

materia

3•2008

**Suomen kallio-
perässä on
potentiaalia!**

Kittilän kultakaivos



- Kittilän Suurikuusikossa aloittaa toimintansa yksi Euroopan suurimmista kultakaivoksista kuluva vuoden aikana
- Kaivoksen tunnetut malmivarat ovat 16 miljoonaa tonnia ja malmin kultapitoisuus on keskimäärin 5.1 grammaa tonnissa
- Vuosituotannoksi arvioidaan noin 5.000 kg kultaa
- Toiminta käynnistyy avolouhoksella noin 160 metrin syvyyteen saakka ja siirtyy vähitellen maanalaiseen louhintaan
- Mahdollisuudet löytää lisää kultamalmia lähialueelta ovat lupaavat: noin 15 km:n mittaisesta kultavyöhykkeestä on tutkittu vasta noin 5 km. Malminetsintä on alueella jatkuvasti käynnissä
- Työllistää valmistuttuaan noin 200 kaivosalan ammattilaista ympärivuotisesti

Kittilän kaivoksen omistaa kanadalainen Agnico-Eagle Mines Limited, joka on viime vuosina laajentanut voimakkaasti kansainvälistä toimintaansa. Yhtiön pääkaivos on Kanadan suurimpia kultakaivoksia ja se on toiminut jo yli 30 vuotta. Kittilän ohella yhtiöllä on isoja rakennusvaiheessa olevia kaivosprojekteja Kanadassa ja Meksikossa ja lisäksi useita malminetsintäohjelmia sekä näissä maissa että Yhdysvalloissa. Yhtiö panostaa erityisesti kustannustehokkaiseen, mutta turvalliseen ja vastuulliseen kaivostoimintaan, jossa otetaan huomioon sekä ihmiset että ympäristö.



Agnico-Eagle Finland
99250 Kiistala
Puh. (016) 642 238, fax (016) 642 240

Agnico-Eagle Mines Limited
European Corporate Office
Westendintie 1 A, 02160 Espoo
Puh. (09) 424 73664, fax (09) 424 73648

etunimi.sukunimi@agnico-eagle.com
www.agnico-eagle.com

Louhintaan ja rikotukseen - HB 10000



Maailman vahvin iskuvasara

Atlas Copcon HB 10000 vie tuottavuuden uusiin ulottuvuuksiin.

Mahtavat 10 000 kiloa painava jättiläinen on maailman vahvin tuotannossa oleva hydraulinen iskuvasara.

Tarpeeksi vahva kiven louhintaan ilman porausta ja räjäytystä.

Tarpeeksi vahva tarjoamaan kustannustehokkaan vaihtoehdon räjäytykselle tietyissä työtehtävissä.

Tarpeeksi vahva murskaamaan kovimmankin kiviaineksen nopeammin.

Oy Atlas Copco Louhintatekniikka Ab
Tuupakankuja 1, 01740 Vantaa
puh. (09) 296 442, fax (09) 296 4218
www.atlascopco.fi

Atlas Copco

Päätoimittajalta *Lukijalle*

”Kaivosteollisuus tekee kovaa vauhtia paluuta” otsikoi Iltta-Sanomien pääkirjoituksensa 19.7.2008, ja samana viikonloppuna kollega Iltalehti esitteli liitteessään Talviväärän nikkeli-kaivoksen pääkaupunkilaisille hyvin havainnollisella tavalla. Perättömiä juttuja kaivosteollinnasta ei näinä päivinä juuri julkaista, mutta molemmat lehdet olivat kyllä noteeranneet, ettei Pekkaa pahemmista projekteista ole puutetta.

Pohjois- ja Itä-Suomessa kaivosteollisuus tunnetaan hyvinvoinnin luojana ja ylläpitäjänä, mutta etelässä alan saavutuksiin ei ole julkisuudessa kiinnitetty samanlaista huomiota. Siksi iltapäivälehtien tarttuminen aiheeseen on nähtävä jonkinlaisena läpimurtona, ovathan ne monin tavoin osoittaneet olevansa merkittäviä mielipidevaihtajia vallanpitäjien keskuudessa.

Maan hallitus sopi helmikuussa 2006 toimenpiteistä, joilla alan toimintaedellytyksiä voidaan kehittää. Keskeisenä kysymyksenä oli jo silloin kaivoslain uudistaminen.

Lakia valmistellaan edelleen virkamiestyöryhmässä. Vuoriteollisuuden piirissä on kauan kaivattu julkista keskustelua, ei pelkästään lainvalmistelutyön edistymisestä, vaan koko kaivosteollinnassa alan mahdollisuuksista ja tulevaisuudesta. Tämän keskustelun aikaansaamiseksi on *Materia*-lehden palstoilla julkaistu kärkeviäkin mielipiteitä.

Valitettavasti tässä on tapahtunut ylilyöntiäkin.

Viime numerossa käytettiin sanankäänteitä, jotka TEM:n virkamiesten piirissä on koettu loukkaavina. Pyydämme anteeksi. Ymmärrämme, että asiallisuus on lainvalmistelutyön peruslähtökohtia.

Suomen teollisuus on sopeutumassa uuteen taloustilanteeseen, jossa otetaan yrityksistä mittaa. Siinä missä metsäteollisuuden huolet ovat menneet jakeluun koko kansalle, vuoriteollisuuden uutisointi on tähän saakka pysynyt plussan puolella, eikä pelkästään kaivosten ansiosta. Outokummun ferrokromituotannon kaksinkertaistaminen Torniossa on kaikilla mittapuilla mitattuna huomattava hanke. Ovakon päätös uudistaa Koverharin terästehdasta on toinen maamme vuoriteollisuuden tulevaisuuteen uskoa luova investointi.

Outokummun satsaus voidaan nähdä myös sopivana lahjana 50-vuotiaalle Oulun yliopistolle, jonka satsaus yhteistyöhön alan yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa on löytämässä uusia muotoja. Vuoriteollisuuden ympärille on rakennettu laaja yhteistyöverkko. Sen osapuolet kokoontuvat yhteisesiintymiseen Jyväskylään marraskuussa, FinnMateria-näyttelyn merkeissä. Hyvällä syyllä voidaan odottaa konkreettisia toimenpiteitä jo entuudestaan erinomaisen yhteistyön tiivistämiseksi. ▀

Carl Fabergé esiintyy vielä kuukauden päivät Juuassa. Häntä kuvaava vuorikiteinen figuriini on jekaterinburgilaisen A.I. Žukovin tekemä. Valmistusvuosi 2005. Kts. sivut 38-39. Kuva LF

Sivuilla

5	<i>Lauri Lajunen</i> : 50-vuotias Oulun yliopisto	38	<i>Bo-Eric Forstén</i> : Fabergé kunniavieraana Juuassa
6	<i>Elias Ekdahl</i> : Suomi uudelleen kaivosmaaksi Kiina-ilmiön myötä	40	<i>Marko Kekkonen</i> : The Nordic Symposium for Young Scientists in Metallurgy
10	<i>Olli-Pekka Isomäki</i> : Nivalan kaivokset – Makola		
16	<i>Bo-Eric Forstén</i> : Outokumpu satsaa ferrokromiin		Tiede & Tekniikka
17	<i>Bo-Eric Forstén</i> : Koverhar luo nahkansa		
20	<i>Lauri Heimonen</i> : Ilmastonmuutoksen syy selvittämättä	42	<i>Pekka A. Nurmi, Pasi Eilu, Saku Vuori</i> : Suomen muuttuvat mineraalivarannot
24	<i>Piia Sassi-Päkkilä</i> : Function and Cover of Seeping Tailings Areas Applied to Hitura Nickel Mine	52	<i>Gijsbert Wierink</i> : Multi-zonal modeling of bubble-particle aggregate stability in mineral froth flotation
28	<i>Kari Tähtinen</i> : Metallien jalostus, Huippu- osaamisesta kannattavaa liiketoimintaa	56	<i>Jukka Laitinen, Viljo Kuosmanen, Juhani Ojala</i> : Kultakohteen kairasydänten muuttumis- mineralogian kartoitus lyhytaaltoinfrasaiteilyn avulla
30	<i>Marjo Matikainen</i> : Vuoriala – globaalia teollisuutta ja liiketoimintaa (Referaatti <i>Bo-Eric Forstén</i>)	62	<i>Juho Hukka</i> : Kuparikiisu
32	FinnMateria-messut on vakiinnuttanut paikkansa Jyväskylään; Outotec FinnMateria 2008 -messuille	64	<i>Mikko Tontti</i> : Pintaa syvemältä
35	Oulun yliopisto tuo osaamista Pohjois- Suomeen; Yliopisto ja opetusministeri samoilla linjoilla; Tiedekunnat (Koonnut: <i>BEF</i>)		Inside Out
		65	Vuorinaiset ry:n historiaa

JULKAISIJA / Publisher

VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.
Materia-lehti kattaa teknologian alueet geofysiikasta ja geologiasta lähtien ml. kaivos- ja prosessiteknikka ja metallurgia sekä materiaalin valmistus ja materiaalitekniikan erilaiset sovellutukset. Lehden alkuosa painottuu alan ja yritysten ajankohtaisiin asioihin. Tiede & Tekniikka -osa keskittyy tutkimuksen ja kehitystyön tuloksiin.

Materia magazine covers all areas of technology in the mining and metallurgical field, from geology and geophysics to mining, process technology, metallurgy, manufacturing and various materials technology applications. The first part of the magazine focuses on what's happening in the field and the companies involved while the R&D section concentrates on the results of research and development.

PÄÄTOIMITTAJA/ Editor in chief

Prof. **Jouko Härkki**, jouko.harkki@oulu.fi
Oulun Yliopisto, Prosessimetallurgian laboratorio, PL 4300, 90014 Oulu
08-553 2424 fax 08-553 2339, 040-521 5655

T&T-TOIMITTAJA, Editor, R & D

DI **Harri Lehto**, harri.lehto@outotec.com
Outotec Minerals Oy, Riihitontuntie 7,
PL 84, 02201 Espoo 020 529 2727,
fax 020 529 2998, 040-518 0288

TOIMITUSNEUVOSTO/Editorial Board

TkT **Kari Tähtinen** pj/chairman
kari.tahtinen@maxinet.fi
Vanhaväylä 29 D, 00830 Helsinki
0400-559 442

DI **Kauko Ingerttilä**, kauko.ingerttila@gtk.fi

GTK, Mineraalitekniikka
020 5505801 fax 013-557 557

DI **Erja Kilpinen**, erja.kilpinen@nordkalk.com

Nordkalk Oyj Abp
0204 55 3993 fax 0204 55 3901, 0400-814 156

Prof. (emer.) **Veikko Lindroos**,

veikko.lindroos@hut.fi
TKK, Materiaalitekniikka
09-451 2673 fax 09-451 2677, 050-550 2673

DI **Matti Palperi**, Ulvilantie 11b D 108,

00350 Helsinki, 09-565 1221

TkL **Rauno Sippel**, rauno.sippel@svy.info

Suomen Valimotekninen yhdistys ry
040-760 1520 fax 03-7669 736

FL **Mikko Tontti**, mikko.tontti@gsf.fi

Geologian tutkimuskeskus GTK
020 550 2382 fax 020 550 12

TOTEUTTAVA TOIMITUS/Editorial staff

L & B Forstén Öb Ay, l-b.forsten@co.inet.fi
Bo-Eric Forstén, Leena Forstén (**ulkoasu**)
PL 45, 10601 Tammisaari
019-2415604, 0400-875807

ILMOITUSMARKKINOINTI/

Advertising Marketing

Västra Nyland Ab, **Nina Melén**,
Torikatu 1-3, 10300 Karjaa,
019-278801 fax 019-230240
nina.melen@vastranyland.fi

PAINO/Printing house

Tammisaaren Kirjapaino Oy,
Tammisaari
Levikki 2900 kpl, 4 numeroa
vuodessa, 64. vuosikerta
ISSN 1459-9694

OSOITTEENMUUTOKSET & TILAUKSET Changes in address & Prenumerations

Ulla-Riitta Lahtinen, 0400-456 195
u-r.lahtinen@vuorimiesyhdistys.fi

ILMESTYMISSAIKATAULU 2008

Coming out

Materiaalin sisäänjättoaika
+ilmoitusvaraukset Postitus

No. 4 22.09. 19.11.

- 67 *Erkki Ristimäki*: Kesätervehdys pääsihteeriltä
67 *Elina Kekki*: Metallikerhon 50-vuotisjuhlat
67 *Antero Hakapää*: Outokummun kaivostalon erikoisnäyttely
68 Rikastus- ja prosessijaoston tulevan syksyn tapahtumia
68 Kaivos- ja louhintajaoston syysexcursio
68 *Erja Kilpinen*: Vuoriteollisuus-lehden ensimmäinen numero

69 *Ulla-Riitta Lahtinen*: Uusia jäseniä
69 VMY:n hallitus ja toimihenkilöitä 2008-09
71 Ohjeita kirjoittajille
72 Joukko Tosikkoja



Sandvik in Action.

Luotettavaa kumppanuutta.

Tehoa ja tuottavuutta - Sandvik

Tuotevalikoimastamme löytyy toimiva ratkaisu kaikkiin kaivosalan haasteisiin. Huolto-, varaosa- ja asiantuntijapalvelumme tukevat laitteiden toimintavarmuutta. Asiakas voi aina kääntyä yhden nimen – Sandvikin – puoleen, koskee hänen asiansa sitten poravaunua, iskuvasaraa, lastaria, murskainta tai kuljetinta.

Kaikki kiviosaaminen yhdestä osoitteesta. Sandvikilta.

50-vuotias Oulun yliopisto

Monialainen kouluttaja ja innovaatioiden lähde



Lauri Lajunen

Oulun yliopiston perustaminen 50 vuotta sitten aloitti uuden aikakauden korkeimman hengenviljelyn saralla Suomessa.

Yliopistolaitos alkoi laajeta ja opiskelijamäärät kasvaa. Ensi kertaa yliopiston perustamista perusteltiin alueen tarpeilla. Pohjois-Suomen kehittämisen kannalta pidettiin erityisesti tärkeänä teknillistä, luonnontieteellistä ja lääketieteellistä koulutusalaan sekä opettajakoulutusta. Näitä aloja tarvittiin helpottamaan Pohjois-Suomessa vallinnutta opettaja-, insinööri- ja lääkäripuolaa, sillä Etelä-Suomessa koulutuksensa saaneita oli vaikea saada töihin Pohjois-Suomeen. Tekniikkaa ja luonnontieteitä tarvittiin myös pohjoisen runsaitten luonnonvarojen hyödyntämiseen. Opettajanvalmistuslaitos oli perustettu Ouluun jo kuusi vuotta aikaisemmin ja se liitettiin osaksi uutta yliopistoa. Humanististen tieteiden merkitystä korostettiin alusta alkaen ja ne tulivatkin osaksi yliopistoa.

Kauppätieteet ja prosessimetallurgia ovat hyviä esimerkkejä siitä miten elinkeinoelämän ja Oulun kaupungin myötävaikutuksella alueen kannalta keskeiset alat saatiin yliopistoon. Kauppätieteet alkoivat Oulun kaupungin ja elinkeinoelämän sekä prosessimetallurgia metalliteollisuuden keskeisten yritysten lahjoitusten turvin.

Oulun yliopisto on nykyisin yksi Suomen suurimpia ja monitieteisimpiä yliopistoja. Toiminnassaan se hyödyntää laajaa tiedepohjaansa, nykyaikaista tutkimus- ja koulutusympäristöään, tiiviitä yhteiskunta- ja elinkeinoelämäsuhteitaan sekä yhteyksiään satoihin kotimaisiin ja ulkomaisiin tutkimus- ja koulutuslaitoksiin.

Yliopiston ydinosaamista on monitieteinen perustutkimus ja siihen perustuva opetus. Tutkimusta tehdään nykyisin yli 70 tieteenalalla, jotka hallinnollisesti on sijoitettu teknilliseen, luonnontieteelliseen, lääketieteelliseen, humanistiseen, kasvatustieteiden ja taloustieteiden tiedekuntiin. Oulun yliopisto koostuu tavallaan kolmesta yliopistosta: *perinteisestä yliopistosta, teknillisestä yliopistosta ja kauppakorkeakoulusta*. Oulussa ei siten ole tarvetta korkeakoulujen rakenteelliseen yhdistämiseen. Tutkimustoiminnassaan yliopisto on profiloitunut kolmelle korkeatasoiselle tieteen painoalalle: informaatiotekniikka ja langaton viestintä, biotekniikka ja molekyyli- ja lääketiede sekä pohjoisuus ja ympäristö. Opiskelijoita yliopistossa on 17 000 ja henkilökuntaa yli 3 000.

Suomen yliopistolaitoksen uudistamishankkeen yhteydessä on opetusministeriön johdolla linjattu, että Oulun yliopiston kehittämistä itsenäisenä ja kansainvälisesti korkeatasoisena tiedeyliopistona jatketaan tiiviissä yhteistyössä elinkeinoelämän ja tutkimuslaitosten kanssa. Toiminnan kehittämisen painopisteistä on sovittu yliopiston alueellisten yhteistyösopuolten kanssa ns. Triple Helix -työryhmän esitysten pohjalta. Voimakkaasti kehitettäviä aloja ovat mm. kaivos- ja kaivannaisala, terästutkimus, vesiosaaminen sekä kansainvälinen liiketoimintaosaaminen ja markkinointi. Yliopiston tutkimuksen tämän hetkisille painoaloille perustettujen tutkimuskeskusten lisäksi on tarkoitus pystyttää näille kehitettäville aloille omat korkean osaamisen keskitymät yhteistyössä tutkimuslaitosten, elinkeinoelämän ja Oulun seudun ammattikorkeakoulun kanssa.

Uusimmat visiot alkavat jo toteutua. Vesiosaamiskeskus on aloittanut toimintansa yritysten ja ammattikorkeakoulun kanssa sekä terästutkimuskeskus yhdessä keskeisten metallialan yritysten kanssa. Kansainvälinen Martti Ahtisaari -instituutti on perustettu kansainväliseen liiketoimintaosaamiseen ja markkinointiin. Kaivos- ja kaivannaisteollisuuden tarpeita varten on Oulun yliopisto yhdessä GTK:n kanssa kehittämässä voimakkaasti vuoriklusteria. Luulajan teknillisen yliopiston kanssa on jo perustettu yhteinen Nordic Mining Center yhteisiä tutkimus- ja koulutusohjelmia varten.

Oulun yliopisto toimii erittäin tiiviissä yhteistyössä tutkimuslaitosten kanssa. Yliopistolla on VTT:n ja Mikesin kanssa strategiset kumppanuussopimukset. VTT:n kanssa yhteistyöaloja ovat ICT, bio-IT sekä nano- ja mikroteknologia. Yliopiston Thule-instituutti koordinoi laajaa NorNet-yhteistyötä (Northern Environmental Research Network), joka on pohjoisen ympäristön ja luonnonvarojen kestävä käytön tutkimuksen verkosto. Verkoston muodostavat Oulun yliopisto, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Metsäntutkimuslaitos (METLA), Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL) sekä Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MMT), Geologian tutkimuskeskus (GTK), Elintarviketurvallisuusvirasto (EVIRA), Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Kainuun ympäristökeskus ja Lapin ympäristökeskus.

Verkoston ohjelma-perustainen toiminta koostuu yhteisestä tutkimuksesta sekä henkilöstön, tilojen ja tukipalvelujen yhteiskäytöstä. Verkoston osapuolilla on Oulun yliopiston kanssa viisi yhteisprofessoria. Toiminnan keskeisin tavoite on yhteisten tutkimus- ja koulutushankkeiden aikaansaaminen.

Oulun yliopiston 50-vuotisella toiminnalla on ollut merkittävä vaikutus erityisesti pohjoisen Suomen kehitykseen. Rekrytoimalla pääosan opiskelijoistaan Pohjois-Suomesta ja valmistuneiden sijoittuessa työelämään pääasiassa samalle alueelle Oulun yliopisto on tarjonnut nuorille laajat koulutusmahdollisuudet ja taannut alueellisesti ja myös kansallisesti akateemisen työvoiman saatavuuden.

Erittäin merkittävä osuus Oulun yliopistolla on ollut Oulun alueen korkean teknologian osaamiskeskittymän syntymisessä. Uusiin teknologioihin kuten elektroniikkaan ja tietoliikennetekniikkaan suuntauduttiin tutkimuksessa ja koulutuksessa jo 1960-luvulla. Yliopiston ja muiden alueen toimijoiden tiivis yhteistyö synnytti aikanaan ns. Oulu-ilmiön ja tuhansia työpaikkoja ja satoja yrityksiä ICT-alalle. Historiansa aikana Oulun yliopistosta on valmistunut noin 40 000 työelämän ja tieteen osaajaa.

Oulun yliopisto on erittäin aktiivinen innovaatiotoiminnassa. Vuosittain yliopiston tutkijat tekevät 60–70 keksintöilmoitusta ja 60 keksintöehdotusta. Vuosien 2000–2006 aikana on perustettu 22 uutta tutkimuslähtöistä yritystä, joiden henkilöstömäärä yhteensä on 120 ja liikevaihto yli 6 Meur. Vuonna 2007 uusia yrityksiä syntyi peräti seitsemän.

Oulun yliopistolla on ollut suuri rooli myös pohjoisen identiteetin ja itsetunnon vahvistajana. Ylimmän koulutuksen ja tutkimuksen kautta on voitu osoittaa, että Pohjois-Suomessa osataan ja voidaan vaikuttaa omaan tulevaisuuteen myönteisesti. ▀

Lyhennelmä
Elias Ekdahlin
Säätytalolla
13.3.2008 tek-
nillistieteellisen
tutkimuksen
ja kehityksen
palkintojen-
jakotilaisuudes-
sa pitämästä
esitelmästä.

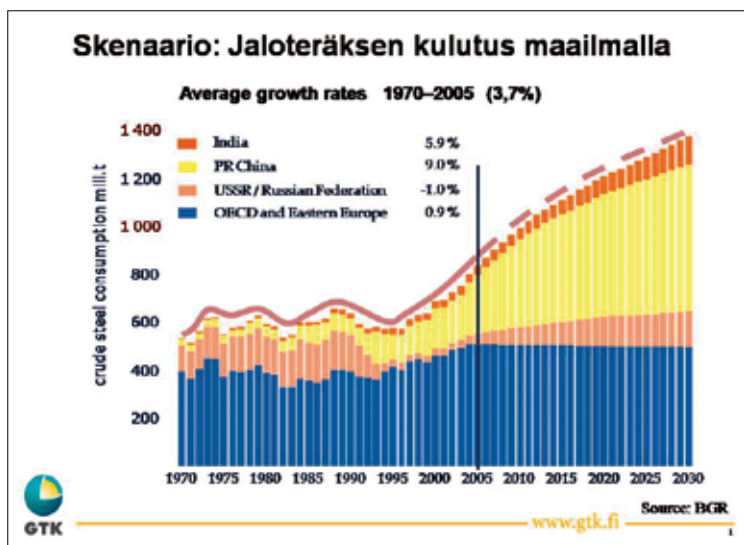
Suomi uudelleen kaivosmaaksi Kiina- ilmiön myötä

FT *Elias Ekdahl*, pääjohtaja, GTK

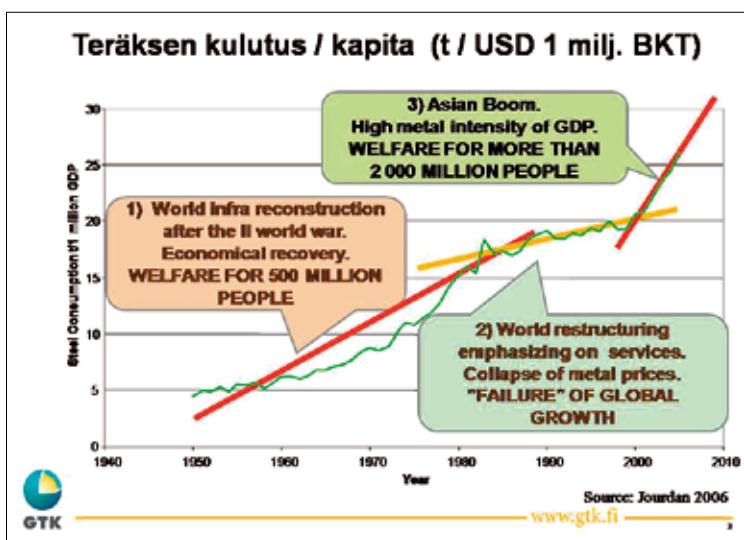
Ihmiskunta tarvitsee jatkuvasti uusia mineraalisia raaka-aineita huolimatta lisääntyvästä materiaalisäästäväisyydestä, kierrätyksestä ja korvaavista materiaaleista. Keskiverta eurooppalainen

kuluttaa vuodessa esimerkiksi noin 350 kg terästä ja runsaat 8 kg kuparia. Teräksen kulutus kasvaa keskimäärin 4–5 prosentin vuosivauhtia. Vaikka otetaan huomioon, että teräksen valmistukses-

sa käytetään valtaosin kierrätysmateriaalia eli romua, meidän on kyettävä jatkuvasti löytämään lisää uusiutumattomia luonnonvaroja. Ihmiskunnan tulevaisuuden kysymyksiä ovatkin: mistä ruoka, mistä juomavesi, mistä energia ja mistä mineraalit.



Kuva 1



Kuva 2

Kiina-ilmiöstä

Ns. Kiina-ilmiöllä on länsimaisissa talouksissa yleensä huono kaiku. Investoinnit ja tuotanto siirtyvät lisääntyvässä määrin Aasian väkirikaille, halvempien tuotantokustannusten alueille. Aasian talouskasvu merkitsee myös yleisen hyvinvoinnin kasvua ja erilaisten hyödykkeiden kasvavaa kulutusta. Kiinan ja Aasian vaurastuminen (unohtamatta Venäjänkään kasvua) tarvitsee lähes kaikkia raaka-aineita ja näillä näkymillä melkein pähtymättömästi. Kiinalaisten kulutus keskeisimpien metallien maailmantuotannosta on luokkaa 20–40 %. Tällä hetkellä kiinalainen käyttää terästä n. 220 kg vuodessa ja kuparia 2,5 kg.

Teräksen kulutuskäyrä on myös erinomainen hyvinvoinnin ja elintason mittari. Länsimainen teräksen kulutus on asettunut nykyisen elintasomme mukaiselle perustasolle kasvaen vajaan 1 % vuodessa (Kuva 1). Skenaarioiden mukaan Kiinan jaloteräksen kulutus kasvaa noin 9–10 prosentin vuosivauhtia. Teräksen kulutus tulee voimakkaasti lisääntymään myös Intiassa ja muissakin Aasian maissa.

Kuvassa 2. on esitetty teräksen kulutus/kapita (t/USD 1 milj. BKT), joka käyrä antaa erinomaisen mielenkiintoisen tarkastelukulman. Toisen maailmansodan jälkeen jälleenrakennettiin Eurooppaa eli noin 500 miljoonan ihmisen hyvinvointia. Teräksen kulutus kasvoi

tasaisesti, samoin kuin metallien yleiset hinnatkin ja uusia kaivoksia avattiin. Tätä noususuhdannetta jatkui reippaat 30 vuotta. Sitä seurasi noin parinkymmenen vuoden "tasainen" kausi, jolloin rakennettiin länsimaista palveluyhteiskuntaa, metallien hinnat laskivat, kaivostoiminta hiipui ja sen uskottiin kuuluvan jo lähes menneisyyteen. Aasian kasvu ampaisi nopeasti metallien hinnat kaikkien aikojen ennätyslukemiin. Metalleilla oli enemmän kysyntää kuin tarjontaa ja myös teräksen globaali kysyntä kääntyi vahvaan kasvuun. Huomattavaa on, että nyt olemme rakentamassa hyvinvointia 2–3 miljardille ihmiselle eli kyseessä on suuruudeltaan 4–6 kertainen boomi verrattuna toisen maailmansodan jälkeiseen Euroopan jälleenrakentamiseen! Tällä ennusteella voisi uskoa, että metallien hinnat tulevat pysymään ainakin kohtuullisella tasolla melkoisen pitkään.

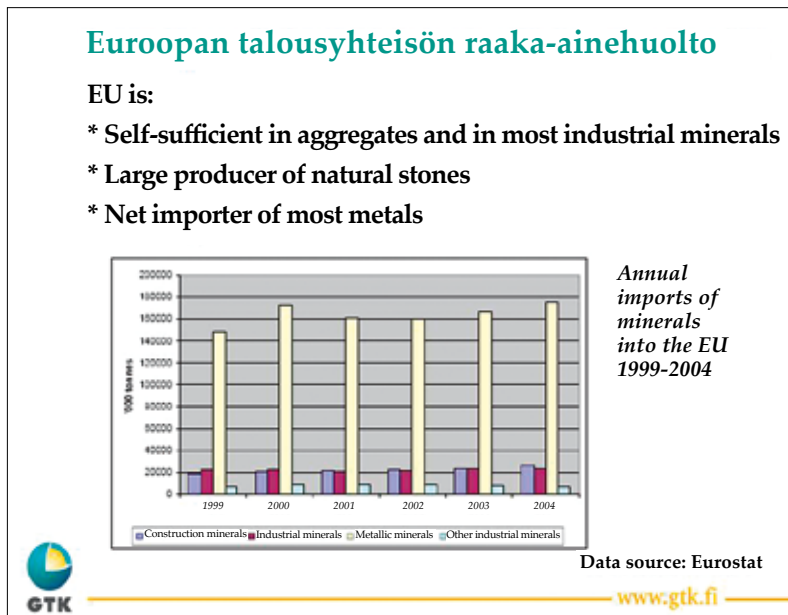
Kiina-ilmiö siivitti globaalit malminetsintäkustannukset vuonna 2007 huikealle 12 mrd. dollarin tasolle. Pääosa etsintäinvestoinneista kohdistui Kanadaan, Etelä-Amerikkaan Afrikkaan, Keski-Aasiaan ja Australiaan.

Eurooppa herää

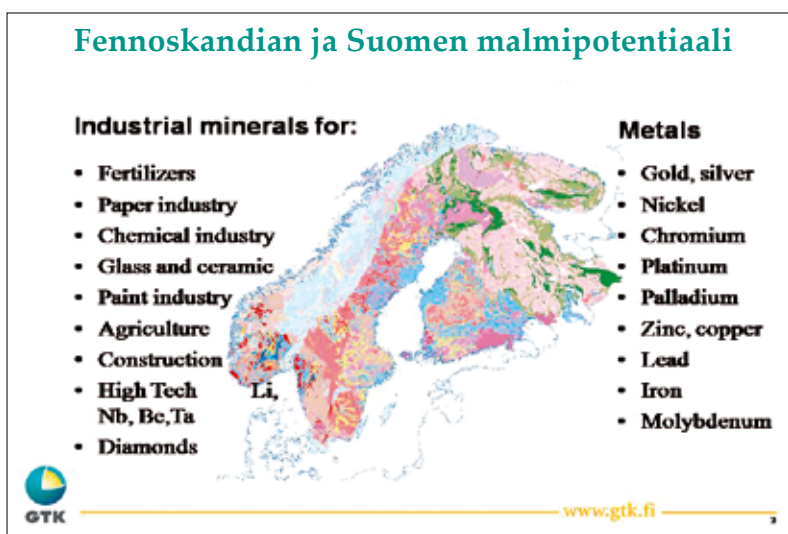
Aasian imu ja sitä seuranneet korkeat metallien hinnat ovat saaneet myös EU:n miettimään kuinka turvata raaka-aineiden saanti eurooppalaiselle teollisuudelle. EU on melko itsერიიitoinen useimpien teollisuusmineraalien suhteen. Eurooppa on myös huomattava rakennuskivien tuottaja. Sen sijaan metallien suhteen EU on lähes nettoutuja (Kuva 3). EU tuo yli 90 % tarvitsemistaan metalleista muualta, pääosin Etelä-Amerikasta, Afrikasta, Venäjältä ja Australiasta. Euroopan merkittävimmät kaivosmaat arvossa mitaten ovat Kreikka, Puola ja Ruotsi. EU on nyt saamassa oman mineraalipolitiikan (Commission Working Document SEC 2007, 771). EU haluaa myös lisätä raaka-ainehuollon omavaraisuutta ja panostaa uusiin innovaatioihin sekä kestäväen kehityksen teknologioihin.

Fennoskandian kilpialue on yksi EU:n malmipotentialisimmista alueista, katsotaanpa sitten kaivostoiminnan historiaa tai tulevaisuutta. Skandinaavinen kaivos-, rikastus- ja metallurginen osaaminen ja teknologia edustavat niin ikään maailman kärkeä. Varsinaisesti Ruotsi, Suomi ja Luoteis-Venäjä edustavat kallioperältään Kanadaan verrattavaa ja yhtä potentiaalisinta aluetta, joka vieläkin kätkee uumeniinsa suuren määrän metalli- ja teollisuusmineraaliesiintymiä (Kuva 4). Norjan vuoristo

Kuva 3



Kuva 4



on melko tavalla nuorempaa ja samalla malmiköyhempää syntyperää.

Ei ole mitenkään ihme, että Eurooppaan suuntautuneista etsintä- ja kaivostoiminnan investoinneista suurin osa on suuntautunut Ruotsiin ja Suomeen. Alue on myös poliittisesti stabiili, meillä on hyvä infrastruktuuri, edustamme korkeaa osaamista ja meillä on toimiva lainsäädäntö. Suomi kilpailee jälleen Ruotsin kanssa, nyt etsintä- ja kaivosalan investoinneista ja yrittäjistä. Suomessa ja Ruotsissa toimii tällä hetkellä noin 100 pääosin metalleihin ja eräisiin teollisuusmineraaleihin keskittynyttä yritystä. Etsintäinvestoinnit lähentelivät vuonna 2007 jo 150 miljoonaa euroa.

Suomi Ruotsin rinnalle kaivosmaana?

Suomessa metallikaivostoiminta on vahvassa kasvussa. Kiina-ilmiöllä on


ollut kaivostoiminnan näkökulmasta hyvin positiivinen vaikutus. Kittilän kultakaivos aloittaa tuotantonsa tänä kesänä. Kyseessä on Euroopan suurin kultakaivos. Kun otetaan huomioon kyseisen alueen kultaviitteet ja malmipotentiali uskoisin, että Kittilässä voidaan puhua "maailmanluokan" kaivostoiminnasta. Sotkamon Talvivaaran merkittäväksi nikkelin tuottajaksi. Teko ansaitsee varauksellista tunnustuksen ja hatunnoston. Erityisen hienoa on ollut havaita myös kotimaisten sijoittajien herääminen, nyt löytyy uskoa ja halua sijoittaa Suomen kaivostoimintaan (Kuva 5).

Jo pelkästään Kittilän ja Sotkamon kaivospäätökset tulevat kaksinkertaisesti maamme metallikaivoslou-

Talvivaaran kaivoshankkeen rahoitus

- 2004 Tekes ja TE-keskus lainat ja avustukset, yhteensä n. 1,6 M€
- 2005 7 M€ rahoituskierrös (Varma, OMG, Metso Minerals)
- 2006 33 M€ rahoituskierrös (kv-rahastot, Tesi, Varma)
- 2007 Listautumisanti Lontoon pörssin päälistalla, 302 M€
Vieraan pääoman ehtoinen projektirahoitus 320 MUSD
Valtion päätös infrastruktuurin rakentamiseen 53,5 M€

- Suunniteltu liikevaihto 310 M€ / vuosi



www.gtk.fi

Kuva 5

leista tai toimivista kaivoksista alkaen Outokummusta 1910 aina Suurikuusikkoon ja Talvivaaraan saakka (Kuva 6). Etsintä- ja kaivosalan rakennemuutoksen myötä GTK:n roolia malminetsinnässä on muutettu suorasta etsintätoiminnasta tutkimukselliseen suuntaan (Kuva 7).

GTK vastaa geotieteellisestä kartoituksesta sekä geologisia luonnonvaroja koskevista tietokannoista ja niiden ylläpidosta. Viime vuonna saimme päätökseen koko maata kattavan, noin 30 metrin korkeudelta mitatun lentogeofysikaalisen ohjelman, joka käsittää magneettisen, sähköisen ja radiometrisen tiedon. Tälle aineistolle on malminetsinnän ohella löydetty lisääntyvässä määrin uusia käyttösovellutuksia mm ympäristötutkimuksissa ja yhteiskunnallisessa suunnittelussa.

Malminetsinnässä GTK:n roolina on tutkia ja mallintaa laajempia geologisia yksiköitä ja rakenteita sekä niiden malmipotentiaalia ja tuottaa uusia, tulevaisuuden etsintäinnovaatioita. Mikäli, ja kun tässä työssä paikannetaan malmiaiheita, ne raportoidaan työ- ja elinkeinoministeriölle, joka myy kohteet yksityiselle etsintä- ja kaivossektorille tarjouskilpailun perusteella. GTK pyrkii tutkimuksissaan ennakoimaan myös tulevaisuudessa mahdollisesti tarvittavia high tech -metalleja kuten

hinnan verrattuna kaivostoiminnan huippuvuosiin 1970–1980 -lukujen vaihteessa. Kaivoksilla tulee olemaan pitkäkestoinen ja syvälinen vaikutus aluetalouteen Pohjois- ja Itä-Suomessa. Useita muita kaivosprojekteja on ns. *pipeliinissä*, kuten Polvijärven Kylylahti, Sodankylän Kevitsa ja Ilomantsin Pampalo. Lisäksi on huomioitava tutkimusten eteneminen Raahen Laivakankaalla, Ranuan Suhangossa ja Kolarissa.

Voidaan hyvällä syyllä uskoa, että Suomi tulee nousemaan Ruotsin rinnalle kaivosmaana.

GTK ja sen rooli malminetsinnässä

GTK:lla on ollut vaikuttava rooli maamme malminetsinnässä. GTK:n etsintä ja malmiesiintymien löytäminen on tuottanut 20 maassamme toiminnassa ol-

GTK:n malminetsintä on tuottanut 20 kaivosta

Perusmetallien kulutus lisääntyy 2–3 %/v
Jaloteräksen kulutus lisääntyy 4–5 %/v



Outokumpu Oy, Tornio

GTK löysi Kemin kromikaivoksen 1959



Kemi mine



www.gtk.fi

Kuva 6

GTK:n rooli malminetsinnässä

- * Yksi GTK:n keskeisiä tehtäviä on edistää malminetsintää ja kaivostoimintaa Suomessa.
- * GTK vastaa geotieteellisestä kartoituksesta sekä geologisia luonnonvaroja koskevista tietokannoista ja niiden ylläpidosta.
- * GTK:n roolina on **tutkia ja mallintaa** suuria geologisia yksiköitä ja rakenteita sekä niiden **malmipotentialia ja tuottaa uusia, tulevaisuuden etsintäinnovaatioita**. Työvoima- ja elinkeinoministeriö myy GTK:n paikantamat esiintymät ja kiinnostavat kohteet yksityiselle kaivos- ja etsintäsektorille tarjouskilpailun perusteella.
- * GTK tarjoaa yrityksille erilaisia asiantuntija-, etsintä- ja rikastusteknisiä palveluja kaupallisin perustein.

Kuva 7

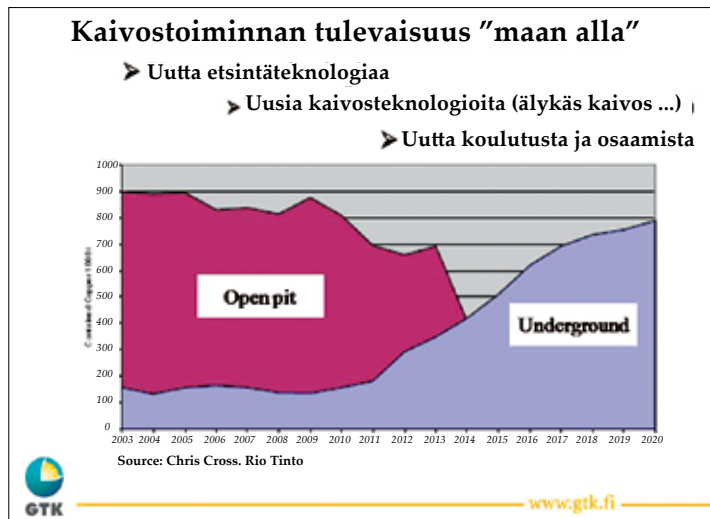
Ga, Ge, In, Ir, Nb, Rh, Ru ja Ta. Aiheiden jatkotutkimuksissa GTK tarjoaa yrityksille erilaisia asiantuntija-, tutkimus- ja rikastusteknisiä palveluja.

GTK ei kilpaile yritysten kanssa etsintärintamalla vaan tuottaa tarvittavaa perustietoa ja tutkimustietoa vyöhykkeiden rakenteista ja malmipotentialista. Vuonna 2006 yritysten jatkotutkimusten alla oli noin 150 GTK:n eri aikoina löytämää malmiviitettä tai -kohdetta. Kun puhutaan Suomeen suuntautuvista etsintäinvestoinneista (esim. 54,3 M€ vuonna 2007) on huomattava, että yritysten investoinneista valtaosa kohdistuu jo olemassa olevien aiheiden jatkotutkimuksiin eikä siis varsinaiseen uusien aiheiden etsintään.

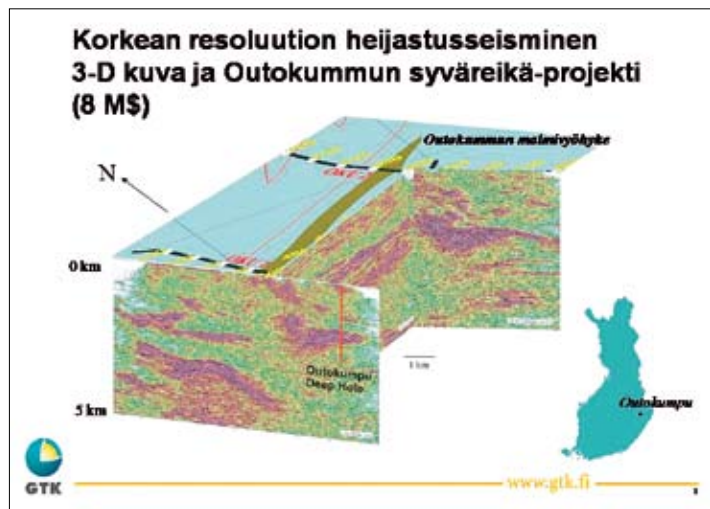
Kaivostoiminnan tulevaisuus "maan alla"

Kaivostoiminta jättää aina omat jälkensä ympäristöön, vaikka kyseessä on kuitenkin yksi niitä harvoja yhteiskunnan rakentamiseen liittyviä jälkiä, jotka voidaan toiminnan päätyttyä lähes kokonaan maisemoida ja valjastaa uuteen käyttötarkoitukseen. Kaivostoiminnalla on kuitenkin ympäristöä pilaava leima. Tämä on yksi syy siihen, että tulevaisuuden kaivostoimintaa harjoitetaan entistä enemmän maan alla (Kuva 8). Toisaalta pinnalta löydettävät malmiesiintymät alkavat vähetä. Jo tällä hetkellä on käytössä uusia mittaustekniikoita, joilla maankamaraa päästään

Kuva 8



Kuva 9



kartoittamaan jopa kilometrien syvyyteen. Kallioperässä on malmeja myös hiukan syvemmällä aivan samalla tavalla kuin niitä esiintyy pintaosissakin. Varsin hyvällä syyllä voidaan sanoa, että maanpintaa on vasta kevyesti raapaistu. Kaivostoiminnan tulevaisuus merkitsee uusia haasteita etsintäteknologialle, tarvitaan uusia kaivosteknologioita, koulutusta ja huippuosaajia. Kun Talvivaarassa luotetaan metalleja maan päällä olevista kasoista, luotetaan tulevaisuudessa metalleja suoraan maan alla itse esiintymistä. Prosessia voidaan katalysoida lämpötiloilla, kemikaaleilla ja mikrobeilla.

GTK on ollut yhdessä Helsingin ja Oulun yliopistojen kanssa aktiivisesti kehittämässä uusia etsintäteknologioita. Vuonna 2001 aloitettiin venäläisten kanssa velkakonversion kautta toteutettu tutkimusyhteistyö. Seismistä heijastusluotausta tehtiin noin 2100 km ja maankuoren mittakaavaiset rakennemallit maamme keskeisimmiltä malmi-

vyöhykkeiltä. Outokummun alueelle tehtiin 2,5 km syvä kairausreikä, jolla testattiin syvemmältä havaittuja "heijasteita". (Kuva 9). Kairauksella tavattiin Outokumpu-tyyppinen kivilajiseurie, valitettavasti ei kuitenkaan malmiesiintymää. Outokummun alueen heijastusseisminen 3-D malli kuitenkin osoittaa kuinka paljon hiukan syvemmällä maankuorella on malmimahdollisuuksia. Parhaillaan on menossa korkean resoluution heijastusseismit luotaukset eräillä keskeisillä malminkohteilla. Odotamme mielenkiinnolla niiden tuloksia. ▴

VIITE
COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Analysis of the competitiveness of the non-energy extractive industry in the EU SEC (2007) 771

NIVALAN KAIVOKSET – Makola

Johdanto

Nivalan vanha nikkeli-kaivos – Nivalan kaivos eli Makolan kaivos – on kiinnostanut lehdistöä viime aikoina. Vuonna 2007 tuli kuluneeksi 70 vuotta siitä, kun Nivalan Makolan nikkeli-kupariesiintymä löydettiin. Ja vuonna 2006 tuli kuluneeksi 70 vuotta siitä, kun ensin Makolan ja myöhemmin myös Hituran (kuva 1) nikkeliesiintymien löytämiseen johdaneet malmilohkareet lähetettiin silloiselle Geologiselle toimikunnalle (eli nykyiselle Geologian tutkimuskeskuskelle, GTK:lle). Vuonna 2006 tuli myös kuluneeksi 65 vuotta siitä, kun Nivalan kaivoksen, siis Makolan, tuotanto alkoi vuonna 1941. Paljon myöhemmin Nivalan Hituran kaivoksen koerikastus alkoi v. 1966, joten siitä tuli kuluneeksi samalla 40 vuotta. Siihenkin ensimmäiset tutkimukset tehtiin samaan aikaan Makolan töitten kanssa. Merkkipaaluja voidaan siis laskea erilaisista tapahtumista kaivosten historiassa. Lehdistössä olleissa jutuissa on ollut harmillisia pieniä virheitä (Isomäki 2006). On ehkä syytä palauttaa mieliin Makolan kaivoksen historiaa, sillä ei ole julkaistu yhtenäistä kuvausta.

Nivalassa alku meni nopeasti. Aika malmilohkareesta malmiesiintymän löytämiseen oli lyhyt. Muutamassa vuodessa oli nikkeli-kaivos lähtenyt käyntiin. Sota-aika ja raaka-ainepula varmasti vaikuttivat asiaan. Mukana oli myös nikkeli-diplomatiaa, jossa käytiin kauppaa suurvaltojen kanssa paljon rikkaamman Petsamon nikkelikaivoksen tuotannosta, ja koko Suomen olemassa olosta (Krosby 1966, Vuorisjärvi 1989). Nivalan nikkellillä oli siinä oma pieni sivuroolinsa. Kaivoksen aloitus ja toteutus eivät silti olleet helppoja, sillä kaikkea oli pulaa. Nivalan kaivoksesta tuli lisäksi ensimmäinen suomalaisten kokonaan rakentama sulfidimalmikaivos. Outokumpu Oy:lle se oli ensimmäinen uusi kaivos alkuperäisen Outo-

kunnan kuparikaivoksen lisäksi.

