

# Tarkianiitti – Re-mineraalin löytöhistoriaa

OLLI-PEKKA ISOMÄKI JA ALEX VOLBORTH

## Johdanto

Renium-mineraali löydettiin ensimmäistä kerran näytteistä, jotka Volborth oli valinnut Stillwaterin kromi- ja platinaesiintymästä läheltä Nye’ä, Montanasta (Tarkian *et al.* 1991, kuva 1). Analyysin mukaan mineraali, joka mikroskoopissa näytti vaalean ruskean harmahtavalta, sisälsi 54.73 % reniumia, 26.93 % rikkiä, 12.09 % molybdeenä, 5.67 % kuparia ja alle yhden prosentin rautaa. Tällaista renium-mineraalia ei tunnettu.

Toinen löytö tehtiin Kojosen ja Isomäen näytteistä Hituran nikkeli-kaivoksesta Nivalasta keväällä 2001 (Kojonen ja Isomäki 2004, kuva 1). Mineraali kuvattiin yksityiskohtaisesti ja se hyväksyttiin Hituran löydön jälkeen nimellä *tarkianiitti* (International Mineralogical Association (IMA) no. 2003-004, Kojonen *et al.* 2004). Todennäköisesti sama mineraali on havaittu eräissä muissakin kohteissa, mutta tarkkaa tutkimusta ei ole päästy tekemään. Samoihin aikoihin tarkianiitin kanssa on 1990-luvulla löydetty Venäjän Kuriileilta, Iturup-saaren Kudravyi-tulivuorelta

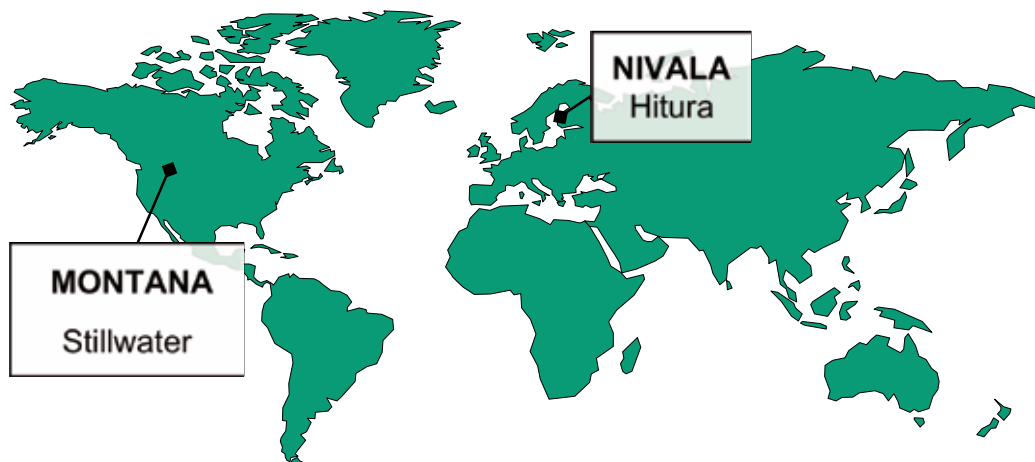
reeniitiksi (rheniite,  $\text{ReS}_2$ ) nimetty mineraali (IMA No. 1999-004a).

Reniumia tiedetään sisältyvän joihinkin molybdeenihosteisiin sekä gadoliniumiin, mutta se on äärimmäisen harvinainen metalli. Reniumia käytetään seosmetallina wolframin kanssa tai sen sijasta nostamaan kestävyyttä ja kulutusta hyvin korkeissa lämpötiloissa. Vain hiilellä ja wolframilla on korkeampi sulamispiste. Reniumia on käytetty myös katalysaattorina yhdessä platinametallien kanssa.

