

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

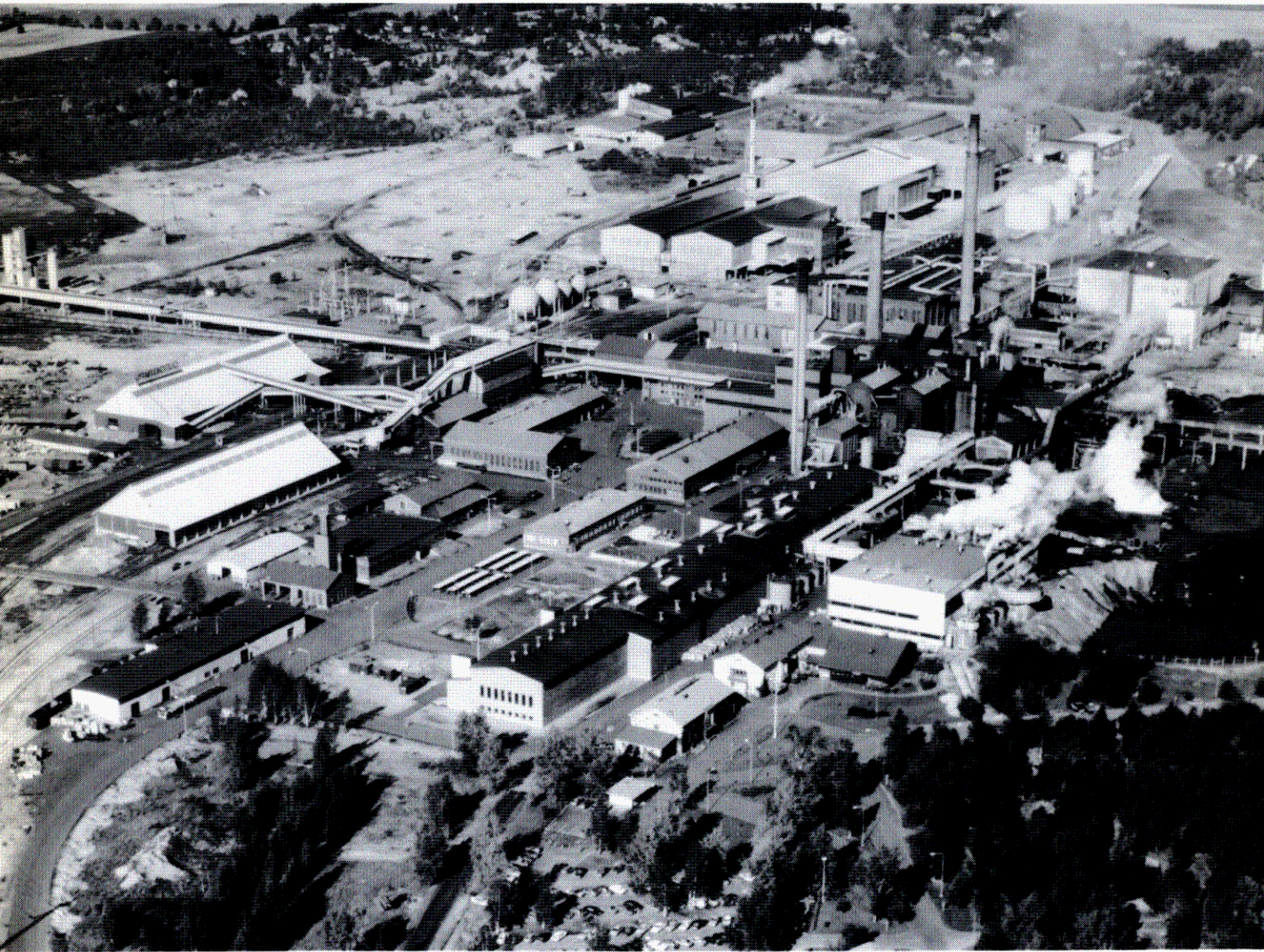


N:o 2 1994
52. vuosikerta
ISSN 0042-9317

Julkaisija:

Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen

r.y.



HARJAVALLAN TEHTAAT 50 VUOTTA

Kemian kuljetuksen kiskoetu: paljon ja kerralla.

VR Cargon säiliövaunukuljetukset rullaavat kiskoilla yötä päivää läpi vuoden.

Uusien säiliövaunujen rakenne on kehitetty suurten määrien kuljetuksiin sekä nopeaa kuormausta ja purkua ajatellen. Kaikki turvallisesti kiskoilla, poissa muualta luonnosta. Tämän vuoden aikana otamme käyttöön laatu- ja seurantarjestelmän sekä ympäristöasioiden hallintajärjestelmän, jotka entisestään varmentavat kuljetusten laatua. Siinäkin olemme edelläkävijä maassamme.

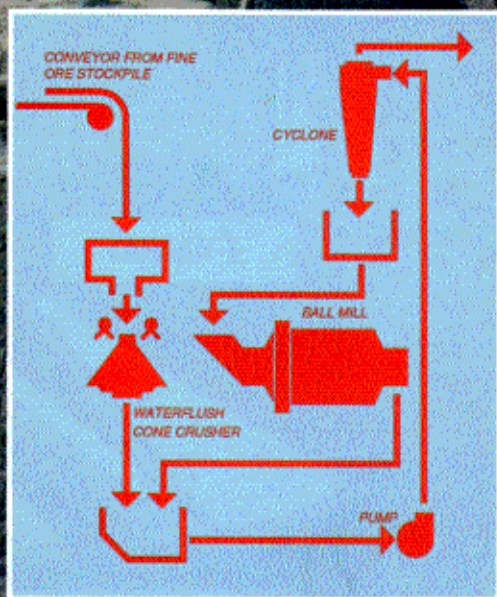
Teollisuuslaitoksen tuotantoprosessit ovat riippuvaisia myös kuljetusten täsmällisyydestä. VR Cargon uudet seurantarjestelmät (EDI, KULTU) varmentavat kaluston saatavuuden ja antavat ajantasatiedon vaunujen sijainnista jopa raiteen tarkkuudella. Menetelmä poistaa rahtikirjat vapauttaen näin henkilökunnan - niin oman kuin asiakkaan - tuottavampiin tehtäviin.



"On kaikille eduksi, että nämä tuotteet kulkevat kiskoilla," sanoo **Jukka Ranta**, aluemyyntikeskuksen päällikkö. Hän hoitaa VR Cargon Itä-Suomen kuljetuksia ja tähdentää turvanormien ehdotonta täyttämistä. "Miehet osaavat ja kalusto on kunnossa, siihen perustuu kuljetusten turvallisuus.

Ja mitä enemmän ja useammin, sitä edullisemmin."

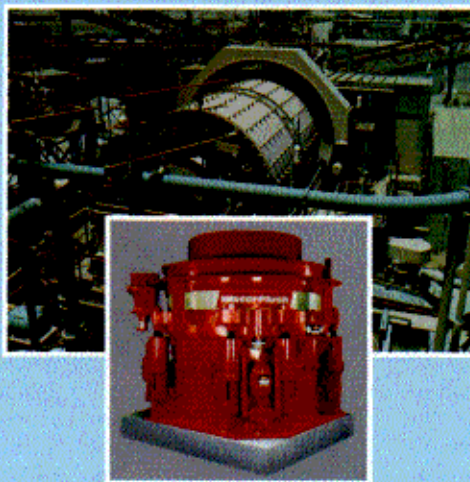
Complete mineral processing solutions



Nordberg offers complete crushing solutions for mining that challenge traditional methods and give the Nordberg customer a competitive edge.

When it comes to process know-how, Nordberg provides complete circuit design expertise and process technologies that optimize plant efficiency.

For example, in the mining industry, where there is the need to process large tonnage, low grade ore bodies profitably by employing the right comminution technology, a unique patented size reduction system called WaterFlush® is changing conventional milling practices.



WaterFlush® uses water in conjunction with a specially designed WF™ cone crusher followed by milling. The process yields a product shape that is more easily reduced in a grinding mill, thus significantly increasing overall plant efficiency.

Whatever your mineral processing needs, from supplying rugged jaw crushers, gyratories, high performance cone crushers, WaterFlush®, grinding mills, high capacity screens, mine hoists, or delivering complete systems for the crushing section of a mine, let us put our reputation for technology, performance and operating economy to work for you.

For more information on complete mining crushing solutions, contact:

Nordberg Australia Pty. Ltd.

Fax: +61-2-638 2540

Nordberg Austria GmbH

Fax: +43-7612 89577

Nordberg Industrial Ltda., Brazil

Fax: +53-31-621 1912

Nordberg Machinery Ltd., Canada

Fax: +1-519-821 4376

Nordberg Corporation (Chile)

Fax: +56-2-231 7296

Nordberg GmbH, Germany

Fax: +49-6078 8581

Nordberg China Ltd.,

Hong Kong

Fax: +852-603 0635

Beijing Office Fax: +86-1-851 5295

Nordberg Italia s.r.l.

Fax: +39-2-9350 1999

Nordberg Nippon K.K., Japan

Fax: +81-44-245 9017

Nordberg (Malaysia) Sdn Bhd

Fax: +60-3-550 3088

Nordberg Norway A/S

Fax: +47-3347 0422

Nordberg Philippines, Inc.

Fax: +63-2-816 0481

Nordberg Portugal Lda.

Fax: +351-1-439 0689

Nordberg Singapore Pte. Ltd.

Fax: +65-468 2151

Nordberg (Pty) Ltd.,

Republic of South Africa

Fax: +27-11-642 0120

Nordberg España S.A., Spain

Fax: +34-1-870 3526

Nordberg Sweden AB

Fax: +46-8-626 8660

Nordberg (UK) Ltd.,

Great Britain

Fax: +44-1530 830220

Nordberg Inc., USA

Fax: +1-414-747 1766

Nordberg-Bergeaud S.A.,

France

Fax: +33-85-396 298

Nordberg-Lokomo Oy, Finland

Fax: +358-31-250 1207

Nordberg Group • P.O. Box 203 • 00171 Helsinki • Finland • Phone: +358-0-182 851 • Fax: +358-0-182 8282

"Over 100 years of new technology"

© 1994 Nordberg Group

Nordberg
GROUP

R

autaruukki on kansainvälinen teräskonserni. Sen liikevaihdosta 75 % syntyy viennistä ja ulkomaan toiminnasta. Rautaruukin laatuun luotetaan. Konsernin kaikilla tärkeimmillä tehtailla on jo vaativa ISO 9001-laatuhyväksyntä. Monissa maailman tuntemissa merkkituotteissa autoista kodinkoneisiin käytetään Rautaruukin jalostamia teräksiä tai jatkojalosteita, kuten erilaisia levyjä, putkia ja profiileja.

Moniin maailman tunnetuimpiin automerkkeihin käytetään Rautaruukin terästä yhtenä putkenä.

Rautaruukki on useimmista kilpailijoistaan poikkeava teräsyhtiö. Se jatkojalostaa itse puolet valmistamastaan teräksestä. Voimakas integraatio tasaa suhdannevaihteluita ja vähentää liiketoiminnan riskejä.

Rautaruukin toiminta on tehokasta. Vuonna 1993 Rautaruukki teki 20 % pienemmällä henkilöstöllä suuremman liikevaihdon kuin vuonna 1991.

Teräs on maailman eniten käytetty rakennemateriaali. Teräs on maailman kierrätetyin materiaali. Lähes 40 % maailman teräksestä tehdään romusta, ja yli 60 % teräksestä palaa uudelleen kierrätykseen. Rautaruukin teräs on kokonaan kierrätettävissä.

Oma suomalainen terästeollisuus antaa kilpailuedun terästä käyttävälle metalli- ja rakennusteollisuudellemme. Suomessa teräksen kysyntä on kasvussa vientiteollisuuden elpessä. Siksi Rautaruukin laatuterästä on maailman tuntemien merkkituotteiden lisäksi jälleen yhä useammassa suomalaisessakin tuotteessa. Laadulla on kysyntää.



Teräs on tärkeä autoteollisuuden materiaali, koska se on kestävä ja turvallista. Rautaruukin tuotteisiin luottavat monet tunnetut autonvalmistajat. Mercedes-Benz käyttää pako- ja jarruputkissa Rautaruukin valmistamia putkia. Volvon 850-sarjan ja uuden Saab 900:n turvarakenteiden ja -istuinten korkealujuuksiset putket ovat Rautaruukin jatkojalosteita.



Rautaruukki toimittaa putkia myös Ford Mondeon, Audin, BMW:n ja Volkswagenin pakoputkistoja varten.

Lisätietoja:
Rautaruukki/Helsinki, Fredrikinkatu 51-53
PL 860, 00101 Helsinki
puhelin (90) 680 81, telefax (90) 680 8288

**RAUTARUUKKI**

Sanomalehdet ja muut offset-
rotaatiotuotteet laadukkaasti ja
nopeasti 6-yksikköisellä rotaatiolla.

Soita – puhutaan lisää palvelu-
ja yhteistyömahdollisuuksista!

UUSIMAA OY

TEOLLISUUSTIE 19, 06150 PORVOO - SF

Yhteys: Juhani Saajasto ja Ole Höstman

puh. 358 - 15 - 661 61

fax. 358 - 15 - 661 6301

VUORITEOLLISUUS
BERGSHANTERINGEN

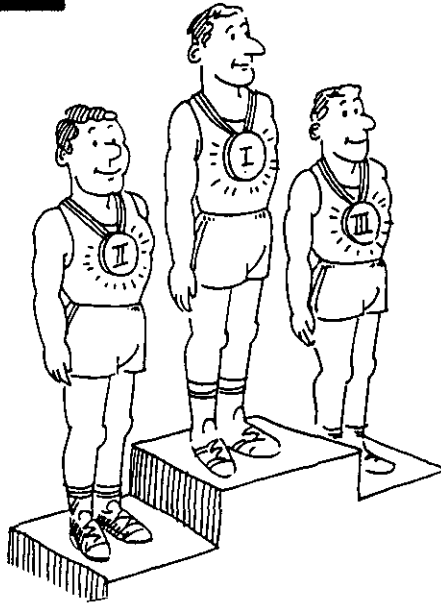
toivottaa kaikille
lukijoilleen ja
ilmoittajilleen
Hyvää Joulua ja
Onnellista Uutta Vuotta



VUORITEOLLISUUS
BERGSHANTERINGEN

tillönskar alla sina
läsare och
annonsörer
God Jul och
Gott Nytt År

outokumpu harjavalta metals



kuparia, kultaa
nikkeliä, kobolttia

jatkuvaa
kehitystä
Harjavallassa
ja
Porissa
jo
50 vuotta

OUTOKUMPU HARJAVALTA METALS OY

HARJAVALLAN TEHTAAT
29200 HARJAVALTA
Puhelin (939) 358 111
Telekopio (939) 358 239
Telex 121461 outo fi

KUPARIELEKTROLYYSI
PL 60, 28101 PORI
(939) 626 6111
(939) 626 5312
121461 outo fi

ESPOON TOIMISTO
PL 89, 02201 ESPOO
(90) 4211
(90) 421 2520
121461 outo fi

EAPKY 25 V – Salomona Kössölässä

VUORIMIES!

Tiedätkö, että Vuorimiesyhdistyksen rinnalla toimii vireä ja virikkeitä antava **Vuorinaiset ry.**, johon kauniimpi puoliskosi voi liittyä ilman eri kutsua vain maksamalla jäsenmaksun (tällä hetkellä 30 mk).

Yhdistys kokoontuu vuorimiespäivien lisäksi 4-6 kertaa vuodessa. Näistä tilaisuuksista mainittakoon ratkiriemukkaat joulujuhlat sekä keväretket.

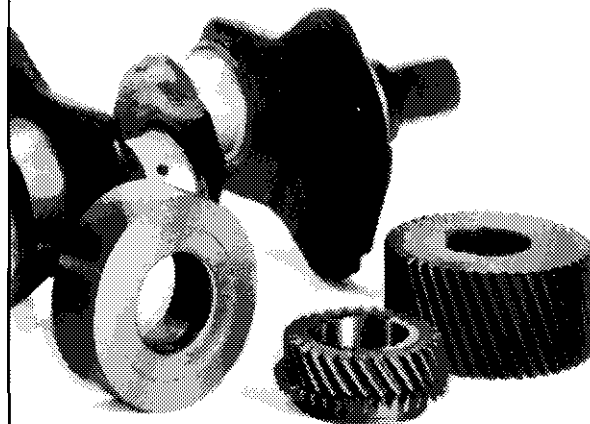
Vuorinaiset ry:n tilinumero on KOP Espoo Haukilahti 133630-102779. Maksaessasi jäsenmaksua ilmoita myös jäsenen nimi. Lisätietoja antaa rahastonhoitaja Raija Pesonen puh. 90-426 389.

Ilmoita myös jäsenen osoite sihteerille, jotta tämä pystyy lähettämään hänelle postia. Sihteeri on Benita Allenius, Elsankuja 2 F 59, 02230 Espoo, puh. 90-803 5345.

Tervetuloa!

LÄMPÖ- JA PINTAKÄSITTELYT

Kaikki tavalliset lämpökäsittelyt
sekä kovakromaus

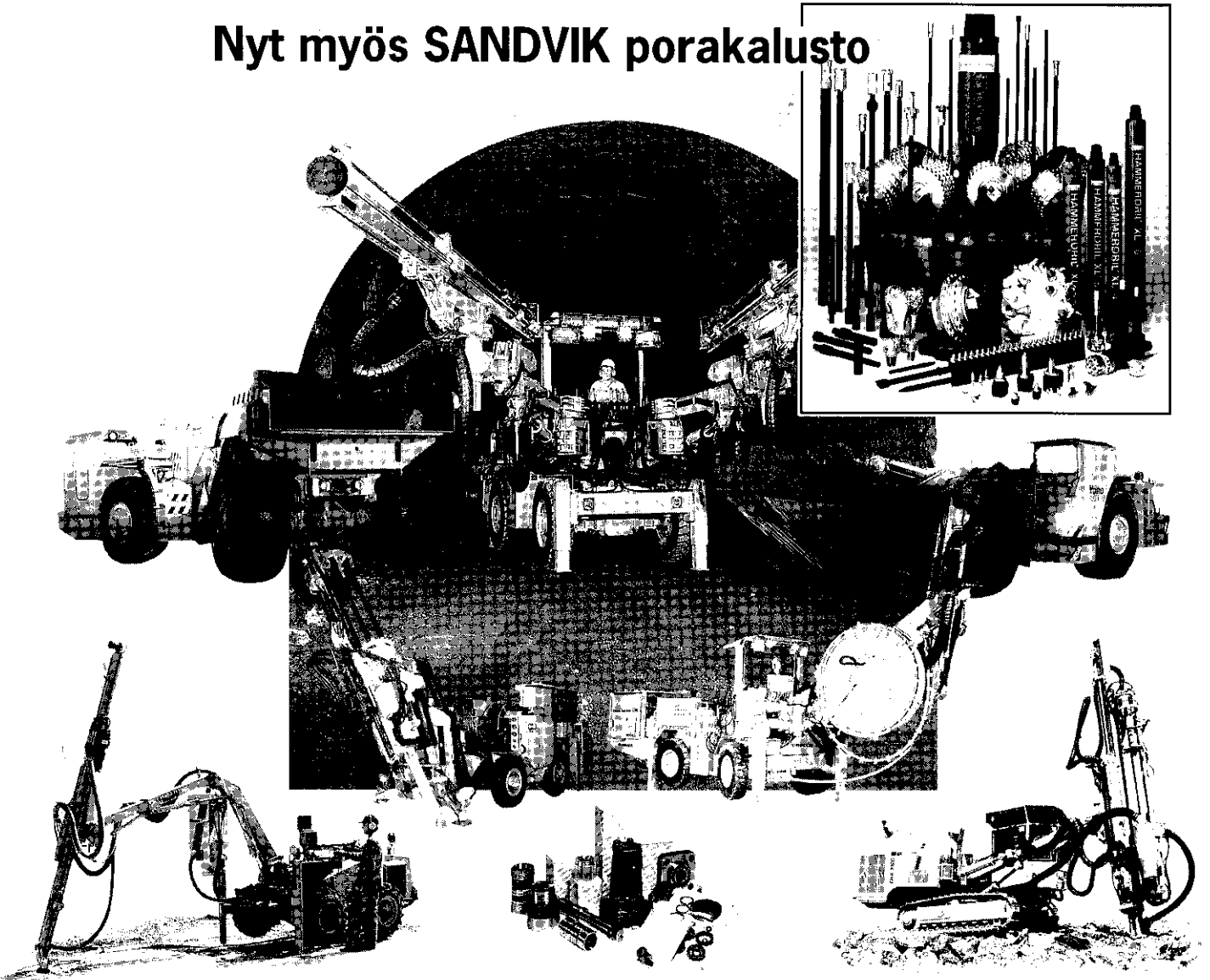


BRUKENS

HELSINKI	TAMPERE
(90) 506 1388	(931) 560 644
VAASA	PIEKSÄMÄKI
(961) 315 1599	(958) 615 611

KIVEN JA KALLION LOUHINTAAN

Nyt myös SANDVIK porakalusto



Myynti: TAMROCK OY,

Pispalanvaltatie 91, 33270 Tampere, Fax 931-241 4410

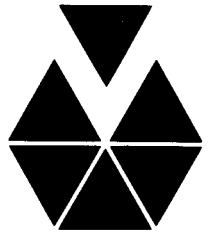
Kotimaan huolto: TAMROCK OY,

Pispalanvaltatie 78, 33270 Tampere, Fax 931-241 4363

TAMROCK

TAMROCK OY, PL 100, 33311 Tampere, Puh. 931-241 4111

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1994
52. vuosikerta
ISSN 00420-9317

Julkaisija, utgivare;
**VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.**

Publisher:
**THE FINNISH ASSOCIATION OF MINING AND
METALLURGICAL ENGINEERS**

VUORITEOLLISUUS – BERGSHANTERINGEN:

Päätoimittaja – Editor-in-Chief:

Prof. Martti Sulonen 90-4511
Teknillinen korkeakoulu Fax 90-451 2660
Materiaali- ja kalliotekniikan laitos
02150 Espoo

Toimittaja – Editor:

Dos. Heikki Laapas 90-4511
Teknillinen korkeakoulu Fax 90-451 2795
Materiaali- ja kalliotekniikan laitos
02150 Espoo

Toimitussihteeri ja ilmoituspäällikkö – Managing Editor
and Advertising Sales Director:

Ins. Lars Heikel 90-781 396
Punahilkantie 5 A 6
00820 Helsinki

Toimitusneuvosto – Editorial Board:

DI Matti Palperi, pj. 90-565 1221
Ulvilantie 11 b D 108
00350 Helsinki

TkT Jorma Rekola 90-2280 1300
Coopers & Lybrand Consulting Oy Ab
Mannerheimintie 16 A
00100 Helsinki

TkL Seija Sundholm 90-698 4088
Aukustinkuja 4 A Fax 90-698 2006
00840 Helsinki

FM Marjatta Virkkunen 90-465 734
Revontulentie 2 F
02100 Espoo

DI Timo Niitti 90-4211
Outokumpu Mintec Oy
PL 84
02201 Espoo

Ilmoitushinnat vuodelle 1995

II ja III kansi = 5.120,- 1/2-sivu = 2.920,-
takakansi = 5.900,- 1/4-sivu = 1.740,-
1/1 sivu = 4.330,- Lisäväri/kpl = 1.600,-

{ Ammattihakemisto-ilmoitus 1/1 vsk = 660,-
Koko: leveys = 85 mm ◆ korkeus = 25 mm

Vuosikerta = 100,- ◆ ulkomaille = 140,-
Irttonumero = 65,- ◆ ulkomaille = 75,-

SISÄLTÖ ■ INNEHÅLL

Pekka Poutanen: Puoli vuosisataa kuparia ja nikkeliä Harvallasta	61
Reijo Salminen: Kaivostoiminnan geokemialliset ympäristövaikutukset	65
Esko H. Eloranta: Rakoilleen väliaineen geofysiikka	69
Heikki Laapas: Timantteja löydetty Suomesta	72
Pentti Karjalainen: Fysikaalinen simulointi ja Gleeble-laitteisto terästen kehitystyössä	73
Timo Nordman: Vahvamagneettisen rikastuksen kehitys In Memoriam	77
Suoritettuja tutkintoja – Avlagda examina	82
Uusia jäseniä – Nya Medlemmar	84
Uutta jäsenistä – Nytt om medlemmarna	84
Vuorinaiset Tallinnassa 7.5.1994	85
Vuorinaiset tutustuvat urheilun maailmaan	85
Kaivosalan yhteispohjoismainen kokous Outokummussa 24.–25.8.94	86
Stipendi nuorelle jäsenelle	86
Bergdagarna 1995	87
Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1993	88
Radikaalit vuorimiehet laivaristeilyllä	90



Kansikuva: Harjavallan tehtaat 50 vuotta.

Cover: Harjavalta plants 50 years.

**VUORIMIESYHDISTYKSEN
HALLITUS
25.3.1994**

TkT Aulis Saarinen 981-327 711
puheenjohtaja Fax 981-327 462
Rautaruukki Oy
PL 217
90101 OULU

DI Antti Mikkonen 971-400 111
varapuheenjohtaja Fax 971-400 777
Kemira Chemicals Oy
PL 20
71801 SIILINJÄRVI

DI Pekka Erkkilä 9698-4521
Outokumpu Polarit Oy
95400 TÖRNIO

DI Matti Heiniö 931-241 4111
Tamrock Oy
Pispalanvaltie 91
33270 TAMPERE

Prof. Kari Heiskanen 90-451 2789
Teknillinen korkeakoulu
Materiaali- ja
kalliotekniikan laitos
Vuorimiehentie 2 A
02150 ESPOO

TkT Matti Ketola 973-556 345
Outokumpu Finnmines Oy
Tehtaankatu 2
83500 OUTOKUMPU

Prof. Veikko Lappalainen 90-4693 2200
Geologian tutkimuskeskus
Betonimiehenkuja 4
02150 ESPOO

FM Esko Lundén 921-742 6550
Nordkalk Oy Ab
21600 PARAINEN

DI Kari Nordberg 982-230 2273
Rautaruukki Oy
Raahen terästehdas
PL 93
92101 RAAHE

DI Ville Sipilä 968-828 1111
Outokumpu Kokkola Zinc Oy
PL 26
67101 KOKKOLA

TkL Matti Tyni 971-671 671
Malmikaivos Oy
73670 LUIKONLAHTI

Yhdistyksen sihteeri

I DI Erkki Tyni 981-327 171
Rautaruukki Oy Fax 981-327 515
PL 217
90101 OULU

II DI Olavi Paatsola 971-400 111
Kemira Chemicals Oy Fax 971-400 777
PL 20
71801 SIILINJÄRVI

Yhdistyksen rahastonhoitaja

LuK Marjatta Parkkinen 90-421 2442
Outokumpu Oy Fax 90-421 3899
PL 280
02101 ESPOO

Geologijaosto

FM Tuomo Korkalo 973-5561
puheenjohtaja
Outokumpu Finnmines Oy,
malminetsintä
Tehtaankatu 2
83500 OUTOKUMPU

FK Anne Voutilainen 90-759 881
sihteeri
Säteilyturvakeskus
PL 14
00881 HELSINKI

Kaivosjaosto

DI Lauri Siirama 971-400 204
puheenjohtaja
Kemira Chemicals Oy
PL 20
71801 SIILINJÄRVI

DI Jarmo Frii 973-556 209
sihteeri
Outokumpu
Mining Services Oy
PL 15
83501 OUTOKUMPU

Metallurgijaosto

TkT Kari Tähtinen 90-709 5211
puheenjohtaja
Imatra Steel Oy
PL 790, 00101 HELSINKI

DI Jari-Jukka Asikainen 954-680 2216
sihteeri
Imatra Steel Oy
55100 IMATRA

Rikastus- ja prosessijaosto

TkL Ulla-Riitta Lahtinen 90-451 2794
puheenjohtaja
Teknillinen korkeakoulu
Materiaali- ja
kalliotekniikan laitos
Vuorimiehentie 2 A
02150 ESPOO

DI Pertti Rantala 90-421 4291
sihteeri
Outokumpu Mintec Oy
PL 84
02201 ESPOO

Tutkimusvaltuuskunta

FM Esko Lundén 921-742 6550
puheenjohtaja
Nordkalk Oy Ab
21600 PARAINEN

Geologinen toimikunta
Prof. Heikki Niini 90-451 2720
puheenjohtaja
Teknillinen korkeakoulu
Materiaali- ja
kalliotekniikan laitos
Vuorimiehentie 2A
02150 ESPOO

Kaivosteknillinen toimikunta

DI Pekka Lappalainen 973-556 236
puheenjohtaja
Outokumpu
Mining Services Oy
83500 OUTOKUMPU

Rikastusteknillinen toimikunta

Prof. Kari Heiskanen 90-451 2789
puheenjohtaja
Teknillinen korkeakoulu
Materiaali- ja
kalliotekniikan laitos
Vuorimiehentie 2 A
02150 ESPOO

**Tutkimusvaltuuskunnan
ja sen toimikuntien sihteeri**

FT Jyrki Parkkinen 90-469 31
Geologian tutkimuskeskus Fax 90-462 205
Betonimiehenkuja 4
02150 ESPOO

Puoli vuosisataa kuparia ja nikkeliä Harjavallasta

Fil.maist. Pekka Poutanen

Kesäkuun 9. päivänä 1944 neuvostoarmeija aloitti valtavalla tykistöylioimalla ja yli 1000 lentokoneen voimalla Kannaksen suurhyökkäyksen. Vihollinen eteni nopeasti kohti pohjoista ja pitäjää pitäjältä Karjalan kannaksen väestö sekä omaisuus evakuoitiin. Sodan äänien jo kantautuessa Imatralle ryhdyttiin pohtimaan Vuoksenlaakson suurteollisuuden tulevaisuutta. Erityisesti maan sotatarviketeollisuudelle ja ulkomaankaupalle elintärkeän Outokummun kuparitehtaan toiminta oli pakko turvata kaikissa olosuhteissa.

Taistelujen edettyä jo Viipurin pohjoispuolelle saatiin 1. heinäkuuta sotatalousesikunnan kiireellinen puhelinmääräys siirtää tehdas Länsi-Suomeen Poriin. Muutamaa päivää myöhemmin uudeksi sijoituspaikaksi määrättiin kuitenkin Harjavalta, missä energiakysymys oli kätevästi ratkaistavissa ja maaperä arvioitiin erityisen hyvin rakentamiseen soveltuvaksi.

IMATRAN KUPARITEHDAS

Imatran kuparitehtaan aloittaessa toimintansa vuonna 1936 Suomesta ja Outokummusta oli tullut yksi Euroopan merkittävistä raakakuparin tuottajista. Tehtaan tekniikka oli monelta osin täysin uutta. Uuni (teho 9 MVA) oli käynnistyessään maailman suurin sulfidirikasteiden sulatukseen rakennettu sähköuuni. Harvinaista oli lisäksi, että tehdas oli täysin sähköistetty.

