

SUOMEN MINERALOGINEN SEURA

SYYSSEMINAARI

TIIVISTELMÄKOKOELMA

TORSTAI 3.10.2024
OULUN YLIOPISTO
TELLUS STAGE



© Tapio Soukka



SUOMEN MINERALOGISEN SEURAN SYYSSEMINAARI, 3.10.2014, OULU



SGA
Baltic Student Chapter



**OHJELMA**

9:00 Aloitus ja kahvia		
9:00	Jussi Liipo	Seminaarin avaus Opening of the seminar
9:20	Marko Moilanen	Materiaalianalyysikeskus Centre for Material Analysis Research (CMA)
9:40	Jussi Liipo	Prosessimineralogia Metson Porin Tutkimuskeskuksessa Process Mineralgy at Metso Pori Research Center
10:00	Kari Strand	Kvantitatiivinen raskasmineraalianalyysi paljastaa sedimenttien provenanssit Quantitative heavy mineral analysis for revealing sediment provenanaces
10.40-11.30 Lounas		
11:30	Pekka Tuisku	Lapin mikrohippujen eli hengettömien todistusaineistoa kulta-hopeaseosten sekaantumattomuudesta Immiscibility of the Au-Ag-alloys, evidence from the micro-nuggets in Lapland
12:00	Tapio Halkoaho	Kirakkajuppuran platinametalliesiintymän malmimineralogia Penikkain kerrosintruusiossa Ore mineralogy of the Kirakkajuppura PGE-deposit in the Penikat layered intrusion
12:20	Tapio Soukka	Microstructures of the Platinum Group Mineral nuggets in the Finnish Lapland
12:40	Saara Malmi	The Shape Characterization of Talc and Mineralogy of the Haaponen Talc Deposit in Eastern Finland Haaposen talkkiesiintymän mineralogia ja talkin raemuodon määrittäminen
13.00-13.30 Tauko ja kahvia		
13:30	Akseli Torppa	Soveltavan mineralogian tutkimukset Oulun alueen autojen moottorivaurioiden selvittämisessä
13:50	Shenghong Yang	Overview for the progress of the HEU SEMACRET project
14:10	Pekka Tanskanen	Mineralogian soveltaminen metallurgisissa tutkimuksissa
14:30	Jussi Liipo	Kullan mineralogian suoramääritys Agnico Eaglen Kittilän rikastamolla On-line gold mineralogy at Agnico Eagle's Kittilä gold concentrator
14:50 Seminaarin päätös		
15:00 Lähtö vierailulle		



SYYSSEMINAARIN AVAUS

Suomen Mineraloginen Seura perustettiin toukokuussa 1957. Seuran perustajajäsenet olivat akateemikko ja Helsingin yliopiston geokemian henkilökohtainen ylimääräinen professori Thure Georg Sahama (1910–1983), Helsingin yliopiston geologian professori Urpu Soveri (1914–1984) ja Turun yliopiston geologian ja mineralogian professori Kaarlo Juhana Neuvonen (1918–2014). Seuran tarkoituksena on edistää mineralogista tutkimusta Suomessa sekä edustaa Suomea alan kansainvälisissä järjestöissä. Suomen Mineraloginen Seura onkin ollut koko ajan aktiivisesti mukana 1958 perustetun Kansainvälisen mineralogisen yhdistyksen (International Mineralogical Association, IMA) ja 1989 perustetun EMU:n (European Mineralogical Union) toiminnassa.

Mineralogia on yksi vanhimmista tieteenaloista ja sen merkitys on vain korostunut teknologian kehittymisen ja sähköistymisen myötä. Harva meistä voisi kuvitella elämää ilman kännyköitä ja tietokoneita.

Mineralogia määrittelee hyvin pitkälle kiven fysikaaliset ominaisuudet ja malmin mineralogialla on selvä yhteys sen metallurgiseen vasteeseen eli mikä on saavutettavissa oleva arvomineraalin saanti ja pitoisuus rikasteessa. Teollisuuden tarvitsemien kriittisten perus- ja akkumetallien hyödyntäminen, talteenotto ja kierrätys edellyttävät siis jalostettavien malmien syvällistä mineralogian tuntemusta. Malmit ja muut sekundääriset raaka-aineet pitää myös pystyä hyödyntämään entistä tarkemmin ja samalla pitää kehittää ratkaisuja sivuvirtojen hyödyntämiselle ja minimoida ympäristölle koituvat haitat. Osaltaan mineraloginen tutkimus voi auttaa löytämään ratkaisuja näihin haasteisiin.

Yksi mineralogian hienoimmista ominaisuuksista onkin, että pieniä asioita, kuten mineraaleja tai faaseja, voi mikroskoopilla tutkiessa tehdä havaintoja ja johtopäätöksiä, joilla on suuri vaikutus.

Kiitän lämpimästi kaikkia osallistujia ja etenkin luennoitsijoita, jotka mahdollistivat tämän seminaarin järjestämisen.

Lisäksi haluan kiittää Oulun yliopistoa ja Oulu Mining Schoolia mahdollisuudesta järjestää Suomen Mineralogisen Seuran syysseminaari Oulun yliopiston tiloissa, Tellus Stagella sekä Society for Geology Applied to Mineral Deposits (SGA) Baltic Student Chapter:ia syysseminaarin tukemisesta ja Nikolia kahvitusten järjestämisestä.

Jussi Liipo

Suomen Mineralogisen Seuran puheenjohtaja

[Suomen Mineraloginen Seura](#)

[Suomen Mineraloginen Seura | Facebook](#)





Materiaalianalyysikeskus

Marko Moilanen

Materiaalianalyysikeskus, Kaivannaisalan yksikkö (Oulu Mining School), Geotieteiden tutkimusryhmä

Oulun yliopiston Materiaalianalyysikeskus (MAKE, Centre for Material Analysis, CMA) kehittää ja tarjoaa mikro- ja nanoteknologian ja materiaalitieteen tutkimusympäristöjä ja niihin liittyviä analyysipalveluja. Monipuolinen ja moderni tutkimuslaitetekanta sekä puhdistila muodostavat korkeatasoisen tutkimusympäristön, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi geologian, metallurgian, mikroelektroniikan, kemian ja lääketieteen tutkimuksessa. Keskuksen tutkijat auttavat ja opastavat asiakkaita tutkimukseen liittyvien ongelmien ratkaisemisessa ja laitteiden käytössä. Materiaalianalyysikeskuksen tutkimuslaitteet ja puhdistila on tarkoitettu kaikkien Oulun yliopiston tutkimusryhmien käyttöön. Akateemisen tutkimuksen lisäksi myös yritykset ja muut tutkimusorganisaatiot voivat hyödyntää keskuksen tutkimusympäristöä omassa toiminnassaan.

