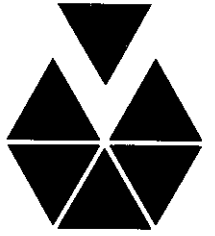


# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 1 1983  
41. vuosikerta

Julkaisija: Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.

N:281

Luottamuksellinen

## VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

JULKAISIJA: VUORIMIESYHDISTYS R.Y. — BERGSMANNAFÖRENINGEN R.F.

### Sisältö — Innehållet:

Dipl.ing. E. Strandström:

Gruvdriften inom Lojo Kalkverk.

Dipl.ins. Petri Bryk:

Hopean ja kullan erottaminen toisistaan ennen ja nyt.

Dipl.ing. I. Kjellman:

Om olika slag tackjärn.

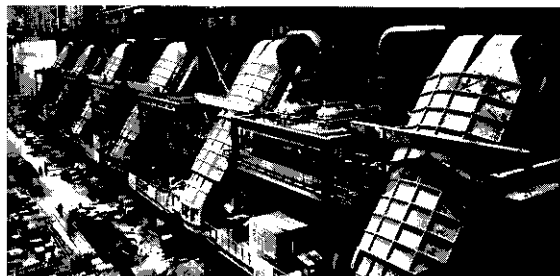
Kirjallisuuselostuksia - Litteraturöversikt.

# OUTOKUMPU VIIDELLÄ MANTEREELLA

Monipuolinen ja ennakkoluuloton tutkimustyö Outokummun eri tutkimuslaitoksissa ja tuotantolaitoksilla on luonut monia menestyksellisiä vientituotteita, mm. kupari- ja nikkelisulatot, ferrokromisulatot, kaivos- ja rikastamoprojektit, vaahdotuskennnot, prosessianalyysaattorit ja prosessien automaattiset säätö- ja ohjausjärjestelmät. Outokummun teknologiaa on käytössä kaikkialla maailmassa: yhtiöllä on eri maissa noin 200 patenttia.

Outokummun kehittämien laitteiden ja tietotaidon viennin hoitaa Espoossa sijaitseva Outokummun Teknillinen vienti.

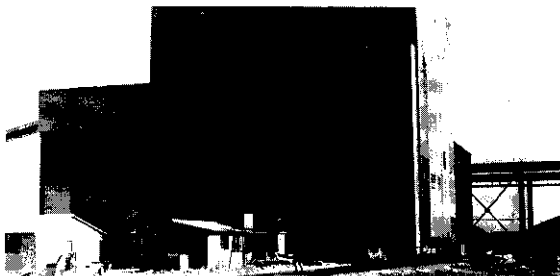
Ohessa esimerkkejä Outokummun projekteista.



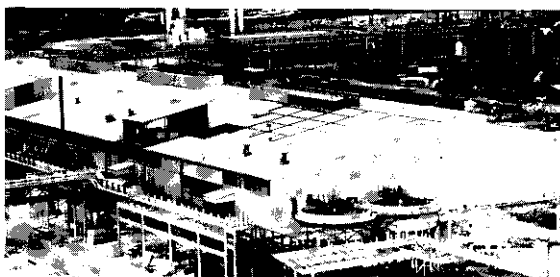
Sulatto (Cu, Ni) Neuvostoliitto



Kaivos- ja rikastamoprojekti. Filippiinit



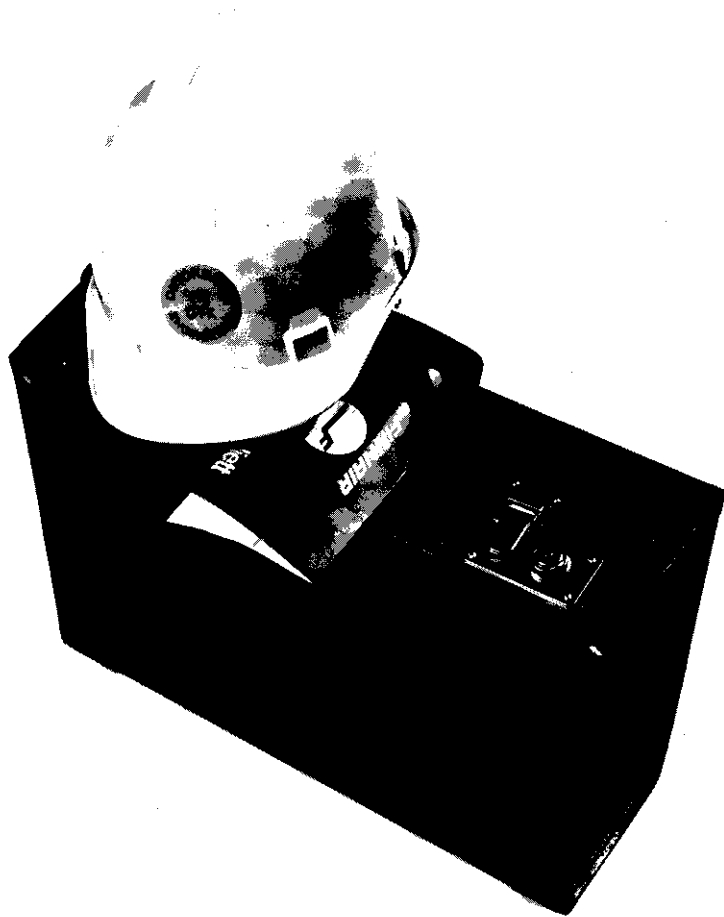
Sulatto (FeCr) Kreikka



Sulatto (Cu) Caraiba, Brasilia



Sulatto (Cu, Ni) Botswana, Afrikka

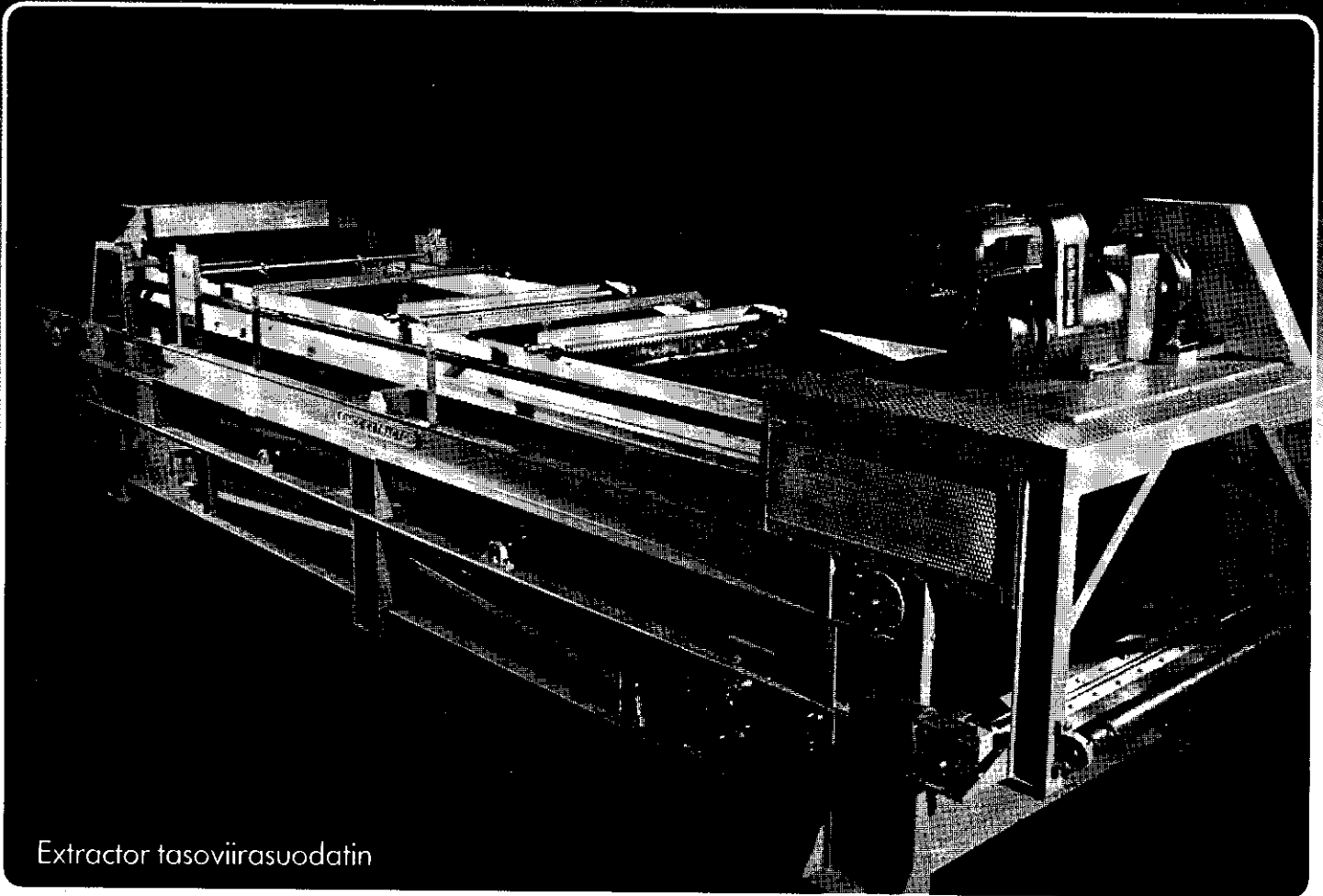


 **OUTOKUMPU**

TEKNILLINEN VIENTI

PL 27 02201 Espoo 20 puh. 90-4211 telex 121053

# KAIVOSTEOLLISUUDEN SUODATTIMET JA SAKEUTTAMET ENSOLTA



Extractor tasoviirasuodatin

Enso-Konepajaryhmä tarjoaa kaivosteollisuudelle laajan ohjelman suodattimia ja sakeuttimia kiinteiden aineiden erottamiseksi nesteistä.

- EimcoBelt suodattimia
- Extractor suodattimia
- Agidisc kiekkosuodattimia
- Tilting Pan suodattimia
- Rumpusuodattimia
- Painesuodattimia
- Top Feed suodattimia
- Precoat suodattimia
- Sakeuttimia
- Selkeyttimiä

Näiden Envirotech Corporation'in lisensillä valmistamiemme laitteiden luotettavuudesta kertovat lukuisat referenssit kaivosteollisuudesta ympäri maailmaa.



**ENSO - GUTZEIT OY**

**KONEPAJARYHMÄ**

PL 34, 57101 SAVONLINNA 10

PUHELIN 957-21936, TELEX 5613 enso sf

# LUOTETTAVA TYÖPARI AVOLOUHOKSIIN JA MAANALAIISIIN KAIVOKSIIN

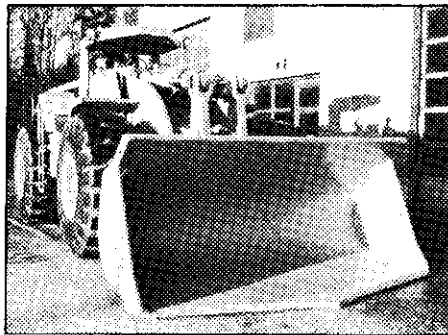


## CATERPILLAR KAIVOSKUORMAAJA & DJB KAIVOSDUMPPERI

Valitse alla olevista Sinun tarkoitukseesi parhaiten soveltuva työpari:

### Dumpperi

DJB D25B	(22,7t)
DJB D330B	(30t)
DJB D35	(32t)
DJB D350B	(32t)
DJB D44	(40t)
DJB D550	(50t)



### Kuormaaja

Caterpillar 966D
Caterpillar 980C
Caterpillar 980C
Caterpillar 980C tai 988B
Caterpillar 988B
Caterpillar 988B

Kysy meiltä lisää näiden työparien kapasiteetistä sekä Witraktorin CAT PLUS palveluista, jotka edelleen kohottavat sijoituksesi kokonaisarvoa. Ota yhteys! Soita 90-826 311.

 **CATERPILLAR**  
MYynti, HUOLTO & VARAOSAT

DJB ENGINEERING LIMITED  
Peterlee, Co. Durham,  
England, SR6 2HX

**djb**

 **WIHURI OY**  
**WITRAKTOR**  
HELSINKI - TAMPERE - OULU - ROVANIEMI  
826 311 670 200 361 344 15 271



**Kun kysymys on kallionporauksesta  
Atlas Copcolla on jo ratkaisu!**



## **Oikeanpuoleisella nastakruunulla on porattu yli 500 m suomalaista graniittia!**

Graniitti jättää jälkensä – vaikka porakruununa olisi Sandvik Coromant. Mutta – kuten kuvakin kertoo – Coromant kestää kuluusta selvästi enemmän kuin tavanomainen nastakruunu.

Sandvik Coromantilla saavutetut tulokset puhuvat aina puolestaan. Sen avulla poraustyö nopeutuu ja keventyy. Yleensä

koko katko voidaan porata ilman kruunujen vaihtoa.

Ja mikä parasta – koska uudet Sandvik Coromant porakruunut eivät maksa muita enempää, merkitsee pitempi kestoikä alhaisempia porametrikustannuksia.

**Soita ja sovi koeporauksesta.**

**Kysy samalla uusia peränajotankojamme.**

**TALLBERG**  
**ATLAS COPCO**

Vattuniemenkatu 2, 00210 HELSINKI 21.

Soita 90-670112

Kokkola, soita 968-17 255, Kuopio, soita 971-122 411, Tampere, soita 931-633 622,  
Turku, soita 921-373 777, Lappeenranta, soita 953-88 071

# TERÄSTÄ KAIKKIIN TARKOITUKSIIN.



**TUOTTEET** • yleiset rakenneteräokset • nuorrutusteräokset • hiiletysteräokset  
jousiteräokset • betoniteräokset • raudoite-elementit • verkot • valssatut lan-  
gat • vedetyt langat • hitsauslisäaineet • pultilangat • teräsvalut • naulat  
kettingit • liukuesteketjut • lehti- ja kierrejouset • ratakiskot • tieterät • hark-  
korauta

**OVAKO Oy·Ab** Imatra • Koverhar • Dalsbruk • Åminnefors • Jokioinen  
Tehdasraudoite • Jousitehdas • Kettinkitehdas • Erikoisteräsvarasto • Pää-  
konttori: Bulevardi 7, PL 790, 00101 Helsinki 10, puh. (90) 61 621.



# OVAKO

## SUOMALAISTA TERÄSTÄ

*Through the rock.  
Läpi harmaankin kiven.*

*Käivoksilla ympäri maailman  
kuten urakointityömaillakin  
on yksi yhteinen tekijä:  
Tamrockin täyshydrauliset  
kallionporauslaitteet.  
Poraamme tropiikin helteissä  
ja arktisissa pakkasissa.  
Grönlannista Tulimaahan.  
Tamrock.*



**TAMROCK**

SF 33310 TAMPERE 31 PUH. 931-431 411

# KOMETA

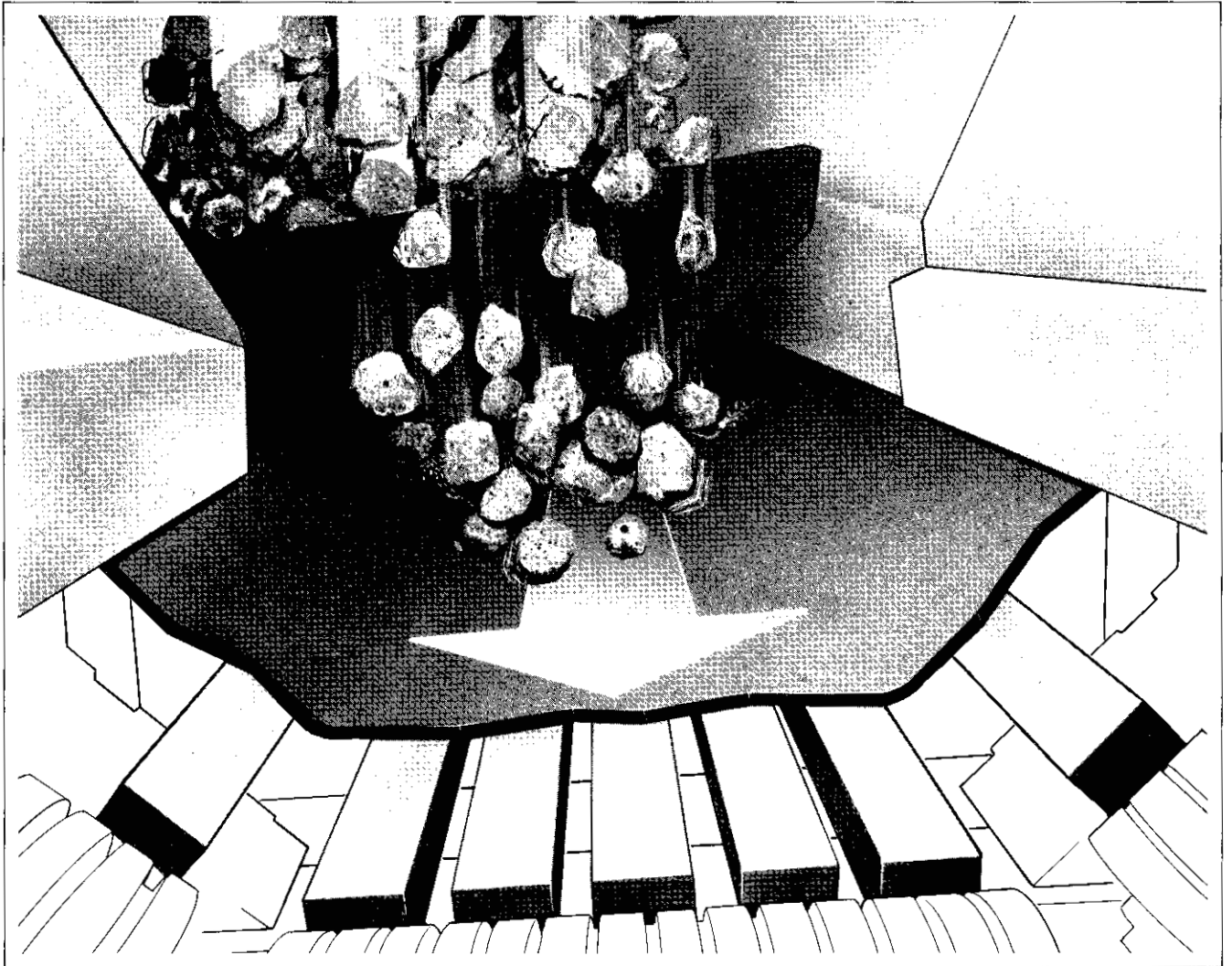
## KIINTOHOLKKI JATKOTANKO (KOMETA-MF)



- TURVALLISEMPI JA HELPOMPI KÄSITELLÄ
- TEHOKKAAMPI KÄYTÖSSÄ
- NYKYAIKAISEMPI
- VALMISTETAAN R32-, R38-, K38-, K51- kierteillä

OY AIRAM AB KOMETA  
PL 18 02661 ESPOO 66  
PUH. 90-514 066  
TELEX 121257

# SKEGA Low-Fric Iskusuoja syöttöpaikkoihin



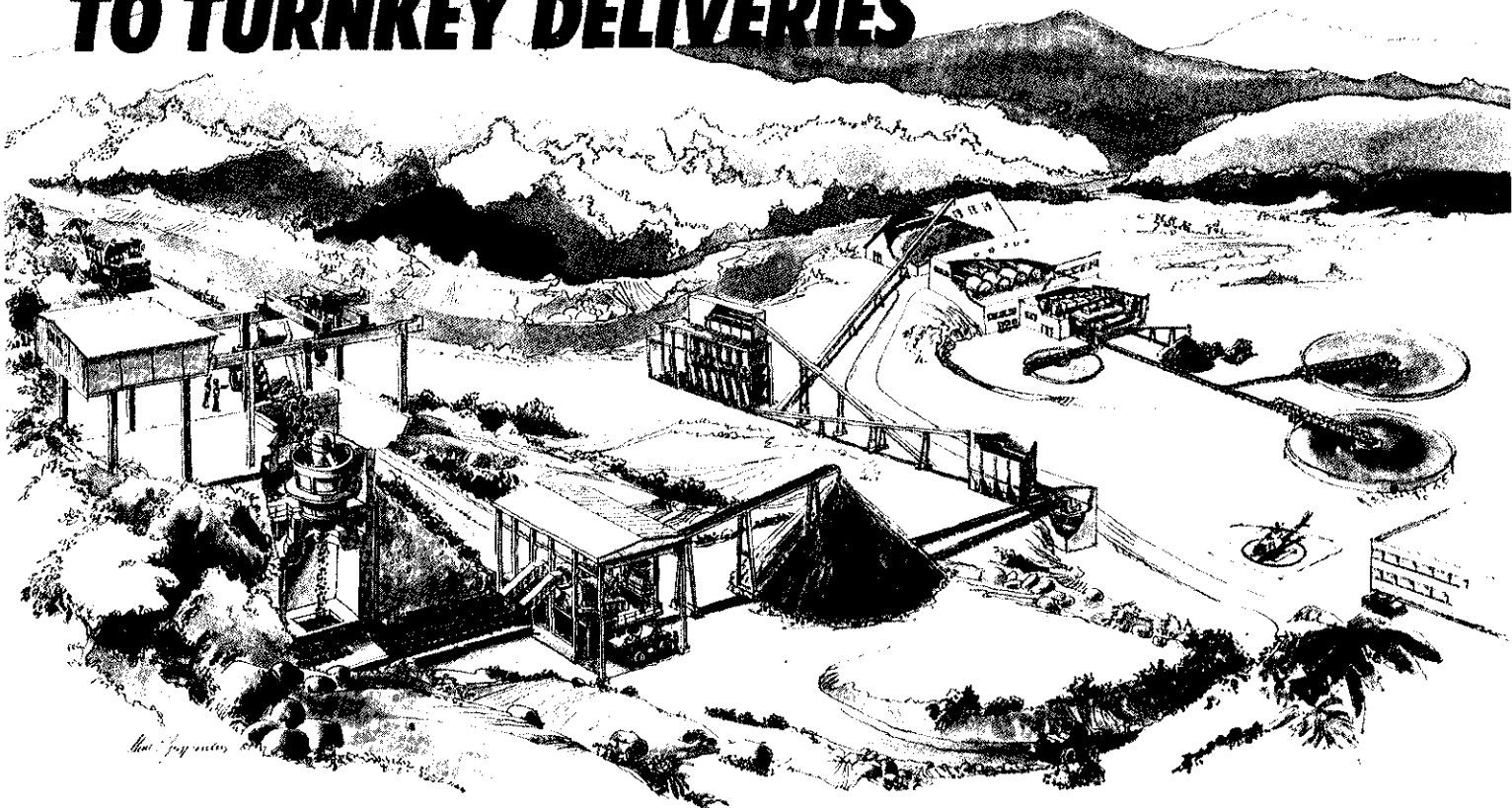
**U**usi tuote, jolla on laaja käyttöalue mm erilaisissa säiliöissä, malmivaunuissa, kuljetinränneissä ja kuljetinhihnojen syöttöpaikoissa estämään tukkeutuminen ja kiinnitarttuminen. Tässä tuotteessa on yhdistetty vähäkitkainen polyeteeni ja iskuja vaimentava kumi.

Kuvan esittämässä kuljetinhihnan syöttöpaikassa ovat SKEGA Low-Fric palkit eliminoineet aikaisemmin käytettyjen rullaiskunvaimentimien aiheuttamat ongelmat.

**SKEGA — askeleen edellä kumiteknologiassa ja suunnittelussa.**

**OY SKEGA AB** Tulliportinkatu 25 70100 KUOPIO 10  
971-123111, telex 42-157 skega sf

# TAKE ADVANTAGE OF KONE'S EXPERIENCE AND VERSATILITY FROM SINGLE UNITS TO TURNKEY DELIVERIES



The multinational KONE Corporation designs, manufactures and supplies turnkey plants, equipment and instrumentation for pulp and paper mills, bulk materials handling, mining and mineral processing, and rock crushing all over the world. KONE has subsidiary companies, manufacturing plants and representatives in 45 countries, nearly 15,000 employees, and a turnover of over USD 700 million.

With KONE the customer always comes first. He can be sure of a rapid return on his investment whether he is having a new plant built or an old one modernised.

KONE provides its customers with a full range of services – from initial planning to after-sales maintenance. And the very latest technological advantages are taken into account – even during the planning stage.

KONE's impressive record in large-scale turnkey projects in all parts of the world demonstrates its expertise. Prompt deliveries, personnel training, modernisation and maintenance to extend the life of the plants – these are just some of the benefits customers can expect.

KONE also helps in the financing of projects through its worldwide contacts with export credit, international, national and private banks.

KONE relies on a vigorous research and development policy, sustained innovation, and the close co-ordination of the various divisions of the Corporation throughout the world.

## KONE'S RANGE OF SERVICES AND PRODUCTS FOR THE MINING AND MINERAL PROCESS INDUSTRY

### Services

- laboratory tests
- feasibility studies
- complete process engineering
- system lay-out design
- project management
- erection supervision
- erection and commissioning
- training of operatives
- technical assistance
- maintenance contracts
- financing
- consortium participation in turnkey deliveries

### Crushing and breaking

- jaw crushers
- gyratory crushers
- cone crushers
- hydraulic breakers

### Screening

- circular stroke vibrating screens
- linear stroke vibrating screens
- vibrating grizzlies
- roller screens

### Conveyors and auxiliary equipment

- belt conveyors
- belt conveyor systems
- shuttle conveyors
- belt, vibrating and plate feeders
- weighing equipment
- sampling equipment

### Stockpiling, blending and reclaiming

- fixed stackers
- tripper conveyors
- reversing shuttle conveyors
- travelling winged stackers
- stationary or wheel mounted radial stackers
- bucketwheel stackers/reclaimers
- paddlewheel stackers/reclaimers
- scraper reclaimers
- belt, vibrating and reciprocating plate feeders

### Concentration and dewatering

- grinding mills
- slurry cyclones
- permanent-magnet separators
- high-intensity permanent-magnet separators
- thickeners
- clarifiers
- filters
- slurry pumps

### Control and supervision of processes

- complete electric control systems
- remote control and automation systems
- control panels and desks
- video supervision systems
- safety equipment

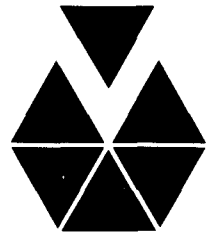
### Hoisting and lifting equipment

- electric hoists
- electric overhead travelling cranes
- passenger and goods lifts



KONE Corporation Engineering Division  
SF-15870 Salpakangas, Finland  
Phone: international + 358-18-801-311  
national 918-801 311  
Telex: 16180 konex sf

# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 1 1983

41. vuosikerta

## Vuoriteollisuus — Bergshanteringen:

Päätoimittaja — Editor-in-Chief:

Prof. Martti Sulonen 90-4 512 605  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 Espoo 15

Toimittaja — Editor:

DI Seija Poitsalo 90-4 554 122  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 Espoo 15

Toimitussihteeri ja ilmoitus-  
päällikkö — Managing Editor  
and Advertising Sales Direc-  
tor:

Ins. Lars Heikel 90-781 396  
Punahilkantie 5 A 6  
00820 Helsinki 82

Toimitusneuvosto — Editorial  
Board:

DI Matti Palperi, pj. 90-6162 713  
Ovako Oy Ab  
Bulevardi 7  
00120 Helsinki 12

TkT Jorma Rekola 90-811 511  
Kuusakoski Oy  
PL 6  
02781 Espoo 78

TkT Kalle Hakalehto 931-32 400  
Oy Tampella Ab  
Keskushallinto  
33100 Tampere 10

FM Marjatta Virkkunen 90-4693 387  
Geologinen tutkimuslaitos  
02150 Espoo 15

DI Olli Korhonen 90-4 211  
Outokumpu Oy, Tekn.vienti  
PL 27, 02201 Espoo 20

## Ilmoitushinnat:

Kansisivut 2 800,—, muut sivut 2 300,—  
1/2 s. 1 600,—, 1/4 s. 1 000,—, lisäväri 800,—  
Vuosikerta 50,—, ulkomaille 60,—  
Irttonumero 25,—

## SISÄLTÖ ■ INNEHÄLL

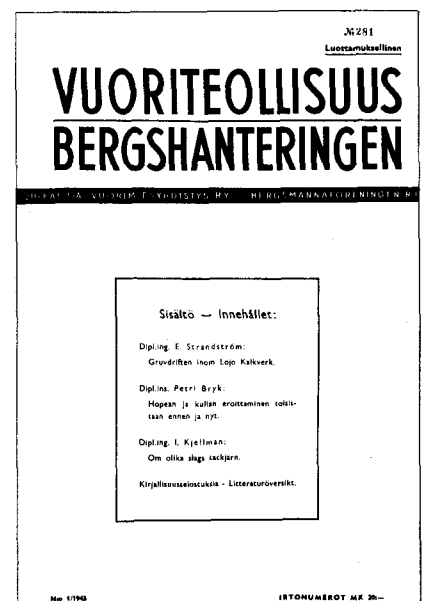
<b>Olli Hermonen:</b> Vuorimiesyhdistyksen neljä vuosikymmentä	9
<b>Heikki Aulanko:</b> Historiikkia ja muistelmia Vuorimiesyhdistyksen 40-vuotistaipaleelta	11
<b>Markku Mäkelä:</b> Outokumpu-jakso ennen ja nyt	18
<b>Pekka Lovén:</b> Elementtimenetelmät kaivostilojen lujuuslaskennassa	23
<b>Antti Öhberg:</b> Avolouhoksen seinämäkaltevuuden optimointi	29
<b>Kalervo Lahtela:</b> PRECON — Uusi menetelmä malmin esirikastukseen	35
<b>Pekka Taskinen, Anja Taskinen:</b> Hapen liukeneminen metallisuliiin	39
<b>Timo Hakkarainen:</b> Mikroosesteräksät ja niiden metallifysiikka	46
<b>Reijo Ahlroth, Pentti Kettunen:</b> Kaasufaasinnoitus ja sen tutkiminen Tampereen teknillisen korkeakoulun materiaaliopin laitoksella	50
Eero Mäkinen — ansiomitalien jako 25.3.1983	55
<b>Hannu Kuikka, Sari Salo:</b> Tutkinnon rakenne kaivostekniikan ja metallurgian koulutusohjelmassa	56
Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y. Toimintakertomus	58
Uusia jäseniä — Nya medlemmar	62
Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna	62
Suoritettuja tutkintoja — Avlagda examina	64
Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1982	74

## Kansikuva:

Elokuussa 1943 ilmestyneen kautta aikojen ensimmäisen VUORITEOLLISUUS-lehden etukansi.

## Cover:

Front page of the first of all "VUORITEOLLISUUS"-magazines which was published in August 1943.



HALLITUS 25.3.1982.

DI Olli Hermonen 981-327 711  
puheenjohtaja  
Rautaruukki Oy  
Keskuskonttori  
PL 217  
90101 Oulu 10

DI Georg Ehrnrooth 912-41 511  
varapuheenjohtaja  
Oy Lohja Ab  
08700 Virkkala

Prof. Lauri Hyvärinen 90-46 931  
Geologinen tutkimuslaitos  
02150 Espoo 15

DI Jorma Illi 986-86 256  
Rautaruukki Oy  
Otanmäen kaivos  
88200 Otanmäki

DI Matti Kilpinen 90-18 281  
Rauma-Repola Oy  
Snellmaninkatu 13  
00170 Helsinki 17

TkT Kalevi Kiukkola 90-440 281  
Kemira Oy  
Malminkatu 30  
00100 Helsinki 10

DI Kristian Lobbas 921-742 111  
Oy Partek Ab  
21600 Parainen

Prof. Toimi Lukkarinen 90-4 512 994  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 Espoo 15

DI Mikko Palviainen 90-4 211  
Outokumpu Oy  
PL 27  
02201 Espoo 20

TkT Kari Tähtinen 954-63 688  
Ovako Oy Ab Imatra  
55100 Imatra 10

DI Juhani Vahtola 968-19 011  
Outokumpu Oy  
Kokkolan tehtaat  
PL 26  
67101 Kokkola 10

**Yhdistyksen sihteeri:**  
I DI Erkki Tyni 981-327 711  
Rautaruukki Oy  
Keskuskonttori  
PL 217  
90101 Oulu 10

II DI Heikki Savolainen 912-41 511  
Oy Lohja Ab  
08700 Virkkala

**Yhdistyksen rahastonhoitaja:**  
DI Pekka Sundquist 981-327 711  
Rautaruukki Oy  
Keskuskonttori  
PL 217  
90101 Oulu 10

**Geologijaosto**  
FT Kauko Puustinen, pj. 90-46 931  
Geologinen tutkimuslaitos  
02150 Espoo 15

FM Maria Nikkarinen, siht. 971-164 411  
Geologinen tutkimuslaitos  
PL 237  
70101 Kuopio 10

**Kaivosjaosto**  
Prof. Raimo Matikainen, pj. 90-4 512 626  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 Espoo 15

TkT Pekka Särkkä, siht. 90-4 554 122  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 Espoo 15

**Metallurgijaosto**  
DI Matti Palperi, pj. 90-6 162 713  
Ovako Oy Ab  
PL 790  
00101 Helsinki 10

DI Nils-Göran Mattfolk, siht. 925-61 211  
Ovako Oy Ab, Dalsbruk  
25900 Taalintehtas

**Rikastus- ja prosessitekniiikan jaosto**  
DI Timo Niitti, pj. 90-4 211  
Outokumpu Oy  
PL 27  
02201 Espoo 20

DI Hannu Kemppinen, siht. 90-4 211  
Outokumpu Oy  
PL 27  
02201 Espoo 20

**Tutkimusvaltuuskunta**  
DI Timo Välttilä, pj. 984-41 250  
Outokumpu Oy  
Pyhäsalmen kaivos  
86900 Pyhäkumpu

Geologinen toimikunta:  
FM Esko Lundén, pj. 921-744 422  
Oy Partek Ab  
21600 Parainen

Kaivosteknillinen toimikunta:  
DI Pentti Seppänen 973-561  
Outokumpu Oy  
83500 Outokumpu

Rikastusteknillinen toimikunta:  
DI Risto Rinne, pj. 90-46 911  
Ekono Oy  
Tekniikantie 4, Otaniemi  
PL 27  
00131 Helsinki 13

Tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien  
sihteeri:  
DI Anneli Salonen 982-85 381  
Outokumpu Oy  
Vihannin kaivos  
86440 Lampinsaari

DI Pekka Sundquist hoitaa Vuorimiesyhdistyksen jäsenkortistoa. Mikäli osoite, tehtävä tai vakanssi on muuttunut, pyydämme lähettämään muutossilmoituksen mieluummin kirjallisena siinä muodossa, jossa haluatte sen "Uutta jäsenistä" palstalle.  
Os.: Rautaruukki Oy, PL 217, 90101 Oulu 10, puh. 981-327 711.

DI Pekka Sundquist sköter om Bergsmannaföreningens medlemsregister. Om er adress, arbetsuppgift eller tjänst har ändrats, anländer vi om ändringsanmälan, helst skriftlig, till "Nytt om medlemmarna" spalten.

Adr.: Rautaruukki Oy, PB 217, 90101 Oulu 10, tel. 981-327 711



## Vuorimiesyhdistyksen neljä vuosikymmentä

Vuorimiesyhdistyksen perustavasta kokouksesta on 12.1.1983 kulunut 40 vuotta. Aika on niin pitkä, että silloisista 29 perustajajäsenestä on keskuudessamme enää 8 henkilöä. Yhdistyksen hallitus on halunnut osoittaa näille vuorimiehille kunnioitusta luovuttamalla heille kaikille yhdistyksen uuden viirin. Perustamista edelsivät monet keskustelut ja mielipiteet sekä puolesta että vastaan. Yritys perustaa insinööriyhdistys kaivosten ja rikastamoiden insinöörien keskuuteen ei vähäisen henkilömäärän takia ensin onnistunut. Kun mukaan otettiin koko vuoriteollisuuden ala, löytyi jäsenpohjaa riittävästi yhdistyksen perustamiselle. Perustavan kokouksen pöytäkirjassa tätä kysymystä on käsitelty seuraavasti: "Keskusteltaessa yhdistyksen tarkoituksesta päädyttiin siihen, että eri toimiherrat oli yleistettävä sanalla vuoriteollisuus, joten yhdistyksen tarkoituksena tuli olemaan vuoriteollisuuden kehityksen edistäminen kosketeltuun pykälään sisältyvine jatkoineen". Näin luotiin vankka pohja sille yhtenäisyydelle, joka on ollut ja on edelleenkin tunnusomaista suomalaisille vuorimiehille ja sitä kautta vuoriteollisuuden harjoittajille.

Perustamista seuraavana vuonna yhdistyksen jäsenmäärä nousi noin 150:een, kun samaan aikaan eräs vuoriteollisuuden perustunnusluku, kaivosten vuosilouhinta, oli Suomessa runsaat 1.5 miljoonaa tonnia. Vaikka vuoriteollisuuden alalla työskentelevien insinöörien ja vastaavien toiminta-alue on perustamisajoista oleellisesti laajentunut ja ammattirakenne muuttunut, ovat Vuorimiesyhdistyksen jäsenmäärä ja kaivosten vuosilouhinta lisääntyneet suhteellisesti hämmästyttävän samantapaisesti. Molemmat ovat suunnilleen kymmenkertaisesti. Näiden tunnuslukujen muutokset kuvaavat omalla tavallaan Suomen vuoriteollisuuden kasvua 40 vuoden aikana. Yhdistyksen jäsenmäärä kaksinkertaistui 1940-luvun puolivälistä alkaen aina kymmenvuosittain 1970-luvulle saakka. Sen jälkeen kasvu on ollut suhteellisesti hieman hitaampaa. Nyt jäsenmäärä on noin 1700.

Alkuaikoina toiminta tapahtui kokonaan yhdistystasolla, mutta 1950-luvun alussa, jolloin jäsenmäärä oli noussut noin kolmeensataan, katsottiin tarpeelliseksi perustaa alaosastoja. Näin saivat alkunsa nykyisen yhdistyksen jäsenoiminnan perustana olevat jaostot. Vuosikokouksessa 1951 hyväksytyissä alaosastojen säännöissä todetaan niiden tarkoituksena olevan "ammattikysymysten tehokkaamman käsittelyn ja läheisemmän yhteistyön aikaansaaminen". Geologi-, kaivos- ja metallurgijaostojen toiminnasta huolimatta järjestettiin koko yhdistyksen puitteissa vielä 1950-luvun loppupuolella vuosikokouksen lisäksi ns. kesäkokous retkeilyn merkeissä. Tämäntapainen toiminta on sittemmin tapahtunut yksinomaan jaostojen

puitteissa ja on edelleenkin tehokas tapa vuoriteollisuuden eri sektorien edustajien yhteistyön edistämiseksi.

Vuonna 1971 perustettiin tarpeen sanelemana rikastus- ja prosessitekniikan jaosto. Sen jäsenet olivat ennen kuuluneet pääasiassa kaivosjaostoon. Kukin jaosto on nykyisin jäsenmäärältään vähintään yhtä suuri kuin koko yhdistys 1940-luvun lopulla. Suurin kasvu on tapahtunut metallurgijaostossa, jonka jäsenmäärä 1950-luvun alussa oli vain noin kymmenesosa Vuorimiesyhdistyksen jäsenistöstä. Tänäpä se on suunnilleen puolet. Tämä muutos osoittaa puolestaan selvästi vuoriteollisuutemme painopistealueen muutoksen raaka-ainetuotannosta jatkojalostukseen.

Sekä erikseen järjestetyissä koulutustilaisuuksissa että kevä- ja syyskokousten yhteydessä on jäsenistön erikoiskoulutuksella keskeinen asema. Tilaisuudet täydentävät niitä aukkoja, joita vuoriteollisuuden alalla on yleisissä koulutusjärjestelmissä. Teoreettisen koulutuksen täydentäjänä aiheet ovat usein käytännönläheisiä ja siirtävät siten kokemuksia vuorimieheltä toiselle ja myös yritykseltä toiselle. Tiedon kulkua myös jäsenistön ulkopuolelle edistävät ne monet julkaisut, joita Vuorimiesyhdistys on toimittanut koulutus- ja esitelmätilaisuuksista sekä erillisinä oppi- ja opaskirjoina. Oman julkaisusarjansa muodostavat yhdistyksen tutkimuslehdet. Vuoriteollisuus-lehteä yhdistys on toimittanut perustamisvuodesta lähtien. Sillä on keskeinen asema säännöllisesti ilmestyvänä tietokanavana sekä jäsenasioissa että yleisesti vuoriteollisuuden alaa koskevissa asioissa.

Vuorimiesyhdistyksen piirissä todettiin 1950-luvun lopulla Suomessa olevan tarvetta suorittaa luottamuksellisen yhteistyön merkeissä kokemusten keräämistä ja teknillistä tutkimusta sellaisista aiheista, jotka ovat vuoriteollisuuden yhteisen mielenkiinnon kohteena. Näin sai alkunsa tutkimusvaltuuskunnan toiminta, joka jäsenoiminnan ohella on muodostunut yhdistyksen toiseksi merkittäväksi toiminta-alueeksi. Tutkimusvaltuuskunnan alaisuuteen on sittemmin muodostettu geologinen, kaivosteknillinen ja rikastusteknillinen toimikunta. Näiden tehtävänä on seurata oman alansa kehitystä, kerätä tutkimusaiheita ja tehdä ehdotuksia tutkimusaiheista ja työkomiteoista. Viime vuosina on toimintaa oleellisesti kehitetty siirtymällä pääasiassa "talkootyönä" tapahtuneesta komiteatyöskentelystä tutkimusprojekteihin, joiden toteutuksesta vastaa tietty laitos tai yhtiö. Rahoitukseen osallistuvat kyseisestä aiheesta kiinnostuneet yhtiöt ja laitokset sekä ulkopuoliset rahoittajat. Muun muassa kauppa- ja teollisuusministeriö ja SITRA ovat suhtautuneet myönteisesti tutkimusvaltuuskunnan järjestämien projektien rahoitukseen.

Tutkimusvaltuuskunnan toiminta perustuu vuoriteknillisestä tutkimustyöstä kiinnostuneiden yhtiöiden, kannattavien jäsenten, sekä taloudelliseen että henkiseen tukeen. Kannattavien jäsenten määrä on jatkuvasti lisääntynyt ja käsittää nyt 20 suomalaista vuoriteollisuuden alalla toimivaa yhtiötä. Vuorimiesyhdistyksen tutkimusvaltuuskunta ei ole itsetarkoitus, vaan se toimii geologisen, kaivosteknillisen ja rikastusteknillisen sekä tarvittaessa metallurgisen tutkimuksen alalla Suomen vuoriteollisuuden hyväksi muodostaen eri osapuolten hyväksymän foorumin kollektiivisille tutkimusaiheille. Yhtiöiden myötämielinen suhtautuminen osoittaa, että niiden piirissä on ymmärretty yhteisen tutkimuksen merkitys.

Suomalaisilla vuoriteollisuuden alalla toimivilla yrityksillä on laajoja kansainvälisiä suhteita. Näiden suhteiden täydentäjänä Vuorimiesyhdistyksen ulospäin suuntautuva toiminta on merkittävää kansainvälisten kanssakäymisten lisääjänä. Edellä kerrotun tutkimustoiminnan puitteissa yhteydet ja tietojen vaihto lähinnä Skandinavian maihin on aina ollut vilkasta. Jatkuvana toimintana tällä alueella on tutkimusraporttien vaihto, jossa olemme selvästi vastaanottavana osapuolena. Sopivasti vuoriteollisuutemme kansainvälisyyttä korostaen osuu yhdistyksen juhluvuodelle kaksi alan kansainvälistä kongressia. Kesäkuussa pidetään Suomessa järjestyksessä toinen pienten kaivosten symposium "Small Mine Economics and Expansion" ja elokuussa symposium "Automation in Mining, Mineral and Metal Processing". Vuorimiesyhdistys on myötävaikuttamassa näiden tilaisuuksien järjestämiseen.

Vuorimiesyhdistyksen tarkoitusperät ja niiden pohjalta laaditut säännöt ovat yhdistyksen perustamisesta lähtien säilyneet pääperiaatteiltaan muuttumattomina. Sen sijaan toimintatavat ovat jäsenmäärän kasvun, jäsenistön rakennemuutoksen, alan kehityksen ja yhteiskunnan yleisten muutosten myötä 40 vuoden aikana muuttuneet. Vuoriteollisuuden edistäminen maassamme, jäsentensä keskinäisen lähentäminen ja heidän yhteisten etujensa valominen on edelleen Vuorimiesyhdistyksen tarkoitus. Tähän ei sisälly etujärjestötarkoitus sanan

varsinaisessa merkityksessä eikä ole tarpeen tulevaisuudessaakaan sisällyttää. Niitä tarkoituksia ajavat monet muut järjestöt. Sekä jäsen- että tutkimustoiminta pyrkivät pyyteettömästi maamme vuoriteollisuuden edistämiseen. Hyvänä osoituksena tarkoituserien oikeellisuudesta on se, että yhtiöt ja laitokset, joiden palveluksessa Vuorimiesyhdistyksen jäsenet toimivat, ovat yhdistyksen koko olemassaoloajan suhtautuneet myönteisesti jäsen- ja koulutustilaisuuksien järjestämiseen sekä jo aiemmin mainittuun tutkimustoimintaan.

Vuorimiesyhdistys on taipaleensa aikana ollut mukana aloitteentekijänä ja ottanut kantaa moniin vuoriteollisuuden alan valtakunnallisiin koulutus-, lainsäädäntö- yms. kysymyksiin. Tällaisia ovat olleet mm. kaivoslaki ja kaivosteknillisen koulutuksen aloittaminen Lappeenrannan teknillisessä koulussa. Lisäksi on käyty jäsenkunnan keskuudessa huomattavaa julkisuuttakin saaneita keskusteluja kaivosten perustamiskysymyksistä ja jaostojen puitteissa uusien laitosten teknillisistä kysymyksistä jo suunnitteluvaiheessa. Nykyisin tämäntapainen toiminta on pääasiassa lausuntojen antamista pyydettyä erilaisista määräys- ja normi- yms. ehdotuksista sekä keskusteluja yhteisten tilaisuuksien yhteydessä. Jäsenistön ja jaostojen johtokuntien sekä yhdistyksen hallituksen piirissä on syytä pohtia edellä tarkoitettujen toiminnan lisäämistarvetta. Yhdistyksen toimintaperiaatteisiin se kyllä sopii, mutta ei ilman riittäviä perusteita.

Vuoriteollisuuden prosessiketjulle kivistä pitkälle jalostetuiksi tuotteiksi on tärkeää, että yhteistyö eri prosessivaiheiden välillä on hyvä ja että eri vaiheet tähtäävät itsenäisyydestään huolimatta kokonaisuuden kannalta mahdollisimman hyvään lopputulokseen. Samoin on Vuorimiesyhdistyksen alati kasvavassa toiminnassa tärkeää, että jäsenistö ja jaostot omassa toiminnassaan tähtäävät myös yhtenäisen yhdistyksen tarkoituseriin. Näin yhdistys voi parhaiten palvella maamme vuoriteollisuutta ja katsoa luottavaisin mielin seuraaville vuosikymmenille.

**Olli Hermonen**

# Historiikka ja muistelmia Vuorimiesyhdistyksen 40-vuotistaipaleelta.

Tekn.lis. Heikki Aulanko, Espoo

Outokummun kaivoksen kehittyminen suurkaivokseksi 1930-luvun loppupuolella, tehostettu malminetsintä m.m. ”suuren malminuotanvedon” alkamisella v. 1935, Makolan ja Ylöjärven malmien löytymiset, vuori-insinöörikoulutuksen alkaminen Teknillisen korkeakoulun kemian osaston opintosuuntana v. 1937, kalkkiteollisuuden laajentuminen, Outokumpu Oy:n kuparitehtaan ja Oy Vuoksenniska Ab:n rautatehtaan toiminnan alkaminen Imatralla osoittivat vuoriteollisuuden merkityksen huomattavaa lisääntymistä maamme talouselämässä. Nämä tekijät olivat omiaan antamaan aihetta vuorimiehiä yhteenliittävän yhdistyksen perustamiseksi.

## YHDISTYKSEN PERUSTAMINEN JA ALKUVUOSIEN TOIMINTA

Vuorimiesyhdistyksen viralliset syntysanat lausuttiin hotelli Kämpissä 12.1.1943 29 asiasta kiinnostuneen ja paikalle kutsutun henkilön läsnäollessa. Perustamisen alkuvaiheista on Kauko Järvinen kirjoittanut muistelman Vuoriteollisuuslehden n:ossa 1/1958. Koska nuoremmilla jäsenillä ei ole ko. lehden numeroa käytettävissään, lienee paikallaan esittää asian kehittymistä lyhyesti uudelleen.

Vuorimiesten yhteistyön aikaansaaminen lienee ollut useammankin henkilön mielessä. Selvästi se tuli esille v. 1942 alkupuolella, kun Kauko Järvinen oli saanut KTM:ltä tehtäväksi ”yhden miehen komiteana” laatia turvallisuusmääräykset kaivoksia varten. Hän kutsui silloin Suomessa toimivien kaivosten edustajia Outokumpuun lausumaan mielipiteensä ehdotuksesta. Läsnä olivat edustajat ainakin Petsamon Nikkelistä, Paraisten Kalkkivuori Oy:stä ja Lohjan Kalkkitehdas Oy:stä outokumpulaisten lisäksi. Illan kuluessa tuli esille kysymys jonkinlaisen insinööriyhdistyksen perustamisesta vuorimiehille, lähinnä kaivos- ja rikastusmiehille. Asiaa pidettiin tärkeänä ja niin outokumpulaiset kehittivät asiaa edelleen ja esittivät ajatuksen Eero Mäkiselle saadakseen hänen kannatuksensa asialle. Hän suhtautui kuitenkin ajatukseen kielteisesti, koska hän katsoi kaivosmiehiä olevan liian vähän ja yhdistyksiä jo runsaasti. Vuoden 1942 lopulla Kauko Järvinen ja K.I. Levanto päättivät kuitenkin ryhtyä uudelleen viemään asiaa eteenpäin ja laativat luonnoksen vuorimiesyhdistyksen säännöiksi sähköinsinöörien mallisääntöjen mukaisesti. Kun nyt asia esitettiin Eero Mäkiselle, oli hän valmis tulemaan hankkeeseen mukaan. Tässä vaiheessa oli yhdistyksen toimintapohjaa päätetty laajentaa niin, että myös metallurgit tulisivat kuulumaan sen piiriin.

Perustavaan kokoukseen kutsuttiin lähinnä alallamme toimivien yhtiöiden edustajia. Kokouksen avasi Eero Mäkinen selostaen perustettavaksi aiotun yhdistyksen tarkoituseriä. Kokous päätti suuren yksimielisyyden vallitessa perustaa yhdistyksen nimeltä Vuorimiesyhdistys r.y. — Bergsmannaföreningen r.f. Perustajina olivat osallistumisluettelon mukaisessa

järjestyksessä: Petter Forsström, Eskil Strandström, G.W. Wrede, Paavo Haapala, Pekka Ensio, Walter Nordin, M. Candelin, Knut Solin, Eero Mäkinen, I.H. Harki, V. Hirvonen, P. Bryk, John Ryselin, K.I. Levanto, Erik Hackzell, Wilhelm Wahlfors, Sven von Wright, Gunnar Wallenius, Gunnar von Wendt, Berndt Grönblom, Åke Bergström, E.H. Kranck, Johan Kraft-Johansen, Herman Stigzelius, A.T. Nikander, Kreutz von Scheele, Olli Simola, K. Järvinen ja O. Barth. Sääntöehdotus hyväksyttiin pienin muutoksin ja samalla valittiin yhdistykselle väliaikainen hallitus, jonka puheenjohtajaksi tuli Eero Mäkinen. Yhdistys ilmoitettiin 24.2.1943 yhdistysrekisteriin.

Yhdistyksen toiminta lähti vireästi käyntiin ja ensimmäinen vuosikokous pidettiin jo 15.5.1943 klo 11 Kämpin juhlakeroksessa, jolloin uusia jäseniä hyväksyttiin 60. Kokouksessa päätettiin myös ryhtyä julkaisemaan omaa aikakauslehteä nimeltään Vuoriteollisuus — Bergshanteringen. Lehden piti ilmestyä 4—6 kertaa vuodessa. Lehden rahoittamiseksi päätettiin ottaa yhteys vuorialalla toimiviin yrityksiin avustusten saamiseksi. Kokous oli myös sitä mieltä, että kesäkokous ja retkeily olisi järjestettävä ja hallitus sai tehtäväkseen palata asiaan myöhemmin. Kokouksessa kuullut kolme mielenkiintoista esitelmää muodostivat lehden ensimmäisen numeron. Vuosikokouksen illalliset olivat Kämpin peilialissa (kuva 1), läsnä oli 47 henkeä.

Ensimmäinen kesäretki tehtiin Ylöjärven ja Haverin kaivoksille ja Porin metallitehtaalalle. Retki onnistui hyvin. Tunnelma oli korkea varsinkin päivällisten jälkeen, kun passipoliisi asioista aina Porissa tietoisena ohjasi tuuliajolla olevia vuorimiehiä Ilmari Harkin luo jatkoille.

Yhdistyksen merkitys korostui heti alussa, kun kauppa- ja teollisuusministeriö pyysi lausuntoja kaivoskarttojen merkitsemistavoista sekä kaivostarkastuksesta erinäisillä kaivannaisiesiintymillä koskien ei vallattavien mineraalien, kuten kalkkikiveen kohdistuvien kaivosten saattamista kaivostarkastuksen alaiseksi.

Vuorimiesyhdistys joutui antamaan edelleenkin tärkeitä lausuntoja, mm. 19.6.1944, jolloin yhdistys ilmoitti vastauksena TKK:n kemian osaston tiedusteluun, että yhdistyksen mielestä korkeakouluun olisi perustettava erillinen vuoriosasto vuori-insinöörien koulutusta varten. Tämän osaston piiriin tulisi kuulua kaivos- ja rikastusmiehet ja metallurgit. Vastauksessa oli myös ehdotus eräitten uusien virkojen ja professuurien perustamiseksi uudelle osastolle.

Vuoriteollisuus — Bergshanteringen-lehden ensimmäinen numero ilmestyi jo 20.8.1943 sotilasviranomaisten vaatimuksesta ”luottamuksellinen” merkinnällä varustettuina numeroituina kappaleina. Päätoimittajana oli Uolevi Raade. Toimintavaliokunnan muodosti yhdistyksen hallitus puheenjohtajanaan Eero Mäkinen. Lehti sisälsi vuosikokouksen esitelmät eli artikkelit: E. Strandström: ”Gruvdriften inom Lojo Kalkverk”, Petri Bryk: ”Kullan ja hopean erottaminen toisistaan



**Kuva 1.** Vuosikokousillalliset Kämpissä 15.5.1943.  
**Fig. 1** Banquet after the annual meeting at the Hotel Kämp, 15 V 1945.

ennen ja nyt” ja I. Kjellman: ”Om olika slags tackjärn”. Lisäksi siinä oli kolme sivua ulkolaisten alan artikkelien referaatteja, joita eri henkilöt olivat lupautuneet laatimaan omilta erikoisaloiltaan. Lehdessä oli 6 sivua ilmoituksia ja 24 tekstisivua. Hinta oli 20 mk/kpl eli sama kuin nytkin! Mitään ilmoitusta yhdistyksen perustamisesta tai tarkoituksesta ei siinä ollut. Vasta kolmannessa lehtinumerossa 3-1/1944, joka ilmestyi 20.3.1944 edelleenkin ”luottamuksellisenä”, julkaistiin ehdotus Vuorimiesyhdistys r.y. — Bergshanteringen r.f.:n vuosikertomukseksi. Tästä kävi ilmi perustaminen, rekisteröinti, ensimmäinen hallitus ja toiminta. Yhdistyksessä oli kertomuksen mukaan 29 vakinaista jäsentä ja 89 vuosijäsentä, yhteensä 118.

### TOIMINTAA 1940 — 1950-LUVUILLA

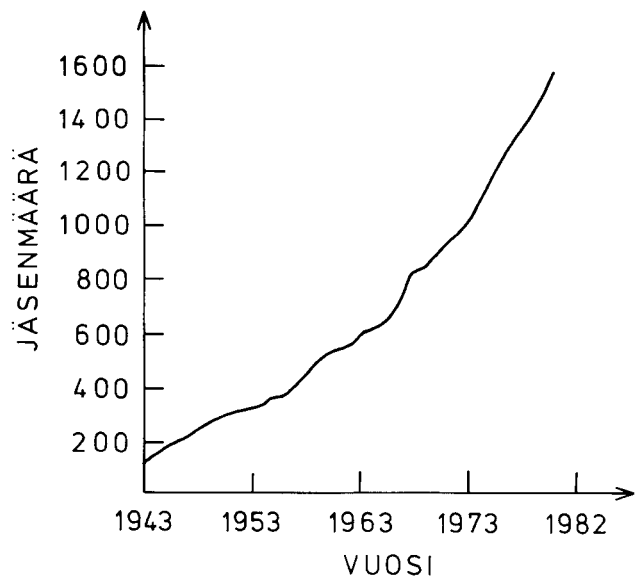
Yhdistyksen toiminta lähti hyvin liikkeelle ja yhdistyksen jäsenmäärä alkoi hiljalleen nousta uusien vuori-insinöörien valmistuttua ja geologien liittyttyä yhdistykseen. Ensimmäinen jäsenluettelo julkaistiin lehdessä 5—6, 3—4/1944, jolloin jäseniä oli 155. Näistä on edelleenkin yhdistyksen jäseninä 48. Jäsenistön kasvua esittää kuva 2. Toimintamuodot olivat pääpiirtein hahmottuneet kevään vuosikokoukseen ja syyskesän retkeilyihin eri teollisuuslaitoksiin.

Vuosikokouksen esitelmäsarjoista oli huomattava v. 1945 pidetty Petsamon Nikkeli Oy:n toimintaa kuvaava sarja, joka ilmestyi lehdessä 1—2/1955 sekä Otanmäki-kysymystä käsittelevä koko päivän kestänyt esitelmä- ja keskustelukokous, josta muodostui koko lehtinumeron 1/1948 käsittävä 50-sivuinen selostus. Samassa numerossa oli pääkirjoituksena ”Äänenkannattajamme tulevaisuus”. Lehden ilmestyminen oli ollut vähän satunnaista. V. 1946 ilmestyi vain yksi kaksoisnumero, samoin v. 1947, joka numero voitiin jakaa jäsenille vasta v. 1948 elokuussa. Lehdelle nimettiin nyt erillinen toimitusvaliokunta ja päätoimittajalle määrättiin avuksi apulaistoimittaja.

Lehteen pyrittiin saamaan enemmän tietoja yhdistyksen toiminnasta, henkilötietoja jäsenistä, kuulumisia teollisuudesta, referaatteja TKK:n vuorialan diplomitoista jne. Kirjallisuuspalvelun katsottiin sensijaan olevan ylivoimainen tehtävä toimittajakunnalle.

### JAOSTOT

Kun yhdistyksen jäsenmäärä lisääntyi, alkoi kesäretkeilyjen osallistujamäärä kasvaa liian suureksi ja kaivattiin myös mah-



**Kuva 2.** Vuorimiesyhdistyksen jäsenmäärän kehitys.  
**Fig. 2.** Growth of the membership.

dollisuuksia yksityiskohtaisempiin teknisiin keskusteluihin ja jatkokoulutukseen. Vuoden 1950 keväällä keskusteltiin hallituksessa vuori-insinöörien jatkokoulutuksesta yhdistyksen puitteissa siten, että pyrittäisiin perustamaan epäitsenäisiä alaosastoja, joissa ammattikysymyksiä voitaisiin käsitellä perusteellisemmin. Sihteeri Urmas Runolinna esitti alustuksen asiasta kesäretkeilyn yhteydessä 18.8.1950 Karkkilassa. Alustuksessa oli ryhmitelty jäsenet ammattialoittain yhdeksään ryhmään, jolloin käyttöporrasta vastaavissa tehtävissä olevia kaivosinsinöörejä oli 29, rikastusinsinöörejä 13, metallurgeja 43, metallograafeja 27, geologeja ja malminetsijöitä 33, kemistejä 13, kalkki- ja sementtimiehiä 16, johtavassa asemassa olevia 65 ja muita 43, yhteensä 291. Yhdistyksen toiminta voisi jatkua siten, että vuosikokoukset pysyisivät entisen tapaisina ja esitelmät olisivat entistä yleisempiä, kaikkia kiinnostavia, teknisesti tai taloudellisesti yleissivistäviä aiheita. Kesäkokoukset jäisivät ennalleen tai niiden tilalle tulisivat alaosastokokoukset ja retkeilyt. Alaosastokokouksia pidettäisiin esimerkiksi kerran vuodessa jollain oman alan teollisuuslaitoksella. Alaosastojen toimihenkilöt voisivat vaihtua vuosittain ja ne valittaisiin aina tulevan kokous- tai retkeilyajan teollisuuslaitokselta.

Alustus aiheutti vilkkaan keskustelun, jossa yleisesti kannatettiin alaosastojen perustamista. Kuitenkin liian pitkälle menevää jaottelua vastustettiin ja pidettiin parempana esimerkiksi kaivos- ja rikastusinsinöörien yhteistä osastoa, samoin metallurgien ja metallograafien yhdistämistä. Kun asia oli jäsenille aivan uusi ja vain noin 1/4 jäsenistöstä oli paikalla, ei kokouksessa haluttu tehdä ratkaisua. Sensijaan valittiin toimikunta valmistelemaan alaosastokysymystä edelleen, jotta se voitaisiin vuoden 1951 vuosikokouksessa ratkaista ja pitää alaosastojen perustamiskokoukset.