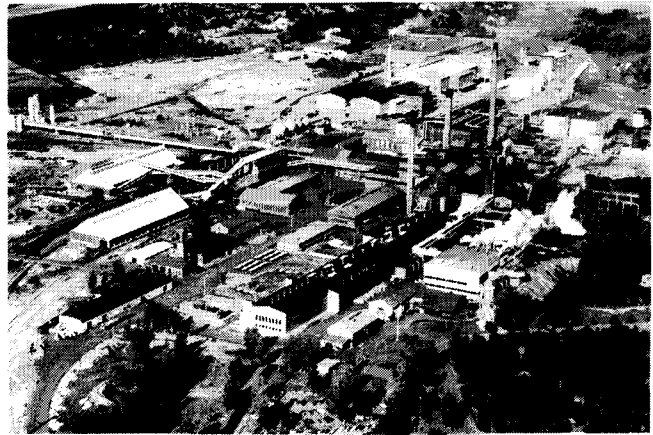
Sulaton rinnalla toimi kuparisulaton poistokaasujen rikkidioksidista nestemäistä rikkidioksidia tuottava tehdas. Myös tämän tehtaan tuotantomenetelmä oli uusi: maailmassa oli entuudestaan vain yksi samaa menetelmää käyttävä tehdas ja sekin kapasiteetiltaan paljon pienempi.

Vaikka sulatto ja sen tekniikka olivat uutta suomalaisille, opittiin tehtaan käyttö norjalaisten ja saksalaisten asiantuntemuksen tuella varsin pian. Jo toisen kokonaisen toimintavuoden (1938) aikana yllitettiin tavoiteltu 12.000 tonnin tuotantotasoa. Lukuunottamatta jatkosodan alkuvaiheessa tapahtuneita vaurioita kuparitehdas saatoi toimia varsin hyvin rauhasa myös sotavuosina 1939-1944. Rikkidioksidiprosessi ei missään vaiheessa ottanut kuitenkaan onnistuakseen Imatralle ja teknisistä vaikeuksista ei täällä päästy käytännössä koskaan eroon.

KIIREINEN LÄHTÖ SATAKUNNAN KANKAILLE

Ensimmäisenä päivänä heinäkuuta 1944 sotatalouspäälikkö ilmoitti puhelimitse, että kuparitehdas siirretään Länsi-Suomeen ja seuraavana päivänä käsky vahvistettiin kirjallisena. Outokummun johto osasi jo odottaa käskyä ja heti samalla kellonlyömällä käytiin purkamaan vajaan vuosikymmenen ikään ehtynyttä Imatran tehdasta. Pian käskyn jälkeen tehtiin myös päätös, että Harjavallan sulaton tuotantokyky nostetaan kaksinkertaiseksi entiseen verrattuna.

Suomi oli sodassa ja kaupalliset yhteydet ulkomaille olivat käytännössä poikki. Liittolainen, Saksa, oli kulkemassa kohti lopullista katastrofia eikä siltäkään voitu enää odottaa apua. Harjavallan sulattoa suunniteltaessa lähdettiin siitä, että kaikki millä arvioitiin olevan käyttöä uutta tehdasta rakennettaessa otetaan mukaan. Sen jälkeen kun koneet ja laitteet oli otettu talteen Imatralle, purettiin teräsrakenteita, kaapeleita pantiin rullalle, vesijohtoja kaitettiin maasta ja jopa asuntojen korkkimat otettiin mukaan.



Kuvassa etualalla kupari- ja nikkelitehtaat 1980-luvun puolivälissä. Taaempänä rikkihappotehdas, joka siirtyi Outokummun omistukseen vajaa vuosikymmen sitten.

The figure shows the plant area in the mid-1980's. Copper and nickel plants in the front, further behind a sulphuric acid plant.

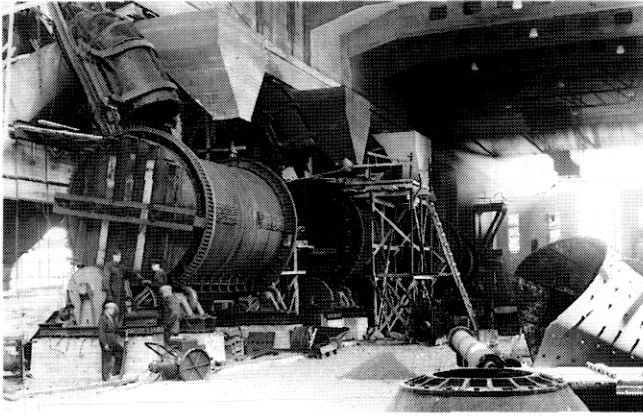
Elokuussa 1944 alkaneita rakennustöitä Harjavallassa haittasi pula rakennustarvikkeista sekä työvoiman erittäin suuri vaihtuvuus. Rakentamisjärjestys oli erikoinen. Tärkeintä oli saada maalle elintärkeä kuparituotanto käyntiin niin nopeasti kuin mahdollista, seinillä ja katolla ei ollut yhtä palava kiire. Rauhan palattua syyskuussa tilanne ei helpottunut, koska nyt kaikki voimat oli ohjattava palvelemaan sotakorvaustoimituksia, jotka painoutuivat metalliteollisuuden tuotteisiin.

JOULUYÖNÄ VIRTAA UUNEIHIN

Jotta kuparituotannon keskeytys jäisi mahdollisimman lyhyeksi päätettiin ensiksi saattaa toimintakuntoon Imatralta tuotu pieni sähköuuni, joka alunperin oli tarkoitettu nikkeliuuniksi. Lukemattomista vaikeuksista huolimatta rakennustyöt etenivät pääpiirteissään aikataulun mukaisesti ja joulukuussa pieni sähköuuni saatiin lämmitykselle. Jouluaaton myöhäisten tuntien ponnistelujen tuloksena virta voitiin kytkeä uuniin joulupäivänä 1944. Tammikuun 6. päivänä laskettiin ensimmäinen kuparikivi ja konvertteripuhallus valmistui seuraavana päivänä.

Melko tarkoin kuusi kuukautta siitä kun tuotanto Imatralle oli lopetettu, Suomi tuotti taas kuparia. Aluksi pienellä sähköuunilla saatiin metallia 400 tonnia kuukaudessa. Suuren sähköuunin rakentaminen jatkui kiivaassa tahdissa ja muuraustyöt alkoivat helmikuussa. Syksyllä 1945 suuren sähköuunin tultua käyttöön saavutettiin tavoiteltu 2000 tonnin kuukausituotanto.

Rikin käsittely ratkaistiin Harjavallassa toisella tavoin kuin Imatralle. Outokumpu sekä Rikkihappo- ja Superfosfaattitehtaat sopivat,



Imatralta siirretyt suuret konvertterit on saatu paikoilleen kesän kynnyksellä 1945.

The large converters from Imatra plant have just been installed on the eve of summer 1945.



Ison sähköuunin muuraus käynnissä maaliskuun lopulla 1945.

The masonry work of large electric furnace at the end of March, 1945.

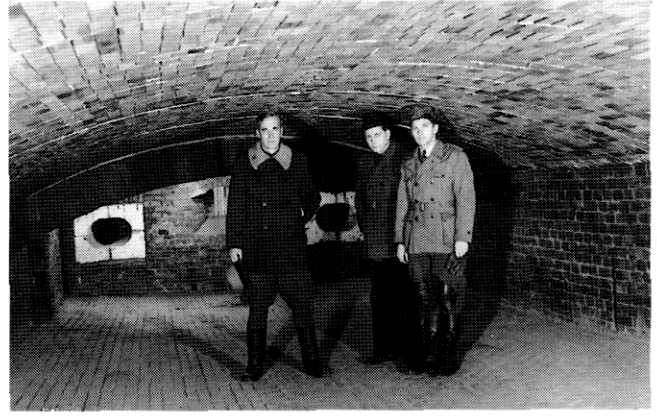
että viimeksi mainittu valtion yritys rakentaa sulaton naapuriin suuren rikkihappotehtaan. Rikkihappotehtaan rakentaminen eteni kuitenkin hitaasti ja vasta vuonna 1947 se saatiin osittain käyntiin. Viivästymisen seurauksena kuparisulaton läheisyydessä metsä kuoli pystyyn.

SÄHKÖPULA PAKOTTAA UUDELLE TIELLE

Teknisesti uusi kuparitehdas toimi varsin hyvin alusta lähtien. Sähköenergian hinnan raju nousu alkoi kuitenkin vuodesta 1946 rasittaa nopeasti sulaton kannattavuutta. Maassa oli yleisesti pulaa sähköenergiasta, koska rauhanteossa Neuvostoliitolle oli menetetty kolmannes maan koskivoimasta. Valtiovalta joutui säännöstelemään sähkön jakelua ja Outokumpua kehoitettiin tutkimaan mahdollisuuksia siirtä vähemmän sähköä kuluttavaan tuotantomenetelmään.

Yhtiön johto ryhtyiikin määrätietoisesti etsimään sähkösulatukselle vaihtoehtoista tuotantoprosessia. Varsin pian todettiin, että maailmalla yleisimminkin käytössä ollut lieskauuni ei voinut tulla kysymykseen Harjavallassa. Olisi ollut uhkarohkeata siirtä menetelmään, joka oli täysin riippuvainen ulkomailta tuotavista fossiilisista polttoaineista.

Kun oli saatu tietoja erään ranskalaisyhtiön Jugoslaviassa suorittamista kokeista, joissa oli voitu käyttää hyväksi malmin omaa polttoarvoa, ryhdyttiin Harjavallassa kehittämään tämän suuntaista menetelmää. Perusajatus oli yksinkertainen: rautaa ja rikkiä sisältävästä kuparimalmirikasteesta vapautuu pasutettaessa runsaasti läm-



Ensimmäinen liekkisulatusuuni on valmistunut. Vasemmalta ylinsinööri John Ryselin, sulaton päällikkö Toivo Toivanen ja diplomi-insinööri Matti Alhopuro.

The first flash smelter is ready. From the left Messrs. John Ryselin, Toivo Toivanen and Matti Alhopuro.

pöä, joka voidaan käyttää hyväksi prosessissa tiettyjen olosuhteiden vallitessa. Ongelman ytimen muodosti miten tällaiset olosuhteet oli luotavissa teollisissa mittakaavassa.

Teoreettiset selvitykset saatiin tehtyä vuoden 1946 aikana ja seuraavana vuonna rakennettiin huomattavan suuri koeuuni Harjavaltaan. Koetehtaasta ei saatu täysin selkeitä tuloksia ja kaiken kukkuraksi se paloi kesän kynnyksellä 1947. Vaikka kokeilujen tulokset olivat laihoja, ryhdyttiin tuotantomittakaavaisen uuden sulaton rakentamiseen vuoden 1947 lopulla.

Vielä pula-aikaa elävässä maassa tarvittavien koneiden sekä laitteiden hankinta oli kiven takana ja monet tekniset ratkaisut oli kehitettävä ja rakennettava itse. Huhtikuun lopussa 1949 uusi sulatto saatiin käyntiin, mutta kaikissa prosessivaiheissa ilmeni suuria vaikeuksia. Alkuaikoina uunin käyntijakso saattoi kestää runsaan kuukauden, jota seurasi viikkojen mittainen korjaus- ja muutosseikkoki.

Vuoden 1949 lopulla uuden sulaton toimintaedellytykset paraniivat oleellisesti kun ensimmäisen uunin rinnalle rakennettu toinen uuni saatiin käyttöön. Nyt liekkisulatto tuotti kuparia periaatteessa koko ajan kun tuotanto voitiin hoitaa kahdella uunilla. Toimintavarmuus parani kuukausi kuukaudelta niin, että kesällä 1950 liekkiuuni oli käynnissä yhden viikon ilman minkäänlaisia keskeytyksiä. Vuosina 1952–1953 uutta sulattoa voitiin ajaa kesäseisokista kesäseisokkiin käyttäen hyväksi molempia uuneja. Yhdellä uunilla saavutettiin ensimmäinen yli vuoden kestänyt ajo vuonna 1957.

METALLURGIAN MAAILMANKARTALLE

Outokummun käyttöön ottama sulatusmenetelmä herätti pian suurta kiinnostusta maailmalla ja yhtiössä oivallettiin, että menetelmästä saattaisi tulla merkittävä myyntiartikkeli. Ensimmäiset määrätietoiset toimet liekkisulatus teknologian myymiseksi tehtiin vuonna 1951, jolloin Outokummun johto tarjosi menetelmää neuvostoliittolaisille tahoille.

Kului kuitenkin vielä kolme vuotta ennenkuin ensimmäinen ulkomainen kupariyhtiö, japanilainen Furukawa Mining Company, oli valmis tekemään päätöksen ottaa käyttöön Outokummun menetelmä. Furukawan sulatto saatiin kunnialla käyntiin, mutta vasta 1963 otettiin käyttöön seuraava liekkisulatto Romaniassa.

1960-luvun jälkipuoliskon aikana liekkisulatus teknologian myynti kasvoi nopeasti ja teknisen tietämyksen myynnistä alkoi muodostua Outokummulle hyvin merkittävä myyntituote. Lyhyen ajan sisällä rakennettiin Japaniin kolme uutta sulattoa ja Intiaan sekä Australiaan kaksi. Kun aiemmin oli tehty pitkälti pelkkiä liekkisulatuksen lisenssi kauppia ja myyty yksinomaan perussuunnittelua, otettiin nyt vastattavaksi myös huomattavan suuria ja vaativia suunnittelupaketteja.

Vuonna 1974 Outokumpu solmi neuvostoliittolaisen osapuolen

kanssa sopimuksen maailman suurimpiin lukeutuvien nikkeli- ja kuparisulattojen toimittamiseksi Norliskiin Siperiassa. Vuosikymmenen kuluessa nousi eri puolille maailmaa myös useita muita kupari- ja nikkeliliekkisulattoja. Harjavallasta lähteneestä metallurgisen alan teknisen tietämyksen ja siihen liittyvien laitteiden myynnistä tuli Outokummulle lähes 1000 ihmistä työllistävä liiketoiminnan alue.

NIKKELIN TIELLE

Outokummun tuotanto-ohjelmaan oli jo sotavuosina Imatralla kuulunut nikkeli nojautuen Nivalan Makolan ja Petsamon kaivosten raaka-aineisiin. Harjavallan tehtaan ensimmäisten vuosien aikana myös täällä tuotettiin pieniä määriä nikkeliä.

Leppävirran Kotalahdesta 1950-luvulla löydetty esiintymä herätti uudelleen kiinnostuksen vaikeaan nikkelimetallurgiaan. Malmin metallipitoisuus oli alhainen ja sen kannattava hyödyntäminen oli mahdollista vain mikäli tuotanto metalliksi asti tapahtuisi kotimaassa. Kotalahden malmia varten laadittiin jalostusohjelma ja Harjavallaan päätettiin rakentaa uusi nikkelitehdas, jonka käyntiinlähde muodostui vaikeaksi.

Liekkisulatuksen toimintavarmuuden parannuttua toinen kupariuneista voitiin ottaa nikkelilinjaa käyttöön. Nikkelin sulatus ja elektrolyysivaihe saatiin toimimaan alusta pitäen varsin hyvin, mutta nikkelihienokiven liuotusprosessi jouduttiin rakentamaan lähes kokonaan uudelleen. Vasta vuonna 1961, lähes puolitoista vuotta suunniteltua myöhemmin, tehdas pääsi täysipainoiseen käyttöön ja pari vuotta myöhemmin saavutettiin tavoiteltu tuotantotasotaso 2500 t/v. Harjavallassa oli luotu uusi Outokumpu-prosessi, joka pian luettiin erääksi nikkelimetallurgian perusmenetelmistä maailmassa.

MAAILMALLE RAAKA-AINEIDEN HAKUUN

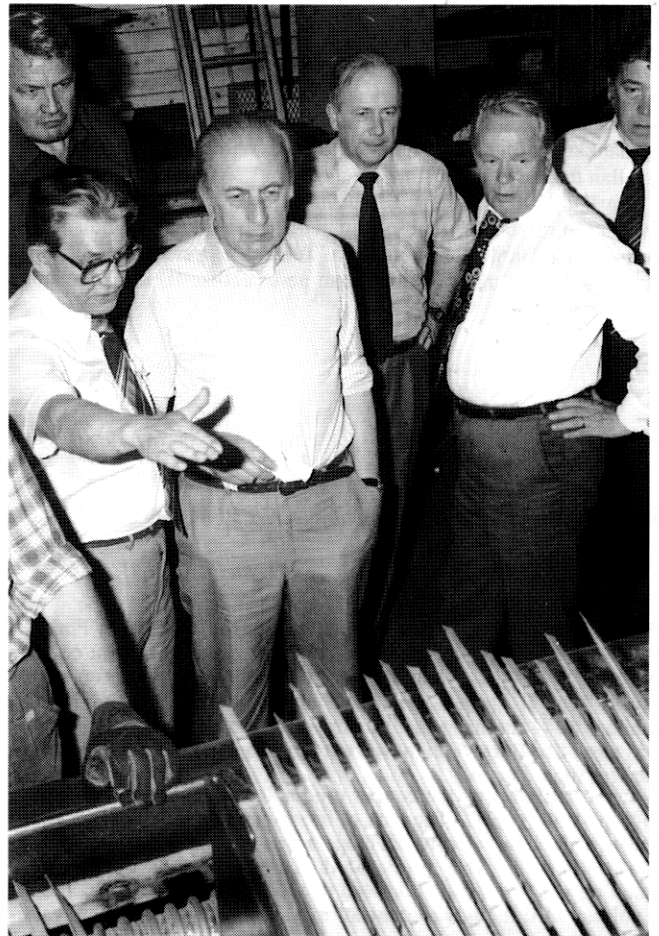
Harjavallan kupari- ja nikkelituotanto rakennettiin alunperin yhtiön omien kotimaisten kaivosten tuottamien rikasteiden jalostamiseksi. 1960-luvun jälkipuoliskolla nähtiin, että tehtaiden kannattava tuotanto edellytti kapasiteetin huomattavaa kasvattamista. Aloitettaessa vuonna 1971 ensimmäinen huomattava laajennusohjelma kuparituotannon kaksinkertaistamiseksi, 60.000 – 70.000 tonniin ja nikkelituotannon nostamiseksi 9.000 – 10.000 tonniin vuodessa, oli tehtaiden raaka-ainepolitiikkaa ryhdyttävä rakentamaan uudelle pohjalle.

Koska kotimaasta ei löydetty uusia todella huomattavia malmesiintymiä, oli lähdeittävä malminetsintään ja kaivostoimintaan ulkomaille, jotta Harjavallan tehtailla olisi toimintaedellytykset tulevaisuudessakin.



Marraskuussa 1982 saapunut ensimmäinen rikastejuna Kiirunan Viscaria kaivokselta, joka oli koko vuosikymmenen ajan yksi merkittävimmistä kupariraaka-aineen toimittajista.

The first concentrate train has just arrived in November 1982 from the Viscaria mine, Sweden. This mine was one of the leading suppliers of copper raw material during the whole decade.



Nikkeliprosessin kehittäjä Harjavallassa keväällä 1980. Vasemmalta ylimestari Pekka Heininen, nikkelitehtaan ensimmäinen päällikkö Per-Olof Grönqvist, vuorineuvos Jorma Honkasalo, paikallisjohtaja Heimo Saarinen, diplomi-insinöörit Aarne Kapanen ja Rauno Seeste.

The developers of nickel process in Harjavalta in the spring, 1980. From the left Messr. Pekka Heininen, Per-Olof Grönqvist, Jorma Honkasalo, Heimo Saarinen, Aarne Kapanen and Rauno Seeste.

1970-luvun lopulla alkoi määrätietoinen toiminta ulkomailla ja ulkomaisten raaka-aineiden osuus Harjavallassa alkoi kasvaa nopeasti. Onnistuneet hankkeet tekivät mahdolliseksi laajentaa edelleen tehtaiden tuotantokapasiteettia seuraavan vuosikymmenen aikana. 1980-luvun aikana ulkomaisten kupariraaka-aineiden ytimen muodostivat pohjoismaiset raaka-aineet, mutta myös Portugalista, Chilestä ja spot-markkinoilta virtasi Harjavallaan kuparirikasteita.

Nikkeliraaka-aineen saannissa oli ajoittain suuria vaikeuksia. 1980-luvun alussa yhtiön omista kaivoksista saatiin enää noin kolmannes tarvittavista raaka-aineista. Vapailla markkinoilla rikasteita oli hyvin niukalti, koska tuottajilla oli yleisesti integroitu tuotantoketju kaivoksilta valmiiseen metalliin. Enonkoskella avattu uusi kaivos helpotti tilannetta kuitenkin jonkin verran. Ulkomailla Australiassa päästiin kiinni kiinnostaviin tutkimushankkeisiin.

KOHTI UUTTA SUUREMPAA TULEVAISUUTTA

Harjavallan tehtaiden tulevaisuus ei näyttänyt valoisalta 1980-luvun viimeisinä vuosina. Kansainvälisen mittapuun mukaan kapasiteetti oli edelleen varsin pieni, eikä raaka-ainehuolto ollut kovinkaan vahvalla pohjalla. Outokumpu-konsernin strategioita tarkasteltaessa todettiin, että Harjavallan kupari- ja nikkelituotannolla ei ole tulevaisuutta ja toiminta kuihtuu, mikäli perinpohjaisiin uudistuksiin ei ryhdytä.

Australian uudet kiinnostavat nikkeliesiintymät antoivat kuitenkin aiheen miettiä Harjavallan tulevaisuutta uudelta pohjalta. Vuon-

na 1991 ryhdyttiinkin kehittämään uutta nikkeli-prosessia tavoitteena tuotannon nosto 32.000 tonniin. Suunnitelmissa todettiin, että tämä on mahdollista vain, mikäli samalla kuparin tuotantoa kohotetaan merkittävästi. Kuparin raaka-ainetilanne oli hieman parantunut, koska maailmalla oli lähdössä käyntiin uusia merkittäviä kaivoshankkeita, joista mahdollisesti oli saatavissa raaka-aineita Harjavallan tehtaiden tarpeisiin.

Keväällä 1983 voitiin tehdä päätös Harjavallan tehtaiden historian suurimmasta, 1874 miljoonan markan, laajennus- ja uudistusinvestoinnista, Harjavalta-projektista. Tehtaiden ja erityisesti nikkeliin tuotantotekniikka uudistetaan perusteellisesti. Kuparisulaton

100.000 tonnin anodituotanto nousee 160.000 tonniin ja Porissa toimivan elektrolyysin kapasiteetti 72.000 tonnista 125.000 tonniin.

Nikkelikatodien tuotantokapasiteetti pysyy entisellä 18.000 tonnin tasolla, mutta katodien ohella ryhdytään valmistamaan nikkeli-brikettejä 15.000 tonnia vuodessa.

Käynnissä olevien uudistus- ja laajennusinvestointien myötä Harjavallan tehtaista tulee yksi alan nykyaikaisimmista, kilpailukykyisimmistä ja samalla ympäristöä ajatelleen parhaista tehtaista. Myös tuleville kapasiteetin laajennuksille on olemassa hyvät edellytykset. Outokummun Harjavallan tehtaast varmistavat paikkansa kupari- ja nikkelimetallurgian maailmankartalla pitkälle 2000-luvulle.

SUMMARY

50 YEARS OF HARJAVALTA COPPER AND NICKEL PRODUCTION

At the time the Outokumpu Imatra copper mill in eastern Finland was started in 1936 the company had become an important copper producer in Europe. When the former Soviet Union at the end of the World War II started a massive attack against Finland in the summer 1944 the front line threatened Imatra, and the copper mill was moved to Harjavalta in western Finland due to its importance to the war time economy.

After hard efforts, the copper production was started in the new mill in January 1945. The lack of energy during the post-war years forced Outokumpu Co to develop a new smelting method for the Harjavalta mill. As a result of this work the Outokumpu flash smelting process was introduced at the end of the decade, which revolutionized the whole concept of sulphide smelting. Harjavalta

was raised to the world map of metallurgy and the flash smelting technology became a significant engineering sales item for the Outokumpu Co.

In the beginning of the 1960's a nickel plant was started in Harjavalta. The nickel process was also a result of Outokumpu Co's own development work.

During the 1970's and 1980's the production rate of both copper and nickel were effectively raised. At the same time the share of imported raw materials was rapidly increased. At the moment Harjavalta is executing a large investment program, worth of two billion Finnish mark. The process technology will be thoroughly modernized and the production capacity of both metals is substantially increased.

Puoli vuosisataa kuparia ja nikkeliä Outokummun Harjavallan tehtaast 1944–1994

Harjavallan tehtaiden merkivuoden johdosta Outokumpu Harjavalta Metals Oy on tuottanut 200 sivun laajuisen historiateoksen tehtaast vaiheista. Teoksen ovat kirjoittaneet fil.maist. Pekka Poutanen ja fil.tri Markku Kuisma.

Kaivostoiminnan geokemialliset ympäristövaikutukset

FT Reijo Salminen, Geologian tutkimuskeskus, Espoo

YLEISTÄ

Koska kaivostoiminnassa käsitellään suuria määriä raskasmetalleja sisältävää malmia, on luonnollista, että kaivosympäristössä erilaisissa luonnon materiaaleissa todetaan kemiallisen koostumuksen muutoksia. Jo pelkästään malmin pois louhiminen on tämän kaltainen muutos: kallioperän raskasmetallimäärä vähenee paikallisesti huomattavan paljon. Tätä ei kuitenkaan yleensä mielletä muutokseksi vaan pikemminkin pidetään muutosten aiheuttajana. Luonnon tasapainotilan horjuttaminen yhtäällä johtaa säännöllisesti muutoksiin myös toisaalla.

Oksidimalmeihin kohdistuvan kaivostoiminnan geokemialliset ympäristövaikutukset ovat vähäisiä, koska oksidimineraalit eivät vallitsevissa luonnon olosuhteissa ole liukenevia. Samoin puhtaiden kultamalmien louhinta ei aiheuta kemiallisia muutoksia ympäristöönsä. Sen sijaan sulfidimalmien vaikutukset ovat merkittäviä. Useimmat sulfidit eivät ole maan pinnalla vallitsevissa olosuhteissa pysyviä vaan pyrkivät hapettumaan, jolloin syntyy joko välivaiheena tai lopputuloksena liukoisia metalliyhdisteitä. Lisäksi reaktioissa vapautuvat vetyionit aiheuttavat happamuuden lisääntymistä. Tämä happamoituminen puolestaan edesauttaa edelleen metalleja sisältävien yhdisteiden liukenemistä.

Jo luonnontilainen malmiesiintymä aiheuttaa moniin materiaaleihin poikkeavia raskasmetallipitoisuuksia. Näiden poikkeavuuksien paikantamiseenhan perustuvat geokemialliset malminetsintämenetelmät. Maaperän metallipitoisuudet ovat usein malmiesiintymän vaikutusalueella kertaluokkaa suurempia kuin 'luonnontilaisella' alueella. Tämän vuoksi ei olekaan itsestään selvää, mikä osuus kaivoksen ympäristön maaperän ja vesien raskasmetallimäärästä on kaivoksen toiminnasta aiheutuvaa eli 'teknogeenistä', mikä taas on luonnollista. Sen lisäksi erilaiset materiaalit keräävät raskasmetalleja ja rikkiä hyvin eri tavalla ja erilaisia määriä.

Sammalen (seinäsammal ja kerrossammal) oletetaan saavan kaikki ravinteensa, niin ollen myös sisältämänsä raskasmetallit, ainoastaan ilman kautta sadeveden mukana. Tämän vuoksi sammalia on yleisesti käytetty indikoimaan ilmaperäistä laskeumaa (mm. Rühling 1992, Mäkinen 1983). Sammalista kerätään näytteeksi elävä vihreä osa ts. viimeisen 3–4 vuoden kasvu, jolloin myös analyysitulokset kuvastaa juuri tänä aikana tapahtunutta laskeumaa. Humukseen puolestaan on kertynyt pitkän ajanjakson kuluessa ilmaperäistä laskeumaa, mutta myöskin kasvien aineenvaihdunnan tuloksena maasta peräisin olevia aineksia sekä suoraan ionimuodossa maaperästä kulkeutuneita metalleja. Orgaaninen aines sitoo yleensä tehokkaasti metalleja, joskin kemialliset sidokset vaihtelevat tyypiltään aiheuttaen siten olosuhteiden muuttuessa myös muutoksia metallien liukoisuuteen. Yleensä kuitenkin humus kuvastaa pitempiaikaista kontaminaatiota (mm. Kohonen ja Salminen 1993).

Herkimmin ja nopeimmin muutoksiin reagoi pintavesi ja sen kanssa kosketuksessa oleva orgaaninen sedimentti. Orgaaninen aines on tehokas sitomaan metalleja myös vedestä ja sedimentin ja veden välillä vallitsee kemiallinen tasapainotila. Veden metallipitoisuuksissa tapahtuvat nopeat muutokset eivät kuitenkaan välittömästi rekisteröidy sedimenttiin, vaan sedimentti kuvastaa pitemmän ajanjakson keskimääräistä tilannetta, edellyttäen että pH-arvoissa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia. Sedimentti on niin ollen stabiilimpi indikaattori kuin vesi.

Mineraalimaassa todetut kemialliset muutokset rajoittuvat mo-

reenialueilla vain aktiivisen kaivostoiminnan alueelle. Hiekka- ja sora-alueilla tilanne olisi ilmeisesti toisenlainen, mutta kaivoksia ei tällaisille alueille ole perustettu. Luonnontilaisessa moreenissa ei Suomessa ole todettu kaivostoiminnasta aiheutuneita kemiallisia muutoksia. Malmi itsessään aiheuttaa moreeniin korkeita metallipitoisuuksia, mutta luonnontilassa pinnalla oleva humuskerros on tehokas keräämään ulkopuolisista lähteistä tulevat metallit.

KONTAMINAATION AIHEUTTAJAT KAIVOSYMPÄRISTÖSSÄ

Kaivostoiminnan aikana merkittävin aiheuttaja kaivosympäristön kemiallisen tilan muutoksille on pölyäminen. Louhinta- ja murskausvaiheessa sekä erityisesti rikastevarastojen ja rikasteen lastaus- ja kuljetusvaiheeseen liittyvä pölyäminen on runsasta. Liukenemalla tapahtuva metallien leviäminen on yleensä toiminnan aikana hallinnassa, koska prosessia valvotaan, siinä vallitseva pH-alue ei ole otollinen sulfidien liukenemiselle ja jäte on veden kyllästämää. Hapettumista ei tällöin sanottavasti pääse tapahtumaan.