Esimerkkejä eri palveluista ja analyysilaitteista: Mineralogiset, kuvaus ja analyysit pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (FESEM), mikroanalysaattorilla (FE-EPMA), läpäisyelektronimikroskoopilla (TEM), röntgendiffraktiolla (XRD ja SC-XRD) ja alkuainemääritykset röntgenfluoresenssilla (XRF). Erilaisten materiaalien (keraamit, metalliohutlevyt ja muovit) laserleikkaus. Mikropiirien korjauspalvelut ja TEM-lamella-näytteiden valmistusta ionisuihkutyöstölaitteistolla (FIB). Optisten ja mikroelektroniikan komponenttien valmistaminen ohutkalvomenetelmillä (PECVD, RIE, fotolitografia). Ohutkalvojen ominaisuuksien määrittäminen ellipsometrilla. Vaurioanalyysit akustisella mikroskoopilla, röntgenmikroskoopilla ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla. Pintakemiallinen analyysi röntgenfotoelektronispektroskopialla (XPS). Erilaiset NMR-spektroskooppiset menetelmät. Uutena materiaalitutkimusmenetelmänä atomitason tomografia (APT) tullaan ottamaan käyttöön tulevien vuosien aikana.



Process Mineralogy at Metso Research Center

Jussi Liipo
Metso

Metso Research Center in Pori is unique in the industry – its expertise in the minerals and metals processing value chain ranges from ores to finished metals and recycling. The research center was established in 1949, and since then it has been a part of the company's long-term research and development strategy.

The center's laboratories conduct tests on raw materials and the related production processes for Metso's customers. Current testing capabilities include ten laboratories and pilot plants. Annually, there are approximately one hundred research projects with more than 18 000 samples analyzed and 250 technical reports a year published for our customers. Over the decades, Metso Research Center has tested virtually all ore types in the world.

Metso Research Center employs nearly two hundred research and development professionals from more than 10 different nationalities. About fifty of them are process and technology development engineers, half of whom hold a doctorate level degree.

The laboratories employ more than one hundred professionals most of them working in three shifts specialized in building and maintaining test rigs and equipment, conducting the test work planned by the process development engineers, and analyzing samples taken from the tests.

There is a genuine need for continuous development of processes since ore deposits are becoming lower in grade and more difficult to utilize. The conventional methods are often insufficient to make them financially viable. Metso's research center supports customers in selecting and, if necessary, developing innovative solutions for the efficient and environmentally sustainable extraction of valuable minerals from raw materials. Developing novel solutions is supported by state-of-the-art mineralogical and analytical laboratories. Typical Metso's beneficiation development projects include evaluation of ore types, mineralogical characterization, feed material testing, sampling, materials selection, analytical chemistry, and flowsheet development. Metso Research Center's strengths are the ability to study the complete process from ore to the final metal.

[Metso - Partner for positive change - Metso](#)



Quantitative heavy mineral analysis for revealing sediment provenances

Kari Strand

Oulu Mining School, University of Oulu, Oulu, Finland

A quantitative evaluation of heavy minerals in sediments and sedimentary rocks has been coming increasingly useful in provenance studies as in-situ micro-analytical automated techniques have much developed. These techniques enable a quick identification those most useful rock-forming and ore minerals and quantify their relative abundances. In more advanced varietal analysis even trace and isotopic signals of single grains of a specific heavy mineral can be utilized in provenance studies and in determination of maximum depositional ages. All factors controlling the compositional modifications need to be always clarified when a parent rock transforms to a final deposit. The variation in chemical composition of individual heavy minerals, however, is the most valuable information in identifying parent rocks for the sediment, sampled from older sedimentary successions.

Quantitative provenance analysis (QPA) of late Pleistocene sediments provides critical data for evaluation of possible sediment pathways and source areas and in the Arctic, especially for consider deglaciation and ice sheet disintegration. Heavy minerals in coarse fractions can be examined to estimate locations of sedimentary source regions with a comparison to published mineralogical and geochemical data. Varietal mineral analysis has been utilized successfully for a retreat history of the southwestern sector of the Barents Ice Sheet by studying late glacial ice-rafted debris. The Fennoscandian, Spitsbergen and Barents Sea ice sheets behaved in a very dynamic way when these were disintegrated and multiple sources for ice drafting material is more that evident in the SW Barents Sea. On land setting there is critical to evaluate heavy mineral content of different diamict beds also for possible indications of a short-term oscillation of the ice sheet or for glaciofluvial reworking or glaciolacustrine intervals instead of just trying to determine major changes in directions of ice streaming. A field example comes from the Rautuvaara section in northern Finland where it seems that provenance changes for the late Pleistocene Scandinavian Ice Sheet are rather minimal, but intensive oscillation of ice sheet have occurred with deposition of distinct diamict beds and the preserved glaciolacustrine intervals between. Also, zircon dating has been successfully utilized to determine maximum depositional ages of the Paleoproterozoic sedimentary rocks with one example from the Lapland Belt, northern Fennoscandia. When mineral varieties in trace elements and isotopic tracers are combined with automated mineral analysis, a broader understanding can be reached in characterizing sediment provenances and for improving our capability to exploit natural resources and to understand environmental change.



Lapin mikrohippujen eli hengettömien todistusaineistoa kulta-hopeaseosten sekaantumattomuudesta ja hippujen alkuperästä

Pekka Tuisku

Useita tuhansia moreenin mikrokultahippuja Lapin kullanhuuhdonta-alueilta Lemmenjoelta, Ivalojoelta ja Roivaisesta tutkittiin malmimikroskoopilla, elektronimikroskoopilla, kuvantamis- ja analyysimenetelmillä. Alueen moreenipatjat saattavat olla kymmeniä metrejä paksuja ja niissä on useiden kuljetusvaiheiden ja jopa useiden jäätiköitymisvaiheiden sedimenttiainesta (Tuisku ja Peronius 2018). Moreenin mikrohiput ovat siten laaja ja kattava aineiston moreenin lähdealueiden kultamineralisaatioista. Hipuista tutkittiin sulkeumat sekä hippujen koostumus ja sen vaihtelut. Tässä keskitytään hippujen kulta- ja hopeapitoisuuksiin, niiden vaihteluun ja vaihtelun luonteenpiirteisiin.

Hippujen pintaosassa on tyypillisesti Au-rikkaampi keskimäärin noin 10µm leveä kehä. Se on selvempi Ag-rikkaammissa hipuissa ja terävärainen ja sen koostumus on melko vakio, noin 3 mol% Ag:a. Vaikka kehä on syntynyt rapautumisen aikana viittaavat em. ominaisuudet vahvaan sekaantumattomuuteen alhaisessa lämpötilassa (30–40°C). Vaikka kehä syntyi rapautumisen seurauksena, sen luonnetta kontrolloisi siis sekaantumattomuus enemmän kuin uuttuminen ja siihen liittyvä diffuusio.