## Stillwater

Volborth tutki Montanassa Stillwaterin suurta platina- ja palladiumesiintymää. Hän oli aiemmin toiminut Anaconda-yhtiön konsulttina, kun Anaconda omisti suuren osan Stillwaterin kromiesiintymää. Hän tunsu siis hyvin esiintymän. Manville-yhtiössä arveltiin, että heiltä oli jotakin ehkä jäänyt huomaamatta. Yhtiö tarvitsi jonkun, joka oli hyvin selvillä geologiasta, mineralogias-

## TARKIANIITTI



Kuva 1. Stillwater, Montana, USA ja Hitura, Nivala, Suomi: sijainnit kartalla.

ta, kemiasta ja geokemiasta, ja jonkun, joka oli ollut geofysiikan kenttätöissä. Volborth oli oikea henkilö, sillä hänellä oli tarvittavat taidot ja kokemusta mukaan lukien geologian insinöörin lissenssi (Doran 2005). Kairausnäytteitä oli koottu usean vuoden ajan, mutta ne oli jo osin jätetty hävitettäväksi. Lisäksi runsain määrin oli muuta aineistoa. Huomio kiinnittyi geofysiikan raporttiin, joka viittasi poikkeavaan johtavuuteen ultramafisten kivien tietyssä Janet-kerroksessa (Volborth ja Housley 1984, kuva 2). Raportissa oli myös havainto grafiitin esiintymisestä selityksenä epänormaaliin johtavuuteen. Runsaas grafiitin esiintyminen ultramafisissa kivissä oli outoa.

Manvillen päägeologin kanssa neuvoteltiin mm. grafiitin erikoisesta esiintymisestä. Nye'ssa oli varastoituna suuri määrä kairasydämiä, joissa oli paljon grafiittia. Lisää grafiittipitoisia kiviä löydettiin maastosta. Jo alustavat työt Montana Tech'ssa paljastivat havaintoja, joita päätettiin tutkia tarkemmin Rockwell International Centerissä Thousand Oaks'ssa. Siellä oli käytettävissä ekspertti Robert M. Housley sekä uudenaikaisia laitteita. Erityisesti tutkittiin ja analysoitiin elektronimikroskooppisesti Volborth'in osoittamia hyvin pieniä mineraalirakeita, joiden optisiin ominaisuuksiin ei ollut löytynyt kirjallisuudesta vastinetta.

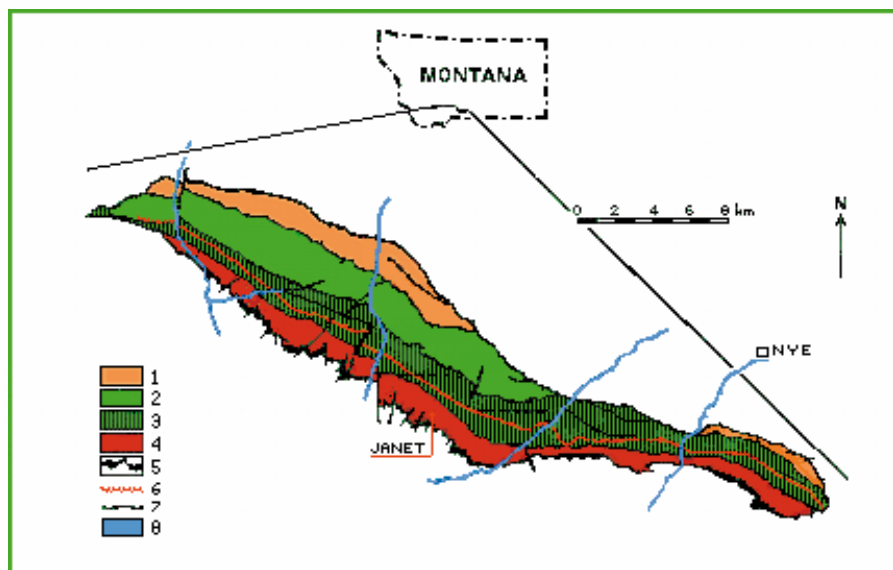
Tutkimusten tuloksena Stillwaterista paikannettiin uusi platinamalmityyppi "Janet" (Volborth ja

Housley 1984). Sen pyrokseeniittikerroksessa eräs mineraalirae sisälsi ällistytävät 54 % reniumia. Stillwaterin muodostuma on maailman vanhimpia, ikämääritysten mukaan noin 2700 miljoonaa vuotta. Kun tällaisissa kivissä yleensä on vähemmän kuin yksi miljardisosa (<1 ppb) reniumia, oli erittäin merkillistä löytää mineraalirae, joka sisälsi runsaasti tätä alkuainetta. Korkeita reniumin pitoisuuksia oli löydetty vain joistakin meteoriteista. Voisiko se merkitä Stillwaterin kompleksin joutuneen meteoriittitörmäyksen kohteeksi?