Hapettumisen ja liukenemisen merkitys kasvaa, jos jätealue toiminnan päätyttyä jää kuivaksi. Tällöin pintaosissa hapettuminen etenee huomattavan nopeasti ja sadevedet liuottavat metallit suotautuessaan pintakerroksen läpi. Samalla jätteen läpi suotautuvan veden pH laskee arvoon 2–3, jolloin edelleen sulfidien liukeneminen lisääntyy.

Häiriöt prosessissa, patojen sortumat yms. vahingot voivat hetkellisesti aiheuttaa voimakkaitakin kemiallisia muutoksia kaivosympäristöön. Kokonaisuuden kannalta ne eivät ole merkittäviä, mutta saattavat hyvinkin rekisteröityä esim. sedimentteihin tai huumukseen, joista ne ovat todettavissa vielä vuosienkin kuluttua.

ERILAISTEN LUONNONMATERIAALIEN RASKASMETALLIPITOISUUDET KAIVOSYMPÄRISTÖSSÄ

Keskimääräisiä pitoisuuksia arvioitaessa kaivosympäristössä mediaanin käyttö keskilukuna antaa todenmukaisemman kuvan kuin aritmeettinen keskiarvo. Yleensä malmien pitoisuudet ovat useita dekadeja korkeampia kuin tausta-arvot. Tällöin on luonnollista, että myös ympäristöön aiheutuu satunnaisia hyvin korkeita arvoja, jotka nostavat keskiarvon 'liian' korkeaksi aineiston jakauman vinouden vuoksi. Todenmukaisimman kuvan tilanteesta antaa maksimi-arvojen (tai vaihteluvälin) tarkastelu yhdessä mediaaniarvon kanssa. Pelkkä maksimiarvo puolestaan johtaa harhaiseen tarkasteluun, koska yksittäiset satunnaiset ja hetkelliset suuret pitoisuudet eivät yleensä aiheuta luonnolle merkittäviä vaurioita.

Taulukoissa 1–5 tarkastellaan erilaisissa näytemateriaaleissa todettuja raskasmetallipitoisuuksia kahden toimintansa lopettaneen kaivoksen (Aijala ja Makola) ja yhden toimivan kaivoksen (Pyhäsalmi) vaikutusalueilla ja verrataan niitä raskasmetallipitoisuuksiin luonnontilaisten malmiesiintymien alueilla ja normaalin asutuksen vaikutuspiirissä; lisäksi esitetään vertailun vuoksi viranomaisien säätämiä raja- ja ohjearvoja. Analyysimenetelmänä on kaikissa tapauksissa ollut vahvahappoutukseen (kuningasvesi tai väkevä typpihappo) perustuva määrittäminen AAS-, ICP-AES- tai ICP-MS-laitteistolla. Varsinaisten kaivostoiminnan kohteena olevien metallien (Cu ja Ni) lisäksi tarkastellaan sulfidimalmeissa yleisesti esiintyviä myrkyllisiä metalleja (As ja Cd) sekä rikkiä.

Taulukko 1. Humusnäytteissä todettujen Ni-, Cu-, As-, Cd- ja S-pitoisuuksien mediaani- ja maksimiarvoja (ppm) malmiesiintymien sekä toimivan ja entisen kaivoksen vaikutuspiirissä sekä kaupunkialueella ja puhtaalla tausta-alueella. Vertailun vuoksi taulukossa on esitetty myös saastuneelle maaperälle Hollannissa määritetyt raja-arvot sekä vastaavat Suomessa tehdyt ehdotukset (rajoituksia käytössä/korjaustoimenpiteitä edellyttävät arvot). N on havaintojen lukumäärä.

Table 1. Median and maximum values (ppm) of Ni-, Cu-, As-, Cd- and S-abundances in humus overlying ore deposits, adjacent to operating and abandoned mines, in an urban area and in natural background areas. For comparison the official Dutch and proposed Finnish limit values for polluted soil (lower value: limited land use permitted, higher value: soil restoration required) are given. N is number of observations.

	Ni	Cu	As	Cd	S	N
MALMIESIINTYMÄ						
Enonkoski ¹ (med)	68	39				131
(max)	(340)	(180)				
Miuhkali ¹ (med)	13	28				63
(max)	(110)	(180)				
KAIVOS						
Aijala ² (med)	5	19	5	1	1880	20
(max)	(9)	(68)	(82)	(2)	(3000)	
Pyhäsalmi ² (med)	5	248	<3	1	3750	18
(max)	(13)	(625)	(24)	(4)	(6640)	
Makola ² (med)	26	28	<3	1	1640	7
(max)	(85)	(116)	(5)	(1)	(2060)	
KAUPUNKI						
Turku ³ (med)	15	19	5	1	1700	63
(max)	(45)	(41)	(40)	(2)	(3700)	
TAUSTA						
Enonkoski ¹ (med)	10	12				
Hannukainen ⁴ (med)		6				971
SAASTUNUT MAA						
Suomi ⁵	40/200	50/200	10/50	1/10		
Hollanti ⁶	100/500	100/500	30/50	5/20		

- ¹ Salminen ja Kokkola (1984)
² Sipilä (1994)
³ Kohonen ja Salminen (1993)
⁴ Äyräs (1990)
⁵ Manninen ja Willamo (1993)
⁶ Moen et al. (1986)

Taulukko 3. Sammalnäytteissä todettujen Ni-, Cu-, As-, Cd- ja S-pitoisuuksien mediaani- ja maksimiarvoja (ppm) malmiesiintymien sekä toimivan ja entisen kaivoksen vaikutuspiirissä sekä kaupunkialueella ja puhtaalla tausta-alueella. N on havaintojen lukumäärä.

Table 3. Median and maximum values of Ni-, Cu-, As-, Cd- and S-abundances in moss in the proximity of operating and abandoned mines, in an urban area and in a natural background area. N is number of observations.

	Ni	Cu	As	Cd	S	N
KAIVOS						
Aijala ¹ (med)	2	6	<3	1	1210	20
(max)	(2)	(17)	(16)	(1)	(2550)	
Pyhäsalmi ¹ (med)	2	93	<3	1	1770	14
(max)	(3)	(527)	(<3)	(1)	(6360)	
Makola ¹ (med)	10	7	<3	0	930	7
(max)	(12)	(10)	(<3)	(1)	(1130)	
KAUPUNKI						
Turku ² (med)	5	10	1	0	1400	71
(max)	(26)	(46)	(8)	(1)	(2900)	
TAUSTA						
Koko Suomi ³ (med)	2	5		0		781
(max)	(65)	(18)		(2)		

- ¹ Sipilä (1994)
² Kohonen ja Salminen (1993)
³ Rühling et al. (1992)

Taulukko 2. Mineraalimaanäytteissä todettujen Ni-, Cu-, As-, Cd- ja S-pitoisuuksien mediaani- ja maksimiarvoja (ppm) malmiesiintymien sekä toimivan ja entisen kaivoksen vaikutuspiirissä sekä puhtaalla tausta-alueella. Vertailun vuoksi taulukossa on esitetty myös saastuneelle maaperälle Hollannissa määritetyt raja-arvot sekä vastaavat Suomessa tehdyt ehdotukset (rajoituksia käytössä/korjaustoimenpiteitä edellyttävät arvot). N on havaintojen lukumäärä.

Table 2. Median and maximum values (ppm) of Ni-, Cu-, As-, Cd- and S-abundances in minerogenic overburden above ore deposits, at operating and abandoned mines, and in a natural background area. For comparison the official Dutch and proposed Finnish limit values for contaminated soil (lower value: limited land use, higher value: soil restoration is required) are given. N is number of observations.

	Ni	Cu	As	Cd	S	N
MALMIESIINTYMÄ						
Outokumpu ¹ (med)	330	69				121
(max)	(3600)	(840)				
Keivitsa ² (med)	428	425	5	1	62	145
(max)	(9010)	(6600)	(11)	(1)	(1470)	
KAIVOS						
Pyhäsalmi ³ (med)	20	42	8	0	2800	9
(max)	(57)	(1450)	(17)	(17)	(82200)	
Makola ³ (med)	24	22	<3	0	745	11
(max)	(78)	(97)	(6)	(0)	(3650)	
TAUSTA						
Koko Suomi ⁴ (med)	17	21	3		140	1057
(max)	(173)	(149)	(44)		(1980)	
SAASTUNUT MAA						
Suomi ⁵	40/200	50/200	10/50	1/10		
Hollanti ⁶	100/500	100/500	30/50	5/20		

- ¹ Liimatta (1985)
² Hirvas et al. (1994)
³ Sipilä (1994)
⁴ Koljonen (1992)
⁵ Manninen ja Willamo (1993)
⁶ Moen et al. (1986)

Taulukko 4. Pintavesissä todettujen Ni-, Cu-, As-, Cd- ja S-pitoisuuksien sekä pH:n mediaani- ja maksimiarvoja malmiesiintymien sekä toimivan ja entisen kaivoksen vaikutuspiirissä sekä kaupunkialueella ja puhtaalla tausta-alueella. Vertailun vuoksi taulukossa on esitetty myös lääkintöhallituksen talousvedelle määrittämät raja- tai tavoitearvot. N on havaintojen lukumäärä.

Table 4. Median and maximum values of Ni-, Cu-, As-, Cd-, S-abundances and pH-values in surface waters above an ore deposit, in the vicinity of operating and abandoned mines, in urban areas and in a natural background area. For comparison the limit or recommended values for drinking water given by the Finnish National Board of Health is presented. N is number of observations.

	Ni ug/l	Cu ug/l	As ug/l	Cd ug/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	pH	N
MALMIESIINTYMÄ							
Talvivaara ¹ (med)	>70	>4	>1	>1	>7	<4,8	12
KAIVOS							
Aijala ² (med)		40	1	5	481	5,8	5
(max)		(85)	(3)	(168)	(1050)	(4,6)	
Pyhäsalmi ² (med)		62	9	11	1540	3,6	7
(max)		(3270)	(70)	(171)	(1850)	(3,2)	
Makola ² (med)		16	1	0	105	5,9	4
(max)		(32)	(1)	(0)	(225)	(5,9)	
KAUPUNKI							
Kuopio ³ (med)	1	2		0			83
(max)	(11)	(12)		(1)			
Vantaa ⁶ (med)	8	6			23	7,1	
(max)	(24)	(12)			(29)	(6,6)	
TAUSTA							
Koko Suomi ⁴ (med)	1	1	0	0	4	5,9	1165
(max)	(16)	(25)	(7)	(1)	(548)	(3,0)	
TALOUSVESI⁵	50	300	50	5	100	6,5-5,8	

- ¹ Loukola-Ruskeeniemi, (suullinen tieto)
² Sipilä (1994)
³ Pirttisalo ja Räisänen (1988)
⁴ Suomen geokemian atlas, osa 3, (valmistilla)
⁵ Lääkintöhallitus (1990)
⁶ Helsingin kaupungin vesilaitos

Taulukko 5. Orgaanisissa purosedimentinäytteissä Ni-, Cu-, As-, Cd- ja S-pitoisuuksien mediaani- ja maksimi-arvoja (ppm) malmiesiintymien sekä toimivan ja entisen kaivoksen vaikutuspiirissä sekä kaupunkialueella ja puhtaalla tausta-alueella. Vertailun vuoksi on taulukossa esitetty myös saastuneelle maaperälle Hollannissa määritetyt raja-arvot sekä vastaavat Suomessa tehdyt ehdotukset (rajoituksia käytössä/korjaustoimenpiteitä edellyttävät arvot). N on havaintojen lukumäärä.

Table 5. Median and maximum values of Ni-, Cu-, As-, Cd- and S-abundances in organic stream sediments above an ore deposit, adjacent to operating and abandoned mines, in an urban area and in a natural background area. For comparison the official Dutch and proposed Finnish limit values for contaminated soil (lower value: limited land use permitted, higher value: soil restoration is required) are given. N is number of observations.

	Ni	Cu	As	Cd	S	N
MALMIESIINTYMÄ						
Maaselkä (k.a.) (max)	19 (73)	6 (37)				
KAIVOS						
Aijala ² (med) (max)	16 (29)	77 (1770)	17 (33)	1 (30)	4320 (28400)	14
Pyhäsalmi ² (med) (max)	13 (27)	68 (809)	6 (49)	1 (34)	2475 (15500)	20
Makola ² (med) (max)	50 (517)	65 (364)	7 (21)	0 (0)	2420 (17800)	7
KAUPUNKI						
Kuopio ³ (k.a.) (max)	15	24 (>38)				
TAUSTA						
Koko Suomi ⁴ (med) (max)	14 (152)	12 (476)	5 (768)	0 (1)	1265 (49700)	1197
SAASTUNUT MAA						
Suomi ⁵	40/200	50/200	10/50	1/10		
Hollanti ⁶	100/500	100/500	30/50	5/20		

¹ Pulkkinen (1984)

² Sipilä (1994)

³ Salminen (1980)

⁴ Suomen geokemian atlas, osa 3, (valmisteilla)

⁵ Manninen ja Willamo (1993)

⁶ Moen et al. (1986)

YHTEENVETO

Luonnontilainen malmiesiintymä samoinkuin mineralisoitunut kivilaji kuten mustaliuske tai serpentiiniitti aiheuttaa luonnonmateriaaleihin samaa tasoa olevia metallipitoisuuksia kuin kaivostoimintakin. Tämän vuoksi 'teknogeenisen' ja luonnollisen metallipitoisuuden erottaminen ei ole ongelmantonta, ellei ennen kaivostoiminnan aloittamista ole riittävän huolellisesti suoritettu useita luonnonmateriaaleja kattavaa perustilanteen kartoitusta. Esimerkiksi ultraemäksisten kivien alueella maaperän luonnollinen nikkelipitoisuus ylittää helposti ja laajoilla alueilla saastuneen maan kunnostustoimenpiteitä edellyttävät raja-arvot.

Nopeimmin ja herkimmin muutokset ovat havaittavissa pintavesissä, joissa ne myöskin voivat olla todettavissa kymmenienkin kilometrien päässä alajuoksulla, ellei virtaaman kasvusta aiheutuva laimentuminen pudota pitoisuuksia aikaisemmin normaalin vaihtelun puitteisiin. Toisaalta myös luonnolliset vaihtelut vesien pitoisuuksissa ovat suuria, joten kokonaistilanteen arviointia yksittäisten havaintojen perusteella ei pitäisi tehdä.

Orgaaninen aines, kuten humus ja orgaaninen tai runsaasti orgaanista ainesta sisältävä pohjasedimentti keräävät tehokkaasti raskasmetalleja ja niihin on varastoituneena kaivoksen ympäristössä huomattavia määriä metalleja. Metallien sitoutuminen orgaanisiin yhdisteisiin vaihtelee ja niistä voi olosuhteiden muuttuessa myös liueta metalleja. Toisaalta kuitenkin esim. orgaaninen sedimentti on huomattavasti stabiilimpi kuin sen kanssa kosketuksissa oleva vesi.

Toimintansa lopettaneen kaivoksen geokemiallinen ympäristövaikutus on vähäinen. Pölyämisen tuloksena havaitut muutokset raskasmetallipitoisuuksissa rajoittuvat muutamien kymmenien tai

sadan metrin etäisyydelle rikastushiekkavarastosta. Jätteen hapettuessa on kuitenkin mahdollista, että metalleja liukenee mikäli pH-arvot pääsevät laskemaan liian alhaisiksi, ja suotautuvien vesien mukana metalleja voi kulkeutua alapuolisiin vesistöihin. Todetut haittavaikutukset ovat kuitenkin olleet vähäisiä.

Toiminnan aikana taas merkittävimäksi geokemiallisten muutosten aiheuttajaksi on osoittautunut pölyämisen kautta ympäristöön tapahtuva metallipitoisen aineksen – malmin louhinnan ja murskauksen sekä rikasteen käsittelyssä syntyvän – leviäminen. Tämä vaikutus on havaittavissa 1–2 kilometrin etäisyydellä herkästi reagoivissa aineksissa kuten sammalnäytteissä.

Kaivoksen, sen paremmin toimivan kuin toimintansa lopettaneenkaan, luonnontilaisessa ympäristössä todetut raskasmetalli- ja rikkipitoisuudet eivät keskimääräisesti tarkasteltuina poikkea esim. kaupunkiympäristössä todetuista pitoisuuksista. Satunnaisesti tavattavia suuria pitoisuuksia esiintyy useammin kaivostyöympäristöissä kuin kaupunkiympäristössä, mutta niidenkin taso on samaa suuruusluokkaa.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

Hirvas, H., Saarnisto, M., Hakala, P., Huhta, P., Johansson, P. ja Pulkkinen, E., 1994. Maaperän kerrosjärjestys ja geokemia Keivitsassa. Geologian tutkimuskeskus, Maaperäosasto, Raportti P 23.4.014. 44 s.

Kohonen, T. ja Salminen, R., 1993. Sammaleen ja humuksen alkuainepitoisuudet rikki- ja raskasmetallilaskeuman indikaattoreina Turun kaupunkiseudulla. Turun kaupunki, Ympäristönsuojelutoimisto, julkaisu 4/93. 16 s. 24 liitettä.

Koljonen, T. 1992. Suomen geokemian atlas, osa 2 Moreeni – Geochemical Atlas of Finland, Part 2, Till. Geologian tutkimuskeskus. 218 s.

Lahermo, P., Ilmasti, M., Juntunen, R. ja Taka, M., 1990. Suomen geokemian atlas, osa 1, Suomen pohjavesien hydrogeokemiallinen kartoitus – The geochemical Atlas of Finland, Part 1, The hydrogeochemical mapping of Finnish groundwater. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 66 p.

Liimatta, P., 1985. Moreenin geokemiasta Outokummun Kaasilan malmipuhkeaman ympärillä. Julkaisematon pro gradu -tutkielma, Turun Yliopisto, Geologian laitos. 80 s.

Lääkintöhallitus, 1990. Yleiskirje No. 1977.

Manninen, S. ja Willamo, R., 1993. Ympäristön laadun ohjearvot Suomessa – arvoja ja arvioita. Environmental Fennica 17. 131 s.

Moens, J.E.T., Cornet, J.P., and Evers, C.W.A., 1986. Soil protection and remedial actions: Criteria for decision making and standardization of requirements. In: Proceedings of 1st TNO Conference on Contaminated Soil, Utrecht, 11.–15.11.1985.

Mäkinen, A., 1983. Heavy metals and arsenic concentrations of a woodland moss *Hylocomium splendens* (Hedw.) Br. et Sch. growing around a coal-fired power plant in coastal southern Finland. Projekt Kol-Hälsa-Miljö. Teknisk rapport 85. 80 s.

Pirttisalo, K. ja Räisänen, M.L., 1988. Raskasmetallit Kuopion alueen rantasedimenteissä vuosina 1974–1977 ja 1985–1986. Kuopion kaupunki, erilliselitykset ER 1988:3. 30 s., 1 liite.

Rühling, Å., Brumelis, G., Goltsova, N., Kvietkus, K., Kubin, E., Liiv, S., Magnusson, S., Mäkinen, A., Pilegaard, K., Rasmussen, L., Sander, E. and Steinnes, E., 1992. Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe 1990. Nordic Council of Ministers, Nord 1992:12. 41 p.

Salminen, R., 1980. Contamination of stream and lake sediments in the Kuopio urban area. J. Geochem. Explor. 5,406–409.

Salminen, R. 1980. On the contamination of stream sediments in urban and mining areas in Finland. Int. Geochem. Explor. Symp. Hannover, 10.–15.4.1980.

Salminen, R. and Kokkola, M., 1984. Annual variation in metal contents of humus. pp 171–177 In: M. Jones (ed.) Prospecting in areas of glaciated terrain. Inst. Min. Met., London.

Sipilä, P., 1994. Aijalan, Pyhäsalmen ja Makolan sulfidimalmikaivosten rikastamoiden jätealueiden ympäristövaikutukset, osat I–V. Geologian tutkimuskeskus, julkaisematon raportti no. KA 33/94/1.

Suomen geokemian Atlas, osa 3, Ympäristögeokemia (valmisteilla).

Åyräs, M., 1990. Moreeni- ja humusgeokemian vertailu erällä koealueilla Lapissa. Julkaisematon fil.lis.-tutkielma, Turun yliopisto, Geologian laitos. 80 s.

SUMMARY

GEOCHEMICAL INFLUENCE OF MINING IN ITS ENVIRONMENT

A unexploited ore deposit, as well as a mineralized rock type such as black schist or serpentinite can be responsible for heavy metal concentrations in natural materials as high as those caused by active mining. Therefore, within a particular mining area it can be difficult to discriminate between heavy metal concentration due to the mining process itself and elevated natural background abundances unless a comprehensive study has been carried out prior to exploitation. With occasional exceptions, the heavy metal concentrations detected proximity to operating or abandoned mines tend not to differ from those in urban areas.

The most sensitive material for monitoring the changes in the natural metal concentrations is surface water, and changes can be detected even tens of kilometres downstream of a given source. On the other hand, natural variation is great, so that monitoring changes cannot be based on individual samples.

Organic material like humus and organic rich bottom sediment effectively take up metal ions and can store large amounts of metals in the surrounding of mines. Changes in chemical equilibria can either liberate or bind metal ions in organic sediment material, but compared with water, sediments are much more stable.

The impact of an abandoned mine on its surrounding is small. Dust from the dump is detected only over distances of tens or hundreds of metres. Oxidation of the waste may cause lowering of pH-values in seepage waters and thus cause leaching of metals from the waste. However, reported harmful cases are not very common. The distribution of dust from an active mine is a significant inconvenience and is readily detectable within sensitive mosses at the distances of 1–2 kilometres from the mine.

Rakoilleen väliaineen geofysiikkaa

Geofysikko, tekn. tri Esko H. Eloranta, Säteilyturvakeskus, Helsinki

JOHDANTO

Tämän artikkelin tarkoituksena on esitellä kahta varsin erilaista laskennallista tutkimushanketta, jotka liittyvät rakoilleen väliaineen geofysiikkaan. Rakoilleen väliaineen, jollainen kallioperämme on eri geometrisissa mittakaavoissa, tutkimus on muodostunut keskeiseksi ongelmakentäksi käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikatutkimuksissa.

Rakojä voidaan mittakaavasta riippuen pitää aineominaisuutena tai ne voidaan ymmärtää ehjässä väliaineessa olevina rakenteina. Raot ovat usein vesi- tai mineraalitäytteisiä. Useimmiten rakoilu on luonteeltaan fraktaalista eli rakojä esiintyy eri geometrisissa mittakaavoissa aina mikroskooppisista hiushalkeamista suuriin maankuoren lävistäviin ruhjeisiin saakka. Rako-termiä käytetään tässä artikkelissa yleisesti kuvaamaan kaikkea kallioperän eriaisteista rikkonaisuutta. Raoilla on kokojakautumansa lisäksi usein hyvinkin selkeitä suuntajakautumia. Kallioperän rakennemalleissa huomattavia rakojä on tapana kuvata levymäisinä rakenteina.

Säteilyturvakeskuksessa on vuodesta 1991 alkaen tutkittu rakoilleen väliaineen geofysiikkaa sekä omana tutkimuksena että yhteistyössä kotimaisten ja ulkomaisten tutkimusorganisaatioiden kanssa. Tutkimus on kohdistettu toisaalta geofysiikan sähköisiin ja sähkömagneettisiin menetelmiin rakoiluominaisuuksien selvittämisessä sekä toisaalta rakoilleessa, vesipitoisessa ja lämpölähteitä sisältävässä väliaineessa keskenään vuorovaikuttavien termisten, hydraulisten ja mekaanisten ilmiöiden matemaattiseen mallintamiseen.

RAKOILLEEN VÄLIAINEEN SÄHKÖMAGNETIIKKA

Geofysikaalisten tutkimusmenetelmien joukosta valittiin sähköiset ja sähkömagneettiset menetelmät, joiden ominaisuuksia rakoilleen väliaineen tutkimuksissa haluttiin selvittää käyttäen laskennallista lähestymistapaa. Sähköisillä ja sähkömagneettisilla menetelmillä on varsin moninaiset käyttö- ja sovellusmahdollisuudet, koska niiden mittauskonfiguraatioita ja taajuuksia voidaan suhteellisen helposti myös käytännön kenttätöissä varioida. Menetelmiin kuuluvat tasa-virta- eli galvaanisit menetelmät, induktiiviset menetelmät sekä tutkimenetelmät. Viimeksi mainittuihin kuuluu poranreikätkä, jolla on keskeinen merkitys erityisesti rakojen sijainnin ja asennon määrittämisessä /9/. Geofysikaalisessa kirjallisuudessa on runsaasti sähköisten ja sähkömagneettisten menetelmien malminetsintäsovelluksiin liittyviä teoreettisia, laskennallisia ja käytännöllisiä tutkimuksia, mutta varsinaisesti rakoilleen väliaineen problematiikkaan keskittyviä tutkimuksia ei ole vielä kovin runsaasti julkaistu. Toisaalta monet teoreettiset tutkimukset ovat sovelluskohteista riippumattomia, joten tällaisilla tuloksilla saattaa olla sovellusmahdollisuuksia myös rakoilleen väliaineen tutkimuksessa.

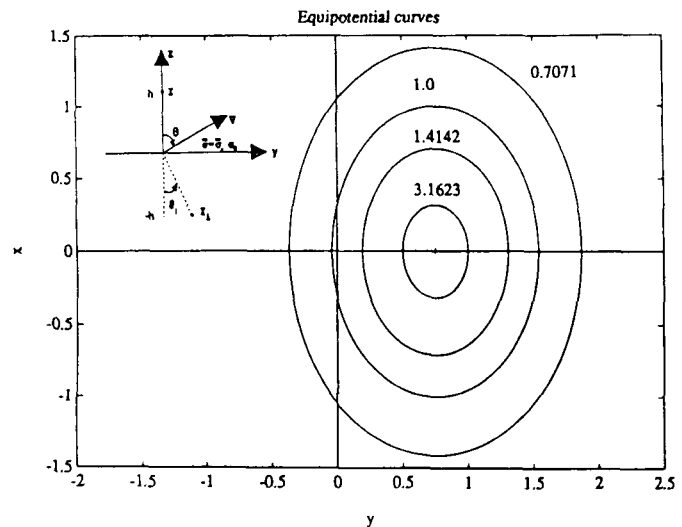
Laskennallisen lähestymistavan lähtökohdaksi valittiin ajatus kuvata rakoilleen väliaineen sähköjohtavuus anisotrooppisena eli suunnasta riippuvana aineominaisuutena. Tätä lähestymistapaa oli käyttänyt ranskalainen tutkimusryhmä /4/, johon olemme olleet yhteydessä omassa tutkimuksessa. Anisotropian aiheuttaa nimenomaan rakoilu. Ensimmäinen ongelma on kyetä ratkaisemaan anisotrooppisia sähkömagneettisia kenttäprobleemeja, jotta kenttien ominaisuuksia päästään laskennallisesti analysoimaan. Ilmeni, että geofysikaalisessa kirjallisuudessa tähän mennessä julkaistut anisotropiaformuloinnit koskevat muutamaa poikkeusta lukuunottamatta erikoistapauksia yleisestä anisotropiasta. Varsin yleinen oletus on ollut, että anisotropian pääakseleista kaksi on maanpinnan suuntaisia ja yksi sitä vastaan kohtisuorassa. Vahvasti deformatiiviseen kateiseen, rakoilleen kallioperän sähköjohtavuusanisotropian ku-

vaamiseksi tällainen on tarpeettoman voimakas yksinkertaistus. Sen tähden lähdettiin aluksi tutkimaan potentiaaliprobleemien eli tasa-virtakenttien ratkaisemista mahdollisimman yleisessä kaateellisessa anisotropiassa. Säteilyturvakeskus aloitti tutkimusyhteistyön tämän ongelman ratkaisemiseksi Teknillisen korkeakoulun sähkömagneettikan laboratorion kanssa.

Potentiaaliprobleemit ratkaistiin kuvaperiaatteella korvaamalla rajapinnat sopivilla kuvälähteillä. Rajapintoja ovat anisotrooppisen maan ja eristeen välinen rajapinta /5/, maan ja äärettömän hyvän johteen välinen rajapinta /5/, ohut anisotrooppinen impedanssirajapinta /6,8/, kahden anisotrooppisen puoliavaruuden rajapinta /7/ sekä anisotrooppisen kerrosrakenteen rajapinnat /1/. Näiden peruspotentiaaliprobleemien ratkaisuihin on saatu muodostetuksi joukko uusia Greenin funktioita, joita voidaan soveltaa integraaliyhtälöformuloinneissa /2/. Integraaliyhtälöiden avulla voidaan puolestaan mallintaa anisotrooppisessa väliaineessa olevien epähomogeenisuuksien, kuten suurten ruhjeiden, kenttiä.

Tähän mennessä saavutetut tulokset osoittavat, että sähköjohtavuuden anisotropia deformatiivisesti yhden yksittäisen pistemäisen virtalähteen kenttää huomattavasti. Mielenkiintoinen efekti, joka näyttää liittyvän ainakin kaikkiin tähän mennessä mallinnettuihin tilanteisiin, on kentän maksimikohdan siirtyminen anisotropian kontrolliomalla tavalla pois pistelähteen kohdalta (katso kuva 1). Tämän kaltaisten tekijöitten olemassaolo on ainakin syytä tiedostaa, kun käytännön mittaustuloksia arvioidaan ja niistä yritetään päätellä anomalian aiheuttajaa.

Potentiaaliprobleemien lisäksi tarkastellaan induktiivisen alueen kenttiä. Oman varsin keskeisen ongelman muodostaa rakoilleen



Kuva 1. Pistemäisen virtalähteen aikaansaama normeerattu potentiaalijakauma maanpinnalla $z=0$. Yhden yksikön suuruinen virtalähde I on yhden yksikön ($h=1$) syvyydellä koordinaatiston origon kohdalla. Kuvasta näkyy selvästi anomalian maksimikohdan siirtymiseffekti positiivisen y -akselin suuntaan. Samapotentiaalikäyrät ovat ellipsejä, joiden keskipiste on pisteessä $(0;0,75)$ ja akselisuhde 1,26. Kulma θ ($\approx 27^\circ$) on anisotropian kaadukulman komplementtikulma. Huom! Koordinaatiston z -akseli kasvaa ylöspäin, $z > 0$ kuvaa maata.

Figure 1. The potential distribution at $z=0$ generated by an unit point current source at unit depth ($h=1$) above origin. Note the shift effect in potential pattern caused by anisotropy. The earth is at $z > 0$.

väliaineen sähkönjohtavuuden ekvivalentisointi anisotropian kanssa, jollainen tutkimus on parhaillaan käynnissä.