Useissa yksi- tai monirakeissa hipuissa esiintyy erityylistä kulta-hopeasuhteen vaihtelua. Joissain hipuissa on selkeästi erillisiä Au-Ag-suhteeltaan erilaisia rakeita, toisissa suhde vaihtelee vyöhykkeittäin ja joissain on sekä vyöhykkeistä vaihtelua että erillisiä Au-Ag-suhteeltaan erilaisia rakeita. Nämä sekä homogeenisten hippujen esiintyminen osoittavat hippujen syntyneen erilaisissa kiteytymis- ja/tai jäähtymisololoissa, jolloin syntyi homogeenisia hippuja, vyöhykkeisiä rakeita esim. spinoidisen erkaantumisen kautta ja erillisiä rakeita nukleaation kautta. Hippujen ja keskenään esiintyvien kiteiden vaihtelu viittaa siihen, että kiderakenteelliset ominaisuudet, esimerkiksi järjestys-epäjärjestyssuhteet ja kiderakenne-erot kontrolloivat kiteiden syntyä ja ne ovat syntyneet huomattavasti eroavissa olosuhteissa, etenkin lämpötilassa.

Edellä kuvattu osoittaa, että hiput ovat lähtöisin hyvin erilaisista kulta(hopea)mineralisaatioista mahdollisesti hyvinkin laajalta alueelta. Myös hippujen sulkeumamineralogia tukee tätä selkeästi. Yksittäisten kallioperän kultaesiintymien tutkimisella em. seikkoja olisi hyvin työlästä, ellei jopa mahdotonta selvittää.

Kiitokset:

Tutkimuksen rahoitti K.H. Renlundin säätiö.

Viite:

Tuisku, P. ja Peronius, A., 2018, Lapin irtokullan alkuperästä (with English summary: On the origin of the placer gold deposits in Lapland). *Geologi* 70, 156-185.



Immiscibility of the Au-Ag-alloys, evidence from the micro-nuggets in Lapland

Pekka Tuisku

Au micro nuggets were sluiced from till, which was derived from preglacial weathered bedrock and reworked preglacial eluvial and alluvial deposits at Lapland placer gold areas Lemmenjoki, Ivalojoki and Roivainen. Till beds may be tens of meters thick and were generated by several differently oriented ice flow periods or even several glaciation events (Tuisku ja Peronius 2018). The micro nuggets thus represent a large geographic area of bedrock Au deposits or mineralizations.

The nuggets were studied by stereo and ore microscope as well as scanning electron microscope and analyzed by EDS and WDS. Especially Ag-rich nuggets typically have about 10µm thick Au-rich rim generated by kaolinitic and lateritic weathering environment in tropical or subtropical climate during Triassic hothouse around 250 Ma ago. The sharp boundary between the rim and the host grain as well the constant Ag-content around 3 mol% in the rim suggests that the immiscibility between the Ag-poor and Ag-rich gold at around 30-40 °C controlled its generation, rather than diffusion.

Internal variation in silver-gold ratios was found both in mono and polycrystalline nuggets. Some nuggets were composed of homogeneous sub grains with distinctly different gold-silver ratios while in other nuggets remarkable intracrystalline zoning was observed. In some nuggets both intracrystalline zoning and variable homogeneous sub crystals were met with. Many nuggets, however, were homogeneous over a wide range of gold-silver ratio. The observation suggest that the nuggets represent Ag-Au alloys formed in different environment, most importantly different temperature of formation. The wide composition range within homogeneous nuggets suggests crystallization over solvus in high temperature or near endmember/intermediate member phase composition fields. Contrary, nuggets with distinctly different alloy compositions in sub crystals and zoned crystals suggest possible spinodal decomposition, zoning with decreasing temperature and nucleation and growth in different regions of lower temperature immiscibility fields. The coexistence of crystals with atomic Ag-Au-ratios 1:3 and 1:1 and on the other hand crystals with atomic Ag-Au ratios 2:1 and 1:2 suggests that Ag-Au alloys are not always isometric face centered but some alloys belong to different crystal systems and there might be considerable difference immiscibility fields between different systems, and they also behave thermodynamically differently.

The observation also show that the nuggets represent considerably different crystallization temperatures and considerably different silver gold ratios in ore forming mediums. Thus, the nuggets were possibly derived from large region and different ore/mineralization types which has important consequences for ore prospecting and ore geological research in general.

Reference:

Tuisku, P. ja Peronius, A., 2018, Lapin irtokullan alkuperästä (with English summary: On the origin of the placer gold deposits in Lapland). *Geologi* 70, 156–185.



Kirakkajuppuran platinametalliesiintymän malmimineralogia Penikkain kerrosintruusiossa

Tapio Halkoaho
Geologian tutkimuskeskus GTK

Penikkain kerrosintruusio sijaitsee Pohjois-Suomessa Simon ja Tervolan kuntien alueella, n. 70 km Napapiiriltä etelään. Se kuuluu epäjatkuvaan, n. 300 km pituiseen varhaispaleoproterotsooiseen kerrosintruusiovyöhykkeeseen, joka alkaa Ruotsista ja jatkuu Koillismaan Näränkävään kautta Venäjän Oulangan kerrosintruusiokompleksille saakka. Penikkain kerrosintruusion ikä on n. 2 440 miljoonaa vuotta, ja se on 23 km pitkä sekä 1,5–3,5 km leveä. Intruusio sisältää Sompujärven, Ala-Penikan ja Paasivaaran platinametalliesiintymät.

Intruusion pohjoispäässä Kirakkajuppuran alueella Sompujärven platinametalliesiintymä on poikkeuksellisen platinaryhmänmetallirikas. 1980-luvulla Sompujärven esiintymä oli yksi Outokumpu Oy:n PGE-etsintäprojektin pääkohteista. Kirakkajuppuran esiintymä paikannettiin vuonna 1984, kartoitettiin ja kairattiin 1985–1986 sekä louhittiin 1987–1988. Kirakkajuppuran päämalmia louhittiin yhteensä 2 342 tonnia keskipitoisuudella: 12,23 ppm Pt, 29,72 ppm Pd, 1,14 ppm Rh ja 0,2 ppm Au. Lisäksi erillisestä pienestä ja köyhemmästä Kuprikan esiintymästä louhittiin malmia n. 200 tonnia. Sivukiveä louhittiin n. 53 500 tonnia. Korkein PGE-pitoisuus analysoitiin Outokummun Geoanalyttisen Laboratorion (GAL) fire assay -menetelmällä 18 cm pitkästä metapyrokseeniittisestä kairasydännäytteestä, joka sisälsi 501 ppm Pt, 1 350 ppm Pd, 58,2 ppm Rh ja 12 ppm Au.

