

Kari A. Kinnunen, Bo Johanson, Mauri Terho ja Risto Puranen (1995)

ALEKSIN KULTAHIPUN (385 g) LABORATORIOTUTKIMUKSISTA

Geologi 47 (3), sivut 35-39
ISSN 0046-5720 (painettu versio)

Johdanto

Lapista löytyneitä kookkaimpia kultahippuja eli isomuksia ei ole tieteellisen tarkasti tutkittu. Vanhat tutkimusmenetelmät olivat yleensä näytteitä tuhoavia, ja tästä syystä kaupallisestikin hyvin arvokkaita hippuja ei mielellään luovutettu laboratoriokokeisiin. Nykyään tilanne on toinen. Tämän työn tarkoituksena oli kokeilla uusien menetelmien soveltuvuutta hippujen tutkimukseen.

Suomen toiseksi suurimmaksi mainittu kultahippu saatiin sopivasti maaliskuussa 1994 kahdeksi viikoksi lainaksi Geologian tutkimuskeskukseen (GTK) Espoon Otaniemeen tieteellistä kuvausta ja jäljentämistä varten. GTK:n Kivimuseonhoitaja Pentti Karhunen valmistutti hipusta Hämeenlinnan Kultakeskus Oy:ssä kymmenen kullattua kuparikopiota museo- ja näyttelykäyttöön.

Tässä raportissa hipusta on käytetty nimeä Aleks löytäjänsä mukaan. Tällä nimellä hippu on nyttemmin taltioitu myös tiedostoihin ja jäljennöksinä museokokoelmiin. Aleksin hipusta ei ollut kirjallisuudessa eikä arkistoissa tarkkoja kuvauksia. Ainoastaan sen paino (384,572 g) ja kultapitoisuus on aikaisemmin julkaistu (Sundell 1936). Hipun on löytänyt vuonna 1910 Inarin Laanilan Hangasojalta (peruskartan lehti 3831 04) kullankaivaja Aleks Kiviniemi, jonka mukaan siis nimi Aleks. Hipusta on aikaisemmin käytetty ainakin nimeä Pankkiiri. Aleksin nykyistä sijoituspaikkaa ei turvallisuussyistä ilmoiteta.

Alexi-hippu tutkittiin mikromorfologisesti, analysoitiin kemiallisesti ja sen petrofysikaaliset ominaisuudet mitattiin. Se myös valokuvattiin sekä mikroskooppisin että makroskooppisin laitteistoin. Artikkelin kaikki valokuvat ovat K.A. Kinnusen ottamia. Useimmat tutkimusmenetelmät on alunperin kehitetty perustutkimuksessa mm. meteoriittien (Terho et al. 1993) ja arvokivien (Kinnunen 1995) tutkimukseen. Niiden soveltuvuutta kultahippuihin oli tässä yhteydessä erityisen mielenkiintoista kokeilla.

Petrofysikaaliset ominaisuudet

Hipun massa on 384,58 g. Vesipunnituksen ja jäljentämisen jälkeen paino oli 385,36 g johtuen huokostilojen täyttymisestä. Paino siis vaihtelee jopa noin yhden gramman rajoissa mittauksen olosuhteista riippuen, joten hipulle voi ilmoittaa vain keskimääräisen massan, 385 g. Tilavuus ja tiheys määritettiin punnitsemalla hippu ilmassa ja vedessä (Arkhimedeen periaate). Tilavuudeksi saatiin 29,46 cm³ ja tiheydeksi siten 13,081 g/cm³. Tiheys on selvästi pienempi kuin puhtaan metallisen kullan tiheys (19,320 g/cm³), mikä aiheutuu hipun epäpuhtauksista ja huokoisesta rakenteesta.

Hipun ominaisvastus mitattiin induktiivisesti vaihtovirtamittasillalla kahta eri mittaustaajuutta (204 ja 1020 Hz) käyttäen. Ominaisvastus vaihtelee taajuudesta ja mittaussuunnasta riippuen välillä $(2 - 7) \cdot 10^{-7}$ ohmm. Vaihteluväli vastaa myös pienemmistä Lemmenjoen alueen kultahipuista mitattua. Ominaisvastus on siten selvästi suurempi kuin metallisella kullalla ($0,24 \cdot 10^{-7}$ ohmm), mikä johtuu hipun sisäisestä rakenteesta ja epäpuhtauksista.