Vuosikokouksessa 17.3.1951 perustettiin yhdistykseen kolme alaosastoa, geologi-, kaivos- ja metallurgijaostot. Näiden piti esittää johtosääntönsä yhdistyksen hallituksen hyväksyttäväksi, jonka jälkeen jaostot voivat aloittaa toimintansa. Järjestäytymiskokoukset pidettiin vuosikokouksen yhteydessä. Ensimmäiseksi puheenjohtajiksi valittiin geologijaostoon Adolf Metzger, kaivosjaostoon Kauko Järvinen ja metallurgijaostoon Hans Hoffstedt.

Jaostojen toimintakertomuksista vuodelta 1951 ilmenee, että jaostojen säännöt oli hyväksytty hallituksen kevätkokouksessa 9.5.1951 ja ne julkaistiin lehdessä 2/1951. Vuonna 1971 perustettiin sitten neljäskin jaosto, rikastus- ja prosessiteknikan jaosto, johon siirtyi osa kaivosjaoston jäsenistä.

Yhdistyksen toiminta onkin sen jälkeen keskittynyt voimakkaasti tehokkaaseen jaostotoimintaan. Jaostojen lukumäärän kehittymistä noin 5-vuotisjaksoina osoittaa seuraava taulukko:

Vuosi	Geol.	Kaivos	Met.	Rik. ja pros.	Koko yhdistys
1951	30	55	24		297
1955	78	94	133		366
1960	106	141	194		517
1965	156	193	194		628
1971	208	216	545	85	931
1976	279	290	707	168	1246
1982	364	362	937	262	1674

## SEMINAARI- JA KOULUTUSTOIMINTA

Metallurgijaoston keskuudessa alkoi ensimmäiseksi aktiivinen jatkokoulutustoiminta yhteistoiminnassa INSKO:n kanssa. Ensimmäinen kurssi pidettiin hotelli Aulangolla 15. — 17.11.1973 aiheena "Terästen lämpökäsittelyn erikoiskysy-

myksiä". Luentomonisteen toimitti INSKO ja ylimääräiset kappaleet tulivat yhdistyksen markkinoitaviksi samoin kuin seuraavienkin kurssien monistheet. Sen jälkeen on toiminta tapahtunut INSKO:n puitteissa metallurgian valtakunnallisen asiantuntijatoimikunnan (VAT) kautta. Vuosittain on ollut pari kurssia ja niille on osallistunut yhdistyksen kustantamina vapaaoppilaina kaksi korkeakoulujen tai tutkimuslaitosten tutkijaa tai jatko-opiskelijaa, jotka eivät muuten voisi osallistua kursseille.

Myöskin muut jaostot ovat järjestäneet seminaaritilaisuuksia. Rikastus- ja prosessijaostolla on ollut tähän mennessä 4 tilaisuutta, geologijaostolla 5 ja kaivosjaostolla 4. Näiden tilaisuuksien tuloksena on ilmestynyt hyviä luentomonisteita, joista eräs käännettiin englannin kielelle pohjoismaista yhteistyötä varten.

Koulutustilaisuuksiin on yleensä ollut hyvin runsas osanotto. Kustannukset on tavallisesti katettu osallistumismaksuilla, joihinkin on myönnetty koulutusmomentilta varoja ja jotkut ovat jopa tuottaneet voittoakin.

## TUTKIMUSVALTUUSKUNTA

Vuoriteollisuuden kehittyessä oli tarve tutkimustoiminnan tukemiseen ja kehittämiseen tullut voimakkaasti esille. Naapurimaissamme oli käynnissä vilkas yhteinen tutkimustoiminta ja suomalaisiakin oli osallistunut kokouksiin. Yhdistyksen hallitus kutsui 27.3.1958 juhlakokoukseen entisten ja silloisen hallituksen jäsenet sekä yhdistyksen toimihenkilöt. Urmas Runolinna, joka oli 25.1.1958 tehnyt esityksen komiteamuotoisen tutkimustoiminnan aloittamisesta, alusti asian kokouksessa, jossa se sai myönteisen vastaanoton. Tutkimustoiminta ehdotettiin aloitettavaksi jaostojen puitteissa ja sitä ohjaisi tutkimusvaltuuskunta, johon kuuluisivat alan professorit Kauko Järvinen ja Risto Hukki sekä eri kaivosyhtiöiden tutkimustoimintaa johtavat henkilöt, yhteensä kahdeksan henkeä. Tämä tutkimusvaltuuskunta määräisi aiheelliseksi katsomansa työkomiteat, joista kukin saisi rajatun, tarkoin määritellyn tehtävän suorittaakseen. Komitean jäseniksi piti valita käyttöportaan henkilöitä, joille kyseiset asiat olisivat ajankohtaisia ja läheisiä. Yhdistyksen hallitus asetti 30.10.1958 tutkimusvaltuuskunnan, jonka ensimmäinen kokoonpano oli seuraava:

Teollisuuden edustajina: Urmas Runolinna  
Heikki Tanner  
Ingwald Kjellman  
Caj Holm  
Geologijaosto: Kurt Lupander  
Kaivosjaosto: Kauko Järvinen  
Metallurgijaosto: M.H. Tikkanen

Puheenjohtajaksi määrättiin Urmas Runolinna. Tutkimusvaltuuskunta piti ensimmäisen kokouksensa 1.12.1958, jolloin tarkistettiin ohjesääntöehdotus, jonka yhdistyksen hallitus vahvisti 20.1.1959. Samassa kokouksessa valittiin kolme ensimmäistä tutkimusaihetta ja nimettiin työkomiteat, joiden toiminta-aika olisi vuoden pituinen. Komiteat olivat: n:o 1 Kulutusta kestävä materiaali, pj. Esko Lehtonen, n:o 2 Malmiteknillinen näytteenotto, pj. Heikki Paarma, ja n:o 3 Jatkokoporaus, pj. R. Sandelin.

Tutkimusvaltuuskunnan ensimmäisen vuoden toimintakertomuksessa todettiin, että yhdistykselle oli tehty ehdotus selosteiden kääntämisestä ruotsin kielelle sekä lyhennelmien julkaisemisesta Vuoriteollisuuslehdessä. Samoin oli ehdotettu tutkimusselosteiden vaihtoa Svenska Gruvföreningin kanssa. Uusia komiteoita oli päätetty perustaa viisi lisää. Selostuksia oli monistettu 100 kpl. Ruotsinnoksista oli ehdotettu hallituksen kautta, että Paraisten Kalkkivuori Oy, Lohjan Kalkki-

tehdas Oy ja Oy Vuoksenniska Ab kääntäisivät kukin yhden selosteen ruotsin kielelle.

V. 1961 todettiin, että vuoden työaika oli liian lyhyt työkomitealle ja yleensä toimiajaksi annettiin sitten puolitoista vuotta. V. 1963 päädyttiin sidottujen selosteiden muodon yhtenäistämiseen. Hallitukselle oli ehdotettu noin 100 000 markan määrärahaa selostetta kohti. Vuodesta 1963 alkaen toimi Pentti Similä aluksi epävirallisena ja sitten "kutsuttuna" sihteerinä.

V. 1966 anottiin ensimmäisen kerran ulkopuolista apuraha Suomen luonnonvarain tutkimussäätiöltä tietokonekäsitteilyä varten työkomitealle n:o 18, jonka tutkimusaiheena oli "Geokemiallisten näytteiden käsittely ja tulosten tulkinta". Tutkimusvaltuuskunnan työn laajeneminen ja siten myös kustannusten kohoaminen johtivat 1960-luvun loppupuolella siihen, että ryhdyttiin selvittämään organisaation uudistamista siten, että yhtiöt tulisivat mukaan tutkimustoiminnan rahoittamiseen.

Vuoden 1967 keväällä aloitettiin keskustelu erillisen Vuoriteknillisen yhdistyksen perustamisesta tutkimustoiminnan kehittämiseksi. Yhdistyksen hallitus asetti asiaa selvittämään erikoiskomitean puheenjohtajana Caj Holm. Komitea lähetti tulevaisuuden tutkimustarvetta tiedustelevan kirjelmän vuoriteollisuusyhtiöille, TKK:n professoreille, yhdistyksille, tutkimuslaitoksille ja yliopistoille. Asiaa selvitettiin myös pohjoismaisten veljesyhdistysten ja organisaatioiden kanssa.

Syksyyn mennessä oli komitea suorittanut laajoja haastatteluja, saanut valmiiksi "Suomen Vuorimiesteknillisen yhdistyksen" sääntöehdotuksen kustannusarvioineen. Kustannusarvio oli ensimmäiselle vuodelle 400 000 markkaa ja toiselle 450 000 markkaa, josta noin 1/4 oli toimitusjohtajan palkkaus.

Asian käsittely jatkui vuosien 1968 — 1969 kuluessa, jolloin selvitettiin mm. tutkimustöiden käynnistämistä yhteistyössä Svenska Gruvföreningenin kanssa. Keväällä 1969 jätti erikoiskomitea 18 kokouksen jälkeen ehdotuksen, joka muodosti nykyisen tutkimustoiminnan ohjesäännön yhdistyksen alaiselle tutkimusvaltuuskunnalle ja erillisen yhdistyksen perustamisesta luovuttiin. Sijastaan vuoriteollisuuslaitokset suostuivat tutkimusvaltuuskunnan kannattaviksi jäseniksi siten, että jäsenmaksut (noin 15 000 mk/vuosi) kattaisivat pääasiassa tutkimusvaltuuskunnan osa-aikaisen sihteerin palkkion.

Kun todettiin yhä lisääntyvää tarvetta yhteisen perustutkimuksen suorittamiseen, ryhdyttiin v. 1978 — 1979 aikana taas selvittämään tutkimustoiminnan kehittämistä yhteistoiminnassa eri tutkimuslaitosten ja korkeakoulujen kanssa. Tutkimusaiheista tehtiin pienempiä esiselvityksiä ja päästiinkin siihen, että v. 1979 voitiin käynnistää kolme laajempaa kollektiivitutkimusprojektia malminetsinnän ja rikastustekniikan alalta. Näihin projekteihin saatiin varoja KTM:ltä ja Sitralta.

Kaikkien yhdistyksen julkaisujen ulkoasu yhtenäistettiin v. 1979 ja ne jaettiin sarjaksi A, jossa ovat varsinaiset tutkimusraportit, esiselvitykset ja kollektiivitutkimusten osareportit, sekä sarjaksi B, joka sisältää muut julkaisut, kuten kirjat, oppaat, kalliomekaniikkapäivien monistheet sekä koulutus- ja seminaarimonistheet. Vuoden 1982 loppuun mennessä oli valmistunut 55 erilaista selostetta, joista kolmeen on kuulunut erillinen piirustusliite. Tutkimusvaltuuskunnan menoarvio on v. 1970 arviosta, noin 15 000 markasta noussut v. 1982 116 000 markkaan.

## **VUORITEOLLISUUS- BERGSHANTERINGEN-LEHTI**

Lehden alkuvaiheista on jo edellä ollut puhetta. Kun lehden toimintaa v. 1948 ryhdyttiin tehostamaan, oli painosmäärä 300

kpl. Lehden 2/1948 sivuluku oli jo 52 ja siinä ilmestyi ensimmäisen kerran KTM:n kaivostoimiston tilastotiedot teollisuusneuvos Herman Stigzeliusen kokoamina. Stigzelius oli silloin lehden päätoimittaja. Kaivoksia oli luettelossa 31, joista kolme oli järjvalminostamoita ja kaksi kultasoralouhosta. Nostettu tonnimäärä oli 2 198 248 ja työntekijöitä 1 298. Numerossa oli myöskin yhdistyksen uusi jäsenluettelo, jossa olivat jo täydellisemmät tiedot jäsenistöstä: oppiarvo, syntymäaika, työpaikka ja tehtävä, osoite ja liittymisvuosi. Luettelossa oli 253 jäsentä ja 30 nuorta jäsentä.

Rouva Karin Stigzelius tuli toimitussihteeriksi 17.8.1950 alkaen ja lehteä toimitettiinkin sitten "perhepiirissä" vuoteen 1961 asti. Lehdessä 1/1951 julkaistiin ensimmäinen 3-sivuinen ruotsi — suomi kaivossanasto, jonka olivat laatineet sanastotoimikunnan jäsenet Erkki Hakapää, Kauko Järvinen ja Eskil Strandström. V. 1956 ilmestyi seuraava jäsenluettelo ja lehdessä 2/1956 oli K.I. Levannon vetoamus Vuorimiesyhdistykselle vuoriteollisuuden historian kokoamisesta ja vuoriteollisuusmuseon aikaansaamisesta. Lehdessä 1/1959 oli 5-sivuinen kenr.luutn. Unio Sarlinin laatima kiviteollisuus-sanasto englannin kielestä suomen kieleen lyhyine selosteineen. Suoritettujen diplomi- ja lisensiaattitutkintojen nimiluetteloa aloitettiin julkaista lehdessä 2/1958 ja niiden laajempi selostaminen alkoi v. 1972, jolloin aloitettiin myös geologian gradutöiden esittely. V. 1965 julkaistiin lehden siihenastisten kirjoitusten luettelo, joka täydennettiin ja julkaistiin uudelleen lehdessä 2/1976.

Vakiotekstinä on kunkin vuoden ensimmäisessä numerossa ollut yhdistyksen edellisen vuoden vuosikertomus, jonka osana ovat olleet jaostojen ja tutkimusvaltuuskunnan vuosikertomukset. Vuodesta 1972 alkaen ovat myöskin yhdistyksen ja tutkimusvaltuuskunnan tilikertomus, taseet sekä talousarvioehdotus sisältyneet vuosikertomukseen.

Lehden pääsisällön ovat koko ajan muodostaneet kirjoitukset, jotka ovat käsittäneet kaivos- ja metallurgisen teollisuuden eri laitosten ja toimintojen kuvauksia, teknillisiä esityksiä, tutkimustuloksia, geologisia selvittelyjä ja käyttökokeuksia jne. Kaikkiaan sisältyy näiden 40 vuoden aikaisiin kirjoituksiin oivallinen Suomen vuorityön historia. Useista numeroista on jäljellä 50 — 70 numeroa, joita jäsenien on mahdollisuus edelleen ostaa.

## **YHDISTYKSEN MUUTA TOIMINTAA**

Yhdistyksen puheenjohtajana toimi Eero Mäkinen yli 10 vuotta kuolemaansa 27.10.1953 asti. Hänen valtavaa elämäntyötään kunnioittaakseen päätti yhdistys v. 1954 vuosikokouksessa lyöttää Eero Mäkinen-mitalin säilyttääkseen tällä tavalla kiitollisessa muistissaan hänen ainutlaatuisen arvokkaan ja pitkäaikaisen toimintansa yhdistyksen hyväksi. Lisäksi Vuorimiesyhdistys halusi myös jälkimaailmalle antaa muiston vuorineuvos Mäkisen suurtyöstä maamme vuoritoimen kehittämiseksi. Hallitus päätti pronssisen muistomitalin lisäksi lyöttää myös hopeisen ansiomitalin, joka säännösten mukaan voidaan myöntää henkilölle, joka erikoisen ansiokkaasti on edistänyt Suomen vuoriteollisuutta tai yhdistyksen toimintaa. Mitali on kuvanveistäjä Kalervo Kallion käsialaa. Metallit mitaleihin, 3 kg hopeaa ja 15 kg pronssia, saatiin Outokumpu Oy:ltä. Pronssisia mitalia löytiin 120 kpl ja hopeisia 40 kpl, joista 22 kiinnityslenkillä varustettuina ansiomitalijakoa varten. Ennakkotilauksia tuli 86 kpl ja mitalit lähetettiin tilaajille. Ansiomitaleita on tähän mennessä jaettu 22 kpl.

Kaivostoiminnan laajeneminen ja koneellistuminen sekä malmivarojen järkipäivä ja tarkka hyväksikäyttö asettavat työnjohtajalle suuria vaatimuksia. Kun työnjohtajakoulutusta ei oltu järjestetty lukuunottamatta vuosien 1943—1944 lyhyttä koulutuskurssia Kuopion teknillisessä koulussa, oli koulutus-

tarve hyvin tuntuva. Kaivosjaosto asetti syyskokouksessaan 26.10.1956 komitean tutkimaan kaivostyönjohtajien koulutusmahdollisuuksia. Puheenjohtajaksi nimitettiin Erkki Hakapää ja jäseniksi Caj Holm, Jarmo Soininen ja Urho Valtakari. Sihteeriksi kutsuttiin Heikki Aulanko. Toimikunta lähetti vuoriteollisuusyhtiöille koulutustarvetta, koulutuksen pituutta, opetusohjelman pääkohtia ja koulutuspaikkaa koskevan kyselyn. Asiaa kehiteltiin yhteistoiminnassa KTM:n ammattikasvatusosaston kanssa ja työn tuloksena lähetti Vuorimiesyhdistys 4.3.1957 kaksi kirjelmää Kauppa- ja teollisuusministeriölle. Ensimmäisessä kirjelmässä esitettiin Lappeenrannan teknilliseen kouluun perustettavaksi kaivostekniikan lehtorinvirka ja 3-vuotinen kaivostekniikan opintosuunta, jolle vuosittain otettaisiin 20—25 oppilasta. Toisessa kirjelmässä esitettiin opetuksen pikaista aloittamista 2-vuotisena kaivosteknikokurssina Lappeenrannassa syksyllä 1957. Kaivosteollisuus ja voimalaitosyhtiöt olivat lupautuneet samalla rahoittamaan n. 3 milj. markalla vuorilaboratoriovälinehankintoja ja kurssikustannuksia. Valtion budjetin kautta olisi ollut mahdollista päästä aloittamaan aikaisintaan v. 1958. Koulutus pääsikin alkuun syksyllä 1957 kurssimuotoisena ja muuttui 3-vuotiseksi opintolinjaksi vuotta myöhemmin.

Yhdistys asetti 30.1.59 pysyvän museotoimikunnan, johon nimettiin jäseniksi Aarne Laaksonen, Aarne Laitakari, Ilmari Levanto, Herman Stigzelius ja Eskil Strandström. Museotoimikunta lähetti 52:lle vuoriteollisuuden harjoittajalle ja laitokselle kirjeen tiedustellen, minkälaista materiaalia ja kuinka paljon sitä olisi tarjolla Vuoriteollisuusmuseota varten. Museotoimikunta joutui kuitenkin "museoitumaan" v. 1965, kun tiloja ei löytynyt.

V. 1972 museotoimikunta herätettiin uudelleen henkiin puheenjohtajana Erkki Hakapää, kun Tekniikan Museon Säätiö oli ilmoittanut voivansa luovuttaa tilaa. Toimikunta ryhtyi taas materiaalitiedusteluun ja oli yhteistoiminnassa Tekniikan Museon Säätiön kanssa. Eräs hallituksen kokous pidettiin Tekniikan Museossa asian merkeissä ja sinne suunnattiin

myös eräs vuosikokousretkeily. Samaan toimintaan on laskettava myös Suomen vanhojen rautaruukkien tutkimusten ja kunnostusten suunnittelu. V. 1977 teki metallurgijaosto rai-vaustalkooretken Skogbyn masuunille 25 hengen voimalla, jolloin suoritettiin masuunin ympäristön raivausta.

Vuorimiesyhdistyksen hallitus perusti keväällä 1963 vuorineuvos Petter Forsströmin tekemän lahjoituksen johdosta "Petter Forsström pris — Petter Forsström palkinto" -rahaston, josta jaetaan vuosittain 2 000 markan suuruinen palkinto lähinnä Vuoriteollisuuslehdessä julkaistusta parhastakin kirjotuksesta. Ensimmäisen palkinnon saaja oli Esko Lehtonen v. 1964.

V. 1968 vietettiin yhdistyksen 25-vuotisjuhlaa vuosikokouksen jälkeen arvokkaissa puitteissa 29.3. Helsingin yliopiston juhlasalissa alkaen klo 15.00 (kuva 3). Tasavallan presidentti Urho Kekkonen kunnioitti juhlaa läsnäolollaan. Tervehdyspuheen piti puheenjohtaja Börje Forsström ja juhlaesitelmän Erkki Laurila aiheesta "Maaperän rikkaudet ja ihmisten kyvyt". Polyteknikkojen kuoro ja orkesteri vastasivat juhlaokouksen musiikista. Valtiovallan tervehdyksen toi teollisuusministeri Väinö Leskinen.

V. 1971 alkoi Suomessa kalliomekaniikan alalla yhteistoiminta ja esitelmätoiminta. Lehdessä 2/1971 julkaisiin Suomen kalliomekaniikkatoimikunnan säännöt. Perustajina olivat Suomen Geoteknillinen yhdistys, Suomen Rakennusgeologinen yhdistys ja Vuorimiesyhdistys. Kukin perustajayhdistys hoiti vuorotellen 2:n vuoden ajan toimikunnan taloudellisia asioita. Ensimmäisenä oli vuorossa Vuorimiesyhdistys.

#### OPASKIRJA- JA KÄSIKIRJAJULKAISUTOIMINTA

Kaivoksilla ja opetuslaitoksissa tunnettiin suurena puutteena suomalaisten alan käsikirjojen ja oppaiden puute. Kaivosjaosto asetti 21.3.1959 opaskirjasien julkaisumahdollisuuksia tutkivan toimikunnan, jonka jäseniksi nimettiin Paavo Maijala, Bo Sandberg ja Risto Alanko. Kesällä pidetyssä kokouksessa



**Kuva 3.** Yhdistyksen 25-vuotisjuhla Helsingin yliopiston juhlasalissa 29.3.1968.

**Fig. 3.** The Association's 25th anniversary celebration in the Main Auditorium of Helsinki University, 29 III 1968.



totesi toimikunta, että olisi saatava aikaan räjäytysopas, turvallisuusopas ja ammattioppikirja. Jaoston syyskokous kehoitti toimikuntaa selvittämään kirjojen tarpeellisuutta ja tarvetta. Kirjelmä lähetettiin ja siinä samassa pyydettiin aiotuille kirjoittajille lupaa kirjoitustyöhön — yhtiöiden ajalla. Selvitysten jälkeen annettiin valtuudet kirjojen laatimiseen. Räjäytysoppaan laatijoiksi nimettiin Urho Valtakari, Paavo Kupias ja Matti Kivijärvi, Turvallisuusoppaan laatijaksi Jorma Porkka ja Kaivosmiehen oppikirjan kirjoittajiksi Onni Mäkelä ja Rainer Tuovinen. Räjäytysopas valmistui ensin ja se käännettiin myös ruotsiksi v. 1962. V. 1963 valmistuivat ”Turvallisuusopas”, joka myös käännettiin ruotsiksi ja ”Kaivosmiehen käsikirja”.

Kustannustoiminta jatkui ja v. 1967 valmistui 155-sivuinen ”Kaivossanasto”, jossa oli sanasto suomen-, ruotsin- ja englanninkielisenä sekä sen rinnalla seliteosa, jossa kuvin ja tekstein selitettiin tärkeimpiä asioita ja käsitteitä. Sanastotoimikunnan muodostivat Michael von Timroth, Urho Valtakari, Lars Wetzell sekä puheenjohtajana Paavo Maijala, joka valvoi myös sanaston painoasuun saattamisen. Sanaston kustannukset olivat niin korkeat, etteivät yhdistyksen rahavarat riittäneet, vaan rahoitusta varten saatiin Outokumpu Oy:ltä koroton laina.

Räjäytysoppaasta otettiin toinen korjattu painos jo v. 1966 ja kokonaan uusittu laitos ”Räjäytysopas louhintatöitä varten” valmistui keväällä 1978. Kun kaivosmiehen käsikirjan painos oli myös loppunut, ryhdyttiin v. 1979 uuden käsikirjan suunnitteluun työryhmän avulla, jonka puheenjohtajana oli Raimo Matikainen. Käsikirjasta tuli toimitustyön jatkuessa ennakoitua laajempi 800-sivuinen arvosteos.

## YHDISTYKSEN TUNNUSMERKIT

Vuorimiesyhdistyksen jäsenistön keskuudessa on alusta alkaen vallinnut erittäin hyvä yhteishenki ja toveruus. Alkuaikoina melkein kaikki tunsivat toisensa, mutta kun yhdistys kasvoi ja jakaantui jaostoihin, oli mahdotonta enää tuntea kaikkia. Erääksi yhteiseksi tunnusmerkiksi esitti metallurgijaosto v. 1977 vuorimiessolmion suunnittelua ja hankkimista. Asia liittyi yhdistyksen logon suunnitteluun, jonka toteutti taiteilija Kaisa Kiukkola. Logoa käytetään yhdistyksen papereissa ja julkaisuissa ja sen kuvio tuli myös solmion kuviksi. Solmiot ovat saaneet suuren suosion — myös pieninä muistolahjoina ulkomaalaisille vieraille tai vierailuilla ulkomailla. Samaa tähtäsi myös v. 1981 toteutettu viirihankinta, jonka säännöt hallitus vahvisti. Suunnittelijana oli taas taiteilija Kaisa Kiukkola.

## TOIMIHENKILÖT

Eero Mäkisen pitkän, yli 10-vuotta kestäneen puheenjohtajakauden jälkeen siirryttiin 3-vuotisiin jaksoihin, jolloin puheenjohtajuus on uskottu vuoron perään alan yhtiöissä toimiville jäsenille. Puheenjohtajina ovat olleet 1954—57 John Rysel, 1957—60 Åke Bergström, 1960—63 Petri Bryk, 1963—66 Kauko Järvinen, 1966—69 Börje Forsström, 1969—1971 Erkki Hakapää, 1971—73 Jürgen Schmidt, 1973—76 Heikki Tanner, 1976—79 Nils Gripenberg, 1979—82 Aimo Mikkola ja v. 1982 alkaen Olli Hermonen.

Sihteerit ovat useimmiten käytännöllisistä syistä olleet samasta toiminimestä kuin puheenjohtajakin, joskin poikkeuksiakin on ollut. Ensimmäisinä sihteereinä ovat toimineet Kauko Järvinen, Urmas Runolinna, Caj Holm, Paavo Asanti, Sakari Seeste, Kalervo Nieminen, Erik Jakowleff, Heikki Konkola, Antti Palomäki, Rolf Söderström, Pekka Lähteenoja, Erkki Ström, Matti Ketola ja nyt Erkki Tyni.

Rahastonhoidossa on ollut pitempi jatkuvuus. Alkuaikoina hoiti sihteerinä toiminut Kauko Järvinen o.t.o. rahastonhoidon siirtyä sitten vain rahastonhoitajaksi vuoteen 1953 asti, jolloin Kalervo Nieminen otti tehtävän vastaan. Paavo Maijala hoiti työksi muuttunutta tehtävää 1957—1972, jolloin Heikki Aulanko jatkoi sitä seuraavat 10 vuotta. Nykyisin rahaston- ja taloudenhoito on Pekka Sundquistin harteilla. Lehden päätoimittaja vaihtui alussa verrattain usein. Uolevi Raaden jälkeen ovat päätoimittajina olleet Pekka Ensio, Jorma Honkasalo, Herman Stigzelius kahdessa vaiheessa, Paavo Asanti, Kalervo Nieminen, Paavo Maijala ja nyt pitkäaikaisimpana Martti Sulonen vuodesta 1973 alkaen. Lehden toimitussihteeriksi, joka alkoi vasta v. 1950 on ollut kahden rouvan hoivissa. Karin Stigzelius hoiti tehtävää 1950—67 ja Kaija Marmo 1967—82, jonka jälkeen tehtävä siirtyi ”perhepiiriin” ulkopuolelle ins. Lars Heikel’ille.

## RETKEILYT JA JUHLAT

Aivan oleellisena osana yhdistyksen toiminnassa ovat alusta alkaen olleet ensin koko yhdistyksen kesäretkeilyt ja myöhemmin jaostojen retkeilyt ja syyskokoukset. Ne ovat olleet jäseniä yhdistäviä ja lähentäviä tilaisuuksia, joissa on voitu nähdä teknisen kehityksen eteenpäinmenoa eri käyntikohteissa. Retkistä on varmasti kaikille osanottajille jäänyt mieluisia, jopa riemukkaita muistoja, erälle jo 40 vuoden ajalta.

Kun yhdistys oli 10-vuotias, suuntautui retkeily Outokumpuun tutustumaan Keretin kaivoksen rakennustyömaahan ja Outokummun kaivokseen. Herätys Viinijärven asemalla tapahtui trumpettiduolla (kuva 4). Tutustumisohjelman jälkeen pelattiin Outokummun urheilukentällä jalkapallo-ottelu geologit — metallurgit, jonka haasteen antaneet geologit hävisivät 0—1. Kuvassa 5 voittoisa metallurgien joukkue.

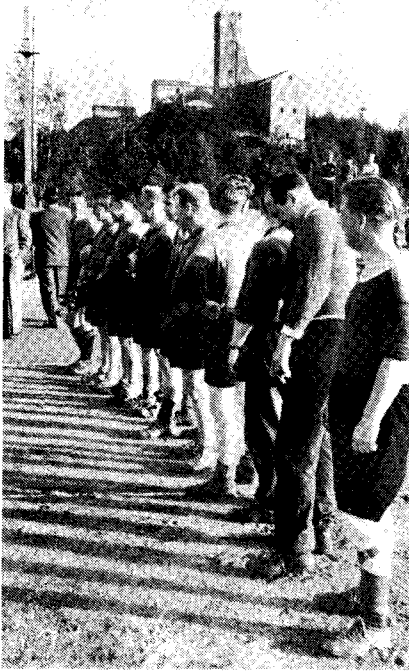
Retkeilyt tapahtuivat yleensä kotimaisille laitoksille, mutta jo v. 1954 suuntautui yhdistyksen retki 14—17.9. Ruotsiin, jolloin kaivosmiehet tutustuivat Bolidens Gruv Ab:n kaivoksiin ja metallurgit Bolidenin kaivoksen jälkeen metallurgisiin laitoksiin Rönnskärissä ja Norbottens Järnverk’iin Luulajassa. Kaivosjaosto on sen jälkeen retkeillyt ulkomailla, v. 1966 Keski-Ruotsissa Atlas-Copcon ja Sala Maskinfabrik’in, Sandvikens Jernverk’in laitoksilla ja Dannemorans kaivoksella ja v. 1971 Boliden Ab:n Aitikin ja LKAB:n Malmberget’in kaivok-



**Kuva 4.** Lasse Kosomaa, Esko Peltola ja Heikki Aulanko antavat retkeläisille aamuherätyksen Viinijärven asemalla kesäretkeilyllä 1953.

**Fig. 4.** Lasse Kosomaa, Esko Peltola and Heikki Aulanko performing morning reveille at the Viinijärvi station during the summer excursion of 1953.





**Kuva 5.** Metallurgien jalkapallojoukkue voittonsa jälkeen — kesäretkeilyllä 1953.

**Fig. 5.** Metallurgical Engineers' football team after winning a game during the summer excursion of 1953.

silla. Kaukaisin retki oli v. 1981 noin viikon matka Puolan kupari-, hiili- ja suolakaivoiksi.

Toinen kohokohta yhdistystoiminnassa ovat olleet ja ovat edelleenkin vuosijuhlaillallistanssiaiset. Alkuaikoina järjestivät isäntäfirman miehet itse ohjelmaa, joka usein käsitteli jäsenten omaa toimintaa ja toiloja. Retkillä ja juhlissa kuultiin usein Bertel Söderströmin puhe "Simbullakanan kielellä", joista yksi on säilynyt lehden numerossa 2/1949. Ote vuosijuhlapuheesta: "Kunnioittava puuhajohtaja, arvattavat perschmannit, suloissat naiset ja kankeaniskaiset härät. ...Se urtyyppi eli kaivoinsinööri olla egentligen yksi maailma varjopuoli lapsarkki. Kaikke peive, kun toisse ihmise elä ja tekke töö Jumala aurinko alla, häne täytyt pyssy syvä kaivo sissä. Siäll olla märkkä ja mörkki. Kamala paukku skaakka koko aika atmosfääri, nii ett häne korva surise kun bisvärmi. Myrkkylin svaavelkaasu, kun tulla dynamiitti ja triniitti explosioineist, tunkke hän silmä, niin että se vuotta vettä kun vanha kraana ja olla ain puna ja inflameerattu kun särki silmä, kun särki tulla kotti hummaamast salakka ja lake kans. ... Häne luu olla ideligen poikki ja sekasi ja skramla kovi, kun kivikasa ain sorttu ja kun hän jää alle ... Kun hän juur luule, ett nyt olla kaikki ordninkis, sticka se kaiivotirkistäjä, Se Herman, ittes framill ja kyssy ett, va e här i göringen. Ja sitt hän sanno ett se kartta ei kelppa polttopuu ja kaivoinsinööri saa mennä kotti å dra någå gammalt över sig. Niin ett ei hauska kellä, ei kumminka kaivoinsinööri"...

15-vuotisjuhlakokouksessa oli iltajuhlan isäntänä Oy Fiskars Ab. Hieno iltajuhla huipentui siihen, että tanssin vielä jatkuessa saapui tilaisuuteen Fiskars Midnight News'in 1. painos 28.3.1958 klo 22.58. Lehti kertoi illan tapahtumat ja esitti illan kimaratarjoilun valokuvia, (kuva 6).

Itse tehdyt ohjelmat, jotka vuoronperään ruotivat tai suosivat yhdistyksen toiminnassa mukana olevia jäseniä ja laitoksia loivat kodikkaan tunnelman ja hilpeyden iltatilaisuuksiin. Yhtä hauskaa oli varmasti ohjelmien teko ollut niitä tehneille taitoniekkoille.

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen ry:n 40-vuoti-

# FISKARS *Midnight News*

No 1 — Perjantaina maaliskuun 28 päivänä klo 22.58 — Helsinki

1958

## Vuorimiesten monipuolinen ja antoisa 15-vuotisjuhlakokous



**Kuva 6.** Fiskars Midnight News'in etusivua. (15-vuotisjuhlakokouksen iltajuhla 1958).

**Fig. 6.** Front page of the Fiskars Midnight News. (Banquet following the 15th anniversary meeting in 1958).

...vecklingen inom skilda sektorer, till och avgivet uttömning i många ter. Sektionsarvets verksamhet för landet väktiga frågor. har ar för att fatt allt större betydelse. Vår intresset, att denna sektionsupp. mötesyhdistys, en osittantat odelning har också gjort det vänsa härvänsen elävöimäimöijä att inom föreningens men yhdistys, joka on tähtänyt rann. behanda även ovetket siberiäkäyttöä, tavert. Täspesicilla frågor. För att beiv. della sylvlla oidaan pita vänsa omu en sida av föreningens jomna, että sen merkitys edelverksamhet vill jag erinra om/len kysää ja sen toiminta sh. att Bergsmannaföreningen en jehostue. Ake Bergström.

### Loistavat vuosijuhlaillallistanssiaiset

Klo 19.30 tänä iltana alkoivat Ravintola Royalin suojissa Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningin loistavat illallistanssiaiset. Vieraiden saavuttua nauhititiin Fiskarsin tarjoamat kimarat, minkä jälkeen siirryttiin illallispöytäin.

nen taival on ollut vireätä jatkuvan kasvun aikaa, joka on tapahtunut rinnan maamme kaivos- ja metallurgisen teollisuuden kasvun ja monipuolistumisen kanssa. Vaikka yhdistys onkin henkilöjäsenyhdistys, on sen vaikutus ollut yhteiskunnallisesti tuntuva monien mielipideilmaisujen ja lausuntojen muodossa alan kehittämisessä sekä tutkimus- ja julkaisutoiminnan avulla tiedon ja taidon levittämisessä. Yhtä tärkeäksi on katsottava sen jäseniä yhdistävä ja lähentävä toiminta työpaikasta ja tehtävästä riippumattomana ja siinä yhdistys on hyvin onnistunut

#### LÄHTEET:

Vuoriteollisuus — Bergshanteringen vuosikerrat 1943 — 1982  
Yhdistyksen erikoiskomiteitten ja tutkimusvaltuuskunnan pöytäkirjat.

#### SUMMARY

#### PAGES FROM THE 40 YEARS' ANNALS OF THE FINNISH ASSOCIATION OF MINING AND METALLURGICAL ENGINEERS

"Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen ry", The Finnish Association of Mining and Metallurgical Engineers, will celebrate its 40th anniversary this year. It was founded by leading executives and engineers in the Finnish mining and metallurgical industry. The association has grown along with the industry, and nowadays there are over 1600 members. According to their speciality the members are divided into four categories: geology, mining techniques, mineral processing and metallurgy.

The present article deals with the foundation, development and growth of the association. Discussed are seminars, training activities, the research commission. "Vuoriteollisuus" magazine, which came out for the first time right after the founding of the association, quite broad publishing activities, including guide- and handbooks, etc., excursions and banquets, which have always been favored by the members. Members who have received marks of honour and other awards from the association have been listed as well as those who have served in positions of trust.

# Outokumpu-jakso ennen ja nyt

Fil.tri Markku Mäkelä, Outokumpu Oy, Malminetsintä, Kokkola

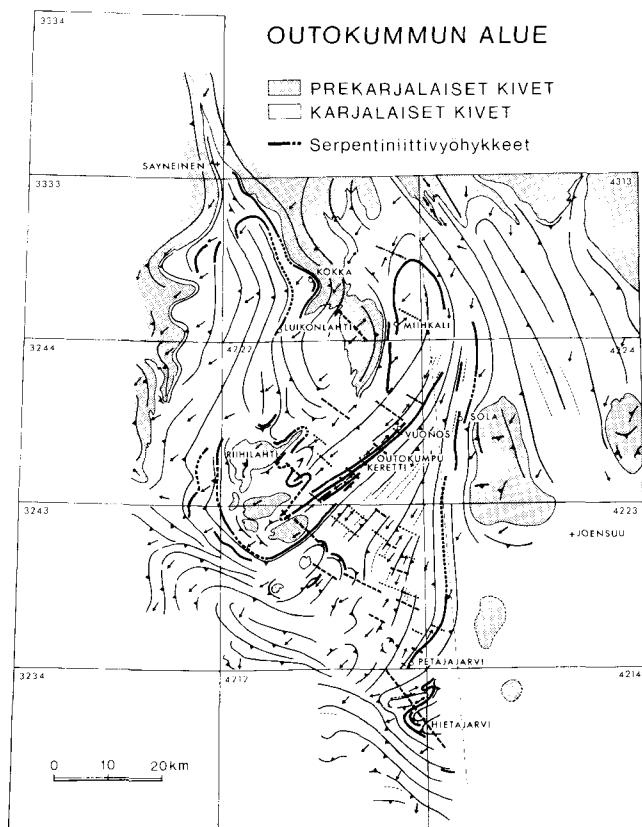
## OUTOKUMPU-JAKSO ENNEN

Outokumpu-jakso on 240 km pitkä, nauhamainen horisontti (kuva 1), jossa tavataan kivilajiseurue: serpentiniitti, kalkkisiilikaattikivet ja kvartsi- ja silikaattikivet. Mustaliuske kapseloi seuruetta ympäröivää kiillegneissistä vasten. Jakso alkaa pohjoisessa Säyneisistä, kaartuu Sivakkavaarassa etelä-lounaaseen jatkaakseen kohti Juojärven kupoleita. Emmittyään kupoleiden ympärillä jakso suuntaa koilliseen: Kerettiin, Vuonokseen ja Polvijärven Haapovaaraan. Yllättävää kyllä, se löytyy uudelleen Hukkalassa kääntyäkseen Mutkavaarassa kohti pohjoista, Miihkalia. Miihkalin suuri serpentiniittikaari johdattaa jakson Lipasvaaran kautta etelään, Solaan sekä edelleen kaapeana nauhana Savonrannan ja Heinäveden kuntien rajalle, Petäjätjärvelle. Hietajärven prospektista kymmenisen kilometriä etelään tunnetaan jakso vielä Siiranlammella.

Jaksosta tekee merkittävän seikka, ettei ilman sen kivilaji-

seuruetta ole mahdollista löytää Outokumpu-tyypistä, horisonttisdonnaista Cu-Co-Zn-malmia. Nyt on jaksosta tiedossa kolme tämän tyypin malmiesiintymää: Keretti, Luikonlahti ja Vuonos. Prospekteina tunnetaan Hoikka, Riihilahdi, Saramäki, Sola ja Hietajärvi. Tyypin genesiksestä on painetuissa lähteissä pohdiskelua 60 vuoden ajalta, viimeisin joulukuulta 1982. Submarinis-ekshalatiivinen malli tyypin alkuperästä on kestänyt tutkimuksen paineen jo lähes kymmenen vuoden ajan. Metallimalmien ohella Outokumpu-jakson taloudellisesti merkitystä lisäävät talkkimalmit. Tällä hetkellä esiintyminä tunnetaan Horsmanaho, Vasarakangas ja Sola.

Kun edellä sanottuun lisätään käsitys jaksoon ja sitä ympäröiviin sedimenttikiviin kohdistuneen, monivaiheisen deformaation merkityksestä sekä käsitteet ofioliittikompleksi ja nappe, jotka molemmat tarkoittavat sitä, ettei jakson kivilajiseurue olisikaan alkuperäisessä, muodostumisensa aikaisessa asemassa, on lyhyesti ja yleistäen käsitelty otsikon osa "ennen".



**Kuva 1.** Yleiskuva Outokumpu-jakson sijainnista (Huhma ja Huhma, 1970).

**Fig. 1.** General view showing the location of the Outokumpu zone (after Huhma and Huhma, 1970).

## OUTOKUMPU-JAKSO NYT

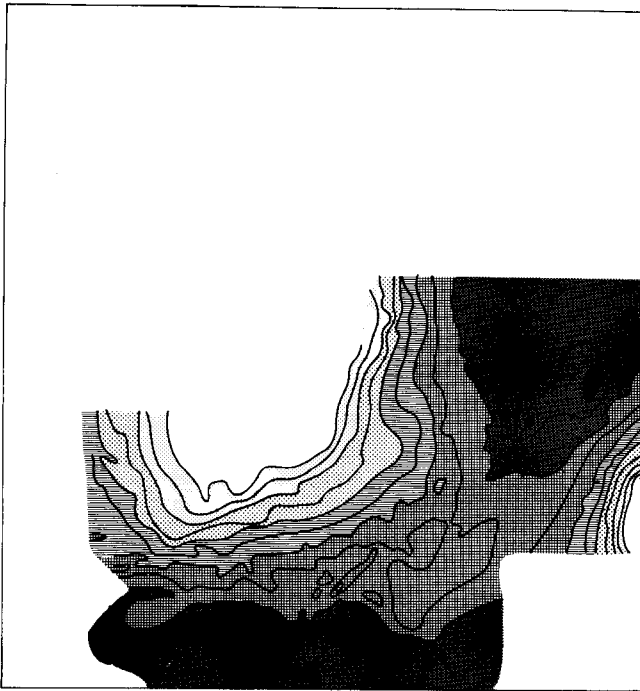
### Keretti — Polvijärvi

Tältä (kuva 2 a) näyttää Outokumpu-jakso ympäristöineen, kun Geologisen tutkimuslaitoksen tuottama matalalentomagneettinen tieto kesiltä 1980 (Outokumpu) ja 1981 (Heinävesi) on tulostettu harmaasävykuvana.

Outokummun lehden keskiosaa hallitseva tumma tausta ei ole negatiivin valotusvirhe, vaan hahmo Maarianvaaran kuuluisasta graniitista. Tummahko sävy johtuu graniittiin sisältyvästä pienestä magneetiittimäärästä. Kun alueen kattava gravimetrisen tieto (kuva 2 b) yhdistetään harmaasävykuvan antamaan informaatioon, tulee väittämä osoitetuksi todeksi. Gravimetrisellä kartalla Maarianvaaran graniitti ja prekarjalainen pohja näkyvät painovoimakentän kuoppina.

Malminetsinnällisesti on tärkeää havaita, että Vuonoksen kohdalla sedimenttikivien muodostama kate Maarianvaaran graniitin ja pohjan päällä on suhteellisen ohut (kuva 2 a). Tähän katteeseen sisältyy Outokumpu-assosiaatio ja sen myötä Vuonoksen malmiesiintymä. Vuonos, joka on kuvattu sijaitseväksi loivassa akselidepressiossa, siis ratsastaa kaakkoon työntäytyvän pohjakielekkeen päällä. Kielekkeen olemassaolo on magneettisen ja gravimetrisen (kuva 2 b) tiedon lisäksi osoitettu AMT-mittauksin.

Yleisen inhimillisen kokemuksen perusteella on mäelle kivuttaessa nousuvaihe pahin. Hyvässä järjestyksessä olleille sedimenttikiville on pohjan kieleke muodostunut järjestyksen kannalta pahaksi paikaksi. Näin on käynyt erityisesti pohjatopografian gradienttikohdissa Keretin ja Vuonoksen välillä se-



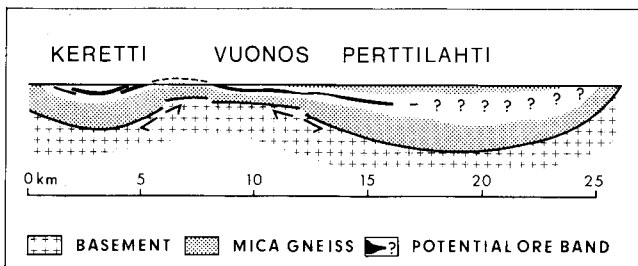
**Kuva 2 b.** Gravimetrinen kartta Outokummun alueesta harvapistemittaukseen perustuen.

**Fig. 2 b.** Gravimetric map covering the area of the upper map sheet in Fig. 2 a. Low density areas represent dome structures.



**Kuva 2 a.** Aeromagneettinen harmaasävykuva Outokummun (ylempi) ja Heinäveden lentomittausalueilta. Mittaukset: Geologinen tutkimuslaitos 1980, 1981. Tulosten käsittely: Outokumpu Oy ja Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Maksimiarvot on merkitty mustalla, minimi valkoisella ja näiden väliin jäävät arvot harmaaan eri sävyillä. Keretin ja Vuonosin sijainti on merkitty, samoin tekstissä mainittu Vuonosin — Kylynlahden poimurakenteen akselin maanpintaprojektio.

**Fig. 2 a.** The aeromagnetic data measured by the Geological Survey of Finland on the Outokumpu region show as a "grey-level" image. The data are processed jointly by Outokumpu Co and Technical Research Center of Finland. The maximum is displayed in black, minimum in white and the lower values in progressively varying tones. Locations of the Keretti and Vuonos mines are marked. The line represents the trend of the fold axis that determines the location of the Outokumpu association from Vuonos to Kylylahti:



**Kuva 3.** Pituusleikkaus Keretistä Polvijärven Kylälahteen.  
**Fig. 3.** Longitudinal section from Keretti to Kylylahti in Polvijärvi commune. Tensional forces due to rising bottom have deformed the association between Keretti and Vuonos and northeast of Vuonos.

kä heti Vuonosin malmiesiintymän koillispuolella (kuva 2 a). Skemaattisesti tilannetta kuvaa pituusleikkaus Keretistä Polvijärvelle (kuva 3).

Tension vaikutuksesta se Outokumpu-seurueen osa, johon malmi liittyy, on eroosiotason yläpuolella Keretin ja Vuonosin välillä. Samainen seurueen osa on venymällä voimakkaasti ohentunut Vuonosin koillispuolella Kokonvaarassa. Edettäessä Kokonvaaran gradienttikohdasta edelleen koillisista oli odotettavissa, että Outokumpu-seurue palautuu volyymitaan vähintään sellaiseksi, mikä se on Vuonosin tasalla, todennäköisesti mittavammaksi. Oli lisäksi odotettavissa, että seurueen sitä osaa, johon mahdollinen malmi kuuluisi, joudutaan tavoittelemaan hyvinkin syvillä rei'illä.

Kustannusten voimakas kasvu kairattaessa aina 1 000 metrin syvyisiä reikiä asettaa korkean vaatimustason rakenteelliselle mallille ja sen pohjalta tehtäville geofysikaalisille tulkinnoille. Menetelmistään magneettinen, gravimetrinen ja AMT ovat ainoat keinot nähdä pinnalta noihin syvyyksiin.

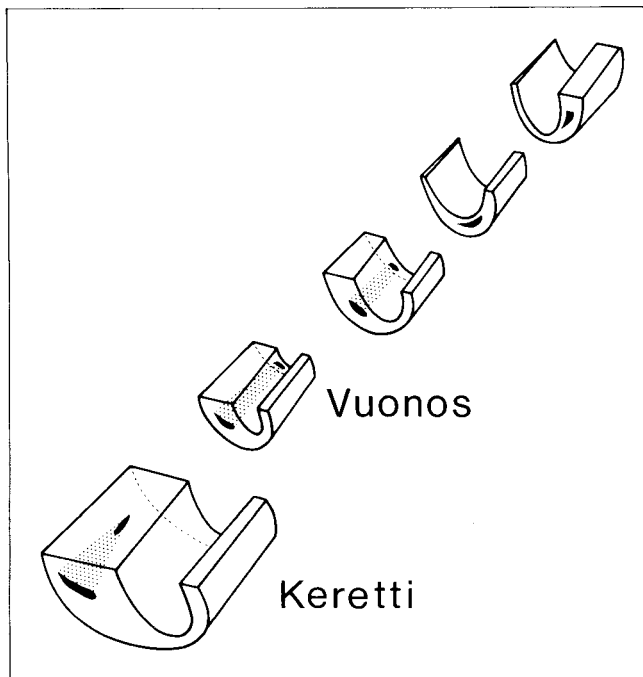
Rakenteellista mallia (kuva 4), joka perustui olemassa olevan geologisen tiedon tulkintaan harmaasävykuvan luomassa uudessa valossa, testattiin kairaamalla profiili neljän kilometrin päähän koilliseen Vuonoksen malmiesiintymästä (kuva 5).

Profiiliin reikä 733 (kuva 5) lävisti noin 100 m mustaliusketta, jonka ajateltiin harjan puolella kapseloivan Outokumpuseuruutta. Edellisen taakse kairatulla reiällä 737 lävistyi sitten 150 metrin matkalla itse seurue ja — mikä parasta — kuusi metriä paksu malmimineralisaatio, joka osoittautui analyysien valmistuttua OKU-anomaaliseksi samalla tavoin kuin nikkeli-mineralisaatiot Vuonoksen malmiesiintymän harjan etu- ja yläpuolella. Reikä 740 lunasti sitten lupauksen lävistäessään Outokumpu-tyyppisen malmin.

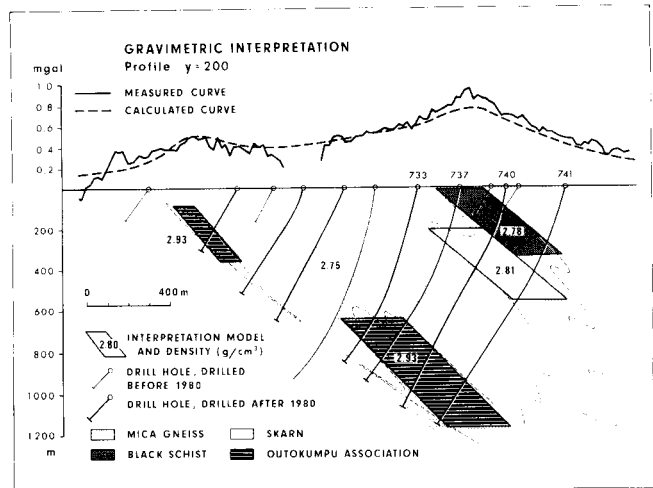
Kairatusta näyttemateriaalista määritettiin petrofysikaaliset parametrit ja havaittiin, että seurueen kivien keskimääräinen tiheys oletetun poimun (kuva 5) alakyljellä on  $2,93 \text{ g/cm}^3$ . Koska päällä olevan kiillegneissin tiheys on  $2,75 \text{ g/cm}^3$  ja kiillegneississä on riittävästi raskaiden seurueen kivien ja maanpinnan tason välissä, pääteltiin, että gravimetrisen tulkinta saataisi hyvinkin onnistua.

Kun tulkintaprismat sijoitettiin rakennemalliin, todettiin, että mitattu ja laskettu gravimetrisen käyrä (kuva 5) sopivat hyvin yhteen. Malli oli siis todennäköisesti oikea. Rakennemallin oikeellisuutta testattiin vielä kairaamalla reikä 741 (kuva 5) Suomen ennätysvyyteen  $1\,297,50 \text{ m}$ .

Testiprofiilissa saavutetun perusteella tulkittiin nyt gravimetrisesti profiileja kilometrin välein alkaen Vuonoksen koillispäästä. Tuloksena syntynyt nk. "Papan putki" on esitetty lohkiagrammina kuvassa 6.

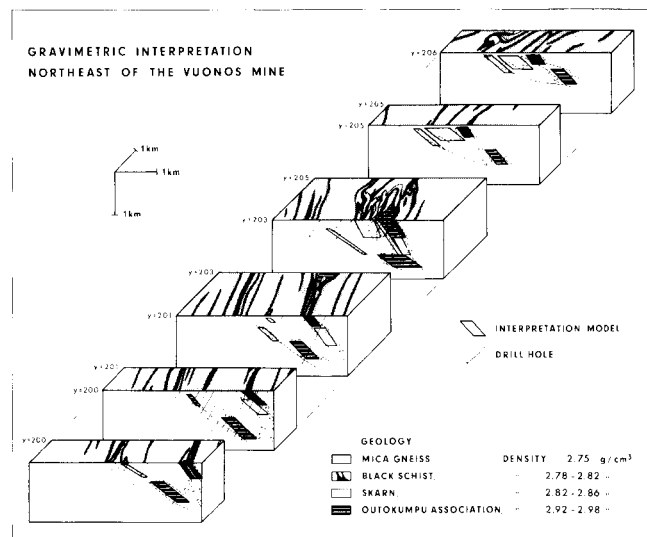


**Kuva 4.** Gravimetrisessä tulkinnoissa käytetty rakennemalli. **Fig. 4.** The structural model used in the gravimetric dipping prism interpretation. The ore potential band in the fold structure is marked.



**Kuva 5.** Gravimetrisen tulkinta testiprofiilista 4 km Vuonoksesta koilliseen. Katkoviivat edustavat poimurakenteen todennäköisiä kontakteja.

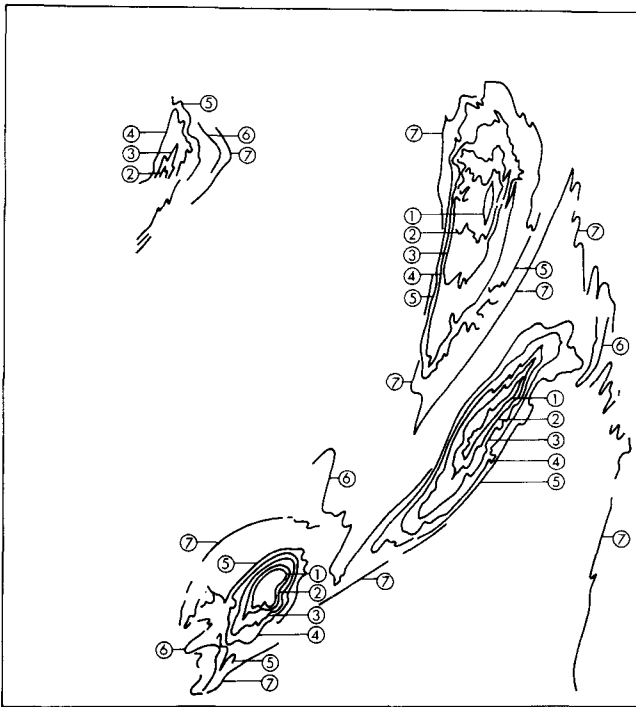
**Fig. 5.** Gravimetric interpretation of the test profile 4 km northeast of Vuonos. The lithology i.e. the principal rock types corresponding to the measured densities of the prisms and the surroundings, is given. The broken lines indicate the inferred continuation of the trough-shaped fold structure.



**Kuva 6.** Lohkiagrammi gravimetrisistä tulkinnoista Vuonoksen koillispuolella.

**Fig. 6.** A block diagram facing northeast and showing a succession of interpreted gravimetric profiles. The test profile of Fig. 5 is at  $y = 200$ .

Myöhemmissä kairauksissa on tulkittujen kontaktien todettu poikkeavan todellisista vain korkeintaan muutaman prosentin reikäpituudesta laskettuna. Kairauksin on lisäksi lävistetty Outokumpu-tyyppistä malmin 3,5 km:n matkalla Vuonoksen koillispuolelta. Kairaukset jatkuvat ja antavat aikanaan tiedon siitä, onko kysymyksessä malmiesiintymä. Selvitettyään on kaikkiaan 13 kilometriä pitkä poimurakenne (kuva 2 a), joka törmätessään koillisessa Sotkuman kupolin vaikutukseen (kuva 2 b) nousee eroosiotasoon Polvijärven Kylälahdessa.



**Kuva 7 b.** Tulkintakartta kuvan 7 a sisäkkäisistä anomalianauhoista. Katso tekstiä.

**Fig. 7 b.** Interpretation sheet of the oval-shaped anomalies in Fig. 7 a. Circles one within the other represent basins. Numbers indicate the sedimentary succession. The Outokumpu association is marked with 7.



**Kuva 7 a.** Harmaasävykuva aerosähköisestä imaginäärikomponentista Outokummun lentomittausalueelta. Mittaukset: Geologinen tutkimuslaitos 1980, 1981. Tulosten käsittely: Outokumpu Oy ja Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

**Fig. 7 a.** The aeromagnetic data, imaginary component, measured by the Geological Survey of Finland on the Outokumpu area shown as a "grey-level" image. The data are processed jointly by Outokumpu Co and Technical Research Center of Finland.

## Stratigrafia

Arvioitaessa Outokumpu-jakson malmimahdollisuuksia laajemmin kuin puheena olleen 13 kilometriä pitkän poimurakenteen osalta on olennaista tarkastella jakson stratigrafista asemaa. Lähtökohdan tälle tarkastelulle tarjoavat harmaasävyteknikalla esille tulevat, aiemmin salattuina pysyneet piirteet.

Sulkeutuvat, sisäkkäisistä anomalianauhoista muodostuvat ovaalit (kuva 7 a) tarkoittavat yksikäsitteisesti allasrakenteita.

Sisin kehä on luonnollisesti kuva nuorimman, altaassa säilyneen sedimenttipatjan reunoista. Lukien kehää ulospäin edetään stratografiassa alaspäin, kasvavan iän suuntaan. Sukkulan ja Miihkalin altaiden umpeutumisen kiilautumalla lounaassa tarkoittaa sitä, että sedimenttikivet nousevat Maarianvaaran graniitin ja prekarjalaisen pohjan selänteellä nykyisen eroosiotason yläpuolelle.

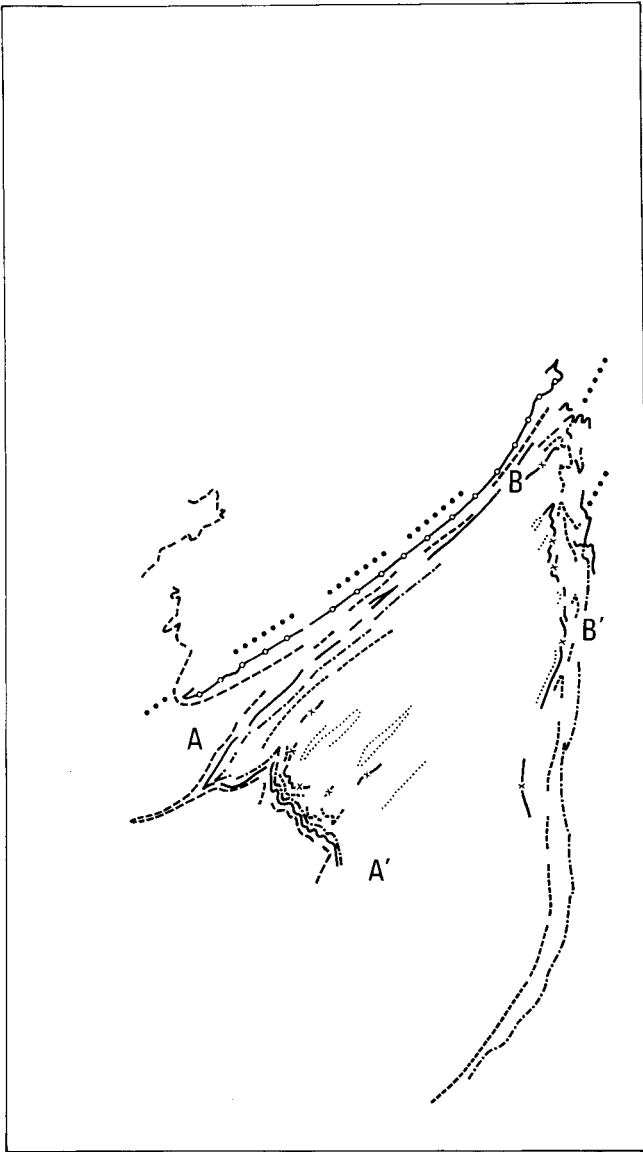
Kuvassa 7 b jatkuvina seurattavat anomalianauhat on numeroitu. Kun numeroinnissa päästään sisältä lukien seitsemännän nauhan seuraamiseen, edetään karttakuvassa pitkin Outokumpu-jaksoa. Kivilajiseurue siis muodostaa johdonmukaisen stratigrafisen yksikön. Seurue on asetunut tietylle pinnalle sedimentaation edetessä. Kun näin on tapahtunut 4 500 km<sup>2</sup>:n laajuisella alueella, voi selityksenä olla vain se, että kysymyksessä on meren pohjalle purkautunut laava. Se mikä harmaasävykuvasta ei näy, mutta tiedetään bromi-, kloori- ja rikki-isotooppianalyysien perusteella, on, että serpentiiniytyminen ja malminmuodostus ovat seurausta tämän, koostumukseltaan todennäköisesti basalttisen laavan ja meri-

veden välisistä reaktioista. Kun molemmat reaktioon osaa ottavat komponentit ovat olleet kosketuksissa toisiinsa pinta-alaltaan laajalla alueella, tarkoittaa tämä, että jakson malmimahdollisuudet näyttäytyvät uudessa ja kirkaammassa valossa.