Kirakkajuppuran esiintymän perusmetallisulfidimineraalien määrä on alhainen, mutta platinaryhmän mineraalien kirjo on laaja. Platinaryhmän mineraaleista Kirakkajuppuran esiintymästä tavataan mm. vysotskiitti-braggiittia ($\text{PdS}-(\text{Pt}, \text{Pd}, \text{Ni})\text{S}$), zvyagintseviittia (Pd_3Pb), lauriitti-erlichmaniittia ($\text{RuS}_2-\text{OsS}_2$), irarsiitti-hollingworthiittia ($\text{IrAsS}-\text{RhAsS}$), keithconniittia ($\text{Pd}_{20}(\text{Te}, \text{Bi})_7$), lyijypitoista keithconniittia ($\text{Pd}_{20}(\text{Te}_6\text{Pb})$), kuprorhodosiittia ($(\text{Cu}, \text{Fe})\text{Rh}_2\text{S}_4$)–malaniittia ($\text{Cu}(\text{Pt}, \text{Ir}, \text{Rh})_2\text{S}_4$), kuproiridsiittia (CuIr_2S_4), konderiittimaisia ($\text{Cu}_3\text{Pb}(\text{Rh}, \text{Pt}, \text{Ir})_8\text{S}_{16}$) Pb-(Pd)-rikkaita sulfidisia kiinteä liuoksia ($(\text{Cu}+\text{Fe}+\text{Pb}+\text{Ni})(\text{Rh}+\text{Ir}+\text{Pd}+\text{Pt}+\text{Co})_2\text{S}_4$), sperryliittia (PtAs_2), skaergaardiitti–hongshiittia ($(\text{Pd}, \text{Pt})\text{Cu}$) sekä Pd-Pt-Cu-lejeerinkejä. Lisäksi tavattiin nimeämättömiä mineraaleja: Pd_7PbO_8 , $\text{Rh}(\text{Ni}, \text{Fe}, \text{Cu})_2\text{S}_3$ ja $\text{Pd}_5(\text{As}, \text{Te}, \text{Sn}, \text{Pb})_2$. Edellä mainittujen lisäksi löydettiin ja kuvattiin uusi platinaryhmän mineraali laflammeiitti ($\text{Pd}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$). Toistaiseksi laflammeiittia ei ole löydetty muualta maailmasta. Sillä on parkeriittityyppinen ($\text{Ni}_3(\text{Bi}, \text{Pb})_2\text{S}_2$) rakenne. Se esiintyy yksittäisinä $\leq 0,3$ mm pituisina levymäisinä omamuotoisina, osittain omamuotoisina ja harvoin vierasmuotoisina kiteinä. Kiteillä on täydelliset lohkorat ja mineraali muodostaa yhteenkasvettumaisia sekarakeita vysotskiitti-braggiitin kanssa. Laflammeiitti on läpinäkymätön, kermanvärinen ja sillä on ruskehtava sävy ilmassa heijastuneessa valossa. Anisotropia on heikko, ruskehtavan harmaasta harmaanruskeaan. Kaksoisheijastus on heikkoa ja pleokroismia ei havaittu.

Kirakkajuppuran esiintymän on oletettu syntyneen tehokkaan hydrotermisen uudelleenmobilisaation seurauksena. Sopivissa olosuhteissa platinaryhmän mineraalit saostuivat ja muodostui erittäin vähärikkinen ja platinametalleista rikastunut esiintymä. Esiintymässä on kuitenkin myös piirteitä, jotka eivät tue tätä teoriaa. Kirakkajuppuran esiintymän synty vaatii siis edelleen tutkimista.

Viite: Geologi 3/2024 (geologinenseura.fi)



Ore mineralogy of the Kirakkajuppura PGE-deposit in the Penikat layered intrusion

Tapio Halkoaho

Geological Survey of Finland GTK

The Penikat layered intrusion is in the northern Finland in the municipalities of Simo and Tervola, about 70 km south of the Arctic Circle. It belongs to a discontinuous, about 300 km long Early Palaeoproterozoic layered intrusion belt, which starts in Sweden and continues through Näränkävää in Koillismaa to the Oulanga layered intrusion complex in Russia. It is about 2,440 million years old, 23 km long and 1.5–3.5 km wide. The intrusion contains three significant platinum metal deposits: Sompujärvi, Ala-Penikka and Paasivaara PGE-deposits.

The very northern part of the intrusion, the Kirakkajuppura area of the Sompujärvi platinum metal deposit is exceptionally rich in platinum group metals. In the 1980s, the Sompujärvi deposit was one of the main targets of Outokumpu Oy's PGE exploration project. The Kirakkajuppura deposit was located in 1984, mapped and drilled in 1985-1986 and mined in 1987-1988. A total of 2,342 tons of Kirakkajuppura main ore was mined with an average concentration of: 12.23 ppm Pt, 29.72 ppm Pd, 1.14 ppm Rh and 0.2 ppm Au. In addition, about 200 tons of ore was mined from the separate, smaller and poorer Kuprikka deposit. About 53,500 tons of waste rock were mined. The highest PGE-concentration was analyzed, using Geoanalytical Laboratory of Outokumpu (GAL) fire assay method, from an 18 cm long metapyroxenitic drill core sample containing 501 ppm Pt, 1,350 ppm Pd, 58.2 ppm Rh and 12 ppm Au.