Yhteistyö on avainasemassa harvinaisten uusien mineraalin tutkimuksissa. Koska yhtään kansainvälisesti hyväksyttyä renium -mineraalia ei tunnettu, kyseessä täytyi olla uusi mineraali. Jotta uusien mineraalien kansainvälinen komitea hyväksyisi ja nimeäisi uuden mineraalispesieksen, vaaditaan huomattava määrä tutkimuksia. Dr. Ortwin Greis (Hampurin teknillinen yliopisto) ja Dr. Gunter H. Moh (Heidelbergin yliopisto) onnistuivat valmistamaan synteettisesti mineraalin, jolla on tarkiaaniitin koostumus. He olivat myös alkuperäisen julkaisun tekijöinä yhdessä Tarkianin, Housleyn ja Volborth'n kanssa (Tarkian *et al.* 1991).

## Hitura

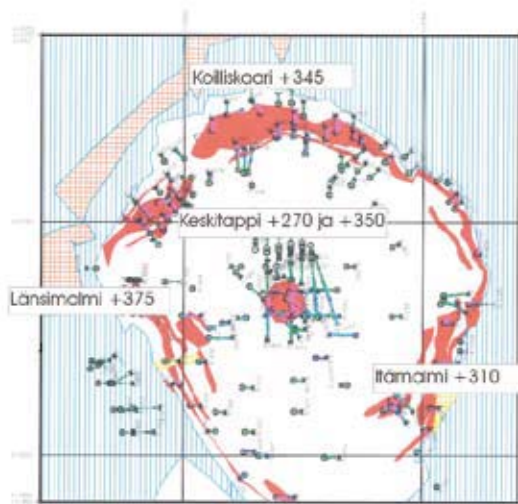
Kului kuitenkin vuosia ja vaati toisen löydön, ennen kuin uusi mineraali hyväksyttiin virallisesti



Kuva 2. Stillwaterin esiintymä yleistettynä Volborth ja Housley (1984) mukaan. Selitykset: 1. Gabroja; 2. Anortsiittia ym. 3. Noriitteja; 4. Harzburgiittia ja bronsiittia; 5. Pohjanoriittia ja -gabraa; 6. J-M -reef; 7. Siirroksia; 8. Jokia.

ja nimettiin tarkianiitiksi. Uusi löytö tuntui henkilökohtaisemmalta, kun löytäjät olivat Suomesta. Kari Kojonen on väitellyt Helsingin yliopistossa, joka on myös Volborth'n *alma mater*. Uusi mineraali nimettiin prof. Mahmud Tarkianin (Hampurin yliopisto) mukaan kunnioittaen siten hänen merkittäviä tuloksiaan malmimineralogian alalla. Tarkian oli myös toinen niistä tutkijoista, joille Volborth toi ensimmäisiä Stillwaterin näytteitä tutkittavaksi.

Kesäkuussa 2000 Kari Kojonen vieraili Outokumpu Mining Oy:n Hituran nikkelikaivoxsella Nivalassa. Vierailun aikana esillä Hiturasta löydetty platinaryhmän mineraalit: sperryliitti (PtAs<sub>2</sub>) ainoana platinam mineraalina ja eräitä palladiummineraaleja (Häkli *et al.* 1976). Menetelmien ja välineiden kehityttyä 24 vuodessa, otettiin näytteet uusia analyyseja varten nikkelikasteista ja kaivoksen esiintymän eri malmioista (kuva 3). Lisäksi otettiin kaksi kairausnäytettä, joista toinen oli arsenidipitoinen.



Kuva 3. Hituran esiintymän taso +350 ja näytteenottoapaikat eri malmioista. Selitykset: Punainen – nikkelimalmioita; Valkea – serpentiittimuodostumaa; Sininen viivoitus – Gneissejä; Ruskea rasteri – Tonalitteja; Keltainen rasteri – Pegmatiittijuonia.