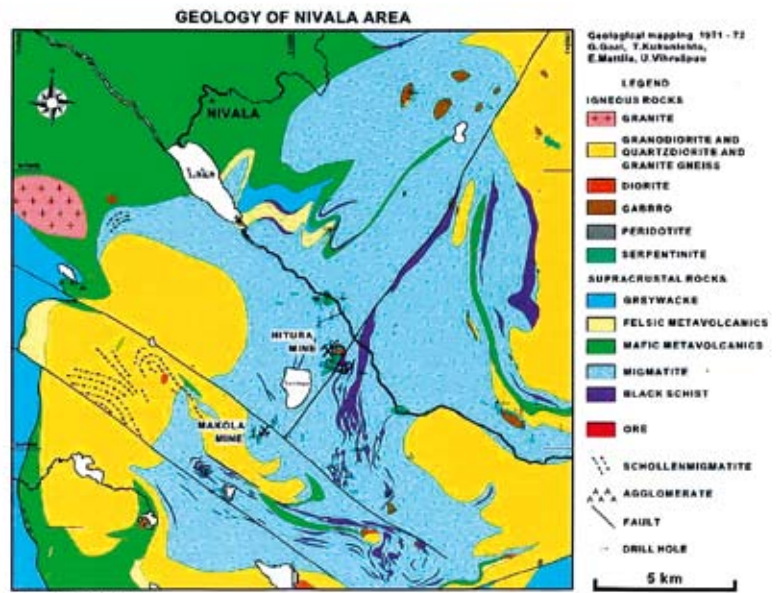
Nikkeliesiintymien löytämishistoriaa

Nivalan kaivoksen, siis Makolan kaivoksen, historia alkoi 1930-luvulta. Pienviljelijä Kusti Ainasoja oli Geologian toimikunnan ylijohtajan Aarne Laitakarin kirjoitusten innoittamana kiinnostunut kivistä. Ainasoja löysi v. 1936 nikkelimalmilohkareita, joita hän sekä Seth Oikarinen lähettivät Geologiselle toimikunnalle (Kivioja 1970). Oikarisella oli ”amerikkalaista kokemusta” malmikivistä. Kivet olivat serpentiinityneitä peridotititeja, ja kahdesta näytteestä toinen sisälsi nikkeliä 1.26% ja kuparia 0.92%, sekä toinen vastaavasti 1.60% ja 0.40% (Huhta 1954). On myös esitetty, että oikeat malmilohkareiden löytäjät olisivat olleet edellisten pojat Vilho Ainasoja ja Eino Oikarinen (Häkara 1983). Kusti Ainasojaa pidetään kuitenkin yleisesti kirjoituksissa Mako-

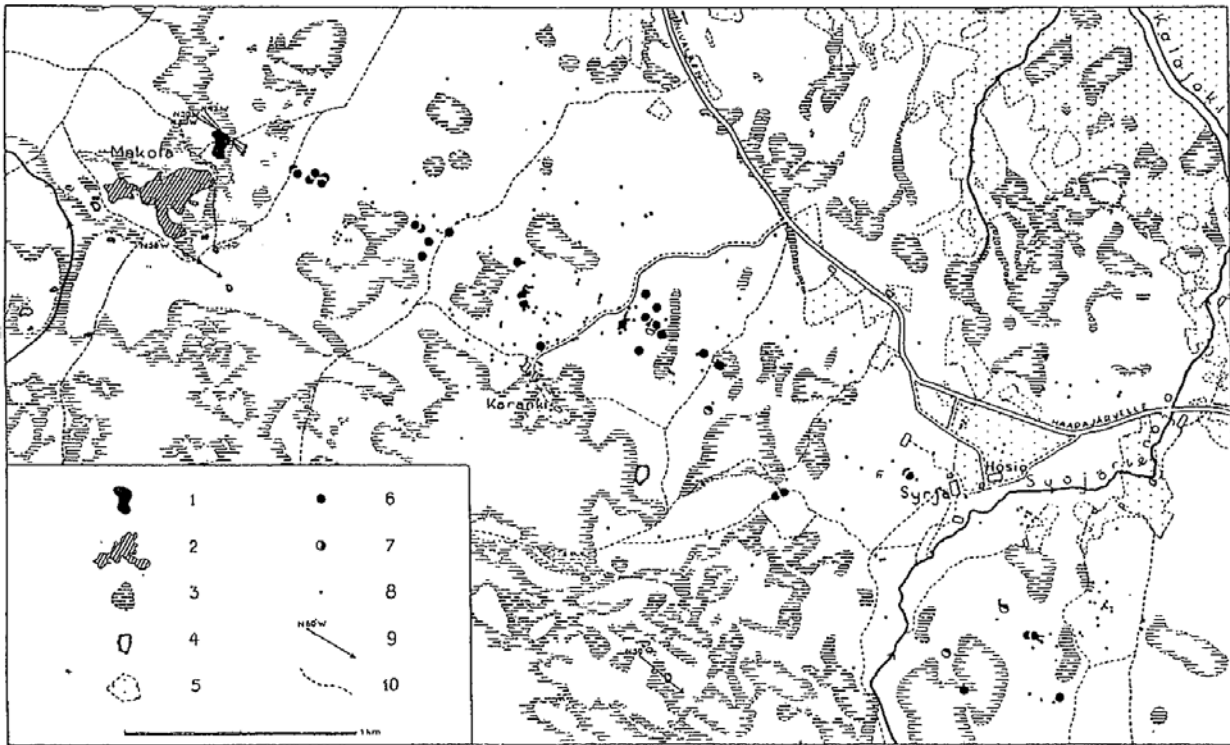
lan malmilohkareitten löytäjänä.

Seuraavana vuonna alkoivat varsinaiset malminetsintätyöt, joista Geologian toimikunnan johtaja Aarne Laitakari antaa toimikunnan vuosikertomuksessa vuodelta 1937 (Laitakari 1938) kokolailla perusteellisen kuvauksen. Nopeasti löydettiin kymmeniä malmilohkareita lohkarvastaksi eli -viuhkaksi, joka kartalle piirrettynä osoitti kohti Makolan aluetta (ks. kuva 2). Lohkareviuhka näyttää pikemminkin lohkarjeonolta. Kohteelle tehtiin sähköisiä ja magneettisia mittauksia ja todettuja anomalia-alueita tutkittiin tarkemmin. Jo samana vuonna 1937 kairattiin ensimmäiset reiät. Makolan nikkelimalmi löydettiin jo kolmannella syväkairareillä.

Rinnan Makolan tutkimusten kanssa jatkettiin muiden kohteiden tutkimuksia. Toinen Makolan lohkarjeonon suuntainen lohkarjeonon osoitti kohti Hituran taloa. Myös täällä todettiin magneettisia anomaliaita, joiden alu-



Kuva 1. Nivalan kaivosten Makolan ja Hituran sijainnit geologisella kartalla. Kartta on koottu Outokumpu Oy, Malminetsinnän töiden tuloksena.



Kuva 2. Makolan lohkaruviuhka eli lokarevasta Laitakarín (1938) mukaan – Makolan lohkareita on paljon käytetty malmilohkaruviuhkan esimerkkinä. Selitykset: 1. Makolan malmi, 2. Magneettinen anomalia, 3. Suota, 4. Kalliota, 5. Peltoa tai niittyä, 6. Malmilohkare, 7. Kiisu-pitoinen peridotiittilohkare, 8. Peridotiittilohkare, 9. Uurresuunta kalliiossa, ja 10. Polkuja.

eelle kairattiin hajareikiä. Malmia ei kuitenkaan heti löydetty. Myöhemmissä kairauksissa yksi reikä lävisti malmia ns. Vanhan Hituran kohteella, jota nykyisin kutsutaan Etelä-Hituraksi. Tutkimuksia ei täällä kuitenkaan silloin jatkettu.

Vielä oli kolmas nikkelimalmilohkaruviuhka, ns. Pitkänevan lohkarévasta, joka ei vielääkään ole johtanut nikkeliesiintymän löytämiseen

Nivalan eli Makolan kaivoksen perustaminen

Makolan alueella oli ohuet irtomaakerrokset. Niinpä löydetystä malmista louhittiin "yleisnäyte", jossa oli Ni 0.87% ja Cu 1.16% (Laitakari 1938). Vuoteen 1939 mennessä Geologinen toimikunta oli laskenut malmia olevan 1 445 000 tonnia ja sen nikkelipitoisuudeksi oli saatu Ni 0.81% (Annala 1960).

Kauppa- ja teollisuusministeriö pyysi 19.5.1939 päivätyllä kirjeellä Outokumpu Oy:ltä lausuntoa Nivalan nikkelimalmin hyödyntämisen mahdollisuuksista. Outokummun pääjohtaja Eero Mäkinen ilmoitti, että tutkimusaineisto viittaa enintään 500 000 malmitonniin. Silti Outokumpu Oy oli valmis ottamaan kaivostoiminnan hoitaakseen. Makolan nikkeliesiintymä siirrettiinkin määrättyä korvausta vastaan Outokummulle kesäkuulla 1940 ja kaivok-

sen rakennustyöt aloitettiin syksyllä 1940 (Annala 1960).

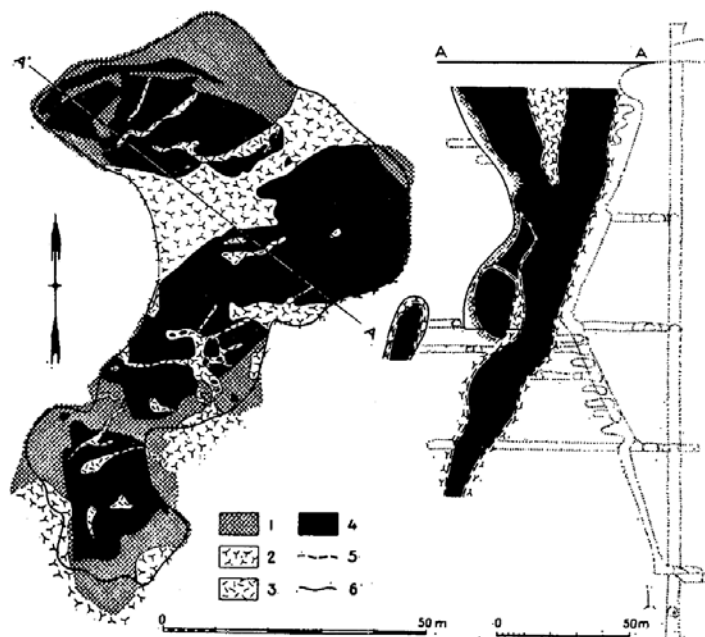
Nivalan eli Makolan kaivoksen aloittaminen ja louhinta liittyivät kiinteästi sotahistoriaan ja kaupankäyntiin Petsamoon vasta-avatuksen kaivoksen tuotannon saajista. Saksan kanssa oli valmisteltu aseostoihin liittyviä sopimuksia, joiden mukaan koko Nivalan kaivoksen nikkelituotanto olisi myyty saksalaiselle I.G. Farbenindustrielle

(Vuorisjärvi 1990). Saksalla oli suuri tarve saada raaka-aineita ja se kävi neuvotteluja kuparin, molybdeenin, nikkelin ja rautakiisun toimittamisesta (Krosby 1966).

Makolan kaivoksen louhinta

Makolan malmin louhinta aloitettiin avolouhoksena. Siihen antoi hyvän mahdollisuuden ohut irtomaapeite ja

Kuva 3. Makolan kaivoksen pituusprojektiio ja tasokuva (Huhdan mukaan). Huomaa mitataavaerot.



Taulukko 1. Nivalan Makolan kaivoksen malminnosto ja rikastetuotanto (lähteet: Kuisma 1985, KTM:n kaivostoimiston kertomukset 1945, 1950, 1955). Punaisella merkityt tekijän arvioimia. Alarivillä kirjallisuudessa yleisesti esitetyt luvut.

Vuosi	Kaivos					Rikastamo		Rikasteosuus	
	Nosto tn	Syöte tn	Ni %	Cu %	Lähde	Syöte tn	Rikaste tn	% syötteestä	Lähde
1941	15 000	15 000	0,80	0,30	Arvio	17 373	1 582	9,10	Oletus
1942	47 958	47 958	1,20	0,35	Kuisma	47 958	5 552	11,60	Kuisma
1943	33 892	33 892	1,20	0,40	Kuisma	33 892	3 781	11,20	Kuisma
1944	40 225	40 118	0,71	0,44	KTM	40 117	4 079	10,20	Kuisma
1945	53 986	53 754	0,84	0,49	KTM	53 754	6 164	11,50	Kuisma
1946	26 333	24 475	0,76	0,46	KTM	24 475	1 816	7,40	Kuisma
1947	4 552	3 948	0,76	0,46	KTM	3 948	0	0,00	Kuisma
1948	4 423	3 701	0,80	0,40	KTM	3 301	0	0,00	Kuisma
1949	0	0			KTM	0	1 971	0,00	Kuisma
1950	0	0			KTM	0	0	0,00	Kuisma
1951	18 240	17 840	0,71	0,45	KTM	15 868	1 413	8,90	Kuisma
1952	77 510	76 247	0,73	0,44	KTM	76 247	7 574	9,90	Kuisma
1953	78 829	77 273	0,68	0,40	KTM	77 273	7 115	9,20	Kuisma
1954	33 440	33 440	0,57	0,36	KTM	33 440	3 017	9,00	Kuisma
Yhteensä	434 388	427 646	0,81	0,42		427 646	44 064	10,30	
Kirjallisuus	410 273	410 273	0,81	0,42		410 273	44 064		

malmion kartiomainen, yläosaltaan leveä, mutta alaspäin suppeneva muoto. Avolouhintaa jatkettiin tasoon noin +50 (eli maanpinnasta laskettuna noin syvyyteen 35 m) ja ilmeisesti avolouhoksen pohjaa kaivokseen pudotettiin noin tasoon +75. Siten avolouhoksen yhtenäinen syvyys lienee nyt noin 60 m (Isomäki 2006). Malmin isäntäkiiven, voimakkaasti serpentiiniytyneen ultramafiitin eli metaperidotiitin-metaduniitin, lujuus oli heikkoa, joten avolouhintakaan ei ollut helppoa. Malmin ja sivukivien kontaktit ovat olleet myös "muuttuneita", ruhjeisia, kiille- ja kloriittipitoisia rakoja. Talkki-kloriittipitoisia söyryjä esiintyi, ja sortumia tapahtui.

Tuotantokuilun rakentaminen aloitettiin jo vuonna 1941. Ensimmäisen tuotantojakson lopulla malmi nostettiin jo kokonaan maanalaisista louhoksista. Kuilu ulottuu tasoon +234 (eli maanpinnasta noin 220 m syvyyteen, kuva 3). Alimmat varsinaiset louhokset ovat olleet kuitenkin tason +160 yläpuolella.

Alimmilla tasoilla on tehty lyhyitä tutkimustunneleita, joista on timanttikairauksin pyritty osoittamaan lisämalmia. Graniittiset ja gneissimäiset sivukivet näyttävät "syöneen" malmiutuman pois. Löydetyt malminjatkeet ovat olleet pienialaisia ja nuikkoja. Niinpä osoitetut malmivarat olivat vuonna 1954 tulleet loppuun louhituksi. Malmi loppui ja tuotanto päättyi.

Makolan kaivoksen ensimmäinen tuotantojakso oli 1941–1948 ja toinen jakso Korean sodan aikoihin 1951–1954. Yhteensä Outokumpu Oy louhi Nivalan kaivoksesta (Makolan esiintymästä) raportoitujen tilastojen mukaan 410 273 tonnia, ja keskimäärin pitoisuudet olivat Ni 0.81% ja Cu 0.42% (Annala 1960, Kuisma 1985). Numeroissa on hiukan vaihtelua eri lähteissä. Kauppa- ja teollisuusministeriölle raportoitujen tuotantolukujen vuosittaisissa määrissä on eroja historiakirjojen lukuihin verrattuna, mutta kokonaislouhinta on saman suuruinen.

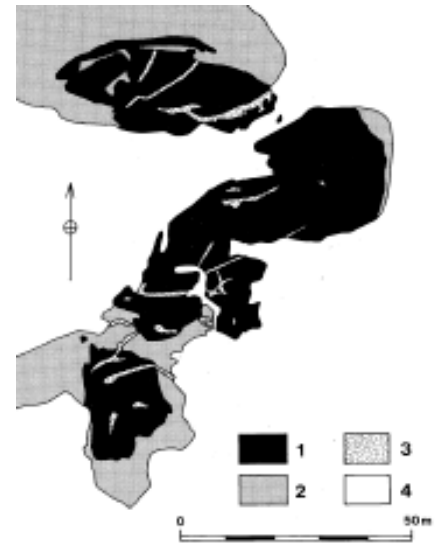
Hituran kohteessa irtomaakerrokset

olivat paksimmat ja jatkotyöt oli siirretty myöhempään ajankohtaan. Varsinainen Hituran malmi, sekä Etelä-Hituraa, voidaan katsoa löydetyn, kun Outokumpu Oy:n Makolan kaivos kävi vuonna 1952 kairattamassa mainittua Vanhan Hituran jatketta syvyyssuuntaan. Yhteensä kairattiin kolme reikää, joista kahteen lisäksi taivutettiin haara. Tuloksena löydettiin Makolan tyyppistä, mutta hienorakeisempaa malmiä, jossa oli Ni 0.9–1.2%. Malmi oli syvällä eli tasovälillä +100–+200, ja sen arveltiin jatkuvan syvemmälle. Tutkimukset kuitenkin keskeytettiin. Syynä oli luultavasti malmin sijainti syvällä ja myös irtomaakerroksen paksuus. Malmiä oli varmaankin suunniteltu Makolan tuotannon jatkamiseksi. Hituran tuotantoon saamiseen olisi kulunut aikaa ja kustannukset olisivat olleet suuret. Nikkelin epäedulliset hintamuutokset ovat todennäköisesti vaikuttaneet päätöksen tekoon. Nivalan kaivostuotanto jäi odottamaan parempia aikoja.

Geologia ja mineralogia

Makolan nikkelimalmi liittyi serpentiiniytyneeseen metaperidotiittimaasiiviin, joka oli kärjellään seisovan kartion muotoinen. Malmiesiintymä ei ollut yhtenäinen, vaan sitä leikkasivat pegmatiittiset ja graniittiset juonet sekä gneissisivukiviosueet. Koko esiintymä oli breksiamainen, ts. erikokoisista "malmikappaleista" koostuva, gneissimäisten kivien rikkoma kokonaisuus (kuva 4).

Makolan kivilajien kemiallisia koostumuksia on taulukossa 2. Ympä-



Kuva 4. Makolan breksiamainen malmiesiintymä (Isolahannin ja muitten mukaan), tasokuiva. Kivilajit ovat: 1. Malmi, 2. Ultramafiitteja, 3. Pegmatiittisiä juonia, ja 4. Kiillegneissejä.

Taulukko 2. Makolan esiintymän kivilajien koostumustietoja Isolahannin ym (1985) mukaan.

Kivilaji	Meta-duniitti	Meta-peridotiitti	Meta-pyrokseeniitti
Näytteitä	10	16	5
SiO ₂	45,08	49,17	50,77
TiO ₂	0,12	0,21	0,28
Al ₂ O ₃	1,73	3,72	5,33
FeO	17,62	13,90	15,31
MnO	0,16	0,17	0,18
MgO	34,73	30,18	24,48
CaO	0,29	2,29	2,82
Na ₂ O	0,21	0,20	0,21
K ₂ O	0,06	0,16	0,63
Yhteensä	100,00	100,00	100,00

ristön kivilajit ovat metavulkaniitteja, amfiboliitteja ja kiuillegneissejä.

Tärkeimmät malmimineraalit Makolan malmissa olivat pentlandiitti, kuparikiisi ja magneettikiisi. Lisäksi esiintyi kubaniittia, magnetiittia, pyriittiä ja bravoiittia sekä sinkkivälkettä. Nikkeli oli pentlandiittina, mutta kuparikiisun sijasta kubaniitti on ollut paikoin lähes ainoa kuparimineraali etenkin syvemällä. Malmi oli yleisesti pienirakeista pirottemalmia. Satunnaisesti esiintyi massiivisia kiisumalmeja, läskimalmi-oseita.

Juha Huhta, joka teki pro gradu -tutkielmansa Nivalan malmeista (1953), jakoi Makolan malmin päätyypeihin ei-metallisten mineraalien mukaan seuraavasti:

A-malmi, hienorakeinen puhtaasti serpentiniittimalmi, jossa sulfidien raekoko on alle 2 mm.

B-malmi, karkearakeinen serpentiniittimalmi, jossa sulfidirakeiden raekoko on 4–20 mm.

C-malmi, jossa sulfidit esiintyvät epätasaisesti jakaantuneina rakeina amfibolipitoisessa metaperidotiitissa ja jossa pitoisuudet jäivät usein alle alimman malmipitoisuuden, alle cut off -pitoisuuden.

D-tyyppi, sulfideja amfibolikivessä, jossa amfibolisälöt ovat suunnittuneina, sulfidien määrä on niukka ja epätasainen sekä esiintyvät amfibolien raoissa tai pyörityneinä raekasumina, osin kuparikiisuvallaisina.

Varsinaista malmia olivat A- ja B-tyytit. Niissä sulfidipirote muodosti tasaisen jatkuvan verkkopirotteen, eräänlaisen mikrobrekisarakenteen. Nikkelipitoisuus oli 0.8–1.5% ja kuparipitoisuus 0.4–0.5%.

Sulfideja oli paikoin myös sivukivenä oleviin gneisseihin työntyneenä.

Kun Makolan esiintymää, sen malmin laatua ja määrää sekä kivilajeja vertaa läheiseen Hituran esiintymään, voidaan todeta merkittävimmän eron olevan esiintymän koossa. Hituran esiintymä on huikean paljon suurempi. Siitä seuraa suoraan muut tärkeät erot, eli Makolan malmityypit vastaavat pääosin Hituran kontaktin läheisiä reunamalmeja amfibolirikkaissa isäntäkivissä. Hituran runsasta, mutta matalapitoista nikkelimineralisoitunutta serpentiniittissä (metaduniitissa) vastaavat osat ovat olleet Makolassa vähäiset tai puuttuvat.

Esiintymän ikä

Makolan esiintymästä ei tietyvästi ole tehty ikämäärytyksiä. Likeisen Hituran esiintymän ikä on vähintään 1 877 (+/-

3) miljoonaa vuotta. Määritys on tehty leikkaavan gabromaisen pegmatiittijuonen zirkoni- ja monatsiittifraktoista (U/Pb -ikä, GTK:n laboratorio). Makolan esiintymä lienee samankäinen, sillä siinä esiintyy myös samankaltaisia leikkaavia pegmatiittijuonia, ja muutenkin geologia muistuttaa Hituraa, vaikka mittasuhteet ovat pienemmät.

Kaivos- ja rikastustekniikka

Serpentiniitti oli Makolassakin lujuu-deltaan heikko kivilaji. Vaikeuksia lisäsivät kloriitti- ja talkkipintaiset raot, söyrit. Louhinta aloitettiin avolouhinta-na, jota jatkettiin vuoden 1945 alkupuolel-le. Silloin louhinta siirtyi kokonaan maanalaiseksi. Louhintamenetelmänä maan alla on ilmeisesti sovellettu levy-sorroslohinnan kaltaista menetelmää. Heikkojen kivien takia louhinta on ollut hankalaa ja sortumat olivat yleisiä.

Malmilouhe on nostettu kaivoksen lähellä olevaan rikastamoon. Tuotantolaitokset oli ilmeisesti rakennettu liian lähelle kaivoksen sortumille altiita kiviä, mikä saattoi osaltaan hiukan vähentää toiminta-aikaa. Rikastamo rakennettiin 60 000 tonnin vuosittais-ta louhinta vastavaksi, mutta tämä määrä saavutettiin ja vähän ylitettiin

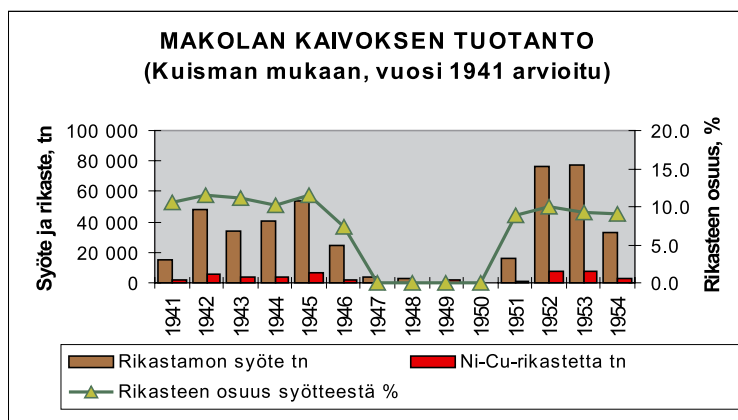
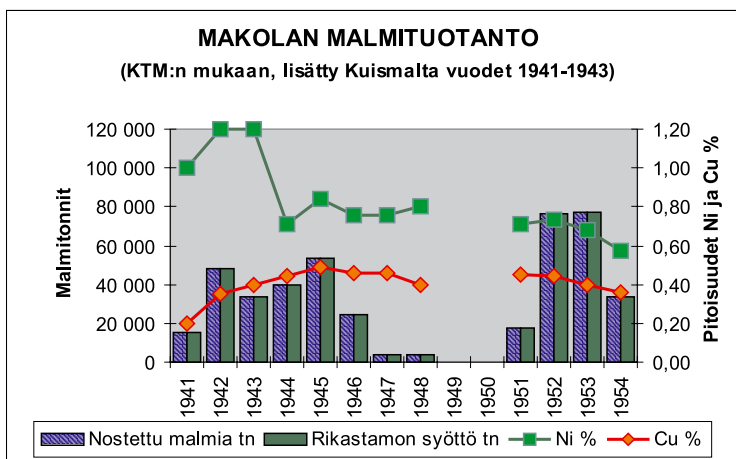
vasta toisella toimintakaudella vuosina 1952–1953. Makolassa valmistettiin nikkeli-kupariyhteisrikastetta. Rikastus suoritettiin vaahdottamalla, mihin tekniikka oli tuttua Outokummun kuparikaivokselta.

Tuotanto ja jatkojalostus

Makolan esiintymä oli kokonaisuutena pieni ja verrattain köyhä nikkelimalmi. Myös vuosittainen louhintamäärä oli myöhempiin kaivoksiin verrattuna pieni. Esimerkiksi nykyiseen Hituraan verrattuna Makolan vuosituotanto vastaa noin yhden kuukauden malminnostoa Hiturassa. Makolan tuotannon arvo ei siis koskaan ole ollut kovin suuri. Malminnosto (rikastamon syöte) ja nikkelikuparikasteen valmistus on ollut tuotantovaiheittain taulukon 1 ja kuvan 5 mukainen – tietyin varauksin.

Louhintamäärästä näyttää puuttuvan ensimmäisen toimintavuoden 1941 malminnosto, sillä nikkeli-kuparirikastetta tuotettiin, mutta nostettua malmia ei ole raportoitu. Malminnostovajaus on luokkaa 10 000–15 000 tonnia. Ehkäpä aloittelevan kaivoksen raportointikäytäntö ei ollut vielä vakiintunut. Malmia on varmaankin louhittu valmistelevis-tä töinä ennen varsinaisen tuotanto-

Kuvat 5a ja 5b.
Outokumpu Oy:n Nivalan (Makolan) kaivoksen malminnosto ja rikastetuotanto graafisesti.





Kuva 6. Makolan kaivosalue 1940-luvulla: etualalla avolouhos, jonka takana nostotorni ja tuotantolaitokset, taaempänä Makolaan johtava tie ja kaivosalueen sekä kaivoskylän rakennuksia. Osa kuvasta Hituran kaivoksen arkistossa.

lauhinnan alkua, ja saatua malmaa ei ole kirjattu mihinkään. Tai malmi on kirjattu seuraavan vuoden tuotantoon, jolloin vajausta ei todellisuudessa olisi-kaan. Kuisman (1985) Nivalan kaivoksen tuotantotaulukon mukaan on joka tapauksessa Ni-Cu -rikastetta tuotettu 1582 tonnia jo vuonna 1941, vaikka raakamalmia ei lähteen mukaan ole nostettu. Toisaalta Kuisman (1985) mukaan kaivoksen ja rikastamon tuotanto aloitettiin elokuulla 1941, Annalan (1960) aikaisemman historian mukaan vasta vuotta myöhemmin. Kuisman ja toisaalta KTM:lle raportoitujen malminostomäärien vuosittaisissa luvuissa on pieniä eroja.

Malmivajauksen selityksenä voisi olla myös sota-aika. Kysymys saattaisi liittyä Petsamon nikkelistä käytyyn sodanaikaiseen kaupankäyntiin. Voisiko olla mahdollista, että jokin nikkeli-erä olisi ollut kotoisin Petsamosta? Paperilla se olisi merkitty Nivalan rikasteeksi ja siten hämätty mahdollisia muita osapuolia. Sota-ajasta johtuen Outokumpu Oy sai valtiolta määräyksen valmistaa myös nikkeliä Poriin rakennettavassa uudessa kuparitehtaassa. Raaka-aineeksi oli aluksi ajateltu Outokummun kuparimalmiin sisältyvää pientä nikkelimäärää. Taloudel-

lisesti se ei ollut mahdollista, ja niinpä katse suuntautui vasta löydettyyn Nivalan nikkelimalmiin. Mutta koska kaivosta ei vielä ollut aloitettukaan, voitiin valtion mukaan väliaikaisesti turvautua Petsamon nikkelimalmiin (Annala 1960, s.323). Olisikohan tässä tämä Makolan ylimääräinen nikkeli-kuparirikaste?

Sotavuosina Imatran kuparitehtaalla aloitettiin nikkelianodituotanto, jonka raaka-aine vuosina 1941–1944 tuotettiin Nivalan ja Petsamon malmeista. Suurimmillaan tuotanto oli 1152 tonnia vuonna 1943. Yhteensä tuotanto oli 2351 tonnia anodeja. Kuparipitoisten anodien jatkojalostus tehtiin Porissa, ja vaikka nikkelin tuotantomäärät olivat vaatimattomia, se riitti kotimaan tarpeisiin ja oli myös kysytty vientitavara (Kuisma 1985). Myöhemmin tuotettu nikkeli-kuparirikaste toimitettiin Harjavaltaan Outokummun uudelle sulatolle. Nikkelin valmistus tapahtui osittain Lokomo Oy:llä ja tuote oli feronikkeliä. Porissa tuotettiin vuosina 1943–1948 yhteensä 895 tonnia nikkeliä. Ajoittain tuotettiin myös nikkelisulfaattia, ja kun metallisen nikkelin valmistus lopetettiin, tuotettiin vuodesta 1948 nikkelisulfaattia ja nikkelihienkiveä 100–400 t/v nikkeliä laskettuna

(Kuisma 1985). Myöhemmän suomalaisen nikkelituotannon perusta tuli luoduksi.

Hallinto ja ympäristö

Nivalan kaivos rakennettiin nopealla aikataululla. Vajaan vuoden kuluessa oli rakennettu kaivoksen ja rikastamon lisäksi voima-asema, jossa oli sotalaiva Matti Kurjen entinen höyrykattila, vesijohto Ainaslammelta, toimisto- ja huoltorakennuksia sekä pieni kaivoskylä. Myöhemmin rakennettiin vielä kansakoulu. Rikastekuljetuksia varten TVH rakensi 16 km maantietä Oksavaan Ylivieska-Iisalmi -rautatielelle. Vanhoissa valokuvissa (kuva 6) pistävät ensimmäisenä silmään pitkät halkopinot. Halkoja tarvittiin. Oma voima-asemaa käytettiin kunnes saatiin vuonna 1945 voimalinjayhteys Kokkolaan.

Työntekijöiden lukumäärä oli 233 vuonna 1943, ja vastaavasti 110 henkilöä vuonna 1953. Irene Poikkimäki (2005) on koontanut kertomuksia ja sanomalehtileikkeitä myös Makolan kaivoksen ajoilta ja sen ympäristön eli Nivalan Töllinperän historiasta. Kaikenlaista on sattunut, eikä kaikki sattumukset ole olleet hauskoja. Kai-



Kuva 7. Makolan kaivoksen avolouhos kesällä 2006 (kuva O-P. Isomäki).



Kuva 8. Punaista rikastushiekkaa Makolan rikastushiekavarastossa (kuva O-P Isomäki, kesä 2006).

vostoiminnan päätyttyä kaivoksen tuotantorakennukset on purettu. Tuotantokuilu on suljettu betonikannella ja metalliaidalla. Avolouhos on täyttynyt vedellä ja se on nyt pienen metsälammen kaltainen (kuva 7).

Kaivoksen tuotanto päättyi louhittavan malmin loputtua. Louhimatta jäi vain hyvin pieniä määriä mineraalivarantoa kaivoksen alimmille tasoille. Niiden varassa ei ollut mahdollista jatkaa tuotantoa. Lisämalmin löytäminen olisi edellyttänyt tutkimuksen ulottamista olennaisesti kaivoksen pohjatasoa syvemmälle.

Rikastushiekavarasto ("jätealue") on jätetty tuotannon päättyessä olleeseen kuntoon. Se on kuivuneena ja niukasti kasvittuneena punaisen lateriittimaan kaltaista (kuva 8). Paikalliset ihmiset ovat käyttäneet aluetta rallikrossiratana, talvisin moottorikelkkailuun, ja lisäksi alueella on varmaan tuhansia haulikon hylsyjä kertomassa luvattomasta ampumaharrastuksesta.

Makolan pieni kaivoskylä myytiin Nivalan kunnalle ja siinä toimi jonkin aikaa ammatillinen kurssikeskus. Asuinrakennukset on myyty yksityiseen käyttöön, mutta nyt vain muutama talo on enää asuttavassa kunnossa. Tämä kai kuvastaa lähinnä yhteiskunnan muutosta ja asutuksen keskittymistä kuntakeskuksiin ja kaupunkiin. Osa kaivosalueesta jäi Outokummun haltuun ja on nyt Finn Nickel Oy:n eli Hituran kaivoksen omistuksessa. Varsinainen kaivos on valtion maalla.

Kiitos

Alun perin tämä kirjoitus oli tarkoitettu muussa yhteydessä esitettäväksi v. 2006. Alkuperäisen käsikirjoituksen tarkasti Outokumpu Mining Oy:n Hituran kaivoksen silloinen johtaja Heimo Pöyry. Kiitokset siitä. Tekstiä on sen jälkeen täydennetty ja muokattu ajankohtaisemmaksi ja lisätty muutama kuvaa. ▀

KIRJALLISUUTTA

- Annala, V.* (1960) Outokummun historia 1910–1959. 502 s, 1 liite. SKS, Helsinki.
- Haikara, P.* (1983) Makolan nikkeli-kaivos. Julkaisematon moniste. 33 sivua, 4 liitettä. Äidinkielen tutkielma. Poliisiopisto, päällystökurssi s/83.
- Huhta, J.* (1953) Nivalan pitäjän malmiesiintymistä. 54 sivua + liitteitä. Julkaisematon pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, geologian laitos.
- Huhta, J.* (1954) The nickel-copper ore deposit of Makola. p. 25–28. Kirjassa: E Aurola (ed) The Mines and Quarries of Finland. Geol. Surv. Finland, Geoteknillisiä julkaisuja, n:o 55, 25–28.
- Isohanni, M. Ohenoja, V. and Papunen, H.* (1985) Geology and nickel-copper ores of the Nivala area. Geol. Surv. Finland, Bull. 333, 211–228.
- Isomäki, O-P.* (2006) Ei niin syvä. Sanomalehtiartikkeli. Keskipohjanmaa 15.5.2006.
- Kivioja, K.* (1970) Nivalan teollisuuslaitokset. S. 165–171. Kirjassa: Nivalan kirja. Nygård, T. (toim.), 597 s. Nivalan kunta ja seurakunta. K.J.Gummerus Oy, Jyväskylä.
- Krosby, H.P.* (1996) Nikkelidiplomatiaa Petsamossa 1940–1941. 316 s. Suom. M Järvinen. Kirjayhtymä. Helsinki.
- Kuisma, M.* (1985) Kuperikaivoksesta suuryhtiöksi. Outokumpu 1910–1985. 463 s. Outokumpu Oy. Forssan kirjapaino, Forssa.
- Laitakari, A.* (1938) Vuosikertomus geologisen toimikunnan toiminnasta 1937, sivut 10–18.
- Poikkimäki, Irene* (2005) Elämää ja asumista Töllinperällä. JP painos&palvelu Ky, Nivala.
- Saksela, M. ja Hackzell, E.* (1938) Tutkimuksia Nivalan malmista ja sen rikastusmahdollisuuksista. Suomen Kemistilehti, nro 7–8.
- Saksela, M.* (1964) Malmi. Sivut 125–187. Kirjassa: Suomen Geologia. Rankama, K. (toim.), 414 s. Kirjapaino Aa Oy, Helsinki.
- Turunen, H.* (2007) Maaperä paljastaa rikkautensa. Sivut 244–250, kirjassa Nivalasta ollaan ja toimeen tullaan. 719 sivua. Nivalan kaupunki, Nivalan seurakunta ja Nivala-Seura. Gummerus. Jyväskylä.
- Vuorisjärvi, E.* (1990) Petsamon nikkeli kansainvälisessä politiikassa 1939–1944. 267 s. Otava. Keuruu. ▀



Outokumpun Tornion ferrokromitehdas.
Kuva Outokumpu



Juha Rantanen

Outokumpu satsaa ferrokromiin

Haastattelu ja henkilökuva **Bo-Eric Forstén**

Outokumpu kaksinkertaistaa ferrokromin tuotantokapasiteettinsa Torniossa 530 000 tonniin vuodessa. Kokonaisinvestointi on noin 420 miljoonaa euroa ja uusi kapasiteetti pitäisi olla käytössä vuoden 2011 ensimmäisellä neljänneksellä. Tornion ferrokromisulatolle ja Kemin kromikaivokselle syntyy yhteensä noin 95 uutta työpaikkaa.

Kysyimme toimitusjohtaja Juha Rantaselta mitä laajennus konsernille merkitsee.

Mihin lisäkapasiteettia tarvitaan?

JR: Konsernina me emme ole omavaraisia ferrokromin suhteen. Oma tuotantomme kattaa Tornion tarpeen, mutta ostimme Avestan ja Sheffieldin käyttämän kromin ulkoa. Oma ferrokromiprosessimme on erittäin kustannustehokas, joten ostokromin korvaaminen omalla on merkittävä kustannussäästö.

Tuletteko toimittamaan kromia ulkopuolisillekin?

JR: Meidän oma ferrokromitarpeem-

me kasvaa jonkin verran Avestan investoinnin myötä. Sen jälkeenkin uudesta ferrokromitehtaasta jää näillä näkymin pieni määrä myytäväksi ulkopuolisille asiakkaille. En usko, että sen myynti on ongelmallista, kun otetaan huomioon ennustettu ferrokromimarkkinoiden tiukkuus.

420 miljoonaa on iso raha. Mistä se saadaan?

JR: Outokummulla on hyvä ja vahva tase. Olemme myyneet pois ydintointiamme kuulumattomia liiketoimintoja ja muutenkin eri keinoin vahvistaneet rahoituskapasiteettiamme. Kun tavoitteenamme on ollut pitää Gearing-lukumme alle 75 prosentin,

luku liikkuu tänään 25 ja 30 prosentin välillä. Rahoitus on kunnossa.

Olette laskeneet, että nykyhinnoilla laajennus kasvattaisi vuotuista liikevoittoanne 200 miljoonalla eurolla. Mitkä hinnat?

JR: Puhumme sähkön ja ferrokromin hinnoista. Olemme tehneet Vattenfallin kanssa sopimuksen, joka takaa meille 15 terawattituntia sähköä vakailla hinnoilla vuodesta 2010 vuoteen 2020 saakka. Ferrokromin pitkäaikainen keskihinta on taas aina viime vuosiin saakka ollut 50 Usc/lb. Tänään se on noussut nelinkertaiseksi ja on noin 2 dollaria naulalta.

Syy löytyy Etelä-Afrikan sähkönjalkeluongelmista. Etelä-Afrikka vastaa noin puolesta koko maailman ferrokromituotannosta ja vaikeudet sähkösäonnissa vaikuttavat suoraan maan kaivostoimintaan ja ferrokromin jalostukseen. Olemme tarkoin tutkineet monenlaisia, aina vuosiin 2013–2014 ulottuvia ennusteita ja raportteja ja kaikki viittaa siihen, että sähkön niukkuus Etelä-Afrikassa jatkuisi ainakin sinne saakka.

Onko investointipäätös jonkinlainen painostuskeino Fennovoiman ydinvoimahankkeen toteuttamisen puolesta?

JR: Mistään sellaisesta ei ole kysymys. Päätös on tehty ilman mitään ehdollistamista. Fennovoima on täysin erillinen projekti. Laajennus valmistuu vuonna 2011 kun taas Fennovoiman mahdollinen ydinvoimala valmistuisi noin 2018–2020. Toinen asia on, että Fennovoima on energiaintensiiviselle teollisuudelle erittäin tärkeä projekti. Tarvitsemme energiatuottajan, joka takaa vakaan ja päästöttömän sähkötarjonnan.

Ferrokromin tuotannon nostaminen lisää Outokummun hiilidioksidipäästöjä. Miten se on perusteltavissa?

JR: Laajennus lisää Tornion CO₂-päästöjä 270 000 tonnilla 950 000 tonniin, sillä koksi ei ole korvattavissa ferrokromiprosessissa. Ympäristövaikutuksia on kuitenkin arvioitava globaalista näkökulmasta. Outokummun kehittämä ja nykyään Outotecin markkinoima prosessi on lajissaan ainutlaatuinen ja luokitellaan sekä vähäisten päästöjen sä että energiatehokkuutensa puolesta BAT-teknologiaksi. Prosessi on niin tehokas, että kapasiteetin laajentamisen Torniossa arvioidaan vähentävän maailman CO₂-päästöjä miljoonalla tonnilla vuodessa, kun ferrokromihankintoja ei tehdä Etelä-Afrikasta tai Kazakstanista.

Näissä maissa sähkö tuotetaan pääasiallisesti hiilivoimalla.

Tarvitsette lisää henkilöstöä. Mistä se löytyy?

JR: Tarvitsemme lisää työntekijöitä ja toimihenkilöitä monenlaisiin tehtäviin ja olemme siinä käsityksessä, että rekrytointi onnistuu Tornion ja Kemlin lähialueilta. Meillä on Tornion terästehtaalla käynnissä toinenkin, 100 uutta työntekijää vaativa investointi. Uskomme, että uudet työpaikat myötävaikuttavat siihen, että moni nuori pysyy kotiseudulle uskollisena.

Miten hyvin maan nykyinen yliopistorakenne palvelee teidän tarpeitane?

JR: Tornion tehtaalla on kiinteä ja laaja yhteistyö Oulun Yliopiston kanssa, jonka materiaalitekniikan osaaminen on korkeaa luokkaa. Yhteisiä tutkimusprojekteja on myös TKK:n ja muiden

yliopistojen kanssa. Alalle pohjoismaisena yhteistyönä syntyneet koulutusohjelmat hälventävät osaltaan pelkoa siitä, että tekniikan osaajat loppuisivat kesken. Huomionarvoinen seikka on, että tuleva Aalto-yliopisto tulee olemaan meille tärkeä yhteistyökumppani myös kauppakorkeakoulun ansiosta. Johtaminen ja kaupallinen osaaminen ovat nousseet tekniikan rinnalle välttämättöminä elementteinä menestystä haattaessa.

Mihin Outokumpu suuntaa katseensa ferrokromin jälkeen?

JR: Sen ratkaisee hyvin pitkälle vallitseva markkinatilanne. Kysymys ei ole polttavan ajankohtainen, sillä meillä on kädet täynnä työtä vuosiksi eteenpäin ja rahareikiäkin on tarpeeksi. Suunta on kuitenkin selvä: hakeudumme lähemmäksi loppuasiakasta. Tämä tarkoittaa jalostusasteen nostamista tuotevalikoimaa monipuolistamalla.▲

Koverhar luo nahkansa

Haastattelu **Bo-Eric Forstén**

Ovako toteuttaa Koverharissa mittavan investointiohjelman, jonka avulla tehdään tuotantokapasiteetti nostetaan noin neljänneksellä vuoteen 2013 mennessä. Rahaa hankkeeseen kuluu 100-150 miljoonaa euroa.

Anders Moliis-Mellberg iloitsi vuosien näillä palstoilla siitä, että Koverhar oli löytänyt paikkansa teräksentörmittajana isommassa eurooppalaisessa järjestelmässä mainiten samalla, että laajempi uudistamisprojekti oli suunnitteilla.

Tänään Andersin hymy on vielä tyytyväisempi. Yhtiön hallitus on hyväksynyt investointiohjelman ja antanut Andersin tehtäväksi vastata pitkälti hänen käsialaansa olevan projektin toteuttamisesta. Näin projektijohtaja vastasi kysymyksiimme:

Mitä tekee investoinnin kannattavaksi?

AMM: Uskomme malmipohjaiseen valssilankavalmistukseen. Puhtaan

romun saatavuus tulee tulevaisuudessa olemaan pullonkaula, rautamalmitaas riittää kun uutta kapasiteettia rakennetaan. Valssilankavalmistuksessa, missä teräksen puhtausvaatimukset ovat korkeat, masuunireitin suhteellinen kilpailukyky sähkösulattoreittiin verrattuna tulee todennäköisesti parantumaan. Koverhar on määrätietoisesti kehittänyt teräksenvalmistustaan erikoisterästen suuntaan ja tehdas on tänään osa jalostusketjua, joka tuottaa erikoislankoja Keski-Euroopan markkinoille. Terästuotantomme on kuitenkin riittämätön ketjun valssauskapasiteettiin nähden. Kapasiteetin nosto palvelee koko ketjua ja varsinkin loppuasiakasta.



Anders Moliis-Mellberg vastaa Koverharin investointiprojektin toteuttamisesta.
Kuva BEF

Investointiohjelman pääkohdat

Masuunin vuorauksen ja jäähdytysjärjestelmän välikorjaus. Uunin paineen nostaminen 105 kPascalista 150 kPascaliksi. Laitteiston vahvistaminen keskimääräiseen korkeampaan painetta. Uusi kaasunpuhdistusjärjestelmä. Terästehtaan kahden 45 tonnin konvertterin korvaaminen yhdellä 70 tonnin konvertterilla. LD-filtterin korvaaminen uudella ja sekundääripölynpoistojärjestelmien asentaminen. Uusi yli 20 MW:n voimalaitos nykyisen 11 MW:n voimalaitoksen tilalle. ▀

Onko ajankohta kapasiteetin nostolle oikea?

AMM: Aikataulun määräävät muut asiat kuin markkinatilanne. Masuuni sai uuden vuorauksen vuonna 1995 ja välikorjaus suoritettiin vuonna 2002. Seuraava välikorjaus on edessä kesällä 2011. Tämä tarkoittaa, että joudumme pysyttämään tuotannon vähintään kuukaudeksi. Tuotannon seisauttaminen maksaa, joten kannatta keskittää kaikki seisokkia vaativat työt samaan ajankohtaan. Terästehtaallakin tulee olemaan kiirettä. Vuonna 1971 käyttöön otetut konvertterit ovat elinkaarensa loppusuoralla. Ne korvataan yhdellä isommalla 70 tonnin konvertterilla. Tämän ansiosta valmistusprosessi

nopeutuu ja yksinkertaistuu samalla kun polttoaineen kulutus laskee. Muu laitteisto, senkkauuni ja nosturit, on jo valmiiksi mitoitettu 70 tonnin sulatuspainon mukaan.

Miksi masuunin painetta pitää nostaa?

AMM: On muistettava, että meillä on integroitu prosessi, jossa materiaali kulkee ilman välivaiheita siitä kun pelletit nostetaan laivan ruumasta siihen kun valmiit teelmät niputetaan jäähdytysarinan loppupäässä. Tehokkuuden ja kannattavuuden kannalta on tärkeää, että valmistuslinja pysyy tasapainossa alusta loppuun. Uuni on alkujaan mitoitettu 250 000 tonnin raakarautatuotannolle. Vuosien varrella olemme jatkuvan kehitystyön ja tekniikan edistymisen myötä pystyneet kaksinkertaistamaan tuotannon. Poppakonstit on kuitenkin käytetty loppuun. Ilman paineen nostoa emme pysty nostamaan raakarautatuotantoa terästehtaan lisääntyneen kapasiteetin edellyttämälle tasolle.

Miten nykyiset laitteet kestävät paineen nostamisen?

AMM: Luonnollisesti käymme läpi järjestelmään kuuluvat laitteet ja vahvistamme niitä tarpeen mukaan. Paineen nosto on suhteellisen varovainen, joten uskomme, että ratkaisut löytyvät. Joudumme joka tapauksessa uusimaan masuunikaasujen puhdistusjärjestelmän turvataksemme cowperien toiminnan, ja tässä korkeampi paine on vain eduksi.

Lisääkö paineen nostaminen todella tuotantoa?

AMM: Korkeapainetekniikka on nykyään maailmassa melkein standardi, ja vaikutukset kiistattomat. Koverharin masuunin vähäinen korkeus voi kuitenkin vaatia muitakin toimenpiteitä, jotta täysi hyöty saavutetaan. Korkea paine parantaa kaasun läpäisevyyttä ja edistää reduktiota, mutta pellettien läpimenoaika tulee lyhyessä uunissa olemaan toinen kriittinen tekijä. Raaka-aineiden suojaaminen kosteudelta ja pitäminen mahdollisimman kuivana edesauttaa prosessin onnistumista. Katettujen varastojen rakentaminen satamaan on yksi ratkaisu tähän. Jollei muu auta, voidaan ajatella panostettavan materiaalin esilämmitys jossain muodossa.

Olette ulkoistaneet huomattavan osan toiminnoista, mutta pidätte voimalaitoksen omassa hallinnassa, miksi?

AMM: Voimalaitos käyttää masuunikaasua ja tekee meidät omavaraisiksi sähkön suhteen. Tämä on selvä kilpai-

luetu. Paineen noston kautta syntyy enemmän kaasua, jota voidaan käyttää hyödyksi. Investointirupeaman päätteen rakennamme uuden isomman, yli 20 MW:n voimalaitoksen nykyisen viereen. Ylimääräisen sähkön myyminen verkkoon. Uusi voimalaitos tulee tuottamaan niin paljon sähköä, että se peittäisi myös Dalsbrukin kulutuksen.

Tarkoitus on toteuttaa investointiohjelma vaiheittain vuosina 2009-2013. Mistä aloitatte?

AMM: Päälinjat ovat selvillä ja nyt keskitymme eri kohteiden laitesuunnitteluun ja aikataulujen laatimiseen. Isot työt tehdään kesällä 2011. Niiden onnistuminen riippuu siitä miten hyvin ehdimme valmistella niitä. Laittevalmistajien toimitusajat ovat sitä luokkaa, että kiirettä pitää jo.

Mistä otatte resurssit projektin läpiviemiseen?

AMM: Kim Michelsson ja minä olemme tällä hetkellä ainoat päätoimiset projektin puuhamiehet, mutta luonnollisesti kaikki omat asiantuntijat ovat jo tiiviisti mukana suunnitteluprosessissa. Kesän jälkeen resurssitarpeen pitäisi olla selvitetty ja silloin tiedämme miten edetä, mitkä palvelut ostamme ja mitä teemme itse.

Kapasiteetin nosto lisää tehtaan CO₂-päästöjä miten tekniikan mies siihen suhtautuu?