## Leikkauskuviot

Harmaasävykuvan Outokumpu-jaksosta välittämän informaation ymmärtämistä helpottaa mielikuva syisen mäntylaudan höyläämisestä. Sen avulla hahmottuvat sedimenttikivien stratigrafiset leikkauskuviot nykyisessä eroosiotasossa. Esimerkiksi leikkauksessa A — A' (kuva 8 a) eroosiotason alapuolelle koilliseen painuvat sedimenttikivien patjat saavuttavat eroosiotason taas leikkauksessa B — B', nyt loivemmassa kulmassa. Vastaavalla tavalla Sivakkavaaran kaari, Juojärven kupoleiden ympäristö ja Miihkalin kaari näyttäytyvät nyt päätyleikkauksina (kuva 8 a, b).

Kairauksia ja geofysikaalisia maanpintamittauksia suunniteltaessa on olennaista huomata, että tärkein suunta kivilajiyksiköiden ja ennen kaikkea Outokumpu-seurueen jatkuvuksia ajatellen on koko Outokumpu-alueella lounais-koillinen. Tähän perustuen on Miihkalin suuren serpentiiniittikaaren uudelleenluku jo aloitettu ja toivoo sopii, että sama tehtäisiin pian Sivakkavaaran kaaren osalta.



**Kuva 8 b.** Tulkintakartta sedimenttipatjojen leikkauskuvioista eroosiotasossa.

**Fig. 8 b.** Interpretation sheet showing the section surfaces of sedimentary rocks on the present erosion plain. E.g. layers that penetrate the erosion plain at A — A' rise to that plain at B — B'.

#### YHTEENVETO

Voitane oikeutetusti sanoa, että alue, jolla Outokumpu-jakson on tiedetty esiintyvän, on parhaiten geologisesti tutkittu muodostumakokonaisuus Suomessa. Alueen kattava kallioperäkartoitus, jonka tukena on ollut yli 1 000 jaksoon eri aikoina kairattua reikää, on poikkeuksellisen korkeatasoista. Rakennegeologisten analyysien havaintoaineisto on erittäin laaja ja havainnot on tehty sillä huolellisuudella, jonka pintaa syvemmälle näkemisen tarve tuo tullessaan. Lukuisat erillistutkimukset jakson malmiesiintymistä ja -mineralisaatioista ovat kasvattaneet tietämystä malminmuodostuksesta ja sen suhteesta Outokumpu-seurueeseen ympäristöineen. Kokonaisuuden hahmottaminen, tiedon palapelin kokoaminen, vain on tuottanut tuskaa. En väitä, että tuskaisuus on vielä kukaan ohi, se kuuluu tutkimuksen taudinkuvaan. Väitän kuitenkin, että matalalannoilla tuotetun geofysikaalisen tiedon käsittely harmaasävyteknikalla ja näin tuotetut kuvat ovat ratkaisevasti parantaneet mahdollisuuksia sen kokonaisuuden ymmärtämiseen, johon Outokumpu-seurue osana kuuluu. Kun kuva tiet-



**Kuva 8 a.** Katso kuvan 2 a selitystä.

**Fig. 8 a.** See the text of Fig. 2 a.

tyyn stratigrafiavaiheeseen liittyvästä laaja-alaisesta vulkanismista on lisäksi yksinkertainen, on todennäköistä, että se on myös oikea.

#### SUMMARY

##### OUTOKUMPU ZONE BEFORE AND NOW

The Outokumpu zone is a long, ribbon-like formation that consists of serpentinites, calc-silicate rocks and quartzites and includes Cu-Co-Zn ore deposits and prospects. It is intensely folded by multiphase deformation and appears on a surface map as a sinuous horizon conform with the surrounding mica schist. The stratigraphic position of the Outokumpu rock association, however, is incompletely understood, and has given rise to a long drawn-out debate on the origin of ore deposits of the Outokumpu type and the rock association itself. Much valuable, especially structural, information has been obtained recently with a new technique of presenting large-scale aerogeophysical survey results. The "grey-level" images of the region show that the Outokumpu association is a coherent stratigraphic sequence embedded in sedimentary rocks in an area of 4 500 km<sup>2</sup>. A structural model based on a reinterpretation of the geological data in the light of recent geophysics has already led to discovery of a new prospect of Outokumpu-type ore northeast of the Vuonos mine.

# Elementtimenetelmät kaivostilojen lujuuslaskennassa

Dipl.ins. Pekka Lovén, Teknillinen korkeakoulu, Louhintatekniikan laboratorio, Otaniemi

## JOHDANTO

Kalliilotilojen louhinta aiheuttaa kalliossa vallitsevan jännitystilän uudelleenjakautumisen, usein keskittymisen. Kallion lujuus saattaa tällöin ylittyä, kallio särkyä ja syntyy sortumavaara. Tämän vuoksi kallion alkuperäisen jännitystilän, louhinnan seurauksena muuttuneen jännitystilän ja kallion lujuuteen vaikuttavien tekijöiden tunteminen on tärkeää.

Kalliomassiivin epähomogeenisuudesta ja kaivostilojen moinmutkaisuudesta johtuen ei jännitys-muodonmuutosanalyysiä voida ratkaista suljetussa muodossa. Tietokonepohjaiset numeeriset menetelmät, elementtimenetelmä (FEM) ja renaelementtimenetelmä (BEM), tarjoavat käyttökelpoisen työkalun kalliossa vallitsevan jännitystilän vaikutusten tutkimiseen eri louhintatilanteissa.

Teknillisen korkeakoulun louhintatekniikan laboratoriossa käynnistyi kaivosteollisuuden aloitteesta 1.6.1980 kaksi ja puolivuotinen tutkimusprojekti, jonka tavoitteena oli elementtilaskentatekniikan soveltaminen palvelemaan kalliomekaanisten tutkimustulosten hyväksikäyttöä käytännön kaivosuunnittelussa. Projektin kuluessa selvitettiin menetelmät laskennoissa tarvittavien lähtötietojen hankkimiseksi, koottiin ja kehitettiin elementtimenetelmiin perustuva tietokoneohjelmisto sekä selvitettiin laskentoihin läheisesti liittyvät seuranta- ja mittausmenetelmät. Projektiin liittyvät tutkimukset toteutettiin käytännön sovellutuksina Rautaruukki Oy:n Rautuvaaran kaivoksella ja Outokumpu Oy:n Kotalahden kaivoksella.

## ELEMENTTIMENETELMÄT (FEM JA BEM)

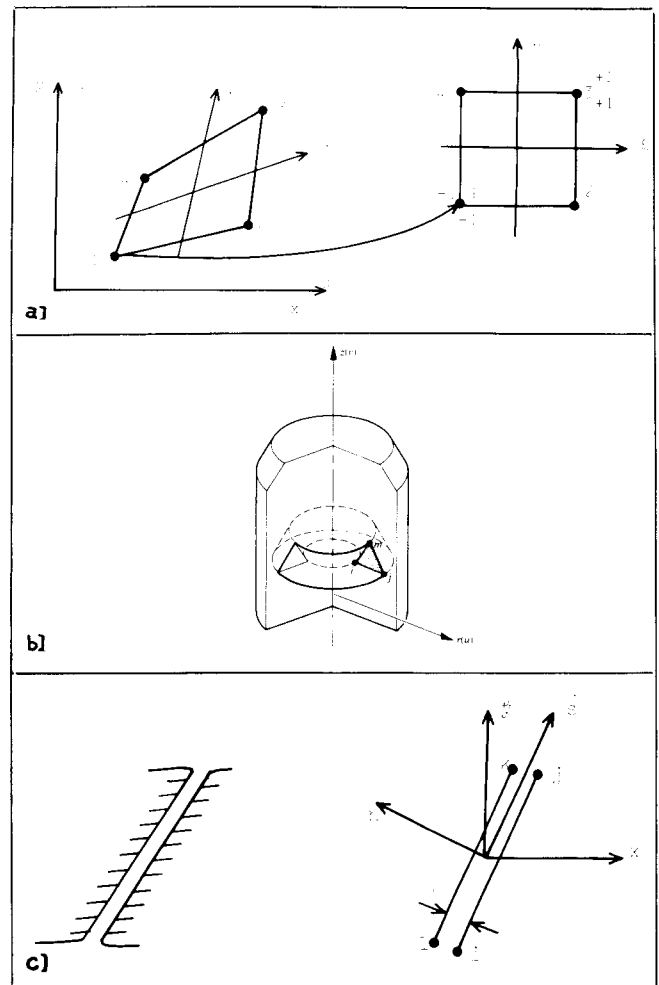
Elementtimenetelmä (FEM) on numeerinen tapa approksimoida mielivaltaisen muotoisessa alueessa määritettyä jatkuvaa funktiota paloittain. Laskentamalli muodostetaan jakamalla funktion määrittelyalue osaluoksi eli elementteihin. Elementit liittyvät toisiinsa solmupisteiden välityksellä. Jännitys-muodonmuutosanalyyseissä solmupisteiden siirtymät ovat tehtävän kannalta perustuntevat. Siirtymätilalle tehdään otaksuma elementin alueella käyttäen tuntemattomina solmusiirtymiä. Siirtymäotaksumat ovat sellaisia, että siirtymätila on jatkuva elementistä toiseen siirryttäessä. Kun rakennetta kuormittavat voimat on jaettu solmupisteille, muodostetaan yhden elementin kokonaispotentiaalienergian lauseke lausuttuna solmusiirtymien ja -voimien avulla. Koko rakenteen potentiaalienergia saadaan, kun yksittäisten elementtien energiat lasketaan yhteen. Minimoimalla näin saatu kokonaispotentiaalienergia solmusiirtymien suhteen saadaan tulokseksi yhtälöryhmä (solmujen tasapainoyhtälöt), jonka ratkaisuna saadaan solmupisteiden siirtymät. Saadusta siirtymätilasta lasketaan elementtikohittaiset jännitykset.

Mielivaltaisen muotoisen alueen jakamiseen elementteihin soveltuvat parhaiten isoparametriset elementit (kuva 1 a). Yleisimmin käytettyjä ovat nelikulmio- ja kolmioelementit, joiden solmupistemäärä vaihtelee /1/. Lineaarinen siirtymäotaksuma elementin alueella on osoittautunut kalliomekaani-

sisä tehtävissä riittäväksi. Korkeamman asteisia elementtejä voidaan myös käyttää, mutta matalampiasteiset (vakio muodonmuutoselementit) elementit sopivat vain hyvin yksinkertaisiin tehtäviin /2/.

Avolouhoksen yksinkertaistettu geometria voidaan joskus olettaa muodostuvan siten, että jokin poikkileikkaus pyörähtää symmetria-akselin ympäri. Tällöin on edullista käyttää pyörähdyskappale-elementtiä (kuva 1 b).

Jos kalliossa olevan huomattavan raon vaikutus halutaan ottaa huomioon, voidaan käyttää eri tyyppisiä rakelementtejä (kuva 1 c).



**Kuva 1.** Kalliomekaanisissa sovellutuksissa käytettyjä elementtityyppejä. a) isoparametrinen elementti ja isoparametrinen kuvautuminen /3/, b) pyörähdyskappale-elementti /4/, c) rakelementti /5/.

**Fig. 1.** The element types in rock mechanical applications, a) the isoparametric representation of four noded plane element /3/, b) axisymmetric element /4/, c) a joint element /5/.



Reunaelementtimenetelmällä (BEM) tarkoitetaan numeerista ratkaisumenetelmää, jossa tuntemattomina ovat ratkaisutavien funktioiden arvot tarkasteltavan kalliotion reunalla. Reunaelementtien alueella reunasuureita kuvataan muoto-funktioilla. Matemaattisesti reunaelementtimenetelmä perustuu integraaliyhtälöiden teoriaan.

Reunaelementtimenetelmän soveltamisen edellytyksenä on ongelman perusratkaisun tunteminen, jolla tässä yhteydessä tarkoitetaan pistekuormasta äärettömään alueeseen syntyvää siirtymäkenttää.

Reunaelementtimenetelmä voidaan jakaa epäsuoraan ja suoraan menetelmään. Epäsuorassa menetelmässä tuntemattomana on reunalle sijoitettu tiheysfunktio, jolla ei ole varsinaista fysikaalista tulkintaa. Suorassa menetelmässä tuntemattomina ovat reunan fysikaaliset voimat ja siirtymät. Tästä johtuen suora menetelmä on tarkempi kuin epäsuora. Suoralla menetelmällä voidaan käsitellä myös epähomogeenisia tapauksia. Suoran menetelmän haittapuolena on sen suurempi tietokoneen muistitarve. Epäsuoraan menetelmään perustuvia ohjelmia voidaan käyttää nykyisissä pöytätietokoneissa.

Käyttäjän kannalta merkittävin ero BEM:n ja FEM:n välillä on rakennemallin (elementtiverkon) erilaisuus. Reunaelementtimenetelmässä riittää louhoksen reunan jakaminen elementteihin, kun taas FEM:ssä joudutaan louhoksen ympäristö laajalla alueella jakamaan elementteihin. Tuntemattomien pienempi määrä BEM:ssä säästää tietokoneen muistikapasiteettia ja pienentää ajokustannuksia. Merkittävin kustannussäästö saavutetaan kuitenkin mallia luotaessa ja lähtötietoja annettaessa.

Yksinkertaisissa reunaelementtiohjelmissa kallio oletetaan homogeeniseksi ja lineaarisesti kimmokseksi. Jos kalliion epähomogeenisuus halutaan huomioida on mielekästä käyttää FEM:iä. FEM mahdollistaa myös kalliion anisotrooppisuuden ja yksittäisten rakojen huomioimisen.

Reunaelementtimenetelmä soveltuu hyvin käytettäväksi silloin, kun vähillä lähtötiedoilla halutaan nopeasti saada kuva muodostuvasta sekundäärijännituskentästä. Reunaelementtimenetelmä on louhinnan suunnittelijan työkalu.

## LASKENNASSA TARVITTAVAT LÄHTÖTIEDOT

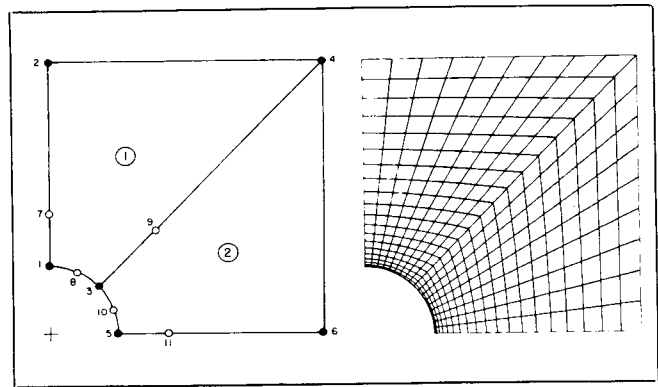
Tärkeimmät louhitun tilan ympärille syntyvään sekundääriin jännitys-muodonmuutostilaan vaikuttavat tekijät ovat: primäärijännitys, kalliotion muoto, geologinen rakenne ja kalliomassan kalliomekaaniset ominaisuudet.

Elementtilaskentoja ajatellen lähtötiedot voidaan jakaa geometriatietoihin, kuormitustietoihin ja materiaalitietoihin.

Geometriatietoihin katsotaan kuuluviksi sekä louhosgeometria että elementteihin jako. Vaivattomin tapa elementtiverkon (FEM) luomiseksi on käyttää tätä tarkoitusta varten kehitettyä tietokoneohjelmaa. Tällöin tarkasteltavasta alueesta muodostetaan generointilähtötiedosto jakamalla alue generointialueisiin, superelementteihin, joiden sisäisen jaon elementteihin ohjelma suorittaa (kuva 2).

Elementtiverkkoa tehtäessä pyritään siihen, että se kuvaa tarkasteltavaa kohdetta mahdollisimman tarkoin niin kuormituksen kuin materiaaliominaisuuksien suhteen. Sellaisissa kohdissa, joissa on odotettavissa suuria jännitysvaihteluita on elementtiverkkoa tiheennettävä.

Tärkein laskennoissa tarvittava materiaaliominaisuus on kalliomassan muodonmuutoskerroin ( $E_M$ ). Homogeenisessa materiaalissa muodonmuutoskerroin ei vaikuta syntyviin jännityksiin, mutta siirtymät ovat kääntäen verrannollisia sen arvoon. Kalliomassiivi ei yleensä ole homogeeninen, vaan koostuu eri muodonmuutoskerroimen omaavista yksiköistä, jolloin syntyvät jännitykset riippuvat kivilajiyksiköiden muodonmuutoskerroimista.



Kuva 2. Elementtiverkon muodostaminen generoimalla.  
Fig. 2. Finite-element discretization.

Korkeassa puristusjännityksessä olevan vähärakoisien kalliion muodonmuutoskerroin on lähellä siitä irroitettua näyte-kappaleen kimmokerrointa. Alhaisessa jännitystilassa olevan tai rikkonaisen kalliion muodonmuutoskerroin on selvästi alhaisempi kuin siitä irroitettua kivilajin kimmokerroin. Rautuvaaran kaivoksella tehtyjen siirtymämittausten mukaan todellisen muodonmuutoskerroimen todettiin olleen vain n. 1/3 laskennoissa käytetystä, laboratoriomääritykseen perustuvasta arvosta.

Muodonmuutoskerroimen määrittämiseksi Goodman on esittänyt seuraavan yhtälön /5/:

$$E_M = \frac{1}{\frac{1}{E_a} + \frac{1}{t_a \times k_n}} \quad (1)$$

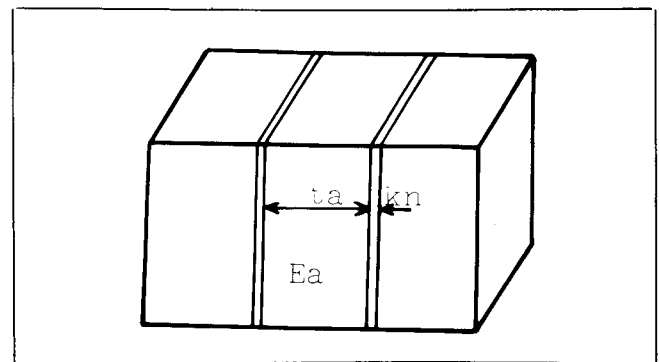
missä  $E_a$  = kivimateriaalin kimmokerroin,

$k_n$  = raon normaalijäykkyys,

$t_a$  = rakoväli.

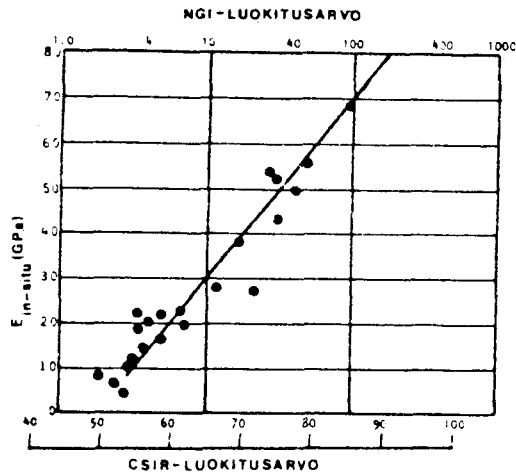
Kaava perustuu ajatukseen, jonka mukaan kallio muodostuu kivilohkoista ja niitä erottavista raoista (kuva 3).

Kaavassa (1) esiintyvä raon normaalijäykkyys on melko hankala määrittää ja saadut tulokset edustavat vain pientä osaa koko rakosysteemistä. Menetelmää on sovellettu Näsliden-projektin yhteydessä. Tällöin todettiin, että shear-box-kokeesta saatavat raon jäykkyysarvot johtavat alhaisiin muodonmuutoskerroin-arvoihin ja näin ollen epärealistisiin siirtymiin /6/.



Kuva 3. Kaavan 1 kuvaama materiaalmalli.  
Fig. 3 The material model in the formula 1.





**Kuva 4.** Muodonmuutoskerroimen ja kallioluokitusten välinen riippuvuus /7/.

**Fig. 4.** The relation between the modulus of deformation and the rock mass classification /7/.

Bieniawski on esittänyt eri kallioluokitusten ja kallion muodonmuutoskerroimen välisen yhteyden, joka on esitetty kuvassa 4 /7/.

Kotalahden kaivoksen Huuhtijärven malmion alueella tehdyn kallioluokituksen (NGI) mukaan sivukivi vastaa luokitusarvoa n. Q = 3. Tämän mukaan muodonmuutoskerroimeksi saadaan kuvan 9 perusteella  $E_m = 15$  GPa, mikä on varsin alhainen arvo.

Kalliomassan dynaaminen muodonmuutoskerroin voidaan määrittää kaavasta (2), jos seismisten P- ja S-aaltojen nopeudet sekä kallion ominaispainon tunnetaan.

$$E_{Md} = \frac{\rho \cdot V_s^2 \cdot \left(3\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 4\right)}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1} \quad (2)$$

missä  $E_{Md}$  = dynaaminen muodonmuutoskerroin (MPa),

$V_p$  = P-aallon vaihenopeus (m/s),

$V_s$  = S-aallon vaihenopeus (m/s),

$\rho$  = kallion ominaispaino (MN/m<sup>3</sup>).

Seismiset nopeudet voidaan määrittää esim. porareikäseismisesti /8/ tai vasaraseismisesti. Vasaraseisminen menetelmä on varsin yksinkertainen niin laitteiston kuin itse mittausmenettelyn osalta.

Vasaraseismissä menetelmässä aaltoenergia synnytetään suunnatuilla vasaraniskuilla kallioon. Vastanottimina käytetään horisontaaligeofoneja, joiden ominaisvärähtelytaajuus on 10 Hz. Rekisteröintiyksikkönä käytetään yksi- tai monikanavaisia seismografeja. Kaivostilojen lujuuslaskentaprojektin luotauksissa on käytetty yksikanavaista Bison-seismografia.

Geofonien kiinnitystä varten porataan tunnelin seinälle noin 5 m:n välein vaakasuorat reiät mittauslinjaa vastaan kohtisuorasti. Iskupaikka valitaan siten, että käytettävissä on sekä mittauslinjan suuntainen että sitä vastaan kohtisuorassa oleva kalliopinta. Sopiva mittauslinjan pituus on n. 30–100 m. P-aalto mitataan siten, että geofonien värähtelysuunta ja iskupulssin suunta ovat mittauslinjan suuntaisia. P-aalto saapuu geofoneihin ensimmäisenä ja on näin helposti tunnistettavissa.

S-aalto mitataan siten, että horisontaaligeofonien värähtelysuunta ja iskupulssin suunta ovat mittauslinjaa nähden kohtisuorassa. Ensimmäisenä aaltona geofoneihin saapuu tavallisesti heikko P-aalto, joka on seurausta aallon taipumisesta ja heijastumisesta rajapinnoilta (esim. raot). Seuraava aalto on voimakas S-aalto ennen mahdollista Raleigh-aaltoa.

P- ja S-aaltojen saapumisajat rekisteröidään vakiovaiheessa geofoneittain. Saapumisaikojen ja geofonietäisyyksien avulla konstruoidaan seismiset matka-aika-kuvaajat (kuva 5), joiden kulmakertoimina saadaan P- ja S-aaltojen vaihenopeudet. Kallion tiheysmääritykset on tehtävä esim. normaalina laboratoriomäärityksinä. Lasketut nopeudet ja tiheys sijoitetaan kaavaan (2) ja ratkaistaan  $E_m$ . Seuraavassa on joitakin esimerkkejä käytännön  $E_m$ -määrityksistä.

Kuva 5 esittää Kotalahden kaivosperässä tehdyn luotauksen matka-aika-kuvaajia. Luotauslinjan kulku yhtyy geologisen kulun ja suurimman pääjännityksen (n. 35 MPa) suuntaan. Muodonmuutoskerroimeksi saadaan hitaammalla kerroksella (kgn) 48 GPa ja nopeammalla kerroksella 86 GPa. Staattiseksi kimmokerroimeksi on laboratoriomäärityksissä saatu vastavasti 47 GPa kgn:lle (6 määritystä) ja 81 GPa afb:lle (9 määritystä).

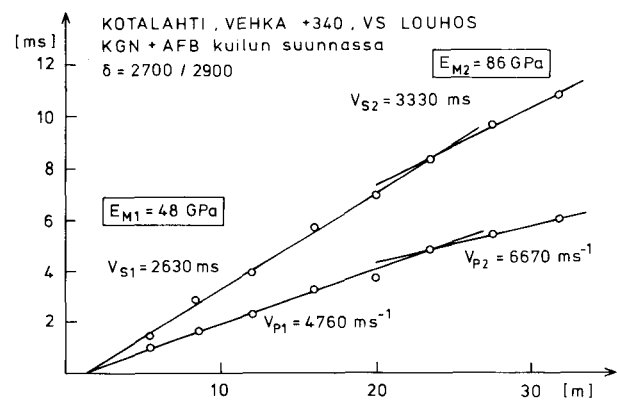
Kalliolla seismisten aaltojen nopeuteen ja siten myös  $E_m$ -arvoon vaikuttavat ainakin seuraavat tekijät /9/: kivilaji, tekstituuri, rakoilu, tiheys, huokoisuus, anisotropia, jännitys-tila, vesipitoisuus ja lämpötila.

Staattisissa laboratoriomäärityksissä monet näistä in-situ tekijöistä jäävät huomioon ottamatta.  $E_m$ :n staattiset in-situ määritykset taas ovat kalliita ja hitaita eikä näytekoossa näkään ole kuin murto-osa kalliomassasta. Suomessa ei staattisia in-situ määrityksiä ole tiettävästi tehty.

Dynaamisen in-situ määrityksen etuina ovat suuri näyteko-ko ja määrityksen nopeus.

Toinen laskennoissa tarvittava materiaaliparametri on Poisson-luku. Sillä ei ole kovin suurta vaikutusta sekundaarijännityksiin eikä siirtymiin. Ympyräpoikkileikkauksessa Poisson-luvun muuttuessa 0.1:stä 0.4:ään muuttuu suurin pääjännitys n. 5 %. Pienempään pääjännitykseen Poisson-luvulla on hie- man suurempi vaikutus, koska louhinnan aiheuttamat jännitysmuutokset kohdistuvat voimakkaimpina juuri pienempään pääjännitykseen /10/.

Elementtilaskennoissa voidaan käyttää Poisson-luvun arvo- na yksiakiaalisesta puristuskokeesta saatua arvoa tai arvoa 0.25 mittausarvon puuttuessa tekemättä merkittävää virhettä.



**Kuva 5.** Kotalahden kaivosperässä tehdyn refraktioluotauksen matka-aika-kuvaajat.

**Fig. 5.** The travel-time graph of a seismic refraction survey in Kotalahti mine.

Tärkeimmät rakelementin käyttäytymistä kuvaavat tekijät ovat: normaalijäykkyys, leikkausjäykkyys ja leikkauslujuus, joka määräytyy käytetyn murtokriteerin mukaan (esim. Mohr-Coulomb tai Ladanyi-Archambault).

Rakoparametrit määritetään yleensä laboratoriossa puristus- ja leikkauskokeilla. Kallistuspöytäkokeita voidaan myös käyttää raon leikkauslujuuden selvittämiseksi, jolloin näyteko on jonkin verran suurempi kuin shear-box-leikkauskokeessa.

Näslidenin kaivoksella tehtyjen määritysten mukaan jäykköysarvoille ( $k_n$  ja  $k_s$ ) saatiin seuraavat vaihtelurajat /11/:

$k_n$  : 10 — 40 MPa/mm,

$k_s$  : 0.11 — 0.98 MPa/mm.

Louhintatekniikan laboratoriossa suoritettujen rakopintojen leikkauskokeissa (Robertson-shear-box) on saatu seuraavat vaihtelurajat leikkauslujuuteen vaikuttaville kitkakulmal- le ja koheesiolle /12/:

$\phi$  : 15 — 40°,

C : 0 — 0.7 MPa.

Raon jäykkyyden pienentyessä jännitystilamuutokset kasvavat; normaali- ja leikkausjännitykset alenevat ja siirtymät kasvavat. Suurimman primäärijännityksen suuntainen jäykköyskomponentti vaikuttaa raon jännityksiin enemmän kuin pienimmän pääjännityksen suuntainen komponentti /10/.

Primäärijännitystilän suuruus ja suunta vaikuttavat merkittävästi kalliotilan ympärille syntyvään sekundääriseen jännitys-muodonmuutosjakautumaan. Veto- ja leikkausjännitysten muodostumiseen vaikuttaa suurimman ja pienimmän lähtöjännityksen suhde.

Laskennan kohteena oleva rakennemalli voidaan kuormittaa elementtilaskennoissa mm. seuraavilla tavoilla:

- alkujännitystila,
- ulkoiset painekuormat,
- kalliomassan oma paino,
- pistemäiset solmuvoimat,
- hitausvoimat (kiihtyvyyt).

Yleisimmin laskennoissa esiintyvät neljä ensimmäistä tapaa.

Kalliomekaaniset elementtilaskennat eroavat rakenteiden mekaniikassa esiintyvistä tehtävistä siten, että kalliossa vallitsee alkujännitystila (rakenne on kuormitettu alkutilassa), kun taas rakenteet ovat yleensä kuormittamattomia. Kalliotekniisiin laskentoihin käytettävän ohjelman tulisi kyetä huomioimaan alkujännitystila, jotta laskennan tuloksena saatavat siirtymät olisivat suoraan louhinnan aiheuttamia absoluuttisiirtymiä. Jos rakennemalli kuormitetaan alkujännitystilän aikaansaamiseksi esim. painekuormilla, on laskennan tuloksena saatavista siirtymistä vähennettävä painekuorman aiheuttamat siirtymät alkutilassa.

## TULOSTEN ESITTÄMINEN, JÄLKIKÄSITTELY

Elementtilaskennan tuloksena saadaan siirtymät solmupisteis- sä ja jännitykset elementtien integrointi- ja/tai keskipisteissä.

Siirtymät esitetään yleensä solmupisteistä lähtevinä vektoreina, joiden suunta ilmaisee siirtymän suunnan ja pituus siirtymän suuruuden. Toinen tapa esittää siirtymät on piirtää kuva elementtiverkosta, jonka solmupisteiden koordinaatteihin on lisätty siirtymät (deformoitunut verkko). Siirtymät voidaan piirtää sama-arvokäyrinä.

Pääjännitysvektorit piirretään elementtien keskipisteeseen siten, että vektoreiden suunnat ilmaisevat pääjännitysten suunnat ja vektoreiden pituudet vastaavasti jännitysten suuruudet. Melko havainnollinen esitystapa on jännitystulosten esittäminen sama-arvokäyrinä.

Jännitystulosten avulla voidaan kalliomassalle laskea varmuuskertoimet murtumista vastaan käyttäen erilaisia murtokriteerejä. Käytetyimmät kriteerit ovat Mohr-Coulombin ja Hoek-Brownin murtokriteerit.

Kuvassa 6 on esitetty Mohr-Coulombin kaksiosainen murtokriteeri.

Kriteeri ottaa huomioon sekä leikkaus- että vetomurtuman. Varmuuskertoimen lausekkeeksi saadaan

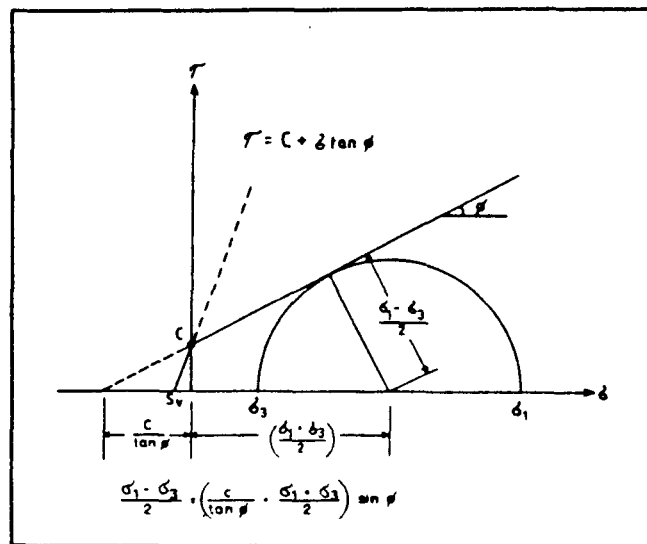
$$F = \frac{2C \cos \phi + (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \phi}{(\sigma_1 - \sigma_3)} \quad (3)$$

- missä C = kallion koheesio,  
 $\phi$  = kallion sisäinen kitkakulma,  
 $\sigma_1$  = suurempi pääjännitys,  
 $\sigma_3$  = pienempi pääjännitys.

Vetojännitykset huomioidaan olettamalla, että murtosuora kulkee pisteiden C ja  $S_v$  kautta, jolloin kulma  $d$  saa arvon:

$$\phi = \arctan \left( \frac{C}{S_v} \right) \quad (4)$$

missä  $S_v$  = kallion vetomurtolujuus. Materiaaliparametrien arvot (C,  $\phi$  ja  $S_v$ ) saadaan näytekappaleen koetuloksista.



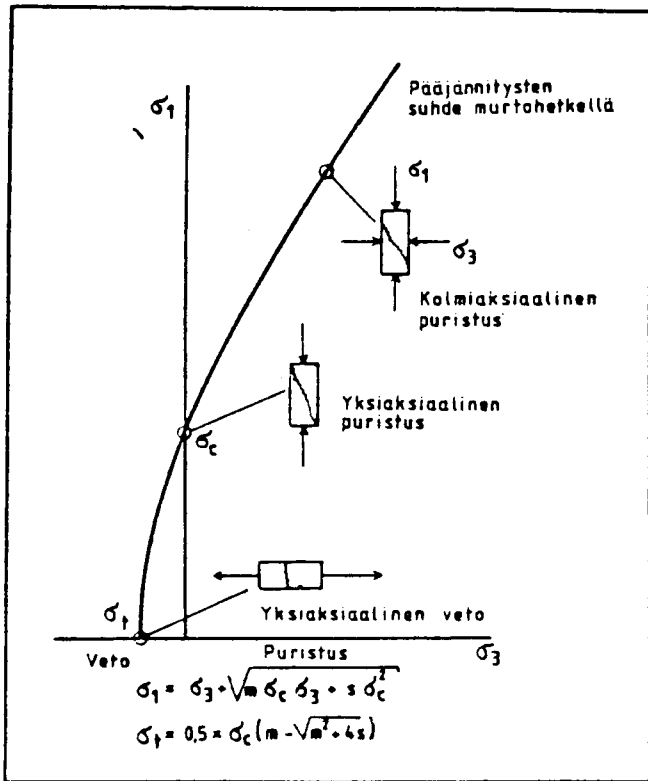
**Kuva 6.** Mohr-Coulombin kaksiosainen murtokriteeri /13/.  
**Fig. 6.** The Mohr-Coulomb failure criteria /13/.

Täysimittaisen kalliomassiivin käyttäytymistä rakeineen ovat tutkineet Hoek ja Brown. Tutkimusten tuloksena he ovat kehittäneet kokemukseräisen murtokriteerin, joka ottaa huomioon kalliomassiivin ominaisuudet joko NGI- tai CSIR-luokituksen mukaan. Kuvassa 7 on esitetty murtokriteerin mukainen pääjännityssuhde murtumahetkellä.

Varmuuskertoimelle saadaan kuvan 7 merkinnöistä lausekkeet:

$$F_s = (\sigma_3 + \sqrt{m \sigma_c \sigma_3 + s \sigma^2}) / \sigma_1 \quad \sigma_3 \geq 0, \quad (5)$$

$$F_t = 0.5 \times \sigma_c (m - \sqrt{m^2 + 4s}) / \sigma_3 \quad \sigma_3 < 0. \quad (6)$$

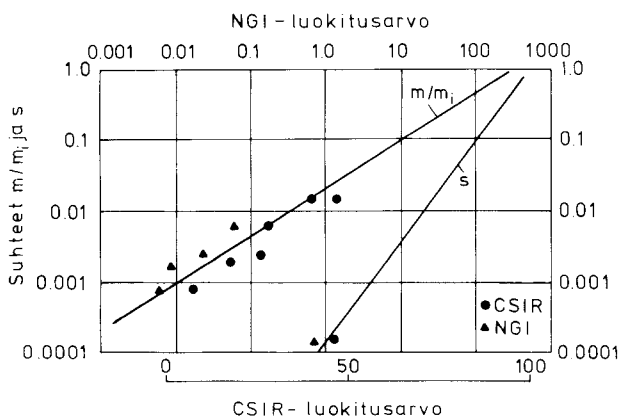


Kuva 7. Hoek & Brown murtokriteeri.  
Fig. 7. The Hoek-Brown failure criteria /14/.

Karkearakeiselle syväkivelle ovat Hoek ja Brown saaneet  $m_i = 25$ . Kun kallion laatu luokka tunnetaan, voidaan vakiot  $m$  ja  $s$  määrittää kuvasta 8, joka antaa karkean likiarvon ko. tekijöistä.

### ELEMENTTILASKENTOJEN HYVÄKSIKÄYTTÖ KAIVOSTILOJEN SUUNNITELUSSA

Elementtilaskennan tuloksia voidaan käyttää apuna mm. sortumien kannalta kriittisten alueiden paikantamiseen, vaijeripultituksen suunnitteluun, pilareiden mitoitukseen ja seuranta-



Kuva 8. Suhteet  $m/m_i$  ja  $s$  eri kallioluokitusarvojen funktiona /14/.  
Fig. 8. Plot of the ratio  $m/m_i$  and  $s$  against rock mass classification /14/.

tajärjestelmien suunnitteluun sekä tulosten tulkintaan. Elementtimenetelmät tarjoavat lisäksi käyttökelpoisen työkalun eri louhintavaihtoehtojen kalliomekaaniseen vertailuun.

Kaivostilojen pysyvyyden kannalta ovat kriittisiä louhinnan synnyttämät veto- ja leikkausjännitykset. Elementtilaskennan jännityskuvatuloksissa vetojännitykset on ilmaistu värillä ja vetoa osoittavalla muolenkärjellä. Leikkausjännityksen ylittäessä ennalta määrätyn rajan, tulostuu jännitysvektoreiden leikkauspisteeseen nelikulmio. Veto- ja leikkausalueiden pysyvyyttä voidaan parantaa mm. vaijeripultituksella.

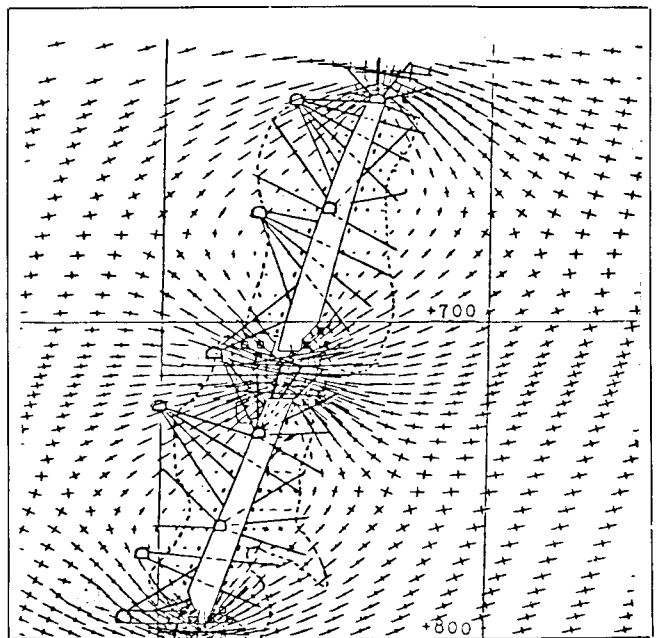
Elementtilaskentojen avulla voidaan veto- ja leikkausmuurumien kannalta kriittiset alueet paikallistaa sekä määrittää pultin toiminnan kannalta edullisin pultitusuunta. FEM-laskennoilla voidaan lisäksi laskea pultteihin kohdistuvat kuormat.

Pultit suunnataan likipitään kohtisuorasti suurinta sekundaarista pääjännitystä vastaan. Pultin pituuden määrää veto- tai leikkausalueen laajuus. Kuvassa 9 on esitetty FEM-laskennan tulos ja vastaava vaijeripultitus suunnitelma Kotalahden kaivoksella.

Pultteihin kohdistuvia kuormia voidaan tutkia yksidimensioiden pulttielementin avulla, jolloin elementille annetaan pultin materiaaliominaisuudet. Ohjelma tulostaa pultissa vallitsevat jännitykset ja kuormat. Tuloksista voidaan todeta esijännittykö pultti kallion muodonmuutosten seurauksena vai puristuuko se kasaan.

Pilareihin syntyvät jännitykset riippuvat lähtöjännitystilasta, pilarin muodosta sekä pilarin ja sitä ympäröivän kallion mahdollisesta jäykkyyserosta.

Pilarin varmuus särkymistä vastaan voidaan laskea pilarin keskimääräisen lujuuden ja pilarissa vallitsevan keskimääräi-



Kuva 9. FEM-laskenta ja vastaava vaijeripultitus suunnitelma. Katkoviivalla rajattu alue on vetoa, nelikulmiot jännitysvektoreiden keskellä ilmaisevat leikkausjännityksen ylittävän 50 MPa.

Fig. 9. FEM-calculation and a plan of preplaced cable bolting. The area contoured by dotted line is under tensile stresses.

sen jännitystilän suhteena. Pilarin keskimääräistä lujuutta voidaan arvioida eri jännitystiloissa esim. Hoek-Brown murtokriteeriä käyttäen. Pilarin keskimääräinen jännitystila voidaan laskea elementtimenetelmällä. Varmuuskerroin  $<1$  merkitsee, että pilari on teoreettisesti epästabiili ja että sortuma etenisi läpi koko pilarin johtaen pilarin täydelliseen hajoamiseen. Varmuuskerroin  $>1$  merkitsee, että pilari on stabiili. Pilarin pinnalla saattaa kuitenkin tapahtua särkymistä, joka voi, jos pilarin poikkipinta-ala pienenee merkittävästi, johtaa pilarin rikkoutumiseen. Vasta luokka 1.5 — 1.6 oleva varmuuskerroin on riittävä pysyviksi tarkoitetuissa pilareissa.

Pilarit voidaan myös mitoitaa arvioimalla sivukiven pilariin aiheuttama kuormitus-muodonmuutostila elementtilaskuilla ja tekemällä vastaavilla pilarin leveys-paksuus-suhteilla laboratorikokeet kiven täydellisen kuormitus-muodonmuutoskäyrien aikaansaamiseksi.

Elementtilaskentojen avulla voidaan asennetuille ekstenso-metreille laskea siirtymäennusteita. Tällöin on lineaarisesti elastisia malleja käytettäessä huomioitava, että laskennasta saatavat siirtymät ovat kimmoisia siirtymiä. Louhoksien reunaosat, joissa puristusjännitys louhinnan seurauksena laukeaa, käyttäytyvät kuitenkin epäelastisesti rakojen avautumisen seurauksena. Tästä syystä vetoalueelle asennettujen ekstenso-metrien todelliset siirtymät saattavat olla huomattavasti suuremmat kuin lasketut siirtymät.

## SUMMARY

### ELEMENT METHODS IN PLANNING OF MINE OPENINGS

A two and a half years project for applying element calculation technology to practical mine planning was started on the initiation of the Finnish mining industry in June 1980. The

project has been carried out in close cooperation between the Finnish mining industry and different state research institutes. The practical problems of the Rautavaara mine of Rautaruukki Oy and the Kotalahti mine of Outokumpu Oy formed the base material for this project.

During the project the computer programs based on element methods (FEM and BEM) were collected and developed. The methods for collecting input data for calculations was mapped out, too. Element methods have been utilized in dimensioning of pillars, planning of preplaced cable bolting, comparing extraction alternatives and planning of monitoring systems.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Salonen, E.-M.*, Elementtimenetelmä mekaniikassa. Luentomoniste. Otaniemi 1979.
2. *Desai, D.S., Christian, J.T.*, Numerical Methods in Geotechnical Engineering. McGraw-Hill, New York 1977.
3. *Orivuori, S.*, Elementtimenetelmä kalliomekaniikassa. Luentomoniste. Otaniemi 1982.
4. *Zienkiewicz, O.C.*, The Finite Element in Engineering Science. 2nd ed. McGraw-Hill, London 1971.
5. *Goodman, R.E.*, Methods of Geological Engineering. West Publishing Co, San Francisco.
6. *Stephanson, O.*, Conference on Applied Rock Mechanics to Cut-And-Fill Mining. Luleå June 1—3, 1980 Vol 2, pp 22—71.
7. *Bieniawski, Z.T.*, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Vol 15, pp 237—247, Pergamon Press Great Britain.
8. *Cosma, C.*, Kalliomekaniikan päivä 1982. Suomen Geoteknillinen yhdistys ry. Helsinki 1982.
9. *Lama, R.D., Vutukuri, V.S.*, Vol 2, Trans Tech. Publications, Clausthal, Germany.
10. *Kulhawy, F.H.*, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Vol 12, pp 43—57. Pergamon Press, Great Britain.
11. *Barton, N.*, Conference on Applied Rock Mechanics to Cut-And-Fill Mining. Luleå, June 1—3, 1980. Vol 2 pp 139—172.
12. *Äikäs, K.*, Kalliomekaniikan päivä 1982. Suomen Geoteknillinen yhdistys, Helsinki 1982.
13. *Halonen, O.*, Kalliomekaniikan päivä 1982. Suomen Geoteknillinen yhdistys ry., Helsinki 1982.
14. *Hoek, E., Brown, E.T.*, Underground Excavations in Rock. Institute of Mining and Metallurgy, London 1980.

## RAKEISEN MATERIAALIN JATKUVATOIMINEN KOSTEUDEN MITTAUS TUTKIMUSPROJEKTINA

Oulun yliopiston prosessitekniikan osastolla on toteutettu KTM:n ja kuuden vuoriteollisuusyhtiön rahoittamana 1.10.1979—31.12.1981 välisenä aikana rikasteiden kuivauksen automaatiota koskeva tutkimusprojekti (RIKU-projekti) vs. prof. Esa Jutilan ja prof. Paavo Urosen johdolla. Projektissa on kehitetty rumpukuivaimelle tietokonepohjainen ohjausjärjestelmä. Järjestelmän käytäntöön soveltamista rajoittaa kuitenkin usein luotettavan jatkuvatoimisen kosteusmittauksen puuttuminen.

Tämän vuoksi on 1.1.1983 käynnistetty Vuorimiesyhdistys r.y:n jäsenyritysten Kemira Oy:n, Oy Lohja Ab:n, Outokumpu Oy:n, Rautaruukki Oy:n ja Yhtyneet Paperitehtaat Oy Suomen Talkin kanssa tutkimus, jossa on tarkoituksena löytää oikea mittaustapa sovellutuskohtaisesti hihnakuljettimelta tapahtuvaan kosteusmittaukseen. Tutkittavina materiaaleina ovat NPK-lannoite, kuparirikaste, kvartsihiekkä, koksi ja talkki.

Tutkimuksen tavoitteena on testata markkinoilla olevia jatkuvatoimisia eri mittausten menetelmiin perustuvia kosteusanalyysaattoreita.

Tutkimuksen rahoittavat edellämainitut Vuorimiesyhdistys

r.y:n jäsenyritykset ja Oulun yliopisto. Projektin edistymistä seuraa valvontaryhmä, johon kuuluvat seuraavat yhtiöiden edustajat:

DI Jouko Järvi	Kemira Oy
DI Ilkka Roitto	Oy Lohja Ab
DI Jouko Kallioinen	Outokumpu Oy
TkL Matti Tolonen	Rautaruukki Oy
DI Erkki Kovalainen	Yhtyneet Paperitehtaat Oy
	Suomen Talkki

Lisätietoja projektista antavat:

Vastuullinen johtaja,	
Prof. Paavo Uronen	981-345411/2699
Proj. pääll. TkL Leena Yliniemi	981-345411/2701
Tutkija DI Lasse Pesonen	981-345411/2710

OULUN YLIOPISTO  
Prosessitekniikan osasto  
Linnanmaa  
90570 OULU 57

# Avolouhoksen seinämäkaltevuuden optimointi

DI Antti Öhberg, Teknillinen korkeakoulu, Louhintatekniikan laboratorio, Espoo

## JOHDANTO

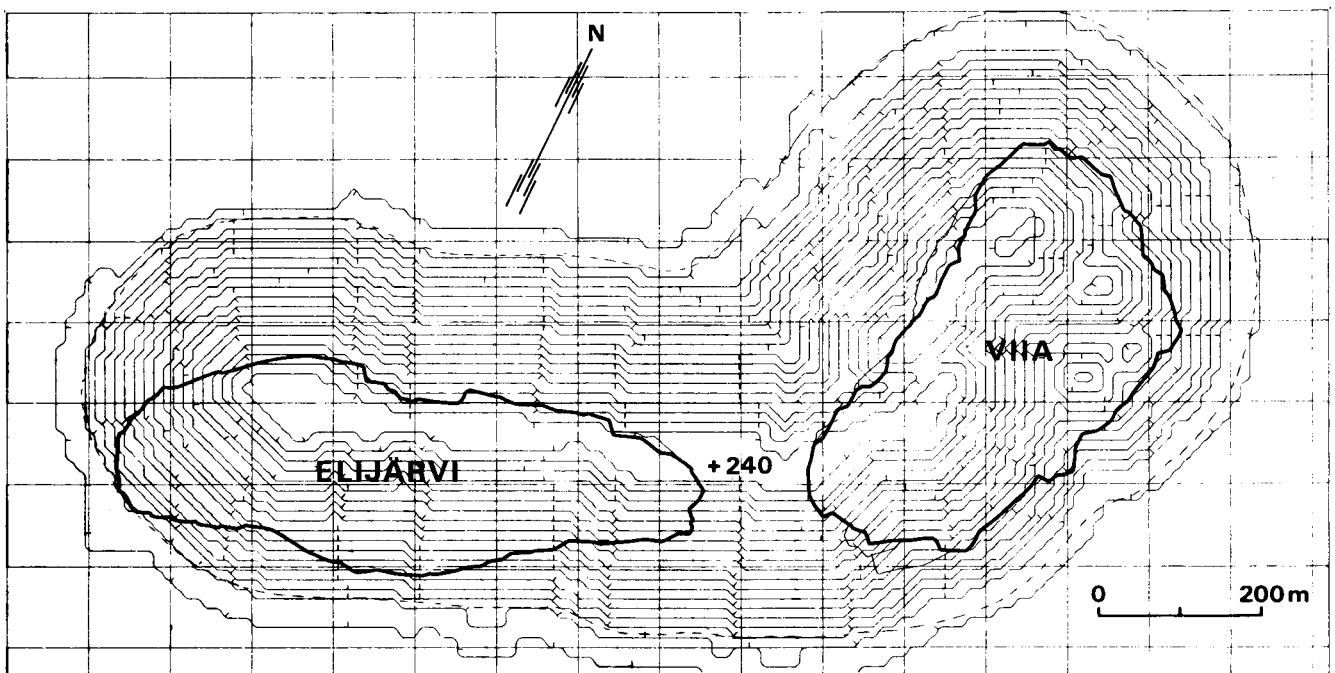
Avolouhinnan määrä suhteessa maanalaiseen louhintaan on lisääntymässä koko maailmassa. Samalla on havaittavissa, että avolouhosten keskimääräinen koko kasvaa. Avolouhosten seinämäkaltevuuksien huomioiminen on sitä tärkeämpää mitä suuremmasta louhoksesta on kysymys. Seinämäkaltevuuden optimoinnissa pyritään löytämään seinämälle se kaltevuus, jolla säästöjen ja kustannusten erotuksen nykyarvo on mahdollisimman suuri. Seinämäkaltevuuden määräämisessä loiventaminen merkitsee lisääntyvää sivukivilouhintaa so. lisääntyviä kustannuksia. Seinämäkaltevuuden jyrkentäminen lisää sortumariskiä, joka saattaa aiheuttaa myös kustannuksia, mikäli sortumia pääsee tapahtumaan tuotantoa häiritsevässä määrin. Turvallisuus on myös erittäin tärkeä tekijä suunnittelussa, sillä turvallisuusriskejä ei oteta. Optimoinnissa on ts. kysymys taloudellisesta optimoinnista, joka perustuu geotekniseen pysyvyydestarkasteluun. Seinämäkaltevuuden jyrkentämisellä on sivukivilouhinnan vähentymisen johdosta rahallisesti mitattuna suuri arvo. Suurimpien suomalaisten avolouhosten kohdalla puhutaan kymmenistä miljoonista markoista

louhoksen lopullisessa seinämässä astetta kohden. Seinämäkaltevuuden merkitys tulee näin ollen merkittäväksi rajamalmien kohdalla ja varsinkin tilanteissa, joissa se saattaa ratkaista koko esiintymän kannattavuuden.

Ongelmaa selvittämään perustettiin vuonna 1981 tutkimusprojekti, johon osallistuivat Kemira Oy, Outokumpu Oy, Oy Partek Ab ja Rautaruukki Oy. Kauppa- ja teollisuusministeriö osallistui projektin rahoitukseen. Projektin kohdekaivoksiksi valittiin Outokumpu Oy:n Kemin kaivos ja Oy Partek Ab:n Paraisten kaivos.

## KEMIN KAIVOS

Outokumpu Oy:n suunnitelmien mukaan Kemin kaivoksen kaksi avolouhosta Elijärvi ja Viia, tullaan yhdistämään. Näin syntyvän louhoksen päämitat ovat: pituus 1400 m, leveys 500 m ja syvyys 220 m (kuva 1). Louhimista riittää nykyisten suunnitelmien mukaan noin sadaksi vuodeksi. Vakavuusanalyysiä varten Elijärven ja Viian louhokset on jaettu suunnittelualuei-



**Kuva 1.** Kemin kaivoksen ATK-avolouhosoptimointi sekä kaivoksen nykyisten louhosten, Elijärvi ja Viia, ääriiviivat /3/.  
**Fig. 1.** The optimized layout of Kemi mine and the outlines of the two open pits, Elijärvi and Viia /3/.

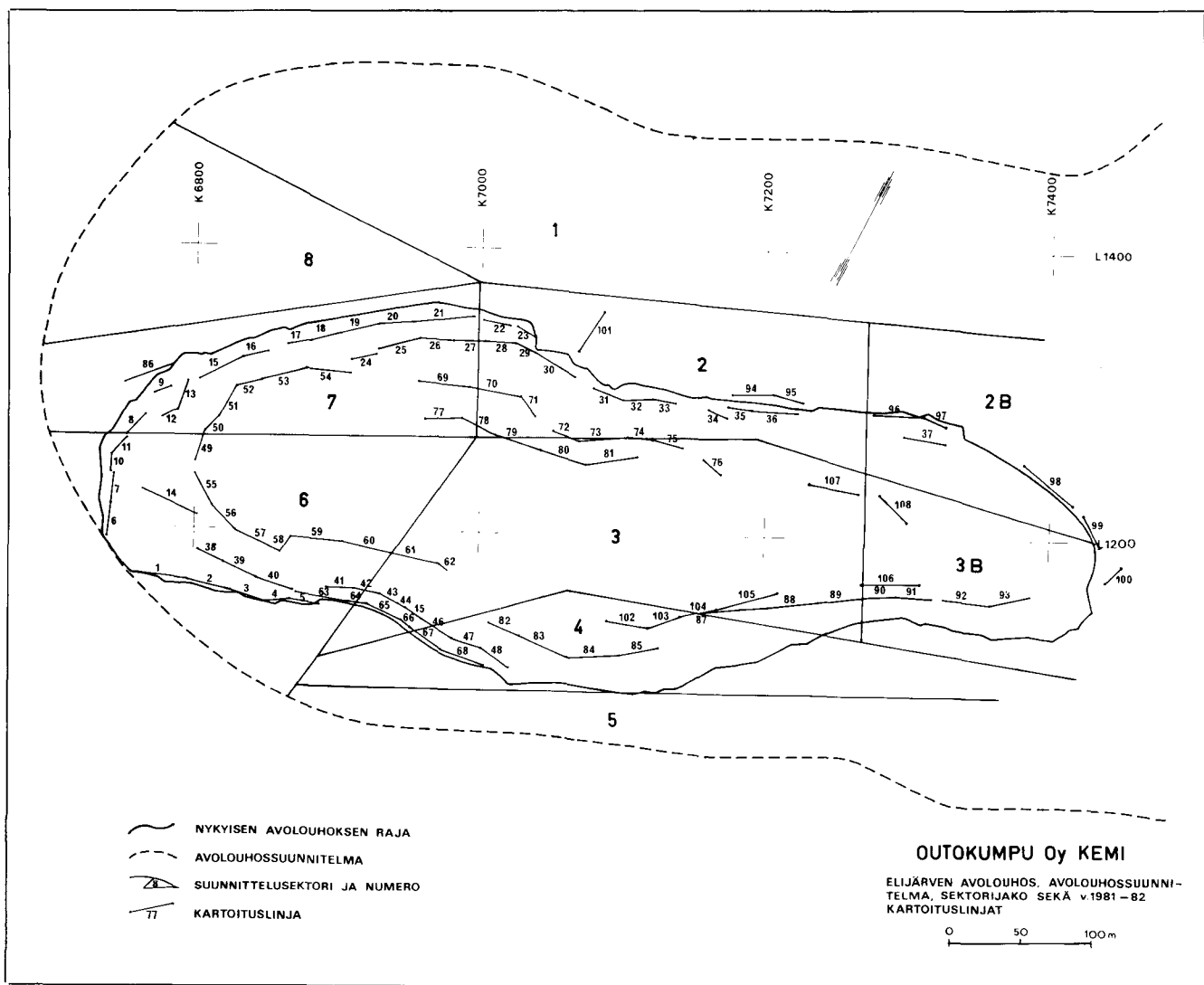
siin (kuva 2). Periaatteena suunnittelualueen valinnassa on, että sen tulee olla mahdollisimman homogeeninen rakoilun, kivilajin ja seinäasuunnan suhteen. Suunnittelualueisiin jako on välttämätön toimenpide, sillä louhoksen eri osissa seinämälähtävyydellä on oma optiminsa. Louhoksen lähellä sijaitsevat rakennukset asettavat erityisvaatimuksia seinämän pysyvyydelle. Seinämä, jonka vaikutuspiiriin rakennukset kuuluvat, käsitellään omana alueenaan.

## RAKOGOMETRIA

Pysyvyytarkasteluissa tärkein parametri on epäjatkuvuuksien (rako, ruhje, kerroksellisuus, juoni, kivilajikontakti, myloniitti) geometria. Geometrian suhde louhokseen, louhosseinämään, määrää kinemaattisesti mahdolliset sortumatyyppit. Suomi sijaitsee ns. "kovan kiven alueella", jossa itse kiviaines on useimmiten lujaa, minkä johdosta sortumat tapahtuvat olemassaolevia epäjatkuvuuksia pitkin. Rakogeometrian selvittämiseksi on tehtävä rakokartoitus. Käytetty menetelmä on ollut linjakartoitus, jossa epäjatkuvuudet sidotaan runkolinjo-

jen avulla. Runkolinjan pituus voi olla mielivaltainen, mutta yleensä on käytetty 30 m:n pituista linjaa. Runkolinjan alkupisteen koordinaatit mitataan (mittaus voidaan suorittaa jälkikäteen EDM-laitteistolla, jolloin kaikki halutut pisteet voidaan mitata suhteellisen lyhyessä ajassa), kuten myös linjan suunta ja viivakaade. Runkolinjaa koskevat tiedot rekisteröidään havaintolomakkeen (kuva 3) ylälaitaan. Kutakin runkolinjaa varten täytetään oma lomake. Kemissä kartoitettiin Elijärven louhoksessa (kuva 2). Kartoituksesta vastasi kaivoksen projektigeologi Krister Söderholm

Runkolinjaa leikkaavista epäjatkuvuuksista mitataan kulku, kaade ja etäisyys runkolinjan alkupisteestä. Myöhemmin tietokoneanalyysivaiheessa lasketaan kunkin epäjatkuvuuden koordinaatit näiden tietojen pohjalta. Mainittujen parametrien ohella suoritetaan havainnointi myös seuraavien parametrien osalta: kivilaji, kovuus, epäjatkuvuuden tyyppi, rakotäytteet, pituus, kosteus, leveys ja pinnan aaltomaisuus. Mainituilla tekijöillä on vaikutusta epäjatkuvuuden leikkauslujuuteen. Menetelmällä ei pyritä kartoittamaan kaikkia rako-pintoja, vaan tarkoituksena on selvittää louhoksessa esiintyvät rakoarjat. Ruhjeet ym. suuremmat epäjatkuvuudet tulee sitä vastoin kartoittaa mahdollisimman tarkkaan.



Kuva 2. Elijärven louhos, louhoksen suunnittelualueet (8 aluetta) ja kartoitetut runkolinjat /3/.  
Fig. 2. Elijärvi open pit, selection of design sectors and traverse lines /3/.



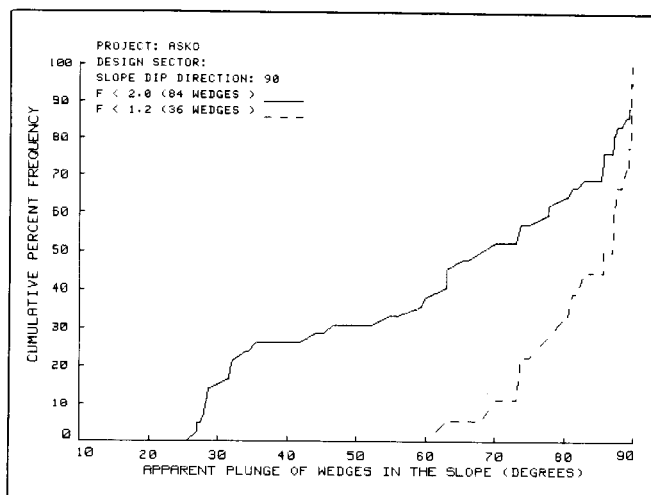
Alapalloprojektioiden ohella tilastollinen analyysi käsittelee lähtömateriaalin tulostaen epäjatkuvuksien jakauman neljän eri parametrin (kulun, kaateen, pituuden ja rakovälin) suhteen histogrammeina.