The amount of base metal sulphide minerals in the Kirakkajuppura deposit is low, but the spectrum of platinum group minerals is wide. Of the platinum group minerals, the Kirakkajuppura deposit includes, for example, vysotskite-braggite ($\text{PdS}-(\text{Pt}, \text{Pd}, \text{Ni})\text{S}$), zvyagintsevite (Pd_3Pb), laurite-erlichmanite ($\text{RuS}_2-\text{OsS}_2$), irarsite-hollingworthite ($\text{IrAsS}-\text{RhAsS}$), keithconnite ($\text{Pd}_{20}(\text{Te}, \text{Bi})_7$), lead-rich keithconnite ($\text{Pd}_{20}(\text{Te}_6\text{Pb})$), cuprorhodsite ($\text{Cu}, \text{Fe})\text{Rh}_2\text{S}_4$)-malanite ($\text{Cu}(\text{Pt}, \text{Ir}, \text{Rh})_2\text{S}_4$), cuproiridsite (CuIr_2S_4), chondritic ($\text{Cu}_3\text{Pb}(\text{Rh}, \text{Pt}, \text{Ir})_8\text{S}_{16}$) Pb-(Pd)-rich sulfide solid solutions ($(\text{Cu}+\text{Fe}+\text{Pb}+\text{Ni})(\text{Rh}+\text{Ir}+\text{Pd}+\text{Pt}+\text{Co})_2\text{S}_4$), sperrylite (PtAs_2), skaergaardite-hongshite ($(\text{Pd}, \text{Pt})\text{Cu}$) and Pd-Pt-Cu alloys. In addition, unnamed minerals were found: Pd_7PbO_8 , $\text{Rh}(\text{Ni}, \text{Fe}, \text{Cu})_2\text{S}_3$ and $\text{Pd}_5(\text{As}, \text{Te}, \text{Sn}, \text{Pb})_2$. In addition to the above, a new platinum group mineral laflammeite ($\text{Pd}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$) was discovered and described. So far, laflammeite has not been found anywhere else in the world. It has a parkerite-type ($\text{Ni}_3(\text{Bi}, \text{Pb})_2\text{S}_2$) structure. It occurs as single ≤ 0.3 mm long plate-like euhedral, subhedral and rarely anhedral crystals. The crystals have perfect cleavage and the mineral forms intergrown mixed grains with vysotskite-braggite. Laflammeite is opaque, cream-colored, and has a brownish tint in air-reflected light. Anisotropy is weak, from brownish gray to greyish brown. Bireflectance is weak, and no pleochroism was observed.

The Kirakkajuppura deposit has been assumed to have arisen as a result of effective hydrothermal remobilization. Under suitable conditions, the platinum group minerals precipitated and a very low-sulfur and platinum-rich deposit was formed. However, there are also features in the deposit that do not support this theory. The origin of the Kirakkajuppura deposit therefore requires further investigation.

Reference:

Geologi 3/2024 (geologinenseura.fi)



Microstructures of the Platinum Group Mineral nuggets in the Finnish Lapland.

Soukka, T.^{1,2}, Tuisku, P.², Moilanen, M.^{1,2}, Jaskari, M.^{1,3}, Ranta, J.P.²

1 Centre for Material Analysis, University of Oulu, Finland

2 Oulu Mining School, University of Oulu, Finland

3 FMT-Research group, Kerttu Saalasti Institute, University of Oulu, Finland

Platinum group mineral (PGM) nuggets have been excavated from gold panning areas as a side product in Finnish Lapland. However, source of these nuggets and their genesis are still poorly understood. In this study, detailed mineralogical study was conducted to collected nuggets in order to reveal their mineral paragenesis and favourable source rocks. Most important PGM's are isoferroplatinum and sperrylite. The aim of this work was to analyse inclusions and surface from isoferroplatinum grains and use them as a proxy for their source. Additional aim for this study was methodological development of studying PGM's at micro- and nanoscale.

Samples were obtained from Lemmenjoki and Ivalojoiki gold panning areas from local gold panners. Polished sections were prepared from the heavy mineral samples. A total of 50 platinum group mineral grains were examined FE-SEM. A total of 1000 inclusions were analysed. Electron backscatter diffraction technique combined with EDS (EBSD-EDS) was employed using JEOL JSM-7900F FESEM equipped with Oxford instruments Symmetry EBSD and Oxford EDS detector. Combined EBSD-EDS mapping was made from 10 nuggets. More detailed nanoscale and structure studies were carried out from one Pt-Cu nugget. Total of 4 FIB-lamellaes and one cube was prepared by FIB-SEM. Cube was studied by Bruker SC-XRD for reveal Pt-Cu mineral structure. FIB-lamellaes were studied with JEOL TEM for nanoscale studies. 22 different PGM minerals and alloys were identified from the samples. The most common inclusions were Ru-Os disulphides laurite and erlichmanite, which form zonal inclusions within the isoferroplatinum. The next most common minerals were PGE-sulfarsenides with irarsite being the most common. Rhodarsenide and hollingworthite occur as a smaller inclusion in the rutenium alloys and irarsite. Ru-Os-Ir alloys occur as small inclusions in the grain interiors. From the thiospinel group, cuproiridsite-malanite occurs in grain boundaries and as inclusions. Pt-Pd-Au-Cu mixtures appeared as their own grains. Pt-Fe-Cu mixtures appeared as inclusions and at the margin of isoferroplatinum. Isoferroplatinum nuggets contained silicate inclusions. Most common these were quartz, plagioclase and kaolinite. Some multiphase silicate inclusions were present also.

EBSD map from the studied Pt-Cu minerals showed multiple grains and structure of that was studied from one of the grains. Hongshite was concentrated more in grain boundaries of Pt₂Cu mineral. EBSD mapping showed that most of isoferroplatinum nuggets are single crystals while the Pt-Cu nuggets contain multiple crystals.

We suggest that the Os-Ir-Ru alloys, laurite-erichmanite minerals were formed at high temperature magmatic systems. As the temperature decreased, crystallographically oriented cuproiridsite, kashinite exsolutions formed. In late-magmatic and hydrothermal event, PGE-sulfarsenides, atokite, cooperite and sperrylite inclusions were developed. Nuggets were affected by later weathering processes, which formed secondary platinum, kaolinite and rutile in surfaces.



The Shape Characterization of Talc and Mineralogy of the Haaponen Talc Deposit in Eastern Finland

Saara Malmi
University of Oulu

Talc is widely used in a range of applications (e.g., fillers, cosmetics, and plastics) due to its various chemical and physical properties. Size, shape, and surface properties of particles affect these properties and coincidentally, the behavior of particles in different settings including mineral processing. Whilst various studies have been made on talc and its properties, the connection between the morphology of talc and macroscopic features, such as the overall texture of talc deposit, needs further attention.

To assess the possibility of using macroscopic features to estimate the grain shape and size of talc in the deposit, and to determine possible mineralogical aspects that affect the mineralogy of talc, a total of 27 talc concentrates, and 24 thin sections from the Haaponen talc deposit, located at Suomussalmi municipality near Saarijärvi in the northern parts of Archean Tipasjärvi- Kuhmo- Suomussalmi greenstone complex in eastern Finland, were studied.

The mineralogy and the properties of talc were determined from the thin sections utilizing an optical microscopy and electron probe microanalyzer (EPMA). The particle characterization is determined from the talc concentrates using dynamic image analysis (DIA) and sedimentation method. The obtained measurements were then combined with measurements from previous studies obtained by laser diffraction method. The particle size distribution results of talc concentrates were compared to the properties observed in 9 thin sections, which were prepared from corresponding drill cores and depths as talc concentrates.