AMM: Selvä on, että CO₂:n kokonaismäärä nousee, kun masuunia ajetaan suuremmalla teholla. Uudet laitteet ovat kuitenkin entisiä huomattavasti ympäristöystävällisempiä, joten päästöt eivät kasva samassa suhteessa kuin tuotanto. Vaihtoehtona on, että tuotannon lisäys tapahtuisi kehittyvissä talousmaissa, ja silloin puhallettaisiin ilmaan tuplamäärä hiilidioksidia. Mutta seuraavan Kioto-kauden päästöoikeuksien jako on edelleen suuri kysymysmerkki. On aika järkyttävää, että näin suuria investointipäätöksiä joudutaan tekemään ilman että tämä asia on selvä. Se vaatii päätöksentekijöiltä rohkeutta.

Minkä arvosanan antaisit konsernin hallitukselle siitä, että investointi toteutuu?

AMM: Tuntuu erittäin hyvältä saada toimia yhtiössä, jossa asioihin suhtaudutaan ennakkoluulottomasti ja asiallisesti ja jossa tehdään selkeitä ja nopeita päätöksiä. Konsernin pääomistajassa Werner Pampuksessa näen piirteitä, jotka tuovat Vuoksenniskan ja Koverharin perustajan Berndt Grönbloomin mieleen. ▀



Teräksemme on tehty suojaamaan suomalaisissa oloissa

Kun rakennat uutta tai kunnostat vanhaa, valitse katteeksi aito kotimainen Ruukin teräs. Laatu-teräs ja Pural-pinnoite varmistavat sen, että katto pysyy tiiviinä vuosikymmenestä toiseen. Ja aidon Ruukin katteen tunnistat sen omasta leimasta. www.ruukki.com/maalipinnoitettu



Lauri Heimonen, dipl. ins., Lohja, eläkkeellä, pääasiallisena työntekijänä Outokumpu Oy/ kuparituoteollisuus.

Ilmastonmuutoksen syy selvittämättä

Unsettled cause of climate change

Lauri Heimonen

Johdanto

Kioton kansainvälinen ilmastopöytäkirja ja sen parhaillaan neuvottelujen alaisena oleva jatkosopimus ovat konkreettisia osoituksia vallalla olevasta uskosta ihmisperäisten kasvihuonekaasujen, lähinnä hiilidioksidin, aiheuttamaan ilmastonmuutokseen. Tällä uskolla on juurensa jo 1890-luvulla, jolloin ruotsalainen, maailmankuulu fysikokemisti Svante Arrhenius esitti laskelmansa ihmisperäisten hiilidioksidipäästöjen mahdollisesta, ilmastoa lämmittävästä vaikutuksesta.

1900-luvun alkupuolella oltiin kuitenkin yleisesti siinä käsityksessä, että ihmisperäiset päästöt eivät johda hiilidioksidin lisääntymiseen ilmassa, vaan että niistä aiheutuva ylimäärä hiilidioksidia, kemiallisten lainalaisuuksien mukaisesti, absorboituu ilmasta valtameriin. Mutta kun hiilidioksidipitoisuuden todettiin ilmassa nousevan, alettiin uskoa sen olevan seurausta ihmisen aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä. 1980-luvun lopulla, kun historiaa ilmentävien jääkairausnäytteiden huomattiin osoittavan lämpenemisen ja ilman hiilidioksidipitoisuuden välistä yhteyttä, usko ihmisen aiheuttamaan ilmaston lämpenemiseen vahvistui. Sen seurauksena, poliitikkojen vaatimuksesta, YK:n yhteyteen perustettiin Hallitusten välinen ilmastomuutospaneeli IPCC, jonka ensimmäisenä tehtävänä oli arvioida ihmisen aiheuttamaksi uskotun ilmastomuutoksen tieteellinen tausta.

Myöhemmät jääkairaus tulokset ovat osoittaneet, että ilman hiilidioksidipi-

toisuuden nousu on seuraus lämpenemisestä eikä sen syy, ja että jääkausien väliin sijoittuvien, lämpimien kausien syntyyn liittyvä lämpeneminen on seurausta taivaanmekaniikkaan kuuluvien Milankovitchin jaksojen säätöjen, Auringosta maapallolle tulevan kokonaissäteilyn vaihtelusta. Analogisesti tämän kanssa nykyistä lämpenemistä ja siihen väistämättä myös liittyvää hiilidioksidipitoisuuden nousua voidaan pitää ilmeisinä seurauksina pienen jääkauden jälkeen tapahtuneesta, Auringon aktiivisuuden nousuun liittyvästä kokonaissäteilyn kasvusta /2,14,15/.

Tähän mennessä IPCC:kään ei ole arvioineissaan pystynyt asianmukaista näyttöä toteamaan hypoteesille, jonka mukaan ihminen olisi syytä nykyiseen lämpenemiseen. Vallalla olevaa uskoa ihmisperäiseen ilmastomuutokseen tämä kuitenkin ei näy horjuttaneen. On pitäydäytty jo vuonna 1992 Rio de Janeirossa pidetyssä YK:n ympäristökokouksessa poliittisesti päätetyssä peruserätyksessä, jonka mukaan tieteellistä epävarmuutta ei tule pitää syynä olla ryhtymättä ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin lämpenemisen hillitsemiseksi. Toimenpiteiden, joilla sitä edelleenkin tavoitellaan, perusteluksi on jäänyt vain teoreettisiin ilmastomallitutkimuksiin tukeutuvan, hypoteettisen riskin pienentäminen /1/.

Ulkopuolisena tarkastelijana olen päättänyt tulkintaan, jonka mukaan teoreettisiin ilmastomallitutkimuksiin rajoittuva, ihmisperäisyyttä esittävä IPCC:n arvio nykyisen ilmastomuutoksen syystä on kyseenalainen. Toimiva selvitys monitieteellisen ilmasto-on-

gelman syntyyn vaikuttavista tekijöistä edellyttää koko ongelmakentän asianmukaista huomioon ottamista.

Haasteena ongelman poikkitieteellinen lähestyminen

Kokemukseni ilmastomuutosongelmien kanssa analogisista, monitieteellisistä, metallurgisista ongelmista ovat käytännössä opettaneet, mitä poikkitieteellinen lähestyminen tarkoittaa, kun toimivaa ratkaisua tavoitellaan: on ennakkoluulottomasti – heikotkin signaalit huomioon ottaen – paneuduttava kokonaisuuteen sillä tavalla, että mahdolliset, ongelman syntyyn vaikuttavat tekijät, olennaisin osin, selviävät. Tarvittavat, lopulliseen ratkaisuun tähtäävät, tieteidenväliset jatkotutkimukset menetelmiseen ja aineistoinen määrääytyvät sitten niiden tekijöiden vaatimalla tavalla.

IPCC:n omaksuman ilmastomalliparadigman puitteissa tapahtuvan toiminnan jo lähtökohtaisesti ymmärrän merkitsevän tehtävän ennenaikaista rajaamista, kun ilmasto-ongelmaa yksipuolisesti lähestytään teoreettisten ilmastomallien ja ihmisen aiheuttamaksi uskotun ilmastomuutoksen näkökulmista, mikä voi kokonaisuudesta jättää käsittelyn ulkopuolelle sellaisia, olennaisesti asiaan vaikuttavia alueita, jotka eivät omaksuttuihin puitteisiin sovellu. Näin mahdollisesti kaventuva näkökulma on omiaan johtamaan ongelman puutteelliseen hahmottumiseen. Tällöin tiedonpuute voi näkemyksellisesti johtaa ilmastomalleissa käytettävien, epävarmojen lähtömuuttujien kohdal-

la sellaisiin arviointeihin ja olettamuspohjaisiin valintoihin, jotka ovat noihin näkökulmiin sopivia, mutta jotka eivät välttämättä vastaa todellisuutta (vert. esim. 'inverse calculations' kappale 9.2 /1 /).

Kyseenalaisuus, mikä tärkeimpiinkin lähtöparametreihin voi liittyä, ilmenee mm. siitä, että IPCC on epävarmoin perustein arvioinut ilmastomallilaskelmissa keskeisessä asemassa olevan Auringon roolin niin pieneksi, että kasvihuonekaasuvaikutukseltaan vähäisenä pidettävä hiilidioksidipitoisuuden lisääntyminen atmosfäärissä on alkanut näyttää nykyisen lämpenemisen syytä. Toisaalta on oletettu, että teollisena aikana ilmassa tapahtunut hiilidioksidipitoisuuden lisääntyminen on täysin ihmisen aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä peräisin. Näistä jo toisen – pieneksi arvioitun Auringon roolin tai hiilidioksidipitoisuuden nousun olettamisen ihmisperäiseksi – osoittaminen vääräksi riittää kumoamaan teoreettisiin ilmastomallitutkimuksiin perustuvan, IPCC:n esittämän arvion, jonka mukaan nyt tapahtunut lämpeneminen 'hyvin todennäköisesti' on seurausta pääasiassa ihmisperäisistä kasvihuonekaasupäästöistä /1/.

Käsityksiä Auringon roolista

Taivaanmekaniikasta tai Auringon aktiivisuusvaihtelusta johtuvien kokonaissäteilyn muutosten ei kummankaan katsota sellaisenaan riittävän todettuja lämpötilavaihteluja selittämään, vaan säteilymuutosten vaikutusten edellytetään vahvistuvan maapallolla mekanismin, joita ei vielä kunnolla tunneta.

On useita kyseenalaisia seikkoja, jotka yhdessä tekevät IPCC:n 'matalan tieteellisen ymmärryksen' pohjalta raportissaan 2007 /1/ arvioiman Auringon roolin nykyisessä lämpenemisessä niin pieneksi, että sen vaikutus ilmakehän kasvihuonekaasujen lisääntymisen vaikutuksen rinnalla jää ilmastomallilaskelmissa epäolennaiseksi: mm. Auringon kokonaissäteilyn TSI käytettävissä olevista aikasarjoista on valittu aikaisempaakin matalamman säteilypakotearvion antava vaihtoehto; lineaariseksi oletettu Auringon kokonaissäteilyn kasvu ei todellisuudessa välttämättä jaksottain tapahtuvaa nousua vastaa; nykyisen kokonaissäteilyn vertailukohdaksi valittu vuosi 1750 antaa liian pienen säteilypakotearvion, kun Auringon aktiivisuus on silloin ollut korkea (osuu *Maunderin* ja *Daltonin minimien* väliseen maksimiin); ja kaikkein ratkaisevimpina pidettävät, teollisenakin aikana asiaan kuuluvat,

toistaiseksi puutteellisesti tunnetut, säteilymuutosten vaikutuksia maapallolla vahvistavat tekijät ovat jääneet täysin huomioon ottamatta.

Muutamaa viimeisintä vuosikymmentä lukuunottamatta, tutkijat näyttävät jokseenkin yksimielisesti pitävän mahdollisena, että lämpenemistä 1900-luvulla on hallinnut auringon aktiivisuuden noususta aiheutuva kokonaissäteilyn kasvu. Samalla mm. *Joanna D. Haigh* /3,4/ sekä *Scafetta ja West* /5,6/ peräävät asianmukaista selvitystä siitä, miten Auringosta tulevan säteilyn vaihtelu todella vaikuttaa ilmastoon, jotta ihmisperäinen ja aurinkoperäinen vaikutus ilmastoon pystytään erottamaan toisistaan. Heidän mukaansa edistymisen tällä alueella vaatii lisäponnistuksia monilla rintamilla. He mm. pitävät kokonaissäteilyn käytettävissä olevia aikasarjoja epävarmoina. Toinen tärkeä, vielä avoimena oleva kysymys liittyy em. mekanismeihin, millä tarvittavat, säteilyvaikutuksia vahvistavat tekijät selittyvät. *Solanki et al* /7/ lisäksi toteavat, että Auringon aktiivisuus on ollut viimeisen 70 vuoden aikana korkeimmillaan yli 8 000 vuoteen, vaikka eivät pidäkään todennäköisenä Auringon dominoivaa vaikutusta viimeisimpinä vuosikymmeninä. *Lockwood ja Fröhlich* /8/ katsovat mahdottomaksi, että Auringon aktiivisuusmuutokset dominoisivat lämpenemistä vuoden 1985 jälkeen, koska ns. tasattujen keskiarvojen mukainen Auringon aktiivisuus on sen jälkeen ollut laskussa. Vastauksena edelliseen *Svensmark ja Friis-Christensen* /9/ esittävät kuitenkin perustelunsa, minkä mukaan Aurinko näyttää olevan päätekijä maapallon nykyisessäkin ilmastomuutoksessa.

Svensmark ja Friis-Christensen perustavat arvionsa Auringon aktiivisuusmuutosten ja lämpötilamuutosten väliseen korrelaatioon, missä kosmisen säteilyn muutosten vaikutusta pilvipiteemuutoksiin pidetään selittävänä tekijänä. Lisäksi mm. *Kristjánsson et al* /10/ ovat esittäneet, että Auringon aktiivisuusvaihtelusta johtuvien, maapallolle tulevan kokonaissäteilyn muutosten ja alapilvien peitemuutosten välillä näyttää olevan merkitsevä käänteinen korrelaatio, mikä tarkoittaa säteilymuutosten vaikutusten mahdollista, noihin pilvipiteemuutoksiin liittyvää, olennaista vahvistumista maapallolla. *Jasper Kirkby* katsauksessaan /11/ esittää, että historiallisesti kattavat havainnot kosmisen säteilyn vaihtelusta sopivat yhteen ilmastomuutosten kanssa. Mutta vaikuttaako kosminen säteily suoraan ilmastoon vain toimiiko se vain merkkinä Auringon aktiivisuusmuutoksista

johtuvan kokonaissäteilyn vaihtelusta, on tutkimuksin osoitettava, missä mm. CERN:in käytettävissä olevia tutkimusresursseja ollaan parhaillaan hyödyntämässä.

Miten Auringon aktiivisuusmuutokset lämpötilaan vaikuttavat?

Aluekohtaisesti Auringon välitön säteily tulee aina maanpinnalle päiväsaikaan. Tällöin säteilyn voimakkuus riippuu kulmasta, millä se maapallon pinnan kohtaa: paikallisen leveysasteen lisäksi tämä riippuu lyhyellä aikavälillä vuorokauden- ja vuodenaajoista. Sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä se on vielä kytköksissä Auringon aktiivisuusvaihteluun, joka viime kädessä määrää sen, miten säteilyvoimakkuuden muutosten vaikutukset – lämpeneminen siihen mukaan luettuna – keskimääräisestä poikkeavat.

Paikallisesti Auringosta Maan pinnalle tulevan kokonaissäteilyn lisääntymisen lämpenemistä aiheuttavan vaikutuksen vahvistumisen maallikkokin voi kokea havainnollisesti. Pitää vain seurata, miten aamupäivisin Auringon lakipistettään kohti tapahtuvan nousun mukana kasvavan säteilyn aiheuttama lämpeneminen voi saada aikaan sumuja muiden matalalla olevien pilvien haihtumisen. Näin maanpinnalle asti suoraan tulevan säteilyn määrä lisääntyy ja sitä tietä lämpeneminen kiihtyy.

Maata lämmittävän, Maan pinnalle asti tulevan säteilyn määrä riippuukin olennaisesti pilvipiteen vaihtelusta, mikä alapilvien kohdalla näyttää koreloivan maapallolle tulevan, Auringon aktiivisuusvaihtelusta riippuvan kokonaissäteilyn muutosten kanssa /10/. *Scafettan ja Westin* havainnon mukaan lämpötila-aikasarjat matkivat enemmän kokonaissäteilyn aikasarjojen muotoa kuin niiden tasoa /5/, mikä mahdollisesti viittaa myös säteilymuutosten ja pilvipiteemuutosten väliseen yhteyteen. Tulkintani mukaan näyttää mahdolliselta, että lyhyelläkin aikavälillä lämpötilan kehitys riippuu enemmän Auringosta tulevan kokonaissäteilyn muutossuunnasta kuin sen tasosta.

Säteilytehon kasvun seurauksena tapahtuva ilman lämpeneminen saa aikaan suhteellisen kosteuden pienemisen ilmassa. Sen tasapainottuminen alkaa toteutua nopeimmin sumu- ja alapilvien haihtumisen kautta. Pilvipiteemuutoksia mahdollisesti voi vielä säädellä jokin, lähinnä kinetiikkaan liittyvä tekijä, esim. kosmisen säteilyn ja aerosolien muutokset, mutta säteilyn voimistuminen on kuitenkin pilvien haihtumisen ajava voima. Pilvipiteen

vähentymisen kautta tapahtuvaa lämpenemisen kiihtymistä voidaan pitää yhtenä pääasiallisimmista säteilytehon kasvun vaikutuksia vahvistavista mekanismeista. Pilvipeitemuutokset kaikkein vaikutuksineen muodostavat kuitenkin niin komplisoidun, vaikeasti hallittavan kokonaisuuden, että siihen tässä yhteydessä ei voida tarkemmin paneutua.

Maan pinnalle tulevan säteilyn kasvuun liittyvät seurannaisvaikutukset tapahtuvat erilaisilla viiveillä. Lämpenemisessä se näkyy mm. siinä, että lämpötila saavuttaa huippunsa yleensä iltapäivällä ja että kesän lämpöennätykset osuvat pääsääntöisesti keskikesän jälkeen. Analogisesti näiden kanssa Auringon aktiivisuuden noususta aiheutuva lämpötilahuippu voi näkyä vasta silloin, kun aktiivisuuden nousu on jo laantunut tai kääntynyt jopa laskuun. Pitkän ajan ilmiöistä tunnetuimpia ovat viiveellä tapahtuvat valtamerien lämpeneminen ja jäätiköiden sulaminen seurannaisvaikutuksineen. Valtamerien pintavesien lämpenemisen myötä tapahtuu esim. kasvihuonekaasujen, kuten vesihöyryn ja hiilidioksidin, pitoisuuksien jatkuvaa nousua ilmakehässä. Vielä pitemmällä viiveellä tapahtuvalla jäätiköiden sulamisella ja niiden myötä säteilyä heijastavan pinta-alan vähentymisellä on oma lämpenemistä edelleen vahvistava vaikutuksensa.

Näkemykseni mukaan se, että useat tutkijat eivät näe Auringon aktiivisuusmuutosten riittävästi selittävän viimeisten vuosikymmenien aikana tapahtunutta lämpenemistä – antaen näin tilaa ihmisperäisten kasvihuonekaasujen mahdolliselle vaikutukselle – voi yksinkertaisesti johtua siitä, ettei säteilymuutosten vaikutuksia vahvistavia tekijöitä eikä erilaisten viiveiden vaikutusta riittävästi tunneta tai osata ottaa huomioon. Tämä koskee myös viiveellä tapahtuvaa hiilidioksidipitoisuuden nousua ilmassa. Kuten seuraavassa esitän, mm. ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nykyistäkin nousua pidän mahdollisena, pääosin luonnollisena seurauksena valtamerien aurinkoperäisestä lämpenemisestä.

Ihmisperäiseksi oletettu hiilidioksidipitoisuuden nousu perusteeton?

Mm. *Scafetta ja West* ovat esittäneet, että myös teollisella ajalla ilman hiilidioksidipitoisuuden nousussa pitäisi luonnolliset syyt ottaa huomioon: heidän arvionsa mukaan 10-20 % ilman kasvihuonekaasujen noususta muuta-

man viimeisen vuosisadan aikana voi olla seurausta Auringon aktiivisuuden nousun aiheuttamasta kokonaissäteilyn kasvusta /5,6/. Hiilen koko maapalloa koskevasta kiertomallista käy ilmi, että hiilidioksidin emissio valtameristä (hiilenä laskettuna) on runsas 90 Gt C/v, jonka kokonaisuudessaan arvioidaan absorboituvan takaisin valtameriin. Päästö fossiilisista polttoaineista on luokkaa 7 Gt C/v, jonka analogisesti luonnollisen emission kanssa pitäisi niinkään absorboitua täysin valtameriin.

IPCC on kuitenkin laskennallisesti arvioinut ihmisperäisestä päästöstä valtameriin absorboituvaksi vain sen hiilidioksidimäärän, mikä jää jäljelle, kun siitä on ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousua vastaava, ihmisperäiseksi uskottu määrä sekä biosfääriin ilmasta absorboituvaksi arvioitu, ihmisperäiseksi oletettu lisäys vähennetty. Siinä on näin ollen sivuutettu jo jääkairausnäytteiden perusteella todettu luonnonlaki, jonka mukaan ilman hiilidioksidipitoisuus nousee aurinkoperäisen lämpenemisen myötä, sekä em. lainalaisuus, jonka mukaan, yhdenmukaisesti luonnollisen päästön kanssa, ihmisperäisen päästön aiheuttaman hiilidioksidin ylimäärän pitäisi kokonaisuudessaan absorboitua valtameriin. Ei ole myöskään mitään luonnonlakeihin perustuvaa näyttöä siitä, että biosfääriin sitoutuva ylimäärä olisi nimenomaan ihmisperäistä hiilidioksidia.

Ihmisperäiseksi uskotun hiilidioksidipitoisuuden nousun tueksi usein esitetään erilaisia väitteitä. Milloin nykyistä hiilidioksidipitoisuuden nousua väitetään poikkeukselliseksi, milloin vedotaan erilaisiin isotooppitutkimuksiin, milloin valtamerien vesien kerrostumiin jne. Kaikille näille on yhteistä se, että sekä luonnollisten prosessien tunteminen että todellisuudesta tehdyt havainnot ovat puutteellisia, eikä ihmisperäisten päästöjen aiheuttaman ylimäärän kasautumisesta ilmakehään ole todellisuuteen perustuvaa näyttöä.

Hyvin yleisesti uskotaan, että merkittävä osuus ilman hiilidioksidipitoisuuden nykyisestä noususta johtuisi ihmisen toimista, vaikka sen vaikutusta ilmastoon lämpenemiseen ei hallitsevana pidettäisikään (esim. /2/). Mutta jos riittävästi voidaan ottaa huomioon ilmakehän ja valtamerien välinen, luonnonlakien mukainen hiilidioksidin vaihto, näkemykseni mukaan ei voida päätyä muuhun kuin siihen johtopäätökseen, että myös ilman hiilidioksidipitoisuuden nykyinen nousu on pääosin seurausta Auringon aktiivisuuden noususta eikä ihmisperäisistä päästöistä.

Miksi ilman hiilidioksidipitoisuus nousee?

Valtameristä luonnollinen hiilidioksidiemissio tulee pääasiassa päiväntasaajaseudun muita alueita lämpimämmistä pintavesistä, ja vastaavasti näin syntyneen ylimäärän absorboituminen takaisin valtameriin tapahtuu viimekädessä viileämmillä, korkeimmilla leveysasteilla, missä myös ihmisperäisistä päästöistä aiheutuneen hiilidioksidin pitäisi ilmasta valtameriin absorboitua.

Valtamerien pintavesissä emission ja absorption sijainnin määrää pintavedessä liuenneena olevan hiilidioksidin osapaine suhteessa ilmassa olevan hiilidioksidin osapaineeseen. Silloin kun hiilidioksidin pitoisuus vedessä on vakio, hiilidioksidin osapaine vedessä riippuu lämpötilasta; havainnollisesti lämpötilan vaikutusta hiilidioksidin osapaineeseen vedessä voidaan kuvata kemian perustietojen esimerkillä, jonka mukaan se kaksinkertaistuu lämpötilan noustessa nollasta huoneenlämpötilaan ja noin kolmessa kymmenessä asteessa se jo lähenee kolminkertaistumista.

Pelkkä pintaveden lämpeneminen ei kuitenkaan omien laskelmieni mukaan kokonaan todettua hiilidioksidin osapaineen nousua päiväntasaajaseudun valtamerien pintavesissä selitä. Sen lisäksi, että hiilidioksidin osapaine kasvaa kiihtyen pintaveden lämpötilan noustessa, se on suoraan verrannollinen veteen liunneen hiilidioksidin määrään.

Geologisessa nykytilanteessa valtamerien pintavesien hiilidioksidipitoisuus alueellisesti vaihtelee mm. sen mukaan, miten Auringosta maapallolle tulevan kokonaissäteilyn erilaiset muutokset lämpötilavaikutuksellaan ilmakehän ja valtamerien virtauksia säätelevät. On merkkejä siitä, että lämpenemiseen liittyvät, lisääntyvät, pintaan kumpuavat, hiilidioksidirikkaat syvävedet täydentävät pintavesien lämpenemisen aiheuttamaa hiilidioksidipitoisuuden nousua ilmassa. Mm. jääkauden jälkeisessä lämpenemisessä lisääntyvän, atmosfäärin hiilidioksidipitoisuuden on selitetty kasvavan aurinkoperäisen lämpenemisen käynnistämien hiilidioksidirikkaiden syvävirtausten kumpuamisesta pintavesiin /12/. Vastaava ilmiö syvävesien pintaan kumpuamisista näkyy myös siinä, että päiväntasaaja-alueen ulkopuolellakin, päiväntasaajaseutua viileämmässä pintavesissä, on alueita, jotka voivat toimia hiilidioksidin lähteenä.

Päiväntasaajaseudun pintavesien hiilidioksidin osapaineen hallitsevaa

roolia ilman hiilidioksidipitoisuuden lähteenä kuvaa se, että vaikka ilman hiilidioksidipitoisuus nousee, sen osapaine noissa pintavesissä on jatkuvasti suurempi kuin ilmassa olevan hiilidioksidin osapaine, minkä voidaan katsoa olevan mahdollista vain pintaveden aurinkoperäisen lämpenemisen tuloksena. Jos sen sijasta ilman hiilidioksidipitoisuuden nousua – noin 100 ppm teollisena aikana – säätelisi IPCC:n oletama, ihmisperäinen hiilidioksidipäästö, olisi ilman hiilidioksidipitoisuuden ymmärtääkseni pitänyt jo aikoja sitten ylittää hiilidioksidin osapaine myös päiväntasaajaseudun pintavesissä ja siten lopettaa niiden toimiminen hiilidioksidin lähteenä.

Kun oletetaan, että muut emissiot ja absorptiot ovat keskenään tasapainossa, valtameristä päiväntasaajaseudulla ilmaan tulevalla luonnollisella emissiolla on vaikutus ilman hiilidioksidipitoisuuteen, mikä asettuu sille tasolle, millä päiväntasaajaseudun emissio ja korkeampien leveysasteiden absorptio ovat dynaamisessa tasapainossa. Auringosta tulevan kokonaissäteilyn kasvaessa valtamerien pintavedet lämpenevät lisää, taas päiväntasaajaseudulla enemmän kuin korkeimmilla leveysasteilla, mistä seuraa uusi, edellistä suurempi ilman hiilidioksidipitoisuus, jolla päiväntasaajaseudun emissio ja korkeimpien leveysasteiden absorptio saadaan jälleen dynaamiseen tasapainoon.

Kun valtamerien ja ilmakehän väliseen hiilidioksidin vaihtoon tuodaan mukaan ihmisperäinen päästö, sekin luonnollisesti pyrkii ilman hiilidioksidipitoisuutta nostamaan. Se vaikuttaa kahdella tavalla sitä edeltävään emissioon ja absorptioon: ensinnäkin se lisää absorptiota nielujen alueilla suurentamalla siellä ilman ja pintaveden välistä hiilidioksidin osapaine-erotusta ja toiseksi se vähentää luonnollista emissiota pienentämällä niiden välimerkkistä erotusta lähteiden alueilla. Näin ollen ihmisperäisen päästön aiheuttaman lisän pitäisi vähintäänkin samalla nopeudella kuin luonnollisenkin päästön absorboitua valtameriin. Siihen liittyvänä viiveenä pidetään noin yhtä vuotta, joten kertapäästöä – vertailukohtana esim. tulivuorenpurkauksen hiilidioksidipäästö – tuskin tilastoista huomaakaan. Jatkuva ihmisperäinenkin päästö nostaa ilman hiilidioksidipitoisuutta vain sen verran, kuin sen absorboitumiseen liittyvä viive tekee, mikä vastaavaan, yli kymmenkertaiseen luonnolliseen päästöön verrattuna on vähäinen. Kummankaan noista päästöistä ei pitäisi aiheuttaa hiilidioksidin jatkuvaa kasaantumista

ilmaan. Viiveestä aiheutuva ilman hiilidioksidipitoisuustaso muuttuu kyllä, kun päästötaso muuttuu.

Samalla tavalla kuin biosfäärin hengitys nostaa ilman hiilidioksidipitoisuutta vuodenaikoihin liittyen, pyrkivät muutkin biosfääristä tulevat päästöt ilman hiilidioksidipitoisuutta nostamaan. Siltä osalta, kun niiden aiheuttaman lisän suhteen biosfäärissä ei ole välitöntä valmiutta yhteyttämisen kautta absorboitumiseen, ne nostavat ilman hiilidioksidipitoisuutta vain niin paljon kuin niiden valtameriin absorboitumiseen liittyvä viive edellyttää. Esimerkiksi bioenergian käytön seurauksena syntyvien hiilidioksidipäästöjen ymmärrän ihmisperäisinä vastaavan fossiilisten polttoaineiden päästöjä, jotka nekään eivät edellä käsitellyn viiveen aiheuttamaa määrää enemmän ilman hiilidioksidipitoisuuteen vaikuta.

Johtopäätöksiä

Ilmastonmuutoksen syihin liittyvä tarkastelu sopii yhteen R.A. Pielke'n (13) esittämän näkemyksen kanssa, jonka mukaan asia sen suhteen, miten ihminen voi vaikuttaa nykyisen ilmastonmuutoksen syntyyn, voidaan lohkoa kolmeksi erilliseksi hypoteesiksi: (1) ilmastonmuutoksia hallitsevat luonnolliset syyt, missä ihmisen vaikutus on häviävän pieni; (2) sekä ilmaston luonnollinen vaihtelu että ihmisen vaikutus ilmastonmuutokseen ovat

merkittäviä; ja (3) ihmisen vaikutus ilmastonmuutokseen on hallitseva, mikä johtuu ihmisperäisistä kasvihuonekaasupäästöistä.

Nykyisen lämpenemisen syyn selvittämisen ollessa vielä vaihtoehtoisten hypoteesien tasolla, on helppo yhtyä niiden tutkijoiden näkemyksiin, jotka painottavat asianmukaisten jatkotutkimusten tärkeyttä, jotta voidaan vastata auki olevaan kysymykseen, missä määrin nykyinen ilmastonmuutos on luettava luonnollisista syistä ja missä määrin ihmisperäisistä syistä johtuvaksi.

Lähtökohtaisesti ihmisperäisiksi uskottuihin syihin keskittyviin, teoreettisiin ilmastonmallitkimuksiin yksipuolisesti tukeutuva IPCC:n arvio näyttää antavan vääristyneen kuvan nykyiseen ilmastonmuutokseen vaikuttavista tekijöistä. Tämä tekee tarpeelliseksi korvata IPCC:n arvioissaan omaksuma paradigma asianmukaisella, poikkeettieteellisen lähestymisen sisältävällä, kokonaisuutta riittävästi kattavalla, uudella toimintatavalla.

Pyrkimyksille hillitä nykyistä ilmastonmuutosta päästörajoituksin ei näytä olevan asianmukaisia perusteita. Sen sijasta etusijalle on pantava tarvittavat, riittävästi kokonaisuutta kattavat jatkotutkimukset, ilmastonmuutokseen varautuminen ja siihen sopeutuminen sekä kilpailukykyisen, terveellisesti tuotetun energian saannin turvaaminen ja hyvinvointia kaikin puolin järkevästi edistävä energian käyttö.▲

VIITTEET

1. IPCC WG1 AR4 Report
2. Tim Patterson, The Geologic Record and Climate Change, <http://www.tcsdaily.com/article.aspx?id=010405M>
3. Joanna D. Haigh, The effects of solar variability on the Earth's climate, Phil. Trans. R. Soc. Lond. A (2003) 361, 95-111
4. Joanna D. Haigh, The Sun and Earth's Climate, <http://solarphysics.livingreviews.org/Articles/lrsp-2007-2>.
5. Scafetta and B. J. West, Phenomenological solar signature in 400 years of reconstructed Northern Hemisphere temperature record, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 33, L17718, doi:10.1029/2006GL027142, 2006
6. N. Scafetta and B. J. West, Phenomenological reconstructions of solar signature in the Northern Hemisphere surface temperature records since 1600, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 112, D24S03, doi:10.1029/2007JD008437, 2007
7. S. K. Solanki, I.G. Usoskin, B. Kromer, M. Schüssler, and J. Beer, Unusual activity of the Sun during recent decades compared to the previous 11,000 years, Nature, Vol. 431, No.7012, pp. 1084 – 1087, 28 October 2004
8. Mike Lockwood and Claus Fröhlich, Recent oppositely directed trends in solar climate forcings and the global mean

surface air temperature, Proc. R. Soc. A doi:10.1098/rspa.2007.1880, Published online

9. Svensmark, H. and Friis-Christensen, E., Reply to Lockwood and Fröhlich – the persistent role of the Sun in climate forcing, Danish National Space Center, Scientific Report 3/2007
10. J. E. Kristjánsson, A. Staple, and J. Kristiansen, A new look at possible connections between solar activity, clouds and climate, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 29, NO. 23,2107, doi:10.1029/2002GL015646, 2002
11. Jasper Kirkby, COSMIC RAYS AND CLIMATE, Surveys in Geophysics 28, 333-375, doi: 10.1007/s10712-008-9030-6 (2007)
12. Lamont-Doherty Earth Observatory News, Climate Swings Have Brought Great CO2 Pulses Up From the Deep Sea, http://www.ldeo.columbia.edu/news/2007/05_14_07.htm
13. R. A. Pielke, Three Climate Change Hypotheses – Only One Of Which Can Be True, May 2, 2008, <http://climatesci.org/2008/05/page/3>
14. Boris Winterhalter, esimerkki hänen useista puheenvuoroistaan <http://ilmasto.files.wordpress.com/2008/05/ilmastoskeptikonpuheenvuoro.pdf>
15. Veikko Lappalainen, hänen kanssaan käydyt keskustelut ▲

Function and Cover of Seeping Tailings Areas Applied to Hitura Nickel Mine

Introduction

Tailings of sulphide ores can cause acid mine drainage due to oxidation and can further damage the environment. Acid generation can be prevented by removing sulphur from the tailings before storage or by blocking the air from the tailings. Acid mine drainage can be prevented either by blocking water seepage from the tailings or preventing water from entering the tailings material. Tailings can also contain minerals that have the ability to neutralize acidity.

A very effective way to avoid oxygen from entering the tailings is a water cover. The method can be used at tailings areas where dams have been planned to restrain water. Very often, Finnish tailings dams have been founded with moraine and heightened with tailings using the upstream method. At these kinds of seeping tailings areas land covers are used most commonly. The purpose of the soil cover is to prevent erosion, provide a growth medium for re-vegetation and, together with the underlying tailings, represent a water storage cover that can reduce the infiltration into the deeper tailings profile.

According to Outokumpu Oyj's, knowledge of old, thin soil layer covered, sulphide ore tailings areas in Finland, the impoundments dry quite quickly and the seepage water volume out of the tailings area is small after the process water seeps out. After that the environmental problems have been small. Different studies carried out in Canada, the USA, Germany and Sweden have shown that oxidized tailings

differ from natural materials. Oxidation products such as iron sulphides, oxides, hydroxides and oxy-hydroxides can form a porous and partly hardpan layer. Metals from the upper oxidized tailings, migrated by the acid drainage, can precipitate into this hardpan layer, which is able to reduce the discharge of heavy metals. A hardpan can be a method of passive in-situ treatment.

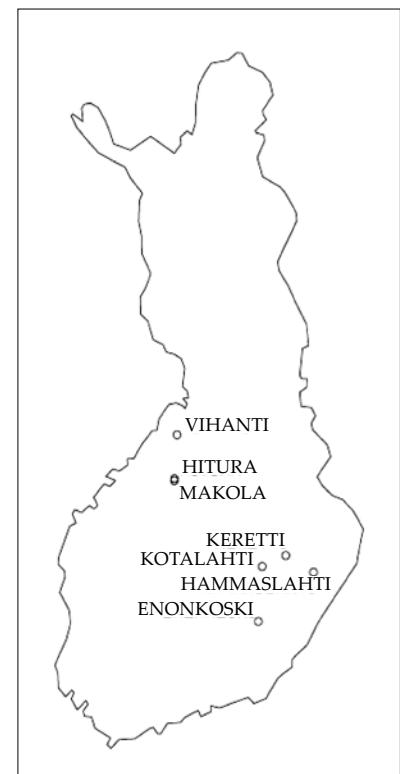
The aim of the thesis was to observe the physical function of old, thin soil layer covered tailings areas and, based on the results, to design an optimal land cover for Hitura Mine's tailings area.

Field Studies

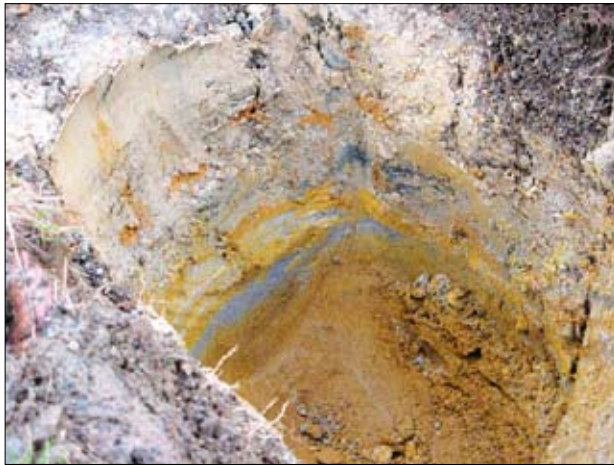
Six old Outokumpu Oy's tailings areas were visited on 15th, 16th and 29th of May 2007: Keretti, Hammaslahti, Enonkoski, Kotalahti, Vihanti and Makola (shown in **Picture 1**). The mines have been closed between 13 and 21 years ago and the tailings areas have been covered with relatively thin soil layers made of moraine, sand, peat or gravel. The Makola Mine has already been closed 53 years and the tailings area has not been covered at all.

Test pits, simple DCP-drilling (Dynamic Cone Penetrometric) and visual estimation were used as methods to observe the areas. Test pits were excavated at every deposit area to observe the exact structure of the upper part of the tailings. Beneath the soil cover, tailings were oxidized, brown or reddish-brown coloured and the texture of the tailings was loose. In the lower part of the oxidized tailings, there was the

hardpan layer due to the precipitation of the iron oxides and sulphates. Underneath the hardpan layer the tailings were unoxidized and gray. In some cases, the tailings had been oxidized already during storage and among the gray tailings there were yellow stripes. In some areas, for example in Hammaslahti, the hardpan layer had actu-



Picture 1. Tailings areas visited in May 2007.



Picture 2. *The hardpan layer in Hammaslahti's tailings area.*



Picture 3. *Makola's tailings area without any cover structure.*

ally turned into stone (**Picture 2**). In the middle of the areas, the depth of the oxidized tailings varied from 0.2 to 0.9 meters and the average depth of the hardpan layer was 0.15 meters.

Samples were taken every 10 centimetres from the top of the tailings to the depth of one meter. Water contents of the samples were determined in the laboratory. The testing showed the great capability of the oxidized tailings to store water. The gravimetric water content in the oxidized tailings was nearly twice as much as in unoxidized tailings, even though the oxidized sand looked dry.

All the covered areas were well re-vegetated with deciduous and coniferous trees, bushes and grass. Primarily, the trees spread within the area naturally although grass was sown in the area. The Makola area was mainly without vegetation, except for some single trees (**Picture 3**).

Erosion damage was not observed other than a few small gullies on dam slopes due to the snow's melting waters. The tailings areas were concave in shape in order to prevent water ero-

sion on the slopes. Human action, like the building of motorcross tracks, runways for small airplanes or soil excavation had caused some serious erosion problems to the areas.

Vihanti's old tailings area (**Picture 4**) was observed more thoroughly on June 18–19 and 29. Samples were taken by drilling from the full depth of the deposit from three drilling points. Between the drilling points, four test pits were excavated and undisturbed samples were taken and tested for water conductivity and water retention (pF) tests. Also, a piston drill was used to take undisturbed samples deeper from the tailings from one drilling point. Water content, solid density, porosity, void ratio, saturation degree, water conductivity, water retention, grain size, pH and electrical

conductivity were tested in the laboratory.

Test Results of Vihanti's tailings

The tailings at Vihanti were covered with approximately 0.5 meters of peat layer in the 90s. During the years, the peat has compressed down and the current cover layer thickness varies from

2–20 centimetres. The tailings have oxidized up to one meter in the fringe area. In the middle of the area, where the peat layer was even, the depth of the oxidized tailings was only a few centimetres.

The particle size of Vihanti's tailings was silt in the middle and sand in the fringe area. This is typical for dams built by the upstream method, where the coarsest particles settle out near the crest.

The hydraulic conductivity (permeability) was tested in flexible wall permeameters. The saturated permeability of the oxidized tailings was $2.8 \cdot 10^{-6}$ – $1.9 \cdot 10^{-5}$ m/s and $4.4 \cdot 10^{-6}$ – $1.2 \cdot 10^{-5}$ m/s of the hardpan layer. The saturated permeability was $8.5 \cdot 10^{-8}$ – $1.1 \cdot 10^{-6}$ m/s of the unoxidized tailings. In natural sands and silts the saturated permeability is approximately 10^{-3} – 10^{-9} m/s.

The porosity of the oxidized tailings was 0.54–0.64 and 0.4–0.55 of the unoxidized tailings. In natural sands and silts the porosity is approximately 0.25–0.55.

The field capacity, the volumetric water content at pF number 2, was 15–54 percent in the oxidized tailings and 15–47 in the unoxidized tailings. In natural sands and silts, the field capacity is approximately 5–15 percent. The filtering point, the volumetric water content at pF number 4, was 2.5–18 percent in the oxidized samples and 1.5–6 in the unoxidized samples.

Due to the great porosity and the shape of the water retention curve, the unsaturated permeability of the hardpan layer is only $2.7 \cdot 10^{-9}$ m/s at 20 percent volumetric water content and $6.4 \cdot 10^{-8}$ m/s at 30 percent volumetric water content. The natural moisture content was measured to range between 14–33 percent for the hardpan layer in Vihanti's area at the time of the exami-

Picture 4. *Vihanti's tailings area is well vegetated.*



nation, at the end of May 2007.

The capillary rise in Vihanti's tailings was estimated to be from 1.5-5 meters in the middle of the area and a bit less than one meter in the fringe area. The capillary rise depends on particle size, shape of particles and porosity.

HELP –modelling

To estimate the seepage through the cover structure in Hitura's tailings area, different cover structures were modelled with the Visual HELP (The Hydrological Evaluation Landfill Performance) program.

An effective way to reduce the amount of seepage water through the tailings was to use the porous and oxidized tailings as a part of the cover structure. 0.2 meters of fine moraine and 1.8 meters of tailings (0.4 m layer of oxidized tailings, 0.2 m hardpan layer and 1.2 m layer of unoxidized tailings) passed through approximately 5 percent of the annual precipitation.

One meter fine moraine and one meter of tailings (0.2 m oxidized tailings,

0.15 m hardpan layer and 0.65 m unoxidized tailings) passed through approximately 10 percent of the annual precipitation. In both cases, the vegetation was supposed to be "excellent grass" (according to the HELP-program's choices) and the evaporative zone depth was 90 centimetres.

In natural circumstances, deciduous trees spread to areas quite quickly and because of the great capillary rise in tailings, the evaporative zone depth can be much deeper. Tailings impoundments are usually windy areas and the wind velocity has a strong influence on the amount of seepage water. When the wind velocity was raised from 3 m/s to 10 m/s, the amount of seepage water decreased by one third of the original.

Summary and Conclusions

After the process water has seeped out of the seeping tailings areas, the stability of the dams becomes much higher and there is no need to monitor the safety of the dams any longer. If the tailings area has been covered with water (a water

cover), the dams need regular observation according to Finnish legislation.

Designing the cover structure for tailings depends on many things, such as the mineralogy of the tailings, the geology of the area, the local climate, and the local hydrology. Every tailings area is unique and there is no general rule for their design.

Tailings differ from natural materials. The porosity, the capillary rise and the ability to retain water are greater than in natural sands and silts. Tailings can be used as part of the cover structure to store water in the rainy seasons and to release it into the atmosphere via evapotranspiration during dry periods.

The exact amount of the evapotranspiration and the infiltration in Finnish tailings areas could be measured by lysimeters, hygrometers and local weather observing units.

Acknowledgements

I wish to thank Eero Soinen and Kari Pulkkinen for their helpful guidance and valuable insight. ▲



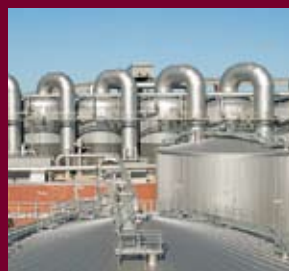
Kestävään rakentamiseen kuumasinkitys

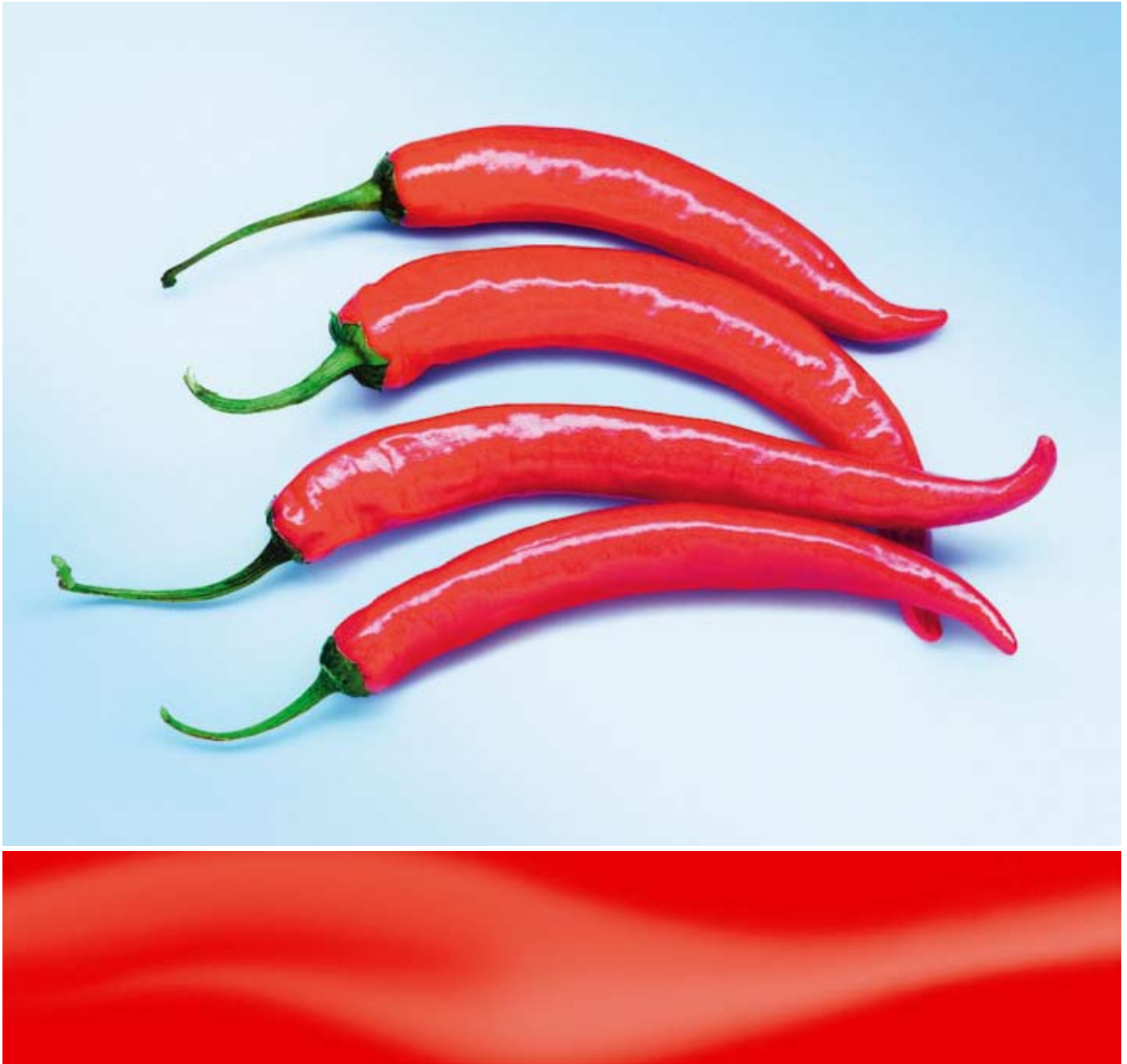
Kuumasinkitty teräs on luotettava rakennusmateriaali vaativiin olosuhteisiin. Tyylikäs ja kestävä sinkkipinnoitus tuo säästöä teräsrakenteiden huolto- ja ylläpitokuluihin.

BOLIDEN

Boliden Kokkola Oy
PL 26, 67101 Kokkola
Puh. (06) 828 6111, Faksi (06) 828 6005
www.boliden.com

**SINKKI
oikea
materiaali
moneen
rakentamiseen**





We've got hands-on experience with hot stuff.

Oxyfuel-based solutions that help you keep the heat on.

REBOX® oxyfuel-based solutions can facilitate the need for increased production capacity and flexibility in reheat furnaces and annealing lines, all while decreasing fuel consumption and lowering the emissions of CO₂ and NO_x. And not only does Linde Gas have a well-proven history in the field – with over 100 successful installations since 1990 – but we're an acknowledged forerunner in combustion development technology. From evaluation to implementation, our REBOX® oxyfuel-based solutions and equipment will keep your furnaces hotter than ever.

– ideas become solutions.