Geopl-n-ohjelma käsittää ns. nopean kiila-analyysin, jonka tarkoituksena on antaa karkea kokonaiskuva seinämän pysyvyydestä. Ohjelma käsittelee ainoastaan kiilasortuman. Koska kyseinen sortumatyyppi on yleisin (n. 90 % sortumista), niin voidaan olettaa tuloksen kertovan karkeasti seinämän pysyvyyden. Analyysi sisältää myös ne tasosortumatyyppiset (tasosortuma on kiilasortuman erkoistapaus) kiilat, joissa toinen kiilan sivuista toimii sortumapintana toisen toimiessa massan irroittajana. Geopl-n-ohjelma soveltuu käytettäväksi Geodat-ohjelman jälkeen, sillä osa analyysissä tarvittavasta tiedosta joudutaan poimimaan alapalloprojektiolta. Vaadittavat lähtötiedot ovat tarkennettuna: rakomaksimien/epäjatkuvuuden kulku ja kaade, koheesio, kitkakulma, suhteellinen esiintymisen, kiven ominaispaino, seinämän kulku ja kaade, sekä seinämän korkeus. Ohjelma käy läpi kaikki syötetyt pinnat (rakomaksimi/epäjatkuvuus) ja laskee varmuuskertoimen syntyville kiiloille. Ohjelma tulostaa myös sortumatason/tasot.

Kiila-analyysin tulos on saatavissa joko graafisena tai taulukkomuotoisena. Graafinen tulostus (kuva 6) kuvaa kumulatiivisesti kiiloja, jotka ovat kinemaattisesti mahdollisia. Tarkastelun kohteena ovat kiilat, joiden varmuuskerroin on <1,2 ja <2,0. Vaaka-akseli kuvaa kiilojen näennäiskaadetta seinämän suhteen ts. sitä seinämäkaltevuutta, jossa kiila tulee esiin seinämästä. Kokonaiskiilamäärä määräytyy tarkastelussa asetetun seinämäkaltevuuden mukaan, joka yleensä on asetettu 90 asteeksi. Kokonaiskiilamäärä voidaan lukea kuvan vasemmassa ylä laidasta.

Taulukkomuotoinen tulostus (kuva 7) kuvaa aivan samaa asiaa kuin kuva 6. Oleellisin ero on siinä, että taulukkomuotoisesta tulostuksesta voidaan lukea, mitkä tasot kiilan synnyttävät (vasen sarake) ja mikä on kulloinkin varmuuskerroin. Kiilat ovat listattuna loivimmasta seinämäkaateesta jyrkimpään. Taulukosta voidaan esimerkiksi lukea, millä kaltevuudella syntyy ensimmäinen kiila, jonka varmuuskerroin <1,0 (kiilan tulisi sortua) ja mitkä kaksi pintaa aikaansaavat ko. kiilan.

Geostb-ohjelmaa käytetään stabiliteettianalyysin hienosäätöön. Edellä kuvattu ohjelma antoi karkean kuvan seinämän



**Kuva 6.** Kinemaattisesti mahdolliset kiilasortumat kumulatiivisesti esitettynä näennäisen kiilakaateen funktiona kahdella eri varmuuskertoimella ( $f < 1,2$  ja  $f < 2,0$ ).

**Fig. 6.** Plot of cumulative percent frequency of kinematically possible wedges versus apparent plunge of wedges in the slope for wedges with a factor of safety less than 2,0 and 1,2.

Project:	Asko
Date:	4.8.1982
Design sector:	Viian rakomaks.
Design dip direction:	150
Slope dip:	90

Wedge	Intersect	App.	Num-	Fos	% <= 2.00	% <= 1.200
	Azi Plunge	pl.	ber			
4/13	137 02	02	5	53.045	0.0	0.0
5/6	157 05	05	6	52.283	0.0	0.0
4/12	135 06	06	4	12.468	0.0	0.0
7/14	172 07	08	4	9.972	0.0	0.0
12/13	143 12	12	3	15.517	0.0	0.0
3/11	123 14	16	3	13.628	0.0	0.0
6/12	149 16	16	4	3.993	0.0	0.0
6/13	148 19	19	5	4.482	0.0	0.0
5/12	153 19	19	4	3.965	0.0	0.0
9/16	228 05	23	3	15.036	0.0	0.0
5/13	151 24	24	5	4.449	0.0	0.0
1/10	080 09	25	3	8.802	0.0	0.0
7/12	163 25	26	4	2.546	0.0	0.0
8/14	188 22	27	3	3.480	0.0	0.0
4/11	127 26	28	4	4.957	0.0	0.0
7/13	158 32	32	5	2.463	0.0	0.0
8/12	182 34	38	3	1.729	2.4	0.0
6/11	131 37	39	4	2.272	2.4	0.0
2/10	083 23	47	5	6.031	2.4	0.0
8/13	173 46	48	4	1.481	5.6	0.0
3/4	115 43	49	5	6.943	5.6	0.0
5/7	141 49	49	6	4.124	5.6	0.0
7/11	139 51	52	4	1.451	8.7	0.0
5/11	139 52	52	4	1.979	11.9	0.0
3/6	113 49	55	5	2.426	11.9	0.0
9/15	219 31	59	3	3.252	11.9	0.0
4/6	107 52	60	6	3.600	11.9	0.0
9/14	215 37	61	3	1.768	14.3	0.0
9/12	214 39	62	3	1.353	16.7	0.0
8/11	150 62	62	3	1.002	19.0	4.3
9/13	200 57	67	4	1.008	22.2	10.0
6/10	096 55	68	5	1.169	26.2	17.1
12/14	221 39	68	2	2.168	26.2	17.1
4/10	098 57	68	5	1.382	30.2	17.1
3/7	104 62	70	5	1.594	34.1	17.1
9/11	167 70	71	3	.758	36.5	21.4
3/10	103 63	71	4	1.496	39.7	21.4
7/10	103 63	71	5	.955	43.7	28.6
5/8	113 68	71	5	1.584	47.6	28.6
8/10	112 68	72	4	.821	50.8	34.3
8/9	108 68	73	4	.857	54.0	40.0
5/9	114 70	74	5	.736	57.9	47.1
5/10	114 70	74	5	1.014	61.9	54.3
9/10	114 70	74	4	.549	65.1	60.0
12/15	226 39	74	2	1.571	66.7	60.0
3/9	099 66	74	4	.724	69.8	65.7
7/9	092 63	75	5	.847	73.8	72.9
4/9	088 62	76	5	.792	77.8	80.0
3/8	096 68	77	4	.890	81.0	85.7
6/9	081 57	77	5	.893	84.9	92.9
14/15	229 42	78	2	4.574	84.9	92.9
4/7	082 63	79	6	1.716	89.7	92.9
10/11	206 74	81	3	1.314	92.1	92.9
2/9	069 44	81	5	.968	96.0	100.0
4/8	075 65	83	5	1.721	100.0	100.0
3/5	075 75	86	5	7.623	100.0	100.0
7/8	064 62	88	5	11.038	100.0	100.0
10/13	237 59	89	4	4.861	100.0	100.0

TOTAL WEDGES  $F < 2.0 = 126$

TOTAL WEDGES  $F < 1.2 = 70$

**Kuva 7.** Taulukkomuotoinen tulostus kinemaattisesti mahdollisista kiilasortumista kasvavan seinämäkaateen mukaan. Ääriarvemmalla oleva sarake ilmoittaa kiilan muodostavat pinnat.

**Fig. 7.** Tabular output of kinematically possible wedge failures in sequence of growing slope angle. The column far left gives the two planes that form the wedge.



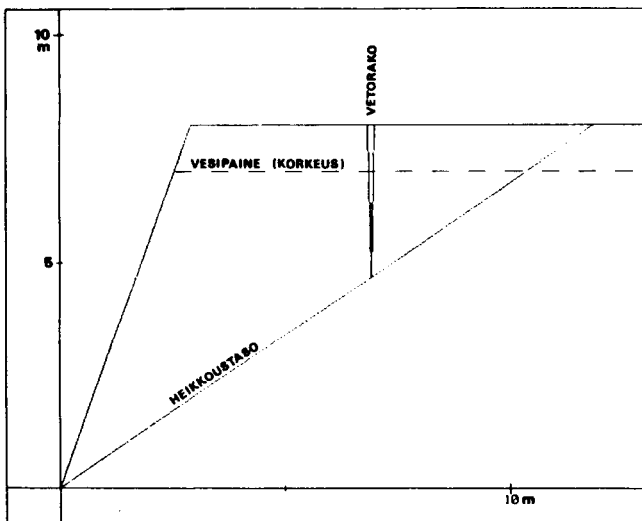
SORTUMATYYPPI	KIILASORTUMA	TASOSORTUMA	KAATUMASORTUMA
PARAMETRI	heikkoustason 1	seinämäkorkeus	seinämäkorkeus
	— kulku	seinämäkaltevuus	seinämäkaltevuus (Th)
	— kaade	heikkouspinnan kaade (B)	heikkoustason kaade (B)
	heikkoustason 2	näennäinen kaade-ero (B-BE)	pystyrakoilun kaade (A)
	— kulku	vetoraon etäisyys	pystyrakojen väli (Dx)
	— kaade	seinämäharjanteesta (Tc)	vedenpinnan korkeus
	maakerrosluiskan	vedenpinnan korkeus	sortumapinnan (pystyrako)
	— kulku	vedenpaine kerroin (Dw)	kitkakulma
	— kaade	koheesio	kiven ominaispaino
	seinämän	heikkouspinnan kitkakulma (Ph)	
	— kulku	kiven ominaispaino	
	— kaade	ankkurivoima (Fa)	
	vetoraon etäisyys	ankkurivoiman suunta	
	seinämäharjanteesta	dynaaminen voimaefekti	
	veden tiheys	varmuuskerroin	
	heikkoustason 1		
	— koheesio		
	— kitkakulma		
	heikkoustason 2		
	— koheesio		
	— kitkakulma		
kiven ominaispaino			
ankkurivoima			
ankkurivoiman			
— suunta			
— kallistus			
dynaaminen voimaefekti			

**Kuva 8.** Geostb-ohjelman vaatimat lähtötiedot sortumatyypeittäin  
**Fig. 8** Input data for different failure modes needed in analysis

pysyvyydestä, kun taas Geostb-ohjelmalla analysoidaan yksittäiset tapaukset, yleensä kriittiset alueet. Tarkempi analyysi on mahdollista huomioimalla useampi parametri kuin edellisessä ohjelmassa. Geostb mahdollistaa kiilasortuman lisäksi myös taso- ja kaatumasortumatapausten tarkastelun. Kuvassa 8 on luetteloitu tarvittavat lähtöparametrit sortumatyypeittäin. Kiilasortuma-analyysissä tulostuksena on varmuuskerroin ja sortumapinta/pinnat (kiila sortuu joko toista kylkeä pitkin tai molempia).

Tasosortuma-analyysissä tarkastellaan tapauksia, joissa potentiaalinen sortumapinta sijaitsee seinämään nähden saman-

tai lähes samansuuntaisena. Potentiaaliset sortumapinnat voidaan havaita stereografisesta projektioista, johon ei tässä yhteydessä suututa. Tasosortuma-analyysi käsittää myös ns. porrassortuman analysointimahdollisuuden. Kuva 9 esittää yksittäistä analysoitavaa tapausta. Varmuuskerroin voidaan antaa myös lähtötietona. Tällöin saadaan tulostuksena ko. varmuuskerrointa vastaava ankkurointivoima, jolla varmuuskerroin saavutetaan. Dynaaminen voimaefekti annetaan gravitaatiokiikhtyvyyden (G) kertoimena. Kuva 10 esittää tasosortuma-analyysin tulostustavan.



**Kuva 9.** Geostb-ohjelman piirtämä kuva analysoidavasta tasosortumatapauksesta /3/.

**Fig. 9.** Plot of a plain failure case with the failure plain, water table and tension crack /3/.

GEOSTB - PLANE FAILURE STABILITY ANALYSIS								
NUMERICAL DATA ANALYSIS								
Th	B	Tc	Vesi- paine Dw	Koheesio Cc	Kitka- kulma C	Ankkurointi- voima Fa	Varmuus- kerroin FOS	
70.0	34.0	4.0	.10	34.0	0.30	0.	.600	} Sortuu
70.0	34.0	4.0	.10	34.0	0.35	0.	.834	
70.0	34.0	4.0	.10	34.0	0.40	0.	1.000	
70.0	34.0	4.0	.10	34.0	0.45	0.	1.192	
70.0	34.0	4.0	.20	34.0	0.30	0.	.500	
70.0	34.0	4.0	.20	34.0	0.35	0.	.704	
70.0	34.0	4.0	.20	34.0	0.40	0.	.843	
70.0	34.0	4.0	.20	34.0	0.45	0.	1.005	
70.0	34.0	4.0	.30	34.0	0.30	0.	.472	
70.0	34.0	4.0	.30	34.0	0.35	0.	.573	
70.0	34.0	4.0	.30	34.0	0.40	0.	.606	
70.0	34.0	4.0	.30	34.0	0.45	0.	.810	
70.0	34.0	4.0	.40	34.0	0.30	0.	.365	
70.0	34.0	4.0	.40	34.0	0.35	0.	.442	
70.0	34.0	4.0	.40	34.0	0.40	0.	.530	
70.0	34.0	4.0	.40	34.0	0.45	0.	.631	

**Kuva 10.** Geostb-ohjelman tulostusformaatti /3/.

**Fig. 10.** Output format of Geostb program. FOS stands for factor of safety, Fa for anchor force, Ph for angle of friction, C for cohesion, Dw for water pressure doefficient /3/.

Kaatumasortuman (toppling) aikaansaavat seinämän kansa samansuuntaiset rakosarjat (kuva 11). Näiden lisäksi saat-  
taa esiintyä myös liukupintoja tasosortuman tapaan. Jotta sei-  
nämänsuuntaiset raot aiheuttaisivat kaatumasortuman, tulee  
niiden olla jyrkästi louhokseen päin kaatuvia. Sortumatyyppi  
on luonteeltaan hidas, mutta se saattaa käsittää suuren mas-  
san. Tarvittavat lähtöparametrit on lueteltu kuvassa 8. Herk-  
kyysanalyysiä varten voidaan joillekin parametreille antaa  
lähtötietona useita arvoja tietyllä askelmavälillä. Analyysissä  
tulee kaikki kombinaatiot tarkasteltua. Tulostus on alla esite-  
tyssä muodossa. Lyhenteet viittavat kuvan 8 parametreihin.

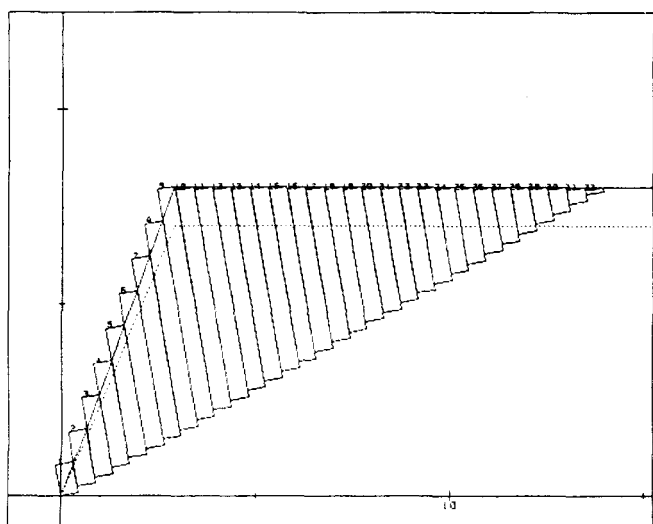
Th B A Dx P<sub>n</sub>(kN/m) condition at toe  
70.0 30.0 80.0 .473 694. toppling

Tulostuksessa sarake "P<sub>n</sub>" viittaa voimaan, jolla epästabiili  
tapaus voitaisiin stabiloida.

Geosum-ohjelma kuuluu muihin edellä kuvattuihin ohjel-  
miin hyvin irrallisena. Ohjelma tarkastelee parametrejä ku-  
mulatiivisen summa-analyysin avulla. Tarkasteltava parametri  
voi olla mielivaltainen, kunhan havainnot on tehty ajan tai  
paikan suhteen. Kuvassa 12 on tehty analyysi kairareistä  
RQD:n suhteen. Analyysin mukaan tapahtuu 14. havaintopis-  
teen kohdalla trendin kääntymisen positiiviseen suuntaan.  
Vastaavanlainen analyysi on tehty mm. rakosuuntien trendin-  
omaisesta kääntymisestä. Viian louhoksessa voidaan analy-  
ysin perusteella sanoa erään päärajoitus suunnan kääntyvän tie-  
tyssä pisteessä, mikä on voitu todeta myös paikan päällä. Oh-  
jelma soveltuu rakojen suhteen homogeenisten alueiden raja-  
jaamiseen (vrt! suunnittelualueisiin jakaminen), keskiarvojen  
määrittämiseen ja ominaisuuksien arvioimiseen alueilta, joilta  
ei tietoa ole saatavissa.

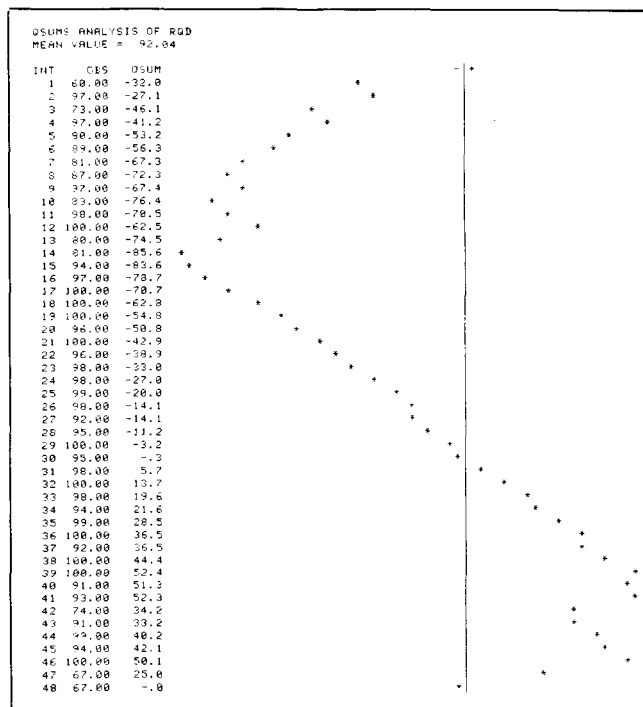
**YHTEENVETO**

Avolouhoksen seinämäkaltevuuden määräämisestä on tulossa  
yhä tärkeämpi vaihe avolouhossuunnittelussa louhosten mää-  
rän ja koon kasvaessa. Joissakin tapuksissa seinämäkaltevuus  
voi ratkaista koko kaivoksen kannattavuuden. Seinämäkalte-  
vuuden määrääminen on kaksiosainen tehtävä. Ensimmäinen  
vaihe käsittää geoteknillisen seinämästabiliteettianalyysin ja



**Kuva 11.** Geostb-ohjelman piirtämä kuva analysoidavasta  
kaatumasortumatapauksesta. Katkoviiva kuvaa pohjaveden  
pintaa.

**Fig. 11.** Plot of a toppling failure case. The dotted line repre-  
sents water table.



**Kuva 12.** Kumulatiivisen summa-analyysin avulla on tarkas-  
teltu RQD:n muuttumista paikan funktiona. Kuvassa tapah-  
tuu trendin selvä kääntymisen havainnon 14 kohdalla.

**Fig. 12** Cumulative sums analysis has been used charac-  
terize the behaviour of RQD in relation to the mean value. Around  
observation number 14 there is a definitive change towards  
better rock quality.

toinen vaihe taloudellisen optimoinnin. Tässä artikkelissa on  
kuvattu menetelmää, joka perustuu pääasiallisesti Hoek &  
Brayn /1/ esittämään teoriaan ja josta kanadalainen Geomin  
Computer Service Corporation on tehnyt pöytätietokonee-  
seen soveltuvan tietokoneohjelmaketin. Menetelmä perus-  
tuu rakokartoitukseen ja rakojen leikkauslujuusominaisuuksii-  
siin, jotka analysoidaan pöytätietokoeeseen soveltuvilla ohjel-  
millä. Taloudellista optimointia tutkitaan parhaillaan.

**SUMMARY**

**SLOPE ANGLE OPTIMUM IN AN OPEN PIT**

The analysis of slope angles in open pits is becoming more and  
more important of a stage in mine planning due to the growing  
trend of open pit sizes. In some cases slope angles may even  
be crucial for the feasibility of a mine. The first step to  
optimize a slope angle is slope stability analysis. This article  
confines only into this particular field of interest. The next  
step is economical optimizing. The method described here is  
to a great deal based on the deterministic concepts. The pro-  
grams are made by Geomin Computer Services Corporation  
from Canada. The program package used here comprises four  
different programs. Economical optimizing is still under  
research stage.

**KIRJALLISUUS — REFERENCES**

1. Hoek E. and Bray J.W., Rock Slope Engineering. The Institution  
on Mining and Metallurgy. London, 1981.
2. Rantakunnas M., Helsinki 1980. Teknillinen korkeakoulu. Tut-  
kintotehtävä.
3. Söderholm K. and Lappalainen P., Kalliomekaniikan päivä  
17.11.1982. Suomen geoteknillinen yhdistys ry.
4. Öhberg A., Kalliomekaniikan päivä 17.11.1982. Suomen geo-  
teknillinen yhdistys ry.

# PRECON—Uusi menetelmä malmin esirikastukseen

Dipl.ins. Kalervo Lahtela, Outokumpu Oy, Teknillinen vieni, Espoo

## TIIVISTELMÄ

Maailman malmireserveistä suuri osa koostuu esiintymistä, joiden alhainen metallipitoisuus tai pieni koko yhdessä syrjäisen sijainnin kanssa ei anna mahdollisuuksia taloudellisesti kannattavaan kaivostoimintaan. Eräs tapa saada toiminta kannattavaksi on alentaa malmin käsittelykustannuksia tehokkaan raakunpoistomenetelmän avulla, jolloin tällä tavalla esirikastettu malmi kestää siihen kohdistuvat jatkokustannukset.

Outokumpu Oy on kehittänyt esirikastusmenetelmän, jossa malmi mitataan kivi kiveltä ensimmäisen murskausvaiheen jälkeen, ja tuloksen perusteella kivi lajitellaan joko malmin tai raakun joukkoon. Mittausmenetelmä on erittäin nopea, sekunnissa pystytään käsittelemään 10—20 malmikiveä kiven koosta riippuen. Lajittelukynnys on vapaasti käyttäjän valittavissa, ja sen muuttaminen tapahtuu yhdellä napin painalluksella.

## JOHDANTO

Outokumpu Oy:n Fysiikan laitos, jonka kehittämät prosessi-analysaattorit Courier ja Minexan ovat tuttuja ja tunnustettuja tuotteita kaikkialla maailmassa, on kehittänyt uudentyyppisen analyysimenetelmän, joka erittäin nopeasti pystyy mittaamaan malmikiven raskasainepitoisuuden. Menetelmä — nimeltään PRECON — soveltuu erinomaisesti malmin esirikastamiseen siinä vaiheessa, kun malmi on murskattu sopivaan kappalekokoon.

PRECONin mittausmenetelmä perustuu radioaktiivisen säteilyn hyväksikäyttöön siten, että mitattavaa kiveä säteilytetään kahdella erityyppisellä säteilylähteellä ja kivistä takaisin heijastuva säteily mitataan. Näiden kahden mittaustuloksen perusteella pystytään päättelemään, mikä on kiven raskasainepitoisuus.

Koska mittauksessa käytetty radioaktiivinen säteily tunkeutuu kiven sisään noin 5—8 mm syvyyteen, ei kiven pinnalla oleva lika- tms. kerros häiritse mittauksen suorittamista. Kivien pesun tarpeettomuus on selvä etu toimittaessa arktisilla alueilla tai seudulla, missä vettä ei ole saatavissa.

PRECON-mittausmenetelmä on tehokkaimmillaan silloin, kun malmi- ja raakkukivien välillä on kohtalaisen selvä ero metallipitoisuudessa. Tyypillisesti tällaisia ovat Outokummun kompaktit kuparikiisumalmiot ja juonimaiset, kapeat esiintymät, joita louhittaessa yleensä tapahtuu voimakasta raakulaimennusta.

Parhaat rikastustulokset on saatu malmeille, jotka sisältävät kromia, rautaa, kobolttia, nikkeliä, kuparia tai sinkkiä. Raskaammilla metalleilla analyysimenetelmän tarkkuus huononee jonkin verran, ja tämän takia onkin parastaikaa kehittää toinen rinnakkainen menetelmä, jolla päästään mittaamaan myös raskaat metallit tinasta ylöspäin.

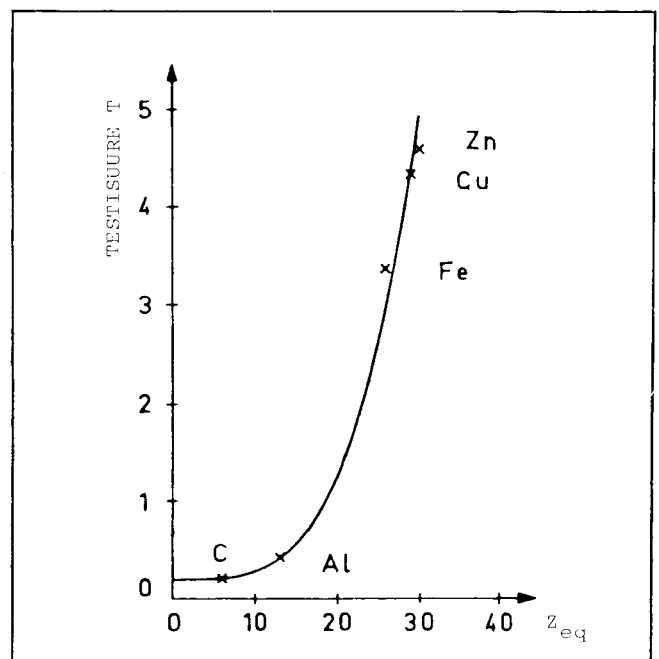
## ANALYYSIMENETELMÄ

Kuten edellä todettiin, tapahtuu malmikiven raskasainepitoisuuden mittaaminen kivistä heijastuvan säteilyn avulla. Menetelmää kutsutaan gammasironta-analyysiksi, ja sen suurin etu on erittäin lyhyt mittausaika, joka lyhimmillään on vain noin 20 millisekuntia.

Mittaukseen käytettävistä säteilylähteistä toinen on valittu siten, että kivistä siroavan (heijastuvan) säteilyn intensiteetti riippuu kiven massasta, mutta ei sen pitoisuudesta. Toinen säteilylähteeseen on valittu niin, että siroavan säteilyn intensiteetti on kääntäen verrannollinen kiven massa- ja keskimääräiseen atomipainoon. Näiden kahden sirontaintensiteetin suhde on siten verrannollinen kiven keskimääräiseen atomipainoon, mutta ei riipu kiven massasta.

Käsite ”keskimääräinen atomipaino” tarkoittaa tässä yhteydessä keskiarvoa, jonka komponentit on painotettu kukin omalla painoarvolla. Mitä raskaampi alkuaine on kysymyksessä, sitä suurempi on sen painoarvo. Näin ollen gammasironta-analyysissä raskaiden alkuaineiden osuus korostuu huomattavasti, millä on edullinen vaikutus mittaustuloksen tarkuuteen.

Kuvassa 1 on esitetty testisuure T eräille puhtaille alkuaineille. Kuten havaitaan, vastaavat kokeelliset ja teoreettiset tulokset hyvin toisiaan.



Kuva 1. Testisuuren T käyttäytyminen alkuaineen järjestyslukuluvun funktiona.

Fig. 1. The behaviour of test value T as a function of atomic number.

Testisuurelle T voidaan laskea likiarvo kaavasta

$$T \approx \sum P_i Z_i^{3.5}$$

missä

$P_i$  = alkuaineen i paino-osuus,

$Z_i$  = alkuaineen i järjestysluku.

Käytännössä kiven mittaus tapahtuu kuvassa 2 esitetyllä tavalla. Kivet jonoutetaan ennen mittausta, joka tapahtuu kiven ollessa vapaassa putousliikkeessä. Mittaushetkellä kivi liikkuu noin 4 metrin sekuntinopeudella alaspäin. Mittauksessa käytetään kahta säteilylähdeparia, koska näin saadaan suurin osa kiven pinnasta "valaistuksi" ja tilastolliset mittausvirheet pienemmiksi.

Mittauksessa kummankin säteilytyypin ilmaisimissa synnyttämät pulssit lasketaan erikseen ja lukumäärätiedot talletetaan analyyttorin muistiin. Kun kivi poistuu mittausalueelta, mittaus päättyy ja analyyttorin mikroprosessoriyksikkö laskee kivelle sen testisuureen T. Tätä verrataan analyyttorin muistiin syötettyyn vertailuarvoon ja tuloksesta riippuen kivi luokitellaan joko malmiksi tai raakuksi.

## ANALYYSIN TILASTOLLISET OMINAISUUDET

Mittaustuloksen tarkkuuteen vaikuttavat monet tekijät. Näistä tärkein on mitattujen pulssien määrässä tapahtuva tilastollinen hajonta, mikä johtuu lyhyestä mittausajasta. Tyypillinen pulssitaajuus on luokkaa  $10^5$  kpl/s, joten 30 millisekunnissa — mikä on keskimääräinen mittausaika — rekisteröity analyyttorin muistiin noin 3000 pulssia. Näistä noin 1000 pulssia

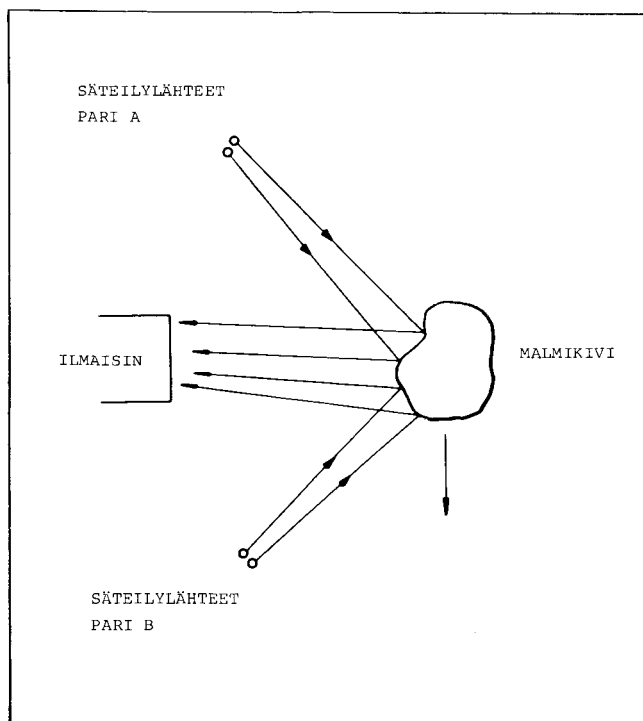
rekisteröityy sekä ylempään että alempaan mittauskanavaan. Jos pulssimääriä merkitään kirjaimilla  $N_1$  ja  $N_2$ , niin testisuuren T tilastolliseksi hajonnaksi saadaan

$$\frac{\delta T}{T} = \frac{\sqrt{N_1 + N_2}}{N_2}$$

Jos nyt  $N_1 = N_2 = 10000$ , niin hajonnaksi saadaan 4,5 %. Lisähajontaa syntyy jonkin verran kiven liikeradan muutoksista, mikä näkyy pienenä pulssimäärien muutoksena.

Jos malmikiven metallipitoisuusjakautuma on tunnettu, voidaan mittaushajonnan vaikutus lopputulokseen laskea helposti. Paras tulos saadaan tapauksissa, joissa raaku- ja malmikivet eroavat selvästi toisistaan. Tällaisessa tapauksessa mittaushajonnalla ei ole käytännöllisesti katsoen mitään merkitystä, koska vertailuarvoa lähellä olevia tuloksia ei synny mittauksessa. Kun metallipitoisuus muuttuu vähitellen ilman selvää rajaa, on tilanne hieman monimutkaisempi. Vääriä mittaustuloksia on tällöin odotettavissa vertailuarvon molemmin puolin. Toisaalta tällaisten, vertailuarvoa lähellä olevien kiven vaikutus erotustulokseen on talouden kannalta plus miinus nolla. Syynä tähän on se, että vertailuarvoa vastaavasta kivistä saatava tuotto on yhtä suuri kuin sen aiheuttamat rikastuskustannukset.

Taloudellisenä tuloksena mitaten PRECONin tarkkuus on siten selvästi parempi kuin 5 %, vaikka itse analyysin tarkkuus onkin tätä suuruusluokkaa.



Kuva 2. Kiven mittaus tapahtuu vapaan putousliikkeen aikana.

Fig. 2. Each lump is measured during free fall.

## PILOT-LAITOS

Outokummun Pyhäsalmen kaivokselle rakennettiin v. 1981 pilot-laitos, jonka kapasiteetti vastaa teollisuusmittakaavasta, yksilinjaisista esirikastuslaitosta. Pilot-laitosta on käytetty sekä analyysimenetelmän testaamiseen että isojen näyte-erien esirikastamiseen. Mitään erityisempiä toimintahäiriöitä ei ole esiintynyt, kuluvien osien vaihdosta aiheutuneita seisokkeja lukuunottamatta.

Pilot-laitoksen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 3. Malmikivet syötetään tasaussuppilon kautta tärysytimelle ja siitä edelleen poikkileikkaukseltaan V-kirjaimen muotoiselle hihnalle, jota tärytetään epäkeskeisillä rullilla. Näin kivet saadaan tasaiseksi jonoksi ennen kuin ne pääsevät putoamaan analyyttorin ohitse.

Raakun (tai vaihtoehtoisesti malmin) poikkeutus tapahtuu paineilmalla. Paineisku synnytetään nopeatoimisilla venttiileillä, joita ohjataan kiven suuruuden ja mittaustuloksen perusteella. Paineilmaventtiilit ovat osaksi Outokummun oman tuotekehityksen tulosta, koska riittävän nopeita valmiita venttiileitä ei ole ollut saatavana. Venttiilien kehitys on tapahtunut yhtiön Metallurgisessa tutkimuslaitoksessa Porissa.

Pilot-laitoksen kapasiteetti on noin 10 tonnia tunnissa ja se kykenee käsittelemään malmikiviä, joiden koko on 50—100 mm (kuva 4).



# Volvo BM:n ihmekone: -Sitä ei pysäytä mikään!



**V**olvo BM -dumpperit kulkevat kaikkein hankalimmassakin maastossa. Kulkyvyyltään ja toimintavarmuudeltaan ne ovat lyömättömiä. Tai kuten eräs Volvo BM -dumpperien omistaja sen ilmaisi: "Ne eivät pysähdy koskaan! Ne kulkevat ja kulkevat ja kulkevat."



# EI OLE SUINKA ETTÄ ENITEN OSTETTU OVAT JUURI VOLVO



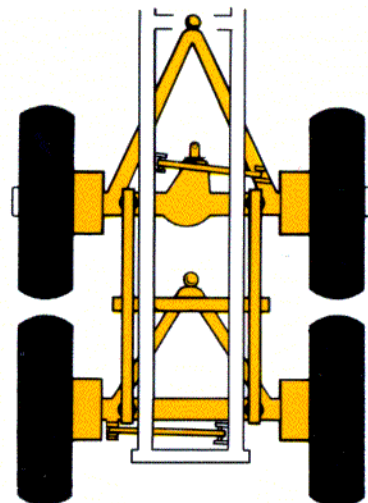
## **VOLVO BM -DUMPPERIT TEHDÄÄN SUORITTAMAAN TALOUDELLISESTI RASKAITA KULJETUKSIA KAIKKEIN HANKALIMMASSA MAASTOSSA**

Ainutlaatuisella maastokelpoisuudellaan, toimintavarmuudellaan ja kokonaistaloudellisuudellaan massojen kuljetuksissa hankalassa maastossa ovat Volvo BM -dumpperit tulleet maailmankuuluiksi. Volvo BM on kerännyt jo yli 18 vuoden ajan kokemuk- sia runko-ohjattujen dumpereiden valmistuksesta. Tähän mennessä on eri puolille maailmaa toimitettu jo yli 9000 Volvo BM -dumpperia. Verraten yksin- kertainen perusrakenne, jossa on käytetty koeteltuja laitteistoja, tekee dumpperin erittäin toimintavar- maksi. Yhdessä vähäisen polttonesteenkulutuksen ja pienten huoltokustannusten kanssa tämä takaa

hyvän käyttöasteen ja erittäin hyvän kokonaistalou- dellisuuden.

## **AINUTLAATUINEN HEILURITELI**

Volvo BM:n maastodumpperit ovat olleet aina uran- uurtajia maansiirtotöissä hankalassa maastossa. Niiden rakenteellisia erikoispiirteitä ovat olleet run- ko-ohjaus ja ainutlaatuinen heiluriteli. Telin akselit pääsevät heilumaan täysin toisistaan riippumatta, minkä ansiosta dumpperilla voidaan ylittää maaston suurimmatkin epätasaisuudet vaikeuksitta. Kuorma- lava pysyy jotakuinkin vaakasuorassa ja kuorma pysyy lavalla. Moottoriyksikkö ja vaunuyksikkö on nivelletty toi- siinsa vankkarakenteisella runkonivelellä, joka päästää ne kiertymään vapaasti toisiinsa nähden. Tämä on toinen selitys sille, miksi kaikki pyörät säi-





# AAN SATTUMA JA KOKO MAAILMASSA D BM -DUMPPERIT



lyttävät aina maakosketuksensa. Runko saa olla jäykkä. Muita tärkeitä ominaisuuksia: suuren vääntömomentin kehittävä Volvo-dieselmoottori, jonka polttonesteenkulutus on pieni, vääntömuuntimellinen power-shift-tyyppinen vaihteisto, nelipyöräveto ja täysaupyörästölukot molemmilla vetoakseleilla.

## **VOLVO BM ON LAAJENTANUT DUMPPERIMALLISTOAN**

Voitte valita juuri sen mallin, joka on taloudellisin ratkaisu käyttötarkoitukseenne.

### **VOLVO BM 861**

Maailman tähän mennessä eniten ostetusta dumperista, Volvo BM 860:sta edelleen kehitetty malli. Oikea ajoneuvo lyhyiden ja keskipitkien matkojen maastokuljetuksiin.

### **VOLVO BM 5350**

Uusi dumperi, lempinimeltään "maastokiituri", suurten massamäärien nopeisiin kuljetuksiin. Soveltuu maastokuljetuksiin keskipitkillä ja pitkillä matkoilla.



Volvo BM 5350:ssa yhdistyvät runko-ohjatun dumperin ainutlaatuinen maastokelpoisuus ja tavanomaisen maansiirtoauton suuri ajonopeus. Muita ominaisuuksia: nelipyöräveto, täysauto-maattivaihteisto, jousitus.



# Myös Teidän kannattaisi hankkia tarkempia tietoja!

Ei ole liioiteltua väittää, että Volvo BM -dumpperit ovat ehdottomasti kärjessä kokonaistaloudellisuudeltaan, toimintavarmuudeltaan ja käyttöasteeltaan. Tutustukaapa koneisiin ja vakuutukaa siitä itse!

## TURVALLISUUS JA MUKAVUUS

Volvo BM:llä tiedetään tarkasti, miten kuljettajan miellyttävä työskentely-ympäristö voi nostaa koneen suorituskykyä.

Jo ohjaamoon noustaessa kiinnittyy huomio Volvo BM:n turvallisuusajatteluun.

Livettämättömät askelmat – oikein sijoitetut kaiteet ja käden-sijat – täysin tasainen ohjaamon lattia.

ROPS-normin mukaan koestettu ohjaamo täyttää luonnollisesti kaikki turvallisuusvaatimukset. Tehokas lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmä on tarvittaessa täydennettävissä pienin kustannuksin ilmastointijärjestelmäksi.

Kaikki hallintavivut, nupit, katkaisimet ja mittarit ovat johdonmukaisesti sijoitettuina, helposti käsiteltävissä ja valvottavissa.

On itsestään selvää, että nykyaikainen joustoistuin on säädettävissä myös kuljettajan painon mukaan.

Volvo BM:llä ei tingitä, kun on kysymys kuljettajan turvallisuudesta. Kuljettajan mukavuutta ei pidetä ylellisyytenä vaan välttämättömyytenä. Kuljettajalla on oltava pitkänkin työpäivän päätyessä vielä voimansa tallella.

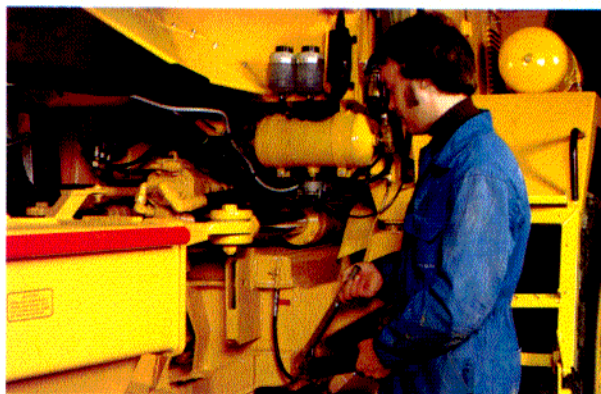


## HUOLTOYSTÄVÄLLISET KONEET

Volvo BM -dumpperit ovat verrattoman huoltoystävällisiä.

Jo suunnitteluvaiheessa on otettu huomioon mahdollisimman suuressa määrin yksinkertaisen ja nopean huollon vaatimukset. Tämän tuloksena on laitteistojen, varaosien, varusteiden ja työkalujen järkiperäinen standardisointi. Yksinkertainen ja nopea huolto supistaa koneen seisonta-ajat mahdollisimman vähiiin. Siten kustannukset pienenevät, koneen työ-säoloaika pitenee ja kokonaistyösuoritus lisääntyy.

Myös Volvo BM:n tarjoamat erityiset huoltosopimukset saattavat olla kannattava ratkaisu. Niistä kannattaa ottaa selvää.



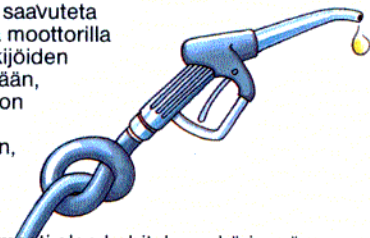
## VOLVO BM JA ENERGIAN SÄÄSTÖ

Energian säästö on jo kauan ollut Volvon tuotekehittelyyn selvänä tavoitteena.

Turboahdetun dieselmoottorin käyttöönotto 1960-luvulla oli tärkeä askel tähän suuntaan. Tämä taloudellisuusajattelu on johtanut myös siihen, että Volvo BM:n koneet ovat selvinneet hyvin kovassa kansainvälisessä kilpailussa.

Taloudellisuutta ei kuitenkaan saavuteta pelkästään vähäkulutuksisella moottorilla – sen ohella on monien eri tekijöiden oltava sopusoinnussa keskenään, kuten esimerkiksi moottoritehon ja konepainon, ajovaihteiden porrastuksen ja ajonopeuksien, voimansiirtojärjestelmän, vetoakselien jne.

Ja näissä suhteissa Volvo BM on uusine koneineen ehdottomasti alan kehityksen kärjessä.

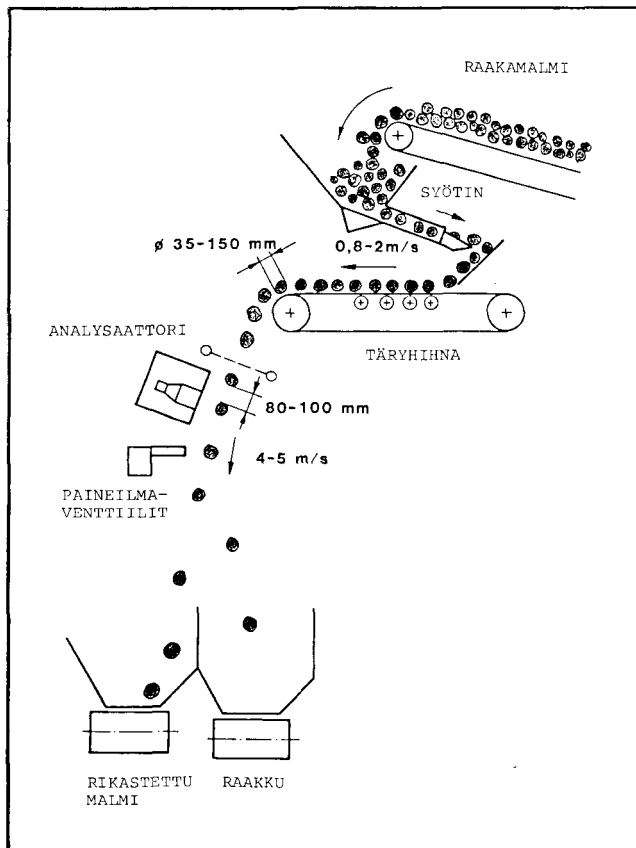


**VOLVO BM**  
VOLVO BM AB ESKILSTUNA RUOTSI

Maahantuojaja:

**OY VOLVO-AUTO AB**





**Kuva 3.** PRECON-esirikastuslaitoksen toimintaperiaate.  
**Fig. 3.** The operating principle of PRECON pre-concentrating plant.

Taulukossa I on esitetty muutamia tuloksia pilot-laitoksessa tehdyistä rikastuskokeista. Tuloksista voidaan havaita, että myös jalometallit rikastuvat, jopa paremminkin kuin varsinaiset päämetallit.

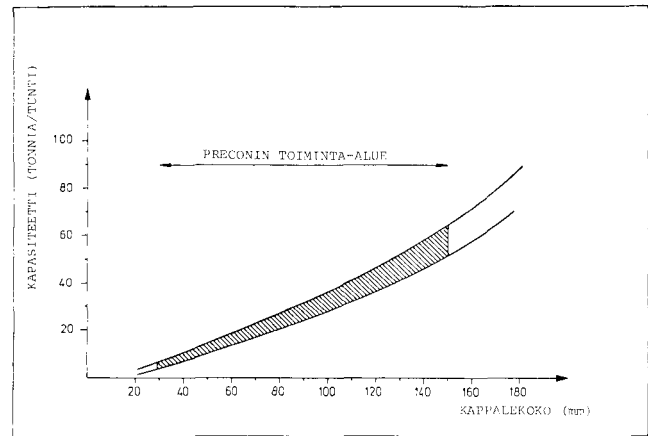
**Näyte 1 (Pyhäsalmen kupari-sinkkimalmia)**

	Paino		Cu		Zn		Au		Ag		Fe
	Kg	%	%	Saanti	%	Saanti	%	Saanti	%	Saanti	%
Syöte	5000	100	0.63	100	1.94	100	0.67	100	57.9	100	22.7
Rikaste	4050	81	0.75	96.5	2.40	98.5	0.80	97.8	70.5	99.1	26.5
Jäte	950	19	0.12	3.5	0.16	1.5	0.08	2.9	2.9	2.9	6.2

**Näyte 2 (Kemin kromiittimalmia)**

	Paino		Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Fe %	Cr/Fe
	kg	%	%	Saanti		
Syöte	10000	100	26.6	40.0	11.9	1.53
Rikaste	4000	44	31.5	54.3	12.9	1.67
Jäte	5600	56	20.8	45.7	10.5	1.36

**Taulukko 1.** Tuloksia Pyhäsalmen pilot-laitoksessa saaduista rikastuskokeista.  
**Table 1.** Results of concentrating tests carried out at Outokumpu's Pyhäsalmi pilot plant.

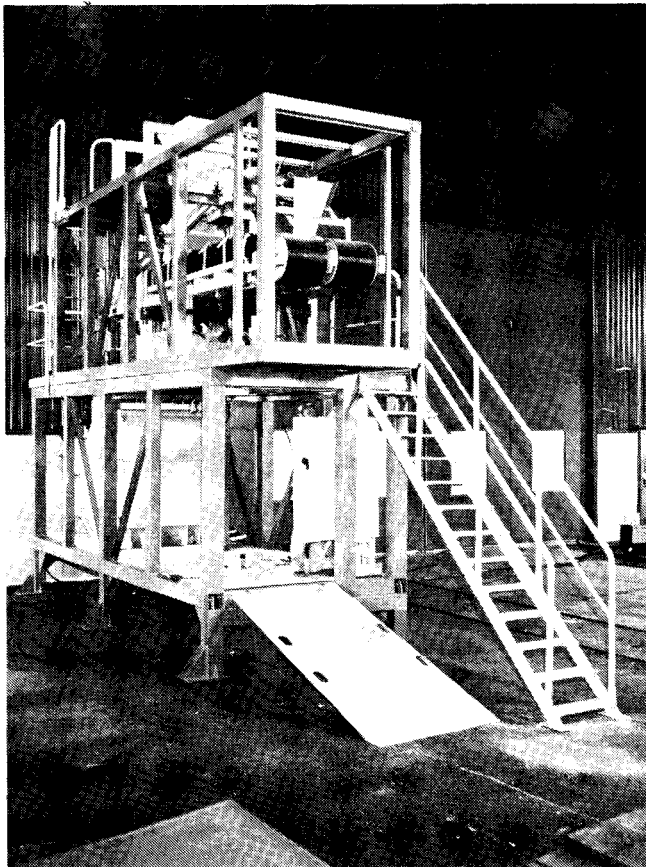


**Kuva 4.** Yhden PRECON-käsittelylinjan kapasiteetti kappalekoon funktiona. Koneyksikön kapasiteetti saadaan kertomalla kapasiteettituluvut kahdella.  
**Fig. 4.** The capacity of one PRECON line as a function of lump size. The capacity of the machine is got by multiplying the line capacity by two.

**JATKOKEHITYS**

Koska gammasironta-analyysi ei ole tehokas menetelmä raskaita metalleja sisältäville malmeille, on Outokumpun Fysiikan laitoksessa käynnistetty kehitystyöprojekti, jonka tuloksena on jo saatu aikaan laboratoriomittakaavainen rikastusmenetelmä näille metalleille. Yhtenä käytännön ongelmana on ollut ja on edelleenkin sopivien näytteiden saaminen koikeita varten, koska Suomessa ei juuri ole raskaita metalleja (Sn, W, Pb) sisältäviä malmeja. Näytteitä onkin jouduttu pyytämään lähes ympäri maailmaa.

Saatujen tulosten perusteella voidaan jo nyt ennustaa, että raskaiden metallien rikastaminen tulee onnistumaan vähintään yhtä hyvin kuin nyt valmiiksi saadussa, gammasirontaa käyttävässä menetelmässä tapahtuu.



**Kuva 5.** PRECON-koneyksikön kokoonpano käynnissä Turulan konepajassa.

**Fig. 5** PRECON ore preconcentrator under construction at Outokumpu's Turula workshop.

## PRECON-KONEYKSIKÖN TEKNISET TIEDOT

Käsittelylinjojen lukumäärä	2 linjaa
Kapasiteetti	20—40 kpl sekunnissa, vastaa 14—80 tonnia tunnissa kivikoosta riippuen
Kivikkoalue	35—150 mm
Analyysimenetelmä	Gammasisironta
Mitattavat metallit	Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn
Malmin lajittelu	Malmi voidaan jakaa kahteen tai kolmeen pitoisuusluokkaan
Paineilman kulutus	50 m <sup>3</sup> NTP sivuun puhallettua tonnia kohti
Sähkön kulutus	12 kW
Ohjaukset	Kone on täysin kauko-ohjattava, TV-valvonta saatavana optiona
Raportointi	Tilastotietojen (pitoisuusjakautuma, kappalekokojakautuma jne.) erillisellä kirjoittimella
Mitat	Pituus 8.7 m Leveys 2.5 m Korkeus 5.2 m
Paino	10 tonnia
Rakenne	Modulaarinen rakenne, laajennettavissa ilman rajoituksia

## SUMMARY

### PRECON — A NEW METHOD FOR ORE PRECONCENTRATION

Most of the world's ore resources consist of small deposits with too low metal content or too small a size for profitable mining. Additionally, these deposits are often located far from concentrators which does not make the situation any better. One potential way to turn the business into a profitable

one is to reduce ore dressing costs by means of effective waste separation. The ore processed in this way can then be economically treated.

Outokumpu Oy has developed a new ore preconcentrating method where ore is measured by lump after primary crushing, and based on the measured result the lumps are classified into ore or waste. The measuring capacity of the method is extremely high, as many as 10—20 lumps can be measured in one second, depending on the lump size. The separation threshold can easily be adjusted without limits just by pressing one button.

VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:n

## VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 30.—31.3. 1984

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.

VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:s

## ÅRSMÖTE

hålles i Helsingfors den 30.—31.3. 1984.

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

# Hapen liukeneminen metallisuliin

Dosentti Pekka Taskinen ja dosentti Anja Taskinen,  
Teknillinen korkeakoulu, Prosessimetallurgian laitos, Otaniemi

## JOHDANTO

Metallisulan raffinointi eli raakametallin koostumuksen kemiallinen käsittely lopputuotteen puhtaus- ja laatuvaatimuksia vastaavaksi suoritetaan varsin yleisesti hapettavien prosessien avulla, jossa epäjalommat komponentit poistetaan erilaisten hapetusreaktioiden ja kuonatyon avulla. Tyypillisiä tällaisia operaatioita ovat mm. teräksen melloitus ja raakakuparin anodiinikäsitteilyt. Metallurgisesti ja itse ilmiön luonnontieteellisen taustan kannalta hapettava raffinointi on hyvin lähellä toista tärkeää raakametallin käsittelyn yksikköoperaatiota, jäännöshapen poistoa eli metallin deoksidaatiota. Siksi onkin hyvin tärkeää tarkastella hapen liukenemistasapainoja metallin valmistusprosessin eri vaiheissa, olkoonpa kyseessä sitten metallille suoritettut hapetus- tai pelkistysoperaatiot.

Vuime vuosikymmenten aikana ovat kokeelliset menetelmät hapen aktiivisuuden mittaamiseksi metallisulista kehittyneet pitkän harppauksin. K. Kiukkolan väitöskirjan (v. 1955) /1/ sovellutuksina kehittyivät stabiloitua  $ZrO_2$ - tai  $ThO_2$ -elektrolyyttiä käyttävät ns. kertakäyttöhappipondit terästeollisuuden standardi-instrumenteiksi deoksidaation valvontaan 70-luvun alussa /2/. Sama menetelmä mahdollisti laboratorio-olosuhteissa tarkat hapen aktiivisuusmittaukset kuten myös liukoisuusmääritykset, minkä tuloksena onkin 80-luvulla käytettävissä mittava joukko termodynaamista tietoutta niin rautakuin ei-rautametallurgian hapetus- ja deoksidaatiotasapainoista. Täten on mahdollista laskennallisesti arvioida kussakin prosessissa vallitsevat termodynaamiset tasapainotilat — joita ei ehkä teknologisissa operaatioissa saavuteta, mutta joihin prosessi luonnon lakien mukaan ilman ulkoista voimaa pyrkii. Vertaamalla käytännön prosessin lopputilaa systeemin tasapainokonfiguraatioon voidaan arvioida mm. käytettävissä olevan prosessiteknologian tehokkuutta kuin myös tulevan tutkimustyön tarvetta tarkasteltavassa yksikköoperaatioissa tai reaktorissa.

Seuraavassa katsauksessa selvitetään hapen liukenemistasapainoja ja luonnetta metallisulissa lähinnä ei-rautametallurgian kannalta pitäen silmällä epäpuhtauksien poistoa hapetusreaktioin raakakuparista ja -lyijystä.

## HAPEN LIUKENEMINEN METALLISULIIN

Ympäriävästä atmosfääristä molekulaarinen happi liukenee suliiin metalleihin dissosioituen atomeiksi, jolloin liukenemistasapaino voidaan kirjoittaa yleisesti muodossa

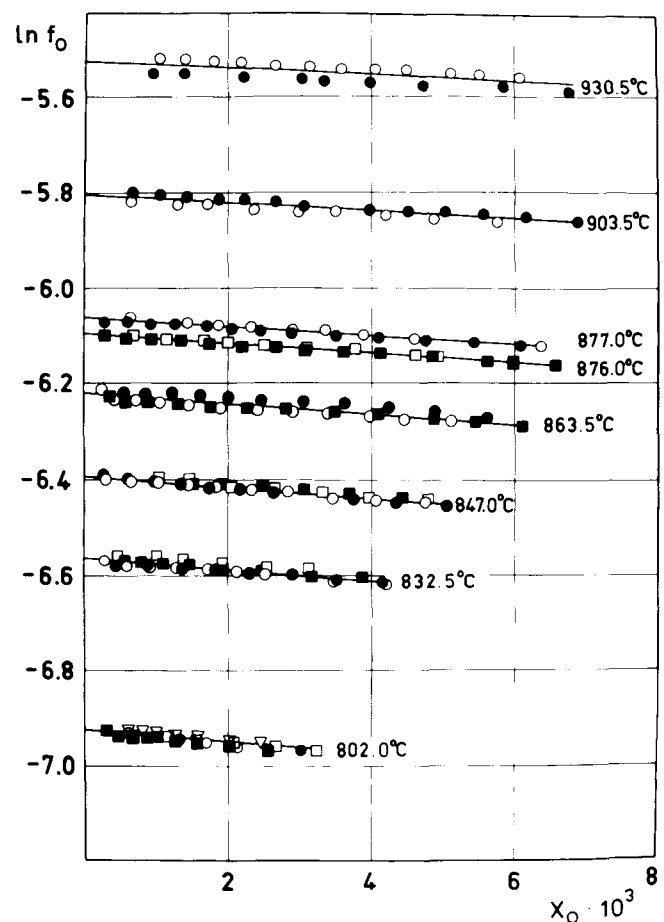


jossa hakasulut kuvaavat metallifaasia. Tämä periaate on ollut tunnettu jo varsin pitkään, ja termodynaamiselta kannalta reaktio (1) johtaa laimeissa liuoksissa tämän vuosisadan alussa esitettyyn Sieverts'in lakiin metallien kaasunliukoisuudesta.

Reaktion (1) tasapainovakio tai sen Gibbs'in energian muutos on tarkasti mitattavissa eri lämpötiloissa sähkökemiallisesti käyttämällä happikonsentraatiokennoja /3/. Niissä liuen-

neen hapen aktiivisuus tai tarkemmin sen kemiallinen potentiaali verrattuna johonkin tunnettuun systeemiin, tavallisimmin puhtaaseen kaasumaiseen happeen, muunnetaan pitoisuuden funktiona helposti ja tarkasti mitattavaksi jännite-eroksi.

Metallisulissa hapen aktiivisuuskertoimet poikkeavat yleensä negatiivisesti Raoult'in laista, kuten kuva 1 osoittaa lyijyn osalta. Kvantitatiivista tai suoraan kokeelliseen havaintoon perustuvaa selitystä ilmiölle ei toistaiseksi ole esitetty, mutta kvalitatiivisesti tarkastellen se on todennäköisimmin seurausta sulassa tapahtuvista assosiaatioprosesseista. Tällöin metalliatomien muodostamassa matriisissa koordinoituvat voimakkaan elektronegatiiviset happiatomit metalliatomien suhteen ja syntyy eräänlaisia kvasimolekyylejä /4/. Tällaisia komplekseja tai assosiaatteja onkin kokeellisesti havaittu metalliseoksissa käyttäen mm. röntgen- ja neutronidiffraktiomenetelmiä



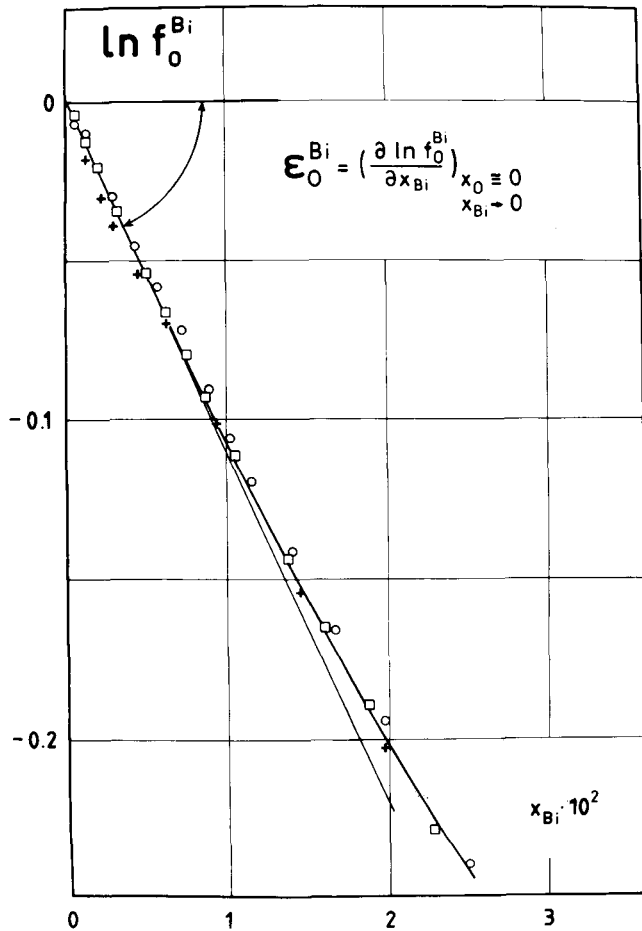
**Kuva 1.** Hapen aktiivisuuskertoimen sulassa lyijyssä koostumuksen ja lämpötilan funktiona /6/; liuennun hapen standarditilana on  $O_2$  (g; 1 bar).