Kari Kojonen johti tutkimuksia Geologian tutkimuskeskuksessa Espoossa. Näytteistä valmistettiin pintahieitä ja kiillotettuja ohuthieitä. Platinam mineraaliseparointeja varten seulottiin rikastenäytteistä fraktiot, ja näistä tehtiin hydroseparointi Dr. VLA-GEOLOGI 58 (2006)

dimir Knaufin johdolla NATI Research JSC:ssä Pietarissa. Espoossa näytteet tutkittiin optisella malmimikroskoopilla ja kiinnostavia rakeita kuvattiin digitaalisella videokameralla. Platinam mineraaleja haettiin kiillotetuista näytteistä käyttäen pyyhkäiselektronimikroskooppia (SEM) ja elektronimikroanalyysiaattoria (EPMA). Kokokivi- ja jalometallianalyysit tehtiin malmi- ja rikastenäytteistä. Huomattavaa oli, etenkin Hituran Itämalmin näytteessä, anomaaliset pitoisuudet: Re 313 ppb, Rh 184 ppb, Ru 130 ppb, Os 78 ppb ja Ir 237 ppb.

Malminäytteet olivat pirotealmia ja osaksi massiivista breksiamalmia. Malmimineraaleina oli magnettikiisua, pentlandiittia ja magnetiittia sekä mackinawiittia. Massiivisessa malmissa sulfidit muodostivat perusmassan. Magneettikiisu, pentlandiitti, kupariikiisu, kubaniitti ja mackinawiitti olivat pääasiälliset sulfidimineraalit ja grafiittia esiintyi osin runsaasti. Optisella mikroskoopilla ei pintahieistä löydetty platinam mineraaleja, mutta SEM-tutkimuksessa löydettiin yksi rae sperryliittia.

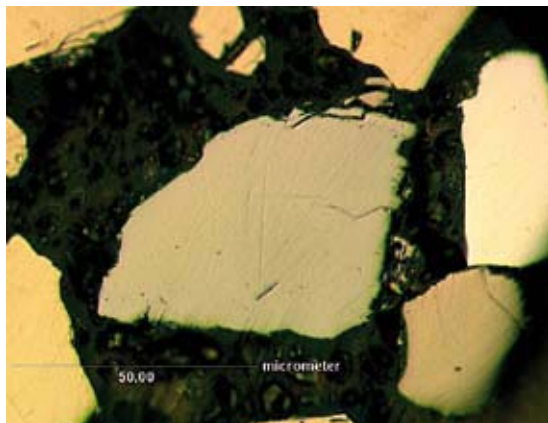
Pietarissa tehdyistä platinam mineraalirikasteista preparoitiin kiillotettuja pintahieitä, joista löytyi runsaasti platinam mineraaleja pentlandiitin, uraniitin, kassiteriitin, nikkeliinin, gersdorffitin ja arsenikiisun ohella. Haettaessa SEM:llä raskasmineraalirakeita näytepreparaatista löydettiin omina rakeinaan sperryliittia, micheneriittia, irarsiittia, tuntematonta Rh,Co,Ni-sulfarsenidia, kultaa, elekturumia, metallista vismuttia, pilseniittia, lyijyhohdetta, kassiteriittia, monatsiittia ja uraniiniittia. Elektronimikroanalyysiajoissa analysoitiin froodiittia, sperryliittia, irarsiittia ja metallista vismuttia. Runsaaimmin näytteessä esiintyivät sperryliitti sekä micheneriitti ja froodiitti. Muita raskasmineraaleja näytteissä olivat hollingworthiitti, tuntematonta Re,Os,Mo,Cu,Fe-sulfidi, lyijyhohde, altaiitti, parkeriitti, pilseniitti, vismutti sekä gersdorffiitit-kobolttihohde.

Vastaavasti enemmän nikkeliä sisältävien näytteiden platinarikasteissa oli runsaasti platinam mineraalirakeita. Enimmin esiintyvä mineraali oli sperryliitti. Lisäksi tavattiin froodiittia ja micheneriittia sekä irarsiittia, hollingworthiittia, elekturumia, vismuttia, altaiittia ja lyijyhohdetta. Karkeammasta fraktiosta havaittiin satoja platinam mineraalirakeita. Mikroanalyysaattorilla analysoiduista 200 rakeesta

oli 2 micheneriittiä, 1 froodiittiä, 1 irarsiittiä, 3 elektrumia, 7 gersdorffiitti-kobolttihohdetta ja loput sperryliittiä. Lisäksi analysoitiin irarsiittiä, hollingworthiittiä, tuntematonta Re,Os,Mo,Cu,Fe-sulfidia, kultaa, elektrumia, tellurovismuttia, hopeatelluridia, lyijyselenidiä, altaiittiä, arseenikiisua, gersdorffiittiä, pentlandiittiä ja magneettikiisua.