Huippuosaamisesta kannattavaa liiketoimintaa

TkT Kari Tähtinen

Metallinjalostajat ry:n hallitus päätti syyskuussa 2006 selvittää, miten varmistetaan maailmanluokan osaaminen ja osaajat metallien jalostuksen tarpeisiin. Perustettu työryhmä sai samalla tehtäväkseen selvittää materiaalitekniikan osaamiskeskittymän profiilin.

Toimeksiannossa korostettiin asiakas-sektoreiden tarpeiden ja liiketoiminta-osaamisen mukanaoloa. Työryhmässä ovat edustettuina Metallinjalostajat ry:n jäsenyritykset, materiaalitekniikan opetusta antavat yliopistot sekä HSE liiketoimintaosaamisen asiantuntijana.

Metallien jalostuksen merkitys Suomen kansantaloudessa

Metallien jalostusyritykset Boliden, Luvata, Outokumpu, Outotec, Ovako ja Rautaruukki ovat merkittävä osa suomalaista liiketoimintaa. Yritysten kilpailukyky perustuu ensisijassa monipuoliseen osaamiseen ja innovatiivisuuteen. Liiketoiminnassa korostuu erikoistuminen, tuotteiden jalostusasteen nousu ja jalostusketjussa eteenpäin siirtyminen. Metallin jalostusyritysten kokonaisliikevaihto oli vuonna 2007 19,5 mrd. euroa, alan osuus Suomen viennistä oli 13 % ja henkilöstömäärä 42 000, josta Suomessa 14 000 henkilöä.

Metallien jalostusyritykset ovat määrätietoisesti kasvattaneet toimintaansa; valtaosa tuotannosta viedään ja ulkomaiset toiminnat ovat lisääntyneet voimakkaasti. Alan aluepoliittinen merkitys Suomessa on suuri, sillä työpaikat sijaitsevat pääosin kasvukeskusten ulkopuolella ja yritysten menestymisestä riippuu paljolti koko paikkakunnan

elinkelpoisuus ja hyvinvointi. Metallien jalostuksen merkitys hyvinvoinnin tukijalkana korostuu massatuotannon siirtyessä halvemman työvoiman maihin. Tämän ohella alan yrityksillä on merkittävä rooli myös metallituotteiden valmistuksen, koneenrakennuksen ja rakennusteollisuuden arvoketjuissa.

Ydinosaamisalueet

Metallien jalostuksen ydinosaamisalueiksi on määritelty materiaalitekniikka ja siihen oleellisesti liittyvä prosessimetallurgia sekä liiketoimintaosaaminen. Edellytyksenä näiden alueiden syvälliselle oppimiselle on vahva luonnontieteellinen perusosaaminen ja kyky soveltaa opittua tekniseen ympäristöön sekä vahva yleissivistyksellinen pohja, johon kuuluu mm. kulttuurien tuntemus, kielitaito, yhteiskuntavastuullisuus ja kommunikointitaito.

Materiaalitekniikan ja prosessimetal-

lurgian huippuosaamisen osa-alueita ovat ilmiöiden hallinta, soveltavien prosessien ja tekniikoiden hallinta, prosessien ja ympäristön yhteensovittaminen sekä materiaalien hallinta eri käyttösovelluksissa. Liiketoimintaosaamisen keskeiset alueet taas ovat strateginen ajattelu, johtaminen, markkinointi ja myynti sekä rahoitus ja liiketalous.

Varsinaisen ydinosaamisen lisäksi tarvitaan sekä yritys- että yksilötasolla myös relevanttien liitännäisteknologioiden osaamista. Omien taitojen ja organisaation kyvykkyyden kehittämisen ovat myös keskeisiä menestystekijöitä. Tämä toteutuu paljolti työuran aikaisen oppimisen kautta, jolla ylläpidetään ja kehitetään huippuosaamisen osa-alueita.

Huippuosaamisen verkostot

Metallinjalostajilla on jo olemassa huippuosaamisen verkosto. Sen suo-



malaisina verkostokumppaneina ovat asiakkaiden ja hankkijoiden ohella mm. TKK, TTY, OY, LTY, ÅA, HSE ja VTT. Näiden kumppaneiden osaamistarjonta niin tutkimuksen kuin opetuksenkin osalta on tällä hetkellä laadullisesti pääosin erinomaista, mutta tätä tilannetta uhkaa erittäin vahvasti sekä rahallisten että osin henkilöresurssienkin puute. On pelättävissä, että ilman määrätietoisia valintoja ja panostuksia nykytilanne heikkenee jopa katastrofaalisen nopeasti materiaalitekniikan ja siihen liittyvän liiketoimintaosaamisen kannalta.

Kotimaisen huippuosaamisen verkoston ohella metallin jalostajilla on aktiivisesti toimiva ja kasvussa oleva verkosto ulkomaisten yliopistojen ja tutkimusinstituuttien kanssa – jotka monessa tapauksessa ovat myös suomalaisen yliopistojen ja tutkimuslaitosten verkostokumppaneita.

Huippuosaamiskeskittymän vahvistaminen

Metallien jalostuksen huippuosaamisen ylläpitämisen ja edelleen kehittämisen kannalta on tärkeää, että materiaalitekniikan ja siihen oleellisesti liittyvän prosessimetallurgian tutkimusta ja opetusta harjoitetaan kunkin huippuosaamisen verkostoon kuuluvan yliopiston vahvuusalueella. Nykyiseen resursointiin tarvitaan kuitenkin oikein kohdistettuja lisäpanostuksia. Sama tarve koskee myös liiketoimintaosaamista, jonka merkitystä tulee korostaa myös teknillisissä yliopistoissa opiskelevien ainevalinnoissa. Uusi pääkaupunkiseudun yliopistokokonaisuus luo tähän aivan uudet mahdollisuudet.

Metallinjalostajat tarvitsevat palvelukseensa edellä kuvatulla tavalla laaja-alaisen yliopistotutkimuksen suorittaneita huippuosaajia. Näiden joukossa tulee olla myös tohtoreita, joilla on kyky soveltaa osaamistaan tekniseen liiketoimintaympäristöön.

Metallinjalostajat näkevät tärkeänä ylläpitää ja kehittää alan olemassa olevaa huippuosaamisen verkostoa niin, että se selkeästi täyttää strategisen huippuosaamisen keskittymän kriteerit.

Tätä tukee toimialan pitkäaikainen yhteistyö- ja verkostotoimintakulttuuri, mikä näkyy mm. monissa toteutetuissa teknologiaohjelmissa. Lisäpanosta verkostoon haetaan jo tällä hetkellä monista kontakteista niin EU:n, itäisen Euroopan kuin Euroopan ulkopuolistenkin kumppaneiden avulla.

Metallien jalostuksen huippuosaamisen verkoston edelleen vahvistaminen on oleellinen menestystekijä metallien

jalostuksen jatkuvassa kehittämisessä kannattavana liiketoimintana Suomessa ja suomalaisyritysten toimesta myös ulkomailla. Pysyvänä haasteena on, että prosessimme, tuotteemme ja palvelumme täyttävät erinomaisella tavalla asiakkaiden uudistuvat tarpeet ja samanaikaisesti tarjoavat yhä ympäristömyönteisempiä ratkaisuja.

Toimenpide-ehdotukset metallien jalostuksen maailmanluokan osaamisen ja osaajien varmistamiseksi

- tutkimus- ja opetustoiminnan pitkäjänteinen rahoituksen lisääminen
- riittävä materiaalitekniikan opiskelupaikkojen määrän varmistaminen
- metallien jalostuksen huippuosaamisen keskittymän roolin määrittely metallituote- ja koneenrakennuksen SHOK:ssa ja oman huippuosaamisen keskittymän ohjelmien jatkuvuuden varmistaminen
- metallien jalostuksen huippuosaamisen verkoston kumppanuuksien lujittaminen
- alan kiinnostavuutta ja vetovoimaa lisäävien toimien kohdentaminen
- metallien jalostuksen neuvottelukunnan perustaminen.

Työryhmän kokoonpano

Kari Tähtinen, tekniikan tohtori, Metallinjalostajat ry, työryhmän vetäjä
Simo-Pekka Hannula, professori, Teknillinen korkeakoulu/Materiaalitiede

Jouko Härkki, professori, Oulun yliopisto/Prosessimetallurgian laboratorio

Olavi Huhtala, President, Ruukki Metals (Rautaruukki Oyj)

Antti Kilpinen, Vice President & General Manager - Superconductors BU, Luvata Electrical & Industrial Division
Kari Knuutila, Senior Vice President and Chief Technology Officer, Outotec Oyj

Niilo Suutala, Senior Vice President – Research and Development, Outokumpu Oyj

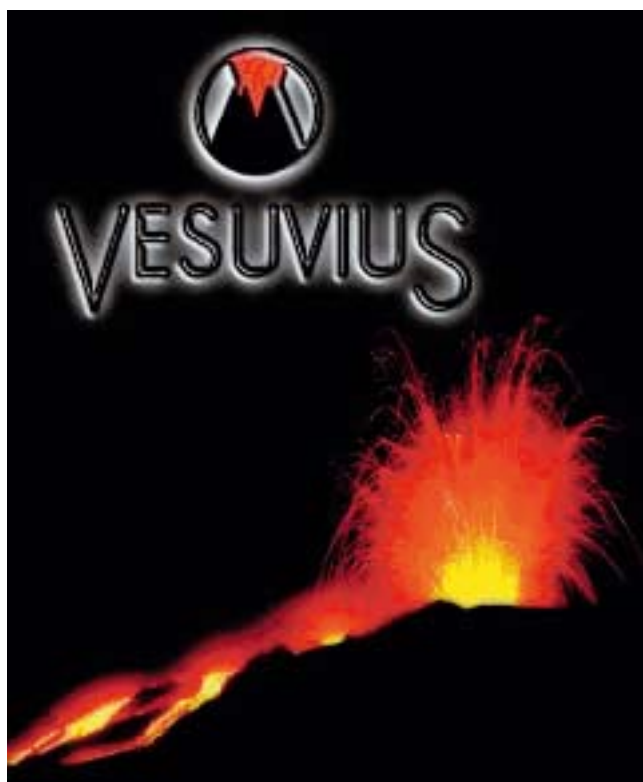
Kalevi Taavitsainen, tuotantojohtaja, Ovako Bar Oy Ab

Henrikki Tikkanen, professori, Helsingin kauppakorkeakoulu/Markkinoinnin ja johtamisen laitos

Pekka Tuokkola, toimitusjohtaja, Boliden Harjavalta Oy

Sirpa Smolsky, toimitusjohtaja, Metallinjalostajat ry

Topi Ikäheimonen, tutkija, DI, Oulun yliopisto/Prosessimetallurgian laboratorio, työryhmän sihteeri ▀



Vuoriala - globaalia teollisuutta ja liiketoimintaa



Maamme kaivosala on lyhyessä ajassa muuttunut suomalaisen yhteiskunnan hyvinvoinnin turvaajasta erittäin kansainväliseksi liiketoiminnaksi. Miten Suomen vuoriteollisuus on tähän tullut ja miten tästä jatketaan. Näitä kysymyksiä kansanedustaja Marjo Matikainen-Kallström pohti esitelmöidessään Oulussa pidetyssä "Maan alla ja päällä"-seminaarissa. Tässä otteita Marjon esitelmästä.

Sotien jälkeen kaivosteollisuus luokiteltiin strategiseksi alaksi ja metalleja tarvittiin raaka-aineiden ja tuotteiden valmistamiseen, jotta saatiin maksettua sotakorvaukset. Suomi teollistui hyvin nopeasti. Tätä jatkui kaivannaisteollisuudessa pitkälti 80–90 -luvuille saakka.

1990-luvulla metallien ja teollisuusmineraalien hinnat romahtivat eikä kaivosteollisuuden tuotteilla ollut enää vastaavaa kysyntää. Pitoisuuksiltaan köyhempiä malmeja ei kannattanut louhia. Suomessa valtauksia ja esiintymiä oli, mutta ne jäivät odottamaan parempia aikoja lupaavina mineralisaatioina. Hätäisimmät myivät pois omistuksiaan. Silloinen valtionyhtiö Outokumpu teki strategisen va-

linnan ja myi koko kaivostoimintansa. Vieläpä erittäin huonoon hintaan!

Laman aikana, vuonna 1995, Suomi liittyi Euroopan Unioniin, jonka seurauksena ulkomaiset yritykset pääsivät rantautumaan Suomeen. Nyt kaivosteollisuus elää uutta nousukautta.

Suomen vuoriklusterin osaaminen ja kilpailukyky ovat kansainvälistä huippuluokkaa.

Valtakunnallinen geologinen kartoitus, kartat ja tiedostot ovat upeita, kiitos Geologian tutkimuskeskuksen vuonna 1866 alkaneen ansiokkaan toiminnan. Erinomaiset aineistot ovat lähes "vapaasti" kaikkien käytettävissä ja saatavissa. Varsinaisen kaivos-kalliorakennuslouhinnan taso ja osaaminen kestävät vertailun, rikastamosektori on kehitetty laitteistojen ja automaation osalta huippuunsa ja kaivosklusteriin olennaisesti kuuluva prosessimetallurgia ja metallien jalostus kestää myös vertailun.

Suomalainen kaivoslaitevalmistus sai alkunsa sodanjälkeisestä pakosta ja on nyt saavuttanut yhteistyössä kaivosteollisuuden kanssa erinomaisen tason. Laitemyynti kukoistaa: Outotec, Metso, Normet, Sandvik, Larox...

Euroopan unioni

Suomi kuuluu jäsenmaana EU:hun, jonka päättävien elinten tekemät tavoitteet koskevat myös meitä. EU pyrkii mahdollisimman suureen omavaraisuuteen kaivannaisteollisuudessa. Teollisuusmineraalipuolella se on huomattavan korkea. Talkkipigmentin tuotannossa ja tuotteiden laadussa Suomi on EU:n johtava maa.

Lissabonin huippukokouksessa 2000 EU asetti itselleen uuden strategisen päämäärän seuraavaa vuosikymmentä varten: EU:sta on tultava maailman kilpailukykyisin ja dynaamisin tietoon perustuva talous, joka kykenee ylläpitämään kestävää talouskasvua, luomaan uusia ja parempia työpaikkoja ja lisäämään sosiaalista yhteenkuuluvuutta. Välitarkastuksen yhteydessä 2005 strategiaa uudistettiin ja jäsenmaita vaadittiin tekemään entistä tarkempia suunnitelmia tavoitteisiin pääsemiseksi.

Viimeisten kahden vuoden aikana on luotu lähes 6,5 miljoonaa työpaikkaa, ja vuoteen 2009 mennessä luotaneen vielä toiset 5 miljoonaa. Suomesakin työllistyneitä oli 100 000 enemmän kuin vuosi sitten tammikuussa.

Suomen hallitus on ohjelmassaan korostanut Suomen kilpailukykyyn säilyttämisen välttämättömyyttä. Yhdeksi avaintekijäksi nostetaan innovaatiot ja innovatiivisuus. Hallitus on lupautunut monin erilaisin tavoin kannustamaan niin uusien yritysten kuin uusien teknologioiden ja innovaatioiden syntyä.

Energia

Kaivostoiminnassa käytettävästä energiasta valtaosa on sähköä. Kaivokset eivät voi muuttaa halvan energian maihin, mutta kannattavuuslaskelmissa energian hinnalla ja saatavuudella on merkityksensä: pidetäänkö kaivos auki vai suljetaanko se.

Tammikuussa saimme kuulla EU:n ehdotuksen uudistuvan energian käytön velvoitteista Suomelle: 38 pro-

sentin osuus vuoteen 2020 mennessä. Se merkitsee metsäenergian, vesi- ja tuulivoiman sekä maalämmön suurta lisäystä. Samoin mittavia energian säästötoimia.

Hallituksella ja eduskunnalla on todella haastava tehtävä päättää niistä toimista, joilla energian tuotantoa tullaan säätelemään tulevina vuosina. Mitään teknologiaa ei saa pois sulkea vain poliittisilla päätöksillä. On tärkeää, että ensin käytetään kustannustehokkaat ratkaisut ja vasta sen jälkeen mennään kalliimpiin keinoihin. Vesialtaiden ja ydinvoiman lisärakentaminen ovat hyvinkin ajankohtaisia asioita.

Kansainvälistyminen

Suomi avautui EU:hun liittymisen yhteydessä 1995 myös kaivosteollisuuden osalta. Harvojen vielä kotimaisten yhtiöiden rinnalle tuli nopeasti runsaasti ulkomaisia malminetsijöitä ja kaivosyhtiöitä. Suomi on tulijoille lupaava, koskematon kenttä tehdä löytöjä. Nykyinen arvio on, että Suomen kaivosteollisuuden kokonaislouhinta ja tuotanto kasvavat nopeasti 3-5 -kertaiseksi. Raju kasvu perustuu erityisesti metallikaivosten tuotantoon. Uusia ja aikaisemmin suljettuja kaivoksia avataan nopealla tahdilla. Entiset kannattamattomat mineralisaatiot ovat muuttuneet arvokkaiksi malmeiksi metallien maailmanmarkkinahintojen noustua 3-6-kertaisiksi.

Koulutus

Lamakauden jälkeen henkilöresurssien kysyntä on kasvanut nopeasti. Yhteistyössä teollisuuden kanssa on voitu selvittää resurssien tarvetta. On syytä muistaa, että geologeja, louhijoita ja rikastajia sekä prosessi-insinöörejä on valmistunut lamankin aikana vuosittain kymmeniä. TKK:sta valmistuneet louhijat ovat kaivoslamasta huolimatta työllistyneet kalliorakentamiseen ja urakoitsijoille, samaten rikastajat esimerkiksi kierrätystekniikan aloille. Yritykset ovat nyt houkuttelleet näitä osaajia takaisin kaivannaisteollisuuden piiriin.

Kaivosalan insinöörikoulutuksessa olisi rakenteellisesti siirryttävä jälleen suuntaan, jossa peruskoulutus olisi mahdollisimman laaja kaikille. Erikoistuvat opinnot olisivat silloin vain lyhyt jakso aivan opintojen loppupuolella. Tämä takaisi sen, että markkinoiden ja suhdanteiden muuttuessa hyvän peruskoulutuksen saaneet am-

matillaiset voisivat nopeastikin siirtyä täsmäkoulutuksen avulla alan sisällä eri tehtäviin.

TKK keskittyy tällä hetkellä edelleen (louhijoiden) kalliorakentajien ja kaivosinsinöörien koulutukseen, johon TKK:lla on valmiit opetusresurssit, laboratoriot ja perinteet. Opiskelijoiden määrä on kasvussa, mutta tosiasia on, että TKK:n sijainti Etelä-Suomessa vaikuttaa valmistuneiden maantieteelliseen sijoittumiseen teollisuudessa.

Oulun vuoriklusterin käynnistäminen on kaivannaisteollisuudelle merkittävä avaus. On aivan eri asia tuoda koulutusta sinne missä suuri osa Suomen kaivoksista on lähellä. Kodin, opiskelupaikan ja tulevan työpaikan läheisyys ovat tekijöitä, jotka houkuttelevat alalle.

Oulun yliopistossa on ymmärretty Pohjois-Suomen kaivos- ja rakennusteollisuuden tarpeet. Yhdessä teollisuuden kanssa aloitettu täsmä- ja täydennyskoulutus on hyvä ja nopea ensiapu akuuttiin työvoimatarpeeseen. Jatkossa on kuitenkin huomioitava, että vuoriklusteriin kuuluu, ollakseen kokonaisuus, malmi- ja kaivosgeologia, louhinta, rikastustekniikka ja metallurgia.

T&K

Suomen kaivos- ja kaivoskoneteollisuus on menestynyt aktiivisen ja innovatiivisen tutkimuksen ansiosta vaikka hyödynnetyt malmit ovat kansainvälisesti arvioituna todellisia rajamalmia. Kehitetyt laitteet ja teknologia ovat käytössä ympäri maailmaa ja hyviksi todettu.

Esimerkkejä onnistuneesta innovaatiotoiminnasta on runsaasti: geofysikaaliset malminetsintämenetelmät, kaivoskoneet ja kaivosautomaatio, kalliomekaniikkaan perustuva avo- ja maanalaisten louhosten suunnittelu ja mitoitus, tukemismenetelmien mitoitus, rikastamoautomaatio, uudet vaahdotuskennot, malmien bioliotus ja metallurgiset ratkaisut. Tämä kaikki on ollut mahdollista teollisuuden ja yliopistojen yhteistyöllä. Yliopistojen suunnitelmissa esiintyvä verkottuminen ei onneksi ole uutta Suomessa, tältä pohjalta on hyvä jatkaa myös uusien toimijoiden kanssa.

Kaivoslaki

Uusi kaivoslaki on parhaillaan valmistuilla ministeriössä. Vaikka lain uudistamisella on kiire, on tärkeää,

että valmistelutyö tehdään huolella.

Tavoitteena on laki, joka huomioi kansalaisten aseman, sopii yhteen kuntien kaavoitus- ja suunnittelutyön kanssa, noudattaa hyväksytyjä ympäristön- ja luonnonsuojelun periaatteita ja samalla luo edellytyksiä kaivostoiminnan kehittymiselle. Ei ole helppo nakki.

Tästä eteenpäin

Kaivannaisteollisuus on voimakkaasti globaaleihin trendeihin reagoiva ala, jolla louhinnan kannattavuusrajat muuttuvat joskus dramaattisesti. Toisaalta uusien tekniikoiden ja varsinkin bio- ja ympäristötekniikan alueilla ollaan jatkuvasti tekemässä uusia innovaatioita, jotka vaikuttavat kaivosten kannattavuuteen ja ympäristöhaittojen torjumiseen. Vuoriala on vahvasti poikkiteollinen ala, joka rohkeasti hyödyntää muilla tieteen aloilla tehtyjä uusia avauksia.

Uudistettavan kaivoslain sisällöllä on suuri merkitys. Sen on oltava tiukasti ohjaava, mutta samalla riittävän joustava. Ympäristövaikutukset on aina selvitettävä ja ympäristöstä on huolehdittava sekä toiminnan aikana että sen päätyttyä. Toisaalta ympäristövaatimukset eivät saa olla kohtuuttomia eikä ympäristöyksymyksiin vetoaminen saa säännönmukaisesti olla kaivostoiminnan esteenä. TEMissä on varmistettava tarvittavat henkilöresurssit lupahakemusten asianmukaisen ja nopean käsittelyn varmistamiseksi.

Suuri osa kaivoksistamme sijaitsee Itä- ja Pohjois-Suomessa, jossa työpaikkojen tarjonta on muuten vähäistä. Kaivos tuo paikkakunnalle työtä myös kerrannaisvaikutteisesti.

Meidän on luotava suomalaiset olosuhteet sellaisiksi, että yrittäminen täällä on vakaalla pohjalla ja kannattaa. Valtion on varauduttava edistämään kaivoshankkeita liikenne- ja logistiikkainvestoinneilla ja koulutuspanostuksilla. Byrokratian on joustettava muuttuneissa tilanteissa tarpeen mukaan. Ennen kaikkea kaivososaajia on oltava tarvetta vastaavasti saatavilla ja osaamisen tason on oltava maailman huippuluokkaa. ▀

Referaatti **BEF**

POHTO järjestää asiantuntijaseminaareja FinnMateria 2008 -messujen yhteydessä. Kaivannaisalan ja metallien jalostusteollisuuden seminaareissa johtavat asiantuntijat luennoivat ajankohtaisista teemoista. Tule päivittämään tietojasi ja keskustelemaan lainsäädännön, ympäristön, kierrätyksen, osaamisen ja koulutuksen haasteista tai osallistumaan hydrometallurgian ja automaation asiantuntijaseminaareihin.

Pintaa syvemmälle - POHTO.

Lainsäädäntö, ympäristö ja kierrätys 12. - 13.11.2008

Seminaari: 12.11. klo 9.30 - 16.45, 13.11. klo 8.30 - 12.00

Tilaisuuden avauspuheenvuoro

Kehitysjohtaja Erkki Pislä, Rautaruukki Oyj

Current EU legal framework and future perspectives for the extractive industry in Europe

Dr. Corina Hebestreit, Euromines, Belgium

Kaivannaistoiminnan kehittäminen, TEM työryhmä

Alivaltiosihteeri Kalle J. Korhonen, Työ- ja elinkeinoministeriö

Elinkaariajattelu

Johtaja Pia Voutilainen, Scandinavian Copper Development Association

Teollinen ekosysteemi (kaivoksesta eteenpäin)

Prof. Janne Hukkinen, Helsingin yliopisto

Kaivoslain uudistus

Kaivosylitarkastaja Pekka Suomela, Työ- ja elinkeinoministeriö

Uusi opas kaivostoiminnasta suojelualueilla

Lapin ympäristökeskus/Ympäristöministeriö

Kaivannaisjätedirektiivi ja sen kansallinen implementointi

Ympäristöneuvos Sami Koivula, Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto

Raaka-aineiden saanti / materiaalihetokkuus

D.Sc. (Tech.) Paavo Hooli, Outokumpu Stainless Oy

Jätelainsäädännön uudistaminen, Asiantuntija Benny Hasenson, EK

End of waste ja sivutuotekäsite, Professori Ari Ekroos, TKK

Sivutuotteiden hyötykäyttö

Markkinointipäällikkö Marko Mäkikyrö, Rautaruukki Oyj

Tuotantopäällikkö Seppo Voutilainen, Yara Suomi Oyj

Ympäristöpäällikkö Olavi Selonen, Palin Granit

BAT (Best Available Technologies) – paneelikeskustelu

Teollisuuden, viranomaisten ja korkeakoulujen edustajia

Osaaminen ja koulutus, 13.11.2008

Seminaari: klo 12.45 - 16.30

Elinkaarimalli

Rehtori Lauri Lajunen, Oulun yliopisto

Työturvallisuus, Mainari - Kaivosten kokonaisturvallisuus osana työhyvinvoinnin kehittämistä

Tutkija Sakari Juntila, Työterveyslaitos

Case: Työturvallisuuden huomiointi prosessi- ja laitekehityksessä

Recruitment in branch of Mining Industry

President Manuel Reguero, European Federation of Geologists

Case Ruukki: HR – Development kehittämispolut

Henkilöstön kehittämispäällikkö Hanna Salovaara, Ruukki

Hydrometallurgy, 12. - 13.11.2008

Seminaari: 12.11. klo 9.00 - 16.00, 13.11. klo 9.00 - 15.30

Introduction to hydrometallurgical processes

Professor Olof Forsén, Helsinki University of Technology

Thermodynamics and kinetics in hydrometallurgy

Professor Tomas Havlik, TU Kosice, Slovakia

Thermodynamics of concentrated aqueous solutions

Dr. Pekka Taskinen, Outotec Research Oy

Solvent extraction of metals

Professor Erkki Paatero, Lappeenranta University of Technology

Solvent extraction: Why and How?

Professor Gordon Ritcey, G. M. Ritcey and Associates Inc., Ottawa, Canada

Tailings management

Professor Gordon Ritcey, G. M. Ritcey and Associates Inc., Ottawa, Canada

HSC software as a modelling tool in hydrometallurgy

Dr. Antti Roine, Outotec Research Oy

Selection of filtration method

Professor Antti Häkkinen, Lappeenranta University of Technology

Bioleaching, Professor Jaakko Puhakka, Tampere University of Technology

Talvivaara bioleaching process for nickel

Chief Technology Officer Marja Riekkola-Vanhanen, Talvivaara Mining Company Plc

Harjavalta nickel refinery – change in raw material base

Senior Researcher Marko Latva-Kokko, Norilsk Nickel Harjavalta Oy

Recent developments in Boliden Harjavalta copper electrorefining

Process Engineer Petri Latostenmaa, Boliden Harjavalta Oy

Automaatio kaivoksissa, 14.11.2008

Seminaari: klo 9.00 - 15.30

Tilaisuuden avauspuheenvuoro, Professori Pekka Särkkä, TKK

Analyysit ja näytteenotto

- Mine On-Line service Oy, Toimitusjoht. Ipo Auranen, On-Line Service Oy

- Koneanäön hyödyntäminen rikastusprosessissa

Tutkija Jani Kaartinen, TKK

- Kairan- ja poranreikämittausten käytöstä kaivostoiminnassa

Toimitusjohtaja Arto Julkunen, Astroco Oy

- Optimization of mineral processes by applying on-line analysis together with expert systems, Thomas Marx, ABB, Switzerland

Louhinta

- Porauksen Automaatio Kiirunassa, NN, Atlas Copco

- Automine, NN, Sandvik

Prosessi

- Rikastamoautomaation nykytila ja tulevaisuus

Professori Sirkka-Liisa Jämsä-Jounela, TKK

- Hajautetun automaation edut mineraalien jalostuksessa

Case: Talvivaaran Metso DNA CR -järjestelmä

Johtaja Kari Heikkilä, Metso Automation

- Sovellusesimerkkejä jauhatuksen säädöstä ja raekokojakauman hallinnasta, Dr. Kari Saloheimo, Outotec

Lisätietoja ja ilmoittautumiset/POHTO:

Kehittämispäällikkö Markus Hietala, puh. 050 5565 725

Kehittämisisassistentti Pia Viitanen, puh. (08) 5509 891

e-mail: etunimi.sukunimi@pohto.fi

Ohjelma päivittyy nettisivuille www.pohto.fi

Pidätämme oikeuden ohjelmamuutoksiin.

FinnMateria-messut on vakiinnuttanut paikkansa Jyväskylään

Alan teollisuus on ottanut tapahtuman omakseen

Toista kertaa ensi marraskuussa järjestettävät FinnMateria-messut on vakiinnuttanut paikkansa Jyväskylässä. Jyväskylän Messut Oy:n näyttelyjohtaja Raimo Pylvänäinen sanoo, että kaivosteollisuuden ja metallinjalostuksen sekä niihin läheisesti liittyvien teollisuudenalojen erikoismessut on paikkansa ansainnut.

Tulevien messujen myynti on sujunut hyvin: nettoneliöitä FinnMateria 2008 -messuille on varattu jo noin 3 500.

”FinnMateria-messut keskittyy ketjun alkupäähän eli malmin louhintaan ja jatkojalostukseen. Messujen suosio on osoittanut, että tämä on ollut oikea ratkaisu. Kyseessä ei kuitenkaan ole pelkästään kaivosmessut, vaan pääosa näytteilleasettajista on alan teollisuudelle tuotteita ja palveluita tarjoavia yrityksiä”, Pylvänäinen sanoo.

”Kaivosten mukanaolo messuilla on toki tärkeää. Se osoittaa, että alan teollisuus on ottanut tapahtuman omakseen. Erityisen tyytyväinen olen siitä, että alihankintaketjut ovat löytäneet FinnMaterian. Myös kunnossapitoyrityksiä on tullut näytteilleasettajiksi selkeästi lisää”, hän jatkaa.

Jos on myynti hyvässä vauhdissa, niin Pylvänäisen mukaan on lupa odottaa kasvua myös kävijämäärässä. Kaivosteollisuus elää Suomessa vahvaa kasvubuumia. Kaivoksen perustaminen on mitä parhainta aluepolitiikkaa.

”Muun muassa Kevitsan ja Kolarin kaivokset ovat poikimassa alueelle uutta teollisuutta. Seudulle suunnitellaan jalostamoita ja Kemin sataman kapasiteetti ja muut logistiset investoinnit tulevat sitä kautta ajankohtaisiksi. Lisäksi kaivos ja sen tuoma työvoima tarvitsee ympärilleen kaupat, koulut ja muut palvelut. Kaivoksen kansantaloudelliset vaikutukset ulottuvat todella laajalle, eikä kaivosta voi siirtää kasvukeskuksiin tai ulkoistaa maasta pois”, Pylvänäinen muistuttaa.

FinnMateria-messuilla on tälläkin kertaa korkeatasoinen kongressi- ja seminaariohjelma, jonka toteuttaa koulutuksen ja kehittämisen asiantuntijaorganisaatio POHTO.

FinnMateria 2008 -erikoismessut järjestetään Jyväskylä Paviljongissa 13.–14. marraskuuta. FinnMateria 2008 on malminetsinnän, kaivosteollisuuden, malmien rikastus- ja prosesseollisuuden, metallien jalostuksen, kiviaineteollisuuden sekä tuotteiden käsittelyn ja jatkojalostuksen huippu-tapahtuma. Vuorimiesyhdistyksen lisäksi messujen järjestelyissä tehdään yhteistyötä Infra ry:n kanssa.

Lisätietoja FinnMateria 2008 -erikoismessuista: näyttelyjohtaja Raimo Pylvänäinen, Jyväskylän Messut Oy, puh. (014) 334 0028, raimo.pylvanainen@jklmessut.fi, www.jklpaviljonki.fi/finnmateria2008 ▀

Outotec FinnMateria 2008 -messuille

Outotec osallistuu näytteilleasettajana noin 30:een kansainväliseen tai kansalliseen konferenssi- ja messutapahtumaan vuosittain. Messujen osallistumisen tavoitteena on olla esillä niin alan asiakaskunnalle kuin messuvieraille. Messutapahtumat ovat nykyisin harvoin varsinaisia myyntitapahtumia. Tilaisuudet ovat Outotecille enemmänkin PR-tilaisuuksia, joissa tavataan, vaihdetaan kuulumisia ja päivitetään vieraiden tietoja Outotec-yhtiöstä ja sen teknologioista ja uutuustuotteista.

Meitä kiinnostavat messutapahtu-

mat liittyvät kaivos- ja metallurgiseen teollisuuteen. Usein tilaisuudet ovat erikoistuneet metallin, jalostusketjun tai teknologian mukaan. Mineraalitekniikan messuja on muun muassa rikastuksen ja vedenkäsittelyn alueilta. Esimerkiksi alumiinille, kuparille ja sinkille on omat tapahtumansa.

Metallien hinnan nousu on synnyttänyt Suomessa malminetsinnän ja kaivosprojektien aktiviteettia, joka on lisännyt myös kaivosteknisen, rikastusteknisen ja metallurgian alojen teknologioiden tarvetta Suomessa. Ak-

tiviteetti on näkynyt myös Outotecin myynnin kasvuna kotimaassa. Kotimaisen asiakaskuntamme takia osallistumme messuihin myös Suomessa, jossa FinnMateria 2008 Jyväskylässä on alan ainoa laajempi messutapahtuma, joka järjestetään nyt toista kertaa.

Lisätietoja:

Kari Knuutila

Teknologiajohtaja

Outotec Oyj

Puh. 020 529 2009

Outotec on johtava kansainvälinen mineraaleihin ja metalleihin keskittyvä teknologian kehittäjä ja toimittaja, joka tarjoaa asiakkailleen innovatiivisia ja ympäristöystävällisiä ratkaisuja – tehtaita, prosesseja ja laitteita sekä suunnittelu-, projekti- ja tukipalveluja – maailmanlaajuisesti. Outotec Oyj on listattu OMX Pohjoismaiseen Pörssiin Helsingissä. www.outotec.com ▀



The future of European mining

Talvivaara Mining Company Plc

TALVIVAARA

www.talvivaara.com



Vasemmalla Oulun yliopiston päärakennus (Kuva: Pasi Terästä). Yllä Linnanmaan kampuksen Sähkö- ja tietotekniikan osaston rakennus, Tietotalo 1 (Kuva: Jussi Tiainen).

OULUN YLIOPISTO tuo osaamista Pohjois-Suomeen

Puoli vuosisataa on kulunut siitä, kun tasavallan presidentti Urho Kekkonen allekirjoitti lain Oulun yliopistosta. Tämä tapahtui heinäkuun 8. päivänä vuonna 1958. Viidessäkymmenessä vuodessa Oulun yliopisto on monitieteisenä opinahjona lunastanut paikan maamme yliopistojen eturivistä ja toimii tänään korvaamattomana kehitys- ja palvelukeskuksena pohjoissuomalaisen yhteiskunnan monella eri osa-alueella.

Yliopiston aloittaessa toimintansa syksyllä 1959 opiskelijoita oli nelisensataa. Tänä päivänä opiskelijoita on 17 000 ja henkilökuntaa 3 000. Viime vuonna Oulussa suoritettiin 1342 maisterin ja 130 tohtorin tutkintoa. Oulun yliopistosta on vuosien aikana valmistunut 40 000 työelämän ja tieteen osaajaa.

Yliopistolla on suuri osuus siinä, että Oulusta on tullut yksi maamme voimakkaimmista kasvukeskuksista. Yliopiston naapureina Linnanmaan pääkampuksen alueella toimivat mm. maan suurin teknologiakeskus Tehnopolis ja VTT.

Lääketieteellinen tiedekunta ja yli-

opiston perustama Biocenter Oulu toimivat vuorokautta Oulun yliopistollisen sairaalan yhteydessä Kontinkankaalla ja muodostavat yhdessä Medipolis-keskuksen kanssa korkeatasoisen lääketieteen ja biotekniikan tutkimusympäristön.

Tervahöyryt ovat haihtuneet vanhan merikaupungin yltä.

Yliopiston vaikutus ylettyy kuitenkin kauaksi 130 000 asukkaan kaupungin rajojen ulkopuolelle. Yliopisto rekrytoi pääosan opiskelijoistaan koko Pohjois-

Suomen alueelta ja suurin osa valmistuneista sijoittuu työelämään samalle alueelle. Oulun yliopisto on jo pitkälti ennen globalisaation aikaa, oikeastaan koko olemassaolonsa ajan, hakenut kontakteja ja virikkeitä ulkomailta. Yhteistyö pohjoismaisten tutkimus- ja koulutuslaitosten kanssa on tiivistä, mutta yhteistyötä on ennakkoluulottomasti haettu eri puolilta maailmaa. Kansainvälistyminen näkyy yliopiston arjessa. Yliopistossa työskentelee ja opiskelee yli 1 000 tutkija-opettajaa ja opiskelijaa. ▲



Kerttu Saalasti

Nivalalainen kansanedustaja Kerttu Saalasti toimi opetusministerinä esittelijänä, kun lakiesitys Oulun Yliopistosta esitettiin tasavallan presidentille Urho Kekkoselle 25.10.1957. Päätös Oulun yliopiston perustamisesta luetaan pitkälti hänen ansiokseen. Kerttu Saalasti, presidentti Kyösti Kallion ja rouva Kaisa Kallion tytär, toimi kahteen kertaan opetusministerinä. Vuosina 1954-1956 Urho Kekkonen viidennessä hallituksessa ja vuonna 1957 V. J. Sukselaisen ensimmäisessä hallituksessa. ▲

Yliopisto ja opetusministeri samoilla linjoilla

Tervetuliaispuheessaan rehtori Lauri Lajunen totesi mm., että yliopistouudistuksen tuomat muutokset ovat tervetulleita ja välttämättömiä, jotta suomalaiset yliopistot pysyisivät kansainvälisessä kehityksessä mukana.

Samalla hän kuitenkin huomautti, että huoliakin on, erityisesti perusrahoituksen puolella:

”Talouspoliittisen ministerivaliokunnan linjaus, jonka mukaan valtio voi tehdä finanssisijoituksia kaikkiin yliopistoihin riippumatta yliopiston oikeushenkilömuodosta tai siitä, pystyykö se hankkimaan yksityistä pääomaa, on erinomainen. Tosin tämä valtion raha sekä yrityksiltä, kunnilta ja eri yhteisöiltä tulevat lahjoitukset eivät ole tarkoitettu paikkaamaan perusrahoituksessa olevia puutteita, vaan ne on tarkoitettu yliopiston vahvuuksien vahvistamiseen ja uusiin avauksiin. Valtiovallan tulee jatkossakin huolehtia yliopistojen perustoimintojen ylläpitämisestä”.

Tyytyväinen hän taas oli siihen, että opetusministeriön linjaukset Oulun yliopiston kehittämisestä kansainvälisesti korkeatasoisena tiedeyliopistona yhteistyössä tutkimuslaitosten ja elinkeinoelämän kanssa ovat yhtenevät yliopiston omien strategisten valintojen kanssa.

”On tärkeää, että myös yritysmaailma näkee Oulun yliopiston jatkossakin merkittävänä tiedeyliopistona ja yhteistyökumppanina”.

Vahvistuksen opetusministeriön linjauksiin rehtori Lajunen sai päivän juhlapuhujalta opetusministeri *Sari Sarkomaalta*.

Yliopisto sai juhlapuhujalta kehuja yhteistyökyvystään. Näin ministeri Sarkomaa:

”Olen ilahtuneena seurannut, miten Oulun ja Lapin yliopistot ovat selkeyttäneet alueellista työnjakoa ja kehittäneet keskinäistä yhteistyötään. Alueellisten voimavarojen kokoamisen ja tehokkaan käytön yhteisnäkökulmasta myös yhteistyö Oulun seudun ammattikorkeakoulun kanssa on tuonut hyviä

Viisikymmenvuotiaalla Oulun yliopistolla juhlat jatkuvat vuoden loppuun saakka. Pääjuhla ehdittiin kuitenkin pitää jo toukokuun juhlatiimin yhteydessä. Maanantaina 12.5. kokoontui arvokas kutsuvierasjoukko päärakennuksen Saalastinsaliin, yliopiston juhlasaliin, joka on saanut nimensä opetusneuvos Kerttu Saalastin mukaan.

tuloksia. Samansuuntainen on kehitys Kainuussa, jossa Oulun yliopisto on merkittävin toimija Kajaanin yliopistokeskuksessa”.

...ja lisää kehuja:

”Valtakunnallisessa kokonaisuudessa Oulun yliopisto nähdään yhtenä maamme johtavista tutkimusyliopistoista. Uskoa tulevaisuuteen luo se vahva myönteinen kehitys, joka yliopiston tuloksissa on viimeksi kuluneena vuotena nähtävissä”.

”On ollut erinomaista, että Oulun yliopistolla on koko olemassaolonsa ajan ollut käytettävissään vahva alueellinen tuki. Sen varassa yliopistoa on voitu vuosikymmenten saatossa monin tavoin kehittää. Alueen tuki on yliopiston vahvuus myös jatkossa.”

Oulun yliopiston tulevaisuudesta hän maalasi myönteisen kuvan toden yliopistoreformiin viitaten: ”Nyt yliopistolaitoksemme seisoo jälleen uuden edessä. Yliopistomme kasvavat täysi-ikäisiksi – irti valtion holhouksesta. Voimme vain arvailla, millaisia mahdollisuuksia uusi, entistä autonomisempi asema Oulun yliopistolle tarjoaa. Oulun yliopisto on tässä historiallisessa hetkessä vahvasti läsnä ja yksi

yliopistouudistuksen vahvoista edelläkävijöistä”.

Huomionosoituksia

Pääjuhlassa Vuoden Alumniksi 2008 nimettiin Nokian palvelut ja ohjelmistot yksikön viihde- ja yhteisöpalveluista vastaava johtaja, tekniikan tohtori *Tero Ojanperä*.

Huomionosoituksina jaettiin Oulun yliopiston hopeiset plaketit seitsemälle merkittävälle yhteistyökumppanille. Saajina olivat:

Pääjohtaja, professori, dosentti, FT *Elias Ekdahl*, GTK, toimitusjohtaja, eMBA, MKT, DI *Pertti Huuskonen*, Technopolis Oyj, tieteellinen johtaja, dosentti, TKT *Jorma Lammasniemi*, VTT, pääjohtaja, dosentti maatalous- ja metsätieteiden tohtori *Lea Kauppi*, Suomen ympäristökeskus, ympäristö-, energia- ja sidosryhmäsuhteista vastaava johtaja, TKT *Peter Sandvik*, Rautaruukki Oyj, kehitysjohtaja, valtiotieteiden kandidaatti *Paavo Sippola*, Oulun yliopisto ja päätoimittaja, yhteiskuntatieteiden maisteri *Risto Uimonen*, Sanomalehti Kaleva. Opetusministeri *Sari Sarkomalle* luovutettiin Oulun yliopiston 50-vuotisjuhlamitali. ▀

Tiedekunnat

Kun Oulun yliopisto aloitti toimintansa vuonna 1959, yliopiston muodostivat filosofinen tiedekunta (biologinen ja matemaattinen opintosuunta), teknillinen tiedekunta (arkkitehti-, rakennusinsinööri- ja teollisuusinsinööriosastot) ja vuonna 1953 perustettu Oulun opettajakorkeakoulu.

Tänään yliopistolla on kuusi tiedekuntaa, joiden laitokset muodostavat tiedeyhteisön. Tämä mahdollistaa monitieteisen tutkimuksen ja siihen perustuvat monipuoliset opinnot.

Humanistinen tiedekunta

- historia-aineet, kirjallisuus, kulttuuriantropologia, yleinen arkeologia, informaatiotutkimus, logopedia, suomen kieli, saamen kieli, saamelainen kulttuuri, englantilainen filologia, germaaninen filologia, pohjoismainen filologia.

Kasvatustieteiden tiedekunta

- kasvatustiede, luokanopettajan koulutus, kansainvälinen luokanopettajan koulutus, varhaiskasvatus.

Luonnontieteellinen tiedekunta

- biokemia, biologia, fysikaaliset tieteet, geotieteet, kemia, maantiede, matemaattiset tieteet, tietojen käsitteelytiede.

Lääketieteellinen tiedekunta

- lääketiede, hammaslääketiede, hyvinvointitekniikka, hoitotiede, terveys-tieteiden opettajakoulutus.

Taloustieteiden tiedekunta

- johtaminen ja organisaatio, kansantaloustiede, kansainvälinen liiketoi-

minta, laskentatoimi, logistiikka, markkinointi, rahoitus.

Teknillinen tiedekunta

- arkkitehtuuri, konetekniikka, prosessitekniikka, ympäristötekniikka, informaatioverkostot, sähkötekniikka, tietotekniikka, tuotantotalous.

Yliopiston painoaloiksi valittiin vuonna 1994 biotekniikka, informaatiotekniikka ja pohjoisuustutkimus. Strategian mukaisesti yliopisto pyrkii profiloitumaan erityisesti näillä aloilla.

Tämä tarkoittaa, että biotekniikassa ja molekyyli- ja lääketieteessä tutkitaan perintökäsitteitä ja proteiinien rakenteita sekä eläinten, kasvien ja ihmisen kehitystä molekyyli- ja solubiologian ja geeniteknologian keinoin. Lisäksi selvitetään mm. sidekudossairauksien sekä sydän- ja verisuonitautien syitä ja hoitotapoja.

Informaatioteknologian ja langattoman viestinnän alalla tutkitaan mm. tulevaisuuden mobiilitiedonsiirtoratkaisuja, elektroniikkaa ja fotonikkaa, joka paikan tietotekniikkaa, konenäköä ja

älykkäitä järjestelmiä, hyvinvointitekniikkaa sekä mikro- ja nanoteknologian soveltamista uusissa elektronisissa laitteissa ja järjestelmissä.

Pohjoisuuden ja ympäristön alalla tutkitaan monitieteisesti pohjoisen ilmasto- ja ympäristömuutosten vaikutuksia kasveihin ja eläimiin. Tavoitteena on kehittää uusia keinoja pohjoisen luonnon ja luonnonvarojen suojeluun ja kestäväan käyttöön. Lisäksi tutkitaan ihmisen terveyttä, hyvinvointia ja kulttuuria pohjoisella alueella.

Vuorimiehiä lähellä olevia aloja yliopiston toiminnassa ovat lähinnä luonnontieteellisen tiedekunnan geologiaosasto sekä teknilliseen tiedekuntaan kuuluvat konetekniikan sekä prosessi- ja ympäristötekniikan osastot.

Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto on 1000 opiskelijan, 9 professorin ja 210 muun työntekijän tutkimus- ja opetusyksikkö, joka toimii kaikilla yliopiston painoalueilla.

Mainittakoon, että yliopiston ja GTK:n kehittämä vuoriklusteri on geologiasastolle ja prosessi- ja ympäristötekniikan osastolle yhteinen hanke. ▴

Koonnut: **BEF**



Fabergé



kunnia- vieraana Juuassa

Teksti **Bo-Eric Forstén** Kuvat **Leena Forstén**

”Onhan se merkillistä, että tänne Juukaan, jossa ei enää edes ole postikonttoria, on saatu tällainen näyttely”, totesi paikallinen emäntä tutustuttuaan Carl Fabergén työtä esittelevään näyttelyyn. ”Paikkakunnalla ollaan selvästi ylpeitä siitä, että Juuka on tällä tavoin päässyt osalliseksi venäläisen jalokivi- ja kultasepäntaiteen loistosta”, kertoo vuorostaan näyttelyemäntä Anna-Leena Toivanen, joka on opastanut näyttelyvieraita toukokuun puolivälistä lähtien.

Vierailumme Juukaan ajoittui Suomen lomakauden alkuun heinäkuun ensimmäiselle viikolle ja selviää merkkejä kävijämäärien kasvamisesta oli havaittavissa.

Pysäköidessämme Kivikeskuksen eteen varttia vaille näyttelyn avaamis-

ta klo 9, oli parkkipaikoista jo pulaa.

”Alkukesän aikana meillä on ollut 9 000 kävijää ja näyttää siltä, että tavoitte 25 000 kävijää toteutuisi. Tähän asti viikonloppuisin on pitänyt kiirettä, ja nyt taitaa arjestaan tulla kunnan työpäiviä”, sanoo oppaamme.



Keskeneräiseksi jäänyt ”Kruununprinssin Tähdistö” -muna oli valmisteteilla Pietarissa vuonna 1917 vallankumouksen puhjetessa. Agathon Fabergé oli antanut sen Venäjän Tiedekatemian Mineralogisen museon johtajalle Aleksander Fersmanille säilytettäväksi. Muna löytyi museon varastosta vuonna 2002. Munan ala- ja yläpuolikkaat on tehty kobolttisinisestä lasista. Tähdet ovat timantteja tai kaivertamalla ja lehtikultaamalla tehtyjä. Jalusta on vuorikiteestä.