**Fig. 1** Activity coefficient of oxygen in liquid lead as a function of oxygen concentration and temperature /6/; standard state for dissolved oxygen is  $O_2$  (g; 1 bar).

/5/. Taulukkoon I on koottu kirjallisuudesta joukko reaktion (1) Gibbs'in energian standardimuutoksen arvoja eri metallisulille.

Taulukon I mukainen  $\Delta G$  tai näin ilmoitettu reaktion tasapainovakio on voimassa ja karakteristinen vain kullekin puhtaalle metallisulalle. Metalliseosten ollessa kyseessä poikkeaa hapen aktiivisuuskertoimen — ja samalla sen liukenemisenergian — puhtaan komponentin arvosta usein hyvinkin monimutkaisella tavalla. Aktiivisuuskertoimien konsentraatiiriippuvuuden esittämiseksi on kirjallisuudessa kehitetty laaja joukko erilaisia ns. liuosmalleja, joissa aktiivisuuskertoimien käyttäytyminen systeemin koostumuksen funktiona lausutaan analyttisessä muodossa matemaattisten lausekkeiden avulla /12/. Nämä soveltuvat tavallisesti vain metallisille komponenteille, eikä hapen aktiivisuuskertoimia edes binäärisissä metallisulissa ole vielä toistaiseksi kyetty esittämään tyydyttävästi tällaisten mallien avulla.

Tarkasteltaessa metallien raffinaatio- ja deoksidaatioprosesseja tilanne on kuitenkin olennaisesti yksinkertaisempi. Toimitaanhan tällöin olosuhteissa, joissa perusmetallin pitoisuus on tavallisesti yli 95 % ja liuenneiden komponenttien vastaavasti vain joitakin prosentteja, tai prosentin osia. Suoritetut mittaukset osoittavat (kuva 2), että näissä olosuhteissa hapen liukoisuus ja vastaavasti sen aktiivisuuskertoimen,  $f_O$ , voi-



**Kuva 2.** Hapen aktiivisuuskertoimen  $\infty$ -laimennuksella sulassa kupari-vismutti seoksessa 1100° C:ssa verrattuna puhtaaseen kuparisulaan ja 1. kertaluvun vuorovaikutusparametrin,  $\epsilon_O^{Bi}$ , määrittäminen happikonsentraatiokennolla saaduista mitaustuloksista /16/.

**Fig. 2.** Activity coefficient of oxygen at infinite dilution in liquid copper-bismuth alloys at 1100° C referred to pure liquid copper and the determination of the first order interaction coefficient,  $\epsilon_O^{Bi}$ , from experimental data of an oxygen concentration cell /16/.

**Taulukko I.** Reaktion (1) Gibbs'in energian muutos eri metallisulille; liuenneen hapen standarditilat:  $O_2(g; 1 \text{ bar})^m$  ja  $[O]_{Mc} (id., 1 \%)^m$ .

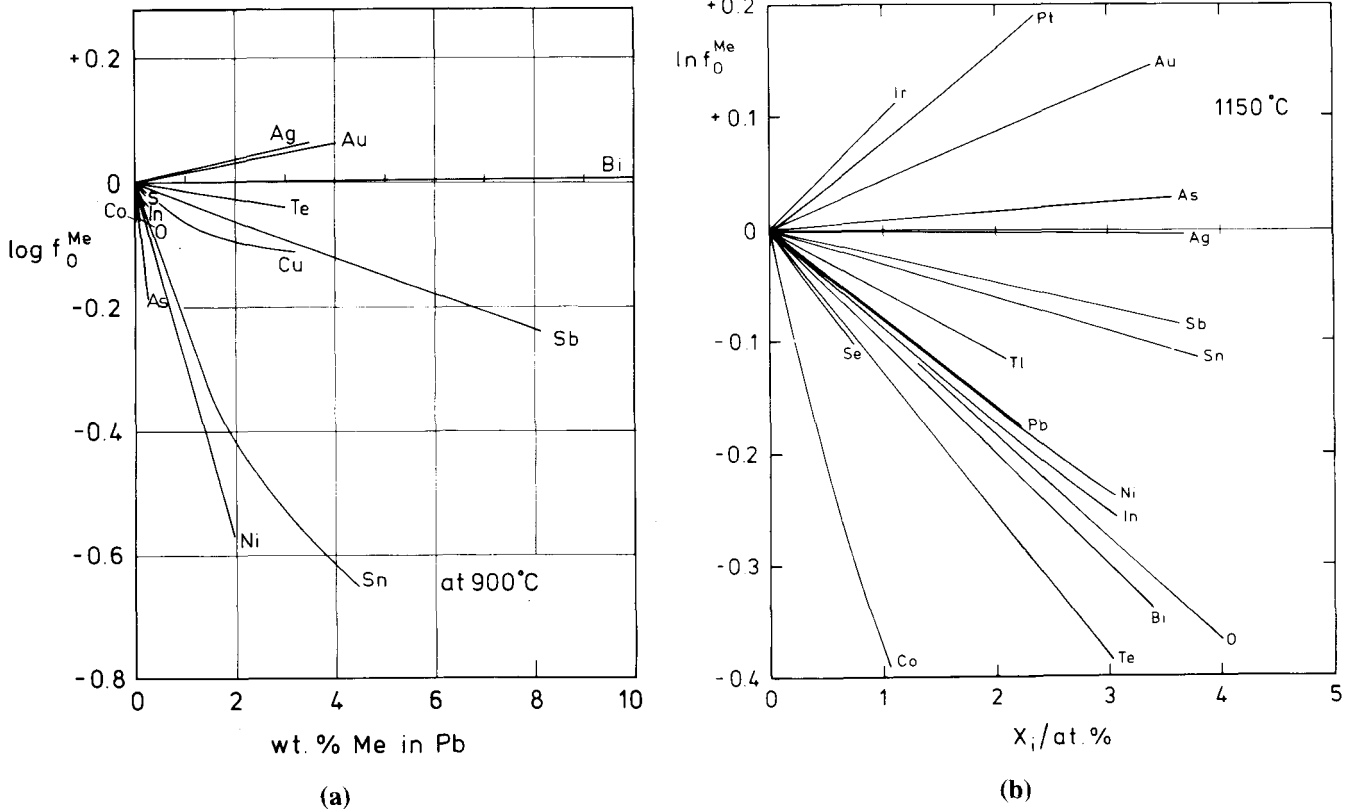
**Table I.** Gibbs energy change for reaction (1) in various liquid metals: standard state for the dissolved oxygen:  $O_2(g; 1 \text{ bar})^m$  and  $[O]_{Mc} (id., 1 \%)^m$ .

Me	$\Delta G^O(x_O)^m / \text{Jmol}^{-1}$	$\Delta G^O(\%)^m / \text{Jmol}^{-1}$	ref.
Ag	-16 140+44.81 T/K	-16 140+22.39 T/K	7.
Co	-60 530+17.11 T/K	-60 530-10.34 T/K	8.
Cu	-74 510+37.66 T/K	-74 510+10.82 T/K	9.
Fe	-120 138+25.60 T/K	-120 138- 2.30 T/K	10.
Ni	-85 252+37.03 T/K	-85 252+ 9.55 T/K	11.
Pb	-116 734+50.99 T/K	-116 734+34.00 T/K	6.

**Taulukko II.** Ensimmäisen kertaluvun vuorovaikutusparametrejä kupari-happi ja lyijy-happi sulissa:  $\epsilon_O^{Me} = \alpha + \frac{\beta}{T(K)}$ .

**Table II.** First order interaction parameters in copper-oxygen and lead-oxygen melts:  $\epsilon_O^{Me} = \alpha + \frac{\beta}{T(K)}$ .

Me	$\alpha$	$\beta \cdot 10^{-3}$	lineaarisuus- alue (at%)	ref.
Cu-O seokset:				
Ag	1.12	-2.05	0.5	14.
As	-14.0	+25.6	1	15.
Au	-16.2	+29.2	4	14.
Bi	31.3	-58.2	1	16.
Co	153	-278	1	17.
Hg	1.7	-3.2	-	18.
In	29.7	-54.4	3	18.
Ir	-36.4	+66.5	1	19.
Ni	6.3	-20.3	2	20.
O	16.18	-35.55	kyll.raja	9.
Pb	16.95	-35.36	4	21.
Pt	-29.7	+54.4	1	14.
Sb	6.4	-12.3	6	20.
Se	49.0	-89.6	1	15.
Sn	10.1	-18.58	8	22.
Te	67.7	-115.4	3	23.
Tl	19.2	-35.5	2	18.
Pb-O seokset:				
Ag	-14.7	+20.4	4	24.
As	103	-185.2	0.5	25.
Au	-8.0	+13.6	4	24.
Bi	-9.8	+11.8	10	26.
Co	297	-534.9	0.05	27.
Cu	5.9	-11.6	2	28.
In	29.6	-61.95	0.2	29.
Ni	8.6	-31.4	kyll.raja	30.
O	52.0	-70.9	-"	6.
S	5.0	-19.7	1	31.
Sb	15.3	-22.2	10	26.
Sn	75.5	-129.1	2	29.
Te	17.1	-21.7	5	29.



**Kuva 3.** Hapen aktiivisuuskertoimen eräissä sulissa lyijy- (a) ja kupariseoksissa (b)  $\infty$ -laimennuksella verrattuna puhtaaseen kupariin; kaikki tulokset kirjoittajien.  
**Fig. 3.** Activity coefficient of oxygen in molten lead (a) and copper (b) alloys at infinite dilution referred to oxygen in pure molten copper; all data from the authors

daan esittää varsin suurellakin vieraan komponentin pitoisuudella lineaarisena funktiona seosaineen pitoisuudesta

$$\ln f_O = \ln f_O^0 + \epsilon_O^{Me} x_O \quad (2)$$

Yhtälössä yläindeksi o kuvaa aktiivisuuskertoimta  $\infty$ -laimennuksessa. Tekijää  $\epsilon_O^{Me}$  kutsutaan Wagner'in mukaan /13/ 1. kertaluvun vuorovaikutusparametriksi.  $\epsilon_O^{Me}$ :n kokeellinen määrittäminen konventionaalisilla menetelmillä on työlästä ja saatavat parametriarvot verraten epätarkkoja, mistä johtuen niitä on mitattu aiemmin lähestulkoon vain rautapohjaisissa sulissa. TKK:n Prosessimetallurgian laitokselle rakennetulla, erittäin stabiililla sähkökemiallisella koejärjestelyllä on vuorovaikutusparametrejä kyetty mittaamaan suurella tarkkuudella ja niitä onkin vuosina 1977—1982 määritetty kupari- ja lyijypohjaisissa seoksissa laaja joukko (kuva 3). Tutkimus on suoritettu nimenomaan metallien hapettavan raffinoinnin tarpeita silmällä pitäen ja mm. kiinnittäen huomiota kompleksisten kuparirikasteiden sivukomponenttien poistoon anodiuni-käsittelyillä. Havaitut 1. kertaluvun parametrit on koottu taulukkoon II, ja ne muodostavat kuparin osalta noin puolet ja lyijyn osalta noin 85 % kirjallisuudessa esitetyistä arvoista.

On ilmeistä, että nykyisillä menetelmillä ei vuorovaikutusparametrejä kyettä ennustamaan tarkasteltavan systeemin muista makro- tai mikrofysikaalisista ominaisuuksista /32/. Sen sijaan  $\epsilon_O^{Me}$ :n lämpötilariippuvuudelle on empiirisesti löydetty korrelaatio, jonka avulla se voidaan laskea itse vuoro-

vaikutusparametrin suuruudesta /33/. Havaintojen mukaan vuorovaikutusenergialle, joka määritellään yleisesti lausekkeella

$$RT \epsilon_O^{Mc} = \eta_O^{Mc} - T \sigma_O^{Mc} \quad (3)$$

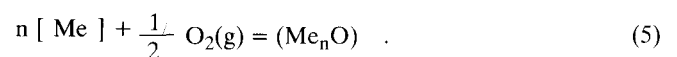
on hopea-, kupari- ja lyijypohjaisissa sulissa voimassa

$$\tau = \eta_O^{Mc} / \sigma_O^{Mc} = 1800 (\pm 200) \text{ K.} \quad (4)$$

Parametri  $\tau$  osoittaa karkeasti sen lämpötilan, jonka yläpuolella systeemi noudattaa ideaalisesti Henry'n lakia ilman, että vierailla komponenteilla olisi aktiivisuuskertoimeen mitään vaikutusta. Vastaavanlaisia korrelaatioita on havaittu myös muissa vuorovaikutustapauksissa kaasumaisten komponenttien liuetessa metallisuliiin/34/.

### HAPETUSTASAPAINOT RAAKAMETALLISSA

Epäpuhtausmetallin, Me, hapettuminen metallisulasta kuonafaasiin voidaan esittää periaatteessa reaktiolla



Tämä kokonaisreaktio voidaan jakaa osareaktioihinsa mm. seuraavasti:



Kaarisulut reaktioyhtälöissä kuvaavat kuonafaasia, joka yleisesti ottaen on oksidinen sula tai kiinteä seosfaasi.

Tarkasteltaessa yhtälöitä (5)–(5'') havaitaan, että hapetustapaino koostuu kahdesta osareaktiosta eli hapen liukenemisestä metallisulaan ja oksidifaasin muodostumisesta (ja liukenemisestä kuonafaasiin). Ongelma termodynaamiselta kannalta keskittyy näiden osareaktioiden tarkasteluun. Todettakoon, että reaktio (5) ja sille analogiset hapetusreaktiot voidaan jakaa osiinsa muillakin tavoilla kuin yhtälöt (5') ja (5'') osoittavat. Termodynaamisessa mielessä ne johtavat kuitenkin ekvivalentteihin lopputuloksiin niin tasapainopitoisuuksien kuin systeemin yleisen tasapainokonfiguraationkin suhteen.

Reaktioyhtälöiden (5)–(5'') perusteella voidaan päätellä, että ko. tasapainotila pystytään laskennallisesti määrittämään tarkasteltavassa lämpötilassa, kun tunnetaan reaktioiden (5') ja (5'') tasapainovakiot — tai tarkemmin niiden Gibbs'in energian standardimuutokset — sekä systeemissä esiintyvien seosfaasien termodynaamiset tilafunktiot, kuten tyypillisesti sen komponenttien aktiivisuuskertoimet. Vakiopaineessa tapahtuvissa reaktioissa, jollaiseksi hapettava raffinaatio teollisuusolosuhteissa voidaan hyvinkin likimääräistä, on lisäksi tunnettua, että systeemin tasapainotilan kiinnittämiseksi vapaasti valittavien pitoisuus- tai aktiivisuusmuuttujien lukumäärän,  $v$ , lausuu Gibbs'in faasisääntö /35/

$$v = n - f + 1 \quad (6)$$

jossa  $n$  on systeemin komponenttien ja  $f$  sen faasien lukumäärä.

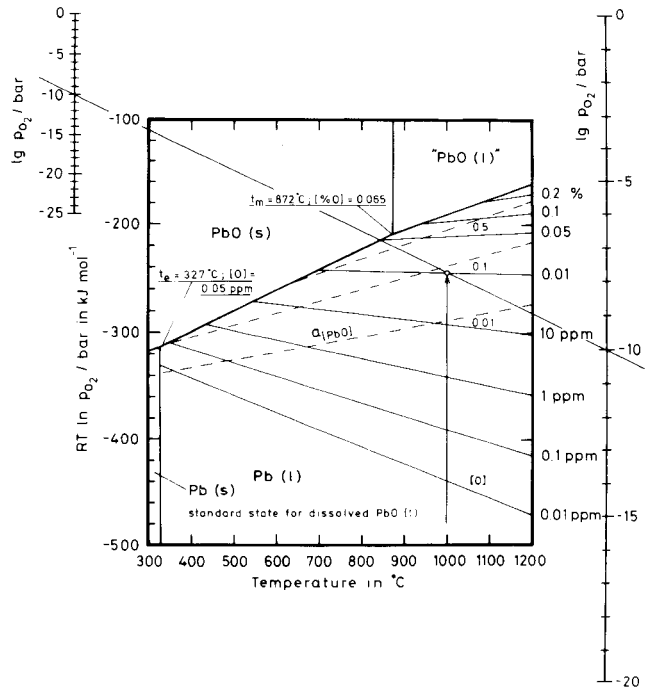
Hapetustasapainoja voidaan havainnollistaa isotermissillä olotilapiirroksilla, kuten on tapana deoksidaatitasapainojen tapauksissa, mutta myös käyttäen happipotentialidiagrammeja eli ns. Ellingham-diagrammeja, joita on aiemmin tavattu soveltaa vain jähmeiden aineiden stabiilisuuksien esittämiseen.

Hapen liukeneminen lyijyyn lämpötiloissa 300–1200° C on esitetty kuvassa 4 happipotentialidiagrammin avulla, jossa vertikaalisilta apuasteikoilta voidaan suoraan lukea kussakin (lämpötila, koostumus) -pisteessä vallitseva hapen osapaine. Diagrammi on laadittu laskennallisesti kirjallisuudessa esitettyjen hapen liukenemisenergiamittausten perusteella /6/, ja sen antamat happiliukoisuudet oksidikyllästyksellä vastaavat hyvin kirjallisuudessa esitettyjä arvoja. Havaitaan, että lyijyhappi systeemin eutektisessä pisteessä, lämpötilassa 327° C, hapen liukoisuus sulaan metalliin on hyvin pieni, vain noin 0.05 ppm. Liukoisuus kasvaa voimakkaasti lämpötilan kohotessa saavuttaen monotektisessä lämpötilassa,  $t_m = 872^\circ \text{C}$ , arvon 0.065 %. Diagrammiin on myös laadittu apuviivasto metallisulan lyijyoksidaktiivisuuden arvioimiseksi. Se perustuu tasapainon



tarkasteluun, jolloin standarditilaksi on valittu PbO (1). Viivaston avulla on helppo päätellä metallin termodynaaminen tila sen ollessa tasapainossa (sulaan) kuonan kanssa, jossa  $a_{(\text{PbO})} < 1$ .

Seuraavassa tarkastellaan esimerkkien valossa hapetustasapainojen eri esitystapoja.



**Kuva 4.** Hapen liukoisuus sulaan lyijyyn esitettynä happipotentialidiagrammin avulla; esimerkkinä (nuoli) 0.1 % happea sisältävä sula 1000° C:ssä, jonka tasapainohapenpaineeksi voidaan lukea  $10^{-10}$  bar happipotentialissa  $-250 \text{ kJ/mol O}_2$ .

**Fig. 4.** Solubility of oxygen in liquid lead given on an oxygen potential diagram; the example (arrow) shows that an alloy with 0.1 %  $[\text{O}]_{\text{Pb}}$  at 1000° C yields an equilibrium oxygen partial pressure  $10^{-10}$  bar under an oxygen potential of  $-250 \text{ kJ/mol O}_2$ .

### Tinan käyttäytyminen kuparin anodiunikäsitelyssä

Tarkastellaan seuraavassa tapausta, jossa blisterikuparin anodiunikäsitelyn tarkoituksena on ainoastaan konvertteripuhalluksen jälkeisen jäännösrikin poisto eikä pyrkimyksenä ole suorittaa varsinaisia kuonausoperaatioita. Tällöin metallikylyä hapetetaan tietylle tasolle, kyllästämättä sitä, puhaltamalla ilmaa sulaan hormien avulla. Näissä olosuhteissa hapetuvat myös mahdolliset epäjalommat komponentit muodostaen jähmeän kuonafaasin, jos tällöin syntyvät oksidit eivät raffinoitilämpötiloissa ole sulia tai muodosta sulafaseja läsnä olevien muiden oksidien kanssa.

Tinan hapettuminen kuparisulasta tapahtuu olennaisesti reaktion (5) mukaisesti. Sen hapettumistuote  $\text{SnO}_2$  on kiinteä tarkasteltavissa lämpötiloissa eikä se muodosta sulafaseja jähmeän  $\text{Cu}_2\text{O}$ :n kanssa. Näin ollen voidaan sen olettaa esiintyvän puhtaana faasina hapetustuotteiden joukossa.

Laskelmissa tarvittava termodynaaminen aineisto on koottu taulukkoon III. Yksityiskohtaiset laskelmat happipotentialidiagrammin konstruointia varten on aiemmin esitetty erään julkaisun yhteydessä /37/, mutta pääpiirteissään ne ovat seuraavat:

— aktiivisuuskertoimet lausutaan kullekin liuenneelle komponentille muodossa

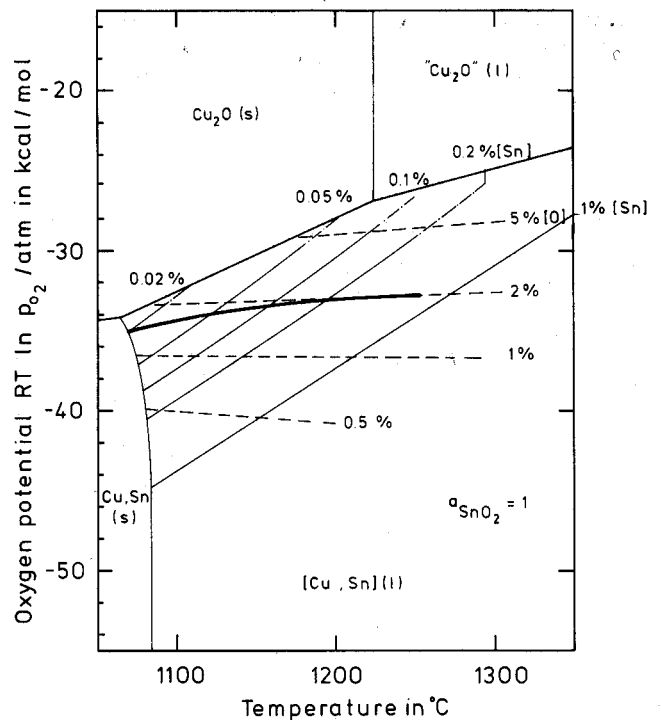
$$\ln f_i = \ln f_i^0 + \sum_k e_k^i x_k; e_k^i = \epsilon_k^i \quad (8)$$

jossa summeeraus käy yli kaikkien liuenneiden komponenttien:

**Taulukko III.** Laskelmissa käytetyt termodynaamiset arvot.  
**Table III.** The thermodynamic data used in calculations.

${}^{\circ}\text{G}_{\text{SnO}_2}^{\text{S}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{Sn}}^{\text{L}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{O}_2}^{\text{G}} / \text{J mol}^{-1} = -578\,934 + 208.9 \text{ T/K} \quad /43/$	
${}^{\circ}\text{G}_{\text{PbO}}^{\text{S}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{Pb}}^{\text{L}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{O}_2}^{\text{G}} / \text{J mol}^{-1} = -215\,231 + 96.537 \text{ T/K} \quad /6/$	
${}^{\circ}\text{G}_{\text{PbO}}^{\text{L}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{Pb}}^{\text{L}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{O}_2}^{\text{G}} / \text{J mol}^{-1} = -189\,851 + 74.36 \text{ T/K} \quad /6/$	
${}^{\circ}\text{G}_{\text{PbO}}^{\text{L}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{Pb}}^{\text{L}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{O}_2}^{\text{G}} / \text{J mol}^{-1} = -189\,785 + 74.29 \text{ T/K}^{\text{a}} \quad /6/$	
${}^{\circ}\text{G}_{\text{Sb}_2\text{O}_3}^{\text{S}} - 2 {}^{\circ}\text{G}_{\text{Sb}}^{\text{L}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{O}_2}^{\text{G}} / \text{J mol}^{-1} = -695\,569 + 249.7 \text{ T/K} \quad /44/$	
${}^{\circ}\text{G}_{\text{Cu}_2\text{O}}^{\text{S}} - 2 {}^{\circ}\text{G}_{\text{Cu}}^{\text{L}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{O}_2}^{\text{G}} / \text{J mol}^{-1} = -191\,110 + 89.210 \text{ T/K} \quad /45/$	
${}^{\circ}\text{G}_{\text{Cu}_2\text{O}}^{\text{L}} - 2 {}^{\circ}\text{G}_{\text{Cu}}^{\text{L}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{O}_2}^{\text{G}} / \text{J mol}^{-1} = -134\,266 + 51.53 \text{ T/K} \quad /22/$	
${}^{\circ}\text{G}_{\text{CaO} \cdot \text{As}_2\text{O}_5}^{\text{S}} - 3 {}^{\circ}\text{G}_{\text{CaO}}^{\text{S}} - 2 {}^{\circ}\text{G}_{\text{As}_2\text{O}_5}^{\text{S}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{O}_2}^{\text{G}} / \text{J mol}^{-1} = -693\,328 (1150^{\circ}\text{C}) \quad /46,47/$	
${}^{\circ}\text{G}_{\text{CaO} \cdot \text{Sb}_2\text{O}_5}^{\text{S}} - 3 {}^{\circ}\text{G}_{\text{CaO}}^{\text{S}} - 2 {}^{\circ}\text{G}_{\text{Sb}_2\text{O}_5}^{\text{S}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{O}_2}^{\text{G}} / \text{J mol}^{-1} = -756\,260 (1150^{\circ}\text{C}) \quad /46,47/^{**}$	
$\ln f_{\text{O}}^{\text{O}}(\text{Cu}) = 4.529 - 8961.5 \frac{1}{\text{T(K)}} \quad /9/$	
$\ln f_{\text{O}}^{\text{O}}(\text{Pb}) = 6.133 - 14.04 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{T(K)}} \quad /6/$	
$\ln f_{\text{O}}^{\text{O}}(\text{Cu}) = -7.6 \quad (1150^{\circ}\text{C}) \quad /48/$	
$\ln f_{\text{O}}^{\text{O}}(\text{Cu}) = -4.34 \quad (1150^{\circ}\text{C}) \quad /48/$	
$\ln f_{\text{O}}^{\text{O}}(\text{Sn}) = -2.014 - 4028 \frac{1}{\text{T(K)}} \quad /49/$	
$\ln f_{\text{O}}^{\text{O}}(\text{Pb}) = -0.268 + 16.1 \frac{1}{\text{T(K)}} \quad /49/$	
$e_{\text{O}}^{\text{O}}(\text{Cu}) = 16.18 - 35.55 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{T(K)}} \quad /9/$	
$e_{\text{O}}^{\text{Sn}}(\text{Cu}) = 10.1 - 18.58 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{T(K)}} \quad /22/$	
$e_{\text{O}}^{\text{As}}(\text{Cu}) = -14.0 + 25.6 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{T(K)}} \quad /15/$	
$e_{\text{O}}^{\text{Sb}}(\text{Cu}) = 6.36 - 12.31 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{T(K)}} \quad /20/$	
$e_{\text{O}}^{\text{Sb}}(\text{Pb}) = 15.3 - 22.16 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{T(K)}} \quad /26/$	

<sup>a</sup> Pb:n standarditilana Pb-kylläinen faasi  
<sup>\*\*</sup> Perustuu approksimaatioon:  ${}^{\circ}\text{G}_{\text{CaO} \cdot \text{As}_2\text{O}_5}^{\text{S}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{As}_2\text{O}_5}^{\text{S}} - 2 {}^{\circ}\text{G}_{\text{CaO}}^{\text{S}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{O}_2}^{\text{G}} = {}^{\circ}\text{G}_{\text{CaO} \cdot \text{Sb}_2\text{O}_5}^{\text{S}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{Sb}_2\text{O}_5}^{\text{S}} - 2 {}^{\circ}\text{G}_{\text{CaO}}^{\text{S}} - {}^{\circ}\text{G}_{\text{O}_2}^{\text{G}}$



**Kuva 5.** Tinan ja hapen liukoisuus sulaan kupariin lämpötiloissa 1065–1300° C tinaoksidikyllästyksellä (pitoisuuskoordinaattina at %).

**Fig. 5.** Solubility of tin and oxygen in liquid copper at 1065–1300° C and  $a_{\text{SnO}_2(\text{s})} = 1$  (composition coordinate at %).

— reaktion (5'') tasapainovakion lausekkeesta ja yhtälöstä (8) saatava epälineaarinen yhtälö ratkaistaan iteratiivisesti, kun tarvittava määrä muuttujia on sidottu Gibbs'in faasisäännön toteuttamiseksi; tämä on suoritettu käyttäen ohjelmoitavaa Texas Instrument SR-52 laskinta.

Itse diagrammi kuparin raffinoitilämpötiloissa on esitetty kuvassa 5. Se on laadittu tinaoksidin aktiivisuudella  $a_{\text{SnO}_2(\text{s})} = 1$ . Sulan, tinapitoisen kuparin stabiilisuusalue sijoittuu diagrammin oikeaan alasektoriin. Sitä rajoittavat jähmeän (Cu, Sn)-seoksen kenttä ja oksidisten faasien alue, joka yksinkertaisuuden vuoksi on merkitty vain symbolilla  $\text{Cu}_2\text{O}(\text{s,l})$ . Oksidisten faasien ja  $\text{SnO}_2$ -kylläisen metallisulan rajaviiva kuvaa suurinta hapetuspotentiaalia, johon metalli tarkasteltavissa olosuhteissa voidaan asettaa. Metallifaasin kenttään on lisäksi laskettu parametriesityksenä hapen (---) ja tinan (—) liukoisuuskäyrät, jotka ovat tuloksia yleisen tasapainotilan ratkaisusta.

Kuvan 5 lähempi tarkastelu osoittaa, että tinan liukoisuus sulaan kupariin happikyllästyksellä 1200° C:ssa on alle 0.1 % ja 1100° C:ssa alle 0.04 %. Voidaan siis todeta, että tina on periaatteessa helppo poistaa raakakuparista ilman varsinaisia kuonausoperaatioita, jos tarkoituksena on valmistaa anodeja elektrolyyttistä raffinoitua varten.

Happipotentialidiagrammeja voidaan käyttää myös tasapainojen tarkasteluun, kun muuttujana on lämpötila, esimerkiksi epäpuhtaudet anodivalussa. Tällaista tapausta esittää kuvan 5 paksu viiva, joka kuvaa happipitoisen kupari-tina seoksen tasapainomukaista koostumusta sen jäähtyessä 1250° C:sta jähmettymispisteeseensä, noin 1070° C. Tällöin on oletettu, että sulan happi ei karkaa atmosfääriin vaan reagoi

metallimatriisin kanssa tasapainonsa mukaisesti. Havaitaan, että alunperin 0.5 % happea ja 0.4 % tinaa sisältäneen sulan koostumus jähmettymispisteessään on noin 0.4 % [O]<sub>Cu</sub> ja 0.04 % [Sn]<sub>Cu</sub>, jolloin jäähtymisen aikana osa hapestaa ja noin 90 % tinasta on reagoitunut muodostaen  $\text{SnO}_2(\text{s})$ -faasin.

### Antimonin poistaminen raakaliijystä hapettamalla

Antimoni on tavallinen liijyrakasteiden sekä liijyromun sivukomponentti, jonka pitoisuus raakaliijyssä saattaa kohota jopa useisiin prosentteihin. Suorien liijynvalmistusmenetelmien ollessa kiivaan kehityksen alaisena on myös sivukomponenttien käyttäytyminen sulatuksen olosuhteissa, metallisen faasin läsnäollessa ilmeisen mielenkiinnon kohteena. Tästä syystä on tarkoituksenmukaista hieman selvittää antimonin jakaantumis- ja hapettumistasapainoja eri lämpötiloissa ja hapetuspotentiaaleissa.

Antimonin on oletettu esiintyvän kuonassa hapetusasteella +3, mikä vastaa tilannetta useiden silikaattisten ja ferriittisten kuonien kohdalla tarkasteltavissa happipotentialeissa. Oksidin aktiivisuudeksi kuonassa on valittu vakiotaso  $a_{(\text{Sb}_2\text{O}_3)} = 0.1$ , joka vastaa erittäin antimonirikasta kuonakoostumusta, lähinnä liijyn raffinoitilämpötiloissa /36/. Varsinaiset sulatolosuhteissa käytettävät kuonakoostumukset vastaavat merkittävästi pienempiä aktiivisuusarvoja, jolloin tasapainossa saavutettavat antimonin pitoisuudet metallifaasissa laskevat analogisella tavalla /37/.

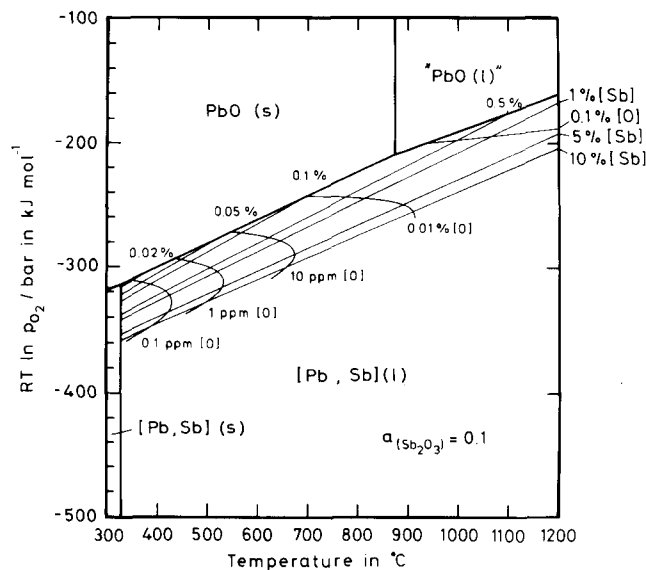
Antimonin hapetustasapaino sekä hapen liukoisuus metalliin lämpötiloissa 300—1200° C on esitetty kuvassa 6. Laskelmissa käytetyt termodynaamiset arvot löytyvät taulukosta III. Laskelmat on suoritettu samalla tavoin kuin edellä esitetty tinan hapettumistasapaino.

Kuvasta 6 voidaan selvästi nähdä, että hapen liukoisuuskäyrät kaartuvat voimakkaasti matalissa lämpötiloissa ja sama ilmiö vastakkaissuuntaisena on löydettävissä korkeista lämpötiloista. Verrattaessa hapen liukoisuuskäyriä puhtaaseen lyijyyn (kuva 4), on ero selvästi havaittavissa. Se johtuu liuenneiden aineiden keskinäisistä vuorovaikutuksista, jotka suurilla antimonipitoisuuksilla lisäävät hapen liukoisuutta sulaan ja vastaavasti suurilla happipitoisuuksilla lisäävät antimonin liukoisuutta. Vaikka antimoni-happi vuorovaikutukset lyijy-sulissa ovat sangen heikot, antaa tämä esimerkki selvän kuvan liuenneiden komponenttien keskinäisten vuorovaikutusten merkityksestä reaktiotasapainoille.

Kuva 6 osoittaa, että 400—500° C:ssa antimoni voidaan poistaa hapettamalla raakalyijystä noin 0.02 % pitoisuuteen saakka, kun kuonan antimonioksidiaktiivisuus on  $a_{(Sb_2O_3)} = 0.1$ . Lämpötilan kohotessa antimonin liukoisuus kasvaa merkittävästi siten, että 1100° C:ssa happikyllästyksellä se on yli 0.5 % [Sb]<sub>Pb</sub>.

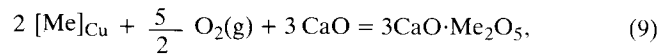
### Kalkin rooli kuparin sularaffinoinnissa

Laboratoriomittakaavaiset havainnot sekä kokemus teollisuusolosuhteista /38,39/ osoittavat, että emäksisillä, kalkkipitoisilla jopa -kylläisillä raffinaatiokuonilla on edullisia ominaisuuksia antimonin ja arseenin poistossa. Tätä ei ole aiemmin teoreettisesti analysoitu kalkin aktiivisen roolin selvittämiseksi eikä näin sen vaikutusmekanismi ole tiedossa. Eri vaihtoehtoja on esitetty, joskin röntgendifraktometrisesti on osoitettu, että jäähtyneissä kuonissa on osa kalkista sitoutuneena kalsiumarsenaatiksi tai antimonaatiksi /40/.



**Kuva 6.** Antimonin ja hapen liukoisuus sulaan lyijyyn lämpötiloissa 300—1200° C, kun  $a_{Sb_2O_3} = 0.1$ ; standarditoina  $Sb_2O_3$  (l) ja  $PbO$  (s, l), oksidirajalla  $a_{PbO} = 1$   
**Fig. 6.** Solubility of antimony and oxygen in liquid lead at 300—1200° C at  $a_{(Sb_2O_3)} = 0.1$ ; the standard states:  $Sb_2O_3$  (l),  $PbO$  (s, l),  $a_{PbO} = 1$  at oxide saturation

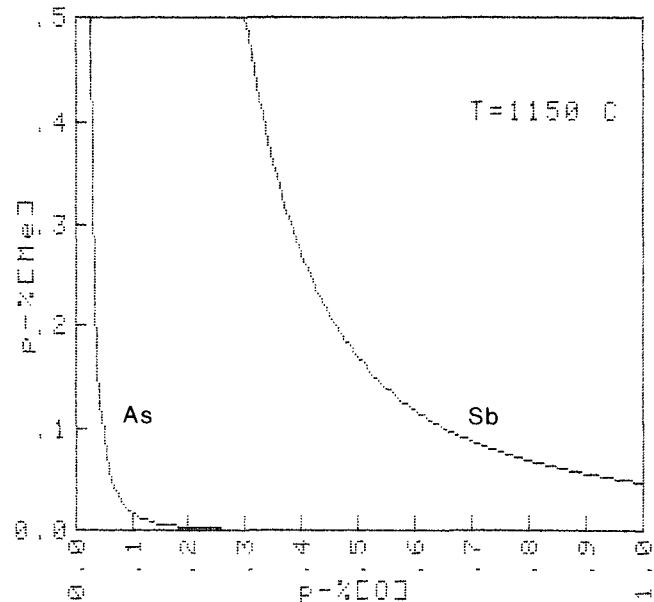
Arseenin ja antimonin hapettumistasapaino tässä tapauksessa voidaan kirjoittaa yhtälön (5) kanssa analogisella tavalla:



jossa  $Me = As$  tai  $Sb$ . Tasapaino (9) voidaan jakaa osiinsa reaktioiden (5') ja (5'') kaltaisesti. Kuten edellä, raffinaatiotasapainon laskennallinen käsittely edellyttää reaktion (9) mukaisen systeemin termodynaamisen analysoinnin ja vapausasteiden kiinnittämisen siten, että tasapaino on hyvin määritelty.

Tarkastellaan hapettumistasapainoa isotermisen olotilapiirroksen eli ns. Kellogg-diagrammin avulla. Systeemin vapausasteiden määrää pienennetään valitsemalla kuonaksi  $CaO$ -kylläinen faasi, johon antimonaatti tai arsenaatti ei liukene, eli ottamalla  $a_{CaO} = a_{3CaO \cdot Me_2O_5} = 1$ . Tällöin tarkasteltava tasapaino on vain yhden muuttujan funktio ja tähän tarkoitukseen on kätevä valita toinen raakakuparin epäpuhtauskomponenteista, tässä tapauksessa liuenneen hapen pitoisuus. Laskelmissa käytetyt termodynaamiset arvot on löydettävissä taulukosta III ja itse hapetustasapaino lämpötilassa 1150° C on esitetty kuvassa 7.

Kuvan 7 perusteella voidaan havaita, että kalkki on erittäin tehokas kuonanmuodostaja eliminoitaessa antimonia raakakuparista. Saavutettava tasapainopitoisuus happikyllästyksellä on vain noin 1 ppm [Sb]<sub>Cu</sub> ja jo happipitoisuudella 0.2 % [O]<sub>Cu</sub> antimonin pitoisuus alittaa 200 ppm:n rajan. Esitetyn diagrammin perusteella on helppo ymmärtää kalkin vaikutus nimenomaan antimonin jakaantumistasapainoihin raffinaatiokuonissa. Suoritetut laboratoriomittakaavaiset tasapainomittaukset vahvistavat arseenin osalta esitetyn mekanismin, mutta antimonin suhteen havaitut tasapainopitoisuudet ovat /41/



**Kuva 7.** Antimonin ja arseenin pitoisuus raakakuparissa 1150° C:ssa tasapainossa kalkin ja kalsiumantimonaatin vs. arsenaatin kanssa.

**Fig. 7.** Concentration of antimony and arsenic in oxygen-bearing copper at 1150° C, in equilibrium with lime and calcium arsenate or -antimonate.



kertaluokkaa laskettua pienemmät. Kirjallisuustiedot osoittavat antimonin ja arseenin jakaantumiskertoimen metallin ja kuonan välillä  $L_{Mc}^{s/c} = \frac{(\%Mc)}{[\%Mc]}$  kohoavan jopa 20-kertaiseksi 15—25 % CaO-lisäyksillä raffinaatiokuonaan /38,42/.

Esitetty diagrammi (kuva 7), antaa mielenkiintoisia viitteitä sopivalla tavalla fluksatun kalkin käytöstä antimonin ja arseenin poistoon raakakuparista esimerkiksi injektioimenetelmillä anodiin ulkopuolella. Samalla se osoittaa kalkin kilpailevan kuonanmuodostajana tähän saakka ylivoimaisena pidetyn soodan kanssa, jota käytettäessä vuorausongelmat ovat melkoisesti kalkkikuonia suuremmat.

## YHTEENVETO

Hapen luonnetta ja termodynaamisia ominaisuuksia binäärisissä kupari- ja lyijyvaltaisissa sulissa on tarkasteltu taustana näiden metallien pyrometallurginen raffinointi. Samalla on katsauksenomaisesti esitetty viimeisimpiä mittaustuloksia ja kokeellisia havaintoja hapen käyttäytymisestä sulissa metalliseoksissa.

Hapen liukenemista puhtaisiin metallisuliiin ja binäärisiin seoksiin on aluksi tarkasteltu yleisen termodynamiikan kannalta. Sen tasapainojen laskennollista käsittelyä on lähestytty hapettavan raffinoinnin olosuhteissa soveltaen laimean liuoksen approksimaatioita, joiden on kokeellisesti havaittu olevan voimassa raakametallin tilaa vastaavissa sulasysteemeissä.

Hapen liukenemistasapainojen muodostumista eri sulatus- ja raffinoitiosuhteissa on havainnollistettu esittämällä happipotentialidiagrammien käyttömahdollisuuksia. Tässä yhteydessä on laskettu eräitä kuparin ja lyijyn epäpuhtauskomponenttien hapettumistasapainoja lämpötiloissa 300—1300° C.

Tekijät lausuvat kiitoksensa Suomen Akatemian teknisteelliselle toimikunnalle rahoituksesta, joka on mahdollistanut näiden tutkimussarjojen suorittamisen. Lisäksi haluamme kiittää DI Ilkka Kojoa avusta kalkkikuonia käsittelevän esimerkin laatimisessa.

## SUMMARY

### SOLUBILITY OF OXYGEN IN MOLTEN ALLOYS

Solution thermodynamics and the nature of oxygen dissolved in liquid copper and lead alloys are analyzed with particular reference to the pyrometallurgical refining of nonferrous metals.

The solubility of oxygen in pure metals and binary alloys is first analyzed from the thermodynamic point of view. Thereafter, dilute solution approximations are applied for the calculation of refining equilibria between metal and slag.

The application of oxygen potential diagrams for the representation of solution and refining equilibria is emphasized. Oxidation equilibria for some impurity components in copper and lead are calculated at 300—1300° C.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Kiukkola, K.*, Galvanic Cells in Metallurgical Thermodynamics. D. Sc. Thesis. MIT, Cambridge, 1955
2. *Pluschkell, W.*, Stahl u. Eisen 99(1979)404—411
3. *Fischer, W.-A., Janke, D.*, Metallurgische Elektrochemie. Springer Verlag, Berlin, 1975
4. *Larrain, J.M., Kellogg, H.H.*, Use of Chemical Species for Correlation of Solution Properties. Calculation of Phase Diagrams and Thermochemistry of Alloy Phases, toim. *Y.A. Chang ja J.F. Smith*, AIME, NY, 1979. 130-144
5. *Sommer, F.*, Z. Metallkde 73(1982)72-86
6. *Taskinen, A.*, Scand.J.Metall. 8(1979)185-190
7. *Otsuka, S., Kozuka, Z.*, Metall.Trans. 12B(1981)501-507
8. *Tankins, E.S., Gokcen, N.A.*, ibid. 2(1971)1605-1611
9. *Taskinen, P.*, Acta Polytechn. Scand., Ch 145(1981)
10. *Tankins, E.S.*, Can.Metall.Q. 10(1971)21-23
11. *Janke, D.*, Z. Metallkde 69(1978)302-307
12. *Ansara, I.*, Int.Metall.Rev. 24(1979)20-53
13. *Wagner, C.*, Thermodynamics of Alloys. Addison-Wesley Publ.Co., USA, 1952
14. *Taskinen, P.*, J.Chem.Thermodynamics 12(1980)475-481
15. *Taskinen, P.*, Thermochim.Acta 59(1982)193-198
16. *Taskinen, P., Hiltunen, H.*, Scand.J.Metall. 8(1979)39-42
17. *Taskinen, P.*, ibid. 9(1980)91-95
18. *Taskinen, P.*, J.Chem.Thermodynamics 15(1983)101-105
19. *Taskinen, P.*, J.Less-Common Met. 75(1980)P1-4
20. *Hytönen, P., Taskinen, P.*, Scand.J.Metall. 8(1979)123-127
21. *Taskinen, A., Taskinen, P.*, Z.Metallkde 70(1979)594-596
22. *Taskinen, P., Holappa, L.E.*, Scand.J.Metall. 11(1982)243-247
23. *Taskinen, P.*, ibid. 11(1982)253-255
24. *Taskinen, A.*, ibid. 10(1981)141-144
25. *Taskinen, A., Jylhä, K.*, Scand.J.Metall. 11(1982)158-160
26. *Taskinen, A.*, Z.Metallkde 73(1982)163-168
27. *Taskinen, A.*, ibid. 74(1983)93-95
28. *Taskinen, A., Holopainen, H.*, ibid. 71(1980)729/734
29. *Taskinen, A.*, J.Chem.Thermodynamics 14(1982)663-670
30. *Taskinen, A.*, Scand.J.Metall. 10(1981)141-144
31. *Taskinen, A., Suortti, T.*, ibid. 12(1983)painossa
32. *Taskinen, A.*, Acta Polytechn.Scand., Ch 146(1981)
33. *Taskinen, A., Holappa, L.*, CALPHAD 6(1982)293-296
34. *Julin, Y., Härkki, J.*, Valurautojen ympäryksen termodynaamiset perusteet. Helsinki University of Technology, Report TKK-V-C28(1982)
35. *Gibbs, J.W.*, Scientific Papers, Vol. I. Dover Publ. Co., NY, 1961
36. *McClincy, R.J., Larson, A.H.*, Trans.AIME 245(1969)23-27
37. *Taskinen, A.*, Teoreettiset mahdollisuudet epäpuhtauksien poistamiseksi lyijystä hapettavalla raffinoinnilla. Epäpuhtauksien käyttäytyminen metallurgian prosesseissa (toim.A.Vartiainen), Helsinki University of Technology, Report TKK-V-C14(1980)105-134
38. *Tani, K., Asano, N.*, J.Min.Metall.Inst.Japan 96(1980)No 1104, 103-115
39. Saks.pat. N:o 1 137 223.
40. *Wagnitz, D.*, Metall-Schlacken-Gleichgewichte der Systeme Kupfer-Selen-Sauerstoff, Kupfer-Selen-Sauerstoff-Calziumoxyd, Kupfer-Tellur-Sauerstoff, Kupfer-Tellur-Sauerstoff-Calziumoxyd. Dr.-ing.Diss., TU Berlin, 1961
41. *Kojo, I., Taskinen, P.*, Raakakuparin raffinointi kloridikuonilla. Helsinki University of Technology, Report TKK-V-C25(1982)
42. *Gerlach, J., Pawlek, F., Plieth, K., Wagnitz, D.*, Metall 17(1963)1103-1107
43. *Iwase, M., Yasuda, M., Miki, S., Mori, T.*, Trans. JIM 19(1978)654-660
44. *Hiltunen, H., Taskinen, P.*, As-, Bi-, Cd-, Ge-, In-, Pb-, Sb-, Te- ja Zn-oksidiin stabiiliisuus korkeissa lämpötiloissa. Helsinki University of Technology, Report TKK-V-C5(1979)
45. *Taskinen, P.*, Scand.J.Metall. 10(1981)189-191
46. *Shigematsu, K., Kubo, J.*, J.Min.Metall.Inst.Japan 97 (1981)No 1120, 469-472
47. *Barin, I., Knacke, O.*, Thermodynamic Properties of Inorganic Substances. Springer Verlag, Berlin, 1975
48. *Yazawa, A., Azakami, T.*, Can.Metall.Q. 8(1969)257-261
49. *Kubaschewski, O., Alcock, C.B.*, Metallurgical Thermochemistry, 5th Ed. Pergamon Press, UK, 1979

# Mikroseosteräket ja niiden metallifysiikkaa

Tekn.lis. Timo Hakkarainen, Tutkimuslaitos, Rautaruukki Oy, Raahе

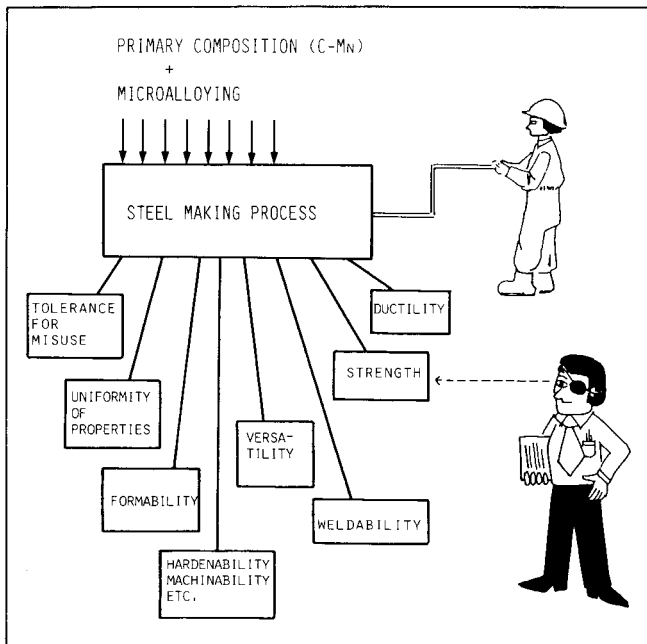
## JOHDANTO

Teräksessä käytetään usein pieniä määriä mikroseosaineita, joilla voidaan vaikuttaa moniin erilaisiin ominaisuuksiin kuva 1. Ensimmäiset varsinaiset mikroseosteräket kehitettiin jo 1930-luvulla, mutta vasta viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana ne ovat tehneet todellisen läpimurtonsa. Tässä esityksessä keskitytään käsittelemään hitsattavia kuumavalssattuja levytuotteita, joissa käytetään raekokoa pienentäviä mikroseosaineita. Tavallisimpien mikroseosaineiden raekokoa pienentävän vaikutuksen vuoksi kutsutaan mikroseosteräksiä myös hienoraeteräksiksi. Tällä hetkellä lähes kaikki kuumavalssatut levytuotteet aivan peruslaatuja (Fe 37 B, A-luokan laivalevyt) lukuunottamatta ovat hienoraeteräksiä. Monesti yhdistetäänkin mikroseostetut teräket virheellisesti vain lujiin (kuva 1) lajeihin, vaikka esimerkiksi Fe 37 D on hienoraeteräs. Mahdollisen lujuustason noston lisäksi mikroseostusta käytetään antamaan Si-tiivisteiseen C-Mn -teräkseen nähden paremmat ominaisuudet tietyllä lujuustasolla.

## MIKROSEOSAINHEET

Tavallisimmat mikroseosaineet ja niiden yleisimmin käytetyt pitoisuusalueet on esitetty kuvassa 2. Kukaan mikroseosaineista vaikuttaa omalla erityisellä tavallaan eikä niiden vaikutuksia voida summata eikä niillä voi korvata suoraan toisiaan. Käytettävät pitoisuudet poikkeavat selvästi toisistaan. Vanadiini on tehokas mikroseosaine vasta pitoisuuden ylittäessä n. 0,03 %, mutta niobi vaikuttaa jo pitoisuudesta 0,01 % alkaen ja on tehokkaimmillaan 0,02 — 0,04 % pitoisuuksilla. Jopa samalla mikroseosaineella voi eri pitoisuuksilla olla selvästi erilaisia tarkoituksia. Hyvä esimerkki tästä on titaani, jota käytetään (a) pienillä pitoisuuksilla (0,01 — 0,02 %) typen sitomiseen stabiiliksi titaaninitridiksi (parantaa hitsin muutosvyöhykkeen sitkeyttä), (b) keskipitoisuuksilla (0,05 — 0,07 %) karbiidin muodostajana (erkaumalujitus, raekoon hienonnuks) ja (c) suurilla pitoisuuksilla (yli n. 0,08 %) lisäksi sulkeumien pallottajana (parantaa poikittaista ja paksuussuuntaista sitkeyttä).

Tärkeimpien mikroseosaineiden pääasialliset vaikutukset raekokoon (iskusitkeyteen) ja lujuuteen voidaan vetää yhteen seuraavasti:



**Kuva 1.** Lisäämällä peruskoostumukseen mikroseosaineita parannetaan monia erilaisia ominaisuuksia, joista usein on tuijotettu yksinäisesti lujuuteen.

**Fig. 1.** The strength is one of the several properties, which can be improved by adding microalloying elements.

### THE MOST COMMON MICROALLOYING ELEMENTS (GRAIN REFINERS) AND THEIR MOST COMMON PERCENTAGES

ALUMINIUM	(AL)	0.02 - 0.06	%
VANADIUM	(V)	0.03 - 0.1	%
NIOBIUM	(NB)	0.01 - 0.05	%
TITANIUM	(TI)	0.01 - 0.1	%
BORON	(B)	.001 - .005	%
ZIRKONIUM	(ZR)	0.04 - 0.1	%

**Kuva 2.** Tavallisimpia mikroseosaineita (raekoon hienontajat) käytetään erilaisina pitoisuuksina.

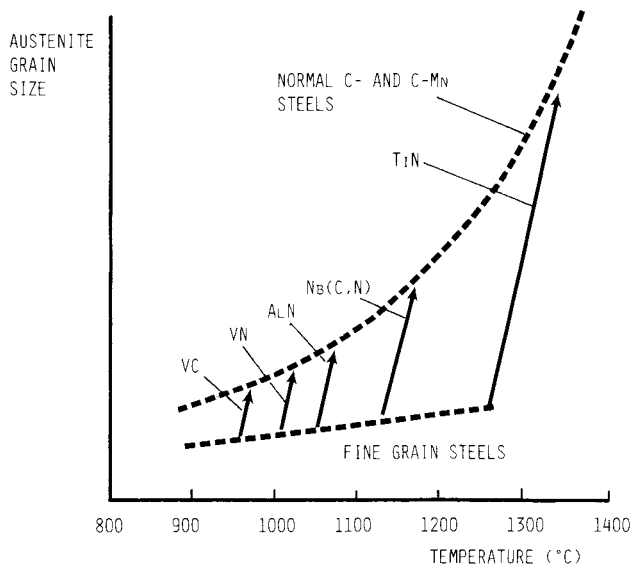
**Fig. 2.** The most common grain refiners are used in different concentrations.

- Alumiini on erittäin voimakas raekoon pienentäjä, mutta sillä ei ole erkaumalujittavaa vaikutusta.
- Niobi pienentää voimakkaasti raekokoa ja aiheuttaa myös voimakasta erkaumalujittumista.
- Titaani on erittäin voimakas erkaumalujittaja sekä aiheuttaa myös raekoon pienenemistä.
- Vanadiini on lähinnä lujuuden lisääjä ja sen vaikutus raekoon pienentäjänä on vähäinen.

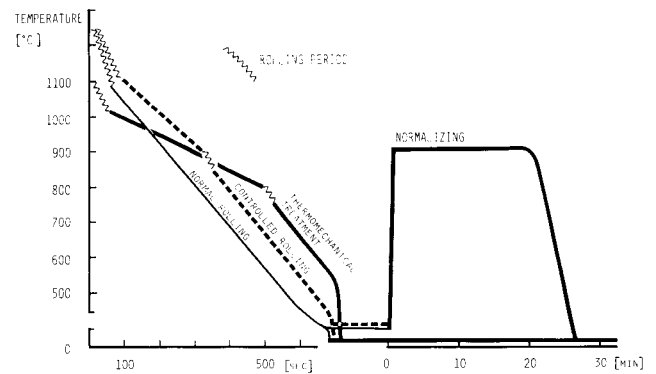
Kuitenkin vielä on syytä korostaa, että yllä esitetty yleislinja on hyvin pelkistetty. Mikroososaineiden keskinäinen vuorovaikutus, erilaiset pitoisuudet ja teräksen valmistus- ja käsittelytapa aiheuttavat yleislinjaan omia vivahteita, jotka teräksen valmistaja joutuu ottamaan huomioon uusien teräslajeja kehittäessään.

## VAIKUTUSTAVAT

Mikroososaineiden tehokas vaikutus perustuu niiden kykyyn reagoida hiilen ja typen kanssa muodostaen karbideja ja nitridejä. Nämä aiheuttavat yhtäältä erkaumalujittumista estämällä dislokaatioiden liikettä sekä toisaalta pienentävät raekokoa hidastamalla toipumista ja rekristallisaation ydintymistä sekä jarruttamalla rae- ja faasirajojen liikettä. Tehokkaimmillaan mikroososaine-erkaumat ovat, kun ne esiintyvät hyvin hienojakoisesti. Kuumennettaessa terästä yli kullekin erkaumalle tyypillisen lämpötila-alueen liukenee erkauma austeniittiin ja mikroososaine tulee tehottomaksi, kuva 3. Titaaninitridin vaikutukset ylettyvät selvästi korkeampiin lämpötiloihin kuin muilla mikroososaine-erkaumilla, joten hitsin sularajan lähellä sen vaikutus on tehokkain. Kuitenkin titaaninitridi esiintyy useimmiten melko karkeajakoisena eikä siten kovin tehokkaasti pienennä raekokoa matalissa lämpötiloissa (alle n. 1000° C).



**Kuva 3.** Mikroososaine-erkaumien vaikutus austeniitin raakeen kasvun rajoittajana riippuu erkauman stabiilisuudesta.  
**Fig. 3** The stability of precipitates limits the range of microalloying elements as grain refiners.

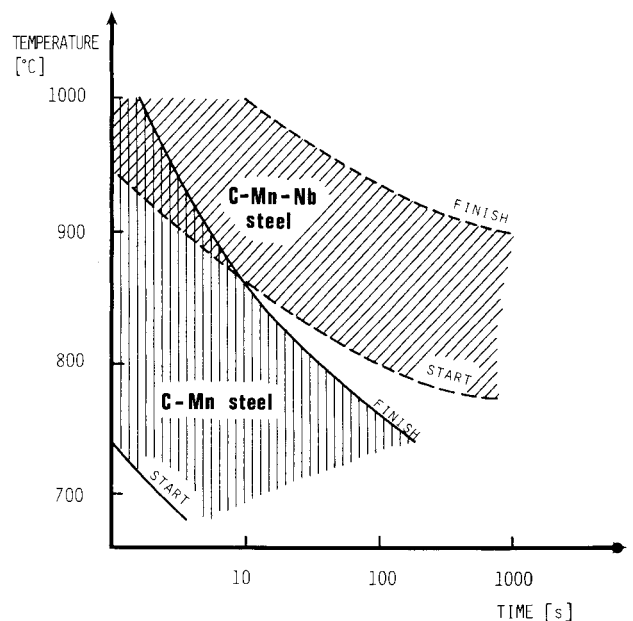


**Kuva 4.** Kuumavalssattuja teräksiä voidaan valmistaa eri tavoilla.

**Fig. 4.** Hot rolled plates can be manufactured in different ways.

## VALSSAUS JA NORMALISOINTI

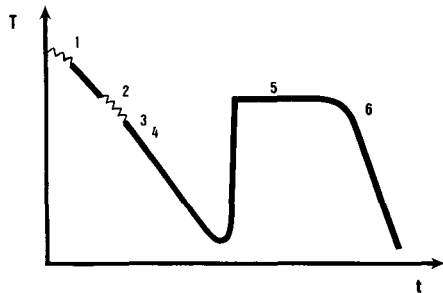
Rakenneterästen erilaiset valssaustavat on esitetty kuvassa 4. Valssausta edeltää kuumennus läpityöntöuunissa lämpötilaan n. 1150 — 1250° C. Normaali-valssaus suoritetaan mahdollisimman joutuisasti ilman tarkkaa valssaustemperatuurikontrollia, jolloin rekristallisaatio tapahtuu pistojen välillä ja myös ennen austeniitti → ferriitti faasimuutosta viimeisen piston jälkeen. Kontrolloidussa valssauksessa odotetaan esivalssauksen jälkeen lämpötilan laskua niin alas, että austeniitti ei ehdi rekristallisoitua viimeisten pistojen aikana eikä niiden jälkeen. Termomekaanisessa käsittelyssä teräs on jo valssauksen aikana osittain ferriittinen. Normalisointi voidaan suorittaa normaali-valssatuille levyille ja joissakin tapauksissa kontrolloidusti valssatuille levyille. Tavallisesti kuitenkin kontrolloitu valssaaminen on vaihtoehto normaali-valssaukselle ja normalisoinnille. Kontrolloidusti valssatut teräkset ovat aina mikroosostettuja, koska mikroosostuksella voidaan selvästi hidastaa rekristallisaation ydintymistä, kuva 5.