RAKOILLEEN VÄLIAINEEN KYTKETTYÄ TERMO-HYDRO-MEKANIikkaa

Rakoilleessa kallioperässä on käytännöllisesti katsoen aina vettä. Kun tällaiseen väliaineeseen lisäksi upotetaan lämpölähteitä, joudutaan laskennallisissa tarkasteluissa ns. kytkettyjen termo-hydro-mekaanisten (T-H-M)-ilmiöitten pariin. Itse asiassa mukana ovat lisäksi kemialliset reaktiot sekä aineiden olomuotojen muutokset, kuten veden höyrystyminen. Kaksi viimeksi mainittua ilmiöryhmää on kuitenkin jätetty tarkoituksellisesti seuraavassa kuvattavan laskennallisen tutkimusprojektin aiheiden ulkopuolelle.

Vuonna 1991 käynnisti Ruotsin ydinturvallisuusviranomaisen Statens Kärnkraftinspektion, SKI, kansainvälisen kolmivuotisen tutkimusprojektin, jonka aiheeksi määriteltiin kytkettyjen T-H-M-prosessien matemaattisten mallien validointi /3/. Tavoitteeksi asetettiin ymmärryksen tuottaminen kytketyistä T-H-M-ilmiöistä ja niiden merkityksestä ydinjätteiden loppusijoituksessa. Projektille annettiin nimeksi DECOVALEX, joka on lyhenne sanoista International co-operative project for the DEvelopment of COupled models and their VALidation against EXperiments in nuclear waste isolation. Projektissa ovat mukana sekä laskennallinen että teoreettinen lähestymistapa. Projekti on varsin tyyppillinen laskennallinen tieteidenvälinen hanke, koska mainittu problematiikka ulottuu pakosta useammalle erikoisosaamisalueelle. Varsinaista kokeellista tutkimusta projektissa ei harjoiteta. Koetuloksia ovat tuottaneet ja tuottavat eräät muut projektit.

Projektissa on mukana pitkälti toistakymmentä tutkimusryhmää, osa maailman huomattavimmista tutkimuslaboratorioista USAsta, Ranskasta ja Japanista. Säteilyturvakeskus päätti osallistua myös projektiin yhteistyössä Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen, VTT:n, kanssa.

Kytkeytyessä termo-hydro-mekaniikassa on kysymys siitä, että kaikki mainitut ilmiöt ovat kytkeytyneenä toisiinsa. Toisin sanoen yksi prosessi vaikuttaa toisen prosessin käynnistymiseen ja eteneeseen. Esimerkiksi lämpö aiheuttaa rakoilleessa vesipitoisessa väliaineessa ensinnäkin neste-efektin, joka aikaansaa omalta osaltaan veden virtausta. Veden virtaus aiheuttaa puolestaan konvektiivista lämmönsiirtoa. Toiseksi lämpö aikaansaa jähmeässä aineessa lämpöjännityksiä, joiden seurauksena tapahtuu deformaatioita raoissa ja ehjässä kalliomassassa. Näillä on puolestaan vaikutusta veden virtaukseen, koska virtausreitien rakenne ja yhteydet muuttuvat. Tiheyden lisäksi myös veden muut aineominaisuudet ovat lämpötila- ja paineriippuvia. Edelleen deformaatiolla on mekaanisen työn kautta vaikutus lämpövirtaan. Tämä vaikutus voidaan kuitenkin usein varsin hyvällä approksimaatiolla jättää huomiotta, jos oletetaan, että deformaatio tapahtuu hitaasti.

Toistaiseksi ei ole olemassa tietokonemallia, joka pystyisi käsittelemään samanaikaisesti kaikkia edellä mainittuja kytkentöjä. Termisten ja mekaanisten ilmiöitten samanaikaisella käsittelyllä on lujuusopissa ja rakenteiden mekaniikassa hyvin pitkät perinteet. Samoin termisten ja hydraulisten ilmiöiden kytkentää on paljon tutkittu, kuten myös hydraulisten ja mekaanisten ilmiöiden kytkentää. Mutta kun mukaan otetaan raot sekä ennen kaikkea kaikki kolme ilmiötä samalla kertaa ollaankin melko vähän tutkitun probleemin kimpussa, jonka ratkaisua ja ymmärrystä pidetään kuitenkin tärkeänä.

Kytettyjen T-H-M-prosessien matemaattiset mallit pohjautuvat kontinuumimekaniikkaan. On kehitetty kahdenlaisia perusteiltaan hieman erilaisia lähestymistapoja. Pienten siirtymien teoriaan pohjautuvat mallit lähtevät suoraan kontinuumimekaniikan perusaksio-meista. Huomattavimmat raot voidaan kuvata erillisillä rakomalleilla, mutta muutoin väliaineen oletetaan olevan jatkumoa, kuten huokoista, mahdollisesti mekaanisilta ja hydraulisilta ominaisuuksiltaan anisotrooppista ainetta. Tarvittavat yhtälöt muodostuvat mekaanisesta tasapainoyhtälöstä, nestevirtauksen massan säilymislaista sekä lämpöenergian taseyhtälöstä. Kalliomassan mekaanisten

ominaisuuksien anisotropiat ja epähomogeenisuudet voidaan hallita erilaisilla materiaaliominaisuuksilla ratkaisualueen eri osissa. Yhtälöiden ratkaisu tehdään useimmiten finite-element-menettelmällä.

Toinen tapa probleemin ratkaisemiseksi on ns. diskontinuumimalli. Tämä nimitys on hieman harhaanjohtava sikäli, että kyseessä ei suinkaan ole kontinuumin vastakohta, vaan termillä halutaan korostaa sitä, että väliaine muodostuu diskreeteistä rakojen rajaamista lohkoista. Diskontinuumimallissa voidaan huomioida rakojen rajaamisen kalliolohkojen liikkeet kirjoittamalla lohkoille liikeyhtälöt Newtonin mekaniikan mukaisesti. Lohkot voidaan käsitellä jäykkinä tai deformoituvina kappaleina. Veden virtaus tapahtuu rakoja pitkin. Tällä mallilla on suhteellisen helppo laskea suurten epäjatkuvuuksien tilanteita. Lohkot voivat liikkua translatorisesti ja rotatio-naalisesti.

Todettakoon, että edellä kuvattujen mallien ohella on koko joukko muunkinlaisia enemmän tai vähemmän hyviä menetelmiä rakoilleen väliaineen T-H-M-probleemien ratkaisemiseksi. Erityisesti ranskalaiset ja japanilaiset tutkimusryhmät ovat panostaneet omien mallien kehittämiseen.

DECOVALEX-projektissa on määritelty mallinnusta varten joukko ns. Bench Mark Testejä ja Test Casejä, jotka on pyritty spesifioimaan mahdollisimman tarkoin. Tutkimusryhmät ovat voineet valita haluamansa testit laskemista varten sekä tehdä tarpeelliset laskut eri tietokonekoodien antamien tulosten vertailua varten. Projektiin kuuluvat oleellisena osana workshopit eli työkokoukset, joissa eri tutkimusryhmien aikaansaannoksia tarkastellaan. Suomi on osallistunut kahteen Bench Mark Testin simulointiin. Ensimmäinen oli täysin synteettinen, hyvin säännöllinen ja yksinkertaistettu 9 lohkoa sekä 2 pystyä ja 2 vaaka-asentoista rakoa käsittävä 2-D geometrian omaava malli ja toinen todelliseen havaintodataan pohjautuva hyvin runsasrakoinen (rakoja muutama tuhat) malli. Tulosten analysoinnissa on tullut esille huomattavia eroavaisuuksia eri ryhmien tulosten välillä, jopa samaa (kaupallista) koodiakin käytettäessä. Tämä kaikki vahvistaa käsitystä siitä, että mahdollisuutemme kuvata luotettavasti tämän tyyppisiä ilmiöitä ovat vielä hyvin puutteelliset. Itse asiassa DECOVALEX-projekti on ensimmäinen yritys pureutua tähän probleemiin.

DECOVALEX-projektissa Ranska ja Japani ovat panostaneet T-H-M-ilmiöitten teoreettisiin malleihin. Koska Suomessa teoreettisen kalliomekaniikan osaaminen on hyvin vaatimatonta, on Suomessa tyydytty lähinnä seuraamaan alan kansainvälistä kehitystä ja yksilötasolla hankkimaan ymmärrystä T-H-M-problematiikan teoriasta.

LOPPUHUOMAUTUKSIA

Rakoilleen väliaineen ominaisuuksien tunteminen ja ymmärtäminen on erityisen tärkeää, kun mainitunlaiseen väliaineeseen aiotaan upottaa lämpölähteinä toimivia ydinjätkekapseleita. Kytetyt termo-hydro-mekaaniset ilmiöt kontrolloivat vahvasti lämpölähteiden lähialuetta. Probleemin täydellisestä ymmärtämisestä saatikka sen teoreettis-laskennallisesta ratkaisemisesta ei voida vielä puhua, mutta käynnissä olevat kansainväliset hankkeet lisäävät jatkuvasti tietoa asiasta.

Rakoilleen väliaineen rakenteen ja ominaisuuksien selvittäminen tähtäävä geofysikaalinen tutkimus on merkinnyt uutta sovellusaluetta sovelletun geofysiikan menetelmille. Sähköiset ja sähkömagneettiset menetelmät ovat tässä suhteessa käyttökelpoisia. Jotta menetelmien käytölle rakoilleen väliaineen problematiikassa saadaan vankat luonnontieteelliset perusteet, on erittäin tärkeää tietää ja ymmärtää menetelmien ominaisuuksia. Tällaista tietoa ja ymmärrystä voidaan hyvin tuottaa laskennallisesti sähkömagneettisten kenttäprobleemien ratkaisuja analysoimalla. Tällöin sekä numeeriset että analyttiset ratkaisut ovat tärkeitä.

Säteilyturvakeskus pyrkii omassa geofysiikan tutkimuksessaan edistämään syvällisen tiedon ja ymmärryksen tuottamista ilmiöistä ja menetelmistä, jotka ovat relevantteja sen toimialaan kuuluvassa tutkimus- ja valvontatyössä.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

1. *Ermütlu, M.E.*, Static image principle for anisotropic layered medium using transmission line analogy, *Radio Science* 29:4 (1994) 739–749.
2. *Flykt, M.J., Eloranta, E.H., Nikoskinen, K.I., Lindell, I.V. & Sihvola, A.H.*, DC potential anomalies caused by a conducting body in an anisotropic conducting half-space, lähetytty julkaistavaksi IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing -lehteen.
3. *Jing, L., Rutqvist, J., Stephansson, O., Tsang, C.-F. & Kautsky, F.*, DECOVALEX – Mathematical models of coupled T-H-M processes for nuclear waste repositories, report of phase I, SKI Technical Report 93:31 (1993), 85 s.
4. *Le Masne, D. & Vasseur, G.*, Electromagnetic field of sources at the surface of a homogeneous conducting half-space with horizontal anisotropy: Application to fissured media, *Geophysical Prospecting* 29:5 (1981) 803-821.
5. *Lindell, I.V., Ermütlu, M.E., Nikoskinen, K.I., Eloranta, E.H.*, Static image principle for anisotropic conducting half-space problems: PEC and PMC boundaries, *Geophysics* 58:12 (1993) 1861-1864.
6. *Lindell, I.V., Ermütlu, M.E., Nikoskinen, K.I., Eloranta, E.H.*, Static image principle for anisotropic conducting half-space problems: Impedance boundary, *Geophysics* 58:12 (1993) 1773-1778.
7. *Lindell, I.V., Ermütlu, M.E., Nikoskinen, K.I., Eloranta, E.H.*, Static image principle for two conducting anisotropic half-spaces with similar transverse anisotropies, *Radio Science* 29:2 (1994) 431-439.
8. *Lindell, I.V. & Flykt, M.J.*, Image theory for DC problems involving a conducting half-space above an anisotropic impedance surface, *Radio Science* 29:2 (1994) 441-450.
9. *Olsson, O., Falk, L., Forslund, O., Lundmark, L. & Sandberg, E.*, Borehole radar applied to the characterization of hydraulically conductive fracture zones in crystalline rock, *Geophysical Prospecting* 40:2 (1992) 109-142.

SUMMARY

THE GEOPHYSICS OF FRACTURED MEDIA

The article describes two different research projects related to the problem of fractured media. The study of the structure and properties of fractured media is very essential in nuclear waste management research. The first project is dealing with the electromagnetics of fractured media. The main purpose is to model different geoelectrical responses of the fractured media in order to discriminate the effects of fractures by assuming that the electrical conductivity of fractured media is anisotropic in character.

The second project is an international co-operative effort to

model the coupled thermo-hydro-mechanical (T-H-M) responses in fractured media. The name of the project is DECOVALEX. Its main purpose is to increase our understanding of the physics of T-H-M processes as related to geological disposal of nuclear waste. The results so far achieved confirm the fact that the T-H-M problem is still far more complicated to be fully solved and understood. So much more stress should be put on the theoretical as well as on the computational aspects of the T-H-M problems.

Timantteja löydetty Suomesta

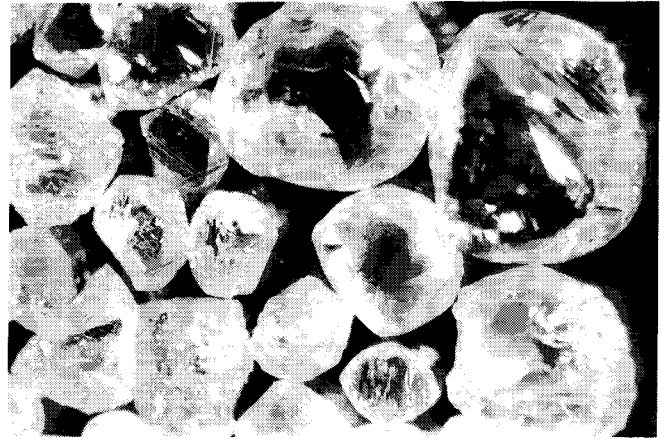
Malmikaivos Oy on työskennellyt yhteistyössä australialaisen timanttiyhtiö Ashton Mining Ltd:n kanssa jo jonkin aikaa, ja kuluvan vuoden alussa Ashton hankki omistukseensa koko Malmikaivos Oy:n osakekannan. Ashton omistaa 40 % länsi-Australiassa sijaitsevasta Argylen kaivoksesta, joka on maailman suurin timanttien tuottaja.

Yhtiö julkisti 30. elokuuta 1994, että se on löytänyt Suomesta kaksi kimberliittipiippuja sisältävää aluetta sekä useita erillisiä kimberliittisiä sisältäviä esiintymiä. Kimberliittilöytöjen määrä on tällä hetkellä 21 kpl, joista neljä on juonia. Suurin osa löydetystä kimberliiteistä on timanttipitoisia. Piippujen koko vaihtelee yhdestä neljään hehtaariin. Löydökset merkitsevät Ashtonin pääjohtajan John Robinsonin mukaan "huomattavaa askelta eteenpäin Ashtonin kansainvälisessä timantintuotannossa".

Tutkimuksissa on todettu (taulukko 1) muun muassa yksi pinta-alaltaan noin kahden hehtaarin kokoinen piippu, josta otetusta 23 tonnin näytteestä on saatu + 0.8 mm:n kokoisia timantteja noin 26 karaattia/100 t. Huomattava osa niistä on laadultaan puhtaita väritöntömiä kiteitä (kuva 1). Toisesta runsaan hehtaarin kokoisesta piipusta otettu 9.4 tonnin näyte sisälsi 13–26 karaattia/100 t, keskiarvon ollessa 17 karaattia/100 t.

Tri Andrew Button, Ashtonin malminetsintä- ja kehitysosaston johtaja, sanoo: "Tämän hetkinen tulos vahvistaa, että Suomesta löytyy geologisia edellytyksiä taloudellisten timanttiesiintymien löytymiselle ja, että Ashtonin etsintämenetelmät ovat tehokkaita jääkauden muokkaamilla alueilla. Saatuja kokemuksia sovelletaan käytäntöön myös Pohjois-Amerikassa paikallisen tytäryhtiömme toimesta". "Uusia kohteita haetaan ja tutkitaan edelleen Suomessa. Tutkittavat kohteet ovat lähellä olemassa olevaa infrastruktuuria ja ennuste kaupallisista löydöistä on hyvä" jatkaa Button edelleen.

Tällä hetkellä toiminta on keskittynyt alueellisten kohteiden tar-



Kuva 1. Näyte suomalaisista timanteista. Suurennettu kuva, suurimman kiteen läpimitta on noin 5 millimetriä. Kuva: M. Tyni.

Fig. 1. Sample of Finnish diamonds. Enlarged picture, the diameter of the biggest crystal is about 5 millimetres. Photo: M. Tyni.

kentämiseen, lisäkohteiden paikantamiseen anomalisilta alueilta ja näytteenotto-ohjelman jatkamiseen jo tunnetuista esiintymistä. Yhtiö aikoo myös hyödyntää Suomesta hankittua kokemustaan ja resursseja laajemmalti Pohjolassa ja Baltiassa, käsittäen Norjan, Ruotsin ja Itä-Karjalan.

Heikki Laapas

Taulukko 1. Eräiden timantinäytteiden laatu. (Malmikaivos Oy)
Table 1. Grade of some diamond samples. (courtesy of Malmikaivos Oy)

Kimberliitin numero Kimberlite number	Mikrotimantit (< 0,4 mm) Microdiamonds		Kaupallista kokoa olevat timantit (> 0,8 mm) Commercial size diamonds	
	Näyte Sample kg	Lukumäärä Quantity per 100 kg	Näyte Sample t	Pitoisuus Grade carat per 100 t
7	59	34	23,3	25,7
12	25	136	9,4	17,3
13	25	36	3,0	14,3
21	109	34	Ei vielä näytettä. Not yet sampled.	

Fysikaalinen simulointi ja Gleeble-laitteisto terästen kehitystyössä

Professori Pentti Karjalainen, Oulun yliopisto, Materiaaliteknikan laboratorio

KUUMAMUOKKAUKSEN KEHITYS JA FYSIKAALINEN SIMULOINTI

Viime aikoina terästen valmistuksessa on opittu yhä paremmin hyödyntämään myös kuumamuokkausprosessia pyrittäessä suuren lujuuden, hyvän iskutheyden ja erinomaisen hitsattavuuden ominaisuusyhdistelmään. Etenkin mikroseosterästen kuumavalssauksessa on otettu käyttöön kontrolloitu valssaus ja nopeutettu jäähdytys, mikä Suomessa on voitu toteuttaa nauhaterästen ohella myös teräslevyille vuodesta 1991 lähtien. Tämän myötä on kehitetty kaupallisiksi myötörajaluokan 355–500 MPa termomekaanisesti valmistetut levyteräkset, joita on käytetty mm. rakennettaessa pitkiä siltoja sekä monitoimijäänmurtajia. Myös ruostumattomien terästen kuumavalssausprosessia pyritään ohjaamaan entistä tarkemmin ja termomekaanisia käsittelyitä voidaan hyödyntää erityisesti ferriittisten ruostumattomien terästen kohdalla. Mikroseostettujen tankotuotteiden valmistuksessa on otettu käyttöön kuumapanostus, millä on vaikutus myös kuumamuokkausprosessiin. Levyn mittatarkkuus-, tasomaisuus- ja tasalaatuisuusvaatimukset ovat entisestään korostuneet konepajojen tuotantomenetelmien automatisoinnin myötä, ja toisaalta termomekaanisissa käsittelyissä myös ongelmat näiden ominaisuuksien hallinnassa kasvavat.

Kuumamuokkausprosessit ovat näin tulleet entistä monimutkaisemmiksi ja niissä on lukuisia lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä, joten niiden kokeilu tuotannossa on hankalaa ja kallista. Tällöin voidaan hyödyntää fysikaalista simulointia. Se on tutkimustapa, joka sijoittuu itse tuotantoprosessin ja tietokonemallinnuksen väliin (kuva 1), ja sillä pyritään simuloimaan prosessia käyttäen todellista materiaalia, voimia ja lämpötiloja, mutta paljon pienemmällä koe-kappaleella, hallitummin sekä halvemmalla kuin itse prosessissa. Fysikaalisella simuloinnilla voidaan saada numerotietoa sekä prosessia että myös tietokonemallinnusta varten. Kuumavalssauksen tutkimus- ja kehitystyötä on tehty Suomessa jo pitkään käyttäen laboratoriovalssauskokeita mm. Teknillisessä korkeakoulussa, Outokumpu Polarit Oy:ssä ja MEFOSilla Ruotsissa olevilla laitteistoilla. Laboratoriovalssauksessa muokkaustapa luonnollisesti vastaa hyvin todellista tilannetta, mutta nauhavalssauksen simulointi on hankalaa, prosessin tarkka hallinta on vaikeaa ja materiaaliarve on melkoinen. Täten paremmin fysikaaliseen simulointiin soveltuvan laitteiston tarve oli ilmeinen. Kuumamuokkaussimulaattoreita on saatavilla useanlaisia, järeitä ja hyvin monipuolisia, mutta erittäin kalliita kuten WUMSI Max Planck Instituutissa Saksassa sekä pienempiä kuten japanilainen Thermecmator Z tai amerikkalainen Gleeble-laitteisto, joita on ympäri maailmaa muutama sata. Aikanaan päädyttiin Suomeen Gleeble 1500[®] laitteiston hankintaan,

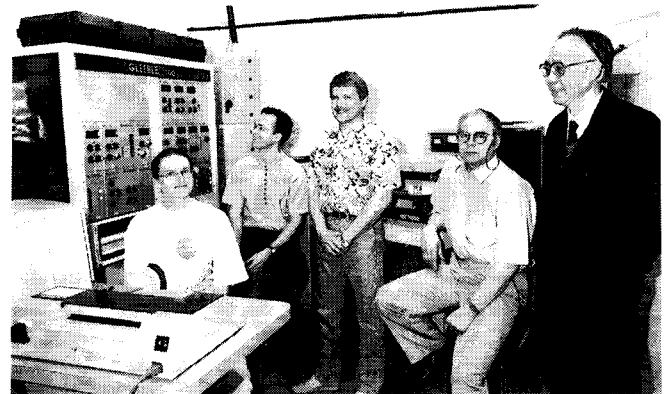


Kuva 1. Fysikaalisen simuloinnin asema ja vuorovaikutus.
Fig. 1. Physical simulation, position and interactions.

joka oli kohtuullinen hinnaltaan, monipuolinen ja pitkän kehitystyön tulos.

TAUSTAHANKKEITA JA NIIDEN TUOTOKSIA

Vuoden 1990 aikana aloitettiin kolmivuotinen Suomen Teräksen- ja Metallintuottajain Yhdistys ry:n tuotekehitysprojekti ”Termomekaanisten käsittelyjen optimointi”, jota rahoitti TEKES ja jossa olivat mukana Rautaruukki Oy, Outokumpu Polarit Oy ja pienellä osuudella myös Imatra Steel Oy Ab. Tässä hankkeessa hankittiin Gleeble 1500 laitteisto ja se asennettiin vuoden 1991 alkupuolella Oulun yliopiston materiaaliteknikan laboratorioon, kuva 2. Vastava hanke on jatkunut vuoden 1993 alusta toisena kolmivuotisena projektina ”Termomekaanisesti valmistettujen terästen kehittäminen”.



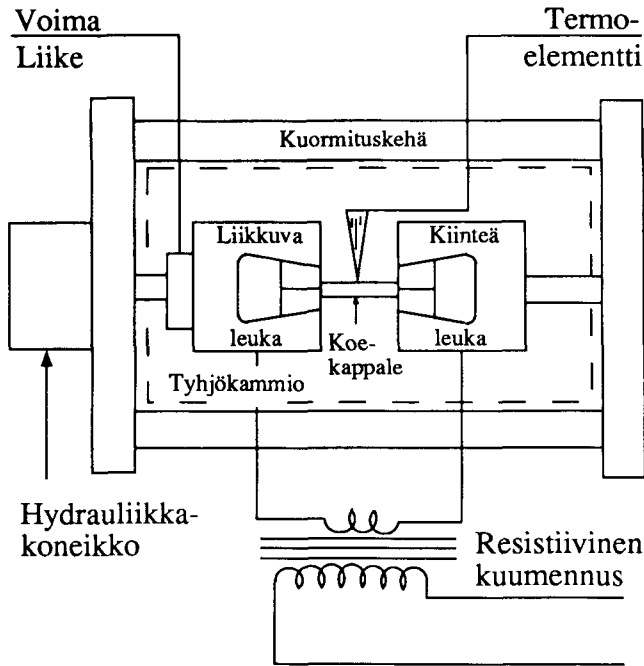
Kuva 2. Gleeble 1500 ja käyttäjiä Oulun yliopistossa.
Fig. 2. Gleeble 1500 and some users at the University of Oulu.

TEKESin ja em. perusmetalliyhtymien ohella Gleeblellä tehtyihin tutkimuksiin ja opinnäytetöihin on saatu rahoitusta myös mm. Suomen Akatemialta, Outokumpu Oy:n Säätiöltä ja Oulun yliopistolta sekä pienempinä henkilökohtaisina apurahoina myös useilta muilta säätiöiltä. Kaikille rahoittajille ja yhteistyökumppaneille kuuluu lämmin kiitos! Gleeble-laitteistoa on käytetty merkittävänä koelaitteena töissä, joiden pohjalta on valmistunut 5 diplomityötä (lisäksi 3 on kirjoitusvaiheessa ja 3 juuri alkanutta), 4 lisensiaatintyötä (lisäksi 3 lisensiaatintyötä on kirjoitusvaiheessa ja 1 alkamassa) ja pari väitöskirjatyötä on työn alla. Lisäksi sitä on käytetty useissa erillishankkeissa, joihin on osallistunut vierailevia tutkijoita, sekä tilaustöissä teollisuudelle, VTT:lle sekä myös ruotsalaisille. Alkamassa on ainakin pari uutta TEKESin rahoittamaa hanketta, joissa laitetta tarvitaan (mm. COST 512 hanke).

GLEEBLE 1500 LAITTEISTO

Seuraavassa annetaan lyhyesti teknisiä tietoja Gleeble-laitteistosta, jota on esitelty myös mm. kirjallisuuslähteessä 1. Laitteiston perus-

periaate ilmenee kuvasta 3. Gleeble 1500 laitteistolla on mahdollista aikaansaada termomekaaninen käsittely, jossa koekappaletta (yleensä halkaisija ≤ 25 mm, ohutlevynäyte voi olla 200×100 mm) voidaan kuumentaa tyhjäkammiossa tai suojakaasussa halutulla nopeudella (jopa 10.000°C/s) resistiivisesti johtamalla sähkövirta kappaleen läpi haluttuun lämpötilaan (voidaan mennä sulamispisteeseen saakka) ja jäädyttää ohjatusi (suurin säädettävä jäähtymisnopeus on noin 100°C/s , mutta myös vesijäädytystä voidaan käyttää) ja samanaikaisesti kuormittaa hydraulisen voimayksikön avulla (maksimivoima staattisessa kuormituksessa 80 kN, suurin leuan liikenopeus 2 m/s, ts. muodonmuutosnopeus n. 100 l/s) joko puristus- tai vetojännityksellä. Prosessia ohjataan tietokoneella, jossa on pääohjelma (GPL) sekä erilaisia oheisohjelmistoja kuten hitsaussimulaatioihin HAZ sekä CCT jatkuvan jäähtymisen diagrammien määrittämiseen.



Kuva 3. Gleeble-laitteiston periaatteellinen rakenne.
Fig. 3. Schematic lay-out of the Gleeble.

Kokeissa voidaan ohjata ja mitata lämpötilaa, mikä tapahtuu koekappaleen pintaan hitsatun termoelementin avulla, voimaa sekä muodonmuutosta seuraamalla leuan liikettä, kappaleen pituutta tai sen halkaisijaa. Laite toimii siis erittäin nopean uunin ja kuormituslaitteen yhdistelmän lisäksi muokausdilatometrina, mikä mahdollistaa mm. CCT-piirrosten laadinnan muokatulle materiaalille. Koe-kappaleesta voidaan valmistaa heitä, joista voidaan tarkastella syntyneitä mikrorakenteita mikroskoopissa ja määrittää esim. faasisuudet. Tutkittaessa hitsauksen vaikutuksia iskukitkeyteen koesauva on usein Charpy-V iskukoesauva-aiho, joka voidaan iskeä poikki loven koneistuksen jälkeen. Koekappaleista voidaan mitata kovuuksia, mutta muunlaisen aineenkoetoksen tekeminen esim. kuumamuokkauksen simuloinnin jälkeen on hankalaa koekappaleen pienen koon takia. Kokonaisuokkausasteen pienuus (reduktio $\leq 70\%$), koekappaleen epähomogeeninen muokkautuminen sekä pituus-suuntainen lämpötilagradientti ovat tekijöitä, jotka aiheuttavat tiettyjä ongelmia erityisesti monivaiheisen muokkauksen simuloinnissa.

KÄYTTÖKOHTTEITA

Gleeble-laitteisto soveltuu mm.:

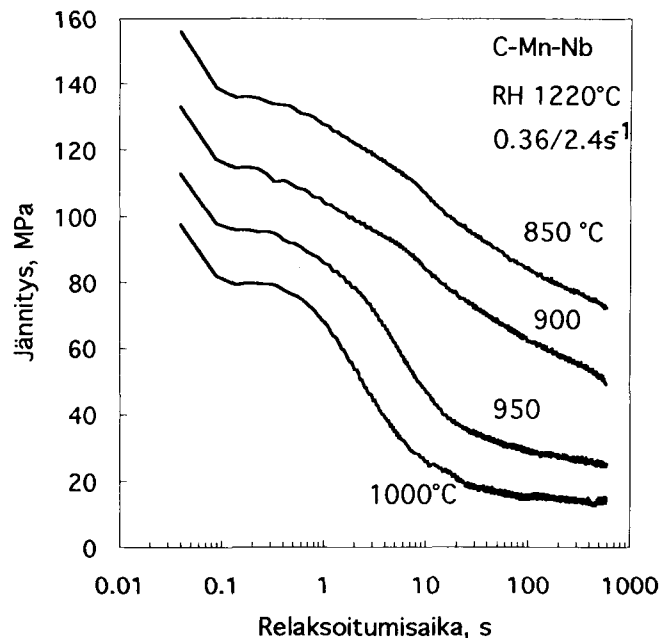
- ★ kuumaveto- ja puristuskokeiden tekemiseen
- ★ kuumasitkeyden määrittämiseen

- ★ jatkuvavalun simulointiin
- ★ kuumavalssauksen simulointiin
- ★ kuumataannon simulointiin
- ★ hitsauksen lämpövaikutusten simulointiin
- ★ nopeiden lämpökäsittelyiden simulointiin
- ★ kuuma- ja myöstöhalkeilutaipumuksen arviointiin
- ★ TTT ja CCT piirrosten määrittämiseen, myös muokatulle materiaalille
- ★ termisen väsymisen ja virumisen testaukseen.