Nikolai II sai, vieraillessaan kruununprinssinä Orskin alueella, tämän jalokivin koristellun lahjavadin alueen baskiiriväestöltä. Siinä on 942 jalokiveä, joista 135 aleksandriittia. Korkealaatuisen yhden karaatin painoisen aleksandriitin markkinahinta on runsaat 5000 euroa.

Anna-Leena on itsekin Juuassa käymässä. Hänellä on kirjallisuustutkijana työn alla tohtorin väitöskirja Jyväskylän yliopistossa.

”Fabergé ei liity tutkimusalaani muulla tavoin kuin, että tässä toimitaan kulttuurin parissa. Ennen Fabergé ei ollut minulle muuta kuin tuttu nimi, vuoden alusta lähtien olen kuitenkin ehtinyt omaksua melkoisen paljon tietoja hänen edesottamuksistaan ja kulttuurisesta merkityksestään.”

Anna-Leena toteaa, että näyttelyemäntänä toimiminen on tarjonnut hänelle mahdollisuuden harjoitella esiintymistä: ”Pitää osata puhua oikealla tavalla, oikealla kielellä ja olla valmis vastaamaan mitä erilaisimpiin kysymyksiin. On yllättävää miten hyvälle tuntuu kun ihmiset tulevat kiittämään mielenkiintoisesta opastuksesta. Sellainen motivoi kummasti. Minulle tämä on arvokasta aikaa”.

Hänen mukaansa osa kävijöistä on

selvästi tullut Juukaan varta vasten näyttelyn takia. Joukossa on myös ollut Fabergén palkkalistoilla olleiden suomalaisten jälkeläisiä.

”Esitämme näyttelyssä vanhaa valokuvamateriaalia, johon sisältyy otoksia työnteosta eri verstaissa. Niistä on yritetty tunnistaa sukulaisia. Muun muassa Anders Nevalaisen jälkeläiset ovat käyneet täällä”.

Näyttelyn markkinointi on rakennettu vallankumouksen takia keskenräiseksi jääneen keisarillisen pääsiäismunan ympärille. Keskenräisyytensä vuoksi muna ei kuitenkaan näyttävyydessä pysty kilpailemaan valmiiden töiden kanssa.

Kävijöiden keskuudessa pienoisveistokset sotilas, hevosvetoinen jääreki ja mänty (ks. Materia 1/2008 s. 48-50) ovat herättäneet ansaittua huomiota. Lahjavati, jossa on kruunuprinssi Nikolai Aleksandrovitšin monogrammi ja päiväys 15.VII 1891, kilpailee edellä mainittujen ohella näyttelyn suosituimman esineen tittelistä. Mainittakoon, että vatiin on upotettu 942 jalokiveä.

Jalokivien arvo kiinnostaa aina.

”Paljon on kysytty minkä arvoisia eri esineisiin upotetut jalokivet ovat, mutta samalla työtä ymmärretään arvostaa. Yllättävän paljon on kysytty miten paljon aikaa jonkun esineen valmistaminen on saattanut viedä. Sellaisen arvioinnissa kysyjä ja vastaaja ovat melko tasavahvoja”, toteaa Anna-Leena Toivanen.

Näyttelyn Fabergén työt tulevat Venäjän Tiedeakatemian Fersmanin Mineralogisesta museosta Moskovasta sekä Jekaterinburgin Kivihionta- ja Jaloki-



Anna-Leena Toivanen, kirjallisuustutkija Jyväskylän yliopistosta, toimii Fabergé-näyttelyemäntänä Juuassa.

vimuseosta. Esillä on myös kokoelma V. Pelepenkon Uralin Mineralogisen museon pienoisveistoksia, niin ikään Jekaterinburgista.

Venäläisiäkin on alkanut näkyä heinäkuun lopulla. Sen sijaan läntisellä naapurimaallamme ei ole ollut montaa edustajaa kävijöiden joukossa.

”Keski-Euroopasta on käynyt joitakin ryhmiä. Muutaman kerran olen joutunut opastamaan englanniksi ja kerran tai pari ranskaksi”, kertoo näyttelyemäntä Anna-Leena Toivanen. ▀



Pietarin kivihiomossa 1900-luvun alussa valmistettu makeisastia on veistetty yhdestä ainoasta vuorikiteen kappaleesta. Fersmanin Mineralogisen museon kokoelmista, Moskova.



Näyttelyn katseenvangitsijoihin kuuluu Fabergén korvallinen kuppi 1900-luvun alkuvuosilta. Materiaalina on akaatti, joka on erittäin kova työstettävä. Läpikuultava kuppi on valmistettu yhdestä kappaleesta. (Venäjän tiedeakatemian Fersmanin Mineraloginen museo, Moskova.)

Näyttely Juuassa on avoinna päivittäin klo 9.00-18.00 aina 15.9.2008 saakka.

Näyttelyssä on myös esillä uustuotantoa Fabergén tyyliin. Tämä Mihail Zuevitšin veistos Gnom-maahinen vuodelta 2003 osoittaa, että jalokivien käsittelytaito on säilynyt Venäjällä. Teos on Jekaterinburgin Uralin Mineralogisen Museon perustajan, Vladimir Pelepenkon kokoelmista.



Suomen Kivikeskus

Suomen Kivikeskus valmistui kesällä 2003 laajan yhteistyöprojektin tuloksena. Hankkeessa mukana ovat alan yritykset, paikalliset järjestöt ja valtiolta. Kivikeskuksen päätehtävänä on toimia alan kehittämiskeskuksena ja samalla tehdä suomalainen luonnonkivi ja sen käyttömahdollisuudet tunnetuiksi.

”Stone Pole-laboratoriomme on viidessä vuodessa lunastanut paikkansa akkreditoituna luonnonkivilaboratoriona. Samalla Kivikeskus on noussut merkittäväksi matkailukohteeksi Itä-Suomessa”, toteaa Suomen Kivikeskuksen toimitusjohtaja Ilkka Nykänen.

”Erikoisnäyttelyt, joista kesän Fabergé-näyttely on tähänastisista merkittävin, ovat tuoneet meille ja koko maakunnalle kansainvälistäkin julkisuutta. Suomen Kivitutkimussäätiö, joka vastaa näyttelyjen suunnittelusta ja toteuttamisesta, on puheenjohtajansa, erollisuusneuvos Reijo Vauhkosen johdolla onnistunut erinomaisesti Suomen kiveollisuusalan markkinoimisessa”. ▀

Järjestyksessään kolmas nuorten metallurgituttajoiden symposiumi – *The Nordic Symposium for Young Scientists in Metallurgy* – pidettiin Teknillisen korkeakoulun Materiaalitekniikan laitoksella 14.-15. toukokuuta 2008.



The Nordic Symposium for Young Scientists in Metallurgy

Marko Kekkonen, Opettava tutkija, TKK/Materiaalitekniikan laitos

Symposiumi, joka oli tarkoitettu pääasiassa yliopistoissa ja korkeakouluissa työskenteleville metallurgian alalta väitöskirjaansa tekeville tutkijoille, keräsi yhteensä 25 esitelmää ja noin 40 osallistujaa seitsemästä pohjoismaisesta alan yliopistosta ja korkeakoulusta. Esitelmät julkaistaan proceedingsin muodossa noudattaen tieteellisten lehtien käytäntöä.

SUOMESTA esitelmiä oli yhteensä 11 kappaletta, joista kuusi **TKK:lta** (*Miia Kiviö*: Grain Size Control in Steel with Dispersed Non-metallic Inclusions; *Tarja Jäppinen*: The effects of Molybdenum on austenite transformation in slow cooling rate; *Mykola Ivanchenko*: Effect of the DSA on Interstitials Redistribution in AISI 316NG steel and Inconel 600 Alloy; *Joonas Järvinen*: Plasma incineration of waste ion-exchange resins; *Mari Lundström*: The Effect of Time and pH on Chalcopyrite Dissolution in Cupric Chloride Solution; *Antti Kekki*: Production of High-purity Cathode Copper in Nitrate Bath on Stainless Steel Blanks), kaksi **Oulun yliopistosta** (*Jari Savolainen*: The research of slag emulsification with physical miniature model; *Arto Rousu*: The current transfer in the burden of a submerged-arc furnace), kaksi **Tampereen teknillisestä yliopistosta** (*Matti Isakov*: Investiga-

tion of the dynamic tensile properties of austenitic stainless sheet steels using Tensile Hopkinson Split Bar; *Jari Kokkonen*: Dynamic behavior of ECAP processed aluminum at room and sub-zero Temperatures) sekä yksi **Åbo Akademiasta** (*Hannu Helle*: Evaluation of partial replacement of oil by biomass as injectant in the blast furnace).

RUOTSISTA esitelmiä oli 12, joista 11 **KTH:lta** (*Reza Safavi Nick*: Modeling of solid particle movement in a blast furnace shaft; *Maria Swartling*: Temperature measurements on Blast Furnace 2 at SSAB Oxelösund; *Ola Ericsson*: Initial filling conditions of argon protected sampler by temperature measurements; *Zhi Zhang*: Simulation of a Sampler Filling; *Jianhui Liu*: Numerical simulation of oxygen lance of V-extraction converter; *Lijun Wang*: A new method for evaluating some thermophysical properties for ternary system; *Haijuan Wang*: Impurities transformation investigation in coal gangue for synthesizing β -Sialon; *Ge Xinlei*: Extraction of metal values from EAF slag and chromite by a novel electrolytic process; *Zhipeng Zeng*: A constitutive equation of pure titanium at high temperature; *Weimin Cao*: Ab initio interatomic potentials for MN (M=Nb,Ti) by multiple lattice inver-

sion; *Shuai Li*: Synthesis of nanocrystalline LSAMC powder using a poly(vinyl alcohol) complexing method) sekä yksi Taalainmaan korkeakoulusta (**Högskolan Dalarna** – *Ismail Kasimagwa*: Thermo-calc and SEM analysis of the dolomite lining during steel refining).

NORJAN teknillis-luonnontieteellinen yliopisto (NTNU) Trondheimista osallistui symposiumiin kahden tutkijan voimin (*Arjan Ciftja*: Settling of solid particles in molten silicon as a refining step from metallurgical grade to solar grade silicon; *Per Anders Eidem*: Influence of coke particle size on the electrical conductivity of wet coke beds).

Nuorten tutkijoiden symposiumi järjestettiin nyt kolmatta kertaa; aikaisemmat ovat olleet Oulun yliopistossa v. 2003 ja KTH:ssa Tukholmassa v. 2006. Tämänkertainen symposiumi oli organisoitu "Uusien materiaalien ja prosessien tutkijakoulun" puitteisiin. Tilaisuus oli erittäin onnistunut. Nuoret tutkijat pääsivät esittämään tutkimustuloksiaan kansainvälisellä forumilla ja saamaan palautetta muilta nuorilta kuin myös vanhemmilta osallistujilta. Seuraava symposiumi järjestetään todennäköisesti Trondheimissa Norjassa v. 2010. ▴

Tiede & Tekniikka

Tammisaaren saaristoa. Kuva Leena Forstén

Prof. **Pekka A. Nurmi**, tutkimusjohtaja, Dos. **Pasi Eilu**, erikoistutkija, ja FT **Saku Vuori**, erikoistutkija, Geologian tutkimuskeskus, Espoo

Suomen muuttuvat mineraalivarannot. Sivut 42-51

Gijsbert Wierink, a researcher and doctoral student at the research group of Mechanical Process Technology and Recycling at Helsinki University of Technology (HUT)

Multi-zonal modeling of bubble-particle aggregate stability in mineral froth flotation. Pages 52-55

Geofyysikko **Jukka Laitinen**, erikoistutkija **Viljo Kuosmanen** ja tutkimusprofessori **Juhani Ojala** Geologian tutkimuskeskus, Espoo

Kultakohteen kairasydänten muuttumismineralogian kartoitus lyhytaaltoinfrasäteilyn avulla. Sivut 56-60



Pekka A. Nurmi



Pasi Eilu



Saku Vuori

Suomen muuttuvat mineraalivarannot

Johdanto

Kaivostoiminnassa louhitaan ja rikastetaan maankamaran hyötym mineraaleja. Kun hyötym mineraaleja esiintyy riittävän runsaasti sellaisessa muodossa ja paikassa, että toiminta on taloudellisesti kannattavaa, voidaan puhua malmiesiintymistä. Malmin käsite on siten aina suoraan sidottu aikaansa: hyötym mineraalien sen hetkiseen tarpeeseen, hintaan, esiintymän laatuun ja kaivostoiminnan käyttämään teknologiaan. Moninaisten geologisten ja teknistaloudellisten seikkojen ohella kaivostoiminnan edellytyksenä on nykyaikana lisääntyvästi ympäristöllisten, maankäyttöisten ja yhteiskuntapoliittisten intressien yhteensovittaminen. Käytettävissä olevat mineraalivarat muuttuvat koko ajan ja entistä nopeammin. Maapallon kiihtyvä kaivostoiminta kuluttaa tunnettuja reservejä. Näitä reservejä korvaavat osaksi uudet malmilöydöt, mutta erityisesti niihin vaikuttavat nousevien hintojen johdosta taloudelliseksi muuttuneet aiemmin epäekonomisina tunnetut varannot.

Tässä artikkelissa tarkastelemme Suomen metallisten hyötym mineraalivarantojen määrää, laatua ja sijaintia tärkeimmässä geologisissa muodostumissamme kolmena ajanjaksona: 1) ennen suurteollista aikaa (ennen vuotta 1945), 2) vuodesta 1945 nykypäivään ja 3) tulevaisuudessa. Viime vuodet ovat konkreettisesti osoittaneet, että kaivosalan suhdannevaihtelut voivat olla hyvinkin rajuja ja tulevaisuuden ennustaminen on vaikeaa. Kehittyvien maiden väestön nopea vaurastuminen on johtamassa ennennäkemättömään ja vaikeasti ennustettavaan metallien käytön kasvuun. Tämän tyydyttämiseksi teollisuuden standardien mukaisesti luokitellut mineraalivarat riittävät vain hyvin rajallisen ajan. Yhteiskunnan kestävä kehityksen kannalta olisi tärkeää kyetä arvioimaan Suomen mineraalivarantoja ja malmipotentialia siten, että hyötym mineraalien kotimainen saatavuus tiedettäisiin edes muutamiksi kymmeniksi vuosiksi eteenpäin seuraavalle sukupolvelle.

Mineraalivarojen käsitteet

Malmia on kiviaines, joka sisältää hyödynnettävissä olevia metalleja tai mineraaleja, ja malmiesiintymä on sellainen massa malmia, josta voidaan tutkimusten perusteella hyödyntää taloudellisesti kannattavasti sen sisältämiä

metalleja tai mineraaleja /1, 2, 3/. *Mineraalivarannot* (mineral resources) ovat geologisista perusteista arvioitu hyötym mineraalien määrä rajatussa osassa kallioperää, mutta jonka hyödyntämiskelpoisuuteen ei ole otettu kantaa; *mineraalivarat* (mineral reserves) ovat varantojen se osuus, jotka on osoitettu taloudellisesti kannattavasti louhittaviksi vähintään pre-feasibility study -tasolla, siis ottaen huomioon niin louhinta- ja rikastustekniset kuin markkina-, ympäristö-, hallinnolliset ja sosiaalisetkin tekijät /2, 4/. Lisäksi edellytetään, että laskelmat on tehty teollisuuden standardien mukaisesti (esim. JORC tai NI 43-101). Tässä artikkelissa käytämme myös termiä *otaksutut mineraalivarannot*. Niillä tarkoitamme geologisista perusteista arvioituja varantoja, jotka eivät tietoihiensa, analyysimenetelmiensä tai raportointitapansa puolesta täytä teollisuuden standardeja.

Teollisuuden standardien mukaisesti laskettujen mineraalivarojen ja -varantojen sekä tilastoidun kaivostuotannon avulla voidaan päätellä paljonkin jonkin alueen malmipotentialista. Esimerkiksi voimme arvioida, että alueelta voi yhä olla löydettävissä samantyyppisiä ja samankokoisia esiintymiä kuin tähänkin asti. Lisäksi tiedot kelpaavat tilastollisten tarkastelujen pohjaksi erittäin hyvin, sillä käytettävä tieto on yhteismitallista. Tällä tiedolla on kuitenkin rajoitteensa: sehän kertoo myös siitä, mitä malmeja on etsitty ja löydetty alueelle tähän mennessä tai raportointitapansa puolesta täytä teollisuuden standardeja.

Teollisuuden standardien /5, 6/ mukaisesti raportoitu tonni- ja pitoisuustieto jättää sivuosaan myös pääosan epäsuuremmista malmiviitteistä – tällaisia ovat esimerkiksi geokemian ja geofysiikan anomaliat, malmiutuneet lohkaaret, geologiset rakenteet ja seurannot, vain vähäisessä määrin kairatut malmiaiheet sekä raportoidun malmiutuman ne osat, jotka eivät täytä standardin mukaista malmivarannon määrittelyä. Vähemmälle huomiolle jää myös se, että malminetsintä on tavallisesti kohdistunut vain kallioperän pintaosiin niin, että yli 100 m syvyydestä on tarkkaa tietoa erittäin harvassa ja yhden kilometrin syvyyteen ulottuva tieto on melkein aina vain epäsuoraa. Poikkeuksen syvyyssääntöön tekevät vain kaivokset ja niiden välittömät ympäristöt sekä tiheästi kairatut, toistaiseksi hyödyntämättömät malmiaiheet. Näidenkin anta-

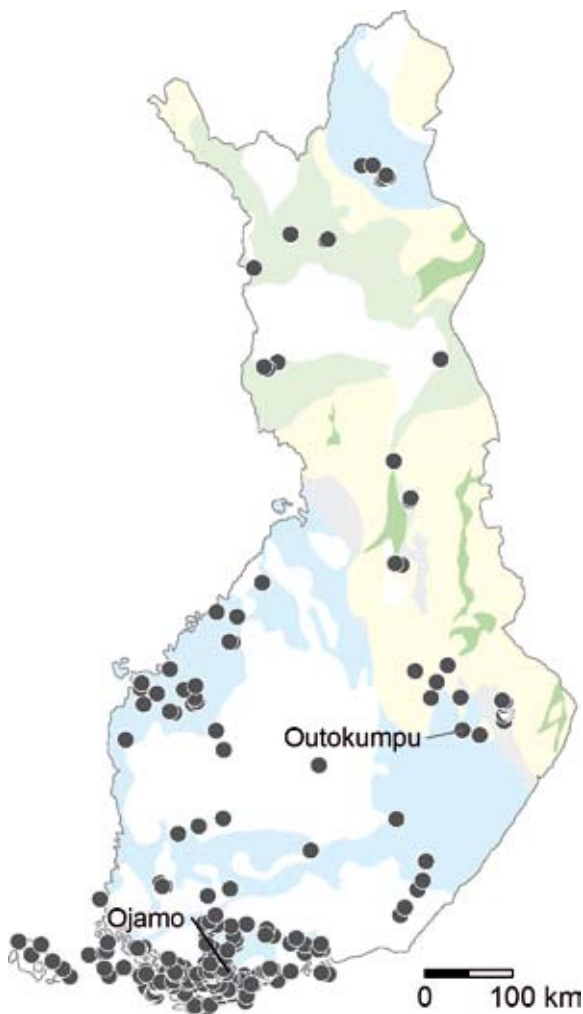
man tiedon horisontaaliuottuvuus on usein vain satojen metrien luokkaa.

Suomen mineraalivarannot eri aikakausina

Kaivostoiminta ennen suurteollista aikaa

Suomen kaivostoiminnan historia alkaa viimeistään vuodesta 1530, jolloin Ojamon rautakaivos aloitti toimintansa. Puustinen on tehnyt kattavan yhteenvedon Suomen kaivostoiminnan historiasta tuotantolukujen valossa /7/. Kaikkiaan ennen Suurteollisen kauden alkua toisen maailmansodan jälkeen Suomessa on toiminut yli 350 metallimalmikaivosta (kuva 1). Toiminta oli kuitenkin nykymittapuun mukaan melko vaatimatonta, joskin tärkeää silloisessa yhteiskunnassa.

Kaivostoiminnan ensimmäisten 400 vuoden aikana (vuosina 1530–1945) metallimalmien kokonaislouhinta oli vain 10,5 milj. tonnia, josta sulfidimalmit kattavat valtaosan (9,7 milj. tonnia) rautamalmien louhinnan jäädessä alle miljoonan tonnin (0,8 milj. tonnia) /7/. Ennen 1920-lukua kaivokset tuottivat lähinnä raaka-ainetta rautaruukeille, ja toiminta oli keskittynyt Etelä-Suomen pienten rautaesiintymien hyödyntämiseen. Itsenäistymisen jälkeen, erityisesti 1930-luvulla, sulfidikaivosten merkitys alkoi Outokummun myötä kasvaa. Vuosina 1930–1945 Outokummusta louhit-



Kuva 1. Suomen metallimalmikaivokset 1530–1945 /7/.
Fig. 1. Metal mines in Finland in 1530–1945 /7/.

tiin jo liki 6 milj. tonnia malmia, siis lähes kaksi kolmannesta tarkasteltavan ajanjakson kokonaistuotannosta.

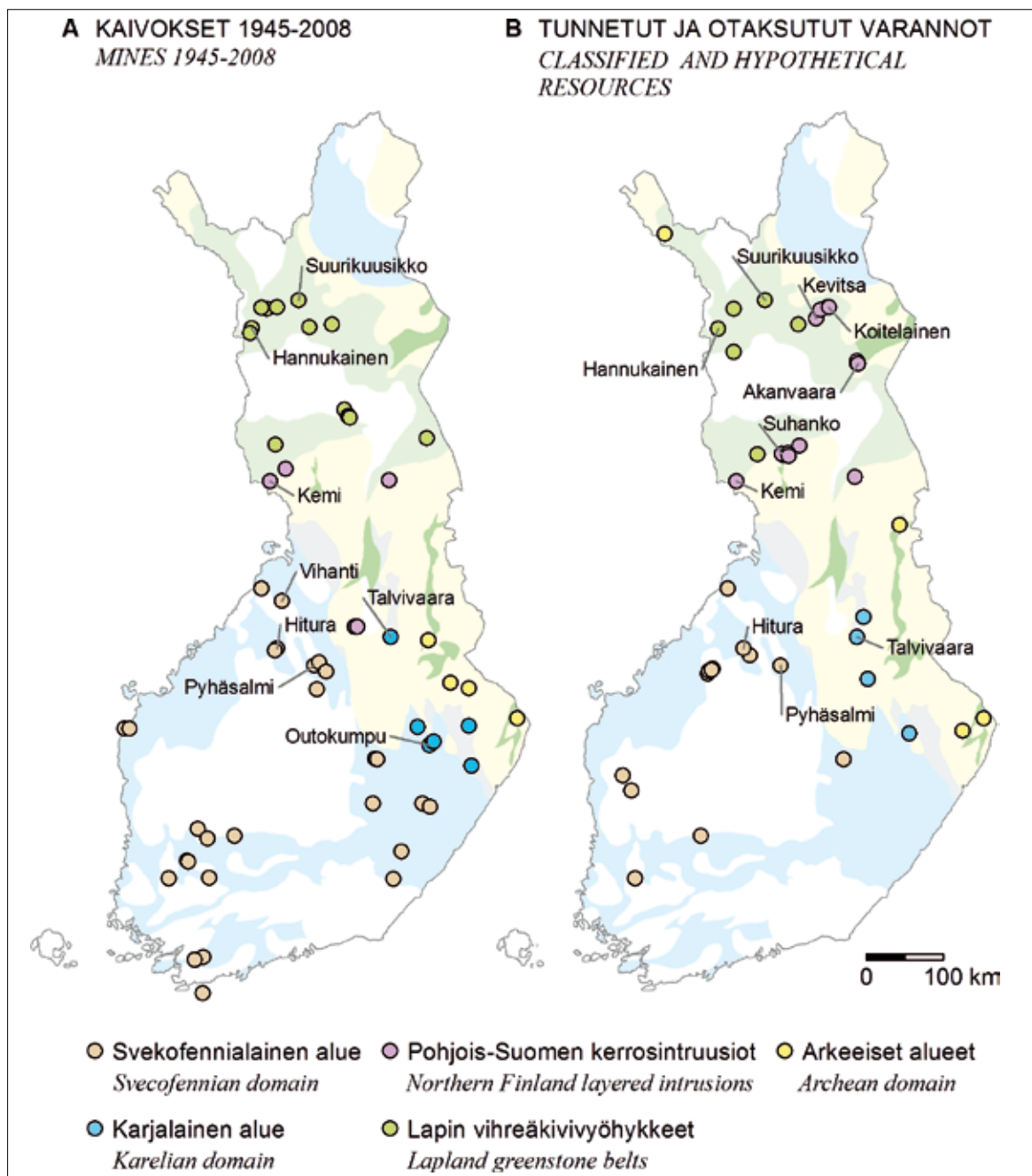
Kaivostoiminta vuodesta 1945 nykypäivään

Viime sotia edeltävät 10 vuotta voidaan nähdä asteittaisena muutoksena kohti suurteollista kaivostoimintaa, joka sodan jälkeen ja monien uusien kaivosten myötä pääsi toden teolla käyntiin 1950-luvulla /7/. Suomessa avattiin 1940-luvun lopulla vain kaksi kaivosta, Aijalan kupari- ja Otanmäen rautakaivos, josta vähitellen kehittyi merkittävä vanadiinin tuottaja. Toiminta aktivoitui 1950-luvulla, jolloin avattiin seitsemän kaivosta, suurimpina Vihannin sinkki- ja Kotalahden nikkeli-kaivokset. Näitä seurasi 1960-luvulla yhdeksän kaivosta, mm. yhä tuotannossa olevat Kemin kromi- ja Pyhäsalmen sinkki-kuparikaivokset. Kaikkein eniten kaivoksia, 13 kpl, avattiin 1970-luvulla. Tuotantotaan merkittävimpinä olivat Mustavaaran vanadiinikaivos ja edelleen toimiva Hituran nikkeli-kaivos. Samaan aikaan metallikaivosten yhteenlaskettu louhinta kasvoi lähes joka vuosi saavuttaen huippunsa 1970-luvun lopussa. Vaikka 1980-luvulla avattiin vielä kahdeksan uutta kaivosta, laski metallimalmin kokonaislouhinta jyrkästi. Uudet kaivokset olivat pieniä, ja samalla suljettiin vanhoja isoja kaivoksia: mm. Mustavaara 1985, Outokumpu 1989 ja Vihanti 1992.

Kuvassa 2 A (seur. sivu) on esitetty Suurteollisen ajan metallimalmikaivosten sijainti Suomen kallioperäkartalla. Esiintymät on jaoteltu malmigeologisesti tärkeimpiin geologisiin muodostumiin: 1. Svekofennialainen liuskealue, 2. Karjalainen liuskealue, 3. Pohjois-Suomen mafiset-ultramafiset kerrosintrusioidit, 4. Lapin vihreäkivivyöhyke ja 5. Arkeaiset alueet. Kuvassa 3 on esitetty edellä mainituille geologisille muodostumille metallisten malmien kokonaislouhinta sekä tuotannon laskennallinen arvo ja samat luvut seuraavassa luvussa käsiteltäville mineraalivarannoille.

Olemme tehneet näitä arvolaskelmia siksi, että se on ainoa keino verrata erityyppisten esiintymien ja geologisten muodostumien taloudellista merkitystä toisiinsa. Laskelmissa on käytetty metallien kuukausittaisia keskihintoja kymmenen vuoden aikajaksolta (1995–2005), lähteenä pääosin LME (London Metal Exchange), mutta myös muita julkisia lähteitä joillekin LME:ssä noteerattomille metalleille /8/. Samaa laskentaperiaatetta on noudatettu eräissä aikaisemmissakin töissä /9, 10/, joissa käytetyt metallien hinnat ovat tosin olleet huomattavasti lyhemmiltä ajanjaksoilta. Kun oheisten kuvien tonneja ja euroja tarkastelee, on erittäin tärkeää pitää mielessä seuraavat seikat: 1) hyödyntämättömät varannot ovat geologisia in situ -arvoja; 2) suurimmasta osasta esiintymiä ei ole olemassa nykyisten teollisuuden standardien mukaisia varantoarvioita; 3) varantojen euroarvot ovat myös in situ -arvoja, joissa ei ole mitenkään huomioitu mahdollisen kaivostoiminnan kuluja, raakkulaimennusta, metallien todellista saantia rikastuksessa, tai muita kaivoksen kannattavuuslaskelmissa huomioidavia tekijöitä. Esittämiämme tonni- ja euroarvoja ei siis millään muotoa pidä sekoittaa kaivosprojektien feasibility study -selvitysten tuloksiin.

Metallikaivosten malminlouhinta on ollut selvästi suurinta svekofennialaisella alueella, jossa tärkeimmät kaivokset ovat olleet Pyhäsalmen ja Vihannin sinkki-kuparikaivokset sekä Hituran nikkeli-kaivos (kuva 3A). Pohjois-Suomen kerrosintrusioidien malmivaroja on louhittu toiseksi eniten tärkeimpänä kaivoksenaan Kemin kromikaivos. Karjalaisella alueella Outokummun kupari-koboltti-kultakaivos on ollut merkittävin ja muodostuman kaivosten kokonaislouhinta on kolmanneksi suurinta.



Kuva 2. A) Vuosina 1945–2008 toiminnassa olleet metallikaivokset Suomessa. B) Vuoden 2008 jälkeen toiminnassa olevat kaivokset sekä merkittävimpien tunnettujen ja otaksuttujen metallimalmivarantojen sijainnit /11/. Täplän väri osoittaa sitä Suomen kallioperän suuruueta tai merkittävää yksikköä, jossa esiintymä on. Fig. 2. A) Active metal mines in Finland during 1945–2008. B) Metal mines after 2008 and locations of the most significant indicated and inferred mineral resources in Finland /11/. The dot colour indicates the hosting geological main unit of the Finnish bedrock.

Lapin vihreäkivivyöhykkeen malmivarojen louhinta jää selvästi jälkeen edellä mainituista kolmesta tärkeimmästä geologisesta muodostumasta, ja arkeisten alueiden tuotanto on ollut lähes olematonta. Laskennallisen arvon perusteella svekofennialaisen ja karjalaisen alueen sekä Pohjois-Suomen kerrosintrusioiden kaivosten tuotannon arvo on lähes yhtä suuri (kuva 3A).

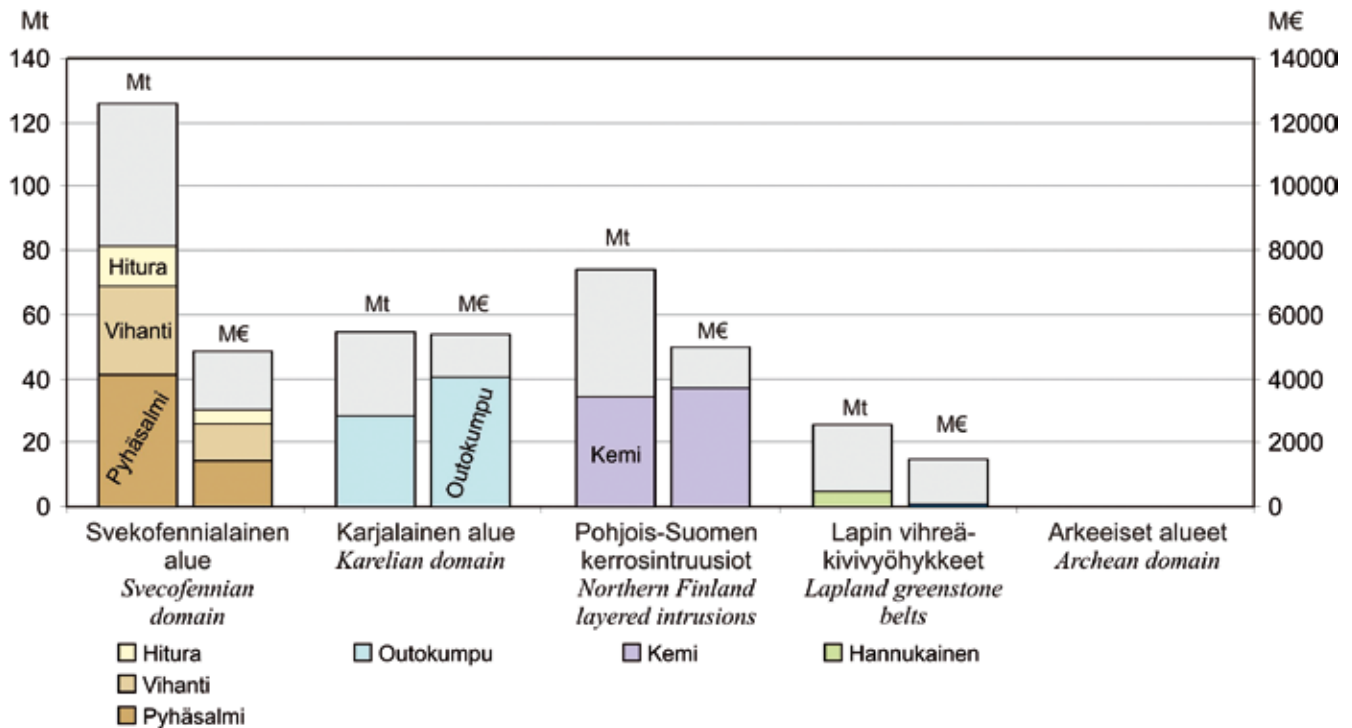
Laskennalliseen arvoon perustuvan metallikohtaisen tarkastelun perusteella ovat kromi, kupari ja koboltti olleet Suomen kaivostuotannon tärkeimmät malmimetallit vuoden 1945 jälkeen (kuva 4A). Seuraavaksi tärkeimmän ryhmän muodostavat sinkki, kulta ja nikkeli. Vanadiini ja rauta ovat olleet muita merkittäviä tuotteita. Suomalainen metalliteollisuus on syntynyt edellä mainittujen raaka-aineiden varaan,

ja esimerkiksi Kemin kaivoksen kromi on edelleen keskeinen komponentti Outokumpu Oyj:n jaloteräkselle. Rautakaivoksia on sodan jälkeen ollut tuotannossa useita, mutta raudan tuotanto on ollut melko pientä maailman mittakaavassa. Suomessa on ollut kultakaivoksiakin, joista voidaan mainita mm. Haveri (1942–1962), Saattopora (1988–1995) ja Orivesi (1994–), mutta ne ovat olleet kooltaan niin pieniä, että yhä vielä tänäänkin eniten kultaa (reilut 20 tonnia) Suomessa tuottanut kaivos on Outokumpu, jossa kulta oli vain sivutuote.

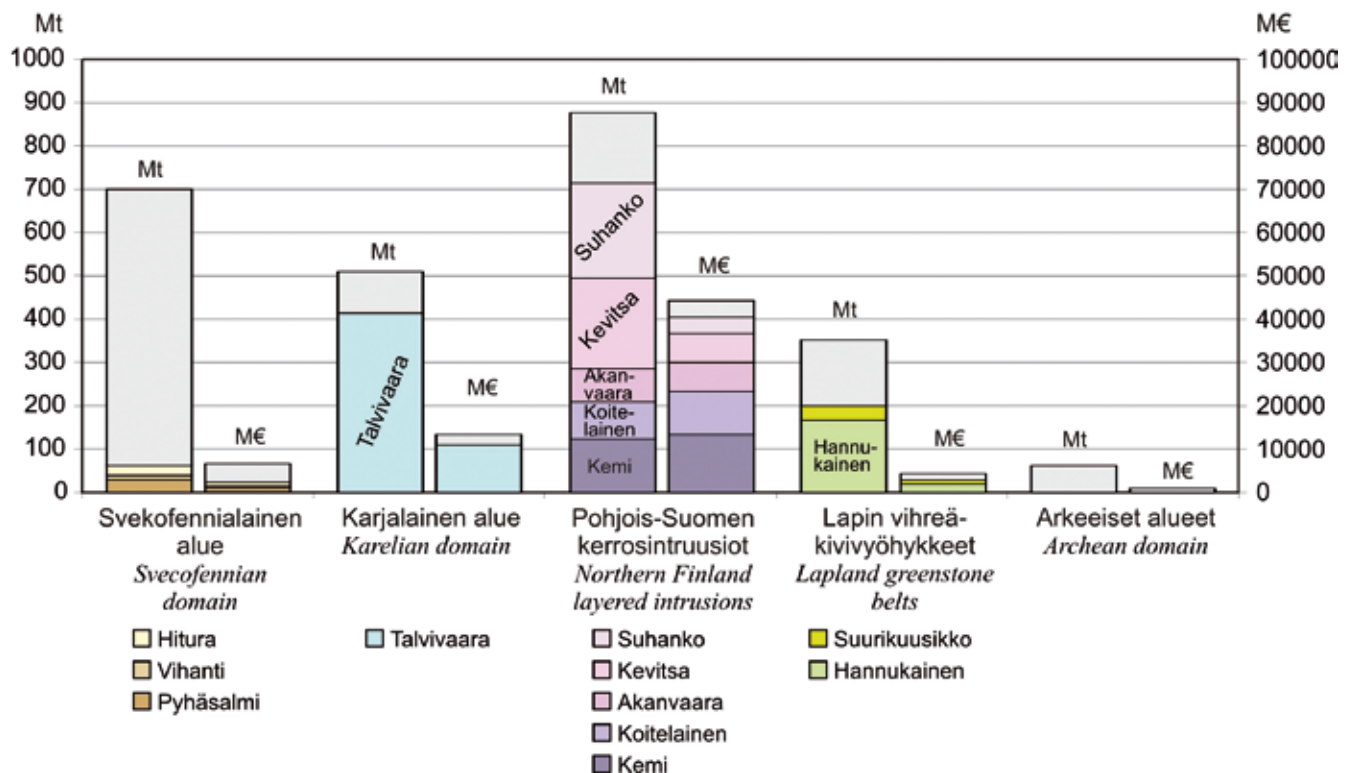
Tunnetut ja otaksutut mineraalivarannot

Suomen jäljellä olevien mineraalivarantojen arviointi

A KAIVOSTUOTANTO 1945-2005
MINE PRODUCTION 1945-2005

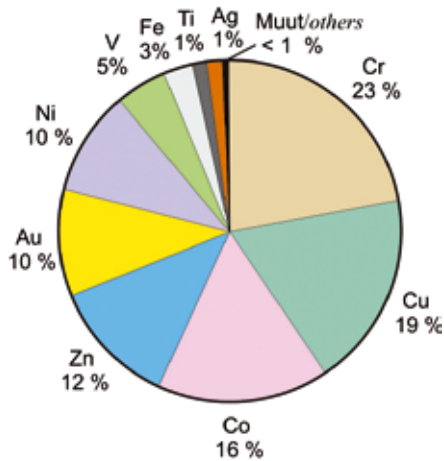


B TUNNETUT JA OTAKSUTUT VARANNOT
CLASSIFIED AND HYPOTHETICAL RESOURCES

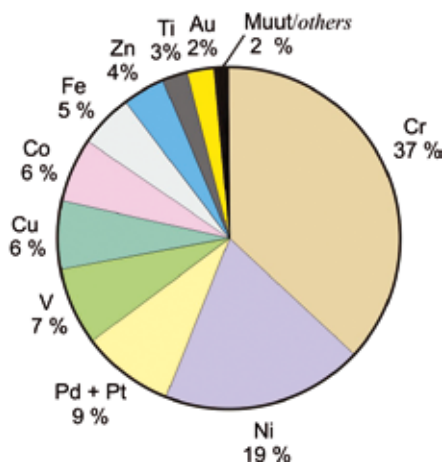


Kuva 3. A) Kaivostuotanto 1945–2005. B) Tunnetut ja otaksutut malmivaraannot /11/. Suurimmat yksittäiset esiintymät on nimetty. Aineisto on jaoteltu histogrammeihin kallioperän suuralueiden mukaan. Esiintymien koot ja arvot perustuvat geologisiin in situ -tonneihin ja pitoisuuksiin, eivätkä sisällä mitään mahdollisen kaivostoiminnan kuluja tai häviökejä; niitä ei siten pidä sekoittaa teollisuuden standardien perusteella laskettuihin tonni- ja pitoisuustietoon tai arvoihin. Arvot (M€) on laskettu 1995–2005 metallien keskiarvohintojen pohjalta. **Fig. 3.** A) Mine production in 1945–2005. B) Indicated and inferred mineral resources /11/. The largest deposits are named. The data are grouped according to the hosting geological main units of the Finnish bedrock. Deposit tonnages and total values are geological in situ -data which do not consider all the obstacles, beside tonnage and grade, that have to be overcome in a successful mining project. Thus, the figures obtained here should never be confused with proper ore reserve estimates based on international standards. The values in M€ are based on ten-year averages of metal prices for the period 1995–2005.

A KAIVOSTUOTANTO 1945-2005
MINE PRODUCTION 1945-2005



B TUNNETUT JA OTAKSUTUT VARANNOT
CLASSIFIED AND HYPOTHETICAL RESOURCES

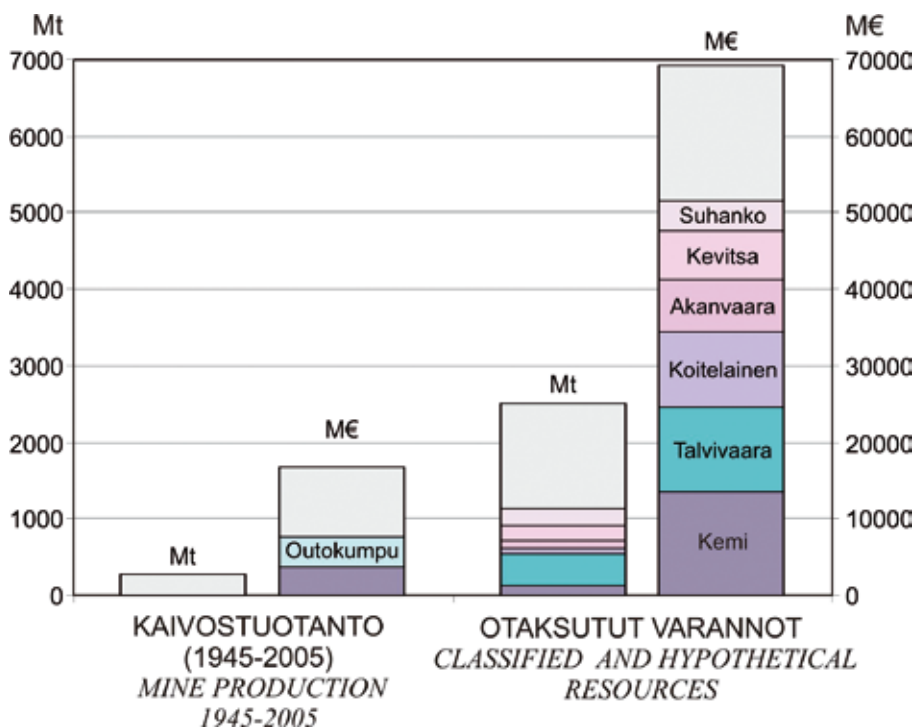


Kuva 4. A) Suomen kaivosten tuottamien metallien suhteelliset laskennalliset arvot 1945–2005. **B)** Tunnettujen ja otaksutujen in situ -varantojen suhteelliset laskennalliset arvot metalleittain. **Fig. 4. A)** Relative values of metals produced by the Finnish mines in 1945–2005. **B)** Relative values of metals in indicated and inferred in situ resources in Finland.

edes hyvin karkealla tasolla on haasteellinen tehtävä, koska emme voi tietää tulevaisuuden raaka-ainetarpeita, hintoja tai kaivostoimintaa edistäviä teknologioita. Historia on osoittanut, että edellä mainittujen seikkojen ennakoiti edes keskipitkällä aikavälillä on mahdotonta. Toisaalta myös geologisen tiedon taso tällä hetkellä epäekonomisten hyötymineraaliesiintymien osalta on liian puutteellinen luotettavien mineraalivarantojen laskemiseksi. Tunnettujen malmienkin mahdollisten syvyysjatkeiden suhteen tietomme ovat heikkoja tai olemattomia, ja erityisesti pintaan puhkeamattomien esiintymien määrää ja laatua voimme vain arvata.

Kaikista epävarmuustekijöistä huolimatta esitämme tässä artikkelissa arvion maamme kokonaismineraalivarannoista nykytietämyksen valossa. Arviossa ovat mukana sekä standardien mukaiset mineraalivarannot että geologisin perustein arvioidut, spekulatiiviset mineraalivarannot Fennoskandian malmiesiintymätietokannan mukaisesti /8, 11/. On selvää, että läheskään kaikki tässä tarkastelussa mukana olevat esiintymät eivät tule koskaan olemaan kaivostoiminnan kohteena. Yhtälailla on varmaa, että useiden esiintymien varannot kasvavat tulevaisuuden lisätutkimusten myötä. Suomesta tullaan myös löytämään monia uusia malmiesiintymiä, joista ei ole vielä mitään tietoa. Käyttämämme tarkastelutapa antaa kuitenkin hyvää osviittaa siitä, mitkä ovat mineraalivarantojen kannalta tärkeimmät geologiset muodostumat ja malmityypit.

Kuvassa 2B on esitetty tärkeimmät tunnetut esiintymät geologisella kartalla, ja kuvassa 3B tunnetut ja otaksutut mineraalivarannot tärkeimmässä geologisissa muodostumissamme sekä yhteenlaskettuina malmitonnieina että laskennallisina arvoina. Verrattuna kaivostoimintaamme toisen maailmansodan jälkeen, tulevaisuuden mineraalivarannoissa painopiste on nyt siirtymässä svekofennialaiselta alueelta Pohjois-Suomen kerrosintrusioihin sekä potentiaalisina malmitonnieina että laskennallisina arvoina. Tärkeimmät tunnetut varannot liittyvät Kemlin kromimalmiin sekä Suhangon platinametalli- ja Kevitsan nikkeliesiintymiin. Lisäksi Koitelaisen ja Akanvaaran intrusioi-



Kuva 5. Suomen metallikaivostuotannon (1945–2005) sekä tunnettujen ja otaksutujen malmivarojen määrä ja laskennalliset in situ -arvot. **Fig. 5.** The in situ tonnages and values for Finnish metal mine production in 1945–2005 and for indicated and inferred in situ resources.

hin liittyy suhteellisen heikosti tunnetut, mutta potentiaalisesti suuret kromivarannot. Toiseksi tärkeimmäksi geologiseksi muodostumaksi nousee karjalainen liuskealue lähes yksinomaan Talvivaaran suuren nikkeli esiintymän ansiosta.

Svekofennialaisen alueen suhteellisen suuret otaksutut mineraalivarannot johtuvat lähinnä muutamasta potentiaalisesti suuresta, mutta melko heikosti tutkitusta ilmeniittäsiintymästä. Laskennalliselta arvoltaan alueen esiintymät ovat kuitenkin selvästi vähäisempiä kuin edellä mainituissa muodostumissa. Lapin vihreäkivivyöhykkeen mineraalivarannoista Hannukaisen rautaesiintymä kattaa merkittävän osan, ja alueen esiintymien laskennallinen yhteisarvo on lähes yhtä suuri kuin svekofennialaisella alueella. Arkeisen alueen otaksuttujen hyötymineraalivarantojen kokonaismäärä on selvästi alempi kuin muilla geologisilla pääalueilla, mikä ei tietenkään tarkoita sitä, etteikö alueella voi olla yksittäisiä kannattavia esiintymiä.

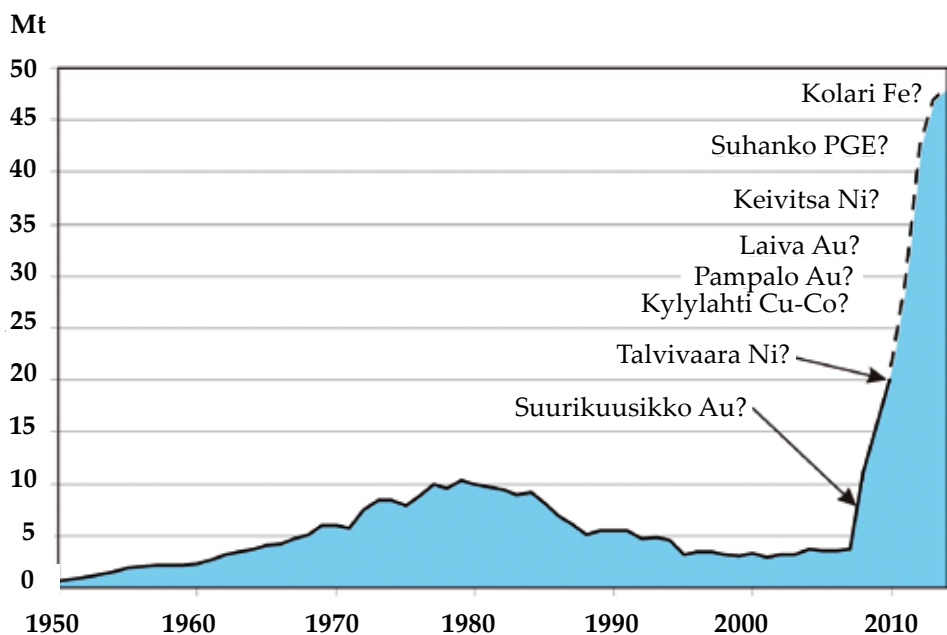
Mineraalivarantojen sisältämien metallien suhteellisten arvojen vertailussa selvästi tärkeimmiksi nousevat kromi ja nikkeli, mutta tässä on jälleen otettava huomioon kromin kokonaisvarantoihin liittyvä suuri epävarmuus (kuva 4B). Sen sijaan sinkin, kuparin ja kobolttin merkitys vähenee selvästi aiempaan kaivostoimintaan verrattuna. Platinametallit nousevat kolmannelle sijalle Pohjois-Suomen kerrosintrusioiden melko mittavien esiintymien johdosta.