Grain size values obtained by sedimentation method better represented the grain size variation observed in thin sections. No singular macroscopic feature (e.g., the size of carbonate porphyroblasts) can easily be used to predict the grain size or shape of talc, though they can give insight into the mineralogy, chemical composition, and the color of talc in the deposit. Additionally, certain features such as slightly elongated carbonate grains in weakly schistose samples can assist in determining more precisely the zone at which different textures change. The shape and size of talc varies in different texture types, which is also noticeable from the particle size distribution data. Although the properties of talc cannot be easily associated with a certain feature(s), the overall texture could potentially be used to estimate the particle shape and size within the deposit.



Soveltavan mineralogian tutkimukset Oulun alueen autojen moottorivaurioiden selvittämisessä

Akseli Torppa
Geological Survey of Finland GTK

2000-luvulla alettiin havaita, että Oulun alueella autojen jakohihnat hajoavat epätavallisen usein aiheuttaen kalliita moottoriremontteja. Autoalalta saadut tiedot osoittivat, että ilmiö ei ole automerkkikohtainen eikä sitä ole kuvattu merkittävästi muista kaupungeista. Aikaisemmissa selvityksissä on tehty havainto, että Oulun alueella autojen jakopääkoteloissa tavataan poikkeuksellisen runsaasti punaista pölyä, jonka yhteyttä jakopäävaurioihin on pidetty todennäköisenä.

Tutkimuksessa asetimme Oulun alueen moottorivaurioiden selvittämiselle kaksi reunaehto: 1) Jakopääongelman syy on paikallinen, ja yleiset tekijät kuten ilmasto, tiesuolaus tai alueellinen geologia voidaan sulkea pois, koska ongelmaa ei ole havaittu laajasti muissa vastaavissa ympäristöissä, 2) Jakopäävaurioihin liittyvä hammasrattaiden kulumisen on abrasiivista eikä esim. korroosiosta johtuvaa, koska jakopäät eivät ole Oulussa tavanomaista ruostuneempia ja hammasrattaissa näkyy merkkejä hiovasta kulumisesta. Tutkimuksessa selvitimme laajan näytteenoton, mineraali- ja materiaalianalytiikan, sekä jakopääkoneistojen mekaanisten rasituskokeiden avulla, mikä autonmoottoreihin kertyvä hiova materiaali aiheuttaa niiden ennenaikaisen kulumisen ja rikkoutumisen. Tutkimusta varten kerättiin näytteitä autojen moottoreihin kertyneestä pölystä Oulun alueella sekä vertailunäytteitä pääkaupunkiseudulta. Lisäksi Oulun alueella toteutettiin kolme laajaa katupölynäytteiden keräyskampanjaa. Kerätyt pöly- ja kiviainesnäytteet tutkittiin GTK:n mineralogian laboratorioissa FE-SEM elektronimikroskoopilla ja MLA-mittausohjelmistolla. Lisäksi käytettiin XRD- ja μ XRF-analytiikkaa. Analyysien perusteella Oulun alueen autojen moottorituloista kerätyt pölynäytteet eroavat pääkaupunkiseudulta kerätyistä vertailunäytteistä kahdella tavalla: 1) Kaikissa Oulun autojen näytteissä esiintyy ferrokromikuonaa 1–10 %. Pääkaupunkiseudun autoissa ei yksittäisiä hiukkasia lukuun ottamatta esiinny ferrokromikuonapölyä. 2) Oulun alueella jakopääkoteloiden sisältä otetuissa näytteissä rautaoksidipölyä on tyypillisesti >40 %, pääkaupunkiseudulla <10 %.

Jakopäiden kulumista pölyaltistuksessa tutkittiin Oulun yliopistossa rakennetuilla testilaitteilla. Testeihin valmistettiin testipölyjä, joiden raekokojakaumat vastasivat autojen moottoreista analysoituja pölyjä. Testipölyt valmistettiin ferrokromikuonasta, granodioriitista, mafisesta vulkaniitista ja kiilleliuskeesta, jotka ovat Oulun alueella käytettyjä asfaltin kiviaineksia. Testitulokset osoittivat ferrokromikuonapölyn voimakkaan abrasiivisuuden verrattuna tavanomaisista luonnonkiviaineksista valmistettuihin mineraalipölyihin. Kulumisnopeudet ferrokromikuonapölyllä olivat keskimäärin noin 25-kertaiset verrattuna muihin testattuihin pölyihin. Kuonapölyn aiheuttaman hammasrattaiden kulumisen seurauksena testikaappeihin myös muodostui runsaasti punaista rautaoksidipölyä. Testitulosten ja mineralogisten analyysien perusteella ferrokromikuonapöly on erityisen tehokas hiova materiaali sen kovuuden ja partikkeleiden teräväsärmäisten sirpalemaisten pinnanmuotojen vuoksi.



Tutkimustulosten perusteella Oulun alueen autojen jakopäiden ennen aikainen kuluminen ja rikkoutuminen aiheutuu kuona-asfalttien kulumisesta peräisin olevan erittäin abrasiivisen katupölyn kuluttaessa auton jakopään hammasrattaita. Autojen jakopäistä kuvattu punainen pöly on rautaoksidia, jota muodostuu kuonapölyn kuluttaessa hammasrattaita. Ferrokromikuonaa esiintyy katupölyssä koko Oulun alueella, ja suurimmat pitoisuudet mitattiin tieosuuksilla, joilla kuonamurskeen osuus asfaltin kiviaineksista on suuri. Kuonapölyä esiintyy muutamia prosentteja myös niillä mittauspisteillä, joissa ei ole käytetty kuonamursketta asfalteissa.

Tutkimuksemme osoittaa, kuinka tärkeää on kehittää tieteiden välisiä tutkimusmenetelmiä ja kasvattaa soveltavan mineralogian selvitysten osuutta, kun arvioidaan kiertotalouden mineraaliperäisten materiaalien pitkäaikaiskestävyyttä ja laatua loppukäyttökohteissa.



Overview for the progress of the HEU SEMACRET project

Shenghong Yang^{1*}, Gianluca Fiandaca², Matthew Jackson³, Ville Virtanen⁴, Isla fernandez⁴, Jian Chen², Francesco Dauti², Andrea Viezzoli⁴, Pertti Sarala¹, John Carranza⁵, Vojtěch Wertich⁶, Moisis K¹, Malcolm Aranha¹, Kozlovskaya E¹, SEMACRET consortium

1 Oulu Mining School, University of Oulu, Oulu, Finland

2 University of Milan, Milan, Italy

2 Department of Earth Science & Engineering, Imperial College of London, London, UK

3 Institut des Sciences de la Terre d'Orléans, UMR 7327, CNRS/Université d'Orléans/BRGM, Orléans, France

4 Gaia Exploración, Valverde del Camino, Spain

5 Geology Department, University of the Free State University, South Africa

6 Czech Geological Survey, Leitnerova, Czech Republic

The SEMACRET project aims to develop socially, and environmentally responsible exploration means for green transition (Critical) Raw Materials (CRMs) hosted by ultramafic-mafic orthomagmatic mineral systems. The primary focus includes refining ore deposit model following the mineral systems approach, optimising regional-scale exploration targeting, and integrating solutions to target ore bodies efficiently on the local scale.