ESIMERKKEJÄ TUTKIMUSAIHEISTA

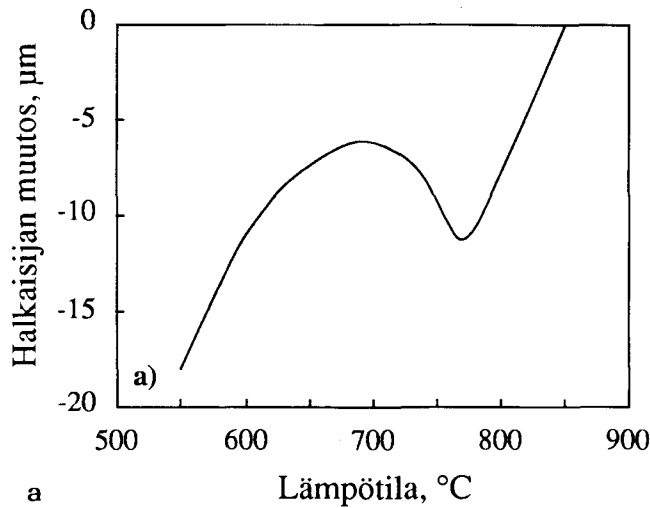
Seuraavassa on lyhyesti kuvattu eräitä tutkimusaiheita, joissa Gleeble-laitteistoa on käytetty Oulun yliopistossa. Termomekaanisten käsittelyjen kehittäminen uusille mikrosteräksille sekä erälle ferriittisille ruostumattomille teräksille on ollut yksi tärkeä tutkimusalue [2,3]. Gleebleä on käytetty tällöin valssauspistojen välisen elpymiskinetiikan ja muokkauksen jälkeisen faasimuutoskinetiikan (CCT-piirroset, austeniitin hajaantumiskinetiikka) tutkimiseen sekä syntyvien mikrorakenteiden määrittämiseen (faasisuudet, raekoko, kovuus, erkauma- ja dislokaatorakenteet).

Pehmenemiskokeilla voidaan määrittää esimerkiksi lämpötila, jossa rekristallisaatiota ei enää tapahdu pistojen välillä. Elpymiskinetiikan arvioimiseksi on kehitetty uusi koemenetelmä, jännitysrelaksaatiokoe [4]. Jännitysrelaksaatiota on käytetty aikaisemmin lähinnä kanadalaisten tutkijoiden toimesta mikroosoinaisten erkautumiskinetiikan selvittämiseen, mutta Oulussa tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että menetelmä soveltuu hyvin myös staattisen rekristallisaation seuraamiseen, kuva 4. Se on aivan oleellisesti nopeampi kuin konventionaalisesti käytetty kaksoispuristuskoete tai metallografinen määrittäminen. Tulevaisuudessa on tavoitteena selvittää mm. miten muokkaus kumuloituu monivaiheisessa kuumamuokkauksessa ja miten muokkauksen aikana tapahtuvat olosuhdemuutokset kuten lämpötilanlasku, jota tapahtuu valssirullien jäädyttävän vaikutuksen vuoksi valssikidassa, vaikuttavat austeniitin elpymisnopeuteen. Nämä ovat tärkeitä kysymyksiä pyrittäessä entistä tarkemmin mallintamaan kuumamuokkauksia ja kehittämään sen ohjausta tavoitteena pistosarjan optimointi sekä syntyvän tuotteen hyvä mittatarkkuus ja tasalaatuus. Alkava COST 512 hanke tähtää myös osaltaan näihin tavoitteisiin.

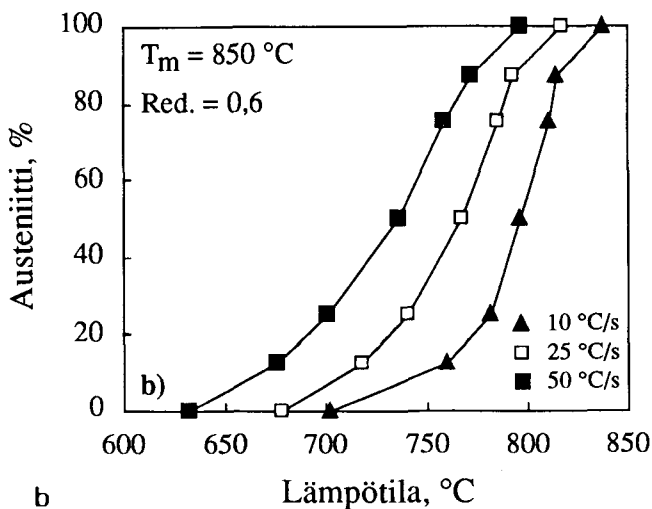


Kuva 4. Teräksen rekristallisaation paljastuminen jännitysrelaksaatiokokeessa Nb-mikroosotetussa teräksessä.
Fig. 4. Static recrystallization revealed by stress relaxation in a Nb microalloyed steel.

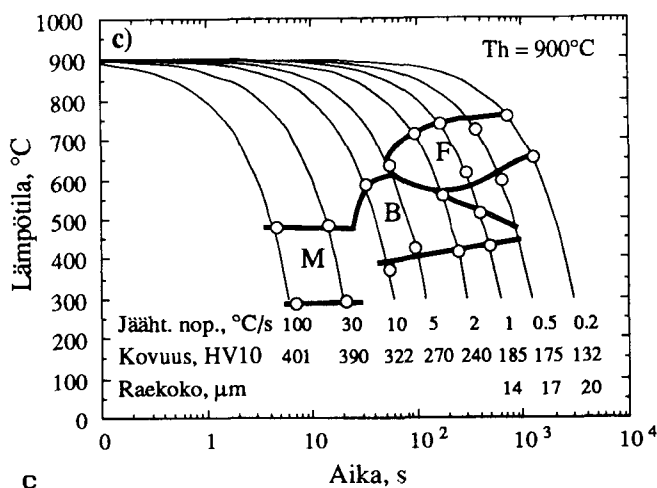
Termomekaanisesti valmistetun teräslevyn ja -nauhan tasalaatuisuus edellyttää hallittua, laatukohtaista jäähdystystä. Nopeutetun jäähdystyksen entistä kehittyneempää ohjausta varten tarvitaan tarkka austeniitin hajaantumismalli ja sitä varten tietoa austeniitin hajaantumislämpötiloista ja -nopeudesta. Tällaista tietoa saadaan käyttämällä Gleeble-laitteistoa muokkausdilatometrina, kuva 5.



a



b

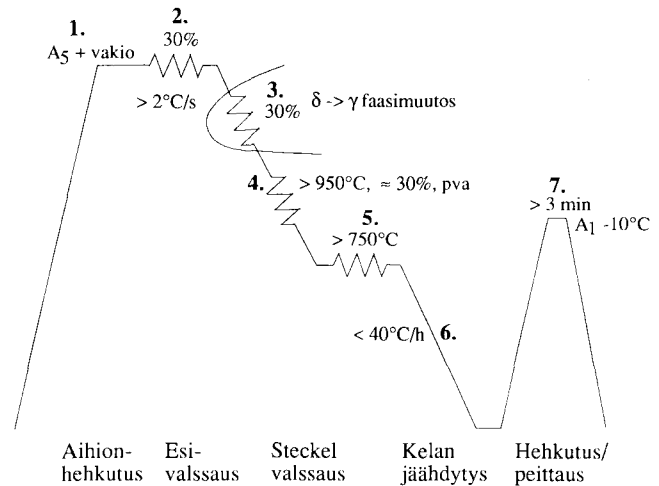


c

Kuva 5. Muokatun austeniitin hajaantumisen tutkiminen. a) dilatometrikäyrä b) hajaantumiskinetiikka c) jatkuvan jäähtymisen piirros.

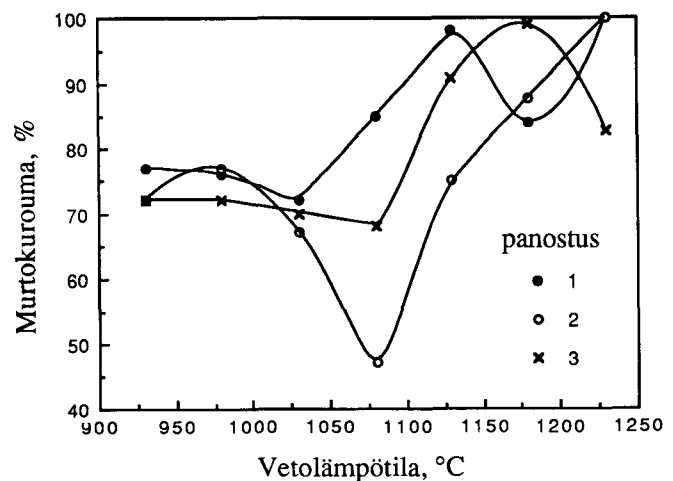
Fig. 5. Transformation of deformed austenite. a) dilatometric curve b) transformation kinetics c) CCT diagram.

Ferriittisissä ruostumattomissa teräksissä esiintyy yleensä kuumamuokkauslämpötiloissa ferriitin ohella austeniittia, joka muuttuu martensiitiksi tai hajaantuu ferriitiksi ja karbideiksi nauhan jäähtyessä. Yleensä nämä faasit muodostavat hyvin epähomogeenisen nauhoittuneen rakenteen, minkä hävittäminen hehkuttamalla on hidasta. Kuva 6 esittää kaavamaisesti 17 % Cr teräkselle simulointikokeiden avulla kehitettyä kuumavalssausohjelmaa, jolla karbidijakauma saadaan entistä selvästi hienommaksi ja tasaisemmaksi. Tällöin teräs soveltuu jatkuvatoimiseen hehkutukseen, ja nauhalle saatavat mekaaniset ominaisuudet ja muovattavuus muodostuvat hyväksi /3/.



Kuva 6. AISI 430 tyyppisen teräksen termomekaaninen käsittely. **Fig. 6.** Thermomechanical processing of AISI 430 type steel.

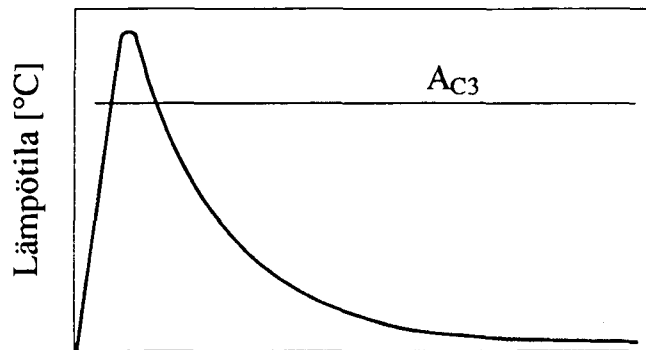
Energiataloudellisesti on edullista käyttää valssausaihioiden suora- tai kuumapanostusta, mutta metallurgisesti se saattaa kuitenkin tuoda ongelmia. Kuva 7 osoittaa kuinka panostuskäytäntö vaikuttaa teräksen kuumasitkeyteen /5/. Kun austeniitti pääsee osittain hajaantumaan aihion jäähtyessä, muodostuu rearajoille ferriitiverkkoja, joihin erkautuu alumiiniinitridejä. Rakenteen austenitoituessa nopeasti jäävät nitridit liukenematta ennen valssausta aiheuttaen sitkeyden laskun tietyllä lämpötila-alueella muokattaessa.



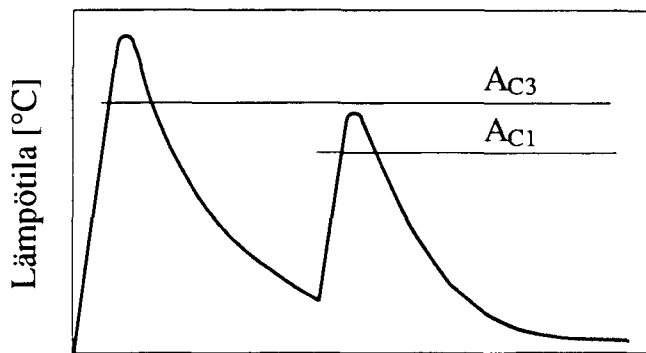
Kuva 7. Panostuskäytännön vaikutus mikroalloytakoteräksen kuumasitkeyteen.

Fig. 7. Effect of hot charging route on hot ductility of microalloy forging steel.

Gleeble-laitteisto on alunperin kehitetty hitsaussimulaattoriksi, jolla voidaan tuottaa hitsiliitoksen lämpövyöhykkeellä esiintyviä erillisiä vyöhykkeitä. Simuloitujen vyöhykkeiden tutkiminen on helpompaa kuin itse hitsissä, jossa ne ovat hyvin kapeita. Gleeble-laitteistoa on käytetty tutkittaessa termomekaanisesti valmistettujen terästen hitsiliitoksen sitkeyttä simuloiden esim. sularajan viereen syntyvää karkearakeista vyöhykettä sekä monipalkohitsauksessa syntyvää osittain austenitoitunutta karkearakeista vyöhykettä kuvan 8 mukaisilla lämpösykleillä. Tutkimukset ovat paljastaneet mm. hiilipitoisuuden sekä Ti-Nb mikroseostuksen vaikutukset iskusitkeyteen /6/. On myös selvitetty uudentyypisen, erittäin matalahiilisen, stabiloimattoman 12 % Cr ferriittisen ruostumattoman teräksen karkearakeisen vyöhykkeen iskusitkeyttä ja todettu täysin martensiittisellä rakenteella päästävän erittäin hyvään sitkeyteen, transitiolämpötilan ollessa $\leq -40^{\circ}\text{C}$ /7/. Tällaiselle teräkselle voidaan odottaa löytyvän laajaa käyttöä rakenneteräksenä, sillä se kestää esim. ulkokäytössä ruostumatta ilman sinkitystä tai maalausta. Valmistuksessa on myös laajahko selvitys, jossa on simuloitu kaasukaarimuotihitsauksen suuren lämmöntuonnin vaikutuksia termomekaanisesti valmistettuihin levyteräksiin ja tutkittu karkearakeisen vyöhykkeen iskusitkeyttä ja mikrorakenteita. Lisäksi on aloitettu tutkimus lujien hyvin muovattavien nauhaterästen hitsiliitoksen ominaisuuksista, jossa selvitetään mahdollisen pehmeän vyöhykkeen sekä karkearakeisen vyöhykkeen ominaisuuksia.



a



b

Kuva 8. Hitsin lämpövyöhykkeen simulointi.
a) karkearakeinen vyöhyke b) monipalkohitsauksessa uudelleen kuumentunut osittain austenitoitunut karkearakeinen vyöhyke.
Fig. 8. Simulation of the heat affected zone of a weldment.
a) coarse grained zone b) intercritically reheated coarse grained zone.

YHTEENVETO

Tässä esityksessä on kuvattu lyhyesti Gleeble 1500-laitteiston hankinnan taustaa ja sen teknisiä suoritusarvoja kuumamuokkauksen ja hitsauksen fysikaalisen simuloinnin kannalta. Lisäksi on käyty läpi esimerkinomaisesti eräitä tutkimusalueita, joissa sitä on käytetty Oulun yliopistossa. Tavoitteena on ollut antaa kuva laitteen monipuolisista käyttömahdollisuuksista uusien sovelluksien ja hyödyntäjien löytämiseksi.

KIRJALLISUUTTA – REFERENCES

1. Orava, U. ja Seppälä J., Hitsauksen simulointi Gleeble 1500-laitteistolla, Hitsaustekniikka No 4, 1992, 27–29.
2. Steen P. Termomekaanisen käsittelyn ja kemiallisen koostumuksen vaikutus austeniitin hajaantumiseen ja elpymiseen HSLA-teräksillä, lisen-siaatintyö, Oulun yliopisto KO 1993, 95 s.
3. Kauppi T., AISI 430 tyyppisen ferriittisen ruostumattoman teräksen kontrolloidun kuumavalssauksen kehittäminen, lisen-siaatintyö, Oulun yliopisto KO 1993, 81 s.
4. Karjalainen L.P., Stress relaxation method for investigation of softening kinetics in hot deformed steels, ilmestyy Materials Science and Technology lehdessä.
5. Oittinen Tero, Kuumapanostuskäytännön vaikutus toisen sukupolven mikroseostakoteräksen kuumasitkeyteen valssauksessa, diplomityö, Oulun yliopisto KO 1993, 70 s.
6. Seppälä J., Koostumuksen ja valssausparametrien vaikutus termomekaanisesti valmistettujen HSLA terästen hitsiliitoksen lämpövyöhykkeen iskusitkeyteen, mikrorakenteisiin ja austeniitin hajaantumiseen, lisen-siaatintyö, Oulun yliopisto KO 1994, 93 s.
7. Orava U., Karjalainen L.P. ja Kyröläinen A.J., Impact toughness of heat affected zone in nonstabilized 12 % Cr ferritic stainless steel welds. Proc. Processes & Materials Innovation Stainless Steels, Florence, Italy, 11–14 Oct. 1993, vol. 2, 149–154.

SUMMARY

UTILIZATION OF PHYSICAL SIMULATION AND GLEEBLE IN DEVELOPMENT OF STEEL MANUFACTURING

Thermomechanical processing is utilized to an increasing extent for production of high strength steel plates and strips having good impact toughness and excellent weldability. The process can also be used with success for ferritic stainless steels. Physical simulation is a research technique which can be used for further development of the thermomechanical processing. A Gleeble 1500 simulator has been installed at the Materials Engineering Laboratory, University of Oulu, funded by TEKES and Finnish steel companies. Technical information is described briefly. The Gleeble unit has been applied in several projects to investigate softening and transformation kinetics of deformed austenite in HSLA steels, development of a thermomechanical processing route for 17 % Cr steel, the effect of hot charging on the hot ductility of microalloyed forging steel as well as the weldability of HSLA steels and 12 % Cr ferritic stainless steel. These topics are shortly described.

Vahvamagneettisen rikastuksen kehitys

DI Timo Nordman, Oulun yliopisto, Mekaanisen prosessitekniikan laboratorio, Oulu

JOHDANTO

Tämä artikkelissa käy pääpiirteissään läpi kirjallisuuskatsauksen aineistoa, joka toteutettiin osana tutkimusprojektia "Vahvamagneettisen erotuksen soveltaminen suomalaisten metalli- ja teollisuusmineraalimalmien rikastuksessa". Kirjallisuuskatsaus pyrkii valottamaan 1980- ja 1990-lukujen aikana tapahtunutta vahvamagneettisen erotuksen kehitystä. Projekti toteutettiin Oulun yliopiston Mekaanisen prosessitekniikan laboratorion ja VTT / KET / MIN yhteistyönä, tavoitteena vahvamagneettisen erotustekniikan soveltamismahdollisuuksien kartoittaminen mineraaliteollisuuden tarpeita silmällä pitäen. Lisäksi projekti sisälsi laboratoriokokeita Oulun yliopiston suprajohdattavalla HGMS-erottimella, joka voi tuottaa 4,5 T magneettivuon tiheyden ja VTT:n HGMS-erottimella, joka voi tuottaa 2,0 T magneettivuon tiheyden. Kirjallisuuskatsaus jakautuu kolmeen pääosaan, joita käsitellään tässä artikkelissa. Ensin käsitellään kestomagneettierotus, sitten sähkömagneetteja käyttävä "tavanomainen" suurgradienttierotus ja viimeisenä suprajohdattavia magneetteja hyödyntävä erotustekniikka.

MAGNEETTINEN EROTUS

Vahvamagneettisessa erotuksessa paramagneettisiin partikkeleihin vaikuttaa epähomogeenisessa magneettikentässä voima F , joka saadaan yhtälöstä

$$F = V \kappa (1/\mu_0) B \text{ grad}(B) \quad (1)$$

missä V on partikkelin tilavuus (m^3)
 κ on magneettinen susceptibiliteetti (-)

μ_0 on tyhjän permeabiliteetti = $4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am

B on magneettivuon tiheys (T)

grad (B) on kentän gradientti (T/m)

Yhtälö (1) osoittaa, että magneettikentän gradientti on yhtä oleellisesti vaikuttava tekijä kuin magneettivuon tiheyskin paramagneettisten aineiden magneettisessa erotuksessa. Magneettivuon tiheyden ja kentän gradientin tulo, magneettinen voimatekijä, on käyttökelpoinen mitta eri erotintyyppien vertailussa (taulukko 1). Erottimelle ominaisen voimatekijän kasvaminen mahdollistaa yhä hienompia-koisten ja yhä heikommin magneettisten materiaalien käsittelyn.

Taulukko 1. Magneettinen voimatekijä erityyppisille erottimille.
Table 1. Magnetic force factor of existing separators.

Name	Magnet	Matrix	BVB (T^2/m)
Low-intensity drum	Ferrite		1
Permroll	Nd-Fe-B		100
S/c drum OGMS	NbTi		30
S/c falling curtain	NbTi		100
Induced magnetic roll	Cu & Fe		100
Jones separator	Cu & Fe	grooved plates	500
Carousel HGMS	Cu & Fe	various	1000
Magnetic filter	Cu & Fe	fine wires	10000
	or NbTi		

KESTOMAGNEETTIEROTUS

Alhaisen magneettivuon tiheyden vuoksi kestomagneettierottimien käyttö on ollut rajoitettua mineraalien käsittelyssä. Rare-earth (RE)

kestomagneettien viimeaikainen kehitys on kuitenkin mullistanut magneettisen erotuksen. RE-kestomagneetit, jotka on tehty neodyy-mi-rautaboori (NdFeB) tai samarium-koboltti (SmCo) -seoksesta, tuottavat hyvin voimakkaan magneettikentän, jossa on suuri kentän gradientti.

RE-kestomagneetit ovat paljon voimakkaampia kuin perinteiset kestomagneetit kuten AlNiCo ja ferriitti. Vaikka RE-magneetit ovat kalliimpia kuin ferriittiset magneetit, niiden käyttö on osoittautunut taloudelliseksi useissa sovelluksissa. Kestomagneetin tehokkuutta ilmaisee parhaiten magneetin energiatulo BH_{max} . Kuva 1 osoittaa kestomagneettien kehityskulkua ja energiatulon kasvua.

Uudet RE-kestomagneettierottimet ovat tuoneet tehokkaan ja taloudellisen vaihtoehdon mineraalien erotukseen. Nykyään pyritään kehittämään entistä tehokkaampia erottimia ja löytämään entistä voimakkaampia RE-materiaaleja.

Tyypilliset kestomagneettierottimet mineraalien rikastuksessa ovat rulla- ja rumpuerotin.

Kestomagneettirullaerotin

Kestomagneetein varustetut rullaerottimet on kehitetty kuivaan erotukseen. Erottimen rullasylinteri on tehty kestomagneetti- ja teräslievyyistä, jotka on asetettu vuorotellen päällekkäin. Ohutta hihnaa käytetään kuljettamaan materiaali magneettiselle erotusrullalle. Kun materiaali joutuu erotusrullan magneettikenttään, magneettiset partikkelit tarttuvat hihnan pintaan. Epämagneettiset partikkelit erotetaan rullan pinnasta painovoiman ja keskipakovoiman avulla, samalla kun magneettinen voima pitää magneettiset partikkelit, jotka irrotetaan hihnalta sen erotessa magneettirullasta. Yhtä tai useampaa säädettävää jakajaa käytetään erottamaan erotuspisteessä magneettiset partikkelit epämagneettisista (kuva 2). Usein käytetään kahta tai kolmea rullaa sarjassa takaamaan tuotteen korkea puhtaus.

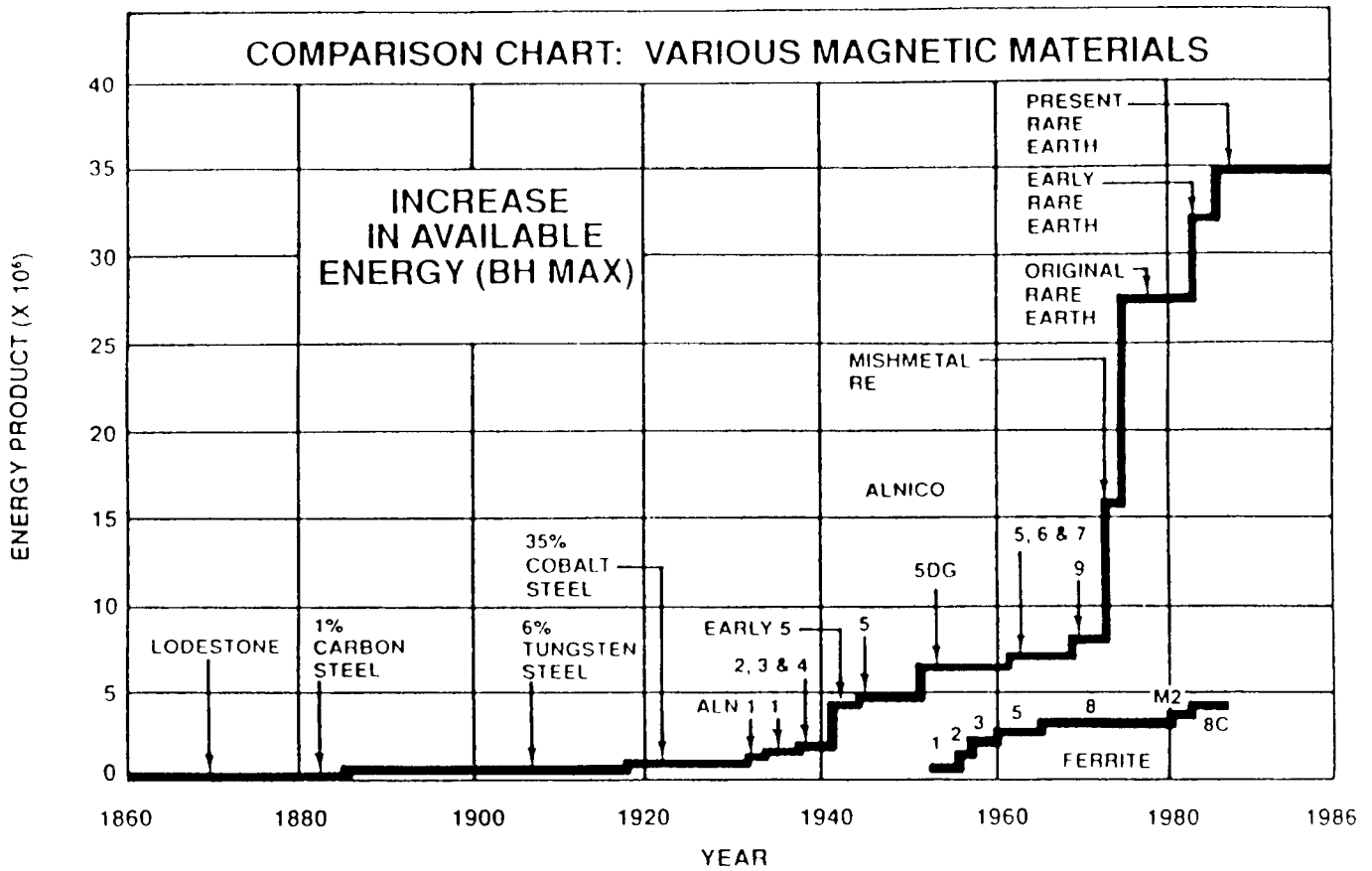
RE-rullaerottimessa ei ole induktiorullaerottimille (IMR) ominaista ilmarakoa, jolloin sillä voidaan käsitellä myös karkeita rakeita. RE-rullaerottimen kapasiteetti on noin 50 % suurempi kuin IMR-erottimien. Useissa tapauksissa, joissa on perinteisesti käytetty IMR-erotinta, uusi kestomagneettierotin voi alentaa sekä pääomaa että käyttökustannuksia. RE-erottimet kuluttavat vain 10 % energiaa verrattuna IMR-erottimiin ja ovat niitä pienempiä. RE-erottimen magneettikenttää ei voi muuttaa, vaan erotusta on tapauskohtaisesti säädettävä vaihtelemalla hihnan paksuutta tai muuttamalla rullan nopeutta.

RE-kestomagneettirullassa magneettivuon tiheys voi olla 1,6 T ja kentän gradientti yli 800 T/m. Erottimen kapasiteetti mineraaleja puhdistettaessa paramagneettisista epäpuhtauksista on 1 t/h, useimpien teollisuusmineraalien rikastuksessa 5–15 t/h ja karkeita rautamalmeja rikastettaessa jopa 40 t/h. Itse erottimen tehon tarve on vain muutama watti ja erottimen tärysytin noin 90 W. Maksimiraekoko on 40 mm ja minimi 45 μ m, mutta kehitteillä olevilla erottimilla voidaan käsitellä jopa 100 mm partikkeleita. /3/

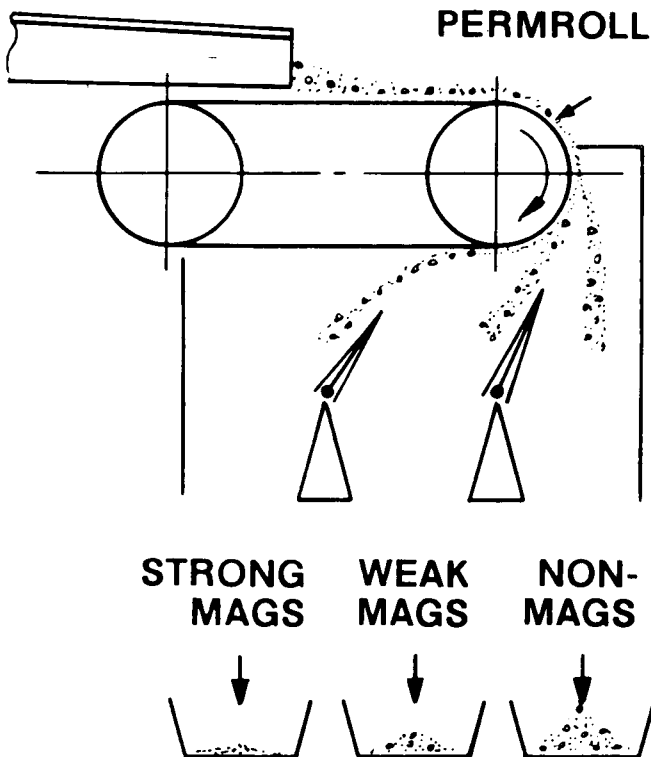
Kestomagneettirumpuerotin

Kestomagneettirumpuerottimet soveltuvat sekä kuivaan että märkään erotukseen. Niissä on erillisen pyörivän rummun sisään rakennettu magneetit, jotka on asetettu rummun akselin suuntaisesti.