Hipun hyvän sähkönjohtavuuden ja suuren koon vuoksi sen magneettista susceptibiliteettia ei voitu määrittää luotettavasti vaihtovirtamittasillalla. Kirjallisuuden perusteella metallisen kullan diamagneettinen susceptibiliteetti on $-3,52 \cdot 10^{-4}$ SI.

Hipun luonnollinen jäännösmagnetoituma (NRM) mitattiin magneettisesti suojatussa tilassa fluxgate-magnetometrillä. Hipun NRM on noin 70 mA/m ja tämä heikko magnetoituma aiheutuu ferrimagneettisista epäpuhtauksista (magnetiitti, hematiitti). Hipun epäsäännöllinen muoto vaikeuttaa sen sähköisten ja magneettisten ominaisuuksien tarkkaa määrittämistä. Mittaukset tekivät M. Terho ja R. Puranen Geologian tutkimuskeskuksen petrofysikaalisessa laboratoriossa.

Makroskooppinen kuvaus

Muodoltaan Aleksin on varsin tyypillinen Lapin isomushippu. Sen läpimitat ovat 57 x 52 x 28 mm. Väriään Aleksin on kellertävän oranssi (Munsell: 10 YR 7/6). Powersin asteikolla se on puolipyörästynyt. Kulmat ja ulokkeet sitä vastoin ovat voimakkaasti pyöristyneitä ja kolot ovat osittain täyttyneet sedimenttiaineksella. Wadellin pyöristyneisyysluku kuvaa hipun muotoa tarkemmin ja se on $P = 0,38$. Wadell-luku on mitattu ja laskettu valokuvista Galen ja Hoaren (1991) esittämällä tavalla.

Kolojen läpimitta vaihtelee 0,1 ja 10 mm välillä. Yleisin kolojen läpimitta on 1 - 2 mm. Koloista tavattiin hiekkarakeita (raekoko 0,1 - 3 mm), jotka koostuivat kvartsista, granaatista ja raudan oksideista (magnetiitti ja hematiitti). Lisäksi koloissa esiintyy ruskeaa, saven ja limoniittisen aineksen muodostamaa massaa. Kolot ovat usein muodoltaan säännöllisen suunnikasmaisia. Näissä kohdissa on ilmeisesti alunperin ollut helposti rapautuvia mineraaleja, kuten karbonaatteja, jotka ovat liuenneet pois. Hipun jäljentämisessä Kultakeskus Oy:ssä eräiden kolojen pohjiin jäi mikroskoopilla havaittavia määriä valkoista silikonikumia ja punertavaa mikrokiteistä massaa.

Pintarakenteet

Hipun pyöristyneissä kulmissa on runsaasti mikroskoopilla erottuvia luonnollisia kulumajälkiä. Niitä tutkittiin uudella asetaattivedokseen perustuvalla menetelmällä (Kinnunen 1995). Menetelmällä saadaan otetuksi erityiselle muovikalvolle hipun pinnasta sen "sormenjäljet", jotka voidaan tutkia mikroskoopilla ja arkistoida. Näitä piirteitä on mahdollista nykyisillä menetelmillä täydelleen jäljentää, joten ne sopivat mainiosti hipun myöhempään tunnistamiseen.

Aleksin hipun pinnalle olivat luonteenomaisia mikrouurteet ja erilaiset painaumarakenteet. Ne ilmentävät pääasiallisesti moreenikuljetusta. Tyypillisin piirre on uurre-lasturakenne, joka peittää lähes koko hippua kolojen pohja

lukuunottamatta. Urteen päähän kiinnittynyt lastu on litistynyt puserruksessa kiiltäväksi kultaläikäksi. Päällekkäisten uurteiden verkosto peittää hipun kohoumia ja tasaisia kohtia. Hipun uloin kerros on tällä tavoin läpikotaisin muokkaantunutta. Tällaista rakennetta ei yleensä näe pienissä kultahipuissa (koko alle 5 mm), joita luonnehtivat mikrouurteet ja koko hipun taipumisrakenteet.

Aleksin hipussa esiintyi myös erityisiä mikrokuoppien jonoja, joita pienemmissä hipuissa ei myöskään havaitse. Hipun kulutukselta suojassa olleissa koloissa erottuu pieniä kultakiteiden päitä (läpimitta 0,1 - 0,2 mm). Näiden lisäksi useimpia koloja peittävät nukkamaisena mattona sauvamaiset kullan mikrokiteet. Niiden koko on vain 1 - 3 µm.