The mineral systems approach includes analysis of the magma sources, modelling the pathways magma transport system and metal sink mechanisms. There is controversy on the source mantle of the large volumes of mafic-ultramafic magma. A database of isotope geochemistry of large igneous provinces with ages spanning from Archean to Paleozoic is being created. Preliminary results show that most large igneous provinces and mafic intrusions have chondritic or positive γ Os isotope composition, especially for the most primitive rocks. This indicates that the contribution of the sub-continental lithospheric mantle (SCLM) is insignificant, and the major mantle source is from plume or asthenospheric mantle. This inference is further supported by geochemical and thermodynamic modelling of plume magmatism in Fennoscandia (Guo et al., 2023). Pathways architecture is being modelled through mathematical modelling, which supports magma underplating and intermediate magma chambers. The process of magma contamination and assimilation is studied using petrological analysis and thermodynamic simulations, investigating the effects of magma contamination on ore deposition, especially triggered by the assimilation of anhydrite and black shale. High-temperature experimental studies are being conducted to explore the interaction between sulphur-bearing rocks and magma (see details in the same volume of Virtanen et al., 2024).

Regional exploration targeting of orthomagmatic mineral deposits involves the compilation of mineral system models for Ni-Cu-rich conduit type and PGE-Cr-rich layered mafic intrusion systems, supplemented by the insights gained from geological modelling. We try to apply new deep penetration geodata as predictor proxy in the modelling. These predictor maps are then integrated using a knowledge-driven approach to generate prospectivity maps. Please see the detailed result from Aranha et al. (2023).



Local-scale exploration focuses on creating an integrated solution that combines innovative methods to identify high potential areas at the local deposit scale to be applied in brownfield exploration. We develop innovative geophysical inversion methods and explore optimised solutions combining different methods for different mineralisation styles. These include 3D inversion for electromagnetic data of sulfide ores; extracting induced polarization (IP) signal from EM data, and joint inversion of EM and IP; combining audiomagnetotelluric (AMT) and full tensor magnetic gradiometry (FTMG) to better constrain the deep occurrence of oxide ores; using passive seismic to constrain the local structure and surficial geochemical data interpretation. New and improved algorithms have been developed for the processing EM and IP data, as QGIS plugins.

Novel environmentally friendly surficial geochemistry tools based on upper soil horizons and plant geochemistry are being explored. Data processing, compositional data analysis and interpretation are currently ongoing.

References:

Aranha M, Yang SH, Kozlovskaya E, Sarala P, Silvennoinen H (2024) Regional scale prospectivity analysis of northern Finland for CRMs hosted in ultramafic-mafic orthomagmatic deposits. Geodays abstract, pp

Guo FF, Guo FF, Maier WD, Heinonen JS, Hanski E, Vuollo J, Barnes SJ, Lahaye Y, Huhma H, Yang S (2023) Geochemistry of 2.45 Ga mafic dykes in northern Finland: Constraints on the petrogenesis and PGE prospectivity of coeval layered intrusions. Lithos 452, 107206. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2023.107206>

Virtanen VJ, Höytiä H, Iacono-Marziano G, Yang SH, Moilanen M, Törmänen T (2024) From the mantle source to crustal sink: petrogenesis and sulphide saturation of the Central Lapland Greenstone Belt komatiites, Finland. Geodays abstract, pp



Mineralogian soveltaminen metallurgisessa tutkimuksessa

Pekka Tanskanen

Oulun yliopisto, Prosessimetallurgian tutkimusyksikkö

Prosessimetallurgia on ala, joka tutkii metallien, kuten raudan, teräksen ja värimetallien valmistusprosesseja. Tutkimukseen kuuluvat myös prosessissa tarvittavien pelkistimien, kuten koksen ja biohiilen, ja metallien valmistuksen ympäristövaikutuksiin ja metalliteollisuuden kiertotalouteen liittyvä tutkimus.

Oulun yliopiston prosessimetallurgian tutkimusyksikön tutkimus kattaa metallien pyrometallurgiset valmistusprosessit sekä muut korkealämpötilaprosessit keskittyen erityisesti raudan, terästen ja ferroseosten valmistukseen tiiviissä yhteistyössä alan yritysten kanssa. Tällä hetkellä keskeisenä painopisteenä ovat erityisesti metallien valmistuksen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen sekä kiertotalouden hyödyntäminen metallien valmistuksessa.

Mineralogian näkökulmasta katsottuna merkittävin pyrometallurgisen tutkimuksen kohde on raaka-aineiden ja niiden käyttäytymisen tutkiminen metallinvalmistusprosessien eri vaiheissa, ja niihin liittyvä kokeellinen tutkimus joko materiaalin tai sen jalostukseen käytettävän prosessin operoinnin optimoimiseksi. Mineralogian lisäksi työssä hyödynnetään usein sekä metamorfisen että magmapetrologian ilmiöitä ja osaamista.

Käytettävien mineraalisten malmirikasteiden käyttäytyminen tietyssä hapettavassa tai pelkistävässä korkealämpötilaprosessissa voidaan ajatella olevan nopeutettu ja kontrolloitu metamorfoosi, jossa alkuperäisen kiteinen materiaali muuttuu uusien olosuhteiden vaikutuksesta toisenlaisen faasikoostumuksen (mineraalikoostumuksen) omaavaksi materiaaliksi. Merkittävimmät muuttujat ovat lämpötila ja kaasufaasin koostumus. Prosessiin voi liittyä myös osittaissulamista (anateksis) ja tyypillisesti materiaali sulatetaan kokonaan, jolloin tavoiteltu metalli ja pelkistymättömät oksidit sisältävä silikaattinen kuona saadaan erilleen toisistaan. Metallisula tarvitsee usein vielä laadullista jatkojalostamista (ns. sekundäärimetallurgia) yhdessä tai useammassa vaiheessa. Lopuksi metallisula valetaan kiinteäksi, kiteiseksi kappaleeksi (aihioksi), josta voidaan esimerkiksi valssausprosesseilla muokata erilaisia metallituotteita, kuten teräslevyjä ja -nauhaa.