## Tuntematon Re,Os,Mo,Cu,Fe –sulfidi – Tarkianiitti

Platinam mineraalirikasteista löydetyn tuntemattoman sulfidimineraalin kaava on ideaalimuodossa  $(\text{Cu}, \text{Fe})(\text{Re}, \text{Mo})_4\text{S}_8$  (Kojonen *et al.* 2004). Se esiintyy näytteissä pentlandiitin ja sperryliitin kanssa. Mineraali (kuva 4) on polarisoidussa heijastuneessa valossa isotrooppinen ja sen väri on vaalean vihertävän ruskea. Vickers kovuusluku VHN15 on 537–584 ja se vastaa Mohs kovuutta 5.5–6. Mineraalilla on musta viiru, se on hauras ja lohkeilu on epäsäännöllistä. Joissakin rakeissa voi nähdä kuutiollisia kidemuotoja. Kanadan geologisessa tutkimuskeskuksessa tehdyssä röntgenmäärityksessä mineraali määritettiin kuuluvaksi kuutiolliseen avaruusryhmään (Kojonen *et al.* 2004) ja sillä on spinelli johdannainen kiderakenne (Tarkian *et al.* 1991).



Kuva 4. Tarkianiitti-rae kuvan keskellä.  
Kuva: K. Kojonen (GTK).

Geologian tutkimuskeskuksessa tehtyjen mikroanalyyseiden perusteella mineraalin keskiarvokoostumus painoprosenteina on Re 53.61, Mo 12.32, Cu 5.48, Os 0.84, Fe 0.59, Ni 0.08, Co 0.35, S

26.77, yht. 99.78 % (Kojonen ja Isomäki 2004). Tämä vastaa kaavaa

$(\text{Cu}_{0.83}\text{Fe}_{0.10}\text{Co}_{0.02}\text{Ni}_{0.01})_{0.96}(\text{Re}_{2.79}\text{Mo}_{1.22}\text{Os}_{0.04})_{4.03}\text{S}_{8.01}$   
atomien lukumäärään 13 perustuen. Mineraalin laskettu tiheys on 7.30 g/cm<sup>3</sup>.

Montanan Stillwaterista löydettyä sulfidia ei aiemmin hyväksytty uudeksi mineraaliksi riittämättömän kuvauksen vuoksi. Hituran löytöjen perusteella tämä voitiin tehdä ja mineraali nimettiin tarkianiitiksi (IMA 2003-004). Hituran näytteistä tehtyä pintahiettä, jossa on tarkianiit-tiraa, säilytetään Helsingin yliopiston Geologian museossa.

## Muut esiintymät

Reniumsulfideja on raportoitu eräiltä muiltakin kohteilta. Ehkä varhaisin reniumsulfidilöydös on tehty Ruotsissa kahdesta eri paikasta (Ekström ja Hälenius 1982). Ontarion Coldwell Complexista on löydetty vastaava sulfidi (Mitchell *et al.* 1989) ja Karjalan Lukkulaivaarasta on kuvattu myös reniumsulfidi (Barkov ja Lednev 1993). Peltonen *et al.* (1995) kuvasivat Vammalan Ekojoen Ni-Cu-esiintymästä sulfidin, jonka empiirinen kaava oli  $\text{Cu}_{1.02}(\text{Re}_{3.11}\text{Os}_{0.18}\text{Mo}_{1.59})_{4.88}\text{S}_9$ . Vaikka eri esiintymistä analysoidujen reniumsulfidien koostumuksissa on eroja, on oletettavaa, että kyseessä on sama mineraali. Rakeet ovat olleet niin pieniä, ettei niitä ole voitu määrittää IMA:n vaatimusten mukaisesti.

## Kiitokset

E erityisen kiitoksen ansaitsevat Robert M. Housley, Mineralogisen Museon Kuraattori (California Institute of Technology, Pasadena), jonka tekemä analyysi antoi alun perin syyn tutkia mineraalia, sekä erikoistutkija Kari K. Kojonen (Geologian tutkimuskeskus) kuten myös professori Mahmud Tarkian (Hampurin yliopisto). Kiitämme kaikkia muitakin mainittuja tutkijoita.