Alkuperäinen paino

Aleksin hipussa on yksi suurehko ja kaksi pienempää koloa, joista ilmeisesti on otettu kultaa kemiallisia analyysejä varten. Kolot on tehty jo ennen vuotta 1936, sillä Sundellin (1936) julkaisussa mainittu paino vastaa hipun nykyistä painoa. Koloista poistetun kullan määrää arvioitiin tekemällä vahasta koloihin täyte ja mittaamalla tämän jälkeen vahan tilavuus. Poistetun kullan paino saatiin tilavuuden ja tiheyden (13,08) avulla laskemalla. Kun kolot oletettiin hipun muodon mukaisiksi nyppylöiksi saatiin poistetun kullan painoksi 6,7 g. Kun kolot oletettiin alunperin tasaisiksi saatiin poistetun kullan painoksi 1,6 g. Aleksin hipun alkuperäinen paino on siis tämän mukaan ollut vähintään 387 g mutta enintään 392 g.

Suurin kolo on poikkileikkaukseltaan 7,7 x 6,9 mm ja syvyydeltään 6 mm. Se on jonkinlaisen poran aiheuttama syvennys. Pienempi porauksen aiheuttama kolo on alaltaan 3 x 2 mm ja syvyydeltään noin 1 mm. Näiden lisäksi hipun yhdestä kulmasta on sahattu pieni pala, jonka mitat ovat 7 x 2 x 1 mm. Hipun pinnassa on myös muutama mahdollisesti lapion aiheuttama yhdensuuntainen naarmujoukko.

Kemiallinen koostumus

Aleksin hippu on kooltaan niin iso että se ei mahtunut GTK:n mikroanalyyssiin. Koko hipun analysointi energiadiispersiivisellä laitteistolla antaisi muutenkin vain likimääräisen arvion kemiallisesta koostumuksesta. Tarkkaan mikroanalyyssiin tarvitaan näytteestä hiottua ja kiilloitettua näytettä, jotta analyysi voidaan tehdä varsinaisella mikroanalyyssiin. Tähän tarvittaisiin pintahiettä tai kiilloitettua ohuthiettä, mutta arvohippuja ei voi tällä tavoin turmella.

Analyysiongelman ratkesi sattumalta. Irrotettaessa stereomikroskoopin alla hipun jäljentämisessä koloihin takertunutta silikonikumia sen mukana irtosi hipun koloista muutama mikroskooppisen pieni kultalastu. Kemiallista analyysiä varten valittiin suurimman poratun reiän pohjalta noin 6 mm syvyydestä irronnut 0,6 mm pituinen ohut lastu. Siitä teetettiin pintahie, josta sitten tehtiin tarkat määritykset mikroanalyyssiin. Tulokset kertovat siten Aleksin hipun sisäosan kemiallisen koostumuksen.

Analyysejä tehtiin yhteensä 37 kappaletta. Näiden perusteella laskettu keskimääräinen koostumus on esitetty alla olevassa taulukossa. Samoin on annettu pitoisuuksien vaihteluväli. Hipusta ajettiin kaksi analyysipistepiiridiagrammia.

kultalastun laidasta laitaa yhden mikrometrin kokoisella elektronisäteellä. Analysoinnissa käytettiin pääasiallisesti puhtaita metallistandardeja. Elohopealle käytettiin standardina sinoopera (HgS) ja rikille kuparikiisua. Analyysit teki Geologian tutkimuskeskuksen mikroanalyyttorilaboratoriossa B. Johanson.

Alkuaine	Keskimääräinen pitoisuus, painoprosentteina	Vaihteluväli
Au	93,7	92,5 - 94,9
Ag	6,11	5,75 - 6,46
Bi	0,47	0,36 - 0,60
Cu	0,07	0,04 - 0,11
Fe	0,00	0,00 - 0,01
Hg	0,12	0,00 - 0,34
Sb	0,00	0,00 - 0,04
Se	0,04	0,01 - 0,07
S	0,02	0,00 - 0,04

Kullan keskimääräiseksi pitoisuudeksi saatiin siis 93,7 p. % ja hopealle 6,11 p. %. Pitoisuuksien vaihtelu eri analyysipisteissä oli melko vähäistä: Au 92,5 - 94,9 p. %, Ag 5,75 - 6,46 p. % ja Cu 0,11 - 0,04 p. %. Kullan, hopean ja myös kuparin pitoisuuksien osalta tulokset hyvin vastaavat pienikokoisista kultahipuista Ivalojoen alueelta myös Hangasojalta saatuja tuloksia (ks. Saarnisto ja Tamminen 1985). Aleksin hipun huomattavan korkea vismuttipitoisuus (0,47 p. %) lejeerinkimuodossa on myös odotusten mukainen, sillä pienikokoisista Ivalojoen alueen hipuista on usein löydetty sulkeumina metallista vismuttia ja vismuttiteellurideja (ks. Saarnisto ja Tamminen 1985).