Kuvassa 5 on esitetty yhteenveto Suomen kaivostuotannosta (1945–2005) sekä tunnetuista ja otaksutuista mineraalivarannoista sekä tonneina että laskennallisina arvoina. Merkittävimmät varannot näyttäisivät liittyvän Talvivaaraan lukuun ottamatta Pohjois-Suomen kerrosintrusioihin. Niihin liittyvien esiintymien varannoista voidaan suhteellisen pienelläkin tietomäärällä esittää otaksuttuja kokoarvioita toisin kuin useimmista muista malmityypeistä, mikä epäilemättä korostaa kerrosintrusioihin liittyviä varantojen osuutta Suomen kokonaisvarannoista.

Tulevaisuuden mineraalivarannot ja kaivostoiminta

Kaivostoiminnan lähiajan näkymät

Suomen metallisten malmien historiallinen louhintahuippu, noin 10 milj. tonnia, saavutettiin vuonna 1979, minkä jälkeen lukuisia kaivoksia on suljettu ja louhinta on hiipunut vajaan neljään miljoonaan tonniin. Tällä hetkellä Suomessa tuotetaan metalleja vain viidessä kaivoksessa: kromia Kemissä, nikkeli-kuparimalmia Hiturassa ja Särkiniemessä, sinkki-kupariamalmia Pyhäsalmissa ja kultaa Orivedellä. Kaivostoiminnan volyyymi on nyt kuitenkin ennennäkemättömän nopeassa kasvussa (**kuva 6**). Tänä vuonna avataan kaksi todella merkittävää uutta kaivosta. Talvivaara Mining Company Ltd käynnistää tuotannon Sotkamon Talvivaarassa ja alkaa tuottaa nikkeliä, sinkkiä, kuparia ja kobolttia. Agnico-Eagle Mines Ltd puolestaan avaa Kittilän Suurikuusikon kultakaivoksen. Suurikuusikko on Euroopan



Kuva 6. Suomen metallisten malmien louhinta 1950–2007 (TEM:n tilastot) sekä ennuste vuoteen 2015. **Fig. 6.** Ore production from Finnish metal mines in 1950–2007 (MEE statistics), and production forecast until 2015.

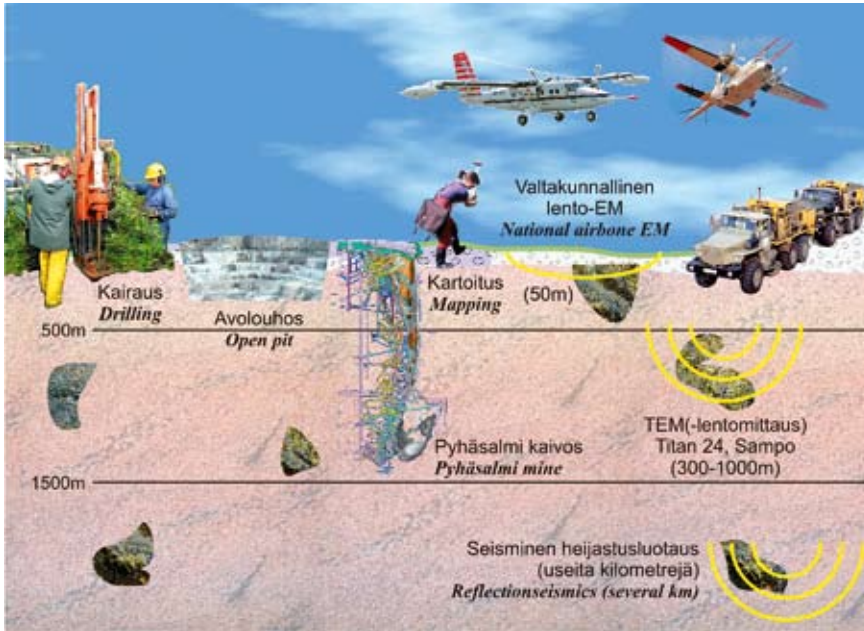
suurimpia kultaesiintymiä, mutta Talvivaara on vielä sitäkin merkittävämpi, koska tämä kaivos tulee tuottamaan yli kaksi prosenttia koko maailman vuotuisesta nikkelin tarpeesta. Talvivaaran kohdalla merkittävää on myös uusi malmityyppi ja bakteeripohjainen kasauutto, jotka ovat kumpikin globaalisti uusia aluevaltauksia nikkelin tuotannossa. Pienempinä kaivoksina myös Sodankylän Pahtavaaran kultakaivos (Lapland Gold Miners Co) saataneen pian uudelleen tuotantoon ja mahdollisesti Jokisivun kultaesiintymä (Dragon Mining Ltd) avataan myös tänä vuonna.

Lähivuosien merkittävimpiä kaivoshankkeita ovat First Quantum Minerals Ltd:n Sodankylän Keivitsan nikkeli-platinametalli-kupariesiintymä, North American Palladium Ltd – Gold Fields Ltd -yhteisyrityksen Suhangon platinametalliesiintymät ja Northland Resources Inc:n Kolarin rautaesiintymät. Kaikissa näissä suunnitellaan vähintään 5 milj. tonnin vuosilouhintaa.

Muita pitkälle tutkittuja esiintymiä ovat mm. mittakaavaltaan pienemmät Vulcan Resources Ltd:n Kylylahden kupari-kobolttiesiintymä Polvijärvellä, Endomines Oy:n Pampalon kultaesiintymä Ilomantsissa ja Nordic Mines AB:n Laivan kultaesiintymä Raahessa. Kaikista uusista kaivoshankkeista saa runsaasti lisätietoa yhtiöiden Internet-sivuilta. Jo nyt rakenteilla olevien kaivosten aloitettua toimintansa Suomen metallisten malmien louhinta kasvaa nopeasti kaksinkertaiseksi historialliseen ennätystasoon verrattuna. Louhinta saattaa edelleen nousta jopa nelinkertaiseksi, yli 40 milj. tonnin vuositasolle, jo lähitulevaisuudessa, mikäli myös suunnitteilla olevat suuret kaivokset avataan (kuva 6). Voimakas kasvu johtuu osittain siitä, että nyt voidaan hyödyntää suuria, mutta aiempaa alhaisemmän keskipitoisuuden omaavia esiintymiä.

Syvämalmi

Päinvastoin kuin öljyä useimpia metalleja esiintyy kallioiden →



Kuva 7. Malmien jakautuminen kallioperässä syvyyden funktiona ja eri etsintämenetelmien syvyyksulottuvuudet. **Fig. 7.** Depth distribution of ore deposits in bedrock, and the depth extent of various exploration methods.

perässä lähes rajattomasti, ja tulevaisuuden malminetsintä, kaivosteknologia ja entistä ekotehokkaammat energiaratkaisut luovat edellytyksiä edelleen lisääntyvälle metallien tuotannolle ja ihmiskunnan nykyistä huomattavasti laajemmalle hyvinvoinnille myös väkirikkaissa kehittyvissä maissa. Tulevat sukupolvet joutuvat kuitenkin hyödyntämään entistä heikkopitoisempia, vaikeammin rikastettavia ja maankäytön tai infrastruktuurin kannalta hankalammassa paikassa sijaitsevia malmeja.

Erityisenä haasteena tulevaisuuden malminetsinnälle ovat pintaan puhkeamattomat esiintymät. Maailman syvimät kaivokset Etelä-Afrikassa ulottuvat yli 3 km:n syvyyteen ja Euroopan syvin kaivos, Pyhäsalmi yli 1,5 km:n syvyyteen, mutta valtaosa nykyisistä kaivoksista hyödyntää kalliion pintaan puhkeavia malmeja. Monet malmipotentialiset geologiset muodostumat jatkuvat useiden kilometrien syvyyteen, eikä ole mitään syytä, miksei poimuttuneissa muodostumissa malmeja esiintyisi syvemmällä yhtä paljon kuin pinnassa (**kuva 7**).

Käytössä olevilla malminetsintämenetelmillä on omat rajoitteensa. Esimerkiksi Suomessa, jossa geologiset ja geofysikaaliset tietovarannot ovat maailman huipuluokkaa, yksityiskohtaiset käsityksemme ja havaintomme kallioperästä yli 100 m:n syvyydellä ovat ainoastaan pistemäisiä. Menneinä vuosikymmeninä tärkein ja tuloksekkein etsintämenetelmä oli lohkar-etsintä ja erityisesti ns. kansannäytetoiminta, jota seurasivat geofysikaalisten ja geokemiallisten menetelmien lisääntyvä käyttö ja monipuolistuminen. Viime vuosina ovat myös tietoaaineistojen yhteistulkintaan pohjaavat ennuste- ja mallinnusmenetelmät tulleet malminetsintä rutiinivälineiksi. Lisäksi tutkimus on auttanut ymmärtämään malminmuodostusprosesseja ja tuottanut aivan uusia etsintämalleja, joiden avulla on löydetty monia uusia malmivyöhykkeitä ja -esiintymiä.

Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) viime vuonna päättyneet matalalentokartoitusohjelma on tuottanut maailman mittakaavassakin ainutlaatuisen aineiston, joka sisältää koko maasta 35 m:n lentokorkeudesta ja 200 m:n linjavälillä mitattuna maankamaran magneettiset, sähkömagneettiset ja radioaktiiviset ominaisuudet. Aineisto antaa erinomaisen lähtökohdan kaikelle malminetsinnälle, mutta sähköisen me-

netelmän syvyyksulottuvuus on parhaimmillaankin alle 100 metriä ja säteilymittaukset kuvaavat ainoastaan maanpintaa.

Geofysikaalisten menetelmien kehittyminen avaa kuitenkin aivan uusia näkymiä syväalmien etsinnälle (kuva 7). Viime vuosina käyttöön otettu ns. aika-alueen TEM-lentomittaus pystyy tunnistamaan johteita jopa 500 m:n syvyydelle, mutta sitäkin tehokkaampia laitteita on tulossa markkinoille. Ilma-aluksiin sijoitetut painovoimamittauslaitteistot ovat myös nopeasti kehitymässä entistä tarkemmiksi ja mahdollistavat laajojen alueiden nopean tutkimuksen. Maanpintamittauksissa on käytössä Suomessa kehitetty Sampo ja uusi voimakas IP-laitteisto, Titan 24, jolla päästään tutkimaan johteita yli 500 m:n syvyydelle. Kehittyvät reikämittausmenetelmät mahdollistavat myös aiempaa paremman syvien reikien lähistön tutkimukseen.

Seisminen heijastusluotaus on kuitenkin toistaiseksi ainoa menetelmä, jolla saadaan yksityiskohtaista tietoa malmipotentialisten yksiköiden rakenteesta jopa useiden kilometrien syvyyteen asti. Parhaassa tapauksessa voidaan saada myös suoria indikaatioita malmeista, jotka poikkeavat akustisilta ominaisuuksiltaan selvästi ympäristöstään ja ovat tarpeeksi suuria, kuten massiiviset sulfidimalmit ja rautamalmit. GTK aloitti viime vuonna seismisen heijastusluotausprojektin (HIRE-projekti), joka käyttää korkean resoluution menetelmiä sekä vibra- ja räjäytysläheteitä. Projekti kestää vuoteen 2010 ja sen tavoitteena on tutkia Suomen tärkeimpien malmiprovinssien rakennetta. HIRE toteutetaan yhteistyössä kaivosteollisuuden kanssa. Mittauksia tehdään mm. Pyhäsalmen vulkaniittimuodostuman, Talvivaaran liuskevyöhykkeen, Outokumpu-muodostuman, Suurikuusikon kultavyöhykkeen, Kolarin rautamalminprovinssin sekä Kemin, Penikoiden ja Kevitsan kromi-platinametalli-nikkelimalmeja sisältävissä kerrosintruusioiden alueilla. Jo alustavat tulokset osoittavat menetelmän sopivan hyvin malmiprovinssien rakenteen tutkimukseen ja tuottavan aivan uutta informaatiota myös malmipotentialisten vyöhykkeiden jatkuvuuksista.

Kestävän kehityksen näkökulma

Metallien tuotantoon tarvittavat malmit ovat luokiteltu

kuuluviiksi uusiutumattomiin luonnonvaroihin, vaikka niistä tuotettavien metallien kierrätettävyys sekä kierrätyksen aste ovat pääosin melko hyviä. Tämä luokittelu yhdessä kasvavan raaka-aineiden tarpeen kanssa on tuonut kaivosteollisuuden vahvasti mukaan yhteiskunnalliseen keskusteluun. Keskeisenä haasteena on hyvinkin erilaisten intressien yhteensovittaminen. Tarkasteluissa on haettu näkökulmaa mm. siihen, mitkä ovat toiminnan yhteiskunnalliset ja ympäristölliset vaikutukset verrattuna taloudelliseen hyötyyn tai miten turvataan raaka-aineiden saatavuus myös tulevaisuudessa?

Tässä yhteydessä suomalainen kaivannaistoiminta ei kalpene maailmanlaajuisessa vertailussa. Esimerkiksi käytössä olevat laitteet ja menetelmät, ympäristön tilan tarkkailu, työturvallisuus, verotus sekä työntekijöiden sosiaaliturva ovat linjassa kestävän kehityksen periaatteiden kanssa tasapainoisesti taloudellisten, ympäristöllisten sekä yhteiskunnallisten lohkojen osalta. Lisäksi kaivannaisyritykselle on asetettu velvoitteita tuotantopaikan maisemoinnin suhteen toiminnan päättyessä, mikä ei ole välttämättä yhtä tarkoin säädeltyä muualla.

Kaivannaistoimintaa ei tulisi tarkastella vain paikallisten hyötyjen tai haittojen kannalta vaan kokonaisvaikutusten kautta, mikäli kestävän kehityksen periaatteita halutaan noudattaa. Kaivannaistoiminta, rikastus ja jalostus tuovat valtioiden rajat ylittäviä vaikutuksia mm. energian tuotannon ja kuljetusten kautta. Ristiriita kokonais- ja paikallisvaikutusten ottamisessa huomioon kulminoituu vastuulliseen päätöksentekoon - kenen takapihalla pitäisi toimia? Ilman yhteistä näkemystä asioista tai muuttujista, jotka tulee ottaa huomioon esimerkiksi toiminnan sijoittumista arvioitaessa, on vaikea edistää kestäviä toimintatapoja.

Merikuljetuskustannusten lasku on muuttanut aiemmat paikalliset bulkkituotteiden markkinat globaaleiksi toisen maailmansodan jälkeen /12/, mutta trendin jatkuvuudesta ei nykyisin, öljyn hinnan noustessa, ole mitään varmuutta. Muutos voi yhtä lailla olla positiivinen kuin negatiivinenkin minkä tahansa luonnonvaran hyödynnettävyyden suhteen ja ennusteen tekijän asema pelkästään epäkiitollinen. Joitain selviä historiallisia trendejä voidaan sentään nähdä, ehkä mallintaakin. Yhä alhaisemman pitoisuuden ja/tai hankalamman mineraalikoostumuksen tai mikrorakenteen esiintymät näyttävät vähin erin muuttuvan anomaliaista malmeiksi uusien teknologioiden (mm. kasauutto, *in situ*-uutto) ja metallien hintojen nousun myötä /13/. Keskimääräiset cut-off pitoisuudet näyttävät vähin erin laskevan. Kaivosten koot kasvavat (vrt. Aitik, Olympic Dam) ja yhä syvemmällä olevia esiintymiä otetaan tuotantoon (Witwatersrand >3 km). Mennään myös teknisesti vaikeisiin paikkoihin. Esimerkiksi syvänmeren kaivostoiminta saattaa läntisellä Tyynellämerellä alkaa lähivuosina /14/.

Euroopan unionin jäsenmaiden alueella on viimeisten vuosikymmenien aikana ollut havaittavissa tiukentuvia asenteita kaivannaisalaa kohtaan, mikä on tuonut keskusteluun mukaan, erityisesti teollisuuden aloitteesta, metallisten raaka-aineiden saannin turvaamiseen liittyviä kysymyksiä. Keskustelu ei ole toistaiseksi johtanut juurikaan suopeampaan suhtautumiseen omavaraisuusasteen ylläpitoa tai sen kehittämistä kohtaan, vaikka asiaan nivoutuu merkittäviä asiakokonaisuuksia kuten esimerkiksi tuotannon mahdollinen vähittäinen siirtyminen EU:n alueen ulkopuolelle. Mahdollinen kasvava tuontiriippuvuus luo riskin myös ns. hiilivuodosta, joka on aiemmin yhdistetty tyyppillisesti muihin teollisuuden aloihin. Tämän lisäksi on havaittava myös, että kaivannaistoimintaan liittyvät aina paikalliset ympäristövaikutukset, joista volyymin puoles-

ta merkittävimpiä ovat EU:n alueella jätteeksi luokiteltavat rikastushiekat sekä sulatuskuonat. Nämä useimmiten kaivannaistoiminta-alueen läheisyyteen jäävät ainekset ovat nyt myös vaarassa "vuotaa" EU:n ulkopuolelle.

Hiilidioksidin päästökauppamekanismin kautta voi syntyä uudenlaisia markkinatilanteita, joissa voidaan päätyä perinteisistä poikkeaviin tarkasteluihin, erityisesti jos päästökaupan rinnalla käytetään myös muita ohjauskeinoja. Malmit louhitaan siellä missä ne ovat, mutta mitkä ovat hyödynnettävyytlaskelmiin mukaan otettavat parametrit tulevaisuudessa? Miten suureen rooliin energian käytön osuus kasvaa? Saksalaisen Wuppertal Instituutin tuoreessa julkaisussa on tarkasteltu ympäristön kannalta optimaalisinta tapaa saada maahan sen tarvitsemia kuparia Chilestä /15/. Tutkimuksessa havaittiin, että kokonaisvaikutuksen perusteella Saksalaista tuotantoa heikomasta energiatehokkuudesta huolimatta on järkevintä jalostaa raaka-aine aina kupariksi saakka Chilessä, koska siellä käytettävästä energiasta suurempi osuus on uusiutuvista lähteistä peräisin. Vaikka kyseessä on karkeahko tarkastelu, se indikoi, että hiilidioksidipäästökaupan tai muiden mahdollisten ohjauskeinojen käyttö voi tulla vaikuttamaan pitkällä aikavälillä myös luonnonvarojen hyödyntämiseen. Toisin sanoen, onko jatkossa malmeja mahdollisesti enemmän siellä, missä kilpailuetuna on tarjolla enemmän uusiutuvaa tai vähäpäästöistä energiaa?

Riittääkö Suomessa hyötymineraaleja tuleville sukupolville?

Suomen mittava, teollinen kaivostoiminta on kestänyt ainoastaan runsaat kaksi sukupolvea. Onko meillä keinoja ennustaa mineraalivarantojemme riittävyttä edes seuraavalle sukupolvelle, 30 vuodeksi eteenpäin? Yhteiskunnallisen päätöksenteon kannalta tämä olisi ensiarvoisen tärkeää mutta nykyinen tietotaso ei ole tarpeeksi riittävää. Esimerkiksi äskettäin julkaistu Valtiontalouden tarkastusviraston raportti päätyi toteamaan, että Suomen mineraalivarannot ovat hyvin rajalliset ja esiintymät useimmiten pieniä ja heikkopitoisia /16/.

Alueellisten mineraalivarantojen ja malminetsintäpotentiaalini arviointiin on kehitetty uusia menetelmiä, joilla voidaan ennustaa eri todennäköisyyksillä löydettävissä olevien malmien määrää. Tällaisessa työssä kohteena olevan alueen kaivokset ja hyvin tutkitut esiintymät ovat tärkeitä lähtökohтия. Arvioinnissa hyödynnetään lisäksi keskeisiä geologisia aineistoja sekä kansainvälisiä malmimalleja ja kullekin malmityypille ominaisia pitoisuus/varanto-jakaumia. Työn tuloksena tulee olla paitsi sanallinen arvio, myös malmipotentialin muuttaminen numeroiksi ja esiintymien todennäköisimmät sijaintiseudut kartalla niin, että muutkin kuin taloudellisen geologian asiantuntijat ymmärtävät tuloksia. Huomioon tulee ottaa seudulta tähän mennessä löydettyjen esiintymien ja geologian antaman tiedon lisäksi mahdollisuudet uusiin samantyyppisiin ja alueen uudenlaisiin esiintymiin. Malmipotentiali pitää myös arvioida syväalmien suhteen. Jo tältä pohjalta voidaan luoda numeerisia arvioita minkä tahansa alueen kallioperän mahdollisista luonnonvaroista, niistäkin, joita ei vielä ole edes löydetty /17, 18/. Tapauksesta riippuen arvioissa tulee pitää mielessä myös tulevaisuuden tarpeet (metallien ja mineraalien uudet käytöt), ja kehittyvät etsintä- ja hyödyntämisteknologiat.

Yhdysvaltain geologian tutkimuskeskus (USGS) tekee keskeisten metallien globaaleja varantoarvioita. Yhteistyös-



tänyt Suomen hyötymineraalivarantojen arvioinnin. Hanke tähtää keskeisten metallien hypoteettisten mineraalivarantojen arviointiin maan pinnalta aina yhden kilometrin syvyydelle. Tämän vuoden tavoitteena on tuottaa ensimmäinen kokonaisarvio Suomen tunnetuista sekä löydettävissä olevista platinametallivarannoista, ja lähivuosina vastaavat arviot muista keskeisistä metalleista.

Mineraalivarannot ovat osa kansallisvarallisuuttamme ja perustaa, jolla turvataan hyvinvointimme myös tulevaisuudessa. Omien varantojen tunteminen korostuu raaka-aineisiin kohdistuvan globaalin kilpailun koventuessa. Huoltovarmuuden turvaaminen Euroopassa tai Suomessa ei voine perustua ainoastaan tuontiin, sillä jo nyt on nähtävissä merkkejä valtiovaltojen lisääntyvästä roolista ja protektionismista (vientirajoitukset ja luonnonsuojelu). Nämä toimet vaikuttavat raaka-aineiden maailmanmarkkinoihin.

Luonnonvarojen kasvava tarve, tehostuvasta kierrätyksestä uolimatta, edellyttää taloudellisten, yhteiskunnallisten ja ympäristöllisten intressien tasapainoista huomioon ottamista. Voidaan myös kysyä edistetäänkö luonnonvarojen vastuullista käyttöä korvaamalla omasta maasta saatavissa olevat raaka-aineet tuonnilla sellaisista maista, joissa on käytössä vanhentunut teknologia sekä heikko työkuluttuuri ja ympäristönsuojelu. ▲

CV – Pekka A. Nurmi

Professori Pekka A. Nurmi valmistui filosofian kandidaatiksi vuonna 1978 pääaineenaan geologia ja mineralogia Helsingin yliopistosta, jossa hän väitteli tohtoriksi vuonna 1984. Nurmella on pitkä ura geologian tutkimuskeskuksessa. Hän toimii nykyään GTK:n strategiajohdossa tutkimusjohtajana vastuualueenaan kallioperän geologia ja raaka-aineet sekä mm. Suomen malmipotentialin promootio. Aiemmin Nurmi on toiminut GTK:ssa mm. tutkimusprofessorina ja osastonjohtajana. Helsingin yliopiston malmigeologian dosenttina hän on ollut vuodesta 1993 alkaen ja seismologian laitoksen johtokunnan jäsenenä vuodesta 2002. Nurmi on julkaissut yli 70 tieteellistä artikkelia kansainvälisissä ja kotimaisissa sarjoissa erityisesti kultamalmeihin ja malminetsintään liittyen. Nurmi on saanut yhdessä toimittajakollegojensa kanssa Lauri Jäntti -säätiön vuoden tiedekirjapalkinnon Suomen kallioperä -kirjasta sekä Outokumpu Oyj:n palkinnon Oriveden kultakaivoksen löytymiseen johtaneista tutkimuksista. ▲

CV – Pasi Eilu

Dosentti Pasi Eilu on erikoistutkijana Geologian tutkimuskeskuksen Etelä-Suomen yksikössä Espoossa. Hän on aiemmin toiminut mm. vierailevana tutkijana University of Western Australiassa (1994-1996) ja erikoistutkijana Turun yliopistossa (1997-2001). Pasi Eilu on erikoistunut hydrotermisiin prosesseihin, kultamalmeihin ja metallogeniaan. Hän on koordinaattorina kansainvälisessä projektissa, joka on tuottanut Fennoskandian malmiesiintymä tietokannan ja -kartan ja jossa on nyt työn alla Fennoskandian metallogeeninen kartta. Pasi Eilu myös vetää GTK:n hanketta "Kansalliset hyötymineraalivarannot". ▲

CV – Saku Vuori

Filosofian tohtori Saku Vuori valmistui Helsingin yliopistosta filosofian maisteriksi vuonna 1999, emäksiseen magmatismiin ja malminetsintään liittyvällä lopputyöllä. Saku Vuori on työskennellyt erilaisissa malminetsintään tehtävissä mm. Oriveden kultakaivoksella, ennen kuin hän aloitti väitöskirjatyön Helsingin yliopistolla Suomen Akatemian rahoittamassa Etelämanner-projektissa. Yliopistolta hän siirtyi malminetsintä- ja kallioperägeologian tehtäviin Geologian tutkimuskeskukseen 2003. Etelämantereen gabrointrusioihin liittyvä väitöskirjatutkimus valmistui seuraavana vuonna. Geologian tehtävissä hän keskittyi Mosambikin kallioperäkartoitus-hankkeeseen ja erityisesti emäksisiin intrusiiveihin liittyviin kultatutkimuksiin Etelä-Suomessa. Vuonna 2007 Saku Vuori siirtyi erikoistutkijan tehtäviin ja *Mineraalisten raaka-aineiden materiaalivirrat ja kestävä käyttö* -hankkeen vetäjäksi. ▲

SUMMARY

Changing mineral resources of Finland

Finnish metal mine historic production 1530-1945 and 1945-2005 are compared to currently known and estimated hypothetical resources. Early mining concentrated on small-scale iron production in southern Finland. Sulphide ore mining on a large scale was initiated at Outokumpu in the 1930s. Metal ore production increased steadily and peaked in 1979 at about 10 Mt. Majority of mines were located in the Svecofennian domain in southern and central Finland, where the most important producers were the Pyhäsalmi Zn-Cu, the Vihanti Zn, and the Hitura Ni mines. Other significant producers were the Outokumpu Cu-Co and the Kemi Cr mines in the Karelian domain (eastern Finland) and in the northern Finland mafic layered intrusions, respectively.

Future resources (known and hypothetical) are concentrated into the layered mafic-ultramafic intrusions in northern Finland (Kemi Cr, Koitelainen Cr, Akanvaara Cr, Kevitsa Ni-Cu-PGE, Suhanko PGE) and in the Karelian domain (Talvivaara Ni). Metal ore mining is in rapid increase; the Talvivaara Ni and the Suurikuusikko Au mines will start production this year. Other major deposits under feasibility study are Kevitsa Ni-Cu-PGE, Suhanko PGE and Kolari Fe. Almost all known deposits are outcropping and very little is known on blind deposit potential. Therefore, the Geological Survey of Finland (GTK) has started high-resolution reflection seismic surveys (HIRE project) to define detailed deep structures of major ore potential areas in cooperation with mining companies. In addition, the GTK has initiated an assessment of undiscovered mineral resources in Finland using methods developed in the USGS. ▲

KIRJALLISUUS

1. Saltikoff, B., Puustinen, K. ja Tontti, M. 2000. Suomen metallimalmiesiintymät. Saatteen Suomen malmiesiintymäkarttaan. Geologian tutkimuskeskus, Opas 49. 29 p.
2. CIM Standing Committee on Reserve Definitions 2004. CIM Definition Standards of Mineral Resources and Mineral Reserves. Canadian Institute of Mining and Metallurgy. 10 p. Available through: wwwwww.cim.org/committees/NI_43-101_Dec_30.pdf
3. Moon, C.J. and Evans, A.M. 2006. Ore, mineral economics, and mineral exploration. In: Moon, C.J., Whateley, K.G. and Evans,

A.M. (eds.) Introduction to Mineral Exploration. Second Edition. Blackwell Publishing, Malden. 3–18.

4. Whateley, K.G. and Scott, B.C. 2006. Evaluation techniques. In: Moon, C.J., Whateley, K.G. and Evans, A.M. (eds.) Introduction to Mineral Exploration. Second Edition. Blackwell Publishing, Malden. 199–252.

5. Australasian Joint Ore Reserves Committee 2004. Australasian Code for Reporting of Identified Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code), 2004 Edition Issued in December 2004. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists, and Minerals Council of Australia. 20 p. Available through: <http://www.jorc.org/main.php>.

6. National Instrument 43-101 2006. Standards for the Disclosure of Mineral Projects. Canadian Institute of Mining and Metallurgy (CIM). Available through: <http://www.ccpa.ca/guidelines/index.html>

7. Puustinen, K. 2003. Suomen kaivosteollisuus ja mineraalisten raaka-aineiden tuotanto v vuosina 1530-2001, historiallinen katsaus erityisesti tuotantolukujen valossa. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, M 10.1/2003/3. 578 p.

8. Eilu, P., Hallberg, A., Bergman, T., Feoktistov, V., Korsakova, M., Krasotkin, S., Lampio, E., Litvinenko, V., Nurmi, P.A., Often, M., Philippov, N., Sandstad, J.S., Stromov, V. and Tontti, M. 2007. Fennoscandian Ore Deposit Database – explanatory remarks to the database. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 168. 17 p. <http://arkisto.gsf.fi/tr/tr168.pdf>

9. Lafitte, P. 1984. Foreword. In: Commission of the Geological Map of the World. Explanatory memoir of the metallogenic map of Europe and neighbouring countries. UNEXCO, IUGS, Earth Sciences 17, XIII–XVI.

10. Puustinen, K., Saltikoff, B. & Tontti, M. 2000. Metallic mineral deposits map of Finland 1:1 000 000. Geological Survey of Finland, Erikoskartat 46. ISBN 951-690-748-2.

11. FODD 2008. Fennoscandian Ore Deposit Database. Geologi-

cal Survey of Finland, Geological Survey of Norway, the Federal Agency of Use of Mineral Resources of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, Geological Survey of Sweden. Available through: <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/fodd/>

12. Maxwell, P. 2006. Trade in minerals. In: Maxwell, P. & Guj, P. (eds.) Australian Mineral Economics. Australian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph 24, 27–34.

13. Hitzman, M.W. 2007. Mining of the future and implications for mineral exploration. 6th Fennoscandian Exploration and Mining. Final programme and abstracts. Lapin liitto, Rovaniemi. 25–26. Also available through: www.lapinliitto.fi/fem2007/presentations/04hitzman.pdf

14. Nautilus Minerals Inc 2008. Solwara Project – Gold & Base Metals. Available through: www.nautilusminerals.com/s/Projects-Solwara.asp

16. Sälli, K., Valtio etsintä- ja kaivostoiminnan edistäjänä. Valtionalouden tarkastusviraston toiminnantarkastuskertomukset 154/2007, 149 s.

15. Schüller, M., Estrada, A. and Bringezu, S., 2008. Mapping environmental performance of international raw material production flows: a comparative case study for the copper industry of Chile and Germany. Minerals & Energy 23, 29–45.

17. Cunningham, C.G., Singer, D.A., Zappettini, E.O., Vivallo, W.S., Celada, C.M., Quispe, J., Briskey, J.A., Sutphin, D.M., Gajardo, M.M., Diaz, A., Portigliati, C., Berger, V.I., Carrasco, R., and Schulz, K.J. 2007. A preliminary quantitative mineral resource assessment of undiscovered porphyry copper resources in the Andes Mountains of South America. SEG Newsletter 71, 1, 8–13.

18. Lisitsin, V., Olshina, A., Moore, D.H. and Willman, C.E. 2007. Assessment of undiscovered mesozonal orogenic gold endowment under cover in the northern part of the Bendigo Zone. Geoscience Victoria Gold Undercover Report 2. The State of Victoria, Department of Primary Industries. 98 p. ▲



Tehoa louhintaan - KEMIITTI 510

Tilaukset: Jaakko Linden p. 0500 246111
 Jukka Aho p. 040 8690597
 Ari Rahkonen p. 040 8690593
 Lisätietoa: Jorma Leinonen p. 050 5390 313

Uusi Kemiitti 510 -kalusto

ja laaja Forciti -palveluverkosto tarjoavat kustannustehokkuutta louhintaan. Suuri kapasiteetti, panostuksen nopeus, täydellinen vedenkesto ja räjähdysteho tekevät yhtälöstä ylivoimaisen.



www.forciti.fi



Gijsbert Wierink

Multi-zonal modeling of bubble-particle aggregate stability in mineral froth flotation

Abstract

Accurate and detailed modeling of mineral froth flotation is important in optimization of existing flotation cells and design of new equipment. With ores becoming in general more complex and of lower grade, and increasing scarcity of energy and water, skillful design and optimization become more and more important. The flotation process can be divided into three sub-processes; bubble-particle collision, attachment, and aggregate stability or detachment. This work gives a short overview of the research that is being done on bubble-particle aggregate stability and its description in modeling. Bubble-particle aggregate stability may be characterized by the maximum floatable particle size and this in turn can be estimated by calculation of turbulent kinetic energy dissipation. By use of a blocking algorithm a three dimensional map of floatability for given flotation conditions can be created. It is this mapping of selected flotation criteria that can give valuable insight for better understanding of design and optimization of flotation cells.

Introduction

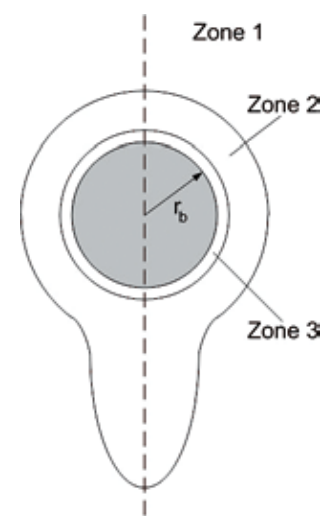
Mineral froth flotation is a compound process where physico-chemistry and flow physics interact in a turbulent three-phase environment. Accurate and workable simulation of froth flotation is important in the optimization of existing flotation cells and design of new equipment. With decreasing ore grade, increasing energy and water prices and environmental concerns, skillful optimization and design of mineral froth flotation becomes more and more important to industry and society as a whole.

Solving flow physics and bubble-particle interaction in flotation systems is evidently complex, as is measurement of experimental data for validation. In order to create a framework for multiphase simulations of the flotation processes a hybrid CFD-multizoning model is under develop-

ment. This is done in a combined effort of the Department of Materials Science and Engineering and the Department of Biotechnology and Chemical Technology of the Helsinki University of Technology, and VTT Processes.

The process of mineral recovery by froth flotation consists of three mechanisms: selective attachment of mineral particles to air bubbles, entrainment of particles in the liquid phase, and entrapment between other particles attached to air bubbles /1/. Description of the first mechanism, "true flotation" /1/, has been the source of considerable debate during the first half of the twentieth century /2/. Traditionally there have been two views on the description of the mechanisms of the flotation process /3/. The first was the selective precipitation of gas onto mineral surfaces, of which Taggart /4/ was the initial advocate. Taggart had observed gas deposition on mineral surfaces from supersat-

Figure 1. The three-zone model around a rising air bubble with radius r_b in liquid (after /7/).



urated solution and also bubble-particle collision without attachment. He therefore considered the collision theory inadequate /3/, which was the second theory, supported by Gaudin /5/. Gaudin argued that particles and bubbles would collide in the pulp phase and attach or not depending on their physico-chemical properties. After cinematic evidence years later, Gaudin was proved right in his collision theory. Some 15 years after the landmark publication by Sutherland /6/ on the modeling of flotation, Derjaguin and Dukhin /7/ introduced their “three-zone model” /3/ depicted in Figure 1.

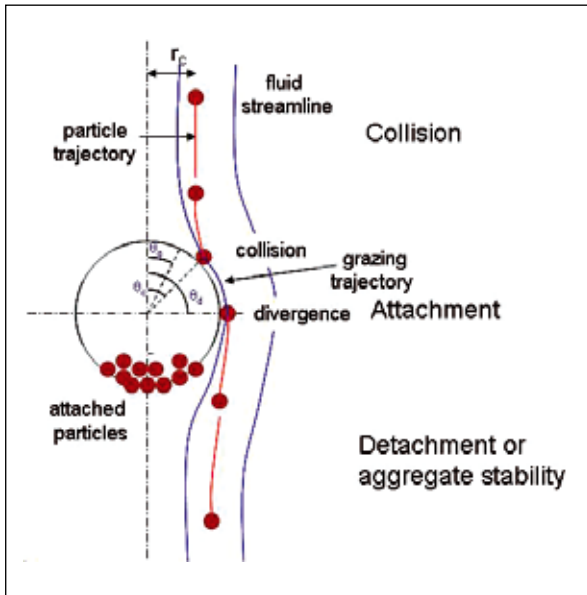


Figure 2. Sub-processes of bubble-particle interaction in flotation (after /9/).

Zone 1 is far away from the bubble and the approaching particle’s motion is determined by hydrodynamic forces. Diffusiophoretic forces control particle motion in Zone 2, however this is mainly of importance for particles much larger than colloidal size and can be neglected in flotation modeling /3/. Bubble-particle attachment and detachment are characterized in Zone 3. Our current understanding of the flotation process stems from an idea postulated by Von Smoluchowski in 1917 /8/, to view flotation as a series of sub-processes close to the bubble surface. These sub-processes are bubble-particle collision, attachment, and aggregate stability or detachment. A schematic interpretation of these sub-processes is shown in Figure 2.

Much effort has been put in research of the collision sub-process. Detachment, although a critical step in the success or failure of a flotation operation, has been the least researched of the flotation sub-processes. However, development of a suitable criterion for particle-bubble aggregate stability and detachment is needed for accurate flotation simulations.

Flotation criterion

Of the three sequential flotation sub-processes bubble-particle aggregate stability is the last and may be seen as a filter for successful flotation or detachment. Accurate prediction of bubble-particle aggregate stability is therefore an important ingredient of flotation modeling. Floatability,

in the form of maximum floatable particle size, can be a good indicator of aggregate stability. In the current flotation modeling effort the focus is on description of this sub-process, which is further discussed below. Schreithofer et al /10/ also detail the current status of experimental investigation on this subject.

The acceleration due to turbulent flow, or “machine acceleration” /9/, is the stochastic mean velocity fluctuation component $\sqrt{\overline{u'^2}}$ squared over the effective radius r of a turbulent vortex,

$$b_m = \frac{\overline{\Delta u'^2}}{r} \quad (1)$$

The characteristic scale relevant in flotation is likely in the inertial region, where deceleration is due to turbulence /9/. Under that condition we can write the effective value of differential velocity fluctuation as $\sqrt{\overline{\Delta u'^2}} / 9/$

$$\sqrt{\overline{\Delta u'^2}} = 1.38(\varepsilon \Delta r)^{1/3} \quad (2)$$

where ε is the turbulent kinetic energy dissipation. When we substitute Eq.(2) into Eq.(1) we obtain

$$b_m = 1.904 \frac{\varepsilon^{2/3}}{\Delta r^{1/3}} \quad (3)$$

Particle-bubble aggregate stability may be characterized by the maximum floatable particle radius $R_{p,max}$. Nguyen /11/ simplifies an expression for $R_{p,max}$ given by Schulze /9/ by solving numerically and neglecting the small numerical constant to yield

$$R_{p,max} = \sqrt{\frac{3\sigma(1 - \cos\theta)}{4\Delta\rho(g + b_m)}} \quad (4)$$

where σ is surface tension, θ contact angle, $\Delta\rho$ density difference, g gravitational constant, and b_m machine acceleration. It must be noted that Eq.(4) is only valid for relatively small particles. Eq.(3) can now be substituted into Eq.(4) and solved for the critical turbulent energy dissipation above which bubble-particle aggregate break-up occurs /10/, as

$$\varepsilon_{max}^{2/3} = \frac{d_{agg}^{1/3}}{1.9} \left[\frac{3\sigma(1 - \cos\theta)}{4\Delta\rho R_{p,max}^2} - g \right] \quad (5)$$

CFD simulation can yield a fairly accurate impression of the liquid flow field. From the calculated flow field local turbulent energy dissipation can be derived from an estimate of the local time-averaged strain-rate tensor and kinematic viscosity. It must be noted that the flow field in this case refers to the single phase flow field solution and does not yet include solid or gas phases, under the current state of CFD development. Nevertheless, single phase flow field solutions for local values of turbulent energy dissipation can be used in relating maximum floatable particle size to flow conditions, according to Eq.(5).

Automatic zoning

Now a relationship between floatability and flow field is in place it is necessary to identify local zones of assigned ranges of turbulent kinetic energy dissipation. Once each zone has been identified local floatability can be determined through Eq.(5) for an appropriate bubble-particle aggregate size d_{agg} . Investigation of particle-bubble aggregate behavior under turbulent flow conditions are currently under experimental and theoretical investigation, →

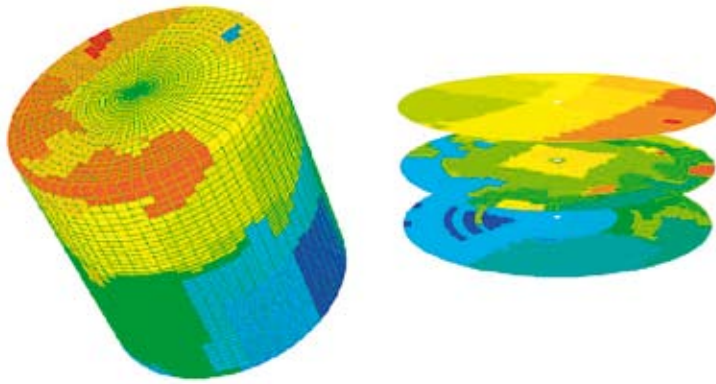


Figure 3. Automatic zoning of the flow field of a 265 dm³ Outotec flotation cell /15,16/ by Seppälä and Manninen /17/.

see Schreithofer et al. /10/.

An automatic zoning routine is under development as an in-house program in Fortran, as part of the Flowbat flowsheet simulator /12, 13/. The hybrid CFD-multizone model comprises of two stages. Selected parameters of the CFD flow solution are aggregated and transferred to the zoning model where the flow domain is divided into zones according to the selected criteria (see /12/ and /14/). First a single phase unsteady CFD simulation of the flotation cell is performed where the flow field is calculated. Parameters of interest for flotation modeling are for example pressure, or turbulent energy dissipation. Figure 3 shows an example of the result of the zoning algorithm applied to the water phase flow field in a 265 dm³ Outotec flotation cell built and introduced by Grau /15/ and Rudolph et al /16/.

Conclusion

Mineral froth flotation is a complex three-phase process that takes place under strongly turbulent flow conditions. The process can be divided into three sub-processes; bubble-particle collision, attachment, and aggregate stability. The latter is the least researched of the three and is under current experimental and theoretical investigation at the research group of Mechanical Process Technology and Recycling of the Helsinki University of Technology. A flotation criterion has been derived to relate maximum floatable particle size to turbulent flow conditions, in particular turbulent kinetic energy dissipation. CFD simulation of the liquid flow field allows for the turbulent kinetic energy dissipation to be locally estimated in the flow domain of a flotation cell. The flow field data can then be transferred to an automated blocking model to determine blocks that are characterized by a defined range of e.g. turbulent kinetic energy dissipation. When these models are combined a three dimensional map of the floatability in an Outotec flotation cell can be generated. This floatability mapping allows for more accurate simulation of mineral froth flotation a may lead to better understanding of flotation performance and design.

Acknowledgements

The ideas that form the basis of this work are the result of

ongoing cooperation and fruitful discussions within the flotation research group, headed by Prof. Kari Heiskanen of the research group of Mechanical Process Technology and Recycling of the Helsinki University of Technology. Also I would like to acknowledge the help of and good corporation with the members of the LOVI project. The computational grid and the first CFD simulations of the flotation cell used in this work have been developed by Juha Tiitinen of the research group of Mechanical Process Technology and Recycling of the Helsinki University of Technology. ▲

REFERENCES

1. Wills, B.A., Wills' Mineral Processing Technology. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2006.
2. Pyke, B. (2004). Bubble-particle capture in turbulent flotation systems. PhD thesis University of South Australia, Adelaide, 2004.
3. Dai, Z., Fornasiero, D., Ralston, J. (2000). Particle-bubble collision models – a review. *Adv. Coll. Interf. Sci.* 85, pp. 231–256.
4. Taggart, A.F., Handbook of Mineral Dressing. Wiley&Sons, 2nd ed., New York, 1945.
5. Gaudin, A.M., Flotation. McGraw-Hill, New York, 1957.
6. Sutherland, K.L. (1948). Kinetics of the flotation process. *J. Phys. Chem.* 52(2), pp. 394–425.
7. Derjaguin, B.V., Dukhin, S.S. (1961). Theory of flotation of small and medium size particles. *Trans. IMM* 70, pp. 221–246.
8. Pyke, B., Duan, J., Fornasiero, D., Ralston, J. (2002). From turbulence and collision to attachment and detachment: a general flotation model. In: *Proc. Flotation and Flocculation – From Fundamentals to Applications*, Kona, Hawaii, July 28 - August 2, 2002. ISBN 0-9581414-0-1.
9. Schulze, H.J., Physico-chemical Elementary Processes in Flotation. Development in Mineral Processing series, Vol. 4. Elsevier, Amsterdam, 1984.
10. Schreithofer, N., Wierink, G., Jávora, Z., Omelka, B., Heiskanen, K., New experimental setup for studying the effect of turbulence on particle-bubble interactions. To be presented at XXIV IMPC, Beijing, September 24-28, 2008.
11. Nguyen, A.V. (2003). New method and equations for determining attachment tenacity and particle size limit in flotation. *Int. J. Miner. Process.* 68, pp. 167-182.
12. Seppälä, M., Laakkonen, M., Manninen, M., Alopaeus, V., Aittamaa, J. (2008). Development of automatic algorithm for combining CFD and multiblock modelling and application to flotation. *Proc. 6th Int. Conf. CFD Oil & Gas, Metallurgical and Process Industries SINTEF/NTNU*, Trondheim, Norway, 10–12 June 2008.
13. Aittamaa, J., Keskinen, K.I. (2005). Flowbat User's instruction manual. Helsinki University of Technology, available online: <http://www.tkk.fi/Units/ChemEng/research/Software/index2.html>.
14. Bezzo, F., Macchietto, S., Pantelides, C.C. (2004). A general methodology for hybrid multizone/CFD models. Part I. Theoretical framework. *Comp. Chem. Eng.* 28, pp. 501–511.
15. Grau, R.A., An investigation of the effect of physical and chemical variables on bubble generation and coalescence in laboratory scale flotation cells. Helsinki University

- of Technology Doctoral thesis in Materials and earth Sciences, TKK-ME-DT-4, Espoo, 2006.
16. Rudolph, L., Grau, R., Heiskanen, K. (2005). On-line sensor measuring superficial gas velocity in laboratory scale flotation machines. In: Proc. Centenary of Flotation Symposium. Jameson, G. (ed.), Brisbane, Queensland, Australia, pp. 573–580.
17. Aittamaa, J., Moilanen, P., Visuri, O., Laakkonen, M., Alopaeus, V., Heiskanen, K., Wierink, G., Manninen, M., Seppälä, M. (2007). Combining multiblock and detailed fluid flow models (LOVI) - MASIT15 (2007). MASI Technology Programme 2005–2009 Yearbook 2007; Technology Review 207/2007. Alakangas, Eija; Taskinen, Pekka (eds), 149 – 155. VTT Publications Register, Espoo, Finland. ▴

CV – Gijsbert Wierink

Master of Science (Tech.) (2006) in Mechanical Process Technology and Recycling, thesis titled “Modeling and validation of flows in a low speed centrifugal separator”, Helsinki University of Technology.

European Mineral Engineering Course (EMEC) (2004-2005), international course on mineral processing and recycling at Delft University of Technology, RWTH Aachen, and Helsinki University of Technology.

Bachelor of Science (Tech.) in Applied Earth Sciences (2005) in Resource Engineering, thesis title “Solubility of aluminum sulphide in the molten NaCl-KCl-Na₃AlF₆ system”, Delft University of Technology.

Gijsbert Wierink is a researcher and doctoral student at the research group of Mechanical Process Technology and Recycling at Helsinki University of Technology (HUT). The subject of his doctoral studies is the development of numerical toolboxes for modeling of mineral froth flotation and is under the supervision of Professor Kari Heiskanen. This work is part of a project under the name LOVI (Lohkomallin ja Virtauslaskennan yhdistäminen teollisuusprosessien mallinnusmenetelmien tehostamiseksi) (Combining block modeling and flow calculations for rationalization of modeling methods for industrial processes). In the LOVI project the research group of Mechanical Process Technology and Recycling, the research group of Chemical Engineering and Plant Design, and VTT Processes cooperate to develop a block-flow model that can simulate industrial multiphase processes in a workable computational environment. Gijsbert's contribution to the LOVI project will entail theoretical, computational, as well as experimental research. During the first 18 months of his doctoral studies Gijsbert has published one conference article, two peer reviewed journal articles, another conference is to be presented this year, and co-authored another conference article. ▴

Juhlaseminaari 2008 lähestyy



Moderni teräksen valmistus

Professori Lauri E. Holapan juhlaseminaari

22. - 23.10.2008 - POHTO, Oulu

Professori Lauri E. Holappa on päättämässä pitkäkestoista työuraansa Teknillisen korkeakoulun metallurgian professorina. Kunniottoakseen hänen merkittävää elämäntyötään Suomen metallurgisen teollisuuden hyväksi on Vuorimiesyhdistyksen metallurgijaosto päättänyt järjestää tämän seminaarin. Seminaarissa käsitellään metallurgian kehittymistä professori Holapan aikakaudella, uusinta tämän päivän tekniikkaa ja tulevaisuuden näkymiä, unohtamatta samalla muistella menneitä. Tarjoamme myös mahdollisuutta osallistua vain ensimmäiseen seminaaripäivään.