**Kuva 5.** Nb-mikroosostus rajoittaa voimakkaasti rekristallisaation tapahtumista kuumavalssauksessa.

**Fig. 5.** Nb-microalloying retards effectively recrystallization during hot rolling.

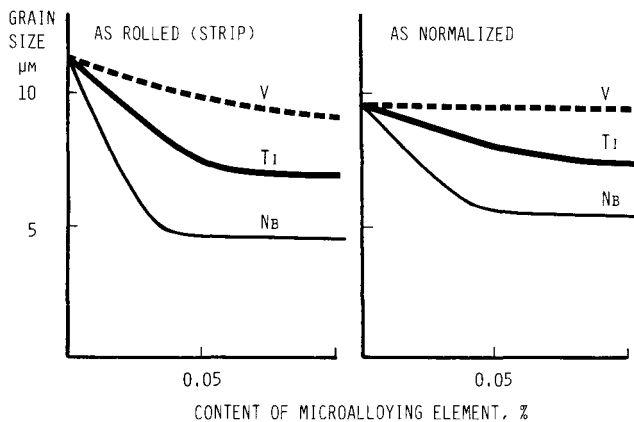
Teräksen valmistajan on otettava huomioon mikroosaineiden erilaiset vaikutukset valmistuksen eri vaiheissa. Kuva 6 esittää mikroososerkaumien vaikutusalueiden periaatteellisen yhteenvedon teräksen valmistuksessa. Mikroosaineiden vaikutus raekokoon valssauksessa ja normalisoinnissa on erilainen, kuva 7. Valssauksen yhteydessä hyvin hienojakoisena erkautuvat mikroosaineet vaikuttavat rekristallisaatioon, faasimuutokseen ja rakeenkasvuun. Sensijaan normalisoinnissa vaikutetaan vain austeniin rakeenkasvuun ja faasimuutokseen ja samalla tapahtuu erkaumien karkeutumista, jolloin niiden ferriitin raekokoa pienentävä ja lujuutta lisäävä teho heikkenee, kuva 8.



	1	2	3	4	5	6
	REHEATING	CONTROLLED ROLLING	$\delta \rightarrow \alpha$ TRANSFORMATION	FERRITE	NORMALIZING FURNACE	$\delta \rightarrow \alpha$ TRANSFORMATION
TiN	x	x	x		(x)	
TiC		x	x	x	x	(x)
AlN			x	x	x	
Nb(C,N)	(x)	x	x	x	x	(x)
VN, VC			x	x	(x)	x

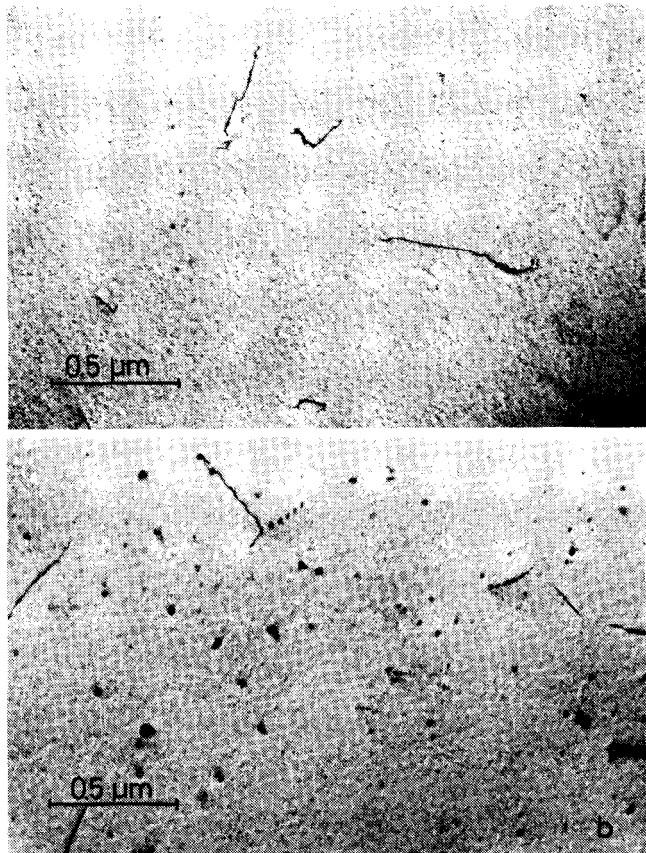
Kuva 6. Eri mikroosaine-erkaumat vaikuttavat valmistuksen eri vaiheissa.

Fig. 6. The microalloying elements effect in different stages during rolling of steel.



Kuva 7. Mikroosaine-erkaumien vaikutus raekokoon on erilainen valssauksessa ja normalisoinnissa.

Fig. 7. The effects of microalloying elements are not similar during rolling and normalizing.



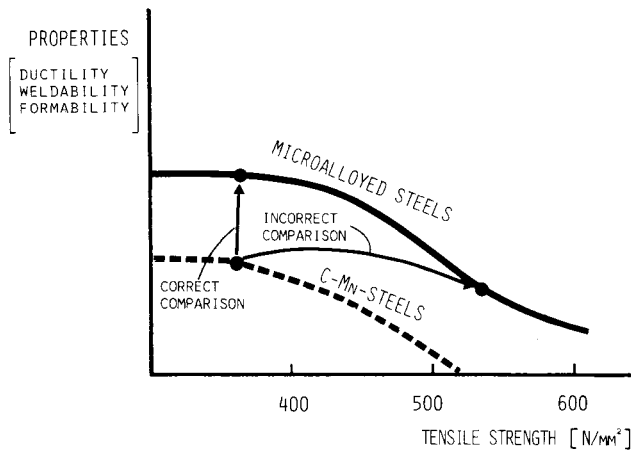
Kuva 8. Mikroosaine-erkaumat voivat karkeutua normalisoinnissa (kuvassa Nb (C, N), a) valssattuna, b) normalisoituna)

Fig. 8. Coarsening of precipitates can occur during normalizing (Figure shows Nb, (C, N)-precipitates in as rolled (a) and as normalized (b) condition).

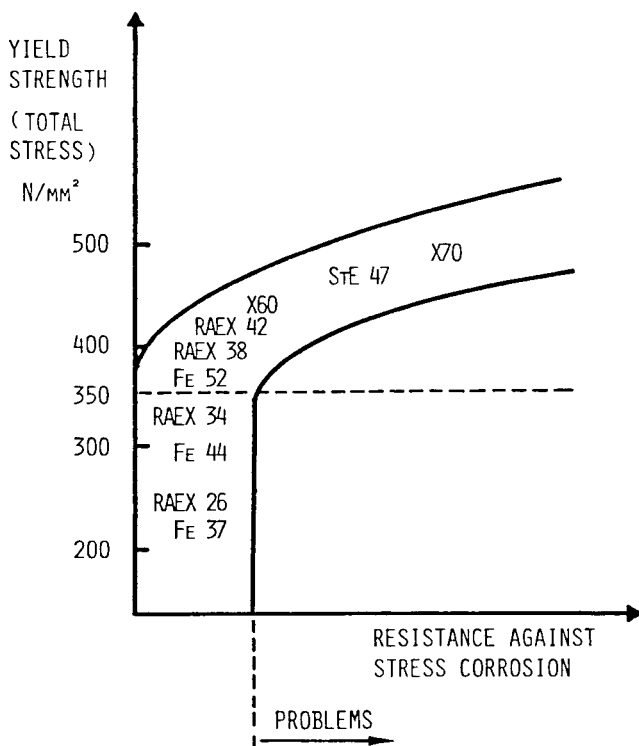
## OMINAISUUDET

Yleisesti ottaen mikroosoteräksillä on C-Mn -teräksiin verrattuna samalla lujuustasolla selvästi paremmat ominaisuudet. Vertailtaessa mikroosoterästen ja C-Mn -terästen ominaisuuksia onkin vertailu suoritettava oikein, kuva 9. Lisäksi mikroosoteräksiset antavat tietyllä lujuustasolla toimittaessa käyttäjälle lisää vapauksia esimerkiksi hitsausparametrien valinnassa ja varmuutta valmistusvirheiden sietokyvyn muodossa.

Koska lujatkin mikroosoteräksiset ovat sitkeitä, hyvin hitsattavia ja muovattavia, tehdään niiden suhteen joskus virhepäätelmiä käytettäessä terästä jännityskorroosio-olosuhteissa. Teräksen herkkyys jännityskorroosiolle määräytyy siinä vallitsevasta vetojännitystilasta. Hitsatuissa rakenteissa teräsiin muodostuu jopa myötörajaluokkaa olevat jäännösjännitykset ja lisäksi lujat teräkset mitoitetaan usein korkealle käyttöjännitystasolle, jolloin kokonaisjännitys muodostuu aivan toiseksi kuin matalalujuuksisissa teräksessä. Jännityskorroosio-ongelmia alkaa esiintyä, kun vetojännitys ylittää n. 350 N/mm<sup>2</sup>, kuva 10. Kun teräksessä vallitseva jännitys (jäännös + käyttö) pidetään oikeissa rajoissa, mikroosoteräs on myös jännityskorroosion kestävydeltään parempi kuin Si-tiivisteinen C-Mn -teräs.



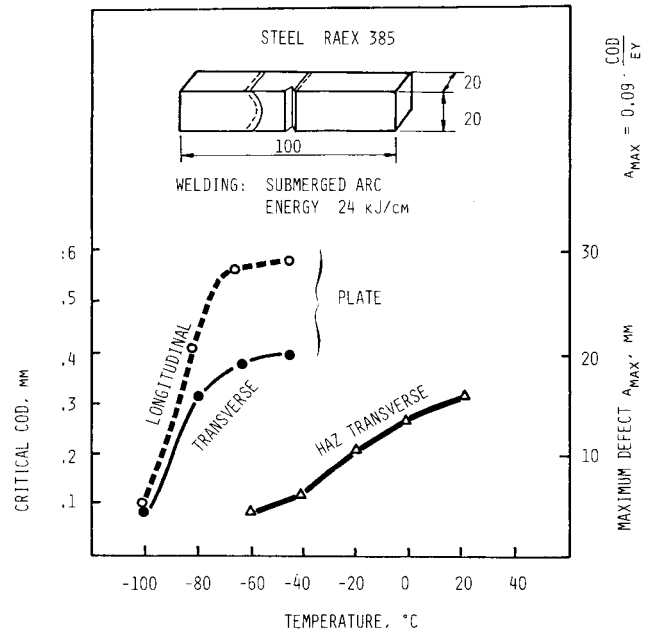
**Kuva 9.** Eri terästyypin ominaisuuksien vertailu tulee suorittaa samalla lujustasolla, jotta ei vedetä vääriä johtopäätöksiä mikroesterästen yleisistä ominaisuuksista.  
**Fig. 9.** The comparisons between different steel grades must be made at the same strength level. Otherwise misleading conclusions may be drawn from the behaviour of microalloyed steels.



**Kuva 10.** Jännityskorroosio-ongelmia (SSCC) voi syntyä jännitystilän (jäännös + käyttö) ylittäessä n. 350 N/mm<sup>2</sup>, mikä on mahdollista vain lujilla teräksillä.  
**Fig. 10.** Stress corrosion (SSCC) problems may occur when stress level (micro + macro) is higher than about 350 N/mm<sup>2</sup>.

## KEHITYSSUUNTIA

Peruslevyn sitkeys voidaan saada erittäin hyväksi, mutta sitkeydet hitsin muutosvyöhykkeellä ovat aina oleellisesti peruslevyä heikommät, kuva 11. Usein hitsaus joudutaan suorittamaan erittäin vaikeissa "kenttäolosuhteissa" (esim. arktinen ja offshore- rakentaminen), jolloin teräksen hitsattavuus ja hitsiliitoksen hyvien ominaisuuksien saavuttaminen aiheutta-



**Kuva 11.** Hitsin muutosvyöhykkeen sitkeysominaisuudet ovat aina peruslevyä selvästi heikommät (kuvasa COD kokeen tuloksia perusaineesta ja muutosvyöhykkeeltä)  
**Fig. 11.** The toughness properties in the heat affected zone are never as good as in the base plates (Figure shows some results of the COD tests).

vat entistä suuremmat vaatimukset. Tämän vuoksi tulevaisuuden terästen tulee sallia yhä enemmän erilaisia valmistus-, käyttö- ja korjausolosuhteita. Rakenneterästen kehittämissä onkin tällä hetkellä keskeisenä ominaisuuksien edelleenparantaminen jo saavutetuilla lujustasolla.

Mikroesterästen kehitystyössä on viime kädessä määrävänä raha ja taloudellisuus. Käyttäjän kannalta selvää säästöä syntyy vapausasteista ja monipuolisista ominaisuuksista, joita mikroesterästen tarjoaa. Jotta suunnittelija voi täysin käyttää hyväkseen mikroesterästen ominaisuudet, hänen on kuitenkin tiedettävä nykyaikaisen hitsatun teräsrakentamisen perusteet: hitsiliitoksessa ei saavuteta peruslevyn ominaisuuksia ja hitsattuun rakenteeseen jää jopa myötörajan suuruisia jäännösjännityksiä. Kun suunnittelija ja käyttäjä selvittävät itselleen nämä kaksi asiaa on turvallista käyttää mikroesteräksiä, jotka joka suhteessa ovat ylivoimaisia C-Mn -teräksiin verrattuna.

## SUMMARY

### MICROALLOYED STEELS AND THEIR PHYSICAL METALLURGY

Microalloying elements are added to steels to improve properties. Al, Nb, V and Ti are the most common of these elements used in concentrations below 0,1 %. Their strong effects are based on their high affinity to react upon nitrogen and carbon to form nitrides and carbides. The main effects of the microalloying elements are precipitation strengthening and grain refinement. Each of the elements has its own special character. Therefore their influences can not be summarized and they cannot replace each other directly. The development of steels is toward decreasing carbon and impurity contents to meet the future demands. The strength level is achieved by microalloying and/or special treatments instead of carbon. The tough and easily weldable steels with low carbon equivalent are suitable for arctic and offshore constructions as well as for high quality steels for general purposes.

# Kaasufaasipinnoitus ja sen tutkiminen Tampereen teknillisen korkeakoulun materiaaliopin laitoksella

Tekn.lis. Reijo Ahlroth ja professori Pentti Kettunen, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Materiaaliopin laitos

Materiaalien kehitystyössä erilaisten pinnoitteiden ja uusien pinnoitusmenetelmien käyttö on voimakkaasti laajenemassa. Aina ei ole mielekästä valmistaa jotakin osaa tai laitetta läpikotaisin samasta, esimerkiksi joko korroosiota tai kulumista kestävästä materiaalista. Usein riittää, kun materiaalin pinnan ominaisuudet saadaan näitä vaatimuksia vastaaviksi. Tällöin rakenteen perusmateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi lujuus- tai sitkeysvaatimukset paremmin täyttäviä materiaaleja. Näin ollen rakenteet voidaan paremmin optimoida sekä lujuusvaatimuksia että ympäristön asettamia vaatimuksia vastaaviksi. Tässä suhteessa riittävän hyvälaatuisten pinnoitteiden muodostamiseksi kaasufaasipinnoitusmenetelmät tarjoavat monia uusia mahdollisuuksia.

## KAASUFAASIPINNOITUS

Kaasufaasipinnoitus on menetelmänä uusi, vaikka sen perusteet ovat olleet tunnettuja jo useita vuosikymmeniä. Kehittyneissä teollisuusmaissa kaasufaasipinnoitusmenetelmät ovat jo laajassa teollisessa käytössä. Suomessa ne ovat vasta tulossa teolliseen käyttöön, joskin eräitä laitteita on jo tuotannollisessa toiminnassa.

Kaasufaasipinnoitus jaetaan kahteen pääluokkaan, kemialliseen kaasufaasipinnoitukseen (chemical vapour deposition) eli CVD-menetelmään ja fysikaaliseen kaasufaasipinnoitukseen (physical vapour deposition) eli PVD-menetelmään. Kummassakin tapauksessa kiinteä pinnoite muodostetaan kaasumaisista lähtöaineista. Erona menetelmien välillä on se, että CVD-menetelmässä pinnoite muodostuu kemiallisen reaktion välityksellä ja PVD-menetelmässä pinnoitemateriaali siirtyy kaasufaasin kautta pinnoitettavalle alustalle. Käytännössä jako ei kuitenkaan ole näin selvä.

### — Kemiallinen kaasufaasipinnoitus, CVD

CVD-menetelmässä kiinteä pinnoite muodostetaan kaasumaisista lähtöaineista kemiallisen reaktioiden välityksellä. Tähän reaktioon käytettävät lähtöaineet voivat olla kaasumaisia tai nesteistä ja kiinteistä aineista höyrystettyjä, jotka kuljetetaan kantajakaasun avulla reaktiokammioon. Kantajakaasuna voidaan käyttää esimerkiksi argonia ja vetyä. Kantajakaasu ja lähtöaineet eivät reagoi vielä niitä kammioon johdettaessa, mutta kammion kohotetussa lämpötilassa lähtöaineet aktivoituvat termisesti, jolloin kemialliset reaktiot ovat mahdollisia pinnoitteen muodostumiseksi. Pinnoitteen kasvua ja rakennetta voidaan sitten säädellä pinnoituslämpötilan, lähtöaineiden koostumuksen ja osapaineiden sekä kaasun virtausnopeuden avulla.

Tavallisesti CVD-pinnoitusta käytetään metallipinnoitteiden ja metalliyhdistepinnoitteiden muodostamiseksi. Metalliyhdistepinnoitteista karbidit, nitridit ja oksidit ovat tärkeim-

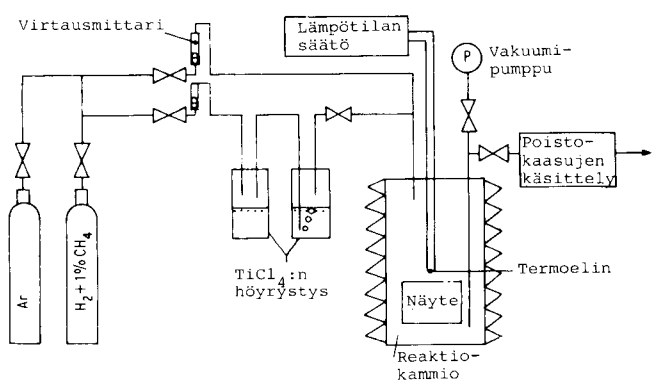
**Taulukko I.** CVD-menetelmällä muodostettavat metalli- ja metalliyhdistepinnoitteet /2/.

**Table I.** Summary of metal and metal compound coatings producible by CVD.

Metallit	Cu, Be, Al, Ti, Zr, Hf, Th, Ge, Sn, Pb, V, Nb, Ta, As, Sb, Bi, Cr, Mo, W, U, Re, Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Os, Ir, Pt
Grafiitti ja karbidit	B <sub>4</sub> C, SiC, TiC, ZrC, HfC, ThC, ThC <sub>2</sub> , VC, NbC, TaC, Ta <sub>6</sub> C <sub>5</sub> , CrC, Cr <sub>4</sub> C, Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> , MoC, Mo <sub>2</sub> C, WC, W <sub>2</sub> C, V <sub>2</sub> C <sub>3</sub> , VC <sub>2</sub>
Nitridit	BN, TiN, ZrN, VN, NbN, TaN
Boori ja boridit	B, AlB <sub>2</sub> , TiB <sub>2</sub> , ZrB <sub>2</sub> , ThB <sub>4</sub> , ThB, NbB, TaB, MoB, Mo <sub>3</sub> B <sub>2</sub> , WB, Fe <sub>2</sub> B, FeB, NiB, Ni <sub>3</sub> B <sub>2</sub> , Ni <sub>2</sub> B
Pii ja silisidit	Si ja seuraavien metallien eri silisidit: Ti, Zr, Nb, Mo, W, Mn, Fe, Ni, Co
Oksidit	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> , ZrO <sub>2</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SnO <sub>2</sub>

mät. Taulukossa I esitetään laaja joukko erilaisia pinnoitteita, joita voidaan muodostaa CVD-menetelmällä. Pinnoitteesta riippuen pinnoituslämpötila vaihtelee alueella 300 — 1500° C /1/.

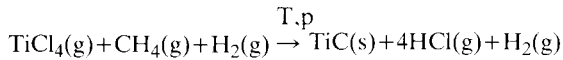
Tarkastelkaamme esimerkkinä TiC-pinnoitteen muodostamista CVD-menetelmällä, joka esitetään kaaviollisesti kuvassa 1. Pinnoitettava alustamateriaali lämmitetään noin 1000°



**Kuva 1.** CVD-laitteisto kaaviollisesti.

**Fig. 1.** CVD process schematically.

C:n lämpötilaan reaktiokammiossa, jonka läpi johdetaan höyrystetyn titaanitetrakloridin, vedyn ja metaanin muodostama kaasuseos. Kokonaisreaktio TiC:n muodostuksessa on tällöin



Muodostuvan TiC:n kovuus vaihtelee prosessiparametreista riippuen alueella HV 2000...5000. Tällaisen erittäin kovan pinnoitteen muodonmuutoskyky huoneenlämpötilassa on melko vähäinen, murtovenymän ollessa vain 1...2 %. TiC-pinnoitteen optimipaksuus kulumiskestävyyttä vaativissa kohteissa on vain 5...15 µm.

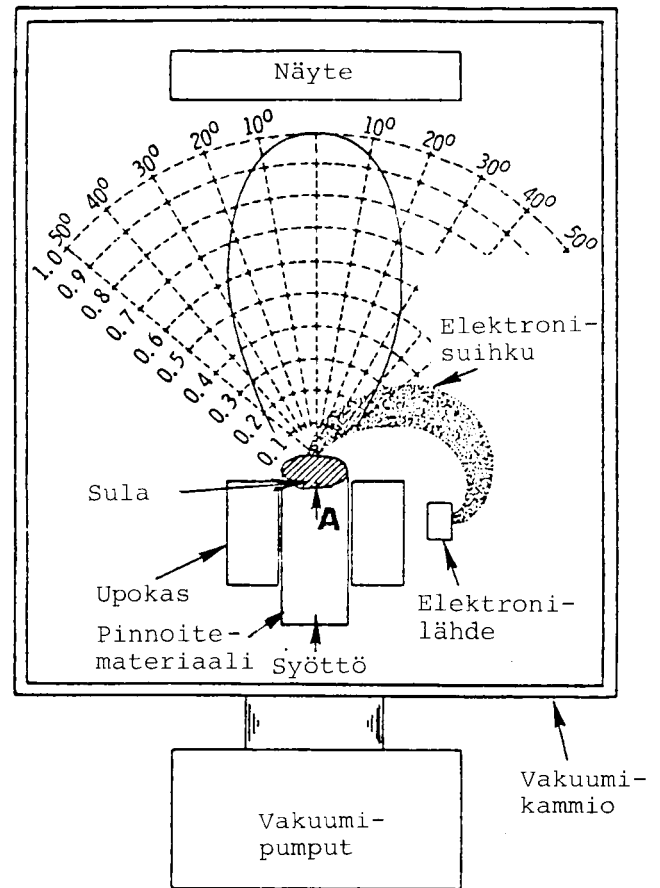
CVD-pinnoitteen peittokyky on hyvä ja pinnoite muodostuu tasaisena kerroksena myös alustan särmäkohtiin ja varjoalueille sekä tunkeutuu reikiin. Menetelmän heikkoutena on suhteellisen korkeat pinnoituslämpötilat, mikä tekee monien matalalla sulavien materiaalien CVD-pinnoituksen mahdottomaksi.

#### — Fysikaalinen kaasufaasipinnoitus, PVD

PVD-menetelmät jaetaan puolestaan kolmeen alaryhmään, höyrystykseen, ionipinnoitukseen ja sputterointiin. Näistä menetelmistä on edelleen kehitetty lukuisia muunnoksia ja alaryhmiä.

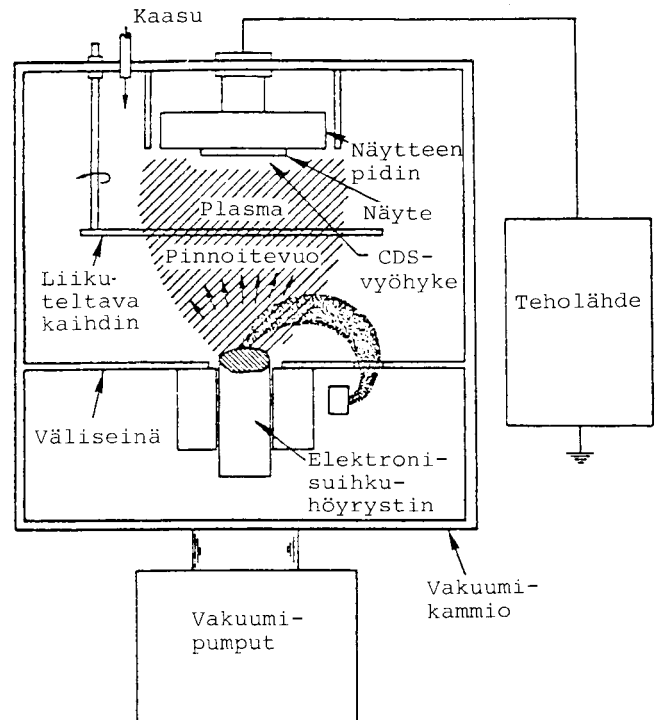
Höyrystyksessä pinnoitemateriaali höyrystetään vakuumiin sähköisellä vastuskuumennuksella tai elektronisuihkulla. Höyrystetyt atomit siirtyvät sopivasti asetetulle näytealustalle. Höyrystyslaitteisto esitetään kaaviollisesti kuvassa 2.

Ionipinnoituksessa pinnoitemateriaali irrotetaan kuten höyrystyksessäkin, mutta matkallaan näytealustalle atomit joutuvat kulkemaan plasman läpi. Tällöin höyrystetyt atomit ionisoituvat osittain. Ionisoituneet pinnoiteatomit yhdessä plasmassa ionisoituneiden jalokaasuionien kanssa törmäävät negatiivisessa potentiaalissa olevalle näytealustalle. Kaasuionien tehtävänä on irrottaa näytealustalta atomeja ja näin puhdistaa sitä varsinkin kaasumaisista ja keveistä epäpuhtausatomeista. Tämän jatkuvan puhdistuksen avulla voidaan pinnoitteen tarttuvuutta parantaa ja epäpuhtauksien pitoisuutta pienentää. Kaaviollinen esitys ionipinnoituslaitteistosta nähdään kuvassa 3.



Kuva 2. Elektronisuihkukuumennuksella toimiva vakuumi-höyrystyslaitteisto kaaviollisesti [3/].

Fig. 2. Schematic layout of a vacuum evaporation process.



Kuva 3. Ionipinnoituslaitteisto kaaviollisesti [3/].

Fig. 3. Schematic layout of an ion plating process.

Sputterointitekniikassa (kuva 4) plasmassa ionisoidut positiiviset jalokaasuionit törmäävät pinnoittemateriaalista valmistetulle negatiiviselle katodikohtiolle ja irrottavat siitä pinnoittemateriaaliatomeja, jotka kulkeutuvat näytealustalle. Sputterointia voidaan tehostaa käyttämällä magneetreja, joiden avulla voidaan ohjata plasmassa olevien elektronien liikeratoja ja saada aikaan tehokkaampi jalokaasuatomien ionisaatio pienellä kaasunpaineella. Tämä johtaa puolestaan suurempaan pinnoitteen kasvunopeuteen. Rf-taajuisten (13.56 MHz) vaihtojännitteen käyttö sputteroinnissa tekee mahdolliseksi jopa eristemateriaalin käyttämisen pinnoittemateriaalina. Tämä perustuu siihen, että sputteroinnissa eristekohtio varautuu positiivisesti ja tämä varaus voidaan purkaa vastakkaismerkkisen jännitejakson aikana.

Sputterointipinnoitus on hyvin monipuolinen pinnoitusmenetelmä, koska sen avulla voidaan lähes kaikkia kiinteitä materiaaleja pinnoittaa toisilla kiinteillä materiaaleilla, vaikkapa muoveja voidaan pinnoittaa metalleilla ja päinvastoin.

Reaktiivisella sputteroinnilla tarkoitetaan menetelmää, jolla voidaan muodostaa yhdistepinnoitteita sputteroinnalla puhtaita metalleja ja laskemalla samanaikaisesti pinnoituskammi-oon pieniä määriä reaktiivista kaasua. Tällaisia reaktiivisia kaasuja ovat tavallisesti  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$  ja  $H_2$ , jotka reagoivat sputteroitujen pinnoiteatomien kanssa ja muodostavat vastavia yhdisteitä. Tällöin pinnoitteen koostumusta voidaan säädellä reaktiivisen kaasun ja sen osapaineen avulla. Esimerkiksi saman pinnoitusprosessin aikana voidaan puhtaasta titaani-kohtiosta lähtien saada Ti-, TiC-, Ti(C,N)- ja TiN-pinnoitteita.

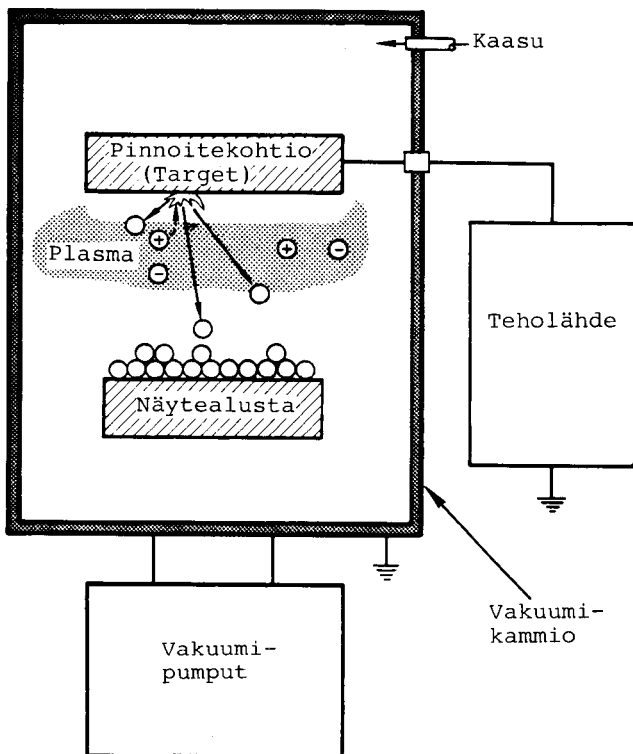
PVD-pinnoitusmenetelmien etuna on, että voidaan muodostaa mitä erilaisimpia pinnoite/alusta-yhdistelmiä eikä pinnoitettavaa alustamateriaalia tarvitse välttämättä kuumentaa lainkaan. PVD-pinnoitteiden peittokyky ei ole yhtä hyvä kuin CVD-pinnoitteiden. Pinnoitteen muodostuminen varjoalueille ja reikiin on melko vähäistä. Sputteroinnissa ja ionipinnoi-

tuksessa pinnoitteiden tarttuvuus saadaan hyväksi, kun niissä voidaan myös pinnoitettavaa alustaa puhdistaa ionipommituksella.

PVD-pinnoitteen kasvunopeudet riippuvat voimakkaasti käytetystä menetelmästä ja pinnoittemateriaalista. Höyrystyksessä ja ionipinnoituksessa pinnoitteen kasvunopeus vaihtelee alueella 1...1000  $\mu\text{m/h}$  ja sputteroinnissa alueella 0.1...60  $\mu\text{m/h}$ . Tavallisimmin PVD-menetelmillä muodostettujen pinnoitteiden paksuudet ovat alueella 1...20  $\mu\text{m}$  ja erikoistapauksissa jopa 50  $\mu\text{m}$ . Tartunta- ja välikerrokset sensijaan voivat olla hyvinkin ohuita, 0.1  $\mu\text{m}$ :n suuruusluokkaa.

## TAMPEREEN TEKNILLISEN KORKEAKOULUN MATERIAALIOPIN LAITOKSEN PINNOITETUTKI- MUS

Kaasufaasi-pinnoitusmenetelmien ja sovellutuskohteiden tutkiminen Materiaaliopin laitoksella alkoi vuonna 1973. Ensimmäisenä vaiheena rakennettiin erilaisia laitteistoja CVD-menetelmällä suoritettavia pinnoituksia varten. Keskeisimmällä sijalla CVD-pinnoituksessa on ollut kulumista kestävien TiC-, TiN- ja Ti(C, N)-pinnoitteiden muodostaminen erilaisen terästen pinnalle. Alustamateriaaleina on käytetty pääasiassa rautapohjaisia materiaaleja erilaisilla koostumuksilla aina niukkahiilisisistä teräksistä valurautoihin saakka. Tässä suhteessa ilmaan karkenevat työkaluteräksset ovat varsin käyttökelpoisia, koska ne voidaan karkaista pinnoitekammiassa pinnoituksen jälkeisessä jäähtytyksessä. Alustamateriaalin yhtenä tehtävänä on juuri riittävän tuen antaminen hauraille ja koville kulumista kestäville pinnoitteille ja tässä suhteessa karkaistu rakenne sopii hyvin alustaksi. Kuvassa 5 nähdään esimerkki CVD-menetelmällä muodostetusta TiC-pinnoitteesta työkaluteräksen pinnalla.



**Kuva 4.** Sputterointilaitteisto kaaviollisesti /3/.  
**Fig. 4.** Schematic layout of a sputter coating process.



**Kuva 5.** CVD-menetelmällä muodostettu TiC-pinnoite työkaluteräksen pinnalla.  
**Fig. 5.** TiC coating produced by CVD on a tool steel.



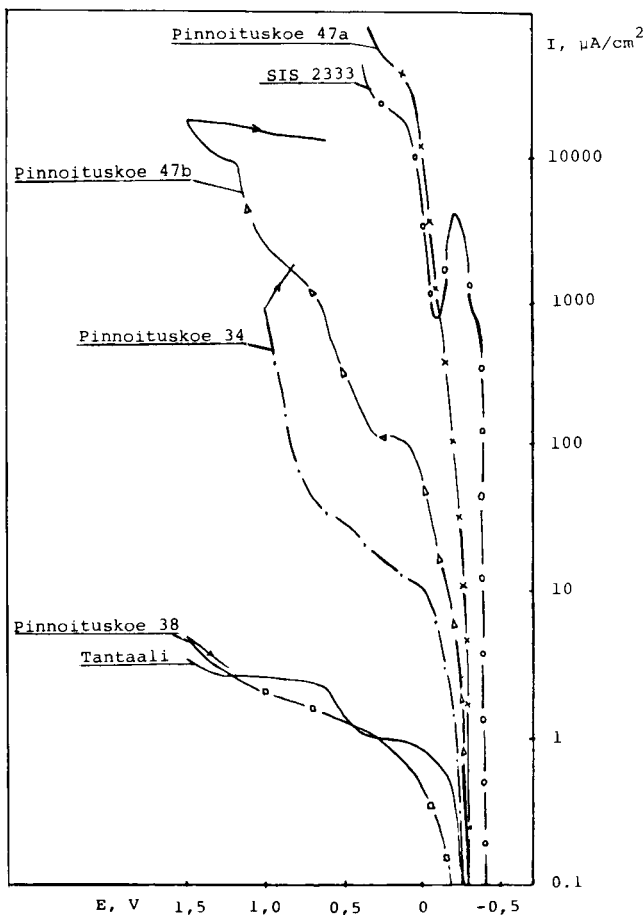
Toisena CVD-menetelmän soveltamisalueena on ollut korroosiota kestävien Ta- ja Ti-pinnoitteiden muodostaminen terästen pinnalle. Näiden pinnoitteiden yhteydessä on usein käytettävä sopivia välikerroksia, esimerkiksi TiC tai TiN, jotta teräksen hiili ei muodostaisi karbideja varsinaisen Ti- tai Ta-pinnoitteen kanssa. Kuvassa 6 esitetään Ta-levylle, pinnoittamattomalle ja CVD-menetelmällä Ta-pinnoitetulle teräkselle SIS 2333 1 M suolahapossa mitatut anodiset polarisaatiokäyrät. Kuvasta havaitaan, että eri pinnoitusolosuhteissa muodostetun pinnoitteen rakenne vaikuttaa voimakkaasti Ta-pinnoitteen polarisaatiokäyrään. Parhaimmillaan Ta-pinnoitetun teräksen polarisaatiokäyrä lähes yhtyy puhtaan Ta-levyn polarisaatiokäyrään. Epäedullisissa pinnoitusolosuhteissa Ta-pinnoitteen polarisaatiokäyrä sijoittuu teräksen ja puhtaan Ta-levyn polarisaatiokäyrien väliin, kuten esimerkiksi kokeissa 34 ja 47b muodostetut Ta-pinnoitteet osoittavat. Kokeiden 34 ja 47b pinnoitteiden polarisaatiokäyrien takaisinajo ilmaisee voimakkaan rakokorroosion läsnäolosta, mikä aiheu-

tuu pinnoitteen rakennevirheistä mm. huokoisuudesta. Tämän mukaan pelkän pinnoitteen aikaansaaminen ei riitä onnistuneen pinnoiteratkaisun saavuttamiseksi, vaan myös pinnoitteen sisäinen rakenne täytyy hallita.

Uusimpana CVD-menetelmän kehitysvaiheena Materiaaliopin laitoksella on rakennettu laitteisto  $Al_2O_3$ -pinnoitteen muodostamiseksi alipaineessa. Kuvassa 7 nähdään CVD-menetelmällä kuparin pinnalle muodostettua  $Al_2O_3$ -pinnoitetta.

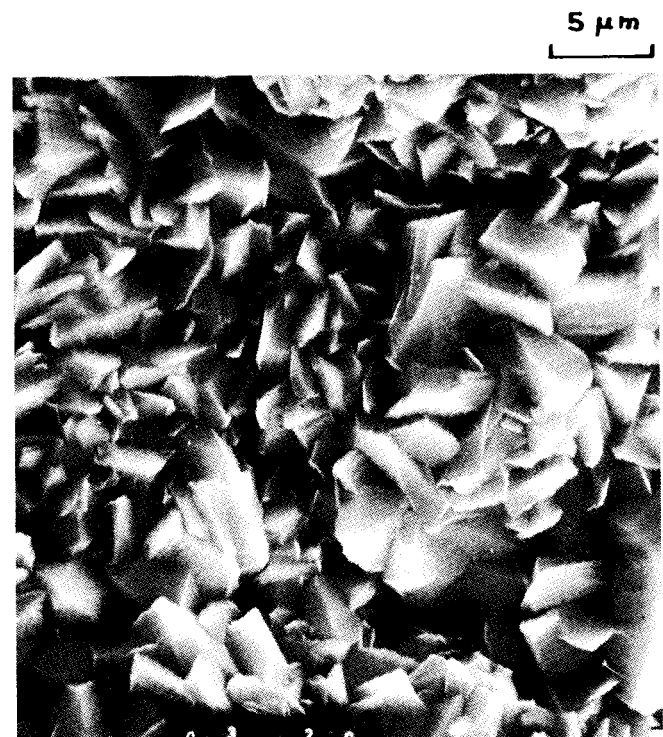
Suurimman CVD-pinnoituskammion koko on  $\varnothing 550$  mm,  $H = 800$  mm, mikä samalla asettaa ylärajan pinnoitettavan kappaleen koolle.

PVD-menetelmällä suoritettava pinnoitetutkimus Materiaaliopin laitoksella alkoi vuonna 1978 ja vuonna 1981 laitokselle saatiin pieni rf.-sputterointilaitte. Sillä voidaan muodottaa metalli- ja metalliyhdistepinnoitteita metallien, keraamien ja muovien pinnalle. Sillä voidaan suorittaa rajoitetusti myös reaktiivisia sputterointipinnoituksia ja pinnoituksia kuumentulle näytealustalle. Pinnoitettavan kappaleen suurin koko on tällä hetkellä  $\varnothing 100$  mm. Parhailaan on kuitenkin työn alla suuremman ja tehokkaamman rf.-sputterointilaitteen rakentaminen, mikä saataneen valmiiksi vuoden 1983 aikana. Laitoksella on lisäksi pieni dc-sputterointilaitte sekä vakuumihöyrystyslaitte, joita käytetään lähinnä elektronimikroskooppi-



**Kuva 6.** Anodiset polarisaatiokäyrät 1 M suolahapossa teräkselle SIS 2333, puhtaalle tantaalille ja erilaisissa koeolosuhteissa CVD-menetelmällä tantaalipinnoitetulle SIS 2333-teräkselle. Koelämpötila on 30° C.

**Fig. 6.** Anodic polarization curves in 1 M HCl for SIS 2333 steel, pure tantalum and tantalum coated SIS 2333 steel using different process parameters. Test temperature was 30° C.



**Kuva 7.** CVD-menetelmällä kuparin pinnalle muodostetun  $Al_2O_3$ -pinnoitteen pintarakennetta.

**Fig. 7.** Typical surface structure of  $Al_2O_3$  coating produced by CVD on copper.

näytteiden pinnoittamiseen. Tarvittaessa niitäkin voidaan käyttää pinnoitetutkimuksiin. Kuvassa 8 näemme esimerkin sputteroimalla valmistetusta TiC-pinnoitteesta.



**Kuva 8.** Reaktiivisella rf-sputteroinnilla muodostettu TiC-pinnoite W-langan pinnalla. Pinnoituslämpötila 900° C.

**Fig. 8.** TiC coating produced by reactive rf-sputtering on W fibre at 900° C.

Pinnoitetutkimukseen liittyen Materiaaliopin laitoksella on hyvät korroosio- ja kulumismittauslaitteet. Pinnoitteiden rakennetutkimukseen ja analysointiin on käytettävissä scanningelektronimikroskoopi varustettuna WDS- ja EDS-analysointilaitteilla.

Yhteenvetona kaasufaasipinnoitusmenetelmien käytöstä voidaan todeta niiden soveltuvan kitkaa, kulumista, korroosiota ja eroosiota pienentävien pinnoitteiden muodostamiseksi. Lisäksi näitä pinnoitusmenetelmiä voidaan käyttää erilaisten johde- ja eristekerrosten sekä optisten pinnoitteiden muodostamiseen. Sopivan pinnoiteratkaisun löytäminen edellyttää alustamateriaalin, käyttöolosuhteiden ja -ympäristön asettamien vaatimusten huomioimista ja yhteensovittamista. Usein riittää yksi pinnoitekerros, mutta eräissä tapauksissa onnistuneen ratkaisun saavuttaminen edellyttää erilaisten välikerrosten käyttöä.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Yee, K. K., *Int. Met. Rev.* 23 (1978) 19—42.
2. Hintermann, H. E. ja Gass, H., *Schweitzer Archiv* 33 (1967) 157.
3. Bunshah, R. F., Course notes "Films and Coatings for Technology", The Swedish National Board for Technical Development, 22.—26.6.1981. Söderköping, Sweden.

## SUMMARY

### PHYSICAL AND CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION PROCESSES AND RELATED RESEARCH WORK AT THE INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE OF TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

The general principles and techniques of the modern coating processes chemical vapour deposition (CVD) and physical vapour deposition (PVD) are discussed in the present review together with the applications of the coating processes. Research work on CVD and PVD processes done at the Institute of Materials Science of Tampere University of Technology and typical results are presented. Furthermore the effect of the structure of the coating on the properties of the coating and composite is emphasized. As an example of the application of coating processes into improvement of corrosion resistance of materials, the potentiostatic polarization curves of a tantalum coated stainless steel are presented.

## KEMIAN PÄIVÄT KEMIDAGARNA 83

Suomen Kemian Seuran järjestämä maamme kemian vuosikatselmus, Kemian Päivät, pidetään tänä vuonna 2.—4. marraskuuta. Luentopaikkoina ovat Teknillinen korkeakoulu ja Dipoli Otaniemessä. Kemian Päivistä on vuosien saatossa muodostunut laaja valtakunnallinen tapahtuma. Vuonna 1982 osanottajia oli n. 1 500, ja sen lisäksi n. 2 000 kävijää tutustui laajamittaiseen alan näyttelyyn.

Kemian Päivien ohjelma julkaistaan *Kemia — Kemi* -lehdessä syyskuussa, jolloin myös ilmoittautumislomakkeita on saatavissa. Lisätietoja ohjelmasta sekä ilmoittautumislomakkeita saa myös Suomen Kemian Seuran toimistosta, Pohj. Hesperiankatu 3 B 10, 00260 Helsinki 26, puh. 90-408762 tai 90-408 022/Öster.

## METEC JA THERMPROCESS SIIRTYNEET VUODELLA ETEENPÄIN

Düsseldorfin Messujen ohjelmaan kulvana vuonna 14.—20.5. yhdessä järjestettäväksi merkityt Metallurgisen teknologian kansainväliset messut ja kongressi, METEC, sekä Teollisuusunionien ja lämpöteknisten tuotantoprosessien näyttely ja kongressi, THERMPROCESS, on siirretty tapahtuvaksi GIFA 84:n, kansainvälisten valimoalan messujen ja kongressin yhteydessä tulevana vuonna 1984, 22.—28. kesäkuuta. Syynä ovat terästeollisuuden kansainvälisessä organisaatiossa odotettavissa olevat muutokset ja vallitseva lama-aika.

## EERO MÄKINEN — ANSIOMITALIEN JAKO 25.3.1983

### Vuorineuvos Jorma Bruno Honkasalo

Vuorimiesyhdistyksen hallitus on päättänyt myöntää Eero Mäkinen -ansiomitalin vuorineuvos Jorma Honkasalolle hänen ansiokkaasta toiminnastaan maamme vuoriteollisuuden ja Vuorimiesyhdistyksen hyväksi.

Jorma Honkasalo valmistui diplomi-insinööriksi Åbo Akademista v. 1939. Vuonna 1978 hänelle myönnettiin Åbo Akademian kemiallis-teknillisen tiedekunnan kunniaohtorin arvo, ja vuonna 1981 Teknillisen korkeakoulun kunniaohtorin arvo. Vuorineuvoksen arvo Jorma Honkasalolle myönnettiin v. 1982.

Jorma Honkasalo aloitti vuorimiesuransa Petsamon Nikkeli Oy:ssä v. 1943 ja toimi myöhemmin 1940-luvulla KTM:n Otanmäkitoimiston metallurgina.

V. 1949 Jorma Honkasalo siirtyi Outokumpu Oy:n palvelukseen tehtävään jatkuvan metallurgisen tutkimuksen ja kehitystoiminnan aloittaminen. Myöhemmin hän toimi yhtiön metallurgina sekä tutkimus- ja kehitystoimen johtajana vuodesta 1955. Johtokunnan jäsenenä Honkasalo oli vuodesta 1967 vuoteen 1980 ja vv. 1980—1982 Outokumpu Oy:n päätoimisena hallituksen puheenjohtajana.

Vuorineuvos Honkasalo on ollut Outokumpu Oy:n tutkimus- ja kehitystoimen johdossa viimeisten 25 vuoden aikana, jolloin sillä alueella on tapahtunut huomattava laajeneminen. Hänen työpanoksensa on ollut keskeinen sekä metallurgisten prosessien kehittämisessä että uusien laitosten rakentamisessa Harjavallan, Kokkolan ja Tornion tehtailla.

Outokumpu Oy:n laajassa metallurgisten menetelmien know-how-viennissä Jorma Honkasalo on ollut mukana siitä lähtien, kun hän oli neuvottelemassa Japanissa ensimmäisestä liekkisulatusta koskevasta lisenssisopimuksesta v. 1954.

Laajaan kansainväliseen toimintaan liittyen Jorma Honkasalo on toiminut Neuvostoliiton ja Suomen välisen värimetallurgian alan teknillis-tieteellisen työryhmän puheenjohtajana vuodesta 1973 alkaen ja sittemmin yhdistetyn tieteellis-teknisen ja taloudellisen työryhmän puheenjohtajana.

Vuorineuvos Honkasalo on monella tavalla edesauttanut Vuorimiesyhdistyksen toimintaa ja on 1950-luvulla ollut metallurgijaoston varapuheenjohtajana sekä tutkimusvaltuuskuntaa perustettaessa sen varajäsenenä. Lisäksi hän on ollut Vuoriteollisuuslehden päätoimittajana.

### Professori Aimo Kustaa Mikkola

Vuorimiesyhdistyksen hallitus on päättänyt myöntää Eero Mäkinen -ansiomitalin professori Aimo Mikkolalle hänen ansiokkaasta toiminnastaan Vuorimiesyhdistyksen ja maamme vuoriteollisuuden hyväksi.

Aimo Mikkola suoritti filosofian kandidaatin tutkinnon Helsingin yliopistossa v. 1944 ja väitteli filosofian tohtoriksi Peräpohjolan geologiasta v. 1949.



Vuorineuvos Jorma Honkasalo, oikealla, vastaanottaa yhdistyksemme puheenjohtajan, DI Olli Hermosen, onnitellut toisen palkitun, professori Aimo Mikkolan, seurattua tyytyväisin ilmein tapahtumaa.

Aimo Mikkola toimi 1940-luvulla pääasiassa Geologisen tutkimuslaitoksen geologina päätyönään Vihannin kiisuesiintymän kenttätutkimukset. Vuodesta 1950 alkaen hän työskenteli neljä vuotta Yhdysvalloissa ensin tutkijana Harvardin yliopistossa ja sen jälkeen geologina Vermont Copper Company'ssa. Suomeen palattuaan Mikkola vastasi Outokumpu Oy:n Vihannin kaivoksen geologiasta vuoteen 1958, jolloin hänet nimitettiin Teknillisen korkeakoulun taloudellisen geologian professoriksi.

Vuorimiesten pitkäaikaisena kouluttajana, asiantuntijana ja esitelmöitsijänä sekä monilla geologian alan julkaisuillaan on Aimo Mikkola merkittävästi edistänyt maamme vuoriteollisuutta. Hänen asiantuntemustaan on käytetty mm. Suomen Malmi Oy:ssä, jonka johtokunnan puheenjohtajana hän toimi yli 10 vuotta. Työnsä ohessa Mikkola on lisäksi ansioitunut lukuisissa tieteellisissä ja ammatillisissa yhdistyksissä, joista merkittävimpana on mainittava Vuorimiesyhdistys.

Vuorimiesyhdistyksen piirissä Aimo Mikkola on tehnyt mittavan työn. Vuosina 1963—1965 hän on ollut geologijaoston puheenjohtajana ja tutkimusvaltuuskunnan geologisen toimikunnan puheenjohtajana 1970-luvun alusta vuoteen 1978, jolloin hänet valittiin yhdistyksen varapuheenjohtajaksi. Vuorimiesyhdistyksen puheenjohtajana professori Mikkola toimi vv. 1979—1981.

Aimo Mikkola on toiminnallaan Vuorimiesyhdistyksen puheenjohtajana vaikuttanut sen kaikinpuoliseen kehittämiseen ja yhdistyksen yhtenäisyyden säilyttämiseen. Tutkimusvaltuuskunnan toimintamuotojen pitkä muutos- ja uudistusprosessi saatettiin loppuun Mikkolan puheenjohtajakaudella. Näin luotiin toimintakelpoinen järjestelmä yhteiselle geologiselle, kaivosteknilliselle ja prosessiteknilliselle tutkimustoiminnalle.

## Tutkinnon rakenne kaivostekniikan ja metallurgian koulutusohjelmassa

Tekn.yo Hannu Kuikka ja tekn.yo Sari Salo, Teknillinen korkeakoulu, Otaniemi

Vuonna 1979 astui Suomessa voimaan tutkinnonuudistus, joka yhdenmukaisti kaikki korkeakoulutasoiset tutkinnot. Uudistus merkitsi melko suuria muutoksia myös diplomi-insinöörin tutkintoon. Ensimmäiset uuden tutkintosäännön mukaan opiskelevat teekkarit aloittavat diplomityönsä teon ilmeisesti jo tämän kevään kuluessa. Tästä syystä Vuoriteollisuusosaston opintotoimisto haluaa valottaa alan insinöörikunnalle uuden tutkinnon rakennetta ja siihen liittyvää termistöä sekä uudistuksen vaikutusta tulevien kaivos- ja metallurgi-insinöörien koulutukselliseen taustaan.

### UUTEEN TUTKINTOON LIITTYVIÄ KÄSITTEITÄ

Seuraavassa on lyhyesti esitetty uuteen tutkintoon liittyvien termien sisältö ja vastine vanhassa tutkinnossa sekä termeistä käytettävät lyhenteet.

koulutusyksikkö	= korkeakoulu
koulutusohjelma	= osaston opiskelijoille tarjolla oleva perusopetuksen tavoitteiden mukaisesti suunniteltu opetus
suuntautumisvaihtoehto	= koulutusohjelman osa-alue, vastaa lähinnä vanhoja diplomityöhön johdattelevia kursseja
opintojakso	= tavoitteellinen opintokokonaisuus, vastaa lähinnä entisiä kursseja
opintoviikko	= opintojakson laajuuden mitta, vastaa entistä suoritus pistettä
malliohjelma	= opetuksen suunnittelua ja valintoja ohjaava opinto-ohjelman malli

### Lyhenteet

ko	koulutusohjelma
oj	opintojakso
ov	opintoviikko
sve	suuntautumisvaihtoehto
sk	syventymiskohde
Y	yleisopinnot
A	aineopinnot
S	syventävät opinnot
L	liseniaattitason opinnot

### TUTKINNON YLEINEN RAKENNE

Uuden tutkinnon laajuus on 180 opintoviikkoa (160 ov + diplomityö) eli käytännössä sama kuin aikaisemminkin. Koulutusohjelma koostuu yleisopinnoista, aineopinnoista, syventävistä opinnoista sekä harjoittelusta, jotka puolestaan koostuvat opintojaksoista laajuudeltaan 0.5—10 ov. Opintojaksot ovat pakollisia tai vaihtoehtoisia, minkä lisäksi aine- ja syventäviin opintoihin sisältyy vapaasti valittavia opintojaksoja 5—15 ov.

40 ov. Aineopinnoita on vähintään 70 ov, joista kaikille yhteisiä vähintään 40 ov ja loput suuntautumisvaihtoehtoisia. Aineopinnoista osa voi olla keskenään vaihtoehtoisia. Syventäviä opintoja tulee olla vähintään 35 ov. Syventäviin opintoihin kuuluu ainakin kaksi noin 10 ov laajuista syventymiskohdetta, sekä 20 opintoviikon laajuinen diplomityö.

Harjoittelua sisältyy tutkintoon 2—10 ov.

Koulutusohjelman yhteiset opinnot vastaavat lähinnä vanhan tutkinnon perusainetta. Suuntautumisvaihtoehdon aineopinnot koostuvat suuntautumisvaihtoehdon perusopintojaksoista sekä sitä läheisesti sivuavista aineista. Syventymiskohde antaa syventävää tietoa jostakin suuntautumisvaihtoehdon ammatillisen tehtäväalueen keskeisestä ongelmakokonaisuudesta. Syventymiskohteen suorittaminen vastaa siis lähinnä pitkää ammattiainetta, joskin se saattaa keskittyä suppeampaan kokonaisuuteen.

### KAIVOSTEKNIIKAN JA METALLURGIAN KOULUTUSOHJELMA

Koulutusohjelman rakenne on esitetty kaavamaisesti viereisellä sivulla. Koulutusohjelma sisältää kolme suuntautumisvaihtoehtoa, jotka puolestaan sisältävät 3—4 syventymiskohdetta. Kaivostekniikan sve:n syventymiskohteet vastaavat aikaisempia saman nimisiä ammattiaineita. Prosessimetallurgian sk:t jakautuvat vanhaa termistöä käyttäen teoreettiseen ja sovellettuun metallurgiaan sekä korroosionestotekniikkaan ja fysikaalisen ja mekaanisen metallurgian sk:t siten, että kaksi ensimmäistä vastaa vanhaa metallioppia ja kolmas metallien muokkausta ja lämpökäsittelyä.

Kaivostekniikan ja metallurgian koulutusohjelmassa tulee opiskelijan ensimmäisen lukuvuoden lopulla valita itselleen suuntautumisvaihtoehto. Ensimmäisen syventymiskohteen, josta myös diplomityö tehdään, tulee kuulua opiskelijan valitsemaan suuntautumisvaihtoehtoon. Toinen syventymiskohde saa olla myös muusta suuntautumisvaihtoehdosta tai tietyin rajoituksin muulta osastolta.

Diplomityö ensimmäisestä syventymiskohteesta 20 ov			
Täysin vapaasti valittavia opintojaksoja 5-15 ov			
Koulutusohjelman suuntautumisvaihtoehdot			
	Kaivostekniikan sve	Prosessimetallurgian sve	Fysikaalisen ja mekaanisen metallurgian sve
Syventymiskohteet n. 10 ov ja niiden esitiedot	Taloudellisen geologian sk Sovelletun geofysiikan sk Louhintatekniikan sk Mineraalitekniikan sk	Metallurgisten prosessien teorian sk Metallurgisen prosessitekniikan sk Korroosionestotekniikan sk	Metalliseosten teorian sk Materiaalitieteen sk Metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn sk
Suuntautumisvaihtoehdon yhteiset aineopinnot 43.5-54.5 ov	Eriytyvät ensimmäisen sk:n mukaan ja sisältävät lisäksi sve:n syventymiskohteiden perusopintojaksot	Kemian, prosessimetallurgian, fysikaalisen metallurgian ja mineraalitekniikan perusopintojaksoja sekä vaihtoehtoisia oj:ja	Koneenelinopin, hitsauksen, valimotekniikan, prosessimetallurgian, fysikaalisen kemian ja sve'n perusopintojaksoja sekä vaihtoehtoisia oj:ja
Harjoittelua 2-5 ov			
Koulutusohjelman yhteiset aineopinnot väh. 40 v			
Matematiikkaa, taloustiedettä, lujuusoppia, työsuojelua, sähkötekniikkaa, työpsykologiaa, tietojenkäsittelyä, kemiaa, talousoikeutta sekä vaihtoehtoisia opintojaksoja			
Koulutusohjelman yleisopinnot 32 ov			
Matematiikkaa, fysiikkaa, kieliä, puheviestintää, teollisuustaloutta, koneenpiirustusta, tietojenkäsittelyä ja ympäristönsuojelutekniikkaa			

## VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANFÖRENINGEN r.y.:N VIIRI

Vuorimiesyhdistyksen hallitus toteutti vuonna 1982 taiteilija Kaisa Kiukkolan tekemän ehdotuksen pohjalta Vuorimiesyhdistyksen viirihankkeen. Viirissä on kuvattuna vaalealla pohjalla Vuorimiesyhdistyksen punaruskea tunnus.

Yhdistyksen viiri voidaan antaa sekä koti- että ulkomaiselle yhdistykselle, organisaatiolle tai henkilölle

- tunnustuksena yhdistyksen toiminnan ja sen tarkoitusten tukemisesta
- yhdistyksen lahjana merkkipäivän yhteydessä
- muistoesineenä yhdistyksen tai sen jaostojen kansainvälisen kanssakäymisen yhteydessä.

Viirin luovuttamisesta päättää yhdistyksen puheenjohtaja tai varapuheenjohtaja.



# Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.

## HALLITUKSEN TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1982

### Vuosikokous

Vuorimiesyhdistyksen sääntömääräinen 39. vuosikokous pidettiin Helsingissä 26. 3. 1982. Kokouksen avasi puheenjohtaja Aimo Mikkola katsauksella vuoriteollisuuden kehitykseen vuonna 1981.

Eero Mäkinen -ansiomitali myönnettiin TkL Heikki Aulangolle. Petter Forsström pris — Petter Forsström -palkinto jaettiin TkL Raimo Pulkkiselle ja prof. Martti Suloselle.

Yhdistyksen puheenjohtajaksi seuraavaksi toimikaudeksi valittiin DI Olli Hermonen ja varapuheenjohtajaksi TkT Krister Relander.

Virallisten kokousasioiden jälkeen kuultiin seuraavat esitelmät: Hallituksen puheenjoht. tekn.tri h.c. Jorma Honkasalo, Outokumpu Oy: "Suomen vuoriteollisuuden nousu ja merkitys 1900-luvulla" Ylijohtaja, prof. Kalevi Kauranne, Geologinen tutkimuslaitos: "Katsaus malmivaroihin ja malminetsintään"

Jaostot kokoontuivat iltapäivällä omien erikoisalojensa merkeissä. Illallistanssiaisissa ravintola Marskissa vastasi isännyydestä Outokumpu Oy.

### Toimihenkilöt

Yhdistyksen luottamustehtävissä ovat toimineet:

- puheenjohtajana DI Olli Hermonen
- varapuheenjohtajana TkT Krister Relander
- hallituksen jäseninä  
DI Georg Ehrnrooth  
DI Jorma Illi  
DI Matti Kilpinen  
TkT Kalevi Kiukkola  
DI Lauri Koivikko  
DI Kristian Lobbas  
FT Pentti Rouhunkoski  
DI Antti Tuomala  
TkT Kari Tähtinen
- rahastonhoitajana, 15. 5. 1982 asti TkL Heikki Aulanko, 16. 5.—30. 9. 1982 DI Olavi Paatsola ja 1. 10 1982 alkaen DI Pekka Sundquist
- sihteereinä DI Erkki Tyni ja DI Heikki Savolainen

### Yhdistyksen toiminta

Hallitus on kokoontunut toimintakauden aikana viisi kertaa. Kokouksissa ovat olleet läsnä myös jaostojen puheenjohtajat, rahastonhoitaja ja tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtaja.

Hallituksen kokouksissa käsitellyistä asioista mainittakoon erityisesti koulutus. Uusien ylioppilaiden kiinnostuksen lisääminen vuorialan opiskeluun on nähty tarpeelliseksi. Abiturienteille suunnatun tiedotuskampanjan suunnittelussa yhdistyksen edustajana on ollut DI Heikki Kivinen. Tekniikan alan täydennyskoulutustoimikunnalle on annettu lausunto toimikunnan toimenpide-esityksistä diplomi-insinöörien ja arkkitehtien täydennyskoulutuksen kehittämiseksi. Koulutus- ja julkaisu toiminnan alueella on sovittu Vuoriteknikot ry:n kanssa yhteistyön muodoista. Molemmipuolista koulutustilaisuuksiin osallistumista ja luennoitsijoina toimimista suositellaan jäsenistöille.

Yhdistyksen lehti Vuoriteollisuus — Bergshanteringen on ilmestynyt kaksi kertaa. Lehden päätoimittajana on toiminut professori Martti Sulonen ja toimitusneuvoston puheenjohtajana DI Matti Palperi.

Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja valmistui noin 800-sivuisena. Yhdistyksen viiri luovutettiin Outokummun kaivosmuseolle museon avajaisissa 13. 8. sekä eri tilaisuuksissa neljälle yksityishenkilölle.

Svenska Gruvföreningin vuosikokouksessa 25. 11. edusti yhdistystä DI Lauri Koivikko. N.I.F. Bergingeniörenes Avdeling'in syyskokouksessa 11.—12. 11. yhdistyksen edustajana oli DI Jorma Illi. The Metals Society'n vuosikokouksessa 11.—12. 5. yhdistyksen edustajana oli DI Nils Gripenberg.

### Jaostot

Pääosan yhdistyksen jäsenoiminnasta on muodostanut jaostojen aktiivinen toiminta eri muodoissa.

Jaostot ovat järjestäneet koulutus- ja esitelmätilaisuuksia sekä ammatillisia retkiä jäsenistönsä alalta. Jaostot ovat ylläpitäneet yhteyksiä alansa muihin yhdistyksiin kotimaassa ja kansainvälisellä tasolla. Tarkemmin jaostojen toiminta on esitetty kunkin omissa toimintakertomuksissa.

### Yhdistyksen jäsenmäärä

Yhdistyksen jäsenmäärä 31. 12. 1982 oli 1674, jossa lisäystä edellisestä vuodesta 95. Uusia jäseniä tuli yhdistykseen 110, kuoleman kautta poistui jäsenyydestä 4 ja muuten erosi 11.

### Tutkimusvaltuuskunta

Tutkimusvaltuuskunta on kokoontunut toimikauden aikana kerran ja sen työvaliokunta kolme kertaa. Valtuuskunnan puheenjohtajana on toiminut DI Timo Väiltä ja varapuheenjohtajana DI Antti Mikkonen sekä sihteerinä DI Antti Öhberg 31.10. 1982 asti ja 1. 11. alkaen DI Anneli Salonen.

Toimikuntien puheenjohtajina ovat toimineet:

- Geologinen toimikunta: FM Esko Lundén
- Kaivosteknillinen toimikunta: prof. Raimo Matikainen
- Rikastusteknillinen toimikunta: TkL Risto Rinne

Toimikauden aikana on ollut käynnissä viisi kollektiiviprojektia, neljä työkomiteaa, joista yksi on yhteispohjoismainen ja viisi esiselvitystä. Lisäksi geologisen toimikunnan ATK-yhteistyöryhmä järjesti valtakunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämisseminaarin. Tutkimuslaskelmia on valmistunut yhteensä 7, joista yksi englanninkielinen.

Pohjoismaista yhteistyötä on jatkettu ja tutkimuslaskelmien vaihdossa on Ruotsista saatu 17 ja Norjasta 5 tutkimuslaskelmaa.

Yhteispohjoismaisia kokouksia ovat pitäneet geologiset toimikunnat 29.—30. 3. 1982 Garpenbergissä Ruotsissa ja rikastustekniset toimikunnat 31. 8.—2. 9. 1982 Gotlannissa.

Tilivuoden aikana tutkimusvaltuuskunnan menoihin on käytetty 102.414,16 mk.

## VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUS

Olli Hermonen  
puheenjohtaja

Erkki Tyni  
sihteeri

## TULOSLASKELMA 1. 1.—31. 12. 1982

### Tulot

Jäsenmaksut .....	88.976,—	
Tutkimusvaltuuskunnan kan-		
natusmaksut .....	100.000,—	
Esiselvitysten osallistumis-		
maksut .....	22.305,—	
Lahjoitukset .....	8.000,—	
Lehden tulot .....	123.483,90	
Selosteiden myynti .....	6.488,10	
Käsikirjan myynti .....	53.472,50	
Solmioiden ym. myynti .....	3.010,—	
Jäsenoiminnan tulot .....	27.720,—	
Tulot yhteensä		433.455,50

### Menot

Tutkimusvaltuuskunnan suorat		
menot .....	59.765,11	
Tutkimusvaltuuskunnan		
esiselvitysten menot .....	57.587,30	
Lehden menot .....	132.410,25	
Selosteiden valmistus .....	3.666,75	
Käsikirjan valmistus .....	75.370,68	
Jäsenoiminta ja koulutus .....	32.625,20	
Matkat ja avustukset .....	6.067,40	
Virkailijapalkkiot .....	27.723,55	
Jäsenluettelon ylläpito .....	210,—	
Toimisto- ja sekal. menot .....	9.526,17	
Vuosijuhlamenot .....	12.162,05	
Viirien hankinta .....	3.248,—	
Lahjoitukset .....	3.000,—	
Menot yhteensä		423.362,46
		+ 10.093,04

### Muut tulot

Korkotulot .....	808,53
Tilivuoden ylijäämä mk	10.901,57

TASE 31. 12. 1982

Vastaava:

Rahoitusomaisuus		
— Kassatili	265,50	
— Postisiirtotili	1.954,53	
— Siirtotalletustili	164,60	
— Karttuva talletustili	882,29	3.266,92
Tilisaamiset		53.896,80
		<u>mk 57.163,72</u>

Vastattavaa:

Vieras pääoma		
— Tilivelat	11.354,—	
— Verovelat	5,—	11.359,—
Oma pääoma		
— Ylijäämä ed. vuodelta	34.903,15	
— Tilikauden ylijäämä	10.901,57	45.804,72
		<u>mk 57.163,72</u>

TULO- JA MENOARVIO VUODELLE 1983

Tulot

Jäsenmaksut 60 mk/jäsen	90.000,—	
Koulutuskannatusmaksu	5.000,—	95.000,—
Lehden tulot		132.000,—
Käsikirjan myynti		7.000,—
Kalliomekaniikka-toimikunta		3.000,—
Tutkimusvaltuuskunnan kannatusmaksut	110.000,—	
Tutkimusselostoiden ja julkaisujen myynti	10.000,—	120.000,—
Solmioiden yms. myynti		4.000,—
Korkotulot		1.000,—
Tulot yhteensä		<u>362.000,—</u>

Menot

Tutkimusvaltuuskunnan suorat menot	40.000,—	
Esiselvitykset ja tutkimukset	70.000,—	
Selosteiden valmistus	10.000,—	120.000,—
Lehden menot		132.000,—
Kalliomekaniikkatoimikunta		3.000,—
Jäsentoiminta ja koulutus	15.000,—	
Avustukset ja matkat	8.000,—	23.000,—

Muut kulut

Virkailijapalkkiot		25.000,—
Toimisto- ja sekalaiset kulut	20.000,—	
Vuosijuhlamenot	15.000,—	35.000,—
Solmioiden hankinta	9.000,—	
Räjähdyssoppaan uusi painos	15.000,—	24.000,—
Menot yhteensä		<u>362.000,—</u>

Ylijäämä edellisiltä vuosilta	45.804,72
Ylijäämä vuodelle 1984	45.804,72

GEOLOGIJAOSTON TOIMINTAKERTOMUS 1982

Toiminta

Geologijaosto on kokoontunut toimikauden aikana vuosikokoukseen ja syyskursiolle.

Jaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiespäivien yhteydessä Helsingissä 26. 3. 1982. Kokouksessa oli läsnä 158 jaoston jäsentä. Vuosikokouksen yhteydessä kuultiin seuraavat esitelmät:

- FT Juhani Nuutilainen, Rautaruukki Oy: "Malminetsintästrategiasta Suomessa".
- TkT Matti Ketola, Outokumpu Oy: "Geofysikaalisten malminetsintämenetelmien kehityksestä Suomessa".
- FK Mikko Tontti, DI Esko Koistinen ja DI Matti K. A. Lehtonen, Geologinen tutkimuslaitos: "Malmiesiintymien löytymiseen vaikuttavista tekijöistä".

Lauantain ohjelmassa oli tutustuminen Neste Oy:n toimintaan. Pääoppaana oli DI Antero Hakapää.

Johtokunta on kokoontunut kolme kertaa.

Syyskursio tehtiin 15—16. 9. 1982 Lounais-Suomeen. Ensimmäisen päivän tutustumiskohteena oli Oy Partek Ab:n toiminta ja tuotantolaitokset Paraisilla. Oy Partek Ab:tä esitteli johtaja Tom Bröckl. Oppaana avolouhoskäynnillä toimi Lennart Laurén ja hän myös esitteli paikallista geologiaa. Aamupäivän aikana käytiin lisäksi sementtitehtaalla, jota esitteli DI Ralf Ek. Lounaan jälkeen DI Kristian Lobbas esitelmöi kalkista ja FM Esko Lundén vuorivillan raaka-aineista. Vuorivillan valmistukseen saimme tutustua myös lähemmin tehdaskäynnin aikana DI Björn Rönnlöfin opastuksella. Mielenkiintoinen päivä päättyi käyntiin kalkkitehtaalla.

Toisena päivänä perehdyimme FL Ulla Mäkelän (Outokumpu Oy) asiantuntevalla opastuksella mm. seuraaviin kohteisiin:

- Toijjan emäksiset tyynylaavat
- Aijala-Metsämönttu alueen happamat ja intermediääriset laavat
- Marjaniemen rautamuodostumat ja Orijärven emäksiset vulkaanit

Ekskursioon osallistui yhteensä 25 geologijaoston jäsentä.

Toimihenkilöt

Toimintavuonna on jaoston puheenjohtajana ollut FT Kauko Puustinen, varapuheenjohtajana FL Lennart Laurén, johtokunnan jäseninä DI Aimo Hattunen, FM Kauno Vormisto, FT Carl Ehlers (ekskursiostemestarina) ja sihteerinä FK Maria Nikkarinen.

Jäsenet

Geologijaoston jäsenmäärä vuoden 1982 lopussa oli 364.

**Kauko Puustinen** **Maria Nikkarinen**  
puheenjohtaja **sihteeri**

KAIVOSJAOSTON TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1982

Toiminta

Kaivosjaosto on kokoontunut toimintavuoden aikana kahdesti: VMY:n vuosikokouksen yhteydessä sekä jaoston syysretkellä. Tämän lisäksi jaoston johtokunta on kokoontunut kolme kertaa.

Kaivosjaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksen yhteydessä 26. 3. 1982 Helsingissä hotelli Marskissa. Läsnä oli noin 100 jaoston jäsentä. Kokousasioiden jälkeen kuultiin seuraavat esitelmät:

- Prof. Raimo Matikainen: "Kivenirrotuksen futurologia"
- DI Erkki Viinamäki: "Räjähdystarvikkeiden tuleva kehitys"
- DI Tauno Manunen: "Suurräjähdykset maan alla"
- DI Pentti Seppänen: "Kovettuvat täytteen"

Esitelmien jälkeen käytiin niihin liittyvä keskustelu.

Syysretki, johon osallistui noin 60 jaoston jäsentä, suuntautui Tolkisiin 21.—22. 10. 1982. Retken yhteydessä hotelli Haikossa pidetyn syyskokouksen jälkeen kuultiin kallioporausteemasta seuraavat esitelmät:

- DI Ilpo Auranen: "Ison porauslaitteen (Herbert) esittely"
- DI Veijo Vartiainen: "Hydrauliikka vs. pneumatiikka avolouhinnassa"
- FL Jorma Kujanpää: "Kokemuksia erilaisista porauskalustoista Kemin kaivoksella"

Kaivosjaosto järjesti 20.—21.4.1982 täydennyskoulutustilaisuuden aiheesta "Kaivosten työsuojelu" Oulussa hotelli Vaakunassa. Koulutustilaisuuteen osallistui noin 40 henkeä.

Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja ilmestyi vuoden 1982 aikana.

Kaivosjaoston puheenjohtaja on perinteiseen tapaan toiminut Bergsprängningskommittén'in, Svenska Gruvföreningen'in, BeFo:n sekä NIF:n yhdysmiehenä.

Muina yhdysmiehinä ovat toimineet:

- FM Ole Lindholm: International Society of Mine Surveying
- Prof. Raimo Matikainen: International Society for Rock Mechanics
- FM Ole Lindholm edusti jaostoa ISMS:n kokouksessa Varnassa Bulgariassa 19. 9.—1. 10. 1982.

Toimihenkilöt

Toimintavuonna on jaoston puheenjohtajana ollut prof. Raimo Matikainen, varapuheenjohtajana DI Teemu Tanner ja johtokunnan muina jäseninä DI Esko Alopacus, DI Carl-Fredrik Bäckström, DI Pentti-J. Hintikka ja DI Pekka Sundquist. Sihteerinä on toiminut TkT Pekka Särkkä.

Jaoston jäsenmäärä

Kaivosjaoston jäsenmäärä oli vuoden 1982 lopussa 362 henkeä.

**Raimo Matikainen** **Pekka Särkkä**  
puheenjohtaja **sihteeri**

## **METALLURGIJAOSTON TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1982**

### **Toiminta**

Metallurgijaosto on kokoontunut toimikauden aikana vuosikokoukseen ja syyskokoukseen.

Metallurgijaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksen yhteydessä 26. 3. 82 Helsingissä Rakennusmestarien talolla. Läsnä oli 158 metallurgijaoston jäsentä.

Vuosikokouksessa kuultiin seuraavat esitelmät:

- TkT Jorma Rekola Rautaruukki Oy: "Happikonvertteriprosessin kehitysnäkymiä"
  - Ins. Hannu Nurmi Ovako Oy-Ab: "Nykyaikainen lankavalssaus ja siihen liittyvä kontrolloitu jäähdytys"
  - DI Ilpo Koppinen Outokumpu Oy: "OFHC-kuparin valmistus ja sen käyttö sähkö- ja elektroniikkateollisuudessa"
- Aamuvirkuille seuraava päivä valkeni Outokumpu Oy:n Olarin laitoksiin tutustumisella.

Jaoston kesäretki tehtiin 27. 8. 82 Harjavaltaan. Pääisäntänä toimi Outokumpu Oy ja muina kohteina olivat Kemira Oy sekä kulttuurin ystäville Cedercreutzin museo, osanottajia oli 91.

Syyskokous pidettiin Tampereen teknillisellä korkeakoululla 29. 10. 82. Läsnä oli 37 jaoston jäsentä. Kokouksessa kuultiin seuraavat esitelmät

- TkT Tuomo Tiainen "Amorfisten metallien valmistus ja ominaisuudet"
- TkL Veli-Tapani Kuokkala "Tietokoneohjatun aineenkoetuksen kehittämisestä TTKK:ssa"
- TkL Reijo Ahlroth "Metallien pinnoittaminen CVD- ja PVD-menetelmillä"
- TkL Pentti Järvelä "Lasikuitujen ominaisuuksista"

### **Koulutustoiminta**

Koulutustoiminta on hoidettu Metallurgian Valtakunnallisen Asian-  
tuntijatoimikunnan (VAT) kautta. Puheenjohtajana on toiminut TkL Markku Kytö. Yhteistoimin INSKO:n kanssa järjestettiin kaksi koulutustilaisuutta:

- "Jähmettyminen ja jatkuvavalu" nro 2 pidettiin 1.—3. 6. 82 Aulangolla. Suunnittelutoimikunnan puheenjohtaja oli DI Pentti Kaskentola. Kurssin uusinta veti täyden osanottajamäärän eli 36 henkeä.
- "Metallien muokkauspäivät" pidettiin 24.—26. 11. 82 Tampereella. Suunnittelutoimikunnan puheenjohtaja oli DI Lars Hukkinen. Kurssiin osallistui 26 muokkaajaa.

Metallurgijaoston korkeakouluyhdysmiehet kokoontuivat Tampe-  
reella 29. 10. 82.

TKK:n Vuoriteollisuusosasto järjesti lisäksi kaksi jatkokoulutusse-  
minaria, joihin osallistui jaoston jäseniä.

— "New developments in the research of steelmaking" pidettiin 12.  
5. 82. Seminaariin osallistui 49 henkeä, joista 12 korkeakoulun ul-  
kopuolelta.

— "Metallurgiset tutkimusmenetelmät" 13.—15. 12. 82. Seminaariin  
osallistui 64 henkeä, joista 7 korkeakoulun ulkopuolelta.

### **Tiedotus**

Metallien perusteellisuuden informaatioilta ensimmäisen vuosikur-  
sin vuorimiehille ja -naisille järjestettiin 19. 10. 82. Ilta kuului osana  
kurssiin "Kaivostekniikan ja metallurgian koulutusohjelman infor-  
maatio-opintojako". Infoillasta vastasi TkT Jouko Härkki.

Jaoston lehti "Metallurgijaosto tiedottaa" on ilmestynyt kolme ker-  
taa. Vastaava toimittaja on ollut DI Nils-Göran Mattfolk.

### **Jäsenet**

Metallurgijaoston jäsenmäärä oli vuoden 1982 lopussa 937, mikä on  
6,6 % suurempi kuin vuotta aikaisemmin.

### **Toimihenkilöt**

Toimintavuoden aikana jaoston puheenjohtajana on toiminut DI  
Matti Palperi, varapuheenjohtajana TkT Juho Mäkinen, sihteerinä  
DI Nils-Göran Mattfolk sekä johtokunnan jäsenenä TkT Jouko Härk-  
ki, DI Osmo Mikkola, DI Kari Norberg, DI Tapio Saari ja DI Tero  
Tiitola. Johtokunta on kokoontunut seitsemän kertaa.

**Matti Palperi**  
puheenjohtaja

**Nils-Göran Mattfolk**  
sihteerinä

## **RIKASTUS- JA PROSESSITEKNIIKAN JAOSTON TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1982**

### **Toiminta**

Jaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiespäivien yhteydessä 26. 3.  
1982. Kevätretkellä 19—20. 5. vierailtiin Rauma-Repola Oy:n Loko-  
mon ja Parkanon tuotantolaitoksilla. Marraskuussa pidettiin seminaa-  
ri aiheesta "Uutta rikastustekniikassa".

Kokouksessa 26. 3. 1982 kuultiin seuraavat esitelmät:

1. "Kuivauksen automaatio" Prof. Paavo Uronen, Oulun yliopisto
  2. "Tehonvähätelyn hyväksikäyttö jauhatuksen säädössä" FM Jor-  
ma Miettunen, Outokumpu Oy
  3. "Pöimurit esirikastuslaitteina" DI Kari Salminen, Outokumpu Oy  
ja DI Pentti Raike, Oy Partek Ab
- Kokoukseen osallistui 85 jaoston jäsentä.

Kevätretki tehtiin 19—20. 5. Rauma-Repola Oy:n Lokomon ja  
Parkanon tuotantolaitoksille. Tampereella tutustuttiin nykyisen Neles  
Oy:n Lokomon tehtaisiin ja illalla saatiin nauttia Näsijärven rannalla  
savusaunan rentouttavista löylyistä. Parkanossa kuultiin mielenkiin-  
toisia esitelmää ja tutustuttiin konepajaan.

Kevätretkelle osallistui 25 jaoston jäsentä.

### **Koulutustoiminta**

Jaoston seminaari järjestettiin 3. 11. 1982 Espoossa Teknillisen kor-  
keakoulun tiloissa. Seminaarin aiheena oli "Uutta rikastustekniikka-  
sa" ja siinä luotiin katsaus kotimaassa kehitettyyn prosessi- ja laite-  
teknikkaan.

Prof. T. Lukkarisen avaussanojen jälkeen kuultiin seuraavat esitel-  
mät:

1. "Rautuvaaran kuparirikastamo" DI Heikki Kallio, Rautaruukki  
Oy
  2. "Prosessianalysaattorien kehitys nykyiselle tasolle" DI Kyösti  
Saarhelo, Outokumpu Oy
  3. "Vuonoksen talkkiprosessi" DI Juha Pajari, Oy Lohja Ab
  4. "OK-vaahdotuskoneen läpimurto" DI Alpo Seppänen, Outokum-  
pu Oy
  5. "Siilinjärven apatiittituotannon laajennus" DI Jaakko Seppälä,  
Kemira Oy
  6. "Uutta suodatustekniikassa" Tekn.tri Kari Heiskanen, Larox Oy
- Seminaariin osallistui 62 henkilöä ja mukana oli runsaasti ylityön-  
johtoa.

### **Toimihenkilöt**

Jaoston johtokunta 26. 3. 1982 lähtien:

Puheenjohtaja: Toimi Lukkarinen  
Hannu Haveri  
Heikki Kallio  
Pertti Koivistoinen  
Jussi-Pekka Mäki

Sihteerit: Hannu Kempainen

### **Jäsenet**

Jaoston jäsenmäärä oli 31. 12. 1982 262 jäsentä. Lisäys vuoden aikana  
oli 30 jäsentä.

Johtokunta kokoontui vuoden aikana 3 kertaa.

**Toimi Lukkarinen**

**Hannu Kempainen**

puheenjohtaja

sihteerinä

## **TUTKIMUSVALTUUSKUNNAN TOIMINTA- KERTOMUS VUODELTA 1982.**

### **Yleistä**

Toimikauden aikana on ollut käynnissä viisi kollektiiviprojektia, neljä  
työkomiteaa, joista yksi on yhteispohjoismainen ja viisi esiselvitystä.

Lisäksi geologisen toimikunnan ATK-yhteistyöryhmä järjesti valta-  
kunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämisseminaarin.

Tutkimusvaltuuskunta on kokoontunut toimikauden aikana kerran  
ja työvaliokunta kolme kertaa.

### **Kokoonpano**

Tutkimusvaltuuskuntaan kuului kannattavia jäsenyrityksiä 18, joilla  
oli edustajansa (Outokumpu Oy:llä kaksi) tutkimusvaltuuskunnassa.  
Näiden lisäksi tutkimusvaltuuskunnassa olivat edustettuina VMY:n  
neljä jaostoa puheenjohtajiansa välityksellä. Hallituksen nimittämiä  
lisäjäseniä olivat Sakari Heiskanen, Heikki Paarma ja Jouko Talvitie.  
Tutkimusvaltuuskunnan kokouksiin osallistuivat myös toimikuntien  
puheenjohtajat, VMY:n rahastonhoitaja ja tutkimusvaltuuskunnan  
sihteerit.

Tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtajana on toiminut Timo Vältti-  
lä, varapuheenjohtajana Antti Mikkonen sekä sihteerinä 31. 10. 1982



asti Antti Öhberg ja 1. 11. 1982 lähtien Anneli Salonen.

Tutkimusvaltuuskunnan kokoonpano toimikauden lopussa oli seuraava:

### Kannattava jäsenrytitys ja sen varsinainen edustaja varamies (suluissa)

Oy Forcit Ab, Erkki Wiinamäki (Väinö Järvinen), Geotek Oy, Juha Kalla (Paavo Taanila), Imatran Voima Oy, Pentti Lehtinen (Reijo Gardemeister), Karl Forsström Ab/Oy Förby Ab, Karl Hahti (Sigvar Forsström), Kemira Oy, Antti Mikkonen (Kalevi Kiukkola), Kone Oy, Alpo Maksimainen (Asko Kankaanpää), Larox Oy, Kari Heiskanen, Oy Lohja Ab, Carl-Fredrik Bäckström (Heikki Latva), Maa ja Vesi Oy, Antti Natukka (Esko Partio), Myllykoski Oy/Ruskealan Marmori Oy, Matti Tyni (Lauri Koivikko), Outokumpu Oy, Timo Välttilä (Paavo Eerola), Outokumpu Oy, Pentti Seppänen (Paavo Kupias), Oy Partek Ab, Rolf Söderström (Esko Lundén), Rauma-Repola Oy, Pertti Suurmaa, Rautaruukki Oy, Heikki Lantto (Aimo Hiltunen), Suomen Malmi Oy, Pekka Mikkola (Antti Mikkonen), Oy Tampella Ab/Tamrock, Kalle Hakalehto (Rolf Ström), Yhtyneet Paperitehtaat Oy/Suomen Talkki, Hannu Haveri (Jouko Olkkonen), Geologijaosto, Kauko Puustinen, Kaivosjaosto, Raimo Matikainen, Metallurgijaosto, Matti Palperi, Rikastus- ja prosessiteknikan jaosto, Toimi Lukkarinen.

Käynnissä olleet kollektiiviprojektit

- Kuivauksen automaatio
- Kuivat rikastuspiirit
- Kaivostilojen lujuuslaskenta
- Avolouhoksen seinämäkaltevuuden optimointi
- Näytteenottoyksikkö

Käynnissä olleet työkomiteat

- Pohjavesikysymys kallioitiloissa
- Vertaileva tutkimus litogeokemiallisten joukonäytteiden kemialliseen koostumukseen perustuvista geologisista ja tilastollisista luokittelumenetelmistä
- Lohkaretietojen hyväksikäyttö malminetsinnässä

Käynnissä olleet esiselvitykset

- Kiintoaineen ja veden erotus
- Lohkarekoon optimointi
- Ajotien pinnoituksen kehittäminen
- Esitutkimus GTL:n malmiaihetiedoston lohkaretitöntymistä
- Sähkömagneettiset poranreikämittaukset

Yhteispohjoismaiset työkomiteat

- Reikäseismisten tutkimusmenetelmien kehittäminen

### Tutkimustoimen rahoitus

Tutkimusvaltuuskunnan juoksevat kulut on rahoitettu kannattavilta jäseniltä perityillä jäsenmaksuilla ja tutkimuslaskujen myynnistä saaduilla tuloilla.

Kollektiiviprojekteihin on toimikauden aikana käytetty yhteensä n. 1,73 milj. mk, josta julkisen rahoituksen osuus on n. 0,74 milj. mk.

### Valmistuneet raportit

Toimikauden aikana on julkaistu tai ainakin saatu painatusvaiheeseen seuraavat raportit:

- A 65 "Kiintoaineen ja veden erotus"
- A 66 "Pohjavesikysymys kallioitiloissa"
- A 67 "Crosshole seismic investigation"

### Pohjoismainen yhteistyö

Geologisten toimikuntien yhteispohjoismaisessa kokouksessa Garpenbergissä oli Suomen edustus mukana samoin rikastusteknillisten toimikuntien yhteispohjoismaisessa kokouksessa Gotlannissa. Lisäksi osallistuttiin Svenska Gruvföreningen'in kevätkokoukseen.

Pohjoismaisilta sisarjärjestöiltä on toimikauden aikana saatu seuraavat tutkimuslaskut:

#### BVLI:

- TR 36/3 Projekt "Stöybekjempelse ved bergverk" delrapport nr 3 "Hörselvern"
- TR 39/2 Projekt "Prøvetakingstetthet" delrapport nr 2 "Geostatistisk malmberegning"
- TR 55 "Belysning under jord"
- TR 56/1 Projekt "Elektrisk drift under jord" delrapport 1 "Jordningsforhold i gruver og tunnelanlegg"
- TR 57 "Filtering"

#### BeFo:

- Näslidenprojektet, Manual, FEM-analyser av bergmekanisk problem
- Näslidenprojektet, FEM-metodens användning i praktisk bergmekanik
- Tätta tunnlar lagom
- Bergmekanikdag 1982

#### BeFo och KTH:

- FEM-analys av bergmekaniska problem med FOFEM

#### BeFo och Vattenfall:

- Blockfyllda berggrum för värmelagring. Värmspridning i lagret.

#### Tekniska Högskolan i Luleå:

- Temadag "Elanvändning under jord"
- Continuous ore loading model test on häggloader

#### Svenska Gruvföreningen:

- B 256 "Dieseldrivna hjullastare under jord"
- B 257 "Systematiska temperaturmätningar på korta djup för utveckling av geotermi som prospekteringshjälp"
- B 258 "Vätmekaniska anrikningsmetoder"
- Stenfall under jord
- Meddelande 159 Volym 11 "Arbetskadestatistik vid svenska malmgruvor år 1981"
- B 259 "Buller ovan och under jord"

#### Fortifikationsförvaltningen:

- Finita elementmetoden vid bergproblem

#### MinFo:

- Meddelande från MinFo nr 3 "Reichertkonens egenskaper vid anrikning"

#### Timo Välttilä

puheenjohtaja

#### Anneli Salonen

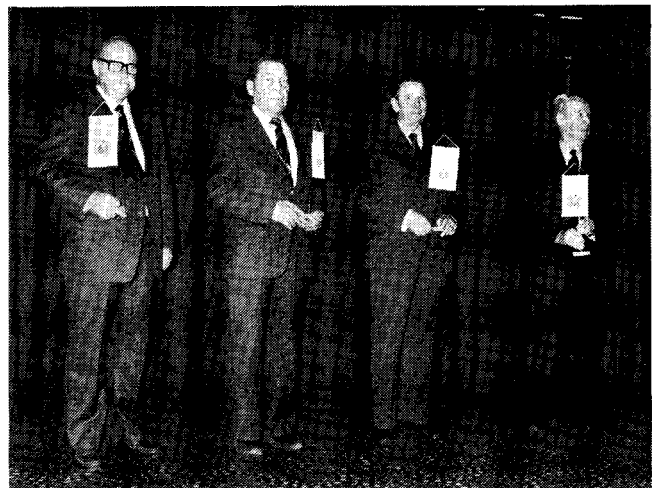
sihteeri

## VIIRIEN LUOVUTUS PERUSTAJA-JÄSENILLE VUOSIKOKOUKSESSA 25.3.1983

Vuorimiesyhdistyksen perustavaan kokoukseen 12.1.1943 osallistui 29 vuorimiestä. Näistä perustajajäsenistä elää seuraavat 8 henkilöä: fil.tri Å Bergström, toht. Pekka Ensio, prof. Paavo Haapala, dipl.ins. Erik Hackzell, prof. Håkan Krank, dipl.ins. Olli Simola, prof. Herman Stigzelius ja ins. Gunnar von Wendt.

Yhdistyksen hallitus osoitti näille vuorimiehille kunnioitusta luovuttamalla heille kaikille yhdistyksen uuden viirin vuosikokouksessa 25.3.1983.

Kuvassa tilaisuudessa läsnä olleet perustajajäsenet vasemmalta Stigzelius, Bergström, Simola ja Haapala.



## UUSIA JÄSENIÄ — NYA MEDLEMMAR

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

### Kokouksessa 26.11. 1982

**Auranen, Ilpo** Olavi, DI, s. 23.9. 1954. Tampella Oy, Tamrock, tuotepäällikkö. Os.: Tuomiokirkonkatu 23 B 61, 33100 TAMPERE 10. Jaosto 2.

**Englund, Erik**, DI, f. 3.11. 1953. Ovako Oy Ab, Koverhar, utvecklingsingenjör. Adr.: Prästängsgatan 7 B 18, 10600 EKENÄS. Sektion 3.

**Heikkilä, Kaarina**, DI, s. 24.4. 1956. Aachenin tekn. korkeakoulu. Os.: Ohjaajantie 3 C 27, 00400 HELSINKI 40. Jaosto 3.

**Hänninen, Markku** Kalervo, DI, s. 14.12. 1949. Kone Oy, Engineering Division, johtaja. Os.: Aleksintie 6 A, 15880 SORAMÄKI. Jaosto 4.

**Jokinen, Tuomo** Heikki, DI, s. 8.3. 1953. Outokumpu Oy, Porin tutkimuslaitos, tutkimusinsinööri. Os.: Laamanninkatu 20 as 5, 28120 PORI 12. Jaosto 3.

**Julin, Yrjö** Matti Kalervo, DI, s. 6.9. 1957. Teknillinen korkeakoulu, Vuoriteollisuusosasto, tutkija. Os.: Servinmajant. 10 B 28, 02150 ESPOO 15. Jaosto 3.

**Kahila, Erja** Kristiina, DI, s. 11.5. 1956. Teknillinen korkeakoulu, prosessimetallurgian lab., tutkija. Os.: Kilonrinne 10 F 147, 02610 ESPOO 61. Jaosto 3.

**Kokkonen, Kari** Veikko, DI, s. 15.10. 1955. Oy Julius Tallberg Ab, myynti-insinööri. Os.: Salmintie 10 D 28, 71800 SIILINJÄRVI. Jaosto 2.

**Mustikkamäki, Urho** Pekka, FK, s. 30.3. 1950. Outokumpu Oy, Pyhäsalmen kaivos, kemisti. Os.: Ruotosentie 8 C 12, 86900 PYHÄKUMPU. Jaosto 4.

**Paavola, Pertti** Kalevi, DI, s. 1.9. 1957. IPT Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy, suunnitteluisinööri. Os.: Mannilantie 46 A 5, 04400 JÄRVENPÄÄ. Jaosto 2.

**Petterson, Hans Henrik**, DI, f. 12.12. 1952. Ovako Oy Ab, Koverhar, utvecklingsingenjör. Adr.: Björknäsgatan 29—31 C 13, 10650 EKENÄS 5. Sektion 3.

**Pieviläinen, Timo**, DI, s. 6.6. 1954. Outokumpu Oy, Vammalan kaivos, tutkimusinsinööri. Os.: Hämeenpuisto 42 A 7, 33200 TAMPERE 20. Jaosto 2.

**Pihlainen, Hannu** Tapani, DI, s. 14.8. 1954. Outokumpu Oy, Porin tehtaata, mallimateriaalitutkija. Os.: Samulintie 26, 28120 PORI 12. Jaosto 3.

**Pönni, Heikki** Juhani, DI, s. 27.4. 1954. Teknillinen korkeakoulu, Vuoriteollisuusosasto, teoreettisen prosessimetallurgian lab., vs assistentti. Os.: Eerikinkatu 42 C 27, 00180 HELSINKI 18. Jaosto 3.

**Saarnikko, Ari** Tapio, DI, s. 9.1. 1957. Outokumpu Oy, Porin tehtaata, insinööriharjoittelija. Os.: Pitkärannantie 7, 28330 PORI 33. Jaosto 3.

**Suomalainen, Jukka** Juhani, DI, s. 21.10. 1953. Outokumpu Oy, Tornion tehtaata, tutkimus/käyttöinsinööri. Os.: Uusikatu 4 B 20, 95400 TORNIO. Jaosto 4.

**Takala, Heljä** Maria, DI, s. 2.7. 1957. Teknillinen korkeakoulu, tutkija. Os.: Jämeräntäival 11 H 174, 02150 ESPOO 15.

**Vestman, Matti** Antero, DI, s. 2.2. 1959. Oy Airam Ab Kometa, kallioporayksikön tutkimusinsinööri. Os.: Seiväspolku 5 as 1, 02180 VANTAA 28. Jaosto 2 ja 3.

**Vuorinen, Jouko** Juhani, TkT, s. 13.11. 1937. Tampereen teknillinen oppilaitos, yliopettaja. Os.: Finnimäenkatu 27 D 18, 33700 TAMPERE 70. Jaosto 3.

**Wikström, John-Eric**, DI, f. 6.4. 1949. Ovako Oy Ab, Koverhar, utvecklingsingenjör. Adr.: Viktorsstigen, 10620 HÖGBACKA. Sektion 3.

**Yrttimaa, Helena** Kaarina, DI, s. 8.10. 1956. Teknillinen korkeakoulu, mineraaliteknillisen laboratorio, tutkija. Os.: Iso-Roobertinkatu 33 E 45, 00120 HELSINKI 12. Jaosto 4.

### Kokouksessa 21.1. 1983

**Huhtamäki, Yrjö**, DI, s. 7.5. 1952. Outokumpu Oy, Vihannin kaivos, insinööriharjoittelija. Os.: Ratamestarinkatu 2, 60100 SEINÄJOKI 10. Jaosto 2.

**Kurkinen, Reima**, DI, s. 29.2. 1933. Kemira Oy Vihtavuoren tehtaata, tuotekehitys. Os.: Teerenkuja 1, 41330 VIHTAVUORI. Jaostot 2 ja 3.

**Kuusela, Veli-Pekka**, DI, s. 18.3. 1958. MEFOS, tutkimusinsinööri. Os.: MEFOS, Box 812, S-95128 LULEÅ, SVERIGE. Jaosto 3.

**Metsänen, Arto** Juhani, DI, s. 12.4. 1956. Oy Tampella Ab Tamrock, tuoteinsinööri. Os.: Mariankatu 28 A 5, 33230 TAMPERE 23. Jaosto 2.

**Niskanen, Tuomo**, DI, s. 2.2. 1957. Oy Tampella Ab Tamrock, application insinööri. Os.: Vironmäkänkatu 8 A 20, 33310 TAMPERE 31. Jaosto 2.

**Pinnioja-Saarinen, Tarja** DI, s. 24.8.1955. TKK Vuoriteollisuusosasto, tutkija. Os.: Ahvenkuja 4 A 4, 02170 ESPOO 17. Jaosto 3.

**Putkisto, Juhani**, Ins., s. 2.2. 1949. Rautaruukki Oy Oulu, myynninsuunnittelun päällikkö. Os.: Muikkutie 1, 90550 OULU 55. Jaosto 3.

**Ritamäki, Olaus** Juhana, DI, s. 29.8. 1955. TKK, Vuoriteollisuusosasto, tutkija. Os.: Luoteisväylä 18—20 A 8, 00200 HELSINKI 20. Jaosto 3.

**Roinisto, Jarmo** Tapani, DI, s. 25.1. 1956. Helsingin kaup. kiint.vir. geotekn. os., suunnitteluisinööri. Os.: Oksasenkatu 7 A 6, 00100 HELSINKI 10. Jaosto 2.

**Sahamies, Tuula** Sinikka, DI, s. 11.8. 1953. Os.: Esikkotie 1 B 54, 01300 VANTAA 30. Jaosto 4.

**Salo, Arja**, DI, s. 17.5. 1955. TKK, Vuoriteollisuusosasto, mineraalitek. lab., tutkija. Os.: Jämeräntäival 11 E 121, 02150 ESPOO 15. Jaosto 4.

### Kokouksessa 4.3. 1983

**Erkkilä, Pekka** Tuomas, DI, s. 27.11. 1958. Outokumpu Oy Tornion tehtaata, tutkimusinsinööri. Os.: Seminaarinkatu 12 A 7, 95400 TORNIO. Jaosto 3.

**Hulkkonen, Kaj** John Matias, Ins., s. 2.3. 1952, Outokumpu Oy Keretin kaivos, käyttöinsinööri. Os.: Mikonkatu 8 E 37, 83500 OUTOKUMPU. Jaosto 2.

**Jurvansuu, Teuvo**, Ins., s. 3.6. 1948. Outokumpu Oy Vihannin kaivos, käyttöinsinööri. Os.: Kivitie 9, 864400 LAMPINSAARI. Jaosto 2.

**Ollila, Seija**, DI, s. 27.8. 1957. TKK, Vuoriteollisuusosasto, teoreettisen prosessimetallurgian lab., tutkija. Os.: Jämeräntäival 11 F 135, 02150 ESPOO 15. Jaosto 3.

**Owren, Jan**, f. 9.7. 1946. Oy Lohja Ab, direktör för cement- och lättklinkerfabrikerna. Adr.: Marthastugsv. 5, 08700 VIRKBY. Sektion 4.

**Paganus, Taisto**, f. 8.11. 1939. LKAB Kiiruna, chef för bergmekanik. Adr.: Planetvägen 11, S-98144 KIRUNA, SVERIGE. Sektion 2.

**Ullatti, Åke** Henning, f. 19.3. 1932. LKAB Viskaria, Kiruna, gruvchef. Adr.: Egnahemsv. 16, S-98141 KIRUNA, SVERIGE. Sektion 2.

## UUTTA JÄSENIÄ — NYTT OM MEDLEMMARNA

**DI Turo Ahokas**. Os.: Kansalaiskoulunkatu 3 C 2, 83500 OUTOKUMPU.

**DI Kaija Ala-Kohtamäki** toimii Outokumpu Oy:n Porin tehtaiden teknillisessä neuvonnassa neuvontainsinöörinä. Os.: Katariininkatu 5 C 27, 28100 PORI 10.

**DI Veikko Arola** toimii Tamrock Canada Inc.:ssä technical applications tehtävissä. Os.: 436 Boyce Street, Sudbury, Ontario, P3E 2 G7 CANADA.

**TkD Lars Aschan** har övergått till konsultverksamhet. Adr.: Huggarv. 3, S-13700 VÄSTERHANINGE, SVERIGE.

**TkL Karl-Johan Björkas** on siirtynyt hoitamaan Ovako Oy Ab:n uusien liiketoimintojen kehittämiseen tähtäviä projektitehtäviä.

**FK Jorma Eeronheimo**. Os.: Pohjoisahonkatu 19 as 5, 83500 OUTOKUMPU.

**FM Mary Ehlers** tjänstgör 15.2. 1983 på Geologiska forskningsanstalten. Adr.: Geologiska forskningsanstalten, Stenkarlsvägen 1, 02150 ESBO 15.

**Ins. Gösta Engman** on nimitetty Ovako Oy Ab:n betoniteräsyryhmän johtajaksi.

**DI Eero Erkkilä** on nimitetty Outokumpu Oy:n kaivosteollisuuden johtajaksi.

**DI Eelis Eskelinen** on nimitetty Myllykoski Oy:n Luikonlahden kaivoksella talkki- ja kiisumalmituotannon päälliköksi.

**DI Ilkka Eskola**. Os.: Laurinlahdenkuja 1 G 14, 02320 ESPOO 32.

**DI Kurt Fager**. Adr.: Braxenvägen 12 C 12, 02170 ESBO 17.

**FL Leo Grundström**. Os.: Kallelankatu 4 A, 83500 OUTOKUMPU.

**TkL Teuvo Grönfors**. Os.: Vapaudenkatu 8 A 26, 15110 LAHTI 11.

**FK Ingmar Haga**. Adr.: Övergårdsvägen 28 A 44, 02360 ESBO 36.

**TkL Juho Hakala**. Os.: Rastaantie 1 as 5, 26100 RAUMA 10.

**TkL Timo Hakkarainen**. Os.: Närhinkuja 7, 92120 RAAHE 2.

**DI Arto Hakola**. Os.: Hakalankatu 1, 95420 TORNIO 2.

**DI Håkan Hakulin**. Os.: Riihitontuntie 7—9, 02200 ESPOO 20.

DI **Pekka Hanniala** on komennuksella ulkomailla. Os.: Outokumpu Oy TEVI, PL 27, 02201 ESPOO 20.

DI **Risto Heiskanen** on nimitetty Outokumpu Oy:n Perun toimiston johtajaksi. Os.: Outokumpu Oy — Suncursal del Peru, Apartado 2946, Lima 1, PERU.

DI **Seppo Helin**. Os.: Seminaarinkatu 12 B 10, 95400 TORNIÖ.  
DI **Aino Helle** on aloittanut jatko-opinnot Luulajan teknillisessä korkeakoulussa. Os.: Professorsvägen 84 D, S-95163 LULEÅ, SVERIGE.

DI **Lars Helle** on siirtynyt 12.1. 1983 alkaen tutkimusinsinööriksi Metallurgiselle tutkimuslaitokselle Luulajaan. Os.: Professorsvägen 84 D, S-95163 LULEÅ, SVERIGE.

DI **Olli Hermonen** on nimitetty Rautaruukki Oy:n suojeleusosaston johtajaksi vastualueenaan yhtiön työsuojelu, teollisuusuojelu ja ympäristönsuojelu.

FM **Aimo Hiltunen**. Os.: Kenttäpostinkuja 4 C, 90160 OULU 16.

DI **Juhani Hinttala**. Os.: Ylipalontie 27 B 5, 00670 HELSINKI 67.

TKT h.c. **Jorma Honkasalolle** on myönnetty vuorineuvoksen arvonimi.

DI **Manu Huhtanen** siirtyi eläkkeelle 1.4. 1983.

DI **Tenho Hätönen**. Os.: Alhonkuja 11, 55100 IMATRA 10.

DI **Tuomo Jokinen**. Os.: Laamanninkatu 20 as 5, 28120 PORI 12.

TKT **Jyrki Juusela** on nimitetty Outokumpu Oy Porin metallurgisen tutkimuslaitoksen johtajaksi.

DI **Markku Kajan**. Os.: Töyrymäki 26, 02760 ESPOO 76.

FK **Kurt Karlsson** on nimitetty Myllykoski Oy:n Luikonlahden kaivoksella geologisen tutkimuspalveluosaston päälliköksi. Os.: Kuikkatie 2, 73600 KAAVI.

FK **Olavi Kerkkonen** toimii Rautaruukki Oy Rautuvaaran kaivoksen kaivosgeologina. Os.: Raittipellontie 1 B 8, 95900 KOLARI.

DI **Kimmo Kekki** toimii Partek Oy:n Lappeenrannan tuotantolaitoksilla kaivospäällikkönä. Os.: Paraistentie 9 B, 53650 LAPPEENRANTA 65.

TKT **Matti Ketola** on nimitetty Outokumpu Oy:n malminetsinnän apulaisjohtajaksi.

DI **Aapo Kirvesniemi**. Os.: Heiniemi 7, 02940 ESPOO 94.

Ins. **Rolf Klinge**. Os.: Mäkitie 7, 04260 KERAVA 6.

DI **Harri Koivisto** on nimitetty Myllykoski Oy:n Luikonlahden kaivoksella tuotekehitys- ja laadunvalvontainsinööriksi.

FK **Matti Kontio**. Os.: PL 77, 96101 ROVANIEMI 10.

TKT **Antti Korhonen**. Os.: Rantakartanon tie 8 C 269, 00910 HELSINKI 91.

DI **Veikko Koskela** toimii Outokumpu Oy KTR:n projekti-insinöörinä.

DI **Pasi Koskinen**. Os.: Tertunkatu 14, 29200 HARJAVALTA.

Ins. **Erno Kosonen**. Os.: Iirislahdentie 14, 02230 ESPOO 23.

DI **Anders Kranck**. Os.: Laivurinkatu 39 A 11, 00150 HELSINKI 15.

DI **Eero Laatio** on palannut Kanadasta. Os.: Sänkinotkontie 12 A, 83500 OUTOKUMPU.

DI **Esko Laitinen** on nimitetty Ovako Oy Ab:n toimitusjohtajaksi. Os.: Ovako Oy Ab, PL 790, 00101 HELSINKI 10.

TKT **Heikki Lantto** on siirtynyt Rautaruukki Oy:n kehitysosastolle erityistehtäviin.

Yli-insinööri **Jaakko Lautjärvi** on nimitetty Rautaruukki Oy:n Raahen rautatehtaan tehtaanjohtajan sijaiseksi.

DI **Jukka Lehto** on nimitetty 1.5. 1983 alkaen Outokumpu Oy:n fyysikan laitoksen (Espoo) johtajaksi.

Ins. **Raimo Lehto** Os.: Savikiventie 4, 90230 OULU 23.

DI **Jorma Leino** Os.: Auvilankuja 5 C 16, 40740 JYVÄSKYLÄ 74.

DI **Yrjö Leppänen**. Os.: Mikonkatu 30 A 25, 28100 PORI 10.

DI **Risto Lindsberg**. Ps.: 93 Redgrave Drive, Weston Ontario, M9R, IVI, CANADA.

DI **Taisto Liuski** toimii Partek Oy:n Kolarin tehtaan paikallisjohtajana.

FK **Erkki Luukkonen**. Os.: Kiikkutie 6 as 8, 70900 TOIVALA.

DI **Pekka Lähteenoja** on nimitetty 7.5. 1983 alkaen Outokumpu Oy:n ulkomaisten kaivosprojektin johtajaksi.

DI **Heikki Markkanen** on nimitetty Myllykoski Oy:n Luikonlahden kaivoksella kaivosteollisuuden kehityspäälliköksi

TKT **Heikki Martikka**. Os.: Nevalantie 38, 54100 JOUTSENO.

FT **Erkki Marttila** on siirtynyt Geologisen tutkimuslaitoksen Väli-Suomen aluetoimistoon geologiksi. Os.: PL 237, 70101 KUOPIO 10.

FK **Mikael Merivuori** jää syyskuussa eläkkeelle. Os.: Kirkkotie 21 C, 02700 KAUNIAINEN.

DI **Jouko Moisio**. Os.: Syrjälänkatu 42, 40700 JYVÄSKYLÄ 70.

FT **Esko Mälkki** on siirtynyt Kuopion vesipiirin vesitoimistoon hoitamaan Mikkelin, Pohjois-Karjalan, Keski-Suomen ja Kuopion vesipiirien pohjavesigeologisia tehtäviä. Os.: Retkeilijäntie 14 A 4, 70200 KUOPIO 20.

FT **Markku Mäkelä** on nimitetty Outokumpu Oy:n malminetsinnän Länsi-Suomen aluetoimiston päälliköksi.

DI **Esko Nermes** on nimitetty neuvottelevaksi insinööriksi Outokumpu Oy:n keskushallintoon Helsinkiin.

DI **Jaana Niemelä**. Os.: Pietarinkatu 15, B 74, 00140 HELSINKI 14.

FK **Maria Nikkarinen**. Os.: Kaarnatie 9, 70150 KUOPIO 15.

DI **Matti Niskanen** on nimitetty Ovako Oy Ab:n teknisen osastoryhmän prosessiteknisen osaston projektipäälliköksi Imatralla.

TKT **Pentti Niskanen** työskentelee Tanzaniassa. Os. Suomessa: Hannuksenkujat 13 B, 02260 ESPOO 26.

DI **Erik Nyholm** on nimitetty Outokumpu Oy:n metallurgisen teollisuuden johtajaksi.

DI **Esko Orivuori**. Os.: Kivivuorenkuja 2 G 45, 01620 VANTAA 62.

DI **Olavi Paatsola**. Os.: Ahjotie 3, 71850 LEPPÄKAARE.

FK **Jouko Pakarinen**. Os.: Porvoonkatu 3 C 106. 00510 HELSINKI 51.

DI **Marjatta Palmu** toimii TKK:n vuoriteollisuusosastolla louhintatekniikan laboratoriossa tutkimusapulaisena.

DI **Antti Palomäki**. Os.: Pohjoiskaari 19 B 5, 00200 HELSINKI 20.

FK **Veikko Palosaari**. Os.: Palosuonkatu 7, 83500 OUTOKUMPU.

DI **Mikko Palviainen** on nimitetty Outokumpu Oy:n teknillisen viennin tulosryhmän kaivos- ja rikastusteknisen tulosyksikön johtajaksi.

FK **Vesa-Jussi Penttilä** on siirtynyt Outokumpu Oy:n TEVI:n Kahama-projektiin ja lähtee keväällä noin vuodeksi Tanzaniaan. Os.: Raivionmäentie 6 B, 83500 OUTOKUMPU.

Maat. ja metsät. tri **Yrjö Pessille** on myönnetty vuorineuvoksen arvonimi.

FK **Risto Pietilä** toimii Outokumpu Oy, Itä-Suomen aluetoimistossa geofyysikkona. Os.: Outokumpu Oy, Malminetsintä, 83500 OUTOKUMPU.

DI **Antero Pihlainen**. Os.: Tamrock Drills (H.K.) 3715 Sun Hung Kai Centre, 30, Mahbour Road, Wanchai, HONG KONG.

Yli-insinööri **Vesa Pihlaja** on nimitetty Rautaruukki Oy Raahen rautatehtaan metallurgisten osastojen johtajaksi.

DI **Matti Pulkkinen** toimii Outokumpu Oy:n Hammaslahden kaivoksella suunnittelu- ja käyttöinsinöörinä. Os.: Nuutilantie 6 A 9, 82200 HAMMASLAHTI.

DI **Pekka Purra**. Os.: Heikelintie 8 G 13, 02700 KAUNIAINEN.

DI **Timo Pyykkö** toimii Rautaruukki Oy Raahen tehtaalta ohjelmointi-insinöörinä.

DI **Tapani Rantapirkola** toimii Rautaruukki Oy:n Raahen tehtaalta terässulaton käyttöinsinöörinä.

DI **Raimo Reinivuo** toimii Teknillisen tarkastuslaitoksen kaivostöimistössä vs toimistopäällikkönä. Os.: Tyrskykuja 3 B 16, 02320 ESPOO 32.

TKT **Krister Relander** on nimitetty Oy ESAB:n kaupalliseksi johtajaksi.

DI **Eeva-Liisa Riihimäki**. Os.: Ratistontie 27, 28450 VANHAULVILA.

DI **Kari Ristikartano** toimii ISCOR Ltd:n palveluksessa. Os.: P.O. Box 8888, Newcastle 2940, R.S.A. South Africa.

TkL **Pekka Ritakallio** toimii Varkaudessa A Ahlström Oy:n konepajalla metallurgina. Os.: Kummelikuja 1 C, 78500 VARKAUS 50.

DI **Iikka Roitto**. Os.: Rehtorinpolku 4 B 16, 08700 VIRKKALA.

Ins. **Eino Rosenberg**. Os.: Toivolantie, 28400 ULVILA.

TkL **Vesa Rutanen** on nimitetty Rautaruukki Oy:n sisäiseen tarkastukseen teknilliseksi tarkastajaksi.

TKT **Raimo Rätty** on siirtynyt eläkkeelle. Os.: Matinraitti 14 A 1, 02230 ESPOO 23.

FK **Jorma Saari**. Os.: Tinapolku 3, 28400 ULVILA.

DI **Risto Saari** Os.: Karrantie 22 B, 00760 HELSINKI 76.

DI **Matti Salimäki**. Os.: Ulvilantie 19 H 3, 00350 HELSINKI 35.

DI **Kari Seppälä**. Os.: Annanlankatu 14 C 13, 33710 TAMPERE 71.

TKT **Matti Seppänen**. Os.: Ruskontie 8 A, 92120 RAAHE 2.

DI **Aarne Siikavuo** on nimitetty Ovako Oy Ab:n Imatran Terästehtaan tuotantopäälliköksi.

DI **Heikki Suomalainen** toimii Outokumpu Oy:n kaivosteknillisessä ryhmässä projekti-insinöörinä. Os.: Kansalaiskoulunkatu 3 B 5, 83500 OUTOKUMPU.

Ins. **Pertti Suurmaa**. Os.: PPA 1 Kalkkimaa, 95999 KEMI.

Ins. **Pekka Syrjänen** on palannut komennukselta Filippiineiltä ja toimii Outokumpu Oy TEVI:ssä projekti-insinöörinä. Os.: Vilpunkatu 2 C 13, 02230 ESPOO 23.

DI **Timo Syväjärvi**. Os.: Luotsinpolku, 29100 LUVIA.

DI **Juhani Tanila** on nimitetty Outokumpu Oy:n uuden kaivostöiminnan kehittämisestä vastaavaksi johtajaksi.

TkL **Seppo Tikkamäki** toimii Valmet Oy Linnavuoren tehtaalta lentomootoriosaston metallurgina. Os.: Katraankatu 5 B 6, 33310 TAMPERE 31.

DI **Pentti Toivonen** on siirtynyt Oy Tulenkestävät Tiilet Ab:n metallurgiksi. Os.: Untuvaesentie 5 B 44, 00820 HELSINKI 82.

TkL **Tapio Tuominen** on nimitetty Outokumpu Consulting Engineers'in johtajaksi.

Ins. **Pertti Tyni** siirtyy Rautaruukki Oy Rautuvaaran kaivokselle rikastusinsinööriksi.

DI **Kalevi Tähkäoja**. Os.: Aisapojanpolku 24, 94400 LAURILA.  
DI **Esko Ulvelin** toimii Senior mining engineerinä Ulkoministeriön kehitysaputehtävissä Tanzaniassa. Os.: C/U Embassy of Finland, P.O. BOX 4820, Dar Es Salaam, TANZANIA.

Prof. **Paavo Uronen**. Os.: Torikatu 33 A 1, 90100 OULU 10.  
FM **Olavi Waldén** on nimitetty Outokumpu Oy:n malminetsinnän Etelä-Suomen aluetoimiston päälliköksi.

DI **Pentti Vanninen** on nimitetty Outokumpu Oy:n kaivosteknillisen ryhmän johtajaksi.

DI **Matti Vattulainen**. Os.: Erkyläntie 42, 1130 RIIHIMÄKI 13.  
FK **Jarmo Vesanto**. Os.: Kiiskitie 5 D 50, 02170 ESPOO 17.

DI **Wiljo Viertokangas** on nimitetty Rautaruukki Oy:n ympäristön-suojelupäälliköksi.

DI **Raimo Viherma**. Os.: Kivirannantie 6 E, 95410 KIVIRANTA.  
DI **Esa Vitikainen**. Os.: Suvikummuntie 18 A, 02120 ESPOO 12.  
FT **Veikko Vähätalo**. Os.: Mannerheimintie 79 A 9, 00270 HELSINKI 27.

DI **Jukka Väisänen**. Os.: Yhtiökatu 3 C, 48600 KARHULA.  
FL **Seppo Väisänen** toimii Outokumpu Oy:n Teknillisessä viennissä myyntipäällikkönä. Os.: Tonttutytönkuja 3 C 17, 02200 ESPOO 20.

Ins. **Ari Vänskä** on siirtynyt Outokumpu Oy:n Vihannin kaivokselle suunnittelu- ja kehitysinisööriksi. Os.: Laationtie 3 A, 86440 LAMPINSAARI.

DI **Waldemar Zeidler**. Os.: Syrenparken 7, S-1330 SALT SJÖBADEN, SVERIGE.

FK **Ragnar Åberg** toimii Partek Oy:n Ihalaisen alueen kaivosgeologina.

## OULUN YLIOPISTO

### Prosessitekniikan osasto

Tekniikan lisensiaatit:

**Juntunen, Seppo**: "Elektrokineettinen suodatus".

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää elektrokineettisten ilmiöiden hyväksikäytön mahdollisuuksia suodatusprosessia tehostavina mekanismeina sekä perustutkimuksen luonteisesti selvillä laitesuunnittelun kannalta oleellisia muuttujia, parametreja ja yhtälöitä.

Työn teoreettinen osa sisältää katsauksen suodatuksen yleiseen teoriaan sekä kolloidihukkasten sähköisen kaksoiskerroksen ja elektrokineettisten ilmiöiden teoriaan.

Kokeellisessa osassa johdettiin uusi elektrokineettisesti avustetun paine-erosuodatuksen yhtälö, jossa otetaan huomioon sekä suodinväliaineessa ja suodinkakussa tapahtuva elektro-osmoosi että suodatetavien hiukkasten elektroforeesi. Esitettiin myös yksinkertaiset prosessin kannattavuuden arviointikriteerit.

Kehitetyn yhtälön kokeelliseksi testaamiseksi konstruointiin suodatuslaitteisto, jonka avulla voitiin tutkia paine-eron, kenttävoimakkuuden, suodinväliaineen permeabiliteetin sekä suodintilan pitoisuuden vaikutusta. Suodatettavina lietteinä käytettiin eri sakeuksia kaoliini- ja talkkilietteitä.

Tulosten käsittelyn yhteydessä kehitettiin dynaaminen simulointimalli, jonka avulla voidaan tarkastella sekä tavanomaisen että elektrokineettisesti avustetun vakiopainesuodatuksen kulkua.

Kokeellisten ja mallin antamien tulosten välillä oli hyvä yhteensopivuus.

**Lenkkeri, Ritva Liisa Tuulikki**: "Rikkidioksidin ja rikkivedyn välinen reaktio vaahtokolonnissa".

**Lukkarinen, Mikko Tapio**: "Nikkeli-alumiinipulverista valmistetun raneykattilan aktiivisuus hiilimonoksidin metanoinnissa.

Diplomi-insinöörit:

**Kivelä, Päivi Ilona**: "LD-konvertterin staattisen mallin laatiminen".

Tutkimuksessa on tarkasteltu LD-konvertterissa puhalluksen aikana tapahtuvia reaktioita sekä LD-prosessin dynaamisia mittaustekniikoita. Lisäksi on selvitetty staattisen panoslaskentamallin yleisiä periaatteita.

Rautaruukki Oy:n Raahan tehtaan LD-konvertterille on esitetty aine- ja energiataseisiin perustuva termodynaaminen malli, johon kuuluu lisäksi empiirisiä korrelaatioita. Mallissa on happi- ja lämpötaseita korjaava adaptiivinen jälkilaskentaosa. Mallia on testattu 120 peräkkäisestä puhalluksesta kerätyllä aineistolla.

**Kämäräinen, Sisko Anneli**: "Lisäaineiden vaikutus märkien magneettipellettien laatuun".

Työ liittyy vanadiinisitraukseen, jossa käytettävien magnetiittipellettien tärkein lujuusominaisuus on niiden shokkikestävyys. Työssä tutkittiin seitsemän eri lisäaineen vaikutusta märkien magnetiittipellettien laatuun. Vanadiiniprosessissa käytettävä sooda paransi shokkikestävyyttä. Sitä käytettiin myös tutkittaessa muiden lisäaineiden vaikutusta. Jätelipeän todettiin parantavan shokkikestävyyttä huomattavasti. Erityisen hyvä tulos saatiin käytettäessä bentoniittia yhdessä edellä mainittujen lisäaineiden kanssa. Muista lisäaineista parhaiksi osoittautuivat lignosulfonaatti ja turve. Turve tosin heikensi vähän pellettien pudotus- ja puristuslujuuksia. Muissa laatuominaisuuksissa, pudotus- ja puristuslujuuksissa, ei ilmennyt suuria eroja käytettäessä eri lisäaineita. Ainoastaan pudotuslujuus parani selvästi, kun käytettiin bentoniittia. Työssä tutkittiin myös rikasteiden rullautuvuuteen vaikuttavia tekijöitä. Todettiin, että rikasteen korkea kosteus nopeuttaa pellettien kasvua. Karkeimmat rikasteet rullautuivat helpommin.

**Moilanen, Esa**: "Tutkimuksia erään silikaatin jauhatuksesta tankomyllyllä".

Työssä tutkittiin flogopiitin jauhatusta tankomyllyssä. Tavoitteena oli löytää olosuhteet hienon, levymäisen tuotteen aikaansaamiseksi sekä määrittää muuttujien optimiarvot, jauhatuksen energiankulutus sekä kiilteen "work index".