Yhteenveto ja johtopäätökset

Nykymenetelmin kookkaiden arvohippujen tieteellinen kuvaus on siis mahdollista näytettä tuhoamatta. Pienemmistä Ivalojoen alueen kultahipuista on lisäksi runsaasti tietoa saatavilla (Tamminen 1986), joten tulosten vertailu on mahdollista. Samoin on kansainvälisestä kirjallisuudesta löydettävissä käyttökelpoista vertailutietoa mikroskooppisten kultahippujen ominaisuuksista eri maiden irtokultaesiintymissä (mm. Giusti ja Smith 1984, Giusti 1986, Craig 1990, DiLabio 1990, Leake et al. 1993). Lapin irtokullan alkuperää on selvitelty lukuisissa erillistutkimuksissa, joista löytyy tietoja mm. seuraavista julkaisuista: Saarnisto ja Tamminen (1985), Kinnunen (1992, 1993), Forsström ja Tuisku (1993) ja Immonen (1993).

Aleksin hipun lisäksi GTK:ssa on päästy tutkimaan vain kahta muuta arvoisomusta ja niitäkin vain alustavasti. Ne ovat Veinin hippu (löytynyt 1992) ja Aslakin Uni

(löytynyt 1993). Tulokset ovat joutuneet heti tuoreeltaan tiedotusvälineiden jakeluun, mikä tutkimuksen kannalta on ollut ongelmallista.

Toistaiseksi arvoisomuksista ei ole löytynyt sellaisia piirteitä, joita ei jo olisi havaittu myös pienemmissä hipuissa. Samat geologiset johtopäätökset (kalliokulta-alkuperä ja lähteiden suuri lukumäärä) näyttäisivät siten pätevän hippuihin niiden koosta riippumatta - seikka joka tähän saakka ei suinkaan ole ollut itsestäänselvää. Esimerkiksi Aleksin hipun kemiallinen koostumus (korkea vismuttipitoisuus ja hopean osuus) osoittaa kirjallisuusvertailun perusteella hipun alkuperän kalliokullaksi (ks. Antweiler ja Campbell 1977, Craig 1990).

Arvokultahiput voidaan periaatteessa tutkia ja kuvata samalla tavalla kuin esimerkiksi kookkaat timantit. Hinnaltaanhan hiput ovat nykyään monikymmenkertaisia kullan maailmanmarkkinahintaan verrattuna ja niiden arvo on koon lisäksi paljolti esteettisistä seikoista riippuvaista. Isomusten kuvaamiseen soveltuvat ainakin seuraavat havainnot: koko, paino, petrofysikaaliset ominaisuudet (eritoten tiheys) ja valokuvauksellisesti tallennettuna hipun muoto ja pintarakenteet. Yhdessä ne kuvaavat hipun yksikäsitteisesti. Näitä ominaisuuksia ei myöskään kyetä yhtäaikaisesti jäljentämään (ks. Kinnunen ja Vilpas 1994), joten havainnot soveltuvat samalla mahdollisten kultahippujäljitelmiä tunnistamiseen.

Suurin tunnettu kultahippu on löydetty vuonna 1869 Australiasta, Victorian Moliagulista ja se painoi peräti 70,9 kg (Birch 1987). Suurin Suomesta löydetty Kiviniemen kultahippu painaa vain muutaman gramman tässä tutkittua Aleksia enemmän eli 392,9 g (ks. Geologi-lehden kansikuva vuodelta 1990, numero 4--5). Vaikka Suomen suurimmat kultahiput näin ollen ovat varsin vaatimattomia suurimpiin mm. Australiasta ja Kaliforniasta löytyneisiin kymmeniä kiloja painaviin hippuihin verrattuna, niillä kuitenkin on geologista mielenkiintoa korkean rahallisen arvonsa lisäksi.

Summary: Aleks gold nugget (385 g) - laboratory studies

Although small in comparison with the giant gold nuggets from Australia and California, the largest gold nuggets found in Finland (weight about 0.4 kg) are geologically significant as well as possessing high commercial value. No previous studies had been carried out on the specimens described here, which have been kept stored in bank vaults.