Ohjelma 22.10. klo 9.00 - 16.15 ja iltatilaisuus klo 18.00 - 22.00

- **TKK:n Metallurgian laboratorio ja sen rooli metallurgian opetuksessa ja tutkimuksessa professori Holapan aikana**
Prof. Heikki Jalkanen, Teknillinen korkeakoulu
- **Teräksen valmistuksen viimeaikainen kehitys ja tulevaisuuden haasteet**
Prof. Lauri Holappa, Teknillinen korkeakoulu
- **Muisteluja yhteiseltä taipaleelta prof. Holapan kanssa**
Kehitysohjaaja Pertti Kostamo, eläkkeellä
Kehityspäällikkö Veikko Manninen, eläkkeellä
- **An Overview of Chinese Steel Industry – Achievements, Challenges and Future Trends**
Prof. Zongshu Zou *, School of Materials and Metallurgy, Northeastern University, Shenyang, P.R. China
* Zou väitteli ensimmäisenä ulkomaisena prof. Holapalle
- **Smelting Reduction: Towards Future Non-Blast Furnace Hot Metal Production**
Prof. Zongshu Zou
- **Metallurgian laboratorio ja Suomen metallurginen teollisuus**
Johtaja Peter Sandvik, Rautaruukki Oyj
- **Cocktail-tilaisuus, huomionsoitukset (klo 18.00 - 19.00)**
Juonto, prosessikehityspäällikkö Jarmo Lilja, Rautaruukki Oyj
- **Juhlailallinen (klo 19.00 - 22.00)**

Ohjelma 23.10. klo 8.50 - 14.30

- **Konverterri- / sähköunimetallurgia**
caset teollisuudesta: Imatra/Tornio/Raahe/TKK
- **Sekundäärimetallurgia**
caset teollisuudesta: Raahe/Imatra/Tornio/Koverhar
- **Jatkuvavalu: kuonapuhtaus, sulkeumat ja valettavuus**
caset teollisuudesta: Imatra/Tornio/Raahe/Koverhar/TKK

Lisätietoja

Markus Hietala, puh. 050 5565 725, markus.hietala@pohto.fi
Pia Viitanen, puh. (08) 5509 891, pia.viitanen@pohto.fi
www.pohto.fi



Puh. (08) 5509 722 - asiakaspalvelu@pohto.fi - www.pohto.fi



Jukka Laitinen



Viljo Kuosmanen



Juhani Ojala

Kultakohteen kairasydänten muuttumismineralogian kartoitus lyhytaaltoinfrasaäteilyn avulla

Johdanto

Tässä pilottitutkimuksessa esitellään etätunnistumismenetelmä, jolla voidaan kairansydämiä koskettamatta etäältä kartoittaa niiden mineralogaa lyhytaaltoisen infrapunasäteilyn avulla. Menetelmä on tunnettu kaukokartoituksessa ja esim. tähtitieteessä sekä eräissä teollisissa sovelluksissa. Suomessa vuorimiehet eivät ole hyödyntäneet sitä operatiivisesti. Tämä tekniikka tarjoaa kuitenkin varteenotettavan vaihtoehdon perinteisille menetelmille varsinkin jos käytettävänä on kuvaavalla spektrometrillä mitattua pikselimuotoista heijastusspektridataa. Tässä menetelmää sovellettiin Kittilän lähellä sijaitsevan Petäjälän kullanetsintäkohteen kairansydämien lähinnä muuttumismineraalien kartoittamiseen noin 10 m matkalla. Petäjälän malmiaihe on hydrotermisen toiminnan tulos, jossa emäksinen vulkaniitti ja mustaliuske ovat muuttuneet grafiitti-serisiitti-karbonaatti-albiittikiveksi ja osin grafiittisertiksi.

Kuvaava spektrometri ja sen muodostama kuva

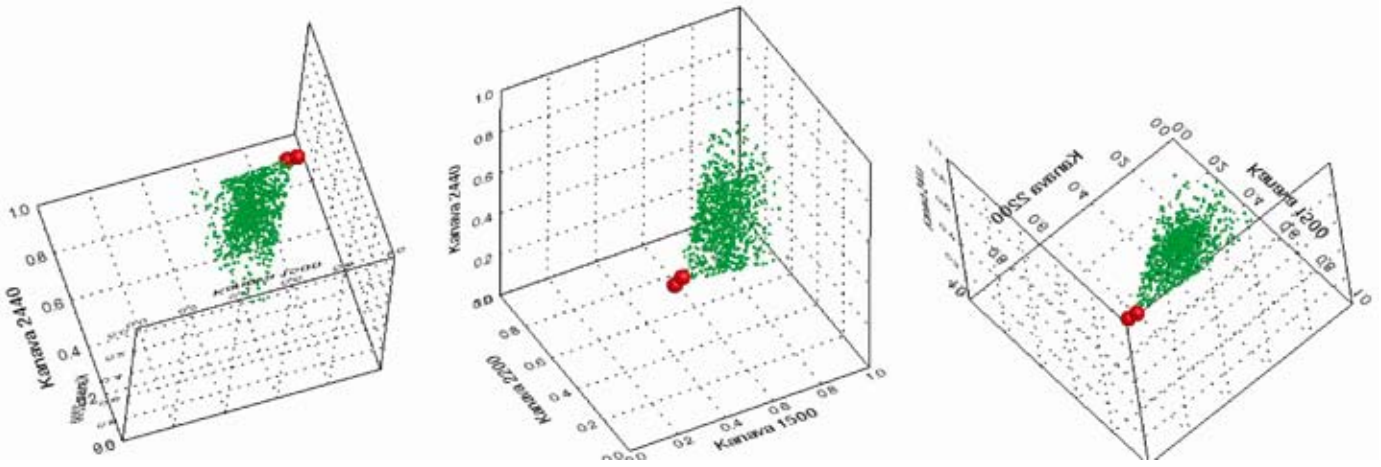
Petäjälän kultaesiintymän kairansydänten IR-heijastusmittaukset tehtiin Specim Oy:n rakentamalla SisuROCK-nimisen kuvaavan spektrometrin prototyypillä (19.9.2007) kahdesta eri laatikosta, joista ylempi nähdään kuvassa 1. Laite rekisteröi rakokameran tapaan halogeenilampun lyhytaaltoinfrasaäteilyn heijastuksen kohteesta. Kuvavassassa spektrometrissa kamerasenako korvataan etuoptiikalla ja CCD-matriisilla. Rekisteröity radianssi [W/m^2] muunnetaan reflektanssiksi jakamalla se säteilylähteen irradianssilla [W/m^2], jolloin saadaan kohteen reflektanssi, aallonpituuden funktiona. Muunnoksessa käytetään myös mustaa ja valkoista referenssiheijastajaa, jolloin reflektanssi saadaan kalibroituksi oikealle vaihteluvälille. Tässä tapauksessa tuloksena on ns. hyperspekttrin kuva, jokainen



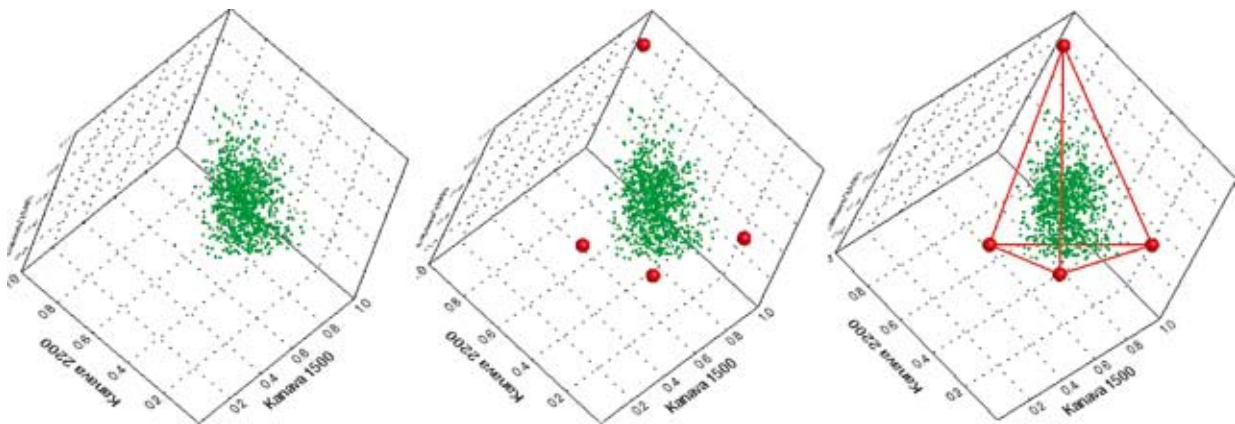
Kuva 1. Kolmen kanavan väärävärikuva Petäjälän kultamalmiaiheen kairansydämistä (Laatikko 17). Kohteeseen on sijoitettu valkoinen referenssiheijastaja tuloksen kalibrointia varten ja puhdasmineraalijauheita (markerit, ylhäältä lukien: muskoviitti, kalsiitti, dolomiitti, kloriitti ja biotiitti) tulkintatuloksen validointia varten.

pikseli sisältää jatkuvan reflektanssispekttrin. Kuvan "maastoerotuskyky" on $1,2 \times 1,2 \text{ mm}^2$ ja spektrin erotuskyky on: 256 kpl 6,3 nanometrin levyisiä kanavia aallonpituusvälillä 950-2532 nm.

SisuROCK-laitteen rekisteröimä kuva muunnettiin reflektanssikuvaksi ja tämä kuva tulkittiin ENVI-ohjelmistolla (1). Ensin kuvasta etsittiin kairansydänten omat mahdollisimman puhtaat mineraalit ENVI:iin sisällytetyn SMACC (Sequential Maximum Angle Convex Cone) aliohjelman (2) avulla. Kun nämä oli löydetty, niiden spektrejä verrattiin kuvaan sisällytettyjen marker-mineraalien spektreihin. Jos vertailussa havaittiin, että spektrit ovat riittävän samanlaisia, kairansydäntä löydetty mineraali (ja sen spektri) hyväksyttiin ns. päätejäseneksi. Päätejäsenmineraalien määrät kartoitettiin purkamalla kaikkien muiden pikselien spektrit osasiikseen. Tähän käytettiin vain kanavia no 97-256 so. aallonpituusväliä 1560-2532 nm.



Kuva 2. Uuden kannan etsintä havainnollistettuna kolmen kanavan avulla. SMACC etsii päätejäsenet, eli uudet kantavektorit, kiertämällä data-avaruutta ja rekisteröimällä nurkkapisteitä, jotka on tässä merkitty punaisilla palloilla.



Kuva 3. Kolmen kanavan alkuperäinen data-avaruus vasemmalla. Keskimmäinen kuva esittää löydetty päätejäsenet punaisilla palloilla. Oikeanpuoleinen kuva havainnollistaa sitä, että kaikki muut spektrihavainnot ovat päätejäsenten painotettuja summia.

SMACC:in toiminnallisena ajatuksena on hakea moniulotteisesta (monikanava-) datajoukosta sellaiset ääripisteet, joita ei voida esittää muiden pisteiden lineaarikombinaatioina. Moniulotteisessa piirreavaruudessa ne ovat datapisteisiin vedettyjä vektoreita, jotka ovat "datapilven" kärjissä ulommissa pisteitä (**Kuva 2**). Nämä nurkkapisteeet edustavat pistejoukon päätejäseniä, jos muut pisteet voidaan esittää näiden pisteiden painotetulla lineaarikombinaatiolla, jossa kukin paino p : $0 \leq p \leq 1$.

SMACC hakee päätejäsenet, eli matemaattisesti sanottuna uuden kannan spektrijoukosta iteroivalla 'convex-cone'-algoritilla. Ensin haetaan datajoukon etäisin piste eli pisin vektori (jonka oletetaan olevan ensimmäinen päätejäsen). Seuraavaksi algoritmi hakee vektorin, joka poikkeaa eniten (muodostaa suurimman kulman aiemman vektorin kanssa) löydetystä vektorista. Kun löydetty vektori on uusi päätejäsen se lisätään kantaan. Tämä toistetaan kunnes uusia vektoreita ei enää löydy tietyntoleranssin (= pisteen etäisyys aiemmin löydetystä päätejäsenestä) puitteissa.

SMACC-tulkinnan tuloksena kairansydämistä löydettiin erillisinä päätejäseninä muskoviitti, kloriitti, karbonaattimineraalien ryhmä (kalsiitti, dolomiitti, ankeriitti), magneettikiisu (ja muita kiisuja ryhmänä), kvartsi sekä grafiitti. Näiden määrät (%) pikselittäin on esitetty **kuviissa 5 ja 6**. Estimoitujen mineraalimäärien summa kussakin pikselissä = 100,0% – pinnan joitakin epäpuhtauskohtia tms. lukuunottamatta.

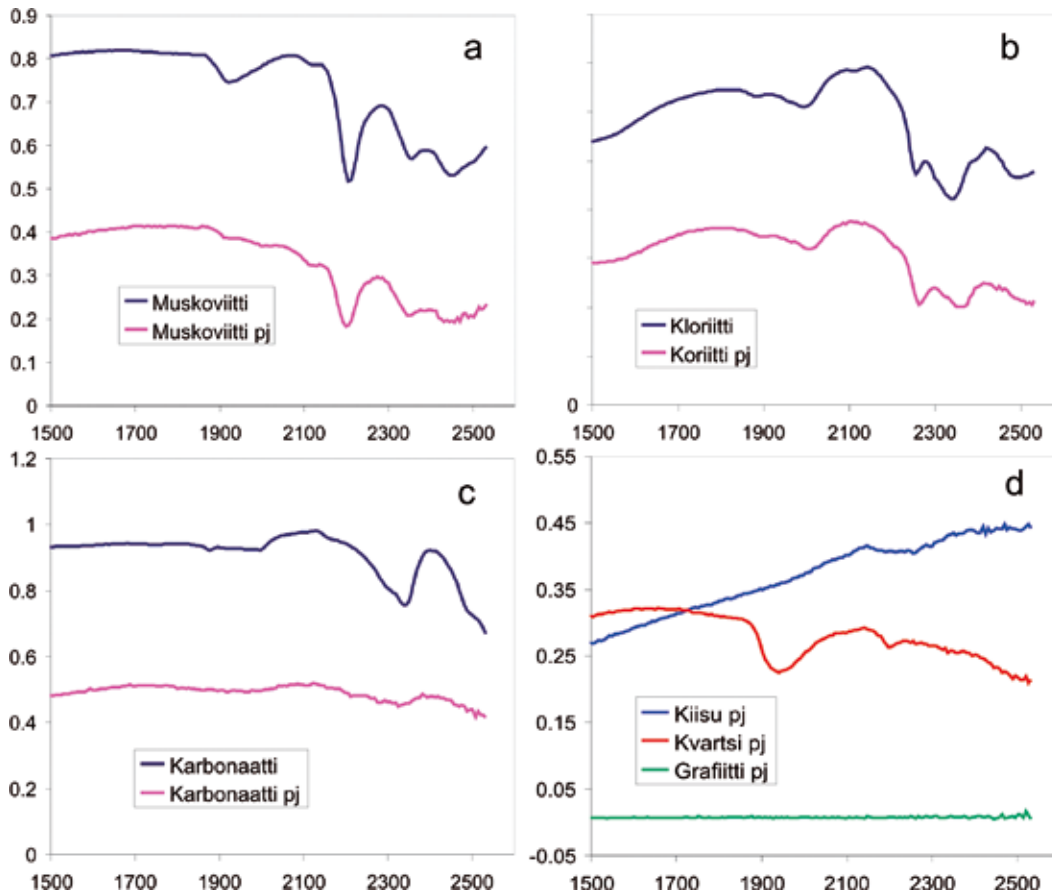
Puhdas biotiitti ei tule hienorakeisuuden ja vähäisen määrän vuoksi itsenäisenä päätejäsenenä esille 1,2 mm pikselissä. Grafiitti erkanelee piirteettömyydestään huolimatta matalan albedonsa ansiosta omaksi päätejäseneksi, mutta joukkoon saattaa tulla myös hyvin tummia muita kohteita. Puhdas kvartsi läpäisee säteilyn koko käytetyllä aaltoalueella hyvin, joten sen ei pitäisi erottua omaksi päätejäseneksi, mutta tässä tapauksessa kvartsi sisältää niin runsaasti vesipitoisia ym. sulkeumia, että se saakin karakteristiset piirteet ja erottuu selkeästi muista mineraaleista. Kulotaotollisin kohta tulee esille kuvassa 5 punaisen ja vihreän värin runsautena ja kuvassa 6 sinisen runsautena. Kuvan keskivaiheilla oleva ohuempi kairansydämen osa sisältää noin 2,5 ppm kultaa.

Tuloksen validointi

Tuloksen validointia varten kuvauskohteeseen sijoitetut pienet kupit (Kuva 1) sisältävät näytteet 'puhtaista' marker-mineraaleista serisiittiä, albiittia, kalsiitti/dolomiittia, kloriittia ja biotiittia. SMACC:illa löydetty mineraalipäätejäsenet määrittivät näistä validointikupeista serisiitin, karbonaattiryhmän ja kloriitin oikein. Albiitti oli mukana kokeilumielessä, vaikka sen tiedettiin olevan tutkitulla aaltoalueella spektrisesti lähes inertti.

SMACC:illa kairansydämistä löydettyjä spektrejä verrataan marker-mineraalien spektreihin kuvissa 4a, b ja c. Spektri-





Kuva 4. a), b) ja c) Kolmen marker-mineraalin ja kairansydämistä SMACC:illa löydettyjen vastaavien päätejäsenien (kuvassa merkintä 'pj') spektrit ovat hyvin samanlaiset. d) Pelkästään kairansydämistä löydettyt päätejäsenet, nämä identifioitiin myös röntgendiffraktiolla.

en yhdennäköisyys ja jälkeensä suoritetut lisätutkimukset osoittavat SMACC:n löytäneen oikeita päätejäseniä ja vastaavien pikselien edustavan lähes puhtaita mineraaleja. Myös muut kuin mineraaliset ainekset, so. pinnan epäpuhtaudet ja puu ym., paikannettiin SMACC:illa. Mineraalimäärien summa pikseleittäin on hyvin lähellä 100 %. Heijastus kairansydämistä on matalampi kuin markereista, sillä markerit ovat jauheita, mikä seikka nostaa aina heijastusta. On huomionarvoista, että spektrien vertailuun ei tässä menetelmässä käytetä pelkästään absorptiokohtia, vaan spektrin koko 'kasvonmuotoa'.

Kuvassa 3d mainituilla mineraaleilla/-ryhmällä, kvartsiilla ja grafiitilla ja kiisuilla, ei ollut markereita kuvassa. Nämä mineraalit on kuitenkin tarkistettu kairansydämistä röntgendiffraktion avulla.

Johtopäätöksiä

Tässä käytetyn tekniikan heikkoudeksi voidaan katsoa se, että käytetty aallonpituusalue ei tuo esille esimerkiksi puhtaan kvartsin, albiitin ja grafiitin absorptiokohtia. Tässä työssä kvartsi voitiin tulkita sulkeumien aiheuttamien lisäpiirteiden avulla. Grafiitti löytyi omana päätejäsenenään alhaisen albedonsa avulla. Eri kiisuspesieksien sekaantuminen keskenään on mahdollista. Näiden mineraalien aukotonta tarkastelua varten tarvitaan spektrometrinen aallonpituusalueen ulottamista lämpöinfra-alueelle. Tällaisia laitteita on tekeillä jo operatiiviseenkin etätunnistuskäyttöön. Yksittäisen näytteen tapauksessa tässä käytetty menetelmä ei toistaiseksi pysty kilpailemaan tarkkuudessa perinteisten mineralogian määrittämenetelmien kanssa.

Useimpien mineraalien kartoitus tällä menetelmällä on kuitenkin suhteellisen helppoa. Esimerkiksi muuttumismi-

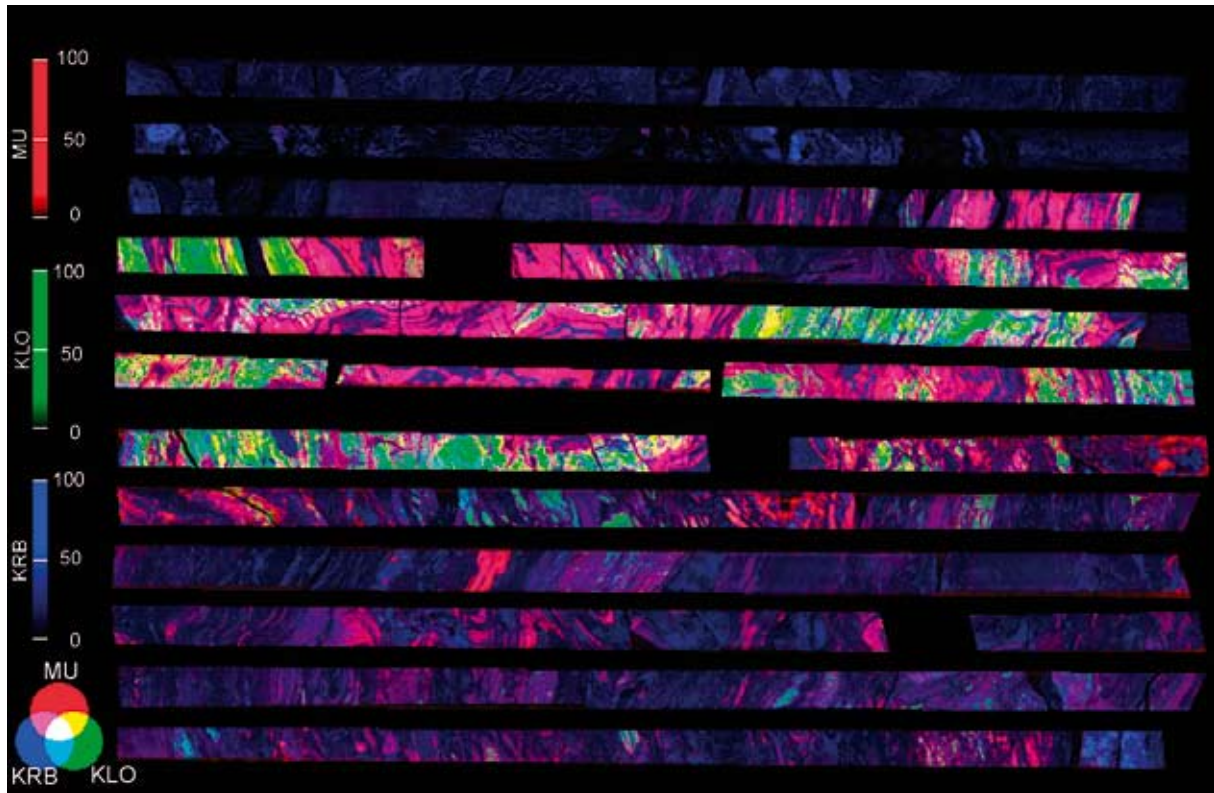
neraalien spektrit sisältävät selkeitä karakteristisia kasvonmuotoja tässä käytetyllä aallonpituusalueella. Menetelmä on myös halpa jos ajatellaan hintaa näytepikseliä kohden. Reflektanssiin perustuva tekniikka ei sulje pois mitään muuta menetelmää koska näytettä ei tuhota. Kuvallinen mineralogian tulkinta on mahdollista, joten mineralogia voidaan välittömästi liittää kiven rakenteisiin. Tämän tekniikan etuna on myös suuri nopeus: yhden laatikon skannaus kestää alle minuutin ja tulkinta muutaman minuutin. Laboratorio-olosuhteissa mineraalieseosten komponenttien määrittämisessä on päästy 1.32 % keskivirheeseen (3). Koska mittaustulosten tulkinta tehdään koneellisesti, koko tutkimus on alusta loppuun toistettavaa. Nopeutensa ja näytteiden vähäisen valmistelutarpeen ansiosta tämä menetelmä tulee jatkossa erittäin kilpailukykyiseksi.

Kiitokset

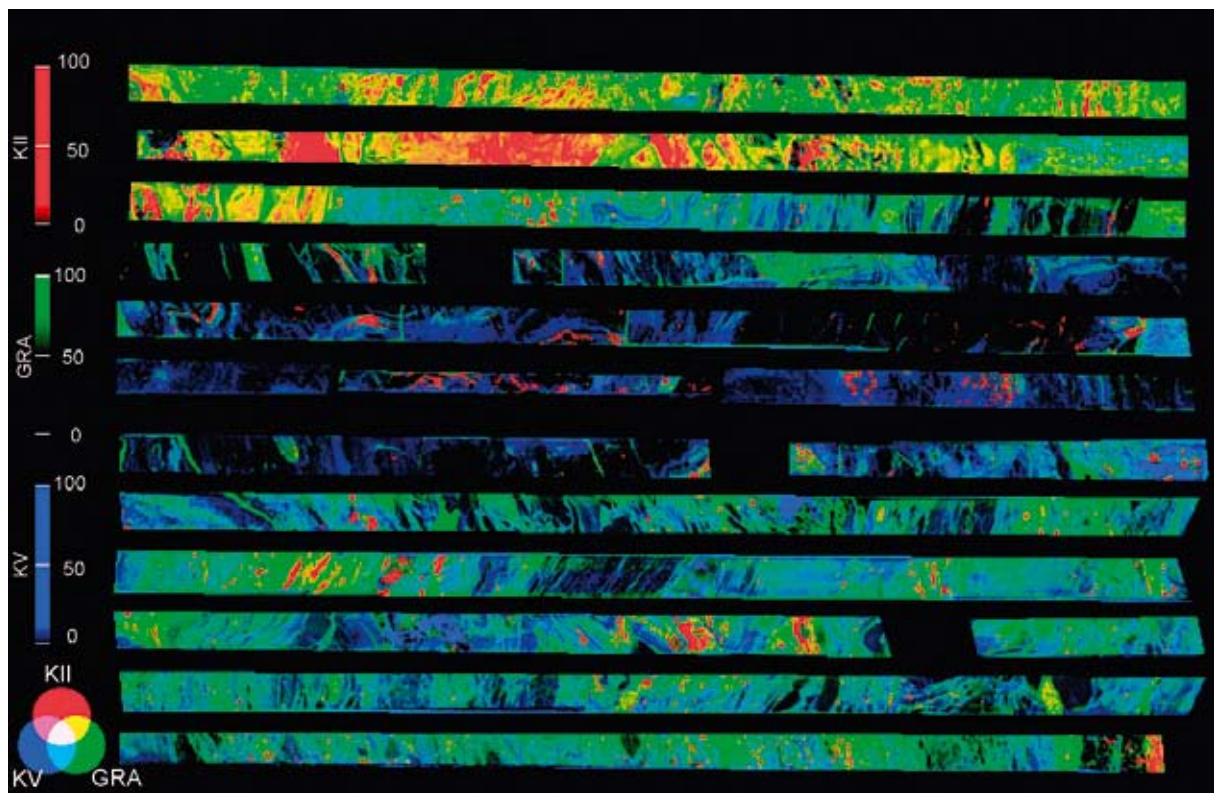
Tekijät haluavat kiittää projektivastaava Rainer Bärsiä (Specim Oy) ja toimialapäällikkö Jouko Vironmäkeä (GTK) arvokkaasta panoksesta tämän työn hyväksi. ▀

VIITTEET

- (1) ENVI 2008. The Environment for Visualizing Images. Available online: <http://www.itvis.com/envi/>
- (2) Gruninger, J, A. J. Ratkowski and M. L. Hoke 2004. "The Sequential Maximum Angle Convex Cone (SMACC) Endmember Model". Proceedings SPIE, Algorithms for Multispectral and Hyperspectral and Ultraspectral Imagery, Vol. 5425-1, Orlando FL, April, 2004.
- (3) Kuosmanen, V. and Laitinen J. 2008. "Quantitative Mineral Assessment of Apatite, Calcite/Dolomite, and Phlogopite Powder Mixtures by Using VSWIR Reflectance". IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 46, No 6. (in Press). ▀



Kuva 5. SMACC-tulkintatulos Petäjälän kultakohteen laatikoiden 17 ja 18 kairansydämissä. Punaisen sävy esittää muskoviitin (MU) määrää pikseleittäin. Vihreän sävy kuvastaa kloriitin (KLO) määrää ja sininen karbonaattien (KRB) yhteismäärää pikseleittäin. Vastaavat värisävyt (ks väripalkit, joihin on merkitty pitoisuuden %-asteikko) on valittu siten, että näiden mineraalien vaihtelu tulee selkeästi esille. Jos pikselissä on useampi kuin yksi mineraali värit summautuvat vastaavasti. Vasemmalla alhaalla oleva Venn-diagrammi havainnollistaa tätä.



Kuva 6. SMACC-tulkintatulos Petäjälän kultakohteen laatikoiden 17 ja 18 kairansydämissä. Punaisen sävy esittää kiisujen (KII) yhteismäärää pikseleittäin. Vihreän sävy kuvastaa grafiitin (GRA) määrää ja sininen kvaartsin (KV) määrää. Värisävyt (ks. väripalkit pitoisuuden %-asteikolla) on valittu siten, että näiden mineraalien vaihtelu tulee selkeästi esille. Venn-diagrammi kuvastaa mineraalien seoksia additiivivärien avulla.



CV – Jukka Laitinen

M.Sc. Tech degree in economic geology, Technical University of Helsinki, 1990. He is currently a Geophysicist at the Geological Survey of Finland. He was a member of the MINEO team during 2000-2004. Aside his geophysical work his research interests include Remote Sensing and object identification with hyperspectral data and engineering of electronic/optical instruments. ▲

CV – Viljo Kuosmanen

Ph.Lic, Geology, University of Helsinki, 1982. Senior Scientist of Geology and Remote Sensing at the Geological Survey of Finland. His research interests include hyperspectral remote sensing, mineral exploration, structural geology and remote identification and classification of geological objects. He acted as a member of the Finnish National Committee for Space Research (COSPAR), during 1995-2003, vice-president of the Finnish Society of Photogrammetry and Remote Sensing 1990-1992, member of the International Atomic Energy Agency (IAEA) group for mineral resource assessment 1991-1993. He gave lectures on geological remote sensing at the University of Helsinki 1977-1984, Beijing Research Institute for Uranium Exploration (BRIUE) 1993, University of Zambia 1994. He was the leader of the EuroGeoSurveys Remote Sensing Network 1998-1999 and a member of the MINEO team 2000-2004. ▲

CV – Juhani Ojala

Juhani Ojala, PhD, graduated with a MSc degree in Geology and Mineralogy from the University of Oulu, Finland, in 1988. He continued as a research geologist at the Oulu University till 1989. After the national service he moved to Australia and gained a PhD from the University of Western Australia (UWA) in 1995 and after the PhD he continued the research on the structural controls on gold mineralisation as a post-doctoral research fellow at UWA till 1998. Then he worked as a principal geoscientist at Georeality Pty Ltd, Perth, Western Australia. In 2001, he moved back to Finland and worked in the Geological Survey of Finland (GTK) as a senior geoscientist in the Espoo office, in 2004 he was appointed to the Rovaniemi office as a Research Professor. In 2008, he joined Store Norske Gull AS and is currently working as a Senior geologist in the gold exploration in Northern Norway and Spitsbergen. Juhani Ojala is the current chairman of the geology section of the Finnish Association of Mining and Metallurgical Engineers. ▲

SUMMARY

This pilot study introduces an imaging spectrometry method for recognizing and quantitatively assessing abundances of alteration minerals in drill cores from the Petäjäselkä gold occurrence, which is a result from Proterozoic hydrothermal activity in the Central Lapland greenstone belt. The imaging spectrometer, called SisuROCK, manufactured by Specim Oy, was used to record the reflected radiation image, by 1,2 x 1,2 mm² pixel size, from the drill cores in boxes (Fig. 1). SisuROCK works from near to short wave infrared wavelengths of electromagnetic radiation, i.e. 950-2532 nm. Radiation image was transformed into reflectance image, each pixel of which contains a continuous reflectance spectrum as a function of wavelength. The reflectance image was interpreted into mineral abundances using so called ENVI software and its SMACC tool. SMACC finds – using the reflectance spectra - the ‘purest’ mineral pixels (end-members) from the drill core and supposes that all the rest of the pixels are mixtures of these end-members (Figs. 2-3). The three mineral end-members sericite, carbonate group and chlorite (Fig. 4a, b, c), corresponded to the mineral markers placed in the imaged area with the drill core boxes (Fig. 1 and Fig. 4a, b, c). The three additional end-members (Fig. 4d, sulphide group, inclusion-rich quartz, graphite), found by SMACC, were also identified using X-ray diffraction. The mineral abundance images (Figs. 5-6) were produced by unmixing the mixed spectra by the end-member spectra. Reflectances of a few minerals are almost featureless within the short-wave infrared wavelengths and therefore cannot easily be recognized within these wavelengths. Most other minerals and especially alteration minerals can - with this method - be easily and quickly mapped over large surfaces. The zone favorable for gold is here indicated by increased abundance of sericite, chlorite and impure quartz (Figs. 5 and 6). ▲



KEVITSAN KAIIVOS – LAPIN SEURAAVA ISO KAIIVOS

- Uusi omistajamme on First Quantum Minerals Ltd
- Kaivoshanke etenee suunnitelmien mukaan
- Kaivos avataan 2010
- Avainhenkilöiden rekrytointi jatkuu

Kevitsa Mining Oy

Aleksanterinkatu 17 00101 Helsinki
p. (09) 611140 www.first-quantum.com



WARMAN® Centrifugal Slurry Pumps
GEHO® Positive Displacement Slurry Pumps
HAZLETON® Specialty Slurry Pumps
FLOWAY® Vertical Turbine Pumps
LEWIS® Vertical Chemical Pumps
BEGEMANN® Centrifugal Process Pumps
CAVEX® Hydrocyclones
ISOGATE® Slurry Valves
VULCO® Wear Resistant Linings

Excellent
Minerals
Solutions



Our strength **Your advantage**

**Reducing unplanned downtime and
increasing recoveries from your operations**



Are your plant equipment suppliers placing you at a competitive disadvantage when it comes to delivering on what matters most to you?

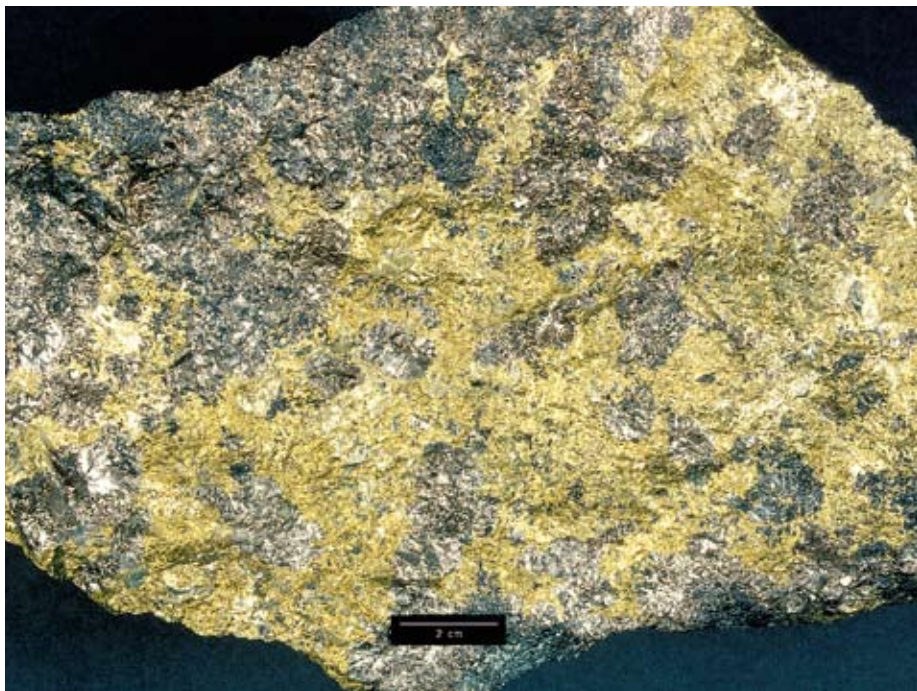
Weir Minerals recognises what matters, that's why we focus our specialist expertise in wear resistant materials and engineered hydraulics on your process critical applications.

Building on our world leading Weir and Warman heritage we have created a range of unsurpassed solutions to the problems that hurt you most.

From the engineered hydraulics of our Cavex hydrocyclones to the wear resistant properties of our slurry pumps and mill liners, Weir Minerals delivers and services products with unrivalled performance.

www.weirminerals.com

Kuparikiisu on tärkein kuparin lähde, joka esiintyy monenlaisissa geologisissa ympäristöissä ja monien erilaisten metallien kanssa. Massiivisissa vulkaanissyntyisissä sulfidimalmeissa sen tärkeimmät seuralaiset ovat sinkki ja lyijy, porfyirikuparimalmeissa molybdeeni ja ultramafisiin kiviin liittyvissä malmeissa nikkeli. Suomalainen liekkisulatusmenetelmä on viimevuosisadan ehkä suurin keksintö värime-tallurgiassa. Se säästää energiaa ja ympäristöä ja on edelleen käytössä eri puolilla maailmaa. Suuria kuparintuottajia ovat Yhdysvaltain lisäksi Kanada, Chile, Australia, Venäjä ja eräät Keski-Afrikan valtiot.



Kuva Erkki Halme, GTK

Kuparikiisu *Juho Hukka*

Kullanvärinen arvomineraali

Kuparikiisu eli kalkopyriitti on kupari-rautasulfidi CuFeS_2 , messinginkeltaisesta kullankeltaiseen vaihteleva, metallinkiiltainen ja läpinäkymätön tärkeä malmimineraali. Se ei ole erinomaisen kova, vaan Mohsin kovuus vaihtelee välillä 3.5–4, mikä erottaa sen mm. joskus samannäköisestä, mutta paljon kovemmasta rikkikiisusta. Ominaispaino on 4.1–4.3 g/cm³. Viiru on musta, vihertävään vivahtava ja kiilto jotenkin rasvainen. Kun kuparikiisu joutuu ilman kanssa tekemisiin, se hapettuu monenkirjaviksi oksideiksi, hydroksideiksi ja sulfaateiksi ja tuloksena on harakanpyrstön värinen pinta. Kiisun kidejärjestelmä on tetragoninen, mutta kidemuotoja näkee harvoin, sillä mineraali esiintyy useimmiten massamaisena.

Kuparikiisu ei muodosta luonnossa seossarjoja minkään muun mineraalin kanssa, vaikka esimerkiksi sinkkivälkkeen kiderakenne on samanlainen kuin kuparikiisun. Kupari saattaa korvautua hyvin vähän sinkillä. Mineraalissa voivat pääkomponentteja korvata myös monet hivenaineet, kuten koboltti, nikkeli, mangaani ja sinkki kuparia ja rautaa sekä seleeni, rauta ja arseeni rikkiä. On lisäksi raportoitu häviävän pieniä määriä hopeaa, kultaa, platinaa, palladiumia, vanadiinia kromia, indiumia, alumiinia ja antimonia.

Monet näistä alkuaineista ovat omina sulkeuminaan, kuten arsenikiisu- tai molybdeenihohdelamelleina kiisussa. Vaikka mineraalimaailmassa on kohtalaisen yleisiä kuparikiisua enemmän kuparia sisältäviä mineraaleja, kuten borniitti, kalkosiitti ja kovelliitti, se on silti maailman tärkein luonnosta saatava kuparin lähde. Kaikesta maailmassa tuotetusta kuparista 80 % on vielä käytössä.

Kuparikiisusta saatava metalli, kupari, on pehmeä ja taipuisa metalli, josta on helppo vetää ohuiksi langoiksi tai valssata levyiksi. Sillä on vähäinen ominaisvastus ja siksi erinomainen sähkön- ja lämmönjohtokyky ja näitä ominaisuuksia käytetään hyväksi kuparituotteissa.

Kuparikiisun kodit

Kuparikiisua on päätynt monenlaisiin malmiympäristöihin monenlaisten malminmuodostusprosessien kautta. Se on yleinen massiivisten vulkaanissyntyisten kiisumalmien mineraali, joka on kasautunut hydrotermisen kierron aikana. Malmipitoisten liusten kierto rikastaa kuparikiisua tuliperäisessä ympäristössä. Esimerkkinä maailmalta voisi mainita vaikka Timminsin alueen monet kupari-sinkkimalmi Kanadan Ontariosta. Suomen kallioperässä jokseenkin näin syntyneitä ovat olleet muun muassa Outokummun malmi ja monet samantyyppiset pienemmät esiintymät Itä-Suomessa.

Itäisessä Saksassa on laajat alueet ns. kupariliuskeita. Ne ovat bitumipitoiseen kalkki-savivelliin permikaudella rikastunutta kuparia. Liuskeiden kuparipitoisuus on 2–2.9 % ja ne sisältävät myös molybdeeniä ja hopeaa. Kuparipitoisten kerrosten paksuus on vain 10–15 cm ja ennen vanhaan liuskeita pääsivätkin louhimaan hoikat lapsoset, jotka kovassa työssä myös pysyivät hoikkina.

Porfyirikuparimalmit syntyvät, kun kuparia rikastuu graniittimagman kohotessa ja kiteytyessä. Rikkonaisessa kivessä kiertävistä laimeista hydrotermisistä liuoksista kiteytyy kuparia ja usein myös molybdeeniä sekä hopeaa ja kultaa. Kiisut kiteytyvät juoniverkostoiksi sekä pirotteeksi. Nimensä tämän tyyppiset malmit ovat saaneet sivukiven-

sä porfyirisestä rakenteesta. Nämä malmit ovat erityisen tyyppillisiä Amerikoiden länsireunan vuorimailla. Sieltä löytyvät maailman mittavimmat kupariesiintymät, kuten Bingham Canyon Utahissa Yhdysvalloissa ja Chuquicamata pohjoisessa Chilessä.

Kuparikiisu on tärkeä osa myös magnesium-rautavaltaisiin tummiin kivimassoihin liittyvissä nikkelimalmeissa, joita Suomen kallioperässä edustavat esimerkiksi Nivalan Hitura ja Leppävirran Kotalahti ja sitä ympäröivät pienemät esiintymät. Näissä malmeissa nikkeli ja kupari muodostivat rikin kyllästämässä magmassa silikaattimagmaan liukenemattoman sulfidisulan, joka jäähtyessään kiteytyi kuparikiisuksi, pentlandiitiksi ja muiksi sulfidimineraaleiksi jähmettyvän magmamassan pohjaosiin.

Kauan tunnettu metalli

Kullan ja hopean tavoin kuparikin saattaa esiintyä luonnossa puhtaana metallina. Mainittuja metalleja kovempaa se joutui ihmiskunnan käyttöön työ- ja tarvekaluiksi ilmeisesti jo silloin, kun Suomessa kasattiin Salpausselkiä eli noin 11 000 vuotta sitten. Tämän suuntaisia havaintoja on tehty Pohjois-Irakista. Varsinaiseen kuparikauteen siirryttiin Egyptissä ja Mesopotamiassa noin 4000–5000 vuotta sitten. Tuohon aikaan Kypros oli merkittävä kuparin tuottaja ja saaren ja kuparin (Cuprum) nimitykset lienevät samaa alkuperää.

Ennen pitkää kupariin ryhdyttiin sekoittamaan muita löydettyjä metalleja ja näin pystyttiin parantamaan saatujen lopputuotteiden ominaisuuksia. Kokemus osoitti, että erityisesti kuparin ja tinan seos, pronssi (88 % Cu, 12 % Sn) oli käypäinen keitos moneen tarpeeseen, mm. kirveisiin saatiin terää. Siirryttiin pronssikauteen. Myöhemmin kupariin yhdistettiin sinkki ja saatiin messinkiä ja kun messinkiin lisättiin vielä nikkeliä, lopputuotetta puhuteltiin uushopeaksi. Kun kupariin lisätään 2.5 % berylliumia, syntyy berylliumpronssia, joka on lujaa kuin teräs, ei murruta taivuteltaessa eikä kipinöi iskettäessä.

Kuparin käyttö levisi aikanaan Suomeenkin. Vanhimmat kupariesinelöydöt on ajoitettu kivikauden lopulle noin 4000 vuotta sitten. Kupari ja pronssi olivat tuolloin täysin tuontitavaraa, omia kuparilouhoksia ei ollut. Länneistä metalleja tuli paitsi Itämeren alueelta, myös Brittein saarilta ja Keski-Euroopasta ja Itä-Suomi sai pronssinsa pääasiassa Uralin kaivoksilta.

Aluksi tuotiin valmiita esineitä, mutta vähitellen raakametallien kuljetus yleistyi. Vienanmeren ja Pohjanlahden vedenjakajaseuduista tuli pronssinvalannan keskus, sillä alueella oli valumuotteihin sopivaa vuolukiveä runsaasti. Kirveitä tehtiin erityisen paljon.

Falunista Outokumpuun

Keskiajalla Pohjolan kuparikeskukseksi muodostui Ruotsi, erityisesti Taalanmaan kuparialueet Falun keskuksenaan loivat valtakunnan taloudellisen perustan, jota tänä päivänä tukevat Pohjois-Ruotsin valtavat rautamalminvarannot. Falunissa malmin louhittiin jo 1200-luvulla ja parhaimmillaan 1500–1600-luvuilla kaivos tuotti 2/3 maailman kuparista ja pääosan Ruotsin valtion tuloista. Maailman vanhin kuparikaivos suljettiin vuonna 1992.

Suomen ensimmäinen kuparikaivos, Orijärvi, oli Kiskon pitäjässä Uudenmaan länsiosassa. Malmi löydettiin vuonna 1757 ja kaivostoiminta alkoi jo pari vuotta myöhemmin. Kaivos hiljeni 1800-luvun lopulla, kun malmi alkoi ehtyä. Uuteen kukoistukseen se nousi hetkiseksi 1945, kun Outo-

kumpu Oy aloitti louhinnan ja otti kannattavuuden parantamiseksi talteen myös sinkin ja lyijyn.

Suomen kaivostoiminnassa uuden aikakauden aloitti Outokummun malmin löytyminen vuonna 1910. Kaivostoiminta alkoi täälläkin jo muutaman vuoden kuluttua löytymisestä. Aluksi malmin kupeessa toimi pienimuotoinen koekuparitehdas vuodesta 1913 vuoteen 1928. Tehdas tuotti katodikuparia niukasti ja suurin vaikeuksin.

Kaivosta uusittiin, sen kokoa kasvatettiin ja toimintaa vaikiinutettiin vuodesta 1928 aina vuoteen 1954 ja viimeisin vaihe kesti tuosta vuodesta vuoteen 1989, jolloin kaivostoiminta päättyi. Outokummun pääkaivoksesta louhittiin malmin noin 30 miljoonaa tonnia ja voimansa aikana kaivos työllisti runsaimmillaan 1700 henkeä. Katodikuparin sijasta kaivos tuotti rikasteita, jotka toimitettiin Imatran sulatolle ja Porin elektrolyyysiin ja metallitehtaalle. Vuonna 1944 sulatto evakuoitiin puna-armeijan kesähyökkäyksen tieltä Harjavaltaan. Slaavien haltuun sulatto siirtyi vasta hiljakkoin.

Outokumpu Oy:n historiaan liittyy yksi värimetallurgian mullistavimpia keksintöjä, liekkisulatusmenetelmä. Ennen menetelmän kehittämistä ja käyttöönottoa Harjavallan sulatto käytti sähköä saman verran kuin puoli Helsingin kaupunkia ja yhtiö sai valtiovallalta määräyksen suitsia energian kulutusta.

Kuparin irrottamiseksi sulfideistaan kiisu on pelkistystä varten pasutettava oksidiksi. Liekkisulatusmenetelmässä sekä pasutus että pelkistys tapahtuvat liki samalla kertaa. Menetelmän nerokkuus on siinä, että pasutusreaktio tuottaa lämpöä, jonka sitten lämpöä sitova pelkistys käyttää hyväkseen ja lisäksi reaktioissa syntyvä rikkidioksidi saadaan 99,5-prosenttisesti talteen rikkihappona. Edullista ja ympäristöystävällistä!

Liekkisulatuksessa syntyvä kuparikivi siivotaan konvertterissa polttamalla pois raudan ja rikin tapaisia epäpuhtauksia hapella terästetyn ilman avulla. Puhdistusta jatketaan vielä anodiuunissa ja tuloksena on noin 99-prosenttista kuparia, joka puhdistetaan vielä kerran elektrolyyysissä ja lopputulos on 99,999-prosenttista katodikuparia. Siitä kun kietäisee kierukan, niin kelpaapa leidiä olla ja eleä.

Kuparikiisua kung fu -hepuille

Kuparikiisusta on löytynyt monenlaista apua myös mineraaliskovaisille. He ovat havainneet kiisun monikäyttöiseksi kiveksi ihmisrievun kehon ja hengen ongelmien parantamisessa. Ensinnäkin se vahvistaa ihmisen omaa sisäistä tuntemista, yhteyttä muinaisiin kulttuureihin sekä parantaa havaintokykyä, suojaa sairauksilta, murtaa energiatukoksia ja edistää karvankasvua. Näistä syistä tämä hyödyllinen mineraali on isoksi avuksi *tai chin* tai muiden itämaisten taistelulajien harrastajille. Myös keuhkoputken tulehduksen kuparikiisu nitistää kevyesti, samoin muut hengityselinten vikatilat sekä suojaa tarttuvilta taudeilta, kuumeelta ja tulehduksilta.