Perinteiset kestomagneettirumpuerottimet on tehty suurista vuorotellen sisään- ja ulospäin magnetoiduista magneettilohkoista. Tällaista perinteistä kestomagneettia ei tulisi suoraan korvata RE-



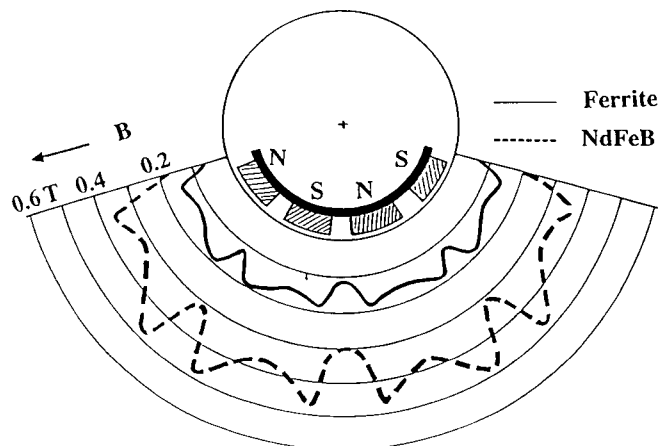
Kuva 1. Kestomagneettien kehityshistoria. /2/
Fig. 1. Chronology of permanent magnets. /2/



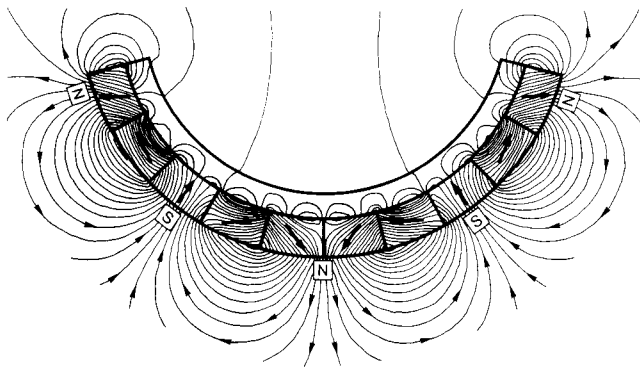
Kuva 2. Kestomagneettirullaerotin.
Fig. 2. Permanent magnetic roll separator.

magneetilla, koska tällöin kentän epätasaisuus lisääntyy (kuva 3). Myös RE-magneettien korkea hinta rajoittaa tällaista yksinkertaista korvaavaa suunnittelua.

KHD Humboldt-Wedag AG on kehittänyt uuden NdFeB-rumpuerottimen, jossa on paljon pieniä magneettiloikkoja, joiden magnetointisuunta vaihtuu pienin askelin (kuva 4). Tällöin napojen määrä ei ole sama kuin magneettiloikkojen määrä. Konventionaalisesti suunniteltuun laitteeseen erotin vaatii vähemmän magneettista materiaalia, magneettikentän voimakkuuden muutokset ovat paljon vähäisempiä ja kentän keskimääräinen voimakkuus on suurempi. /4/



Kuva 3. Kentän rakenne konventionaalisesti suunnitellulle magneetille. /4/
Fig. 3. Field pattern of a conventionally designed magnet. /4/



Kuva 4. RE-rumpuerottimen magneetin rakenne. /4/
Fig. 4. Magnet structure of RE drum separator. /4/

RE-rumpuerotin soveltuu keskisuuren susceptibiliteetin omaaville kärkeille materiaaleille, sekä kuivaan että märkään erotukseen. Se tuottaa yli 0,6 T magneettikentän rumpun pinnalla, ja siinä on keskisuuri kentän gradientti. Erottimelle soveltuva raekokoväli on 53 μm – 75 mm. /5/

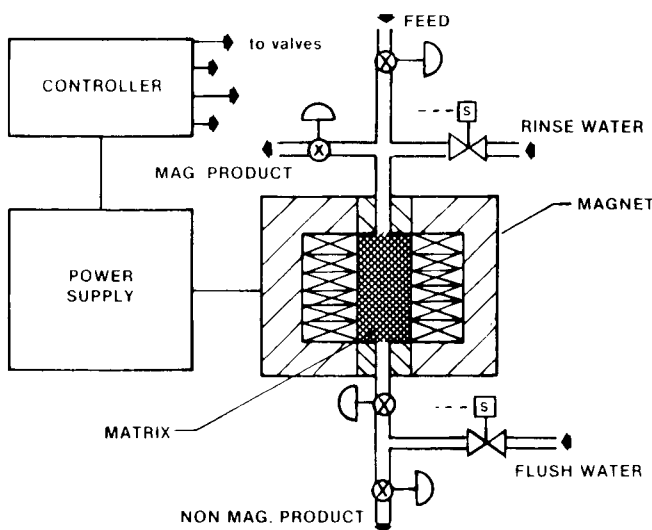
HGMS-EROTUS

Magneettinen suurgradientierotus (HGMS) on tehokas menetelmä hyvin pienten ja heikosti magneettisten partikkeleiden erotukseen. Sillä voidaan erottaa jopa alle 1 μm partikkeleita ja sitä on käytetty mineraalitekniikassa erityisesti kaoliinin puhdistukseen.

Erottimessa käytetään magnetisoituvasta materiaalista valmistettua matriisia (kuva 5), joka voi olla teräsvillaa, seulaverkkoa, levyverkkoa, uurrettuja levyjä tai teräskuulia. Matriisin ollessa magneettikentässä sen ohuet kuidut aiheuttavat epähomogeenisen magneettikentän ja erittäin suuren kentän gradientin.

Liete syötetään joko ylhäältä alaspäin tai pumpataan alhaalta ylöspäin magneettikentässä olevan matriisin läpi, jolloin magneettiset partikkelit tarttuvat matriisiin, kun taas epämagneettiset partikkelit virtaavat kanisterin läpi. Kun matriisi on kyllästynyt magneettisista partikkeleista, syöttö katkaistaan, magneettikenttä asetetaan nollassa ja magneettinen fraktio huuhdellaan vedellä pois matriisista.

Jaksottainen erotin on käyttökelpoinen silloin, kun liete sisältää vain vähän magneettista ainesta. Jatkuvatoimisessa erottimessa ei ole tätä rajoitusta ja siksi magneettisessa suurgradientierotuksessa taloudellisista syistä vaaditaan usein jatkuvatoimista erotinta.

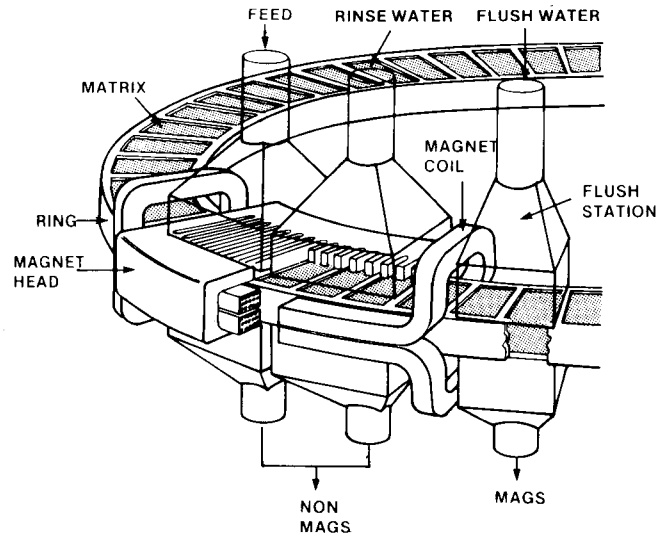


Kuva 5. Jaksottainen magneettinen suurgradientierotin. /6/
Fig. 5. Cyclic HGMS magnetic separator. /6/

Jatkuvatoiminen HGMS-erotin

Jatkuvatoimisessa HGMS-erottimessa matriisilaatikat on sijoitettu pyörivään renkaaseen, jonka ympärille magneetit on asennettu. Liette syötetään erottimeen matriisiin ollessa magneettikentässä, jolloin magneettiset partikkelit tarttuvat matriisiin ja epämagneettiset huuhtoutuvat pois. Matriisia huuhdotaan vielä vedellä sen ollessa magneettikentässä, jolloin loput epämagneettisista partikkeleista huuhdotaan pois. Matriisiin tarttunut magneettinen aines huuhdotaan vedellä magneettikentän ulkopuolella (kuva 6). Erotin voidaan varustaa useilla magneeteilla suuren kapasiteetin saamiseksi.

Jatkuvatoimisia HGMS-erottimia valmistetaan myös kestopagneetein varustettuna.



Kuva 6. Jatkuvatoiminen HGMS-erotin. /6/
Fig. 6. Continuous HGMS separator. /6/

SUPRAJOHTAVA MAGNEETTINEN EROTUS

Konventionaalisten magneettisten suurgradientierottimien energiakustannukset ovat varsin korkeat ja niiden magneettivuon tiheys on alle 2 T. Suprajohtavilla erottimilla voidaan pienentää energiakustannuksia ja lisäksi niillä voidaan tuottaa jopa 15 T kenttä. /6/ Konventionaalinen HGMS-erotin vaatii 270-400 kW tehon tuottamaan 2 T magneettikentän, kun vastaava suprajohtava erotin käyttää vain 0,007 kW tuottamaan 5 T kentän. Suprajohtavassa erottimessa jäädytykseen käytetyn nesteheliumin jäädytys vaatii kuitenkin huomattavasti energiaa. Verrattuna konventionaaliseen erottimeen suprajohtavassa erottimessa voidaan tuottaa 250 % voimakkaampi kenttä käyttämällä 80–90 % vähemmän energiaa. /7/

Taulukossa 2 on esitetty tärkeimmät parametrit hiljattain rakennetuista teollisuusmittakaavaisista suprajohtavista erottimista.

Suprajohtavat magneettierottimet eivät ole vielä saaneet suurta suosiota mineraaliteollisuudessa, koska nesteheliumijäädytys

Taulukko 2. Teollisuusmittakaavaiset suprajohtavat erottimet.
Table 2. Large superconducting separators.

Manufacturer	KHD	Carpco	Eriez	VUCHPT	OI
Country	Germ.	USA	USA	Czechosl.	UK
Customer	–	–	Huber	Kaznejov	CERL
Type	drum	matrix	matrix	matrix	matrix
Feed	dry	slurry	slurry	slurry	dry
Particle size	large	fine	fine	fine	med.
Field	3 T	5 T	2 T	5 T	5 T
Ore	?	kaolin	kaolin	kaolin	coal
Capacity	30 t/h	15 t/h	20 t/h	5 t/h	3 t/h
Cooling	liquef.	refrig.	liquef.	liquef.	bath
Cost (\$ 1000)	1200	–	2400	?	50

vuoksi niiden taloudellisuus ei ole ollut niin hyvä, kuin on toivottu, ja jäädytysjärjestelmät ovat monimutkaisia ja häiriöherkkiä. Viime aikoina on kiinnitetty paljon huomiota uusiin keraamisiin suprajohteisiin, joiden kriittinen lämpötila on yli 90° K. Tässä lämpötilassa voitaisiin jäädytykseen käyttää nesteheliumin sijasta. Tällöin jäädytysjärjestelmä voitaisiin tehdä paljon yksinkertaisemmaksi ja jäädytyskustannukset alenisivat merkittävästi. /1/

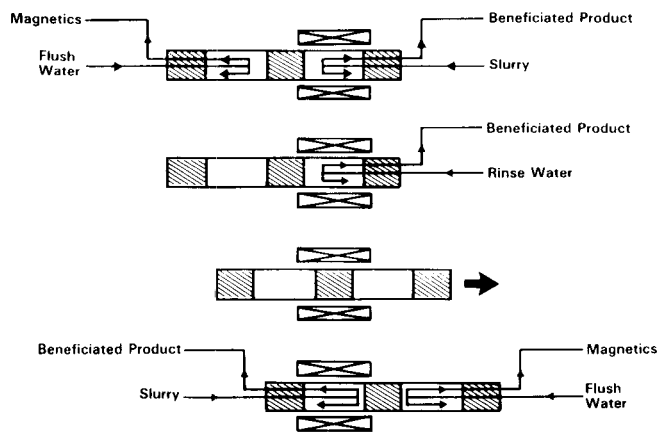
Eriez'in suprajohtava HGMS-erotin

Eriez on rakentanut kolme suprajohtavaa erotinta kaoliinin puhdistukseen vuosina 1986–1990. Erottimien magneettivuon tiheys on 2 T ja kentän kehittäminen vaatii 60 s nousuaikaa. Verrattaessa Eriez'in suprajohtavaa HGMS-erotinta vastaavaan konventionaaliseen erottimeen, energian hinnalla 0,07 \$/kWh, saadaan vuosittaiseksi säästöksi 130000 \$ suprajohtavan eduksi. /8/

Carpco'n suprajohtava HGMS-erotin

Koska suprajohtavalla magneetilla voidaan käyttää voimakasta magneettikenttää, voidaan samalla käyttää myös suurempaa virtausnopeutta, jolloin toimintajakson pituus lyhenee. Silloin magneetin huuhtelu-aika tulee merkittäväksi ja huuhtelun tulisi tapahtua nopeasti. Nopea huuhtelu voidaan aikaansaada käyttämällä kahta matriisia ja kuljettamalla niitä edestakaisin magneetissa (kuva 7). Kun yhtä matriisia käytetään, toista huuhdotaan. Tällöin magneetti voi olla päällä koko ajan, mikä säästää energiaa, koska magneetin ylös- ja alasajot kuluttavat paljon heliumia. Siten jäädytysjärjestelmä on saatu mahdollisimman taloudelliseksi. /9/

Jotta matriisi voitaisiin poistaa magneettikentästä ilman suurta voimaa, sen täytyy olla magneettisesti tasapainotettu. Tämä on järjestetty siten, että rautamäärä magneettikentässä säilyy vakiona, kun matriisi poistetaan siitä, jolloin matriisi voidaan poistaa magneetista 10 sekunnissa. Kun käytetään kahta matriisia, 5–8 T kenttää, toimintasykli on 8–10 kertaa nopeampi kuin konventionaalissa erottimessa, jossa on 2 T kenttä ja jossa magneettikenttä katkaisaan huuhtelujakson ajaksi.



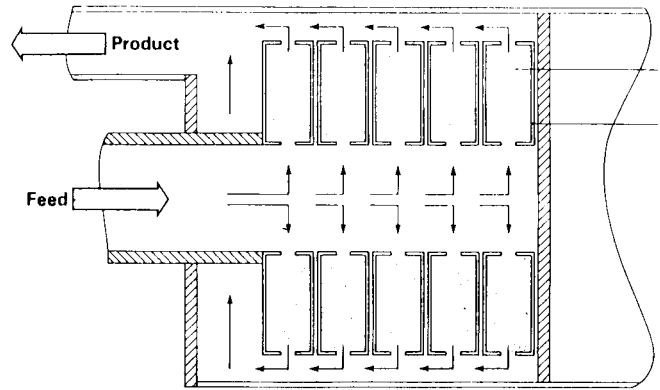
Kuva 7. Edestakaisin kulkevan matriisin toimintajakso. /9/
Fig. 7. The operating cycle of matrix reciprocation. /9/

Kapasiteetin lisäämiseksi magneetin läpimittaa voidaan kasvattaa vain tiettyyn rajaan asti. Suprajohtavissa erottimissa on rautakehyksen puuttuessa paljon helpompi konstruoida magneetteja, joiden pituus on suurempi kuin leveys. Silloin voidaan aksiaalisen virtauksen sijasta käyttää radiaalista virtausta, joka lisää virtauspinta-alaa ja siten myös kapasiteettia. Tällä tavoin voidaan saavuttaa 80 % suurempi kapasiteetti (Kuva 8).

Keskikokoinen erotin, jossa on suljettu jäädytysjärjestelmä, suprajohtava magneetti, radiaalinen virtaus sekä edestakaisin liikkuva matriisi, on kilpailukykyinen nykyisten suurten konventionaalisten erottimien kanssa.

Oxford instrument suprajohtava HGMS-erotin

Magneettisten partikkeleiden huuhtelu matriisista edellyttää magneettikentän pienentämistä nollaan tai matriisin poistamista mag-



Kuva 8. Radiaalinen virtaus matriisissa. /9/
Fig. 8. Detail of the radially fed matrix canister. /9/

neettikentästä. Suprajohtavassa magneetissa puhdistusjakso aiheuttaa yleensä ongelmia, koska suurissa suprajohtavissa magneeteissa magneettikentän katkaisu on hidasta ja magneettikentän muuttaminen lisää aina heliumin kiehumista ja siten lisäkustannuksia. Toisaalta matriisin mekaaninen työntäminen pois matriisista aiheuttaa suuren rasituksen systeemille.

Tätä ongelmaa on pyritty poistamaan tasapainottamalla matriisia magneettikentässä pitävää magneettista voimaa matriisiin liitettyllä apukäämillä. Matriisin paikalleen asettamiseen vaikuttaa silloin apukäämissä olevan virran suuruus ja suunta. Kokeiden perusteella matriisin poistaminen kestää alle 5 s, jolloin käyttöjakso saadaan riittävän nopeaksi. Erotinta on käytetty hiilen puhdistamiseen. /10/

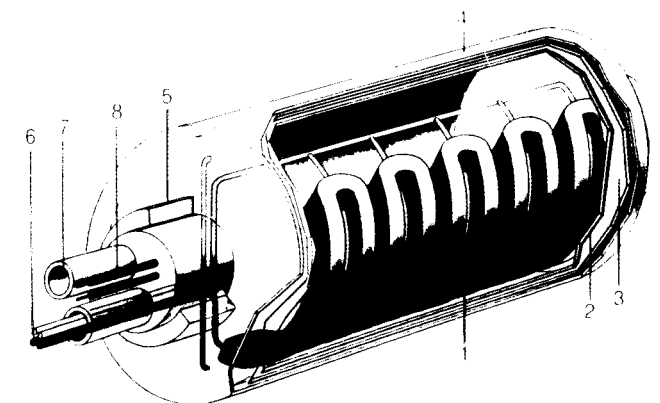
Tsekkiläinen suprajohtava HGMS-erotin

Tsekinmaassa toimii kaoliinin puhdistuksessa suprajohtava HGMS-erotin. Erotin on asetettu vaakasuoraan ja siinä on kaksi teräsvillamatriisia. Matriisin siirto tapahtuu huuhteluveden hydraulisella voimalla, eikä mitään mekaanista siirtolaitetta tarvita. Magneettivuon tiheys on 5 T, matriisin läpimitta 500 mm ja pituus 1000 mm, erottimen kapasiteetti 5 t/h sekä tehontarve 30 kW.

Suprajohtava OGMS

Suprajohtavassa DESCOS-rumpuerottimessa pyörivän erotusrummun sisään on rakennettu "race-track"-käämeistä koostuva magneetti (kuva 9). Erottimella saavutetaan yli 4 T magneettivuon tiheys rummun pinnalla ja kentän vaikutus ulottuu kauas rummun pinnasta. Sekä märkä että kuiva erotusmenetelmä ovat mahdollisia. Tulevissa malleissa magneettivuon tiheys on 5 T.

Magneetin jäädytysjärjestelmä on suunniteltu kiinteäksi osaksi koko erotusyksikköä ja jäädytys voi toimia täysin automaattisesti. Helium on ainoa jäädytysaine ja jäädytysjärjestelmä on täysin suljettu. Laitetta ohjaa vapaasti ohjelmoitavissa oleva järjestelmä, josta saadaan kaikki tarvittavat tiedot. /11/



Kuva 9. Suprajohtava DESCOS rumpuerotin. /6/
Fig. 9. Superconducting DESCOS drum separator. /6/

KIRJALLISUUS – REFERENCES

1. *Kopp, J.*, Superconducting magnetic separators. *Magnetic and Electrical Separation*, 3(1991)1. s. 17-32.
2. *Norrgran, D. A. & Merwin, R. A.*, Industrial applications of the high-intensity rare earth drum magnetic separator. XVIII International Mineral Processing Congress, Sydney, 23-28 May 1993. s. 393-396.
3. *Arvidson, B. R.*, New high-intensity roll separator using permanent magnets. *CIM Bulletin*, 78(1985)879. s. 88-90.
4. *Wasmuth, H.-D., Unkelbach, K.-H. & Hahn, C.*, PERMOS – a new medium intensity drum type permanent magnetic separator with special structure of NdFeB-magnets. 17th International Mineral Processing Congress, Dresden, 23-28 September 1991. s. 207-218.
5. *Russell, A.*, Magnetic separation – an ever more exacting science. *Industrial Minerals*, March 1992. s. 39-57.
6. *Svoboda, J.*, Magnetic methods for the treatment of minerals. *Developments in mineral processing*, Volume 8. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam 1987. 692 s.
7. *Stefanides, E. J.*, Superconducting magnets upgrade paramagnetic particle removal. *Design News*, 44(1986)9. s. 102-104.
8. *Winters, A. J. & Selvaggi, J. A.*, Large-scale superconducting separator for kaolin processing. *Chemical Engineering Progress*, 86(1990)1. s. 36-40.
9. *Stadtmüller, A. A., Goode, J. A. & Riches, N. J.*, Developments in superconducting magnetic separation. *Industrial Minerals*, May 1988. s. 58-69.
10. *Male, S. E. & Lal, D. A.*, Superconducting magnetic separator with magnetically balanced matrix. *IEEE Transactions on Magnetics*. 24(1988)2. s. 753-756.
11. *Wasmuth, H.-D. & Unkelbach, K.-H.*, DESCOS high-intensity drum-type magnetic separator with superconductive magnetic system providing high throughput rates. *Aufbereitungs-Technik*, 30(1989)12. s. 753-760.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF HIGH INTENSITY MAGNETIC SEPARATION

This article reports the main features of a literature survey carried out as part of a research project on "Application of high intensity magnetic separation for the beneficiation of Finnish metal and industrial mineral ores". The survey comprehensively clarifies the global development of high intensity magnetic separation during the 1980's and 1990's. The project was carried out in collaboration between the Laboratory of Mechanical Process Engineering at the University of Oulu, and VTT / the Technical Research Centre of Finland (Chemical Technology, Mineral Processing), in order to determine the applicability and advantages of different types of high

intensity magnetic separators for users in the mineral industry. In addition, the project included laboratory tests on a superconducting HGMS separator, provided by the University of Oulu, which generates 4.5 T magnetic induction, and a HGMS separator, supplied by VTT, which can generate 2.0 T magnetic induction. The literature survey itself has been divided into three main sections which are reported in our article. Permanent magnet separation is discussed first, followed by conventional high gradient magnetic separation based on electromagnets. Finally, superconducting magnets are described.

In Memoriam



ERKKI VELI HEISKANEN
16.9.1919–22.8.1994

Johtaja Erkki V. Heiskanen kuoli Helsingissä 22. elokuuta. Hän toimi Kaavilla Luikonlahden kaivoksen johtajana ja Malmikaivos Oy:n toimitusjohtajana noin 15 vuoden ajan. Vuodesta 1977 alkaen hän oli

ollut eläkkeellä. Hän oli syntynyt 16.9.1919 Lapualla jääkäriupseerin poikana, kirjoitti ylioppilaaksi Mikkelin lyseosta 1937 ja meni kadettikouluun 1939. Sodan aikana hän palveli ilmatorjuntaupseerina mm. Maaselän kannaksella, Kotkassa ja Joensuussa sekä opettajana Maasotakoulussa. Sodan jälkeen hän joutui monen muun aktiiviupseerin tavoin eroamaan puolustusvoimista ja opiskeli filosofian kandidaatiksi Helsingin yliopistossa pääaineenaan geologia ja minerologia.

Vuorimiehenä hänen ensimmäinen työpaikkansa oli Ruskelan Marmori Oy:n Kerimäen kalkkikaivoksen käyttöpäällikkönä. Sama yhtiö omisti myös Luikonlahden kuparimalmiesiintymän, jonka hyväksikäyttötutkimuksissa oli joitakin vuosia aikaisemmin päädytty kannattamattomaan tulokseen.

Luikonlahden tutkimukset aloitettiin Erkki Heiskanen johdolla uudelleen. Vähitellen, sitkeän työn tuloksena Luikonlahden köyhän kuparimalmin varaan kehitettiin edellytykset nykyaikaiselle kaivokselle, joka aloitti tuotantonsa 1968. Syrjäisen pohjoissavolaisen malmiesiintymän ”kultainen siemen” saatiin kasvamaan ja tuotamaan satoa laajemmallekin ympäristönsä. Luikonlahden rikastetuotannon varaan rakennettiin Rikkihappo Oy:n (nyk. Kemira Oy:n) Siilinjärven tehdas, Juankosken – Luikonlahden rautatie, valtakunnallinen

voimalinja jne. Kaavin kunnan verotuloja Luikonlahden kaivos lisäsi aikanaan lähes puolella, ja vaikka kuparikaivos onkin nyt suljettu, toiminta Luikonlahden kaivosalueella jatkuu talkintuotannon ja tutkimuksen varassa.

Erkki Heiskanen oli ”malmintekijä”. Ei riitä, että malmi löydetään. Se pitää myös hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla sekä taloudellisesti että yhteiskunnallisesti. Hän oli sydämellinen ja innostava esimies, jossa tarpeen vaatiessa näkyi myös sotilaskoulutuksen jälki. Kaivoksella kehittyi ns. Luikonlahden henki, jossa jokainen yritti tehdä parhaansa. Se osoittautui myöhemmin elintärkeäksi, kun kuparin hinta lähti laskemaan. Kultaisen siemenen hoito vaati Heiskaselta suuria ponnistuksia. Hän joutui terveydentilansa takia eläkkeelle jo 57-vuotiaana. Eläkevuosiaan hän vietti Helsingissä.

Erkki Heiskanen osallistui Vuorimiesyhdistyksen toimintaan aktiivisesti mm. yhdistyksen hallituksen jäsenenä ja tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtajana. Vuorimiesansioistaan hänelle myönnettiin Eero Mäkinen ansiomitäli vuonna 1979. Kaavilla ollessaan hän toimi mm. kunnan hallituksen puheenjohtajana ja Kuopion Kauppakamarin aktiivisena jäsenenä.

Erkki Heiskanen oli sotilasarvoltaan majuri.

Matti Tyni

SUORITETTUJA TUTKINTOJA –

AVLAGDA EXAMINA

TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

Materiaali- ja kallioteknikan laitos

Tekniikan tohtorit:

Tekniikan lisensiaatti **Jari Aromaan** väitöskirja ”On the corrosion of ruthenium oxide (RuO₂) based anodes in chloride solutions” tarkastettiin torstaina 30. kesäkuuta 1994 Teknillisen korkeakoulun materiaali- ja kallioteknikan laitoksella. Virallisina vastaväittäjinä toimivat tekn.tri Olli Hyvärinen, Outokumpu Research Oy, Pori ja dosentti, tekn.tri Olof Forsén, Teknillinen korkeakoulu, sekä valvojana professori Seppo Yläsaari.

Väitöskirjassa on tutkittu liukenemattomien oksidianodien koostumuksen ja toimintaolosuhteiden vaikutusta anodin kestävyteen ja tuhoutumismekanismiin kloridiliuoksissa. Liukenemattomia anodeja käytetään sähkökemiassa sähkövirran syöttämiseen systeemiin haluttujen reaktioiden aikaansaamiseksi. Anodilla tapahtuu pääasiassa kaasunkehitysreaktioita, kuten kloorinkehitystä ja hapenkehitystä. Termi ”liukenematon anodi” antaa ymmärtää, että anodilla ei tapahdu haitallisia, anodin tuhoutumiseen johtavia korroosioilmiöitä. Anodin kestävyys riippuu kuitenkin käytetyistä liuosolosuhteista ja virrantiheyksistä. Happamissa, väkevyissä kloridiliuoksissa anodin kestoajat ovat suurista virrantiheyksistä huolimatta vuosia, mutta kloridipitoisuuden laskiessa tai liuoksen pH:n kasvaessa hapenkehityksen osuus kasvaa. Mikäli hapenkehitys on liian voimakasta, tutkittujen oksidianodien aktiiviset, kaasunkehitystä katalysoivat ruteniumatomit liukenevat. Liuoksen happamuudella on voimakkaampi vaikutus hapenkehityksen estämiseen kuin kloridipitoisuudella. Hapenkehitys johtaa ensi vaiheessa anodin

pinnan aktiivisten paikkojen liukenemiseen. Tämän jälkeen hapenkehitys jatkuu anodin huokosissa ja halkeamissa, jolloin joko kaasukuplien aiheuttama mekaaninen rasitus tuhoaa aktiivisen kerroksen tai anodin sisäisille rajapinnoille muodostuu passiivikerroksia.

Master of Science **Shuang Xun** väitöskirja ”Experimental and Modeling Study on Smelting Reduction Process” tarkastettiin 18.3.1994 Teknillisen korkeakoulun materiaali- ja kallioteknikan laitoksella. Virallisena vastaväittäjänä toimi apulaisprofessori Heikki Jalkanen sekä valvojana professori Lauri Holappa.

Sulapelkistysmenetelmän kehitystyön tavoitteena on uuden, energiaa ja ympäristöä säästävän raudan valmistusmenetelmän kehittäminen. Teollisen prosessin kehittäminen on menossa mm. Japanissa, USA:ssa, Australiassa sekä EU:n piirissä. Työssä kehitettiin matemaattinen termodynaaminen malli, jolla voidaan määrittää optimiprosessin toimintatapa energian säästöä ajatellen.

Kokeellisessa osassa kehitettiin ainutlaatuinen röntgenlöpävalaistusmenetelmä, jolla voitiin havainnoida ja mitata sulapelkistyksen perusilmiöitä, kuumentamis-, sulamis- ja liukenemistapahtumia prosessiolosuhteissa 1500–1600°C:n lämpötilassa. Ilmiöiden selittämiseksi kehitettiin matemaattinen malli, joka osoittautui hyvin yhtäpitäväksi koetulosten kanssa.

Tekniikan lisensiaatit:

Mu, Dong: "Interfacial properties of liquid iron and slag system".

Sessile drop method combined with X-ray radiographic technique was used in this work. To define profiles of droplets, drop images were treated digitally by image analysis software. The interfacial properties between a pure liquid iron droplet and a CaO-Al₂O₃-SiO₂ slag system were measured at equilibrium. The values of interfacial tension and contact angle were evaluated from images by numerically solving Young-Laplace's equation. The effect of slag composition and sulphur content both in the metal and the slag phase on the interfacial tension were extensively investigated. Further, dynamic process of desulphurisation and reoxidation reaction were studied as an interfacial phenomenon.

In the pure iron and CaO-Al₂O₃-SiO₂ slag system, the interfacial tension decreased with the increase of silica content in the slag. The experimental results agreed well with Jimbo and Cramb, but were remarkably higher than the other previous studies. For the Fe-S alloy and sulphur containing slag system, the interfacial tension decreased with the increase of both sulphur content in the metal and silica content in the slag. It was found that when the sulphur content was high both in the metal and the slag, the gas bubbles, which were formed during reactions, attached to the metal droplet and made the apex of the droplet flat. In this case the flotation coefficient ($\theta = \gamma_s - (\gamma_M - \gamma_{SM})$) was larger than 300 mN/m.