In this report, the micro- and macromorphology, petrophysical properties and chemical composition of the Aleks gold nugget are determined. The nugget is the second largest reported from Finland and was found in the year 1910 at Hangasoja, Laanila, in the Ivalojoiki gold washing area in Finnish Lapland. The name Aleks derives from its finder, Mr. Aleks Kiviniemi. The dimensions of the nugget are 57 x 52 x 28 mm, the weight 385.36 g and the density 13.081 g/cm³. The nugget is subrounded (Wadell roundness $P = 0.38$) and characterized by sediment-filled pits.

It is a reshaped rounded block with a well rounded outline and moderately striated. Microwear studies using the acetate-peel method revealed microflow textures on the rounded parts of the nugget. Two man-made drill-holes and one saw-cut were

also detected. The electron microprobe analyses (37 in total) gave a mean chemical composition for the nugget (in weight percentages) of: Au 93.7, Ag 6.11, Bi 0.47, Cu 0.07, Hg 0.12, Se 0.04 and S 0.02; these results are comparable with those published for smaller nuggets from the same locality.

Kirjallisuus

Antweiler, J.C. & Campbell, W.L. (1977) Application of gold compositional analyses to mineral exploration in the United States. *Journal of Geochemical Exploration* 8, 17-29.

Birch, B. (1987) Gold in Australia. *Mineralogical Record* 18 (1), 5-32.

Craig, J.R. (1990) Ore textures and paragenetic studies - some modern case histories and sources of comparative data. Sivut 263-317 teoksessa: *Advanced Microscopic Studies of Ore Minerals*, toim. J.L. Jambor & D.J.

Vaughan, *Short Course Handbook*, Vol. 17, Mineralogical Association of Canada, Ottawa.

DiLabio, R.N.W. (1990) Classification and interpretation of the shapes and surface textures of gold grains from till on the Canadian Shield. *Current Research, Part C, Geological Survey of Canada, Paper 90-1C*, 323-329.

Forsström, L. & Tuisku, P. (1993) Lapin irtokullan paikallisuudesta ja kulkeutumisesta. *Geologi* 45 (3), 71-76.

Gale, S.J. & Hoare, P.G. (1991) *Quaternary Sediments. Petrographic Methods for the Study of Unlithified Rocks*. Wiley, New York, 323 s.

Giusti, L. (1986) The morphology, mineralogy, and behaviour of "fine-grained" gold from placer deposits of Alberta: sampling and implications for mineral exploration. *Can. J. Earth Sci.* 23, 1662-1672.

Giusti, L. & Smith, D.G.W. (1984) An electron microprobe study of some Alberta placer gold. *TMPM Tschermaks Min. Petr. Mitt.* 33, 187-202.

Immonen, R. (1993) Moreenin kiviaineksen ja kullan kulkeutuminen Lemmenjoen kullanhuuhdonta-alueen lounaisosassa Suomen Lapissa. Pro gradu-tutkielma, Turun yliopisto, Maaperägeologian osasto, 66 s., 11 liitettä.

Kinnunen, K.A. (1992) Laattatektoninen malmimalli voi selittää Lapin irtokultaesiintymien synnyn. *Geologi* 44 (7), 115-123.

Kinnunen, K.A. (1993) Karttatulkintaa Lapin irtokullan kulkeutumisesta. *Geologi* 45 (7), 155-158.

Kinnunen, K.A. (1995) New methods for photography through the microscope: Application to gem materials. *Geological Survey of Finland, Current Research 1993--1994* (lähetetty).

Kinnunen, K.A. & Vilpas, L. (1994) Kultahippujäljitelmiä erottaminen Lapin hippukullasta. *Geologi* 46 (9-10), 119-123.

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. (Sect. B: Appl. earth sci.)* 102, B65-B82.

Saarnisto, M. & Tamminen (1985) Lapin Kultaprojektin Loppuraportti. Lapin Kultaprojekti, Raportti N:o 3, Oulun yliopiston geologian laitos, 88 s,

Sundell, I.G. (1936) Fineness and composition of alluvial gold from the Ivalojoki, Finnish Lapland. *C.R. Soc. Geol. Finlande*, vol. 9, 155-160.

Tamminen, E. (1986) Ivalojoen alueen kultahippujen kemiallinen koostumus, mineralogia ja geologinen tausta. Pro gradu-tutkielma, Oulun yliopisto, Geologian laitos, 84 s.

Terho, M., Pesonen, L.J., Kukkonen, I.T. & Bukovanska, M. (1993) The petrophysical classification of meteorites. *Studia geoph. et geod.* 37, 65-82.