Jos on kiisu lähes välttämätön tuki ihmisen hyvinvoinnille, niin on myös siitä saatava metalli. Kupari on tärkeä hivenmetalli niin ihmiselle ja muille elukoille kuin kasvukunnallekin. Ihmisessä on noin 100–150 mg kuparia. Ei kovin paljon, mutta kuitenkin toistakymmentä tärkeää entsyymiä on riippuvaisia siitä. Kupari osallistuu muun muassa hemoglobiinin toimintaan ja siten hapen siirtelyyn ihmisen sisällä. Kuparin liiallinen saanti on epätodennäköistä, mutta myrkyllistä se on, jos liikaa sattuu saamaan. Sen ovat tulleet huomaamaan mm. monet hyönteiset, jotka ovat nauttineet vaikkapa Pariisin vihreää, kupariasetoarseeniä, takavuosina suosittua torjunta-ainetta. ▀

Pintaa syvemmältä

by Mikko Tontti, GTK

Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj:n vaihtovelkakirjannista saatavat nettovarot käytetään Talvivaaran strategisten lisätavoitteiden toteuttamiseen, erityisesti metallien prosessointivalmiuden parantamiseen, jotta se pystyy prosessoimaan nykyistä useampia raaka-aineita ja lopputuotteita. Näitä voisivat olla muun muassa useita metalleja sisältävät puolituoitteet muista lähteistä sekä bioliuotusprosessissa liukenevan mangaanin talteenotto. Yhtiö on käynnistänyt malmin räjäytykset ja malmin talteenotto on alkanut aikataulun ja budjetin mukaisesti. Seuraavat tärkeät vaiheet ovat malmin kasaus ja liuotus, sekä metallin tuotannon käynnistys vuoden viimeisellä neljänneksellä. http://talvivaara.virtual32.nebula.fi/index2.phtml?page_id=1109

Nortec Ventures Corp. aloittaa 3D-IP -mittaukset ja 3 000 m kairausohjelman Kaukuan PGE-Au-Ni-Cu -aiheella Koillismaalla. Tähän mennessä parhaista lävistyksistä mainittakoon 31.0m 2.30g/t PGE + Au, 0.21% Cu ja 0.12% Ni. http://nortecventures.com/media/nr_1213030412.pdf

Dragon Miningin Oriveden kultakaivoksen Sarvisuon malmiosta on alkanut tuotanto huhtikuun alussa. Yhtiö on saanut ympäristöviranomaisilta luvan poistaa vesi Vammalan nikkeli-kaivoksesta, jolloin kaivostoiminnan mahdollista uudelleenavaamista päästään tutkimaan. dragon-mining.com.au/

Outokumpu kaksinkertaistaa ferrokromin tuotantokapasiteettinsa Suomessa. Tämä tar-

koittaa mm. sitä, että Kemin kaivoksen malminlouhinta nousee 2,7 milj. tonniin ja kromirikastetuotanto 1,3 milj. tonniin. outokumpu.com/pages/XMLPage_9258.aspx?type=1&dominourl=http://cws.huginonlie.com/O/3010/PR/200806/1224588_4.html

Belvedere Resources Ltd. aloittaa nikkeli-rikasteen myynnin Kiinaan Jinchuan Groupille. Hituran päivitetty malmivaranto on 2,350,000 tonnia, missä on kasvua 156% verrattuna tilanteeseen 31.12.2006. belvedere-resources.com/news/

Endomines AB aloittaa intensiivisen investointiohjelman tarkoituksena aloittaa kaivostoiminta Pampalon kultaesiintymällä Ilomantsissa loppuvuodesta 2009. endomines.se/news.php?news=20080521063000endominesbeslutarombetydandegruvinvesteringochfore

Vulcan Resources Limitedin lopullinen Feasibility Study Kylylahden esiintymälle on valmistunut. Suunniteltu 800 000 tonnin vuosituotanto on teknis-taloudellisesti kannattavaa. Yhtiön Hietaharjun (Suomussalmi) Ni-esiintymän kairauksissa on tavoitettu hyviä PGE-lävistyksiä, esim.: 3.5m 9.1 g/t Pt+Pd (2.4% Ni, 1.6% Cu, 5.5 g/t Pd, 3.6 g/t Pt) 3.0m 9.1 g/t Pt+Pd (2.3% Ni, 1.7% Cu, 5.8 g/t Pd, 3.3 g/t Pt) 3.8m 8.5 g/t Pt+Pd (2.2% Ni, 1.0% Cu, 6.3 g/t Pd, 2.2 g/t Pt) vulcanresources.com.au/aurora/assets/user_content/File/VRL1546D-AC.pdf

Northland Resourcesin kairaukset (38 vertikaalireikä

lähies vaakuoraan malmin) Kuervitikon FeOx-Cu-Au -esiintymällä Kolarissa lähellä Hannukaista ovat antaneet hyviä lävistyksiä, mm. 19.4m 48.5% Fe, 0.41g/t Au ja 0.18% Cu ja 17m 40.6% Fe, 0.33g/t Au ja 0.25% Cu. Yhtiö on listautunut Toronton pörssiin. northlandresourcesinc.com/sl/NewsReleases.asp?

Geologian tutkimuskeskus (GTK) on saanut päätökseen koko Suomen kattavan geofysikaalisen matalalentokartoitusohjelman. Maamme kallioperän ja maa-perän sähköjohtavuutta, magneettikenttää ja luonnon taustasäteilyä on mitattu vuosina 1972–2007. Suomi on toinen maa maailmassa, josta näin tarkka ja koko maan kattava tieto on olemassa. Ensimmäinen maa oli Kosovo, jonka GTK kävi lentämässä vuosina 2006–2007 yhteistyössä Englannin geologisen tutkimuskeskuksen, BGS:n kanssa. Outokumpu Mining Oy:n malminetsintädata 50 vuoden ajalta on siirretty GTK:n julkisiin arkistoihin. Manuaalinen data on Outokummun vanhalla paloasemalla (Kummunkatu 23, Outokumpu). Digitaalista dataa koskevat tiedustelut tehdään osoitteeseen [geodata\(at\)gtk.fi](mailto:geodata(at)gtk.fi). <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/ExplorationNews/gtk.fi:81/Media/lehdistotiedotteet.html?number=367>

Lapland Goldminers AB on hankkinut omistukseensa Sodankylän Pahtavaaran kulta-kaivoksen tarkoituksenaan aloittaa tuotanto syyskuussa 2008. laplandgoldminers.com/eng/newsmedia/news/news.asp?id=109

FirstGrowth Exploration & Development Services Corp. on allekirjoittanut JV-aiesopimuksen Magnus Minerals Oy:n (Tampere) kanssa tarkoituksenaan tutkia Vihannin kaivoksen lähellä olevan Kuuhkammon, Kangasjärven (30 km etelään Pyhäsalimesta) ja Hammaslahden esiintymiä. Kangasjärvi ja Hammaslahti ovat entisiä Zn-Cu -kaivoksia. firstgrowthcapital.ca/document.php?id=101

Scandinavian Minerals Ltd:n omistajat ovat hyväksyneet toisen Torontossa noteeratun yhtiön eli First Quantum Minerals Ltd:n tekemän ostotarjouksen. Scandinavian Mineralsin Kevitsan kaivososhanke etenee maastossa teiden ja siltojen rakentamisena. Kevitsassa on meneillään eräänlainen välivaihe, kun päätöksiä mm. erinäisistä lupa-asioista odotellaan. Suunnitelmien mukaan tuotannon pitäisi alkaa kesällä 2010. first-quantum.com/sl/NewsReleases.asp?ReportID=307248&_Type=News-Releases&_Title=Shareholders-of-Scandinavian-Minerals-Approve-Plan-of-Arrangement-With-FirsPohjolan Sanomat,06.06.2008

Attu Zinc Ltd. on uudelleenarvioinut vanhastaan tunnetun Atun esiintymän. Arvio (probable resource) on n. 166 000 t, jossa 4.05% Zn, 3.15% Pb, 87 g/t Ag ja 0.14% Cu 125 m -tasolle ja indicated resource n. 550 000 t 3.0% Zn, 2.0% Pb, 55 g/t Ag ja 0.14% Cu. attuzinc.com/site/LinkClick.aspx?fileticket=Q07Bvh97h5M%3d&tabid=36&mid=400

Nordic Mines AB:n Laivakankaan kultaesiintymän jauhatusmyllyt on tilattu Outotec Oy:ltä. Myllyjen kapasiteetti on 250 tonnia malmin tunnissa. Kaivostoiminnan on suunniteltu alkavan alkuvuonna 2010 tuotannon ollessa kaksi miljoonaa tonnia malmin vuodessa. hugin.info/138647/R/1206676/248387.pdf

Mawson Resources Limited hakee valtausta Mustamaan uraani-aiheeseen Tervolassa. Rautaruukki löysi esiintymän 1978 matalalentosäteilyanomalian perusteella. Analysoitujen 26 lohkean U3O8 -keskipitoisuus oli 0.065%. Vuonna 1979 Rautaruukki lövi uraanihorisontin 13 reiällä. Aihe on geologiaaltaan samankaltainen kuin yhtiön hallussa oleva Nuottijärven esiintymä Paltamossa. mawsonresources.com/docs/MAW080325.pdf ▀

Vuorinaiset ry:n historiaa

Kunniajäsen Kaija Marmon puhe Vuorinaisten 50-vuotisjuhlassa 18.1.2008

”Pitää olla perinteitä”, sanoi Pikku Prinssi ja senhän vuorinaisetkin ovat ymmärtäneet. Siksi myös tässä Vuorinaisten 50-vuotisjuhlassa on sama puhuja kuin monessa aikaisemmassakin juhlassa ja samoja asioitakin pyöritetään. Mutta haetaaneko tuo mittää?

Asiaanhan kuuluu kerrata historiikkia ja hyvittelä vähän herroja, joiden olemassaolo antaa aiheen koko yhdistykselle. Muistattehan, että miehet ovat kuin hampaat: Ensiksi niiden saaminen aiheuttaa kipua ja vaivaa, niiden hoitaminen on hankalaa ja kun ne ovat lähteneet, ne jättävät jälkeensä suuren tyhjyyden. Jos joskus vähän haukutaankin, kuten koirat kissoja, niin suurta rakkautta se vaan on.

Sanotaan, että poliittinen muisti on 3 kk ja puheet muistetaan 3 minuuttia. Niin että kerrataanpas taas vähäsen. Mikä antoi aiheen yhdistyksen perustamiseen?

Teitä herrojahan me tahdoimme auttaa silloinkin. Vuoden 1960 kansainvälinen geologiakongressi lähestyi ja siihen osallistuivat kaikki pohjoismaat. Anna-Liisa Laitakarilla ja Alli Sauramolla oli mielessä vuoden 1928 Geologiakongressi, jolloin jo silloin koettiin hankalaksi, että geologien rouvat eivät olleet edes tavanneet toisiaan, saati sitten tunteneet tai olleet ystäviä keskenään.

Tilanne oli melkein sama vielä 50-luvun lopulla. Siihen liittyy vielä lisäpiirteenä se, että geologipaikkoja oli vähän ja suunnilleen samanikäisiä geologeja paljon ja kilpailevien geologien rouvien tunteet kävivät kuumina – kuumempina kuin miesten. Oli aika ystäväystyä. Niinpä yllämainitut aikaansaavat naiset kutsuivat geologien rouvia Sauramolle 13.11.1957 nk. keskustelukokoukseen.

Tuo kokous poiki seuraavan kirjeen: ”Hyvä geologi tai geologiaa palveleva nainen! Jo useina vuosina on kaivattu geologiaa lähellä olevien naisten yhteistoimintaa. Tätä tarkoittavan yhdistyksen perustava kokous pidetään Otaniemessä Geologisessa tutkimuslaitoksessa 24. tammikuuta 1958 klo

Juhlapuheen Vuorinaisten 50-vuotisjuhlassa piti yhdistyksen kunniajäsen, Kaija Marmo. (Kuva Seija Aarnio)



19. Bussit lähtevät Hietalahden torilta klo 18.20 ja 18.40 (Myöhästyneet klo 19). Jokainen on tervetullut tuomaan ajatuksia toimintamahdollisuuksista. Kokouksessa on kahvitarjoilu.”

Anna-Liisan alustuksesta perustavassa kokouksessa seuraava sitaatti: ”Tässä yhteydessä tulee mieleeni Suomen Geologinen seura, joka jo on ennättänyt toimia yli 70 vuotta. Nainenhan luotiin aikojen alussa miehen avuksi. Sen mukaanhan tänään perusteella oleva yhdistys oikeastaan olisi ollut perustettava samoihin aikoihin. Nyt me naiset olemme 70 vuotta pysytelleet taka-alalla ja tyytyneet olemaan miehen apuna järjestäytymättöminä yksilöinä, eikä meidän työstämme ole jäänyt historiaan muuta mainintaa kuin Aleksis Kiven klassilliseksi tullut sana naisen merkityksestä miehen elämässä: ”Onhan minulla nyt se, joka paitani pesee...” Tosin geologin paidan peseminen on suurempi työ, kuin tavallisen virkamiehen, mutta olen varma siitä, että jokainen geologin puoliso on joutunut tekemään paljon enemmän miehensä rinnalla ja avuksi, sekä käytännöllistä että jopa tiedettä edistävää työtä. Moni mainitsemisen arvoinen työ on nyt hitautemme vuoksi jäänyt aikakirjoihin merkitsemättä. Meidän on

aika totisesti järjestäytyä ja alkaa tehdä historiaa meidänkin puolestamme. Sitäpä meidän onkin nyt tarkoitus alkaa tänä iltana perustamalla oma yhdistys. Eli tietosanakirjan määritelmää yhdistyksestä käyttäkseni: ”Useampien henkilöiden vapaaehtoinen, jatkuvaksi aiottu yhteenliittymä joidenkin yhteisten tarkoituserien toteuttamiseksi.”

Näitä yhteisiä tarkoituseriä pohtimaan ja seuraa perustamaan saapui 20 asiaan innostunutta sekä yksi, joka ilmoitti olevansa hengessä mukana, vaikka on estynyt saapumasta tilaisuuteen. Ensimmäisenä asiana oli tietysti tuleva geologiakongressi ja yksin se katsottiin syyksi perustaa yhdistys, joka sitten myöhemmin toimisi eri paikkakunnilla asuvien yhdyssiteenä ja virkistyskentän ja ottaisi huomaansa paikkakunnalle muuttavat sekä tukisi puolisonsa menettäneitä heidän jäädessä yksin ilman virallista asemaa.

Eräässä puheenvuorossa toivottiin, että voisimme kouluttautua entistä paremmiksi geologien puolisoiksi. Emmekös me aika hyviä ollakin?

Rahankeräys mainittiin myös ja niin hyvin se on onnistunut, että olemme vuosien kuluessa pystyneet paitsi rahoittamaan oman toimintamme, lahjoittamaan matka-avustuksia opiskeli-

joille ja oppikirjoja *Nikolille, Pulterille, Vasaralle* ja *Vuorimieskillalle*, viimemainitulle jopa kirjoituskoneen! Kirjoista kerrottakoon, että aikoinaan – en tiedä miten nykyisin on – Eskolan Kiteet ja kivet oli ns. kiven alla ja kovin haluttu. Yhdistyksemme keräsi niitä useita keskuudestaan, mm. Kemistien seura lahjoitti 5 kpl, jotka sitten ohjasimme opiskelijoille. Myös jotkut muut yhteisöt ovat hyötäneet toiminnastamme, mainitsen esim. *Kauniaisten Veteraanit, Syöpä- ja Sydänsäätiöt, Elsa-Maria-koti* ja tietysti *Vuorimiesyhdistys*, jonka Vuorimiespäivien naisten ohjelmasta olemme yhdistyksen johtokunnan pyynnöstä huolehtineet vuodesta 1981 alkaen 90-luvulle asti.

Teatteri- ja kevätretket ovat olleet hauskoja ja suosittuja, eikä missään nimessä saa unohtaa Carlsonilla antamaamme teatteri-iltaa, Asemalla-nimistä näytelmää, jonka *Calle* ja *Kyllikki Väyrysen* sisar ansiokkaasti ohjasivat. Katsomo oli loppuunmyyty. Toinen ilta oli vuosijuhlissa, mutta sen voimme armeliaasti sivuuttaa, sillä vuorosanat tuppasivat unohtumaan meiltä näyttelijöiltä, enkä edes muista, saimmeko näytelmän päätökseen. Hyvät naurut ainakin (ohjaaja ei oikein tykännyt). Käytännöllisesti katsoen jokaisessa kokouksessa on kuultu mielenkiintoinen esitelmä ja vilkas keskustelu sen johdosta. Ja muutenkin kahvit ja herkut ovat kirjoittaneet kielelme laulamaan. Kokoonnumispaikkoina olivat aluksi kodit ja myöhemmin jäsenmäärän kasvassa erilaiset tarkoitukseen sopivat tilat. Emmekä missään tapauksessa saa unohtaa viime vuosien vaki vuosikokouspaikkaa – OUTOKUMPUA – maittavine tarjouksineen, josta kaikesta vielä näin kauniit kiitoksemme.

Yhdistyksen perustaminen

No niin, yhdistys perustettiin melkein tasan 50 vuotta sitten, eli 24.1.1958. Perustuskirjan allekirjoittivat professorin rouva Anna-Liisa Laitakari, professorin rouva Alli Sauramo, ja vuorineuvokset *Else Mäkinen* (huomaa tittelit). Muut läsnäolijat aakkosjärjestyksessä: *Anja Aurola, Eeva Haapala, Marjatta Heikkinen, Helga Hyyppä, Maire Kaitaro, Hilja Laitakari, Kaija Marmo, Toini Mikkola, Kirsti Näytkki, Sinikka Ojanperä, Terttu Saksela, Birgit Sandelin-Salmi, Dora Savolainen, Hilikka Seitsaari, Aune Toivonen, Pirjo Vaasjoki, Gunvor Valovirta, Eila Virkkala* ja *Kyllikki Väyrynen*. Elossa meitä on tietääkseni kahdeksan.

Yhdistys olisi vapaa kaikille kivistä leipää syöville, mutta ketään ei kutsuttaisi jäseneksi, ettei kukaan voisi

tuntea jääneensä kutsumattomana ulkopuolelle. Alusta alkaen on toivottu myös naisgeologien liittyvän jäseniksi, se mainitaan säännöissäkkin, mutta vain harva on uskaltanut mukaan, valitettavasti. Ensimmäisen vuoden lopulla oli jäseniä 38+1 kunniajäsen *Mandi Eskola*. Silloin epäiltiin, että tokkopa kymmeneen vuosiin pääsemme 100 jäseneseen. Nyt on 140!

Mikä lapselle nimeksi?

Ehdotuksissa oli valinnan varaa:

Geologian rouvat, *Geologica, Corysium, Kultaset, Magma, Mantu, Pegmatitit, Spectroliitit* ja *Geologian Naiset*, joka viimeksi mainittu katsottiin katkavan laajalti kaikki jäsenet, ja niin sanotusti tunnustavan väriä. Eipä sekään ollut 100 %:ta, sillä kerran pikkujoulumme oli mennä plörinäksi, kun meidät tilaamme kartanon ison ruokasalin sijasta oli tungettu pieneen takahuoneeseen, kun ”teologithan/papinrouvat ovat niin sopeutuvaisia, eivätkä rähjää”. Me kylä vähän rähjäsimme.

Vanhoja pöytäkirjoja selattaessa näkyy myös tapakulttuurin muuttuminen. Aluksi professorin rouva XX sanoi ja rouva XY huomautti jne. Kokouksissa teiteltiin, ellei oltu yksityisesti heitetty titteleitä pois. Vasta 1972 jäi rouvittelu pois ja pöytäkirjoihin merkittiin vain puheenvuorojen käyttäjien etu- ja sukunimi. Kaksi vuotta myöhemmin 18.1.1974 pidetyssä kokouksessa hyväksyttiin *Karin Stigzeliuksen* ehdotus, että kaikki jäsenet ovat luonnonsinuja keskenään, vaikka kyllä siitä takanapäin taisi purnausta kuulua.

Yhdistys oli aluksi geologiapainotteinen. Muistammehan, miksi se sai alkunsa. Vuosien kuluessa saimme iloksemme joukkoomme yhä enemmän vuori-insinöörien rouvia ja nimenmuutos tuli aiheelliseksi. Huomattakoon, että perustajajäsenen tarkoitus jäsenpohjasta tuli täytetyksi, sillä nimenmuutoksen yhteydessä ei sääntöjä tarvinnut muuttaa kuin nimen osalta. 2. pykälähän kuuluu: ”Yhdistyksen jäseniksi voivat liittyä Suomen Geologisen seuran ja Vuorimiesyhdistyksen jäsenten rouvat ja naisjäsenet, sekä muuten geologian piiriin kuuluvien tutkijoiden rouvat.”

Vuonna 1981 pyydettiin myös nimiehdotuksia ja niitähän tuli: Akaatit,

Gammat, Granaatit, Juvelit, Kiviset ja Soraset, Kivitaskut, Päärlyt, Sivukivet, Sylviinit, Vuorikiteet-Bergskristallerna, Vuorinaiset-Bergskvinnorna ja Vuorinaiset, joka viimeksi mainittu hyväksyttiin uudeksi nimeksi 22.4.1981 melkein yksimielisesti. 1 vastaan, 1 tyhjä.

Oma logo ja oma koru

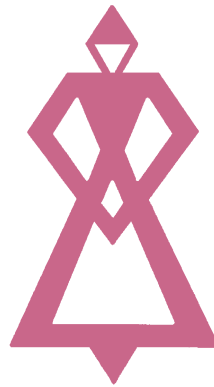
Vuorinaisten oman logon lahjoitti yhdistykselle *Anna-Liisa Kupias* v. 1994 ja sen näette kaikki pöytäkorteisianne: Soman timanttitytön. Nainenhan on kuin timantti, kestävin mineraaleista, joka kiteytyy voimaansa suurissa paineissa. Pinnalle – ihonkin – timantit tulevat suurissa purkauksissa. Ja teollisuudessa – työssä – timantti on tärkeä elementti. Voisiko sanoa Marilyniä vähän muunnellen, että timantit ovat pojan paras ystävä?

Vuonna 1995 saimme oman korun. Kauniin Korun, spektroliitti-riipuksen, joka johtokunnan päätöksellä annetaan ansioituneille yhdistyksen jäsenille esim. syntymäpäivinä – tarttee olla vaan tarpeeksi vanha.

Sanotaan, että puheen pitää olla kuin hame: tarpeeksi pitkä kattaak-

seen asian, ja tarpeeksi lyhyt jaksakseen kiinnostaa. Siksi enää pitkittämättä haluan lausua kaikille, mutta erikokoisesti herroille miehille kiitokset siitä, että olette täällä näin runsaslukuisesti läsnä, toivoen, että ei kuitenkaan ole käynyt niin kuin entiselle pariskunnalle. Muistattehan: he heräsivät keskellä yötä ja totesivat talonsa olevan tullessa. Viime hetkellä he pääsivät ryömimään sankassa savussa eteiskäytävään ja ulko-ovelle. Sitä avatessa mies huomasi vaimonsa hymyilevän vinosti, jolloin mies huusi raivoissaan, että mitä ihmeen hymyilemistä tässä voi olla!! En voi sille mitään, vastasi vaimo hihittäen, mutta tämä on ensimmäinen kerta 10 vuoteen, kun olemme menossa yhdessä ulos.

Jos kuitenkin nyt niin sattuisi olemaan, että viimeksi olitte yhdessä 40-vuotisjuhlissamme. Olemme kahta ylpeämpiä siitä, että yhteiseen ulosmeenoon ei tarvittu tulipalaa, vaan yhdistyksemme 50-vuotisjuhla. Viihtykää!



Metallikerhon 50-vuotisjuhlat

Vuonna 1958 perustetun TKY:n Metallikerhon 50-vuotisjuhlat järjestetään perjantai-iltana 17.10.2008 Pörssitalossa, Helsingissä. Ilmoittautuminen juhliin avautuu syyskuussa. Pukukoodina on tumma puku. Juhlissa julkaistaan Metallikerhon uusi historiikki, johon on kerätty kerhon hieno 50-vuotinen historia talteen. Tarkemmat ilmoittautumisohteet sekä tiedot juhlasta tullaan laittamaan Metallikerhon nettisivuille <http://met.tky.fi/>, josta ilmoittelua kannattaa seurata. Lisätietoja saa lähettämällä sähköpostia osoitteeseen metvuosisjuhla50@gmail.com tai Metallikerhon puheenjohtajalta Elina Kekiltä (puh. 050-4134141).

Tervetuloa kaikki nykyiset ja entiset metallikerholaiset juhliin Metallikerhon 50-vuotista taivalta! ▲

Outokummun Kaivostamossa on vielä elokuussa auki erikoisnäyttely: KAIVOSMIEHEN ARKEA JA JUHLAA - saksalaista kaivosperinnettä 1700- ja 1800- luvulta.

Näyttelysalin taustamusiikkina on mm. Mainarimarssi, Glück auf! Glück auf! sekä: Ruostuu Kaivoksessa Kiskot Jos Ei Vieri Malmivaunus. Ryppyyn Vetää Naamataulus Jos Vain Vettä Kurkkuus Viskot. - AHA -

Kesätervehdys pääsihteeriltä

Pari kuukautta on jo kulunut perehtyessäni pääsihteerin tehtäväkenttään. Kalen apu ja hyvät prujut ovat olleet suurena apuna.

Hallituksen toukokuun kokouksessa käytiin palauttekeskustelu maaliskuun Vuorimiespäivistä. Tilaisuuksien todettiin onnistuneen kokonaisuudessaan hyvin ja erityinen kiitos kuuluu isäntäyhtiö Bolide-nille.

Seuraava hallituksen kokous on elokuussa Kokkolassa, jolloin päätetään vuoden 2009 Vuorimiespäivien puitteista ja alustavasta ohjelmavaihtoehdosta. Jäsenillä on erinomainen mahdollisuus antaa palautetta ja uusia ideoita yhdistyksen kotisivuilla!

Tämän lehden ilmestyessä kesä alkaa olla jo loppupuolella, joten toivotan kaikille hyvää alkusyksyä. ▲

Hangossa juhannusviikolla 2008

Erkki Ristimäki

P.S. 66. Vuorimiespäivät pidetään 27.-28.3.2009 Helsingissä

Kalliolujitus

Split Set -kitkapultit

- välitön lujitus, erityisesti kaivoskäyttöön

CT -kalliopultit

- yhdistetty välitön- ja pitkäaikainen lujitus

Belbor -pora-ankkurit

- kalliopulteiksi (spiling)

Borgi Azio -kallioverkot

- kallioleikkausten pinnan sitomiseen

Vaijeripulttaustarvikkeet

- lukot, aluslevyt, kiristystunkit

Belcem -sementtipumput

- injektointiin, pultitukseen



Borgi Azio-kallioverkko varmistaa turvallisen liikkumisen kallioleikkauksen tuntumassa.



Olarinluoma 7
FI-02200 Espoo, Finland

Tel. +358 (0)9 801 9671
fax. +358 (0)9 813 3415

E-mail: info@miranet.fi
www.miranet.fi

www.miranet.fi

Rikastus- ja prosessijaosto

Tulevan syksyn tapahtumia

Vuorimiesyhdistyksen Rikastus- ja prosessijaoston hallitus pyytää: varatkaa kalentereistanne tilaa seuraaville tapahtumille:

- **1.-3. 10.2008 Gå West! – ulkomaan exq Pohjois-Ruotsiin**

Matkakohteet varmistuvat heinäkuun alkupäivinä, Gå:n lisäksi tiedossa bussikyytiä, rikastamokohteita sekä korkeita sfäärejä.

- **6.11.2008 Rikastushiekköjen ja kuonien hyötykäyttöseminaari Dipolissa**

Mainio tilaisuus kuulla ja keskustella viimeaikaisesta kehityksestä kuonatuotteiden ja rikastushiekköjen hyödyntämisessä. Tule paikalle. Näy ja kuulu tai ja opi.

Kaivos- ja louhintajaosto

Kaivos- ja louhintajaoston perinteinen syysexcursio Kreikka 1.-4. 10.2008

Mukaan mahtuu 30 innokasta - oletko ilmoittautunut?

Vuoriteollisuus-lehden ensimmäinen numero



Kuva: Erja Kilpinen

DI Carl-Fredrik Bäckström (kuvasa) on lahjoittanut Vuorimiesyhdistykselle alkuperäiskappaleen Vuoriteollisuus-lehden ensimmäisestä numerosta (1/1943). VMY:n arkistosta on tähän saakka löytynyt ainoastaan valokopio ko. numerosta. Carl-Fredrik Bäckström toimi aikanaan Lohja Oy Ab:n Tytyrin kaivoksen johtajana ja hänen ideastaan perustettiin Tytyrin kaivostamuseo. Carl-Fredrik Bäckström on VMY:n jäsen vuodesta 1955 lähtien. Vuoriteollisuus-lehden 1. numero on tullut hänelle Lohjan Kalkkitehtaan arkistojen kautta. Tässä ensimmäisessä numerossa dipl.ins. E. Strandström esitteli Lohjan Kalkkitehtaan kaivostoimintaa otsikolla "Gruvdriften inom Lojo Kalkverk". ▲ BEF

OUTOKUMPU OYJ:n SÄÄTIÖ

Outokumpu Oyj:n Säätiö, jonka tarkoituksena on edistää maamme metallien valmistuksen ja jalostuksen, metalli- ja kaivosteknologian, malmigeologian ja niiden liiketoiminnan tutkimusta ja opetusta yliopistoissa, julistaa haettavaksi seuraavat apurahat vuodeksi 2009.

1. Opiskelija-apurahat

- Eero Mäkisen muistorahastosta stipendejä á 800 euroa Säätiön toimialaa koskevia opintoja varten Teknillisessä korkeakoulussa ja yliopistoissa opintomenestyksestä riippuen vähintään 80–100 opintoviikkoa (120–150 opintopistettä) suorittaneille opiskelijoille.

2. Tutkija-apurahat

- Ylemmän yliopistotason tutkinnon suorittaneille lisensointityön tai väitöskirjan tekemiseen 15 500 euroa vuodessa.
- Tutkimusryhmille Säätiön toimialalla suoritettavia suurehkoja tutkimusprojekteja varten.
- Apurahoja post-doctoral -tutkimuksiin.

3. Kansainvälistymistä edistävät apurahat

- Opintojen loppuvaiheessa oleville opiskelijoille erikoisopintojen, diplomityön tai laudaturtyön tekemiseen ulkomaisessa yliopistossa.
- Ylemmän yliopistotason tutkinnon suorittaneille eri-

koisopintojen, lisensointityön tai väitöskirjan tekemiseen ulkomaisessa yliopistossa.

- Matka-apurahoihin ja julkaisukuluihin.

4. Professori-apuraha

- Apuraha, jonka suuruus on 10 000 euroa, myönnetään virassa olevalle professorille hakemuksen perusteella. Apurahalla on tarkoitus kannustaa uusien tutkimusprojektien aloittamista sekä antaa tunnustusta mm. aktiivisesta tutkimusryhmien ja väitöskirjatöiden johtamisesta.

Hakemukset, jotka on tehtävä Säätiön hakemuslomakkeelle, on osoitettava Säätiön hallitukselle. Hakemusten on oltava perillä viimeistään **26. syyskuuta 2008 ennen klo 16.00** Outokumpu Oyj:n Säätiöllä, PL 143, 02201

Espoo. Tietoja Outokumpu Oyj:n Säätiön toiminnasta ja apurahojen hakemuslomake löytyvät Säätiön kotisivulta http://www.outokumpu.com/careers/foundations/Outokumpu_Foundation.

Hakemuslomakkeita voi tilata puhelimitse 020 529 2005 tai sähköpostilla riitta.lind@outotec.com. Lähempiä tietoja antaa Outokumpu Oyj:n Säätiön asiamies Markku Kytö, Outotec Oyj, puh. 020 529 2023 tai 0400-598 466.

Espoossa 30. päivänä huhtikuuta 2008
Outokumpu Oyj:n Säätiön hallitus

Uusia jäseniä

Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen ry:n hallitus on hyväksynyt seuraavat henkilöt yhdistyksen jäseniksi:

Vuorimiesyhdistyksen toimihenkilöitä 2008-09



Kokouksessa 16.5.2008

Höglund, Kåre Andreas, M.Sc., 1.2.1973, projekt geolog, Agnico-Eagle Finland, [kare.hoglund\(at\)multi.fi](mailto:kare.hoglund@multi.fi), Juthasvägen 3, 66900 NYKARLEBY jaosto: geo

Viitanen, Timo Antero, DI, 7.9.1955, myynti- ja projektipäällikkö, IMA Engineering Ltd, [timo.viitanen\(at\)ima.fi](mailto:timo.viitanen@ima.fi), Kellonsoittajantie 7, 05400 JOKELA jaosto: geo

Lindholm, Kim Arto Richard, DI, 21.2.1969, rakennuspäällikkö, Kalliorakennus-Yhtiöt Oy, [kim.lindholm\(at\)kalliorakennus.com](mailto:kim.lindholm@kalliorakennus.com), Mäkipellontie 14 D, 00320 HELSINKI jaosto: kai

Näsi, Jari, FM, TkT, 10.9.1975, kehitysinsinööri, Outokumpu Tornio Works Kemin kaivos, [jari.nasi\(at\)outokumpu.com](mailto:jari.nasi@outokumpu.com), Outokumpu Tornio Works Kemin kaivos, PL 172, 94101 KEMI jaosto: kai

Veisto, Pekka Antero, DI, 7.1.1958, projektipäällikkö, Destia Oy, [pekka.veisto\(at\)destia.fi](mailto:pekka.veisto@destia.fi), Destia Oy, PL 444, 90101 OULU jaosto: kai

Vikstedt, Raimo Tapani, DI, 16.5.1968, Key Account Manager, Destia Oy, [raimo.vikstedt\(at\)destia.fi](mailto:raimo.vikstedt@destia.fi), Destia Oy, PL 444, 90101 OULU jaosto: kai

Hyvärinen, Raisa Niina, ins.(AMK), 29.1.1980, tutkimus- ja kehitysinsinööri, Outokumpu Tornio Works Kemin kaivos, [raisa.hyvarinen\(at\)outokumpu.com](mailto:raisa.hyvarinen@outokumpu.com), Lampitie 5 B 7, 94400 KEMINMAA jaosto: rik

Takalo, Vesa-Pekka, DI, 17.5.1967, rikastamon päällikkö, Polar Mining Oy Vammala, [vesa-pekka.takalo\(at\)dragonmining.fi](mailto:vesa-pekka.takalo@dragonmining.fi), Tallirenginkuja 1 A, 02940 ESPOO jaosto: rik

Vaara, Niina Maria, DI, 18.8.1978, T&K-insinööri, Outokumpu Chrome Oy Kemin kaivos, [niina.vaara\(at\)outokumpu.com](mailto:niina.vaara@outokumpu.com), Länsipohjankatu 2 B 8, 95420 TORNIO jaosto: rik

Hirvi, Ari Mikael, DI, 20.10.1983, tuotekehitysinsinööri, Rautaruukki Oyj, [ari.hirvi\(at\)ruukki.com](mailto:ari.hirvi@ruukki.com), Rautaruukki Oyj, PL 93, 92101 RAAHE jaosto: met

Kuokkanen, Petteri, ins. (AMK), 4.5.1973, tuotantopäällikkö, Ovako Dalwire Oy Ab, [petteri.kuokkanen\(at\)ovako.com](mailto:petteri.kuokkanen@ovako.com), Ovako Dalwire Oy Ab, Taalintehtaantie 709, 25900 TAALINTEHDAS jaosto: met

Latostenmaa, Petri Ville, DI, 13.12.1969, prosessi-insinööri, Boliden Harjavalta Oy, [petri.latostenmaa\(at\)boliden.com](mailto:petri.latostenmaa@boliden.com), Boliden Harjavalta Oy, PL 60, 28101 PORI jaosto: met

Niemi, Markus Tom Axel, 155, 6 ov, 8.10.1982, opiskelija, TKK, [markus.niemi\(at\)hut.fi](mailto:markus.niemi@hut.fi), Tornitaso 7 A 20, 02120 ESPOO jaosto: met

Suikkanen, Päivi Liisa Vellamo, DI, 4.5.1983, prosessi-insinööri, Boliden Harjavalta Oy, [paivi.suikkanen\(at\)boliden.com](mailto:paivi.suikkanen@boliden.com), Boliden Harjavalta Oy, Teollisuuskatu 1, 29200 HARJAVALTA jaosto: met

Talonen, Juho Aleks, TkT, 24.7.1974, Technology Analyst, Outokumpu Oyj, [juho.talonen\(at\)outokumpu.com](mailto:juho.talonen@outokumpu.com), Tavaststjernankatu 1 A 7, 00250 HELSINKI jaosto: met

Vartiainen, Anu Helena, DI, 27.1.1967, henkilöstöpäällikkö, Boliden Harjavalta Oy, [anu.vartiainen\(at\)boliden.com](mailto:anu.vartiainen@boliden.com), Boliden Harjavalta Oy, Teollisuuskatu 1, 29200 HARJAVALTA jaosto: met

FT Elias Ekdahl, puheenjohtaja/President Geologian tutkimuskeskus, PL 96, 02151 ESPOO
020 550 2200 [elias.ekdahl\(at\)gtk.fi](mailto:elias.ekdahl@gtk.fi)

DI Harri Natunen, varapuheenjohtaja/Vice President Boliden Kokkola Oy, PL 26, 67101 KOKKOLA, 06-8286000
[harri.natunen\(at\)boliden.com](mailto:harri.natunen@boliden.com)

PÄÄSIHTEERI/Secretary General, DI Erkki Ristimäki
Mannerheimintie 14,
10960 HANKO, 0400-473 270
[erkki.ristimaki\(at\)vuorimiesyhdistys.fi](mailto:erkki.ristimaki@vuorimiesyhdistys.fi)

RAHASTONHOITAJA/Treasurer, TkL Ulla-Riitta Lahtinen
Kaskilaakson tie 3 D 108, 02360 ESPOO
0400-456 195
[u-r.lahtinen\(at\)vuorimiesyhdistys.fi](mailto:u-r.lahtinen@vuorimiesyhdistys.fi)

GEOLOGIJAOSTO/Geology section, Ph.D. Juhani Ojala pj/chairman
Store Norske Gull As, 040-8480285
[juhani.ojala\(at\)kotikone.fi](mailto:juhani.ojala@kotikone.fi)
DI Mari Lahti sihteeri/secretary
Posiva Oy, 040 7544334
[mari.lahti\(at\)posiva.fi](mailto:mari.lahti@posiva.fi)

KAIVOS- JA LOUHINTAJAOSTO/ Mining and Excavation section
DI Erja Kilpinen pj/chairman
Nordkalk Oyj Abp, 020 4553993
[erja.kilpinen\(at\)nordkalk.com](mailto:erja.kilpinen@nordkalk.com)
DI Tommi Halonen, sihteeri/secretary,
Oy Forcit Ab 020 7440 310
[tommi.halonen\(at\)forcit.fi](mailto:tommi.halonen@forcit.fi)

RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO/ Mineral processing section
DI Mirva Mustakangas pj/chairman,
Teknikum Oy, 03-5191 3296
[mirva.mustakangas\(at\)teknikum.com](mailto:mirva.mustakangas@teknikum.com)
DI Kari Föhr, sihteeri/secretary
Outotec Minerals Oy, 020 5292 721
[kari.fohr\(at\)outotec.com](mailto:kari.fohr@outotec.com)

METALLURGIJAOSTO/Metallurgy section TkL Markus Malinen, pj/chairman Ovako Wire Oy Ab
019-221 4605, 040-569 7118
[markus.malinen\(at\)ovako.com](mailto:markus.malinen@ovako.com)
DI Alex Lagerstedt, sihteeri/secretary Ovako Wire Oy Ab
019-221 4321 fax 019-221 4150,
040-8207186
[alex.lagerstedt\(at\)ovako.com](mailto:alex.lagerstedt@ovako.com)

messut

JYVÄSKYLÄ
PAVILJONKI
MESSU- JA KONGRESSIKESKUS

Keskellä Suomea.
Keskellä kaupunkia.

Todellinen tapahtumakeskus!

**Kaivosteollisuuden,
metallinjalostuksen
ja maanrakentamisen
suurtapahtuman
myynti on alkanut.
Varaa ja varmista
paikkasi!**

**Malminetsinnän,
kaivosteollisuuden,
malmien rikastus-
ja prosessiteollisuuden,
metallien jalostuksen,
tuotteiden käsittelyn ja
jatkojalostuksen,
kiviainesteollisuuden,
maarakentamisen,
metallien kierrätyksen sekä
mineraalien erikoismessut.**



FinnMATERIA

Jyväskylä
Paviljonki **13.-14.11.2008**

**Katso lisää: www.jklpaviljonki.fi/finnmateria2008
tai soita 014-334 0000**

Yhteistyössä:

Mediayhteistyössä:



materia
LEHTI



JYVÄSKYLÄN
MESSUT
Jyväskylä Fair Ltd

www.jklpaviljonki.fi/finnmateria2008



Teollisuusmineraaleja
prosessiteollisuudelle

Vihdintie 4 – 6 03100 NUMMELA
puhelin 010 217 9800, fax 010 217 9801
sähköposti mail@spminerals.fi
www.spminerals.fi

Palveluhakemisto



Kovaa faktaa.

www.gtk.fi

YIT

Osaava kallionrakentaja

www.yit.fi

YIT RAKENNUS OY

Kalliorakentaminen

PL 36 (Panuntie 11), 00621 HELSINKI

Puhelin 020 433 111, Faksi 020 433 3747



KATI

- kallionäytekairaukset
- malminetsintä
- geotekniikka
- kallioerätutkimukset

Oy Kati Ab Kalajoki, puh. 020 7430 660, www.oykatiab.com

PYHÄSALMEN KAIVOS



responsible mining

INMET

MINING

www.inmetmining.com

Pyhäsalmi Mine Oy

PL 51, 86801 Pyhäsalmi

Puh. (08) 769 6111

Ohjeita kirjoittajille

➔ **MATERIAALI TOIMITUKSEEN** määräaikaan mennessä. Pyrittävä lyhyeen ja ytimekkääseen esitystapaan. Artikkelien suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukkoineen ja kirjallisuusliitteineen on 4 painosivua.

➔ **KOKO AINEISTO** postitse levykkeellä. Pelkän tekstin voi lähettää myös sähköpostilla.

KUVA-MATERIAALI aina postitse levykkeellä, ellei toisin erikseen sovita. Jokainen kuva omalla tiedostonaan. Digikuvissa mahdollisimman suuri kuvakoko. **HUOM!** Netissä käytettävä 72 dpi:n resoluutio ei riitä painotöissä; kuvan on oltava lopullisessa koossaan terävä 300 dpi:n resoluutiolla. Tallennusmuoto: jpg (tif, eps). (Toimitus tekee kuvankäsittelyn.) Skannattavat kuvat postitse. **Taulukoissa** käyvät parhaiten PowerPoint ja Excel.

➔ **PÄÄÖTSIKOT JA ALA-OTSIKOT** erotetaan toisistaan selkeästi.

Tiede & Tekniikka -artikkelit

➔ **KUVAT JA TAULUKOT** numeroidaan jatkuvasti ja niiden tekstit sekä näiden englanninkieliset käännökset kirjoitetaan erilliselle arkille.

Kuvien paikat on merkittävä käsikirjoitukseen.

➔ **KAAVAT JA YHTÄLÖT** on kirjoitettava selvästi ja yksinkertaiseen muotoon. Käytettävä SI-yksiköitä.

➔ **KIRJALLISUUSVIITTEET** numeroidaan jatkuvasti // sulkuihin tekstissä ja esitetään lopussa seuraavassa muodossa: 1. Järvinen, A.; Vuoriteollisuus-Bergshanteringen, 34 (1976) 35-39.

➔ Jokaiselle T&T-osaan tulevalle artikkelille on ilmoitettava **ENGLANNINKIELINEN OTSIKKO** ja kielellisesti tarkistettu englanninkielinen yhteenveto, **SUMMARY** pituudeltaan enintään noin 20 konekirjoitusrivää. Kirjoittajasta CV ja valokuva.

➔ **ERIPAINOKSET** toimitetaan kirjoittajan laskuun eri sopimuksella. Tilataan suoraan kirjapainosta (Ake Winberg 050-5163163) ennen lehden painatusta.

➔ **NEKROLOGIEN** pituuden pyydämme rajoittamaan noin 150 sanaan.

➔ **ILMOITUSAINESTO** Tammisaaren Kirjapaino Christel Westerlund PL 26, 10601 Tammisaari prepress@tammisaarenkirjapaino.fi

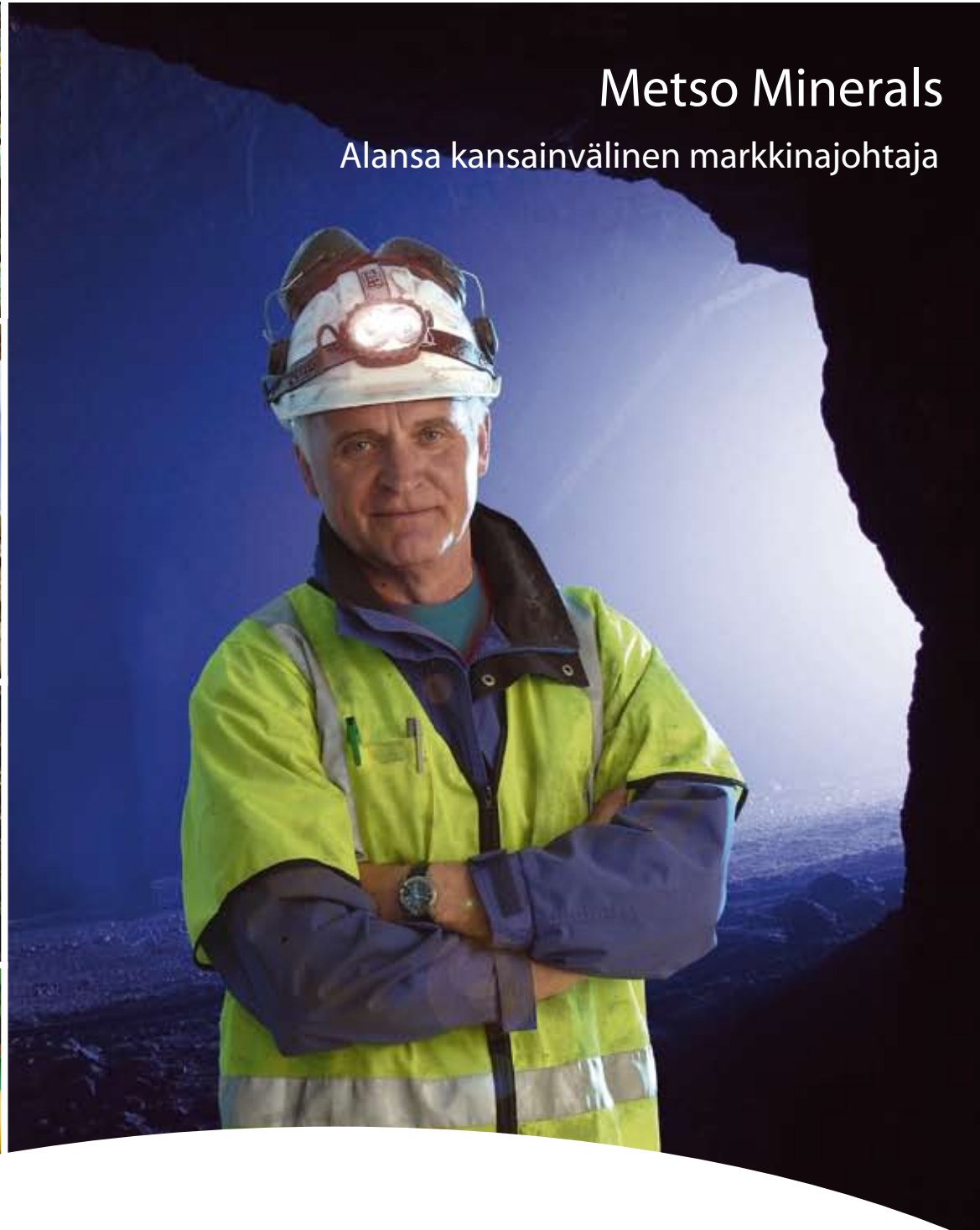
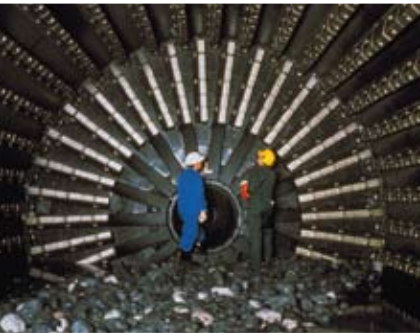


Ovako keeps our
world in motion

OVAKO

a feel for steel

www.ovako.com



Metso Minerals

Alansa kansainvälinen markkinajohtaja

Markkina-alueena maailma – Kotikenttänä Suomi

Metso Minerals on kiven- ja mineraalienkäsittelyjärjestelmien sekä metallien kierrätysjärjestelmien maailmanlaajuinen markkinajohtaja. Tarjontamme kattaa kaiken yksittäisistä laitteista kokonaisratkaisuihin ja avaimet käteen -toimituksiin.

Tavoitteemme on lisätä asiakaslähtöisyyttä kaikessa toiminnassamme ja pyrkiä koko prosessin ja laitteiston elinkaaren kattavaan kumppanuuteen asiakkaittemme kanssa.

Suomessa vahvuksiimme ovat mm. asiakkaittemme tuotantoprosessien tuntemus, vahvat tuotemerkit sekä kattava myynti- ja huoltopalvelu.

www.metsominerals.com