## Kirjallisuus

Barkov, A.Y. ja Lednev, A.I. 1993. A rhenium-molybdenum-copper sulfide from the Lukkulaivaara layered intrusion, northern Karelia, Russia. *European Jour-*

- nal of Mineralogy 5:1227–1223.
- Ekström, M. ja Hålenius, U. 1982. A new rhenium-rich sulfide from two Swedish localities. Neues Jahrbuch für Mineralogie-Monatshefte 1:6–10.
- Doran, J. 2005. Dayton scientist major player in mineral discovery. West Shore News, vol. 10, August 17, 2005.
- Häkli, T.A., Hänninen, E., Vuorelainen, Y. ja Papunen, H. 1976. Platinum-Group Minerals in the Hitura Nickel Deposit, Finland. Economic Geology 71:1206–1213.
- Kojonen, K. ja Isomäki, O-P. 2004. Tarkianiitti  $(\text{Cu,Fe})(\text{Re,Mo})_4\text{S}_8$  – uusi mineraali Hituran kaivoksesta. Materia 61(3):36–41.
- Kojonen, K.K., Roberts, A.C., Isomäki, O-P., Knauf, V. V., Johanson, B. ja Pakkanen, L. 2004. Tarkianite,  $(\text{Cu,Fe})(\text{Re,Mo})_4\text{S}_8$ , a new mineral species from the Hitura mine, Nivala, Finland. Canadian Mineralogist 42:539–544.
- Mitchell, R.H., Laflamme, J.H.G. ja Cabri, L.J. 1989. Rhenium sulfide from the Coldwell complex, northwestern Ontario, Canada. Mineralogical Magazine 53:635–637.
- Peltonen, P., Pakkanen, L. ja Johanson B. 1995. Re-Mo-Cu-Os sulphide from the Ekojoki Ni-Cu deposit, SW Finland. Mineralogy and Petrology 52:257–264.
- Tarkian, M., Housley, R.M., Volborth, A., Greis, O. ja Moh, G.H. 1991. Unnamed Re-Mo-Cu sulfide from the Stillwater complex, and crystal chemistry of its synthetic equivalent spinel type  $(\text{Cu,Fe})(\text{Re,Mo})_4\text{S}_8$ . European Journal of Mineralogy 3:977–982.
- Volborth, A. ja Housley, R.M. 1984. A preliminary description of complex graphite, sulphide, arsenide, and platinum group element mineralization in a pegmatoid pyroxenite of the Stillwater Complex, Montana, USA. Tschermarks Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 33:213–230.

**O-P. Isomäki**

päägeologi  
Hituran kaivos  
Outokumpu Mining Oy

**Alex Volborth**

emeritusprofessori  
Montana College of Mineral Science and  
Technology  
Butte, Montana, USA

---

## Suomen Stratigrafinen Komitea pyrkii edistämään kansallisen geologisen tietovarannon karttumista

MATTI RÄSÄNEN

Vuoden 2005 viimeisessä kokouksessa Suomen Kansallinen Geologian Komitea (SKGK), joka edustaa Suomea Kansainvälisessä Geologisten Tieteiden Unionissa (International Union of Geological Sciences), perusti alajaostokseen Suomen Stratigrafisen Komitean (SSK).

### SSK:n perustamisen syyt

Suomen geologisen tutkimuksen traditio on kohtuullisen pitkä, mutta pyrkimyksissä perustutkimuksellisen ja sovelletun kansallisen geologi- GEOLOGI 58 (2006)

logisen tietovarannon laadun ja tiedon käytön optimointiin on aina ollut ja on yhä reippaasti parantamisen varaa. Stratigrafinen komitea on perustettu edistämään ja tukemaan geologista tiedonkeruuta ja käyttöä ja sille on siten jo pitkään ollut ilmeinen tarve. Komiteaa on virallisesti yritetty perustaa aiemminkin mutta vasta nyt se on saatu tehdyksi.

Geologia on Suomessa perinteisesti käytännönläheinen tiede, minkä vuoksi alan tutkimus on laaja-alaisesti ollut käytännön tarpeita palvelevaa soveltavaa geologista tutkimusta. Tutkimuksessa