Kuonasula sen sijaan kaadetaan yleensä sellaisenaan kuonapenkkaan (ilma)jäähtymään, jolloin se suhteellisen hitaasti jäähtyessään muodostaa kokonaan kiteisen materiaalin. Jotkut kuonat puolestaan jäähdytetään nopeasti vesisuihkulla (granulointi), jolloin muodostuu rakenteeltaan vaihtelevan amorfista, hiekkamaista kuonaa. Kuonan tulee sisältää riittävästi piidioksidia, jotta se saadaan granuloitua amorfiseksi. Esimerkiksi teräskonvertterikuona (BOF-kuona) on kokonaan kiteinen ja siinä on tyypillisesti merkittävä vanadiinipitoisuus, joten sitä voidaan käyttää vanadiinipentoksidin valmistuksen raaka-aineena. Granulointua masuunikuonaa puolestaan käytetään portlandsementtiä korvaavana ainesosana masuunikuonasementissä. Monet kuonalajit jäävät kuitenkin edelleen hyödyntämättä ja kuonien hyötykäyttöön liittyvä tutkimus muodostaakin merkittävän osan alan kiertotaloustutkimuksesta.



Masuuni on vastavirtaperiaatteella toimiva, pystyasentoinen kuilu-uuni, jolla valmistetaan sulaa raakarautaa, josta jatkojalostetaan terässulatolla hiiliterästä. Masuuniin panostetaan sen huipulta vuorokerroksina pelkistimeksi koksia ja raudan tuojaksi hematiittipellettejä. Masuunin alaosassa koksi palaa ja sen ylläpitämiseksi horneilta puhalletaan suurella nopeudella esilämmitettyä kuumaa ilmaa. Koksin palaminen tuottaa noin 2000°C asteista häkää, joka nousee puhalluksen ajamana kohti masuunin huippua. Samalla häkä sekä pelkistää rautaoksideja että lämmittää koksia ja rautapanosmateriaalia. Pelkistysreaktioissa syntyy hiilidioksidia, joka laimentaa masuunin häkäpitoisuutta ja samalla heikentää kaasuvirran pelkistyspotentiaalia sen edetessä masuunissa ylöspäin.

Masuunin huipulta alaspäin vajotessaan pelletin hematiitti (Fe_2O_3) pelkistyy asteittain magnetiitiksi (Fe_3O_4), magnetiitti pelkistyy wüstiitiksi (FeO) ja wüstiitti edelleen raudaksi (Fe). Kuonakomponenttien (Na_2O - K_2O - MgO - Al_2O_3 - CaO - SiO_2 - FeO) muodostaessa masuuniin osittaissulan, syntyy ns. koheesiovyöhyke, jossa sulaa kuonaa ja rautaa tippuu masuunin pesään, missä pelkistymisen jatkuu sulassa tilassa. Rautaa ja masuunikuonaa lasketaan ajoittain ulos masuunista. Tämä yhdessä koksin palamisen aiheuttama tilanmuodostuksen kanssa mahdollistavat yläpuolisen panosmateriaalin vajoamisen asteittain alaspäin, jolloin masuunista muodostuu jatkuvatoiminen prosessi. Valtaosaa masuunin sisäisistä tapahtumista voidaan tutkia ja kehittää hyödyntäen mineralogian ja petrologian menetelmiä ja oppeja.

Ennen kuin litium voidaan liuottaa spodumeenin ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) hilasta, se on lämpökäsiteltävä noin 1000 °C lämpötilassa, jolloin saadaan aikaan spodumeenin faasitransformaatio monokliinisestä α -spodumeenistä tetragoniseksi β -muodoksi. Soodapaineliuotusprosessin olosuhteissa Li saostuu litiumkarbonaattina (Li_2CO_3) ja β -spodumeenista muodostuu analiimia ($\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Lämpökäsittelyn toteutus vaikuttaa merkittävästi litiumin liuotussaantiin. Mikäli α -spodumeenia jää jäljelle rikasteeseen liuotussaanti heikkenee. Mikäli lämmitys on liian voimakasta, voi rikasteen harmemineraaleista muodostuva osittaissula sulkea sisäänsä β -spodumeenirakeita, mikä pienentää Li:n liuotussaantia. Nämä ja monet muut lämpökäsittelyyn liittyvät korkealämpötilailmiöt voidaan havaita mineralogisilla tutkimusmenetelmillä ja siten auttaa optimoimaan lämpökäsittelyprosessin toteutusta.

Etäorgaaniset kemikaalit, kuten litiumioniakkujen katodi- ja anodikemikaalit ovat synteettisiä mineraalisia materiaaleja. Niiden valmistuksessa käytetään usein lämpökäsittelyprosessia, jossa katodi- tai anodikemikaalin esiasteen (prekursori, esimerkiksi $(\text{Ni}_{0,8}\text{Mn}_{0,1}\text{Co}_{0,1})(\text{OH}_2)$) ja litiumkarbonaatin (Li_2CO_3) tai litiumhydroksidimonohydraatin ($\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$) seosta lämmitetään sopivissa olosuhteissa, jolloin saadaan aikaiseksi tavoiteltu kiteinen katodikemikaali, $\text{Li}(\text{Ni}_{0,8}\text{Mn}_{0,1}\text{Co}_{0,1})\text{O}_2$ ts. NMC811. Mineralogisia tutkimusmenetelmiä voidaan hyödyntää selvittämään esimerkiksi saadun tuotteen laatua.



On-line gold mineralogy at Agnico Eagle's Kittilä gold concentrator

Jussi Liipo¹, Lauri Veki², Tommi Koskinen¹, Matti Peltomäki¹, Jukka Välimaa² and Juha Timperi¹

1 Metso

2 Agnico Eagle, Kittilä Mine

Gold ores are becoming increasingly complex and low grade, driving the development of innovations in ore processing. The recent developments in X-ray fluorescence technology have enabled the on-line measurement of gold content from the slurry streams with high accuracy. At Agnico Eagle's Kittilä Suurikuusikko gold mine, the ore is refractory, and pyrite and arsenopyrite are the main ore minerals.

Most of the gold is reported to occur as solid-solution lattice substitutions or fine-grained inclusions within arsenian pyrite and arsenopyrite. Varying amounts of gold occurs also in native form and being alloyed by silver.

The amounts of pyrite, arsenopyrite and native gold can be calculated on-line using an element-to-mineral conversion which combines the accurate on-line elemental analysis from the flotation feed and the detailed knowledge on the mode of occurrence of gold within the main minerals. In addition, the distribution of gold between the ore minerals can be calculated on-line.

The on-line quantification of ore mineralogy and mode of occurrence of gold provides an opportunity to better optimize the process control and flotation reagents dosing as the flotation feed varies. This tailored element-to-mineral calculation routine can be also utilized as part of an advanced process control system and in production planning by converting the elemental assays from block model to mineral contents.

[Courier 6G SL on-stream analyzer for gold - Metso](#)