In non-equilibrium conditions, during desulphurisation reaction, the iron droplet changed its shape remarkably, the apparent (measured) interfacial tension changing as well, respectively. The phenomenon took place periodically, thus the interfacial tension was fluctuating.

Pehkonen, Antero: "Tutkimus anodisen suojauksen soveltamisesta rikkihappoprosessissa".

Työssä tutkittiin eräiden rikkihapon valmistusprosessissa hapossa esiintyvien epäpuhtauksien vaikutusta anodiseen polarisaatioon. Samoin selvitettiin anodisen suojauksen suoja potentiaalin valintaa ja suoja virrantiheyttä puhtaassa rikkihappossa. Tutkittavat materiaalit olivat hiiliteräs sekä ruostumattomat austeniittiset teräkset AISI 304 ja AISI 316.

Koska rikkihappossa esiintyvät epäpuhtaudet ja niiden pitoisuudet määräytyvät pitkälti hapon valmistusprosessin ja raaka-aineiden perusteella, käsitellään työn kirjallisuudessa ensin lyhyesti rikkihapon teollisia valmistusmenetelmiä. Rikkihapon fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet vaihtelevat voimakkaasti hapon pitoisuuden muuttuessa, minkä takia myös materiaalinvalinta ilman anodista suojausta on vaikeaa. Työssä on myös lyhyesti käsitelty hiiliteräksen ja ruostumattomien terästen passiivoitumista sekä anodista polarisaatiokäyttäytymistä ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Kirjallisuudessa esitellään myös anodinen suojaus, menetelmän perusteet, käyttö sekä rikkihappossa esiintyvien epäpuhtauksien vaikutus menetelmän käyttöön. Tämän lisäksi selvitetään kirjallisuuden perusteella suojauksen leviämistä.

Työn kokeellisessa osassa tutkittiin puhtaaseen väkevään (98 p-%) rikkihappoon lisättyjen epäpuhtauksien raudan, typpihapon ja ammoniumsulfaatin sekä typpi- ja ilmakuplituksen vaikutusta anodiseen polarisaatioon lämpötiloissa 40 ja 80°C. Polarisaatiomittaukset tehtiin syklistä potentiodynaamisina mittauksina. Tämän lisäksi selvitettiin hitailla (100 mV/30 min) potentiodynaamisilla kokeilla suoja potentiaalin tärkeämpää määräämistä sekä suoja virrantiheyttä potentiostaattisilla kokeilla. Tulosten perusteella happoon liennut rauta ja ammoniumsulfaatti vaikuttavat pienillä pitoisuuksilla vain vähän tutkittavien materiaalien anodiseen käyttäytymiseen. Typpihappo sen sijaan passiivoi jo pienillä pitoisuuksilla (0.1 til-%) materiaalit. Rikkihappoon liennut happi tehostaa voimakkaasti hapon hapettavaa vaikutusta. Työn tulosten perusteella ruostumattoman teräksen AISI 304 passiivointi tapahtuu rikkihappossa helpommin ja suoja virrantiheys on suunnilleen yhtä alhainen kuin molybdeenin sisältävällä runsaammin seostetulla teräksellä AISI 316.

Raipala, Kalevi: "Masuunin prosessihäiriöiden ennalta ehkäisy".

Työn tarkoituksena on ollut kerätä masuunin prosessihäiriöitä koskevat omat kokemukset ja kirjallisuuden tiedot. Yhdistämällä tämä tietämys ja Koverharin tehtaan henkilöstön käyttökokemus on selvitetty ne pääperiaatteet, joiden mukaan vakavat prosessihäiriöt voidaan ennalta ehkäistä tai ainakin nopeasti korjata. Masuunin prosessihäiriöt aiheuttavat useimmiten hyvin suuria taloudellisia menetyksiä, koska menetettyä raakaurautuotantoa ei voida korvata. Lisäksi tapaturmariski kasvaa häiriötilanteessa moninkertaiseksi.

Ennalta ehkäisyssä on periaatteena järjestelmällinen toiminta. Raaka-aineiden fyysisistä ja kemiallisista ominaisuuksista lähtien, masuunin mittausten ja niistä laskettujen suureiden jatkuva seuranta on auttanut häiriöiden havaitsemisessa hyvissä ajoin ennen kuin ne ovat päässeet kehittymään todella vakaviksi. Erityistä huomiota on kiinnitetty kasvannaisten syntymekanismien selvittämiseen ja kasvannaisten ennalta ehkäisyyn. Jäähdytystehot, lämpötilanjakauma kiehissä ja sähkösuotimen pölyn sinkkipitoisuus ovat luotettavimmat indikaattorit kasvannaisten havaitsemisessa. Panosmateriaalien laadun valvonta, panoksen seulonta ja materiaalien jakauman ohjaus panostuksen avulla sekä masuunin rakenne ovat tehokkaimmat keinot kasvannaisten ehkäisyssä.

Ihmisten tarkkaavaisuus ei ole herpaantumaton, joten jatkuvaan valvontaan on kehitettävä asiantuntijajärjestelmiä, jotka jatkuvasti päättelevät masuunin tilan. Tämä työtä onkin osa tekeillä olevan asiantuntijajärjestelmän tietämyskentää.

Teppo, Osmo: "Tasapainopiirrosten optimointi ja laskenta binäärisille metalliseoksille Lukas-ohjelmistolla".

Käytettävissä oleva kokeellinen aineisto binääristen seosten Cu-Sb, Cu-Pb, Bi-Cu, Cu-Cr, Cu-Nb, Cu-V, Pb-Sb, Bi-Pb ja Bi-Sb tasapainopiirroksista ja seostermodynamiikasta on koottu ja kriittisesti arvioitu. Termodynaamiset malliparametrit liuosfaaseille sekä metallisille yhdisteille on laskettu käyttäen pienimmän neliösumman menetelmää ja Lukas-ohjelmaa, jolla voidaan samanaikaisesti hyödyntää sekä faasidiagrammeja koskevaa että termodynaamiset funktiot sekä faasidiagrammit ko. binäärisysteemeille. Tuloksena olevia analyttisiä kuvauksia ja laskettuja arvoja on verrattu kokeelliseen aineistoon.

Lukas-ohjelman pienimmän neliösumman menetelmä termodynaamisten funktioiden ja tasapainopiirrosten optimointiin kuvataan.

Termodynaamisten kuvauksen matemaattisen mallin sekä sen sovitettavien kertoimien valintaan liittyviä kysymyksiä pohditaan.

Kirjallisuudessa esitetyt parannuksia nykyisiin menetelmiin, jotka koskevat liuosmalliparametrien optimointia sekä faasidiagrammien laskemista, kuvataan lyhyesti.

Diplomi-insinöörit:

Fagerlund, Kim: "Rikkidioksidin hapettumisen simulointi jäteämpökattilassa".

Iivonen, Terhi: "Metallisulfaattien muodostuminen jäteämpökattilassa".

Jokinen, Petri: "Vakuumi-induktiouunin metallurgia vaatavien teräslaatuojen valmistukseen".

Koskinen, Juha-Pekka Tapani: "Kokeellinen tutkimus vaahdon pesusta mekaanisessa HG-vaahdotuskoneessa".

Laine, Petteri: "OK-vaahdotuskennojen roottori- ja staattori-komponenttien pinnoitemateriaalien valinta".

Lassila, Ilkka: "Tutkimus rautakarbidiin valmistuksen perusteista".

Lumme, Janne Kalevi: "Monitoimijäänmurtajan katodinen suojaus eri olosuhteissa".

Montonen, Jaakko: "Kiteenkasvatusuunin lämpövyöhykkeen muutoksen vaikutus piikiteiden laatuun".

Mäkitalo, Jarkko: "Tutkimus niukkaseosteisten Nd-Fe-B -magneettien ominaisuuksien parantamisesta".

Nuortie, Oskari: "Liekkisulatusuunin reaktiokuilun osamallien parametritutkimus".

Nurmi, Pia: "Nikkelirikasteiden reaktiot yksittäispartikkelihapetuksessa".

Palm, Petteri: "Tina-Vismutti-Sinkki – ja Tina-Indium-Sinkki -tättyisten juoteliimojen karakterisointi".

Pilvinen, Harri: "Jatkuvavaletun nauhan kuumamuokkaus".

Ramsay, Patrick: "Mallimateriaalitekniikan soveltaminen putkenpursotuksessa Conform-menetelmällä".

Riihilahti, Kirsi: "Liekkisulatusuunin nousukuilun geometristen muutosten simuloiminen".

Saarinan, Kari: "DHP-kupariohutlevyn suotaumarakenne ja sen syntymekanismi".

Satola, Ilkka: "Sementtipohjaisten injektointiaineiden tunkeutuvuus".

Tuomela, Sari Inkeri Tuulikki: "Smartvis laitteiston soveltuvuus peitatus teräsnauhan pinnan tarkastukseen".

Törölä, Vesa: "Hiukkas-kaasu -virtausten tietokonelaskenta".

Vapaavuori, Eija: "Erään pulverimetallurgisesti valmistetun ke-raamilujitetun superduplex-teräksen kulumisen- ja korroosionkestävyyttä".

Väisänen, Tuire: "Louhintayrityksen laadunvarmistus".

UUSIA JÄSENIÄ – NYA MEDLEMMAR

Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.:n hallitus on hyväksynyt seuraavat henkilöt yhdistyksen jäseniksi:

Kokouksessa 28.9.1994

Fagerlund, Kim Olof, DI, s. 30.4.1969, tutkija, TKK ja VTT. Os.: Kalevankatu 42 A 6, 00180 HELSINKI. Jaosto: met.

Harri, Heikki Kalevi, yo., s. 18.10.1945, tiedotuspäällikkö, Rauma Oy, Nordberg-ryhmä. Os.: Estetie 10, 00430 HELSINKI. Jaosto: kai rik.

Hietala, Markus Heimo, DI, s. 9.7.1948, kouluttaja/Teollisen toiminnan ja tekniikan osasto, POHTO. Os.: Havutie 6, 90650 OULU. Jaosto: Met.

Hirsimäki, Riitta Helena, ins./135 ov, s. 22.11.1962, laskentaekonomi, nikkelitulosityksikkö, Outokumpu Harjavalta Metals Oy. Os.: Lattomerentie 155, 28580 PORI. Jaosto: met.

Hutri, Kaisa-Leena, FL, s.11.5.1963, tutkija, asuntojen radonmittaukset, Säteilyturvakeskus Helsinki. Os.: Jönsaksenpolku 8 A 21, 01600 VANTAA. Jaosto: geo.

Hämäläinen, Jari Jorma Juhani, ins., s. 18.6.1964, käyttöinsinööri, nikkelielektrolyysi, Outokumpu Harjavalta Metals Oy. Os.: Puukankatu 16 as 4, 29200 HARJAVALTA. Jaosto: met.

Isomäki, Iikka Justus, DI, s. 4.12.1967, tutkija, TKK. Os.: Pajalahdentie 17 D 74, 00200 ESPOO. Jaosto: met.

Konttinen, Elina Annikki, DI, s. 21.7.1963, tutkimusinsinööri, nauhavalssaus tutkimus, Rautaruukki Oy Tutkimuskeskus. Os.: Cortenkatu 13 B, 92100 RAAHE. Jaosto: met.

Kytönen, Heli Tellervo, 107,5 ov, s. 9.10.1968, opiskelija, TKK. Os.: Kuutamokatu 5 B 30, 02210 ESPOO. Jaosto: met.

Mäkinen, Pertti Tapio, ins., s. 7.11.1959, tuotepäällikkö, Outokumpu Poricopper Oy. Os.: Suulotintie 35, 28610 PORI. Jaosto: met.

Nurmi, Pia Helena, 163 ov, s. 5.3.1969, tutkimusapulainen, TKK. Os.: Leppäsuonkatu 7 B 310, 00100 HELSINKI. Jaosto: met.

Nyholm, Heikki Johannes, DI, s. 24.3.1956, markkinointijohtaja, Imatra Steel Oy Ab. Os.: Kalevankatu 61 C 37, 00180 HELSINKI. Jaosto: met.

Nylander, Juhani Eero, FM, s. 6.5.1955, geologi, malminetsintä, Boliden Mineral AB. Os.: Västergatan 10 C, S-93162 SKELLEFTEÅ, Sverige. Jaosto: geo.

Pihlajamäki, Jaana Birgitta, 146 ov, s. 7.7.1970, opiskelija, TKK. Os.: Servin Maijantie 3 C 15, 02150 ESPOO. Jaosto: met.

Pohjala, Lasse Ilmari, DI, s. 2.10.1961, tuotannonohjauspäällikkö, Fundia Wire Oy Ab, Taalintehdas. Os.:

Paaskunnankatu 1 C 36, 20540 TURKU. Jaosto: met.

Rantamäki, Matti Olli, Dipl.Kaufm, s. 23.2.1951, toimitusjohtaja, Outokumpu Polarit Oy. Os.: Saarenpääkatu 7, 95400 TORNIO. Jaosto: met.

Rosenberg, Leena Tuulikki, ins., 12.5.1947, vanhempi varaosainsinööri, Outokumpu Castform Oy Valutekniikka. Os.: Toivolantie 25, 28400 ULVILA. Jaosto: met.

Rossi, Soili, DI, s. 21.5.1957, materiaaliasiantuntija, Nokia Telecommunications Oy. Os.: Armas Launiksenk. 5 B 19, 02600 ESPOO. Jaosto: met.

Sangster, Kenneth John, BSc, s. 6.4.1944, Vice President, Outokumpu Metals & Resources, London, Englan. Os.: The White House Abbots Leigh Rd, BRISTOL BS8 3PX England. Jaosto: met.

Seppälä, Juha, TkL, s. 5.10.1965, tutkimusinsinööri, Outokumpu Copper Oy Pori. Os.: Rekitie 1 B, 28430 PORI. Jaosto: met.

Sorjonen-Ward, Peter, PhD, s. 16.10.1958, geologi, rakennegeologia ja malminetsintä, GTK. Os.: Louhentie 15 A 12, 02130 ESPOO. Jaosto: geo.

Terho, Kari Lauri Sakari, DI, s. 19.11.1968, tutkimusinsinööri, tuotekehitys, Outokumpu Copper Oy Pori. Os.: Kiertokatu 11 B 18, 28130 PORI. Jaosto: met.

Tuominen, Jukka Tapio, DI, s. 8.11.1969, vs.assistentti, TKK, metallurgian laboratorio. Os.: Servin Maijantie 3 C 23, 02150 ESPOO. Jaosto: met.

Kokouksessa 7.11.1994

Köylijärvi, Pentti Jaakko, DI, s. 20.9.1957, myynninedistämis-päällikkö, Larox Oy Lappeenranta. Os.: Maaherrankatu 23 A, 53100 LAPPEENRANTA. Jaosto: rik.

Niitti, Tomi Matti Juhani, 108 ov., s. 7.5.1968, opiskelija, TKK, MAK. Os.: Tiistinkallio 1 C 22, 02230 ESPOO. Jaosto: rik.

Rosendal, Jari Mikael, DI, s. 20.7.1965, Technical Manager, Outokumpu Mintec USA Inc. Os.: 8121 South Poplar Way #C-203, ENGLEWOOD Co 80112 USA. Jaosto: rik.

Skarp, Taisto Ferdinand, FK, s. 13.5.1942, tuotelinjan johtaja – filtrit, Outokumpu Mintec Oy Espoo. Os.: Outokumpu Mintec Oy, PL 84 02201 ESPOO. Jaosto: rik.

Vuori, Janne Petteri, 95 ov., s. 2.4.1969, opiskelija, TKK, MAK. Os.: Kirstinharju 3 D 51, 02760 ESPOO. Jaosto: rik.

UUTTA JÄSENIÄ – NYTT OM MEDLEMMARNA

TkT **Veikko Heikkinen** on nimitetty 1.7.1994 Rautaruukki Oy:n kehitysjohtajaksi vastuualueenaan konsernitason kehitysprojektit ja laadunhallinta.

VUORIMIESYHDISTYS – BERMANNFÖRENINGEN r.y:n

VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 24.–25.3.1995

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.

VUORIMIESYHDISTYS – BERMANNFÖRENINGEN r.y:s

ÅRSMÖTE

hålls i Helsingfors den 24.–25.3.1995

Närmare uppgifter meddelas i inbjudan som postas vid en senare tidpunkt.

Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen ry:n tutkimuslauseet, kirjat ja julkaisut

Tutkimuslauseet: sarja A

	hinta
A 9 "Rikastamoiden jätealueiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"	20,-
A 10 "Kuulurakenteet"	20,-
A 20 "Rikastamoiden instrumentointi"	20,-
A 22 "Tulenkäsitteet keraamiset materiaalit"	20,-
A 24 "Kaivosten ja avolouhusten geologinen kartoitus"	20,-
A 25 "Geofysikaaliset kenttätyöt I – Painovoimamittaukset"	20,-
A 27 "Kallion rakenteellisten ominaisuuksien vaikutus louhittavuuteen"	45,-
A 32 "Seulonta"	40,-
A 34 "Geologisten joukonäytteiden analysointi"	50,-
A 36b "Pakokaasukomitea – uusimpien julkaisujen sisältämät tutkimustulokset dieselmoottorien saastetuoton vähentämiseksi"	50,-
A 39 "ATK-menetelmien käyttö kallioperäkartoituksissa"	25,-
A 42 "Kaivosten työympäristö"	50,-
A 47 "Murskeen varastointi talviolosuhteissa"	40,-
A 50 "Kaukokartoitus malmiennäköissä"	100,-
A 52 "Suunnattu kairaus"	50,-
A 53 "Kivilajien kairattavuusluokitus"	50,-
A 54 "Nykyaikaiset murskauspiirit"	50,-
A 55 "Murskaus- ja rikastusprosessien asettamat tekniset olosuhdevaatimukset Suomessa"	50,-
A 56 "Pölyntorjunta kaivoksissa"	50,-
A 57 "Palontorjunta kaivoksissa"	50,-
A 58 "Paikan ja suunnan määrittäminen geofysikaalisissa tutkimuksissa"	50,-
A 59 "Utveckling av seismiska metoder för geologiska och bergmekaniska undersökningar"	50,-
A 60 "Holvautumisen purkumenetelmät"	50,-
A 61/1 "Rakenteisen materiaalin kosteuden mittaus"	50,-
A 62 "Luettelo Suomessa olevista ja tänne helposti saatavista elementtiyhdistyksistä"	30,-
A 63 "Avolouhoksen seinämän kaltevuuden optimointi"	50,-
A 64 "Suomessa tehdyt kallion jännitystilain mittaukset"	50,-
A 65 "Kiintoaineen ja veden erotus"	50,-
A 66 "Pohjavesikysymys kalliotiloissa"	50,-
A 67 "Crosshole seismic investigation"	70,-
A 68 "Automation of a drying process"	70,-
A 69 "Rakeisen materiaalin jatkuva toiminen kosteuden mittaus"	50,-
A 70 "Happamien ja intermediaaristen magmakivien kivilajimäärittäminen pääalkuainekoostumuksen perusteella"	50,-
A 71 "Kallion tarkkailumittaukset"	50,-
A 72 "Elementtimenetelmien käyttö kaivostilojen lujuuslaskennassa"	50,-
A 73 "Crosshole seismic method"	50,-
A 74 "Pölynerotus ja ilmansuojelu"	70,-
A 75 "Heikkousvyöhykkeiden geofysikaaliset tutkimusmenetelmät"	90,-
A 76 "Teollisuusmineraaliesiintymien raaku- ja malmityyppikarttoitus geofysikaalisten menetelmien avulla"	50,-
A 77 "Kaivosten jätevedet, kiinteät jätteet ja ympäristönsuojelu"	50,-
A 78 "Suomen kaivokset ja ympäristönsuojelu"	50,-
A 79 "Kaivosten kiinteiden jätteiden ja jätevesien käsittely – Ohjeita ja suosituksia"	50,-
A 80 "Hienojen raeuokkien rikastus"	100,-
A 81 "Measurement of Rock Stress in Deep Boreholes"	50,-
A 82 "Avolouhosseinämien puhdistus"	70,-
A 83 "Economical Blasting in Open Pits"	50,-
A 84 "Näytteenotto ja havainnointo kaivosteknisten kalliominisuuksien selvityksessä"	50,-
A 85 "Mineralisaatioiden luokittelu taajuusalueen spektri-IP-mittauksia käyttämällä"	100,-
A 86 "Kalliokaivosten paikantaminen"	30,-
A 87 "Syvä sähköiset malmiennäkömenetelmät"	100,-
A 88 "Suomen nikkelimalmien petrofysikaaliset ominaisuudet."	150,-
A 89/I "Näytteenotto jauheista"	70,-
A 89/II "Näytteenotto jauheista"	70,-
A 91 "Panostuksen mekanisointi ja automatisointi"	70,-
A 92 "Painevalssimurskain – kirjallisuusselvitys"	70,-
A 93 "Kallioperän atmogeokemiallinen tutkimus Testiprojekti 1989-90"	80,-
A 94 "Geological waste rock dilution"	100,-
A 95 "Mineraalipölyt"	80,-
A 96 "Pohjoismainen datamalliprojekti"	80,-
A 97 "Malmiarvion laatiminen"	100,-
A 98 "Uuden murskaus- ja kuljetusteknologian soveltaminen avolouhintaan."	100,-
A 99 "Termisen infrapunakuvauksen käyttömahdollisuudet geologiin tutkimuksiin Suomessa"	100,-
A 100 "Geologiset ympäristövaikutukset kalliotilojen louhinnassa"	80,-
A 101 "Vuoriteollisuus 2000 – teknologiaohjelma"	50,-
A 102 "Geokemian geofysiikan kompleksitulokinnat"	120,-
A 103 "Kuva-analyysi rikastusmineralogiassa"	90,-

A 104 Vahvamagneettisen erotuksen soveltaminen suomalaisten metalli- ja teollisuusmineraalimalmien rikastuksessa. Timo Nordman ja Markku Koivisto.	70,-
---	------

Koulutus- ja seminaarimonistheet, kalliomekaniikan päivien esitelmämonistheet sekä muut julkaisut: sarja B

B "Kalliomekaniikan päivät 1967-78, 1983-84"	à 50,-
B 12 "Kalliomekaniikan sanasto"	10,-
B 14 "Kaivossanasto"	8,-
B 16 INSKO 106-73 "Terästen lämpökäsittelyn erikoiskysymyksiä"	45,-
B 17 INSKO 49-74 "Skänkmetallurgi-Senkkametallurgin"	45,-
B 18 INSKO 90-74 "Investoinnit ja käyttöläskenta metallurgisen teollisuuden toiminnan ohjauksessa"	45,-
B 19 INSKO 45-75 "Materiaalitoimitusten laadunvalvontakysymyksiä metalliteollisuudessa"	45,-
B 23 "Laatokan-Perämeren malmivyohtyke"	40,-
B 25 "Raakkulaimennus ja sen taloudellinen merkitys kaivostoiminnassa"	50,-
B 27 "Uraanirauka-ainesymposium"	50,-
B 29 "Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja"	loppuunmyyty
B 30 "Teollisuusmineraalisesinaari"	50,-
B 32 "Valtakunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämisesinaari"	50,-
B 37 "Kaivoskohteiden urakkasopimusjärjestelmä"	50,-
B 38 "Tuotantominaalogian seminaari 16.1.1986"	60,-
B 39 "Maanalaisen louhintatyömaan sähköistys ja automaatio"	100,-
B 40 "Vuorimiesyhdistyksen tutkimuslauseen kirjoitusohjeet"	-
B 41 "Mineraalitekniikan tutkimuksen valtakunnallinen kehittämissuunnitelma 1988"	50,-
B 42 "Malmiennäköistä tehtävä ja tarkoituksenmukainen organisointi Suomessa yhteiskunnan ja vuoriteollisuuden kannalta"	30,-
B 43 "Mineraalisten raaka-aineiden tarve ja saatavuus Suomessa"	loppuunmyyty
B 44 "Kalliotekniikan tutkimus- ja kehitysohjelma"	50,-
B 45 "Kairaus -89 koulutuspäivät"	loppuunmyyty
B 46 "Kalliomekaniikan päivä 89"	80,-
B 47 "Suomalainen kivi – rakennuskivipäivät Oulussa 26.-27.4.90"	loppuunmyyty
B 48 "Kalliomekaniikan päivä 1990"	120,-
B 49 "Tuotantominaalogian seminaari 1990"	100,-
B 50 "Geokemian päivät Oulussa 28.-29.11.90"	loppuunmyyty
B 51 "Suomen kallioperän kehitys ja raaka-ainevarat" Oulu 1.-2.10.1992	100,-
B 52 "Fragmentointisesinaari 7.-8.11.90"	50,-
B 53 "Malmiarvioesinaari 26.11.92"	100,-
B 54 "Itä-Suomen kultaesiintymät, Ekskursio-opas 28.-29.9.93"	80,-
B 55 "Kalliotekniikan geologian sanasto"	50,-
B 56 Lapin kerrosintruisiot ja niihin liittyvät malmi. Ekskursio-opas 6.-8.9.1994. Toim. Jarmo Lahtinen ja Erkki Vanhanen.	40,-

Vuoriteollisuus – Bergshanteringen-lehden vanhempi numerotä myytävänä vuosikertojen täydennykseksi jäsenille hintaan 2,50/numero.

Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta kirjallisesti osoitteella:

**Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PL 280, 02101 ESPOO
tai telefax 90-421 3899**

LuK Marjatta Parkkinen hoitaa Vuorimiesyhdistyksen jäsenrekisteriä. Mikäli osoite, tehtävät tai vakanssi on muuttunut, pyydämme lähettämään muutosilmoituksen kirjallisena siinä muodossa, jossa haluatte sen "Uutta jäsenistä" palstalle.

Os.: Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PL 280, 02101 ESPOO
tai telefax 90-421 3899

NatK Marjatta Parkkinen sköter om Bergsmannaföreningens medlemsregister. Om er adress, arbetsuppgifter eller tjänst har ändrats, anhåller vi om skriftlig ändringsanmälan, till "Nytt om medlemmarna" spalten.

Adr.: Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PB 280, 02101 ESBO
eller telefax 90-421 3899

ILMOITTAJAT – ANNONSÖRER

- BOART LONGYEAR Oy
- BRUKENS Oy
- FUNDIA WIRE Oy Ab
- GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS
- IMATRA STEEL Oy Ab
- LAROX Oy
- NORDBERG-LOKOMO Oy
- OUTOKUMPU HARJAVALTA METALS Oy
- OUTOKUMPU RESEARCH Oy
Geoanalyttinen laboratorio
- RAUMA Oy, Nordberg Group
- RAUTARUUKKI Oy
- Oy E. SARLIN Ab
- SUOMEN MALMI Oy
- TAMFELT Oy Ab
- TAMROCK Oy
- TEKNIKUM Oy
- Oy TRELLEX Oy
- UUSIMAA Oy
- VALMET AUTOMATION Oy
- Valtionrautatiet, VR CARGO
- VUORINAISET ry.
- WARMAN INTERNATIONAL SCANDINAVIA Oy

OHJEITA KIRJOITTAJILLE

Lehden painatuskustannusten pienentämiseksi ja ulkoasun yhtenäistämiseksi kirjoittajia pyydetään noudattamaan seuraavia ohjeita:

Käsikirjoitukset on kirjoitettava koneella yhdelle puolelle arkkiä 2-välillä. Otamme myös pc-diskettinä kirjoituksenne. Silloin pyydämme liittämään mukaan yhden paperikopion. On pyrittävä lyhyeen ja ytimekkääseen esitystapaan. Artikkelien **suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukkoineen ja kirjallisuusviitteineen** on 4 painosivua. Toimituksen mielestä lyhennettäväksi mahdolliset käsikirjoitukset palautetaan kirjoittajille korjausta varten. 3 konekirjoitusarkkia = noin 1 sivu.

Pääotsikot ja alaotsikot erotetaan toisistaan selkeästi.

Kuvat ja taulukot numeroidaan jatkuvasti ja niiden tekstit sekä näiden **englanninkieliset käännökset** kirjoitetaan erilliselle arkille. Kuvien olisi mahdollista yhden palstan leveydelle (**85 mm**), mutta ne on piirrettävä vähintään kaksinkertaiseen kokoon ottaen viivapaksuuksia ja kirjainkokoja valittaessa huomioon pienennyksen vaikutus. Kuvia ei varusteta kehysviivoin. Kuvien paikat on merkittävä käsikirjoitukseen. Kuvien ja piirustusten tulisi mieluummin olla mustavalkoisia.

Kaavat ja yhtälöt on kirjoitettava selvästi ja yksinkertaiseen muotoon, mahdollisuuksien mukaan välttäen ala- ja yläindeksien, erikokoisten merkkien ja vieraiden kirjainten käyttöä. On käytettävä SI-yksiköitä.

Kirjallisuusviitteet numeroidaan jatkuvasti // sulkuihin tekstissä ja esitetään lopussa seuraavassa muodossa:

1. Järvinen, A., Vuoriteollisuus – Bergshanteringen, 34 (1976) 35–39.
2. Kirchberg, H., Aufbereitung bergbaulischer Rohstoffe, Bd 1. Verlag Gronau, Jena 1953.

Jokaiselle artikkelille on ilmoitettava **englanninkielinen otsikko** sekä laadittava kielellisesti tarkistettu englanninkielinen yhteenveto – **summary** – pituudeltaan enintään noin 20 konekirjoitusrivia.

Palauttakaa **aina** käsikirjoitus yhdessä korjatun oikovedoksen kanssa takaisin toimitukseen.

Keväällä ilmestyvään lehteen tarkoitetut artikkelit on lähetettävä toimitukselle **13.3.** mennessä, syysnumeroon tarkoitetut **14.10.** mennessä.

Eripainoksia toimitetaan kirjoittajan laskuun eri sopimuksella. Eripainoksien minimimäärä on **100 kpl.**

VUORINAISET TALLINNASSA 7.5.1994

Perinteinen jokakeväinen Vuorinaisten kevätretki suuntautui tänä vuonna Suomenlahden eteläpuolelle. Ilahduttavan runsaslukuinen pirteä osanottajajoukko kokoontui varhaisena toukokuun aamuna Eteläsatamaan valmiina päivän kestäväälle retkelle.

