliittia Meksikosta joskin sen kauppanimi on jaspis. Kiveä on ollut myynnissä jonkin verran kotimaisillakin kivimessuilla. Vuotson felsiittikiveä muistuttaa myös australialainen sademetsäjaspis (Rainforest jasper), joka samaten on kivilajiltaan pallorakenteista ryoliittia. Porfyyrit, joita suurin osa Vuotson muista felsiittijuonista on, ovat yleensäkin vielä vähän hyödynnettyjä kivimateriaaleja Suomessa. Ruotsissa on jo satojen vuosien perinteet sikäläisten porfyyrien käytössä. Dalaporfyyristä on valmistettu koriste-esineitä kuten kivivaaseja, lippaita ja veistoksia.

Kuva 22. Esimerkki ulkonäöltään hieman Vuotson sferulikiviä muistuttavasta ulkomaisesta korumateriaalista on Dalmatian jaspis Meksikosta. Kivi ei kuitenkaan ole varsinaisesti jaspista vaan orbikulaarista ryoliittia. Dalmatian jaspis on viime vuosina tullut suosituksi korukiveksi kansainvälisessä kivikaupassa. Hyvä hiottavuus ja osuvasti valittu kauppanimi ovat vaikuttaneet kiven suosioon. Kiven läpimitta 31 mm. Kuva: Kari A. Kinnunen.

Korukivi on parhaimmillaan kaupallisesti kannattava tuote ja markkinoinnissa osuva kauppanimi on osoittautunut hyvinkin tärkeäksi. Ulkomaisille jaspiksille ja porfyyreille on yleensä muotoutunut ajan mittaan paikallinen kauppanimi. Vuotson kalsedonikivelle ja tummapalloisille felsiiteille pitäisi myös löytää sopiva kauppanimi. Yksinkertaisimmallaan se voisi olla *Vuotson kalsedoni* ja *Vuotson pallokivi*.

5 Kirjallisuusluettelo

Baker, D.R. ja Freda, C. (2001) Eutectic crystallization in the undercooled Orthoclase-Quartz-H2O system: experiments and simulations. European Journal of Mineralogy 13, 453-466.

Front, K.; Vaarma, M.; Rantala, E.; Luukkonen, A. 1989. Keski-Lapin varhaisproterotsooiset Nattas-tyypin graniittikompleksit, niiden kivilajit, geokemia ja mineralisaatiot. Summary: Early Proterozoic Nattanen-type granite complexes in central Finnish Lapland: rock types, geochemistry and mineralization. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti Geological Survey of Finland, Report of Investigation 85, 77 p. Verkossa: http://arkisto.gtk.fi/tr/TR_85.pdf

Kinnunen, Kari A.; Tynni, Risto; Hokkanen, Kalevi; Taavitsainen, Jussi-Pekka 1985. Flint raw materials of prehistoric Finland : rock types, surface textures and microfossils. Geological Survey of Finland. Bulletin 334. 59 p. + 40 pl.

Kinnunen, Kari A. 2003. Kalsedonin ja kullan sekahippu Lemmenjoen alueelta ja yhteenvetoa Lapin kultasekahipuista. 18 s. Geological Survey of Finland, Archive report, M 19/3812/2003/1. Verkossa: http://arkisto.gtk.fi/m19/3812/m19_3812_2003_1.pdf

Lahti, Seppo I. (2005) Characteristic features and terminology. Sivut 25-34 teoksessa: Orbicular rocks in Finland, toim. Seppo I. Lahti, Geological Survey of Finland, 177 s.

Luukkonen, Ari (1988) Sodankylän Nattastuntureiden graniittistokin petrografia, rakenne ja geokemia. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Geologian laitos, Geologian ja mineralogian osasto, 116 s.

Lång, Matti (1997) Piilokiteisiä kvartseja Suomen luonnosta. Kivi 15 (2), 36- 37 ja lehden etu- ja takakannen kuvat.

Meyer, H.-P. 1989. Zur Petrologie von Orbiculiten. Väitöskirja Bio- und Geowissenschaften, Universität Karlsruhe, 238 s. (viitattu H.-P. Meyer, Orbiculite - Faszinierende granitoide Gesteine, verkossa 30.6.2008, verkossa: http://www.min.uniheidelberg.de/peteraki/forschung/orbs/orbiculite.htm)

Nissinen, Pasi. 1988. Sodankylän Riestovaaran graniittibatoliitin petrografia ja rakenne. Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto, Geologian laitos, 85 p.

Moxon, T.J. 2002. Agate: a study of ageing. European Journal of Mineralogy 14, 1109-1118.

Vartiainen, Risto. 2001. Lapin korukivet. Omakustanne, 80 s.