Vuorinaiset ja Vuorimiehet (11/36) astuivat laivaan, saivat hyttien avaimet ja suuntasivat erinomaiselle aamiaiselle. Kun aamunälkä oli ohitse, kukin meni omalle taholleen: kannelle, baariin, ostoksille. Loistavan laivamatkan jälkeen retki jatkui rannassa odottavalla bussilla tallinnalaisen oppaan opastuksella. Bussi matkasi ensin vanhaan kaupunkiin ja sen ikkunoista näkyi Tallinna kaikessa loistossaan. Vanhassa kaupungissa käytiin tietenkin Toompean mäellä, jonka nähtävyyksistä mainittakoon Tuomiokirkko, Aleksanteri Nevskille omistettu ortodoksinen pääkirkko sekä Suomen entinen ja tuleva suurlähetystö Kohtu-kadun varrella. Vanhasta kaupungista matka jatkui pitkän Narvan maantietä laululavan ja Piritan purjehduskeskuksen ohitse kauniille Metsäkalmiston hautausmaalle, missä ovat mm. kansallisrunoilija Lydia Koidulan, tasavallan edellisen presidentin Konstantin Pätsin ja laulaja Georg Otsin haudat.

Hautausmaakerroksen jälkeen oli retkeläisille varattu vapaa-aikaa ja niinpä Viru-hotellin edestä Vuorinaiset katosivat omille tahoilleen, lähinnä ostoksille tai muuten vain nähtävyyksiä katsomaan, ja Vuorimiehet yrittivät pysytellä perässä miten parhaiten taisivat. Kaljallakin taisi joku piipahtaa. Sää oli upea, niin kuin se vain voi Tallinnan kevässä olla, oli lämmintä ja aurinkoista.

Aika riensi Tallinnassakin vauhdilla ja niin koitti Vuorinaisille kotiinlähden hetki. Näytti siltä, etteivät kaikki olisi hennonneet jättää Viron pääkaupunkia, sillä bussi joutui odottelemaan... Määräaikana ryhmä oli kuitenkin koossa satamassa ja laivassa. Niin



Vuorinaiset ja -miehet tutustumassa vanhan Tallinnan nähtävyyksiin.

naiset kuin miehetkin menivät suoraan päivälliselle, ja hyviltä maistuivat pöydän antimet ulkoilun jälkeen. Paluumatkalla sää oli yhtä kaunis kuin se oli ollut koko päivän ja Vuorinaiset nauttivat olemassaolostaan.

Matka oli onnistunut. Kiitokset sille, joka idean keksi. Kiitos myös Tallinnalle, joka näytti parhaat puolensa. Sinne mennään joskus uudelleen.

VUORINAISET TUTUSTUVAT URHEILUN MAAILMAAN

Lokakuun 13:nä Vuorinaiset kokoontuivat Suomen Liikunta- ja Urheilu-taloon Länsi-Pasilaan Suomen Olympiakomitean vieraisiksi. Kansainvälisen Olympiakomitean jäsen, liikunnanopettaja Pirjo Häggman oli kaikilta kiireiltään lupautunut kertomaan Kansainvälisestä Olympiakomiteasta, jonka edustaja hän on Suomessa. Aikaisemmin miehet ovat osallistuneet ainoastaan Vuorinaisten kevätretkiin, mutta tällä kertaa tehtiin poikkeus kirjoittamattomaan sääntöön. Miehiä olikin ilahduttavan monta paikalla.

Tilaisuus alkoi kiertokäynnillä SLU:n talossa Suomen Olympiakomitean pääsihteerin Kosti Rasinperän opastamana. Mielenkiintoisen kierroksen jälkeen nautittiin isäntien tarjoamaa kahvia ja iltapalaa, jonka jälkeen pääsihteerin Rasinperä kertoi mukaansatempaavasti Suomen Olympiakomitean menneisyydestä, nykyisyydestä ja tulevista tapahtumista sekä huippu-urheilusta.

Sitten koitti liikunnanopettaja Pirjo Häggmanin vuoro, ja hän selvitti Kansainvälisen Olympiakomitean kokoonpanoa ja tehtäviä niin seikkaperäisesti, että paljoakaan ei enää tarvinnut kysellä. Vuorinaisille avautui ainakin pieni osa urheilun maailmaa.

Isännät pääsihteerin Rasinperä ja toimistonhoitaja Inari Raitala-Heikkinen olivat varanneet vielä videon katsottavaksi, mutta ilta oli jo kulunut niin pitkälle, että katsominen päätettiin jättää seuraavaan



Liikunnanopettaja Pirjo Häggman ja pääsihteerin Kosti Rasinperä.

kertaan... Kun osanottajat saivat vielä kotiinlähtiessä mukaansa valaisevaa luettavaa Suomen Olympiayhdistys ry:n toiminnasta, oli ilta enemmän kuin antoisa.

Kaivosalan yhteispohjoismainen kokous Outokummussa 24.–25.8.94

VMY ry:n tutkimusvaltuuskunta on jo vuosia pitänyt yhteyttä pohjoismaisiin kaivosalan järjestöihin ja yhtiöihin vuosittaisissa seminaarimaisissa kokouksissa, joita on järjestetty vuoroin Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa. Nyt kokeiltiin ensimmäistä kertaa rikastajien, kaivosinsinöörien ja geologien yhteistä kokoontumista tietyn teeman puitteissa. Kaivosten ympäristön- ja jälkihoito-tema kokosi Outokumpuun runsaasti alan asiantuntijoita. Ruotsista saapui yhdeksän (joukossa yksi tanskalainen) ja Norjasta kahdeksan vierasta. Suomesta varsinaisia osallistujia oli 26 plus muutama paikallinen tarkkailija. Outokumpu Mining Services Oy:n henkilökunta hoiteli käytännön järjestelyt erinomaisella taidolla ja antaumuksella. Päivien virallinen kieli oli englantia.

Yhteisen kokouksen ohjelmassa oli lukuisia esitelmiä ja alustettuja keskusteluja sekä ekskursio Outokummun kaivosympäristössä. Eri kaivosalojen edustajat pitivät myös omat vuosikokouksensa, joissa tutkimustilannetietojen lisäksi neuvoteltiin yhteisprojekteista. Ehkä antoisimmaksi työmuodoksi päivillä koettiin workshopit ennalta ilmoitetuista teemoista. Näihin jokaiseen osallistui varsin kirjava joukko eri alojen edustajia kaivosteollisuuden, tutkimuslaitosten ja korkeakoulujen piiristä. Muutaman uuden yhteisprojektin valmistelu käynnistettiin, mm. kaivos- ja ympäristöalan maakoh- taisten lakien ja säännösten vertailu keskenään ja EU-säädöksiä silmällä pitäen. Päivien päätteeksi Norjan pääedustaja kutsui Ruotsin ja Suomen kaivosalan edustajat vastaavaan, joskin teemoiltaan erilaiseen tilaisuuteen Norjaan vuonna 1995.

Ohessa on tiivistetty luettelo päivien tilaisuuksista, esitelmistä ja workshoppeista. Vieraille annettiin päivien aluksi kokousmapit, joihin jaettiin puhtaaksikirjoitettua ja kopioitua materiaalia tapahtuman edistyessä. Tätä koostetta saa lainata allekirjoittaneelta.

Samnordiskt Bergforskningsmöte i Outokumpu 24.–25.8.1994:

- Wellcome and Opening/Esko Lundén ja Timo Välttilä
- Nordic Research Programmes/Tomas From, Eric Forsberg, Kurt Beckius (Sweden), Per Helge Fredheim (Norway), Raimo Matikainen (Finland)
- Case Descriptions:
 - Preventing metal leakage by turning a waste area into a golf course/Fred Mellberg
 - Close and abandoned pyrite mines in Norway/Harald Ese
 - Siilinjärvi Case/Anneli Salonen
 - Nikkel og Olivin Case/Markus Ekberg, Anders Lundkvist



Kokouksen osanottajia.

- Nordic Annual Meeting protocols/chairmen:
 - Geology and Mining Section/Heikki Niini, Pekka Lappalainen
 - Mineral Processing Section/Kari Heiskanen
- Workshops/chairman:
 - Introduction and summary/Matti Koponen
 - Mine legislation – environment, Scandinavia/Harald Ese
 - Utilization of mine sites after mining closures/Arto Korpisalo
 - Behaviour of tailing ponds in long term/Matti Koponen
 - 'Wasteless Mine' – innovative techniques/Pentti Seppänen
 - Dusting and dust emissions/Fred Mellberg
- Outokumpu Mine Case Histories
 - Environmental effects of Aijala, Pyhäsalmi and Makola tailing ponds/Pekka Sipilä
 - Outokumpu Cases (Keretti, Vuonos)/Risto Sarikkola
 - Field trip to Outokumpu mine sites and tailing ponds/Risto Sarikkola
- Closing words/Esko Lundén

Jyrki Parkkinen
Tutkimusvaltuuskunnan sihteeri
GTK, Betonimiehenk. 4, 02150 Espoo

Stipendi nuorelle jäsenelle

Vuorimiesyhdistyksen hallitus päätti kokouksessaan 28.9.1994 perustaa nuoren jäsenen stipendin ja varata vuoden 1995 talousarvion tätä varten määrärahan 5 000 markkaa.

Stipendi voidaan myöntää aktiiviselle nuorelle jäsenelle käytettäväksi vuoriteollisuuden toimintaan perehtymiseen.

Vapaaamuotoisesta hakemuksesta, joka osoitetaan yhdistyksen hallitukselle, tulee ilmetä hakijan aikaisempi toiminta yhdistyksen piirissä ja ammattialalla, opintomenestys ja stipendin käyttötarkoitus.

Stipendihakemukset on toimitettava yhdistyksen sihteerille 28.2.1995 mennessä. Stipendi luovutetaan yhdistyksen vuosikokouksen yhteydessä.

BERGDAGARNA 1995

1995 års bergdagar anordnas traditionsenligt av Bergsprängningskommittén (BK) och Stiftelsen Svensk Bergteknisk Forskning (Sve-BeFo) i Stockholmsmässans lokaler i Älvsjö. En liten avvikelse är att dagarna förlagts till en tisdag och onsdag, 14 och 15 mars, istället för som brukligt onsdag-torsdag.

BERGSPRÄNGNINGSKOMMITTÉNS DISKUSSIONSMÖTE

Internationella kontakter får allt större betydelse inom vår industri. För BK:s medlemmar finns sedan 1974 ett värdefullt forum i ITA (International Tunneling Association). Sverige hör till de mest aktiva länderna. På BK-dagen ges en presentation av ITA:s verksamhet.

Vägverket kommer att presentera "Tunnel 94", den vägtunnelnorm som nu är utgiven i förhandsutgåva.

Årets *internationella utblickar* omfattar bl.a. den sydostasiatiska marknaden, erfarenheter från Uri-projektet i Kashmir samt byggande av ett dagvattenmagasin under San Francisco med svåra markförhållanden.

I avsnittet *produktion och teknikutveckling* behandlas funktionsentreprenader inom bergbyggandet. Vi får också ett föredrag om Lundbytunneln med exempel på former för samverkan mellan beställare, entreprenör och maskinleverantör. Genomslagssprängning vid Trollfältet, 170 m under Nordsjön, kommer att beskrivas liksom bergarbeten för anläggande av djupare nivåer i gruvorna i Kiruna och Garpenberg. Ett par föredrag kommer att ge exempel på utvecklingen inom pallsprängningstekniken inkl. mätning av detonationshastighet och gastryck vid sprängning i Aitik. Bland tekniska nyheter kan nämnas loggningssystem för sonderingsborrning samt en metod att välja borrstål med hjälp av dator.

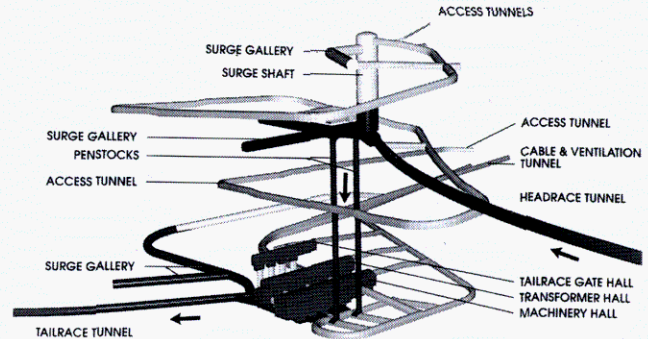
BERGMEKANIKDAGEN

kommer att presentera forskningsarbeten inom bergmekanik bl a i samband med *fullborrning* (TBM) vid Klippens vattenkraftanläggning vid Umeålv. Här har drygt 1 mil tunnel borrats i glimmerskiffer och glimmerskiffer med mycket gott resultat.

ZEDEX-projektet – det pågående sprängskadeprojektet vid SKB:s berglaboratorium på 460 m djup i Aspö kommer att redovisas. Syftet med detta omfattande projekt är bl a att jämföra den "störda zonen" vid fullborrning respektive borrning/sprängning.

Analys av TBM-drivning med varierande avstånd mellan skärullarna (discutters) kommer att redovisas liksom studier av brottmekanismer under inträngande verktyg i berg.

Ett mycket aktuellt ämne är *bergmekanisk design enligt gällande*



Uri-anläggningen, som skall stå klar 1997, omfattar totalt 22 km utsprängda tunnlar. Berget består huvudsakligen av lerskiffer (schist and shale) och vulkaniter.

Uri plant in Cachmire including 22 km of excavated tunnels. It will be in operation in 1997. The rock consists mainly of schist, shale and vulcanites.

normer, krav på riskanalyser mm. En fallstudie från Ringenprojektet om optimal tunneldesign med hänsyn till inspektion och långtidsunderhåll kommer att presenteras i samband med metoder för analys av tunnelanslutning.

En jämförelse mellan prognos och utfall av förundersökningar vid Äspölaboratoriet kommer att fokusera geologi-bergmekanikbyggbarhet.

Förstärkningsmetoder är som alltid av stor betydelse i undermarksanläggningar och kontinuerlig forskning bedrivs inom området av SveBeFo. Forskningen baseras delvis på erfarenheter från det stora vattenkraftsbygget Uri i Kashmir, där bergtäckningen är flera hundra meter. Bergmekaniskt intressanta problem i samband med den underjordiska maskinhallen och tunnlar genom förkastningszoner kommer att presenteras.

I sessionen kommer också att behandlas korrosionstester på bergbultar liksom dimensionering av sprutbetongdräner i tunnlar utsatta för lufttrycksvariationer vid tågpassage.

Program till båda dagarna kan fås från januari 1995 från
Sven Gunnar Bergdahl, Bergsprängningskommittén
tel 08-679 17 21 eller fax 08-611 10 91 och
Carin Bachman, Stiftelsen Svensk Bergteknisk Forskning
tel 08-692 22 80 eller fax 08-651 13 64

K I I T O S !

Pyydän saada esittää lämpimän kiitokseni
kaikille muotokuvani aikaansaamiseen vaikuttaneille
yksityisille henkilöille ja yhtiöille.

Toimi Lukkarinen

Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1993
Ylirtarkastaja Urpo J. Salo

Kaivos	Kunta	Tärkeimmät arvoaineet	Haltija	Yhteensä nostettu	Malmia tai hyötykiveä	Kaivostyöntekijöitä keskimäärin			Kaivoksessa suoritettuja työtunteja	
						avolouhos	maan alla	yht.		
Malmikaivokset										
1. Kemi	Keminmaa	Cr	Outokumpu Chrome Oy	6 168 250	1 008 460	64	–	64	110 584	
2. Pyhäsalmi	Pyhäjärvi	Zn, Cu, S	Outokumpu Finnmines Oy	1 456 577	1 077 542	1	95	96	163 618	
3. Enonkoski	Enonkoski, Savonlinna	Ni, Cu	Outokumpu Finnmines Oy	1 194 896	1 065 717	2	45	47	76 863	
4. Vammala	Vammala	Ni, Cu	Outokumpu Finnmines Oy	733 018	706 992	2	64	66	107 400	
5. Hitura	Nivala	Ni, Cu	Outokumpu Finnmines Oy	657 643	541 689	2	67	69	113 300	
6. Pahtavuoma	Kittilä	Cu	Outokumpu Finnmines Oy	491 827	261 308	8	7	15	24 523	
7. Saattopora	Kittilä	Au	Outokumpu Finnmines Oy	193 110	192 246	–	18	18	20 272	
8. Mullikkoräme ¹⁾	Pyhäjärvi	Zn, Cu, S	Outokumpu Finnmines Oy	163 136	35 999	–	19	19	31 790	
9. Orivesi ¹⁾	Orivesi	Au	Outokumpu Finnmines Oy	16 900	–	–	2	2	2 850	
Malmikaivokset 9 kpl				Yhteensä	11 075 357	4 889 953	79	317	396	651 200
Kalkkikaivokset										
1. Parainen	Parainen	Klk	Nordkalk Oy Ab	1 568 428	1 391 793	22	2	24	37 333	
2. Ihalainen	Lappeenranta	Klk, Wol	Partek Teollisuus- mineraalit Oy Ab	1 216 995	816 440	19	–	19	30 400	
3. Vampula	Vampula	Dol	Nordkalk Oy Ab	396 199	242 611	5	–	5	9 018	
4. Tytyri	Lohja	Klk	Nordkalk Oy Ab	384 959	384 959	–	21	21	33 089	
5. Ruokojärvi	Kerimäki	Klk, Dol	Louhen Kalkki Oy	269 500	261 000	–	16	16	21 461	
6. Mustio	Karjaa	Klk	Nordkalk Oy Ab	216 430	129 384	5	–	5	8 836	
7. Siikainen	Siikainen	Dol	Nordkalk Oy Ab	212 749	212 141	4	–	4	6 754	
8. Ryytimaa	Vimpeli	Dol	Nordkalk Oy Ab	185 599	185 599	4	–	4	7 636	
9. Förby	Särkisalo	Klk	K. Forsström Ab	173 595	158 712	–	15	15	22 335	
10. Sipoo	Sipoo	Klk, Dol	Nordkalk Oy Ab	151 329	151 329	–	16	16	24 080	
11. Kalkkimaa	Tornio	Dol, Kv	Saxo Oy	57 863	57 863	1	–	1	1 400	
12. Vesterbacka	Vimpeli	Klk	Nordkalk Oy Ab	44 234	41 503	–	–	–	592	
13. Siivikkala	Vampula	Dol	Nordkalk Oy Ab	39 406	19 948	2	–	2	2 975	
14. Ankele	Virtasalmi	Dol	Saxo Oy	34 302	28 902	–	–	–	256	
15. Juuka	Juuka	Dol	Juuan Dolomiitti- kalkki Oy	13 000	12 000	1	–	1	1 600	
16. Paltamo	Paltamo	Dol	Juuan Dolomiitti- kalkki Oy	12 700	12 500	1	–	1	1 600	
17. Rantamaa	Tervola	Dol	Lapin Marmori Oy	9 060	9 060	–	–	–	240	
Kalkkikaivokset 17 kpl				Yhteensä	4 986 348	4 115 744	64	70	134	209 605
Mineraalikaivokset										
1. Siilinjärvi	Siilinjärvi	P, Klk	Kemira Oy	9 110 412	7 441 032	79	–	79	111 697	
2. Lahnaslampi	Sotkamo	Tlk, Ni	Finnminerals Oy	924 106	444 135	8	–	8	13 080	
3. Horsmanaho	Polvijärvi	Tlk, Ni	Finnminerals Oy	558 735	334 165	6	–	6	11 302	
4. Tulikivi	Juuka	Vuolukivi	Suomen Vuolukivi Oy	546 553	49 338	27	–	27	41 715	
5. Lipasvaara	Polvijärvi	Tlk, Ni	Finnminerals Oy	293 022	116 118	4	–	4	7 825	
6. Kinahmi	Nilsjä	Kv	Partek Teollisuus- mineraalit Oy Ab	146 614	136 653	1	–	1	1 443	
7. Kemiö	Kemiö	Ms, Kv	Partek Teollisuus- mineraalit Oy Ab	126 615	119 983	4	–	4	7 040	
8. Nunnanlahti	Juuka	Vuolukivi	Nunnanlahden Uuni Oy	87 135	31 704	10	–	10	14 404	
9. Haapaluoma	Peräseinäjoki	Ms	Partek Teollisuus- mineraalit Oy Ab	29 500	22 500	1	–	1	1 420	
10. Vartsila	Nilsjä	Kv	Partek Teollisuus- mineraalit Oy Ab	10 500	10 500	–	–	–	80	
11. Ristimaa	Tornio	Kv	Saxo Oy	10 385	10 385	–	–	–	580	
12. Kvartsimaa	Tornio	Kv	Saxo Oy	15 025	15 025	–	–	–	580	
13. Mönkkölä	Savonranta	Vuolukivi	Uunikivi Oy	6 000	2 400	2	–	2	3 500	
Mineraalikaivokset 13 kpl				Yhteensä	11 858 602	8 731 538	140	–	140	211 166
Muut kaivokset: Vuorivillan ja Sementinvalmistuksen kiviaineksia										
1. Näträmälä	Imatra	Al, Fe, Mg	Paroc Oy Ab	38 100	38 100	–	–	–	300	
2. Metsäsänniemi	Kiiminki	Al, Fe	Paroc Oy Ab	25 581	25 581	–	–	–	2 750	
3. Kuurnanpohja	Joutseno	Al, Fe	Paroc Oy Ab	22 193	22 193	–	–	–	270	
4. Sallittu	Suomusjärvi	Al, Fe, Mg	Paroc Oy Ab	17 140	17 140	–	–	–	480	
Muut kaivokset 4 kpl				Yhteensä	103 014	103 014	2	–	2	3 800
Kaikki kaivokset 43 kpl				Yhteensä	28 023 321	17 840 249	285	387	672	1 075 771

¹⁾ valmistavat työt

Rikasteiden, metallien, mineraalien ja sementin tuotanto

	1991	1992	1993
Rikasteet/tonnia			
Rikkirikaste	724 114	652 907	690 887
Kromirikaste, palarikaste ja valuhiekka	458 018	499 305	510 918
Fe-pasute, Siilinjärvi ei käyttöä, varastoitu	203 000	225 000	236 000
Nikkelirikaste	121 259	135 200	127 470
Sinkkirikaste	107 519	59 545	42 400
Kuparirikaste	43 883	37 397	44 154
Lyijyrikaste	2 938	980	-
Metallit ja metallurgisia tuotteita/tonnia			
Raakateräs	2 890 000	3 076 824	3 255 950
Raakarauta	2 331 500	2 451 518	2 534 564
Jaloteräs (aihiot)	258 200	321 738	370 764
Ferrokromi	190 000	187 130	218 370
Sinkki	170 389	170 523	170 934
Katodikupari	64 433	70 948	73 373
Katodinikkeli	13 847	14 781	14 777
Kadmiun	592	590	785
Koboltti	266	657	770
Elohopea/kg	74 000	85 000	98 000
Hopea/kg	30 322	27 168	29 250
Seleeni/kg	35 210	30 040	30 400
Kulta/kg	2 240	1 600	1 385
Mineraalit/tonnia			
Kalkkikivi yhteensä	3 864 300	3 191 100	2 956 600
Kalkkikiven käyttö			
- Sementin valmistus	1 714 000	1 554 200	1 005 400
- Maanparannuskalkki	1 119 800	796 300	1 034 700
- Kalkinpoltto	396 600	363 600	348 200
- Rouheet, tekn.jauheet ym.	633 900	477 000	568 300
Apatiitti	472 459	554 772	627 570
Talkki	360 790	370 873	399 316
Kvartsi	200 987	169 071	166 953
Vuorivillakivi	124 400	181 500	65 053
Maasälpä	53 337	47 470	51 477
Vuolukivituotteita	30 583	31 932	34 533
Wollastoniitti	27 844	27 842	26 796
Kiillerikaste	4 693	5 134	4 488
Sementti/tonnia	1 324 000	1 128 600	834 840

Radikaalit vuorimiehet laivaristeilyllä

Radikaalit vuorimiehet eli syksyllä 1944 Teknillisen korkeakoulun kemian osastolla (josta vuoriteollisuusosasto erkani v:n 1947alusta) opiskelunsa aloittaneet metallurgit ja kaivosmiehet lähtivät 6. syyskuuta Silja Serenadilla mieslukuisesti Tukholmaan viettämään ja yhdessäololla juhlimaan tuota 50 vuoden takaista tapahtumaa. Yhteisillä illallisilla ja muulloinkin matkan aikana kerrottiin monta jo

aikojen kultaamaa tarinaa ja muistelua noilta ulkoisilta puitteiltaan varsin ankeilta, mutta kuitenkin ihanilta opiskeluajoilta, joskin myös uudempia kuulumisia vaihdettiin. (Nimityksen ”radikaalit vuorimiehet” taustaa kehoitetaan tiedustelemaan henkilökohtaisesti ao. henkilöiltä. Toimittajan huom.)



Matkalaiset 7.9.94 Tukholmassa, vasemmalta: Jussi Käyhkö, Risto Myyryläinen, Sakari Heiskanen, Juho Tuomikoski, Timo Lohikoski, Jaakko Helse, Esko Pihko, Calle Carlson, Paavo Marttinen, Lauri Jokela, Erkki Siirama, Kyösti Kitunen, Toimi Lukkarinen, Jussi Peräinen. Carl-Fredrik Mäklin puuttuu kuvasta.

Nyt, tytöt ja pojat,
ryhtykää kirjoittamaan ja
mainostamaan
omassa lehdessänne!

Toimitus

PALVELUHAKEMISTO

GEOALAN PALVELUJA

Palvelemme ja suoritamme geotalan tutkimusta kentällä ja ajanmukaisissa laboratorioissamme.

Geologian tutkimuskeskus

Betonimiehenkuja 4
02150 ESPOO

Puh. 90-46931
Fax. 90-462205

PUMPPUJA



WARMAN INT. SCANDINAVIA OY
Mariankatu 16 B, 15110 LAHTI
Puh. 918-7527073 Fax 918-7527103

Kuluttavien ja syövyttävien nesteiden pumput

- Kaivosteollisuudelle
- Metallurgiselle teollisuudelle
- Kemianteollisuudelle

KALLIOPORAT



BOART LONGYEAR OY

Kallioporakalustot alansa ammattilaiselta

Kumpusaarentie 6, 70620 KUOPIO
Puh. 971-262 5252, Fax 971-261 9917



LÄMPÖKÄSITTELYTEKNIIKKAA

SARLIN
Furnaces



OY E. SARLIN AB Uunit

Järvihaantie 10, 01800 KLAUKKALA

Puhelin: (90) 879 7277 • Telekopio: (90) 879 7280

MURSKAUSLAITOKSIA

MURSKAIMET - SEULAT - SYÖTTIMET
KULJETTIMET - MURSKAUSLAITOKSET

Nordberg

NORDBERG-LOKOMO OY

Lokomonkatu 3

PL 306, 33101 TAMPERE

Puh. 931-250 1111

Telefaxit: 931-250 1207 myynti,
931-250 1400 kulutus- ja varaosat

SUODATINKANKAITA



TAMFELT

Tamfelt Oy Ab

Suodatinkankaat

PL 427, 33101 TAMPERE

Puh. (931) 363 9111

Telefax (931) 363 9608



TUTKIMUSPALVELUT



OUTOKUMPU RESEARCH

GEOANALYYTTINEN LABORATORIO

Mineraali- ja alkuaineanalytiikka

Materiaali- ja mineraalitutkimukset

PL 15, 83501 OUTOKUMPU puh. 973-5561 fax 973-556610

TUTKIMUSURAKOINTIA

SUOMEN MALMI OY

PL 10
02921 ESPOO
PUH 8524 010
FAX 8524 0123



- MALMINETSINTÄ
- RAKENTAMINEN
- KAIVOKSET

Nu, flickor och pojkar,
börja skriva och
annonsera
i Er egen tidskrift!

Redaktionen

Nyt ensiesittelyssä. Uusi Larox Minimax maksimoi hyödyn ja minimoi kustannukset.



LAROX

Separates the best
from the rest

Larox Minimax on uusi painesuodatin, josta jo nimi kertoo tärkeimmän - mahdollisimman paljon ominaisuuksia mahdollisimman pienessä koossa.

Kooltaan kompakti, toimintoiltaan täysiverinen ja käytössä taloudellinen painesuodatin on nyt ensiesittelyssä.

Asennusvalmis Larox Minimax soveltuu lukuisiin eri teollisuudenalojen suodatusprosesseihin - myös moniin sellaisiin, joissa tehokas suodatusautomaatio ei tähän asti ole ollut taloudellisesti kannattavaa.

Nyt on.

Prosesseissa, joissa tuotantomäärät ovat pieniä, mutta nesteen ja kiintoaineen erotuksen laatuvaatimukset korkeita, on monesti jouduttu tyytymään manuaalisiin menetelmiin.

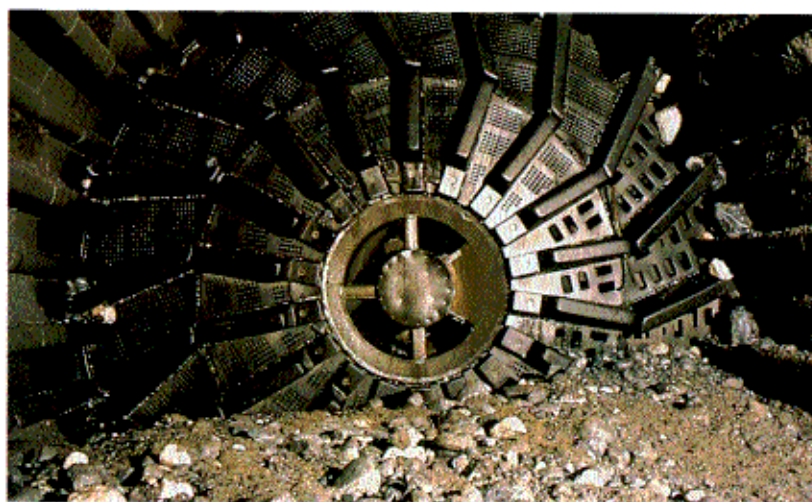
Larox Minimax tuo tähän automaattisen vastauksen kaivos-, kemian-, elintarvike- ja lääketeollisuuden käyttöön.



Ensiesittelyssä on myös toinen kompakti ja tehokas uutuus, Larox Minimaxiin perustuva Larox Sulfa-press, joka on kehitetty erityisesti kaasujen käsittelyssä syntyvien rikki-
lietteiden suodatukseen.

Kysy! Me kerromme lisää.

Kaikentyyppiset myllyvuoraukset jauhatusprosesseihin



Kumivuoraukset



Steel-cap -vuoraukset



Teräsvuoraukset

Trellex-myllyvuoraukset tehostavat tuottavuutta kaivos- ja mineraaliteollisuuden jauhatusprosesseissa niin Suomessa kuin kaikkialla muuallakin maailmassa.

Trellexin maailmanlaajuiset voimavarat, vahva tutkimus- ja kehitystoiminta, kattava laaduntarkkailu sekä vuosikymmenien kokemus jauhatusmyllyjen vuorauksesta varmistavat vuorauksen toimivuuden vaativimmissakin olosuhteissa.

Trellexin laaja kumi- ja teräsvuorausohjelma antaa asiakkaalle mahdollisuuden valita juuri oikea vuoraus kuhunkin jauhatusprosessiin.

Trellex