Kokeet tehtiin pääasiassa panoskokeina Humboldt-Wedag-laboratoriomyllyllä, jonka halkaisija oli 60 cm ja pituus 90 cm. Kiillepanoksen koko oli useimmiten 50–60 kg. Tutkittava kille oli Siilinjärven kaivoksen jätevirrasta erotettua flogopiittia. Sen kemiallinen koostumus oli SiO<sub>2</sub> 40,5 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9,8 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4,7 %, FeO 5,5 %, MgO 24,5 % ja K<sub>2</sub>O 10,4 %.

Tutkittiin eri muuttujien vaikutusta jauhatukseen ja delaminoitumiseen ja etsittiin optimiarvot. Tärkeimmäksi osoittautui lietiäisyys. Esim. kierrosnopeudella ei tutkitulla alueella ollut suurta vaikutusta.

## SUORITETTUJA TUTKINTOJA — AVLAGDA EXAMINA

### UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Civil Engineering Department  
Geological Engineering

Tohtori (PhD):

**Kari Saari** on Berkeleyssä, University of California, väitellyt tohtoriksi aiheenaan "Plastic deformation (squeezing) of seams intersecting tunnels and shafts in rock", josta yhteenvetona esitämme allaolevan:

Squeezing of seams around openings in rock is in this work treated as elastic-plastic deformation in the seam and at the interface between the seam and the surrounding rock. Approximate analytical solutions are developed for elastic materials and elastic/rigid-plastic materials. Analytical and numerical solutions are compared to measurements made in model tests. Time-dependency of the deformations and the differences and similarities between squeezing and swelling phenomena are discussed.

The model materials are two partially saturated sand-bentonite-water mixtures which are cohesive materials and one dry sand-wax mixture which is frictional and has only a little cohesion. All the materials are non-linear elastic and strain hardening plastic materials. The volumetric strain in the materials is a logarithmic function of the isotropic effective pressure like in many soils. The modified Cam Clay model is used as the plastic yield function for the non-frictional materials.

The plastic yielding of frictional materials is modeled using double yield functions. The second yield function is needed to model the volume increase of frictional materials during plastic shearing. One of the yield functions is the Cam Clay function and the other yield function is a hyperbolic function of plastic strain and stress invariants. Both the yield functions can be represented as a sum of two functions, one of which is a function of stress only and the other of strain only. Associated flow rules are used in all yield models.

Based on the comparison of the numerical, analytical and experimental results the range of validity of the approximate analytical solutions is evaluated. The influence of the layer thickness and support pressure on the magnitude of squeezing deformations is studied in the model tests and analytical and numerical models.

Seurattiin myös lopputuotteen ominaisuuksia ja mitattiin tuotehiukkasten paksuuksia, joista laskettiin muutokerroin. Parhaimmillaan oli -100 µm:n fraktion muutokerroin 53 ja -44 µm:n fraktion 31. Mitatut energiankulutukset näille tuotteille olivat 188 ja 236 kWh/t. Mitatun energiankulutuksen perusteella laskettiin kiilteen keskimääräinen "work index", joksi saatiin 79 kWh/sh.t., mikä on monikertainen useimpien muiden mineraalien "work indexiin" verrattuna. Mitoitettiin tuotantomylly 5 t/h:n kapasiteetille.

**Oinas, Pekka:** "Lentotuhkan käyttö kaasubetonin valmistuksessa". Diplomityö käsittelee lentotuhkan käyttöä höyrykarkaistun Siporex-kaasubetonin valmistuksessa. Pääraaka-aineet, joita Ikaalisten Siporex-tehtaalla käytetään, ovat jauhettu hiekka, jauhettu masuuni-kuona, sementti ja vesi.

Kirjallisessa osassa esitetään tietoja Siporexin valmistuksesta, lentotuhkasta yleisesti ja sen vaikutuksista raaka-aineena kaasubetonin ominaisuuksiin. Työn kokeellisen osan tuloksista ilmeni, että korvattaessa lentotuhkalla 12,5—25,0 % masuuni-kuonasta Siporexin puristuslujuus pieneni 0,021 MPa/korvattu kuona-%. Kun korvattiin 5—50 % sementistä, pieneni puristuslujuus 0,032 MPa korvattua sementti-prosenttia kohti. Lentotuhkaa käyttäen valmistettu kaasubetonin kuivui kuumassa ja kuivassa ilmassa nopeammin kuin tavallinen Siporex.

**Pesonen, Lasse:** "Rumpukuivaimen kokeellinen säätö".

Tässä työssä on toteutettu mineraalirikasteita kuivaavan rumpukuivaimen säätö. Aine- ja energiataaseihin perustuvaa dynaamista mallia on käytetty myötä- ja takaisinkytkettyyn tuotteen kosteuden säätöön. Säätösuureina on käytetty polttoainemäärää ja rummun kierrosnopeutta. Koetuloksia on verrattu konventionaaliseen takaisinkytkettyyn tuotteen kosteuden säätöön. Säädön tavoitteena on ollut häiriöiden eliminointi ja kuivaukskustannusten minimointi. Lisäksi työssä on käsitelty materiaalin kosteuden määrittämistä ilman suhteellista kosteutta mittaavalla anturilla.

**Pruikkonen, Jukka** "ATK:n käyttö laadunvalvonnassa ja tuotannon ohjauksessa".

Tutkimuksessa on selvitetty tietokoneen käyttömahdollisuuksia Outokumpu Oy:n Tornion jaloterästehtaalla. Kirjallisuuden perusteella tarkastettiin laadunvalvonnan ja -ohjauksen pintietokonesovelluksia. Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen ATK-menetelmiä on käsitelty sekä yleisesti että Outokumpu Oy:n kannalta.

Työn pääpaino oli toimitusten valvontajärjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa. Tarkoituksena oli nopeuttaa ja varmentaa nykyistä manuaalista käsittelyä, jossa ilmeni tiettyjä puutteita. Toteutetulla järjestelmällä voidaan valvoa varsinaisten tilaustietojen lisäksi myös asiakas- ja tilauskohtaisten erikoisvaatimusten täyttyminen. Tilaustiedot saadaan yhtiön ATK-keskuksesta Espoosta ja ne tarkastetaan ja lajitellaan Torniossa, jossa myös syötetään mahdolliset erikoisvaatimukset, joita on osalla tilauksista.

**Puijola, Timo:** "Rumpukuivaimen ohjausjärjestelmän määrittely ja taloudellisuustarkastelu".

Rumpukuivaimelle on määritelty aikaisempien osatutkimusten pohjalta yleiskäyttöinen ohjausjärjestelmä, jota voidaan soveltaa teollisuuden rumpukuivainten ohjaamiseen. Kehitetyn ohjausjärjestelmän säätötuloksia on verrattu teollisuudessa yleisesti käytetyllä säädöllä saatuihin tuloksiin. Tältä pohjalta on myös arvioitu ohjausjärjestelmällä saavutettavaa hyötyä. Ohjausjärjestelmälle on laadittu kustannusarvio, johon perustuen arvioidaan ohjausjärjestelmän kannattavuutta investointina.

**Rantakokko, Jouko:** "Ferrokromin valmistuksessa esipelkistykseen käytettävän rumpu-uunin matemaattinen malli".

Tässä tutkimuksessa on kehitetty matemaattinen malli suorälämmitteiselle, vastavirtaperiaatteella toimivalle rumpu-uunille. Tätä mallia on ensi vaiheessa sovellettu ferrokromin valmistuksessa käytettävän esipelkistysuunin simulointiin.

Matemaattisesti rumpu-uunin lämpöasetta on kuvattu differentiaaliyhtälöillä. Vastavirtaperiaatteella toimivan uunin tapauksessa lämpötilaprofiilit saatiin kaksipistereuna-arvottehtävän ratkaisumenetelmällä. Differentiaaliyhtälöihin vaikuttavat lämpövirrat on pyritty laskemaan mahdollisimman tarkasti teoreettisiin kaavoihin perustuen.

Materiaalipatjassa tapahtuvat reaktiot ajateltiin kaikki ensimmäistä kertalukua oleviksi. Malli pystyy käsittelemään useita reaktioita samanaikaisesti. Kalsinointireaktioiden sekä raudan ja kromin pelkistymisen simulointi antoi aikaisemmin suoritettuja rumpu-uunin koelajoja vastaavia tuloksia.

Tietokoneella ohjelmoidun mallin simulointiajot osoittavat, että malli toimii oikealla tavalla, kun käytetään erilaisia syöttömääriä ja muutellaan lämpötilojen syöttökohtia.

Jatkossa on tarkoitus liittää malliin kaasuraktioiden käsittely sekä materiaalipatjan sisällä tapahtuvan lämmönsiirron laskenta. Tämän jälkeen on optimaalisten käyttöparametrien ja uunin dimensioiden simulointi mahdollista.

**Salmi, Jaakko:** "Siporex-kaasubetonin".

Tämä diplomityö käsittelee siporex-kaasubetonin raaka-aineita ja valmistusprosessia. Siporex valmistetaan sementistä sekä hienoksi jauhetuista hiekasta ja masuuni-kuonasta. Lieteseokseen lisättävällä alumiinipulverilla saadaan aikaan vedynkehitysreaktio. Samalla syntyy siporexin huokoinen rakenne. Lopullisen lujuutensa tuote saavuttaa höyrykarkaisuissa.

Työssä on käytetty runkona kaasubetoneja käsittelevää kirjallisuutta, jota on täydennetty Internationella Siporex Ab:ltä saaduilla tutkimuksilla.

Kokeellisessa osassa on pyritty selvittämään Ikaalisten siporextehtaan hävikkiongelmaa, elementtien halkeamista autoklaavikäsittelyssä. Tehtaan prosessiohjauksessa on todettu puutteita, jotka vaikeuttavat prosessin tutkimusta.

**Tuominen, Mirja Helena:** "Terästehtaan tuotannonsuunnittelun kehittäminen".

Tornion jaloterästehtaan tuotannonsuunnitteluosastolla käytetään Espoon Olarin ATK-osaston eräajajärjestelmästä, joka on muodostettu tapahtumailmoitusten pohjalta. Myös laadunohjausosaston PDP-11-tietokoneita voidaan käyttää joihinkin sovellutuksiin. Lähettämö on yhteydessä konttorin PDP-11:een, joka puolestaan liittyy Olarin IBM-tietokoneeseen. Markkinoinnin ja tuotannonsuunnitteluosaston ATK-projekti tuo lisäksi tosiaikaperiaatteella toimivan järjestelmän, jonka päätielä, IBM 4341, on myös Espoossa. Ensimmäisen toteutusvaiheen testaukset saadaan päätökseen syksyllä 1982.

Tuotannonsuunnitteluosaston sisäisiä tai muuten erillisiä sovellutuksia varten voitaisiin käyttää mikro tietokoneita. Kuitenkin lähtötietojen saannin, samoin kuin tulosten käytön kannalta, sen tulee pystyä kommunikoidaan jonkin edellä mainitun järjestelmän kanssa.

Esiin tulleet ongelma-kohteet on jaoteltu ja muutamia tarkasteltua lähemmin. Sovellutuksista ajankohtaisiin on kylmävalsaamon tuotannon seurannan automatisointi. Lähtötietojen saamiseen linjoilta on olemassa kaksi vaihtoehtoa: raportit kirjoitetaan linjoilla entiseen tapaan ja ne tallennetaan tietokoneen muistiin laskennassa tai ne kootaan linjoilta taskupäätteiden avulla. Tekstissä on tarkasteltu vain tilannetta, jossa linjoilta lähetetään raporttilomakkeet laskennan käsiteltäviksi. Tehtyjen tarjousten perusteella on vertailtu eri laite- ja ohjelmoijavaihtoehtoja sekä tehty kustannusarvio.

**Tuppurainen, Anja Leena:** "Otanmäen uuton ohjauksen parantaminen".

Otanmäen vanadiinitehtaan uutto on vastavirtaperiaatteella toimiva prosessi, jossa rautapelleiteissä oleva vesiliukoinen vanadiini uutetaan lämpimään veteen. Uuttosaantia olisi mahdollista vielä jonkin verran parantaa, mikäli prosessin kulusta ja sen tärkeimmistä muuttujista saataisiin nykyistä enemmän tietoa. Tässä työssä pyrittiin löytämään parannuksia uuton toiminnan seurantaan lähinnä uusien mittausten avulla.

Aluksi on tarkasteltu erilaisia uuttomenetelmiä sekä kiinteän aineen ja fluidin väliselle aineensierrolle johdettuja teoreettisia malleja. Prosessimallin laatimisen periaatteita on esitelty lyhyesti. Pilot plant -uuttokokeiden mittaustulosten käsittelyssä sovellettiin selluloosan suodinpesulle laadittua mallia. Tavoitteena oli löytää vastaavuus uuttosäiliöstä lähtevän liuoksen konsentraation sekä käytetyn vesimäärän ja säiliössä vallitsevan konsentraatioeron välille. Saadun mallin avulla pystytään ennustamaan uuton toimintaa, joskin se vaatii vielä lisätutkimuksia ainakin lämpötilan vaikutuksen osalta.

Prosessin kulun seuraamiseksi olisi mitattava uuttoliuoksen vanadiinipitoisuutta jatkuvatoimisesti, säiliöiden nestepinnan korkeutta sekä uuttoliuoksen lämpötilaa ja virtausnopeutta. Säiliöiden muuttaminen erillisiksi helpottaisi liuosvirtausten ohjausta.

## TAMPEREEN TEKNILLINEN KORKEAKOULU

### Konetekniikan osasto

Tekniikan lisensiaatti:

**Ruuskanen, Pekka:** "Ferromagneettisten materiaalien väsymislujuuden mittaaminen magneettisesti".

Diplomi-insinööri:

**Gustafsson, Paul:** "Hitsattujen ja ruiskutettujen pinnoitteiden kulumistutkimus ja uuden kulutuslaitteiston suunnittelu".

**Kettula, Jarmo:** "Kitkahitsauksen käyttö lieriökappaleen valmistuksessa".

**Kärkkäinen, Markku:** "Lasin rajapintailmiöt".

Useimmat komposiitteina pidetyt materiaalit sisältävät kuitumaisen täyteainefaasin. Tyypillisiä esimerkkejä tällaisista materiaaleista ovat lasikuitulujitteiset polyesterit ja epoksimuovit sekä katkokuitulujitteiset kostemuovit. Myös fenolimuoveja käytetään paljolti kuitulujitteina.

Kun komposiitilta vaaditaan hyviä lujuusominaisuuksia, on kuidulla ratkaisevan tärkeä merkitys materiaalin lujuuteen.

Keskeisen ongelman kuitulujittamisen tekniikassa muodostaa matriisin tarttuvuus kuituun. Tällöin puhutaan ns. kostutusilmioista. Kostutukseen voidaan vaikuttaa pääasiassa erilaisten adheesionedistäjien kuten silaanien ja kromimetakrylaattikompleksien avulla.

Vedellä on merkittävä vaikutus komposiitin lujuuteen. Veden vaikutus kohdistuu ennen muuta kuitu-matriisi rajapintaan, jolloin rajapintasidokset heikkenevät.

Tässä työssä on selvitetty lasin ja muovimatriisin välisen sidoksen luonnetta ja sidoksen lujuuteen vaikuttavia tekijöitä, sekä tarkasteltu sidoksen murtumismekanismeja.

**Laiho, Juha:** "Kiille polypropeenin seosaineena".

**Lindberg, Timo:** "Tehokomponentin kiinnittäminen eristetysti jäähdytyselementtiin".

Elektronisen laitteen ottamasta tehosta suuri osa, tai monesti suurin osa, muuttuu lämmöksi jo itse laitteessa. Jottei laitteen lämpötila kohoaisi liian korkeaksi, on syntyvä lämpö johdettava pois. Yksinkertaisin tapa on käyttää tavallisimmin alumiinista valmistettuja jäähdytyselementtejä tehostamaan lämmön siirtymistä ympäröivään ilmaan. Jos jäähdyttävä komponentti on eristettävä jäähdytyselementistään, on käytettävä hyvin lämpöä johtavaa eristettä.

Tämän työn tarkoituksena on löytää mielekäs tapa tehokomponentin liittämiseksi jäähdytyselementtiinsä siten, että liitoksella on riittävä sähköinen eristys ja lämmönjohtokyky. Tällainen liitos mahdollistaisi yhteisen jäähdytyselementin käytön useille tehokomponenteille.

Työn alkuosassa on kirjallisuuden pohjalta selvitetty eri eristemateriaalien sähköisiä ja termisiä ominaisuuksia. Tämän lisäksi on tarkasteltu jonkin verran erilaisia pinnoitus- ja liittämismenetelmiä.

Työn kokeellisessa osuudessa on mitattu erilaisten liitosten läpi-lyöntilujuuksia, lämpövastuksia ja mekaanista lujuutta. Lisäksi on selvitetty lämpötilan vaihtelun vaikutusta liitosten ominaisuuksiin.

**Salmi, Pekka:** "Hitsaus- ja lämpökäsittelyjen aiheuttamien muodonmuutosten hallinta".

Teollisuudessa tehtävissä hitsauksissa aiheuttavat ongelmia paitsi hitsattavuus myös hitsausmuodonmuutokset. Muodonmuutosten suuruuden osalta avainasemassa ovat hitsauksen lämmöntuonti ja lisääntymäärä. Näiden tekijöiden minimoiminen on muodonmuutosten estämisen perusta. Tässä työssä tarkastellaan hitsaus- ja lämpökäsittelyjen aiheuttamia muodonmuutoksia sekä suunnittelun että valmistuksen kannalta eräisiin prosessiteollisuudelle tyypillisiin rakenteisiin.

Hitsauksen jälkeisellä hehkutuksella yleensä pystytään rakenteen mittatarkkuutta parantamaan. Hehkutus voi kuitenkin johtaa myös haitallisiin seurauksiin. Nämä on pystyttävä ottamaan huomioon, jotta saavutettaisiin mahdollisimman optimaalinen kokonaistulos. Näitä seikkoja tarkastellaan työn teoriaosan lopussa.

Työn kokeellisessa osassa arvioidaan mm. tietokoneen avulla muodonmuutoksia todellisissa rakenteissa. Teoreettinen tarkastelu varmennetaan käytännön mittauksilla.

**Siltanen, Ahti:** "Kuparin pinnoittaminen muovikalvolla".

**Syvälähti, Eeva:** "Reaktiohartsin kapselointivalu".

**Viitanen, Pertti:** "Putkimaisien lujitemuovituotteiden valmistus ja ominaisuudet".

## TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

### Vuoriteollisuusosasto

#### Tekniikan tohtori:

Joulukuun 29. päivänä 1982 väitteli tekn.lis. **Markku Peltoniemi** aiheesta "Characteristics and results of an airborne electromagnetic method of geophysical surveying". Vastaväittäjinä toimivat prof. Maunu Puranen ja apul.prof. Sven-Erik Hjelt ja kustoksena prof. Heikki Niini.

Väitöskirjassa on esitetty yleiskatsaus sekä Geologisen tutkimuslaitoksen että muiden malminetsintäorganisaatioiden Suomessa tekemiin aerosähkömagneettisiin mittauksiin. Tarkemmin on tutkittu DC-3 lentokoneeseen asennetun mittausjärjestelmän teoreettisia suoritusarvoja ja ominaisuuksia sekä käytännön mittauksiloksia. Geologinen tutkimuslaitos on käyttänyt järjestelmää vuosina 1973—1979 sekä malminetsintää että kallioperäkartoitusta palveleviin mittauslentoihin yhteensä 295 000 linjakilometriä. Sekä teoreettisten että käytännön esimerkkitulosten perusteella on väitöskirjassa voitu osoittaa, että aerosähkömagneettisilla mittauksilla on mahdollista korvata alueellisia ja osittain myös kohdetutkimusten sähkömagneettisia maastomittauksia, mikä merkitsee käytännössä huomattavia kustannussäästöjä sekä tutkimusten nopeutumista.

#### Tekniikan lisensiaatit:

**Eloranta, Esko:** "Mise-à-la-masse-anomalioiden laskeminen integraaliyhtälömenetelmällä suuren johtokykykontrastin tapauksessa".

Työssä on kehitetty mise-à-la-masse-anomalioiden laskentasysteemi tapaukselle, missä mallin ja ympäristön välinen johtokykykontrasti on suuri. Tällöin mallia voidaan pitää ekvipotentiaalisysteeminä. Käytännössä tämän on todettu merkitsevän, että kontrasti olisi vähintään sata. Mallissa olevan virtaelektrodin sijainnilla, muodolla ja koolla ei ole merkitystä ratkaisussa. Primaarilähteen osalta määrääväksi tekijäksi jää vain malliin syötetty kokonaisvirta.

Probleema formuloidaan potentiaalille saatavan Fredholmian I. lajin integraaliyhtälön avulla. Integraaliyhtälöä sovelletaan pitkille vaakasuorille sylinterimalleille, joiden poikkileikkaus on mielivaltainen monikulmio. Malli voi koostua yhdestä tai useammasta erillisestä kappaleesta. Yhtälön ratkaiseminen tapahtuu osajanojen menetelmällä.

Työssä tarkastellaan lyhyesti myös ulkopuolisten primaarilähteiden galvaanisten anomalioiden laskemista. Tällöin potentiaali joudutaan kehittämään mallin kulun suunnassa Fourier-sarjaksi.

Edelleen tutkitaan mise-à-la-masse-anomalioiden muotoon ja intensiteettiin vaikuttavia tekijöitä mallilaskujen avulla yhden ja useamman kappaleen tapauksissa.

Laskentamenetelmän tarkkuus ja numeerinen käyttäytyminen ovat hyviä. Mise-à-la-masse-anomalioiden osalta se saattaisi tarjota mahdollisuuden jopa interaktiivisen tulkintasysteemin kehittämiseksi.

**Österlund, Kaj H.:** "Glödgningsprödheter i kontinuerligt gjuten OFHC-koppar".

Denna typ av sprödheter i syrefri sk OFHC-koppar framkommer, när en gjutprodukt efter en lätt kalldeformation glödgas inom ett visst temperaturområde. Detta betyder, att om kallreduktionen vid industriell tillverkning är låg, kan efter en mellanglödning processförändring förekomma. Dessa kan ta sig uttryck i sprickbildning vid ytan, sk knivskär, eller t.o.m. leda till brott av produkten. Orsakerna till detta fenomen undersöktes i arbetet med mekaniska, mikroskopiska och spektroskopiska provmetoder.

Brotttypen i glödningssprödheter koppar visade sig vara ett segt (dimpel) intergranulärt brott. Försprödnings i OFHC-koppar tycks närmast bero på föroreningen svavel. Svavlets funktion kan ses vara tvådelad: (1) vid stelningen bildas korngränssulfider runt vilka brottet kärnbildas och (2) under glödningen anrikas svavel atomariskt längs korngränserna och sänker kohesionen. Väta visade sig även kunna förspröda koppar. När kopparn innehåller syre, försvagas dock vätaets försprödande inverkan. Benägenheten för glödningssprödheter kunde förminska genom att eliminera svavlet i en oskadlig form. Detta utfördes i arbetet genom mikrolegering.

#### Diplomi-insinöörit:

**Airas, Risto:** "Tutkimus Zinquent-prosessilla syntyvän ZnAl-pinnoitteen rakenteesta ja ominaisuuksista lujilla pulteilla".

Zinquent-prosessi on lujien pulttien samanaikainen kuumasinkitys- ja lämpökäsittelymenetelmä. Työn tarkoituksena oli selvittää pinnoitteen kannalta Zinquent-prosessin toimivuus tuotantomittakaavaa kuvaavalla pilot plant-linjalla. Työssä tutkittiin peittäushapojen vaikutuksia teräksien pinnankarheuksiin. Samoin pyrittiin selvittämään eri prosessiparametrien vaikutuksia pinnoitteiden rakenteisiin ja paksuuksiin. Edelleen työssä tutkittiin Zinquent-menetelmällä syntyvän pinnoitteen korroosio-ominaisuuksia.

Kirjallisuusosassa on pääasiassa käsitelty sinkki-alumiinipinnoitteiden rakenteita ja korroosio-ominaisuuksia sekä niihin vaikuttavia tekijöitä. Kokeellisessa osassa pinnoitteiden rakenteita tarkasteltiin optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla sekä mikroanalysaattorilla. Pinnoitepaksuuksia on määritetty lähinnä punnitusmenetelmällä. Kiihdytetty korroosiokoeket tehtiin neutraalisuolasuolamukokeina suolasumukaapissa.

Lämpökäsittelymättömät pultit sinkittiin Zinquent-koelinjassa MEFOS Ab:ssä Ruotsissa.



Tutkimuksen perusteella havaittiin, että Zinquench-prosessilla pulteille saadaan kiiltävä Zn-5% Al eutektinen pinnoite, josta konventionaalissa kuumasinkityksessä syntyvät hauraat Fe/Zn-faasit puuttuvat kokonaan. Tutkituilla prosessiparametreilla ei menetelmän puitteissa ole vaikutusta pinnoitteen rakenteeseen ja paksuuteen. Passivoimattomat Zinquench-pulkit kestävät suolasumukokeessa vähintään yhtä hyvin kuin saman pinnoitepaksuuden omaavat kromatoidut sähkösinkityt pulkit, ja passivoituiden huomattavasti paremmin. Neutraalisuolasuolosuhteissa Zn-5 %Al pinnoitteen havaittiin liukenevan 4 kertaa hitaammin kuin puhtaan sinkkipinnoitteen.

**Apajalahti, Mikko:** "Typetyksen vaikutus ruostumattoman AISI 304 teräksen jännityskorroosiokestävyyteen".

Työn tarkoituksena oli tyypittää AISI 304 terästä typpi/vetyatmosfäärissä sekä typpi/vety- plasmassa. Näytteistä tehtiin rakennettukimukset sekä optisella mikroskopiolla että röntgendiffraktometrillä. Tytetyille kappaleille tehtiin jännityskorroosiokekoita sekä pistesyöpymäkokeita.

Ionitypetyksessä kappale tytetyttiin tyydyttävästi eikä hapettumista voitu havaita. N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>-kaasutytytyksessä kappale saatiin myös tytetyttymään mutta hapettumista tapahtui. Tytetytyt kappaleet murtaivat jännityskorroosiokekoissa selvästi vertailukappaleena toiminutta toimitustilasta kappaleita nopeammin. Selvän poikkeuksen muodosti kuitenkin 12 h ionitytetyty kappale, jota erinomaisesti suojsi yhte-näinen pintanitridikeros.

**Christersson, Jukka:** "Vinoseinätytölouhinnan ja pilarilouhinnan teknistaloudellinen vertailu".

Työ käsittelee ohuiden loiva-asentoisten malmien louhintamenetelmää sekä menetelmän valintatilannetta erityisesti vinoseinätytölouhinnan ja pilareita jättävien menetelmien välillä. Outokumpu Oy:n Vuonoksen kaivoksella menetelmien käytöstä saatujen tulosten perusteella suoritettujen teknistaloudellisten vertailujen päätulokset olivat:

- Vinoseinätytölouhinta vaatii 16.5 % arvokkaamman malmin.
- Vuonoksen tapauksessa tulisi kuparipitoisuuden olla 22 % korkeampi kuin pilareita jättävällä menetelmällä.
- Täytölouhinnan kapasiteettia tulisi nostaa 36 % pilarilouhintaa korkeammaksi. Tämä saavutettaisiin korottamalla louhinta-täyttö-yhdistelmän kapasiteettiä tutkitusta 2000 t/kk → 2700 t/kk. Tämä edellyttäisi louhintakapasiteetin nostoa 3000 t/kk → 4650 t/kk tai täytöajan lyhentämistä kolmesta kuukaudesta kolmeen viikkoon.

Yleisenä johtopäätöksenä päädyttiin suosittamaan eräänlaista yhdistelmämenetelmää, jossa ensimmäisen vaiheen suurikapasiteettista pilareita jättävää louhintaa käytettäisiin toiminnan aloittamiseen investoitujen varojen takaisin maksuun. Louhokset olisi suunniteltava kuten vinoseinätytölouhinnassakin, jotta niiden louhiminen lopulliseen kokoonsa ja pilareiden pelastus olisi ylipäättänsä mahdollista.

**Erkkilä, Pekka:** "Lämpökäsittelyn ja koostumuksen vaikutus runsaasti molybdeenillä seostetun austeniittisen ruostumattoman teräksen mikrorakenteeseen ja pistesyöpymisen kestävytyteen".

Työn kirjallisuustarkastelussa on käsitelty koostumuksen vaikutusta ruostumattoman teräksen jähmettymisjärjestykseen ja edelleen jähmettymisjärjestyksen vaikutusta teräksen suotautumistasteeseen. Erkautumista, erkautuneita faaseja ja niiden vaikutusta teräksen ominaisuuksiin on tarkasteltu sekä austeniitti- että austeniitti-deltaferriittimatriisiin kannalta. Lisäksi on käsitelty pistesyöpymistä ja siihen vaikuttavia tekijöitä.

Kokeellisessa osassa on tutkittu runsasseosteisten tuotantosulatuksen mikrorakennetta tuotantoprosessin eri vaiheissa. Kuumavalssatun nauhan homogenisointumista on selvitetty liuotushehkuskoesarjalla: koekekoista on tutkittu mikrorakenne ja syöpymisnopeus FeCl<sub>3</sub>-testissä. Myös pistesyöpymisen ydintymistä on selvitetty. Laboratoriosulatuksilla on tutkittu koostumuksen vaikutusta pistesyöpymiseen.

Runsaasti molybdeenillä seostetun teräksen ongelmaksi havaittiin sigmafaasin nopea erkautuminen austeniittimatriisissa olevaan deltaferriittiin. Sigmafaasi on varsin stabiilia, sillä 4.5 % Mo- sisältävästä teräsestä sigmafaasia ei saatu poistettua 1100° C hehkuslämpötilassa. Pistesyöpymisen kestävytyden kannalta sigmafaasi havaittiin haitalliseksi; vaikutus ilmenee teräksen syöpymisnopeuden kasvamisena. Pistesyöpymisen ydintymisen kannalta sulkeumat, erityisesti MnS-sulfidit, todettiin haitalliseksi. Korroosiokekoisuuden kannalta hyödylliseksi seosaineiksi havaittiin molybdeenin lisäksi typpi.

Työn tulosten perusteella on esitetty toimenpide-ehdotuksia runsaasti molybdeenillä seostetun austeniittisen ruostumattoman teräksen korroosiokekoisuuden parantamiseksi valmistusprosessin suomien mahdollisuuksien pohjalta.

**Heininen, Risto:** "Kalliopulitin kuormituskoeken käyttö pultitusta tutkittaessa".

Työn teoriaosassa tutkittiin pulituksen laadunvalvonnassa käytettyjä menetelmiä ja pulitin lujituskyvyn menetykseen johtavia syitä. Kenttäkoekoissa tehtiin kalliopulitin vetokoekoita hartsijouetulle

harjateräspultille ja Split Setille kaikkiaan 44 kpl. Näistä koekoista saatiin pulttien kuormitus-siirtymä-käyrät. Käyriä analysoitiin ja koetuksia käsiteltiin tilastollisesti. Hartsipulitin ja Split Setin kuormitus-siirtymä-käyrät ovat täysin eri tyyppiset. Hartsipulitti murtaa tavallisesti n. 10 mm siirtymän jälkeen, mutta Split Setillä on yleensä huomattava lujituskyky suurtenkin siirtymien jälkeen.

Kenttäkoekoiden yhteydessä koekoetyttiin TTK:n louhintatekniikan laboratoriossa kehitettyä pultin kuormituskoeken rekisteröinti-laitteistoa, josta saadut koekoemukset ovat olleet myönteisiä.

**Heiskala, Mirjami:** "Muovipinnoitettujen teräsohutlevyjen muovattavuus".

Työn tarkoituksena oli tutkia muovipinnoitettujen teräsohutlevyjen muovattavuusominaisuuksia sekä muovipinnan käyttäytymistä muovauksessa.

Kirjallisuusosassa käsiteltiin muovipinnoitusprosessia, pinnoitettavia materiaaleja sekä muovien ominaisuuksia. Lisäksi tarkasteltiin pinnoitettujen teräsohutlevyjen käyttäytymistä erilaisissa muovausproesseissa.

Perusmateriaaleina olivat Rautaruukki Oy:n teräsohutlevy CR 40 sekä kuumasinkitty ohutlevy ZIA. Pinnoitteet, joita tutkimuksessa käytettiin olivat PVC 200, PVF<sub>2</sub> sekä polyesteri. Kokeellisessa osassa koekoelylle määritettiin mm. materiaaliiparametrit, rajavetosuhteet, rajamuovattavuuspiirrokset sekä kittakertoimet. Saatuja tuloksia verrattiin perusmateriaalien vastaaviin arvoihin. Lisäksi mitattiin muovikalvojen kovuuksia sekä kuivista että voiteluaineilla käsitellyistä syvävetokoupeista.

Vetokoekoiden osalta saadut tulokset osoittivat, että muovipinnoitusprosessi ei oleennaisesti vaikuta materiaaliiparametreihin. Kaksiakselisia vetojännitystiloja pinnoitetut levyt kestävät jonkin verran huomattavasti enemmän kuin perusmateriaali. Sinkityillä levyillä tulee lisäksi huomioida sinkityksen hilseily, jonka esiintulon elastinen muovi kuitenkin usein estää. Tärkein tulos mikä työssä saavutettiin oli, että pinnoiteilla levyillä rajavetosuhde on yleensä suurempi kuin vastaavalla peruslevyllä. Syynä todennäköisesti on paremmat kitkaolosuhteet. Syvävedettäessä muovipäällysteisiä levyjä jouduttiin pidätysvoimaa nostamaan verrattuna pinnoittamattomiin. Voiteluaineita käytettäessä lisääntyi pidätysvoiman tarve vielä huomattavasti. Voiteluaineiden käyttöä muovien yhteydessä ei suositella niiden mahdollisten päällystettyä vahingoittavien vaikutusten tähden. Muovikalvojen kovuuksiin eivät voiteluaineet ja muovaus vaikuttaneet yksiselitteisesti.

**Hietanen, Seija:** "Puolijohdemetallurginen tutkimus; kiteenkasvatus ja kiteiden jatkokäsittely".

Puolijohdemetallurgian alaan kuuluvassa työssä tutkittiin (111)- ja (100)-piirilliskiteiden kasvatus Czochralskin menetelmällä, kiteiden jatkokäsittelyä sekä analysoitiin kasvatettujen kiteiden laatua. Työn tarkoituksena oli etsiä sopivat kasvatusparametrit mahdollisimman hyvälaatuisen piirilliskiteiden kasvattamiseen.

Kirjallisuustutkimuksessa on käsitelty lyhyesti puolijohdemetallurgian kehittymistä, puolijohdealaatuisen piin valmistusta sekä sen puhastusvaatimuksia. Tämän jälkeen on tarkasteltu Czochralskin menetelmän periaatteita sekä kiteiden virherakennetta. Lisäksi työssä on käsitelty seosaineiden jakautumista kiteissä sekä kiteenkasvatuksen tulleisuuden näkymiä.

Kasvatuskoekoissa kasvatettiin kiteitä eri suuruisista panoksista. Kasvatettujen kiteiden nimellishalkaisijat olivat 3" ja 100 mm. Kasvatuskoekoissa kokeiltiin uunin lämpötilaohjelmia. Kiteiden vastuskauma mitattiin nelipistemittarilla. Kiteiden laadun määrittämiseksi kiteitä tutkittiin etch-pit-menetelmällä sekä synkrotronitopografiolla. Kiteiden happipitoisuus mitattiin kaksisädeinfrapunaspektroskoopilla.

(111)- ja (100)-kiteiden kasvatus saatiin hallituksi prosessiksi. Hyvälaatuisen kiteen kasvatuksessa on kiinnitettävä huomiota kaulan kasvatukseseen sekä sulan lämpötilan hallintaan. Kasvatuskoekoissa todettiin, että tarkkoja, yleispäteviä kasvatusohjeita ei voida antaa, vaan kuennusteho on säädettävä aina kasvatustilanteen mukaan. Kiteiden jatkokäsittely saatiin hallituksi prosessiksi. Kiteiden orientoitavuus oli ± 0.5°. Synkrotronitopografiatutkimuksissa todettiin, että kasvatusolosuhteiden ollessa ideaaliset kiteiden virheetiheys on erittäin pieni. Joidenkin kiteiden laadun havaittiin paranevan kiiteen loppua kohden. Käytetyillä uunilla voidaan kasvattaa keski- tai korkeahappisia kiteitä.

**Huhtamäki, Yrjö:** "Räjäytystavan vaikutus lohkaroitumisvyöhykkeen syntyyn peränajossa".

Työn teoriaosassa tarkasteltiin lohkaroitumisvyöhykkeen syntyä sekä esiteltiin kahden ruotsalaisen tutkimuksen tuloksia.

Kokeellisessa osassa, joka tehtiin Outokumpu Oy:n Keretin kaivoksella, verrattiin kahta räjäytystapaa, normaali- ja kaksirivisilora-jäytystä. Vertailussa tarkasteltiin lohkaroitunutta vyöhykettä sekä irtotus- (poraus + panostus) ja lujituskustannuksia. Koopera kului kvartsiitissa.

Tulokset eivät olleet aivan samanlaisia kummankaan ruotsalaisen tutkimuksen kanssa, samansuuntaisia kuitenkin. Käytettäessä kaksirivisiloräjätystä pieni lohkaroitunut vyöhyke yli 50 %. Irrotus- ja lujituskustannukset katkoa kohden pienenevät 0.2—10 % lujitustavasta riippuen. Lisäksi järjestelmällisessä pultitukessa pultin pituutta voitaisiin lyhentää 2.4 m:stä 1.5 m:iin sekä kasvattaa pulttivälää 1.3 m:stä 1.9 m:iin tai ohentaa ruiskubetonikerrosta 2 cm:stä 0.5 cm:iin. Vähäisempi lujitustarve vähentää työn rytmityksen pullonkaloja helpottaen myös tuotannonohjausta. Kaksirivisiloräjätys jättää ehjemmän kallion ympärilleen lisäten siten perien turvallisuutta.

**Karvonen, Pekka Heikki Juhani:** "Fissiotuotteiden ja epäpuhtauksen käyttäytyminen uraanidioksidissa".

Työn kirjallisuusosassa on tarkasteltu fissiotuotekaasujen diffuusiota, kuplan muodostusta, kuplien kasvua ja stabiilisuutta, huokosten vaikutusta kaasujen käyttäytymiseen, kiinteiden fissiotuotteiden olemuotoa ja vaikutuksia, rakeenkasvua sekä kaasunpaineen arviointia poltto-aine sauvan esikällä. Fissiotuotekaasujen diffuusio, kiinteiden fissiotuotefaaasin erkautuminen ja rakeenkasvu ovat korkeiden lämpötilojen ilmiöitä, eikä niitä havaittavissa määrin tapahdu reaktorin normaalikäytössä pitkien aikojen kuluessa.

Kokeellisessa osassa selvitettiin Imatran Voiman käyttämän neuvostoliittolaisen polttoaineen käyttäytymistä 1500—1735° C lämpötiloissa. SEM-kuvien kvalitatiivisessa tarkastelussa havaittiin rakeenkasvun alkavan n. 1600° C:ssa.

**Kekkonen, Timo:** "Austeniittisen ruostumattoman teräksen hitsausliitoksen herkistyminen matalissa lämpötiloissa".

Työssä on tutkittu pitkien lämpökäsittelyjen vaikutusta austeniittisen ruostumattoman hitsausliitoksen lämpövyöhykkeen rakenteeseen ja herkistymiseen.

Kirjallisuusosassa on tarkasteltu austeniittisen ruostumattoman teräksen herkistymistä. Herkistymismalleista esitellään yksityiskohtaisemmin kromiköyhymismalli, jonka lisäksi tarkastellaan niitä metallurgisia tekijöitä, jotka vaikuttavat materiaalin herkistymiseen. Lopuksi esitetään matalassa lämpötilassa tapahtuvan herkistymiseen eli niin sanottuun matalalaherkistymiseen liittyviä näkökohtia.

Kokeellisessa osassa suoritetuissa elektronimikroskooppitutkimuksissa voitiin havaita hitsin lämpövyöhykkeen rajoille erkautuvan  $M_{23}C_6$  karbideja. Hitsauksen jälkeen karbidit olivat pieniä ja herkistyneen alueen herkistymisaste oli matala, lämpökäsittely aiheutti herkistymisasteen kohoamisen. Karbidien lukumäärä ei lisääntynyt lämpökäsittelyn aikana, mutta niiden koko kasvoi. Materiaalin herkistymisastetta arvioitiin erilaisilla raerajakorroosion alttiutta mittaavilla testeillä. Sähkökemiallinen EPR-testi osoittautui sopivaksi testausmenetelmäksi tutkittaessa herkistymisasteessa tapahtuvia pieniä muutoksia.

**Kemppinen, Seppo:** "Aktiivisuusmittauksia  $Cu_2O-B_2O_3$ - ja  $PbO-B_2O_3$ -sulissa EMF-menetelmällä määrätynä".

Työssä tutkittiin  $Cu_2O-B_2O_3$ - ja  $PbO-B_2O_3$ -sulien termodynaamisia ominaisuuksia sähkökemiallisesti kiinteäelektrolyttikenoilla.  $Cu_2O$ :n aktiivisuudet määrättiin lämpötiloissa 1250 ja 1275° C. Sulan  $B_2O_3$ -pitoisuus vaihteli välillä 0—24.7 mol-%.  $PbO$ :n aktiivisuudet määrättiin lämpötiloissa 900, 1000 ja 1100° C pitoisuuksilla 0—50 mol-%  $B_2O_3$ :a.  $PbO$ :n aktiivisuuksien perusteella laskettiin  $B_2O_3$ :n aktiivisuudet  $PbO-B_2O_3$ -sulissa lämpötilassa 100° C.

$PbO$ :n ja  $B_2O_3$ :n aktiivisuuksissa todettiin voimakas negatiivinen poikkeama Rauolfin suorasta. Lämpötilan vaikutuksen  $PbO$ :n aktiivisuuksiin havaittiin olevan vähäinen.  $Cu_2O$ :n aktiivisuuksissa todettiin positiivinen poikkeama Rauolfin suorasta.  $PbO$ :n ja  $B_2O_3$ :n aktiivisuudet vastaavat melko hyvin aikaisemmissa tutkimuksissa esitettyjä tuloksia.  $Cu_2O$ :n aktiivisuuksista boraattisulissa ei ole julkaistu kirjallisuutta.

Mittaustulosten sekä kirjallisuudessa esitettyjen tietojen perusteella katsottiin  $B_2O_3$ -pitoisten kuonien olevan tehokkaita kuparin raffiinnissa poistettaessa lyijyä kuparista.

**Knuutila, Kari:** "Pyrroitiini anodinen liukeneminen sulfaattipohjaisessa vesiliuoksessa".

Kokeellisessa osassa tehtiin synteettisen pyrroitiinin ja pyrroitiinirakasteen sähkökemiallisia liuotuskokeita sulfaattipohjaisessa vesiliuoksessa. Synteettisen pyrroitiinin kiinteäelektrodikokeissa tarkastettiin  $Fe_{1-x}S$ :n anodista liukenemistä pH:n ja lämpötilan funktiona. Pyrroitiinirakasteelle tehtiin liuotuskokeita tämän työn yhteydessä kehitetyn sähkökemiallisen suspensiokennon avulla eri virta- ja potentiaaliarvoilla.

Pyrroitiini anodinen liukenemisaalue oli 150—500 mV vs. SCE. Pyrroitiini saavutti anodisissa polarisaatiomittauksissa rajavirrantiheyden. Tämä osoitettiin aiheutuvan mineraalin pinnalle muodostuvasta oksidikerroksesta, joka ei kuitenkaan passivoanut  $Fe_{1-x}S$ :n liukenemistä. Pyrroitiini anodisen liukenemisen aktivaatioenergia arvoiksi saatiin 16.2 kcal/mol (67.8 kJ/mol), jonka suuruus osoittaa, että  $Fe_{1-x}$

$S$ :n liukenemistä kontrolloi faasireaktio mineraalin pinnalla. Lisäksi synteettiselle pyrroitiinille ajettiin syklistä voltamogrammeja potentiaalialueella -700—+750 mV vs. SCE. Voltamogrammeissa erottui kahdeksan eri reaktiovaihetta.

Pyrroitiinirakasteen sähkökemialliset liuotustulokset osoittivat, että pyrroitiini liukenee siten, että  $Fe_{1-x}S$ :n rikki jää elementaarimuotoon. Raudan keskimääräiseksi liukenemisnopeudeksi saatiin 618 mg/Ah. Pyrroitiinirakasteen liuotussakoista tutkittiin liuotuksissa tapahtuneita mineralogisia muutoksia. Pyrroitiini liukeni kokeissa suoraan stökiometrisissa suhteissa. Sen sijaan rikasteessa ollut pentlandiitti muuttui metallilystökioimetrisestä metallialistökioimetrisiksi sulfidiksi.

**Koskinen, Tapio:** "Antimonin ja lyijyn poisto raakakuparista natriumkarbonaatti-, kalsiumkarbonaatti- ja natriumferriittikuonan avulla".

Työssä selvitettiin tasapainotuskokeiden avulla antimonin ja lyijyn jakautumista natriumkarbonaattipohjaisten kuonien ja metallisen kuparin välillä hapettavissa olosuhteissa.

Kun  $Na_2CO_3$  oli kuonanmuodostajana, antimoni kuonautui natriumantimonaaattina lähes täydellisesti jo happitasolla 0.2 p-%  $[O]_{Cu}$ . Lähtöpitoisuudesta 0.5 p-%  $[Sb]_{Cu}$  päästiin alle 10 ppm:n tasapainopitoisuuteen.

Kun  $Na_2O-Fe_2O_3$  oli kuonanmuodostajana, kuparin antimonista ja lyijystä poistui noin 90 %, mistä antimonista kuonautui noin 70 % ja lyijyä lähes 80 %, koska muodostui lyijyferriittejä. Saatiin myös viitteitä siitä, että tällä kuonatyyppillä antimonin läsnäolo edistää lyijyn kuonautumista.

Kuparin tasapainopitoisuus soodakuonassa jäi alle 2 p-%:n. Sen sijaan natriumferriittikuonan kuparia kuonautui runsaasti tasapainopitoisuuden kohotessa yli 20 p-%:n.

**Kuusela, Pekka:** "Lyijykuonan viskositeetti koostumuksen ja lämpötilan funktiona".

Tässä työssä mitattiin  $CaO-FeO-SiO_2-PbO$ -kuonan viskositeetti lämpötila-alueella  $\theta = 1150-1300^\circ C$  hapenpaineessa  $P_{O_2} = 10^{-7} atm$ .  $PbO$ -pitoisuus vaihteli 15—35 p-%.

Koostumuksen vaikutus viskositeettiin oli merkittävä.  $CaO$ -pitoisuuden kasvaessa kahdeksasta viiteentoista painoprosenttiin viskositeetti kasvoi yli kaksinkertaiseksi lämpötilassa  $\theta = 1150^\circ C$ . Viskositeetin maksimikohta esiintyi  $PbO$ -pitoisuudella 25 p-%.

Kuonan  $FeO/SiO_2$ -suhde vaikutti viskositeetin arvoon kaikissa lämpötiloissa. Kuonan viskositeetti kohosi merkittävästi lämpötilan laskiessa alle 1200° C:n. Mittaukset suoritettiin  $Al_2O_3$ -upokkaisuissa, mutta kuonaan liuenneet  $Al_2O_3$  ei kohottanut merkittävästi viskositeettia. Kolmenarvoisen raudan määrä kuonassa lisääntyi  $CaO/SiO_2$ -suhteen kasvaessa ja  $PbO$ :n määrän kasvaessa, kun edellytykset  $PbO$ :n pelkistymiseksi metalliseksi lyijyksi suurentivat.

**Käräylä, Timo:** "Epästabiliin austeniittisen ruostumattoman ohutlevyn tasoaanisotropia ja korvien muodostuminen syvävedossa".

Tutkimuksessa oli tarkoitus selvittää epästabiliin austeniittisten ruostumatomien (18/9) ohutlevyjen tasoaanisotropiaa ja syvävedossa kuppiin syntyvien korvien muodostumista. Erityisesti kiinnitettiin huomiota kylmävalssausasteen vaikutukseen korvien korkeuteen. Tutkittiin myös välihehkutuksen tarpeellisuutta ja sen edullisinta paikkaa kylmävalssausohjelmassa pyrittäessä pieneen korvan korkeuteen.

Korvan korkeutta tutkittiin tasapohjaisen kupin syvävedossa. Tasoaanisotropiaa tarkasteltiin eri suuntiin määritettyjen r-arvojen ja veto-koetulosten avulla. Kylmävalssausasteella ja korvan korkeudella havaittiin selvä yhteys ja välihehkutuksella pystyttiin korvan korkeutta pienentämään. Korvan korkeus riippui myös r-arvojen ja lujuuden tasoaanisotropiasta.

**Lammi, Aulis:** "Magnetiittimalmien jäännösmagneettisista ominaisuuksista Suomessa".

Työssä tutkittiin suunnattujen käsikäira- ja nyrkkinäytteiden avulla magnetiittimalmien remanenssia sekä sovellettiin saatuja tuloksia esimerkkikohteiden magneettiseen mallitulkintaan. Työhön sisältyi kirjallisuusosa, jossa käsiteltiin Ruotsin ja Neuvostoliiton rautamalmin jäännösmagnetismitutkimuksia. Lisäksi tehtävään kuului Rautaruukki Oy:n Malminetsinnän remanenssimittauslaitteiston kalibrointi ja osallistuminen tulokäsittelyryhtin laadintaan.

Tutkituissa karsirautamalmeissa Q-arvo oli välillä 0.3—1.1, titaanirautamalmeissa 1.2 ja 3 sekä kvartsirautaisissa rautamuodostumissa 1.7—4.5. Magnetiittimalmien jäännösmagnetismin todettiin olevan pääasiassa viskoosia remanenssia ja suunnaltaan enimmäkseen jyrkästi alaspieni. Magneettisen tulkinnan kannalta tärkeintä on tällöin määrätä esiintymän Q-arvo. Mekaanisten iskujen todettiin vaikuttavan herkästi remanenssin suuntaan ja suuruuteen.

**Lattunen, Merja:** "Työhygieniä- ja tapaturmatekijöiden kartoitus terästeollisuudessa".



Työn tarkoituksena oli selvittää raudan- ja teräksenvalmistuksen yhteydessä esiintyviä työturvallisuusongelmia. Työssä tutkittiin sekä hygieniatekijöitä, että tapaturmariskejä.

Kirjallisuustutkimuksessa on pohdittu niitä eri tekijöitä, joilla on vaikutusta turvallisen ja viihtyisän työympäristön luomiseen. Lisäksi on esitelty keinoja, joiden avulla näihin ongelmiin voidaan vaikuttaa.

Työn käytännönläheisessä tutkimusosassa on paneuduttu yksityiskohtaisemmin prosessissa esiintyviin vaaratilanteisiin. Tutkimuksen kohteena on Oy Ovako Ab:n Koverharin terästehtaan tankovaluosasto. Valuprosessi on edetty vaihe vaiheelta analysoiden jokaisen työvaiheen vaaratilanteet. Lisäksi on käsitelty normaalia prosessista poikkeavia häiriö- ja seisokkitilanteita.

Raudan- ja teräksenvalmistuksen perusteellisuudessa sattuu vuosittain noin 1500 tapaturmaa. Torjuntakeinot näihin ovat teknisiä ja organisatorisia. Teknisiä torjuntamenetelmiä ovat uusien, turvallisempien laitteiden suunnitteleminen, jo olemassa olevien laitteiden suojausten parantaminen ja kokonaan uusien tuotantomenetelmien kehittäminen. Organisaation merkitys tapaturmien ja onnettomuuksien torjunnassa kasvaa jatkuvasti. Työsuojelukoulutuksen ja työhönopeuksen niveltäminen kiinteäksi osaksi organisaatiota, jatkuva ja järjestelmällinen tapaturmien ja vaaratilanteiden seuranta ovat keinoja turvallisemman työympäristön luomiseksi.

**Lehmus, Raimo:** "Tietoväylään perustuvan tuotannon tietosysteemin käyttäjälähtöjen suunnittelu ja toteutus".

Työ käsittelee Oy Kaukas Ab:n sellutehtaan tietoväylään perustuvan tietosysteemin käyttäjälähtöjen suunnittelua ja toteutusta. Käyttäjälähtöä koskevat näytteenotto, lähetystä, varastoa ja vuoromestaria. Liitännät toteutettiin paikallisen tietoverkon mikrotietokonesolmuilla.

Työn alussa esitetään lyhyesti Oy Kaukas Ab:n selluprosessia. Seuraavaksi selvitetään sellutehtaan vanhaa tietosysteemiä ja sen ongelmia, esitetään toteutuksessa käytetty laitteisto ja kerrotaan millaiseksi uusi systeemi suunniteltiin. Tämän jälkeen on kerrottu kuinka toteutettu järjestelmä toimii käyttäjän kannalta. Lopuksi on esitetty yhteenveto siitä, miten järjestelmä on toiminut käytännössä ja mitkä ovat sen kehitysnäkymät.

**Lehtonen, J. Antti:** "Tutkimus booriseostuksen vaikutuksesta Ni-hard 1 valurautaan".

Työn tarkoituksena oli tutkia booriseostuksen vaikutusta erään hyvin kulutusta kestävä materiaalin, Ni-hardin ominaisuuksiin.

Kirjallisessa osassa selvitetään aluksi kulumisen, lähinnä abrasiiivisen kulumisen luonnetta ja mekanismeja. Tämän jälkeen esitellään Ni-hard-valurauta ja lopuksi selvitetään boorin vaikutusta raudassa, teräksessä ja Ni-hardissa. Kokeellisessa osassa tutkittiin eri boorimäärien vaikutusta Ni-hard 1:n mikrorakenteeseen, makro- ja mikroovuuteen ja faasisuhteisiin sekä lämpökäsiteltynä että lämpökäsittelemättömänä.

Kirjallisuuden ja suoritettujen kokeiden perusteella boorilla voidaan todeta olevan seuraavia vaikutuksia tutkittavaan materiaaliin:

- siirtää s-käyriä oikealle
- lujittaa austeniittia/bainiittia
- stabiloi karbidifaasia
- siirtää eutektista pistettä pienempiin hiilipitoisuuksiin päin ja alentaa sulavyöhykkeen lämpötilaa

Jatkotutkimusten kannalta mielenkiintoinen booripitoisuuden määrä on välillä 0.03—0.1 %. Kyseessä olevilla boorilisäyksillä saatetaan olla taloudellista merkitystä.

**Lehtonen, Tapio Allan:** "Outokumpun alueen petrofysikaalisista ominaisuuksista".

Työssä on Outokumpu Oy:n Malmintönnän käyttämää kairaustietojen ATK-käsitelystä laajennettu lisäämällä ominaisvakiotiedot suorahakupohjaiseen tiedostoon. Tämän tiedoston avulla on selvitetty kivilajien petrofysikaalisia ominaisuuksien tilastollista jakaantumista ja vaihtelua Outokumpun alueella. Lisäksi on erikseen tutkittu alueen mustaliuskeitten remanenssia.

**Molarius, Jyrki:** "Matalapaineplasmatyötyksen vaikutus pinnan rakenteeseen ja kulumiskestävyyteen".

Työn tarkoituksena oli tutkia Teknillisen korkeakoulun matalapaineplasmatyötyksilaitteistolla menetelmiä eri yhdiste- ja pelkän diffuusiokerroksen valmistamiseksi sekä työttämisen nopeuttamiseksi. Lisäksi tutkittiin eri pintakerrosten kulumiskestävyyttä. Koemateriaalina olivat työtysteräs (34 CrAl Mo 5), matalahiilinen nuorrutusteräs ja työkaluteräs (X 40 Cr MoV 51).

Kirjallisuustutkimuksessa on käsitelty plasma-avusteisia pinta- ja lämpökäsitelymenetelmiä. Painotus on ollut plasmatyötykseen vaikuttavissa tekijöissä.

Työssä tutkittiin työtettyjä kappaleita röntgendiffraktiolla, valomikroskoopiilla ja kovuusmittauksilla sekä testattiin kiekkokulutuskokeilla. Trioditytetyn nuorrutusteräksen tyyppipitoisuus ja -jakauma

määrättiin kuumackstraktion, (p, γ)-resonansi- ja Auger-mittausten avulla.

Plasmatyötyksen nopeuttaminen triodijärjestelyllä onnistui hyvin. Trioditytetyn diffuusiokerroksen syvyys oli matalahiilisessä nuorrutusteräksessä yli kaksinkertainen samassa lämpötilassa eri plasmatyötyksen menetelmällä (ionitointi) valmistettuun vertailunäytteeseen nähden.

Kulumiskestävyyden todettiin paranevan yhdistekerroksen ohentumisella. Kulumiskestävyydellä ei todettu olevan yleistä riippuvuutta yhdistekerroksen rakenteesta. Selvästi paras kulumiskestävyyks saavutettiin tutkituilla materiaaleilla kulumispintojen ollessa pelkkää diffuusiokerrosta. Plasmatyötyksellä saavutettu kulumiskestävyys osoitautui vertailutyötyksiä paremmaksi.

**Myllymäki, Juha-Pekka:** "Nikkeli-kuparien kuumavalssaus".

Työn tarkoituksena oli selvittää nikkeli-kuparien kuumavalssattavuuteen vaikuttavat tekijät. Kokeet jakautuivat laboratorio- ja tuotantokokeisiin. Koemateriaaleina laboratorikokeissa oli 25 % nikkeliä sisältävä seos sekä 10 % nikkeliä, 1 % rautaa ja 0,5 % mangaania sisältävä seos. Tuotantokokeet tehtiin 25 % nikkeliä sisältävällä seoksella.

Kirjallisuustutkimuksessa päähuomio kiinnitettiin nikkeli-kupareissa esiintyviin kuumahaurausilmiöihin. Kokeellisessa osassa tutkittiin haurausilmiöiden lisäksi koemateriaalien muodonmuutoslujuuksia ja mikrorakenteita.

Koemateriaalit repeilivät valssauksissa. Repeily ei johtunut epäpuhtauksien haurastuttavasta vaikutuksesta, vaan liian alhaisesta valssauslämpötilasta. Kuumavalssauksessa koemateriaaleissa tapahtui jatkokäsittelyn kannalta haitallista muokkauslujittumista. Mitatut muodonmuutosvastusten arvot vastasivat melko hyvin kirjallisuudessa esitettyjä arvoja.

**Naapuri, Jukka-Matti:** "Poraus- ja räjäytystyöt avolouhinnassa".

Työn tarkoituksena oli koota perustietoa avolouhinnan irrotustyövaiheiden — porauksen, räjäytyksen sekä porauksessa käytetyn kaluston osalta työvaiheiden suunnittelua varten. Työssä on keskitytty erityisesti porauksen perusteiden selvittämiseen, sillä tähän asti tätä louhinnan irrotustyövaihetta käsittelevä tietous on kirjallisuudessa esitetty pääasiassa räjäytysten suunnittelun yhteydessä vain siltä osin, kuin se on avolouhinnan panoslaskennan suunnittelun suhteen ollut tarpeellista.

Porausta käsittelevään osaan on koottu perustietoa porauskaavioiden suunnittelua varten, ja kalliotekijöiden vaikutusta on tutkittu sekä kaavioiden suunnittelun, että itse poraustapahtuman osalta, kallion räjäytettävyyden ja kallion porattavuuden avulla. Perustietoja on myös esitetty sellaisten taulukoiden ja kuvien muodossa, jotka mahdollistavat porausuunnitelman rungon nopean laatimisen, ja antavat riittävät tiedot porauskalustovalintaa ja porauskustannusten laskentaa varten.

Räjäytystekniikkaa on tuotu esiin siinä määrin, kuin se on räjäytysuunnitelman laatimisen sekä porausta ja porauskalustoa käsittelevän tiedouden ymmärtämiseksi ollut tarpeellista.

Työssä on lopuksi käsitelty suunnitteluesimerkin avulla porauksen ja räjäytyksen suunnittelumalli, joka kuvaa, miten työn eri osissa esitettyä tietoutta käytetään louhinnan irrotustyövaiheiden suunnittelussa.

**Nevalainen, Lauri:** "Tutkimus bainiittisten pulttiterästen mekaanisista ominaisuuksista ja niiden parantamisesta".

Työssä tutkittiin eräiden isotermisesti bainitoitujen kylmämuovattavien pulttiterästen mekaanisia ominaisuuksia. Bainitointi suoritettiin sinkkilylyssä, jolloin saatiin bainiittinen mikrorakenne ja sinkkipinnoite samalla käsittelyllä. Lisäksi tutkittiin mahdollisuuksia mekaanisten ominaisuuksien parantamiseksi bainitoinnin jälkeisellä hehkutuksella.

Koetulokset osoittivat, että isotermisellä bainitoinnilla on mahdollista tuottaa 8.8 lujuusluokan vaatimukset täyttäviä pultteja. Sinkkipinnoite laatu muodostuu kuitenkin pitkän bainitoitajan johdosta huonoksi. Vastaaviin mekaanisiin ominaisuuksiin päästään myös lyhentämällä bainitointiaikaa ja suorittamalla jälkihikkutus. Koemateriaalien kimmo- ja myötörajat paranevat jälkihikkutuksessa sisäisten jännitysten laukkamisen johdosta.

**Ollila, Seija:** "Rikasteiden raekoon ja Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-suhteen vaikutukset sintraukseen".

Työssä tutkittiin sintteriraaka-aineiden ja kaksin raekoon, seoksien hematiitti/magnetiitti-suhteen sekä lisäaineista poltetun kalkin ja terässluton kuonan vaikutusta sintrausparametreihin ja sintterin laatuun.

Työ suoritettiin valmistamalla sintraussekset, jotka antavat optimiedellytykset kaasunläpäisevyyden suhteen ja koesintraamalla seokset. Valmiit sintterit tutkittiin analysoimalla kemiallisesti sekä mittamalla kylmälujuus-, kuumalujuus- ja pelkistyvyysominaisuuksia.

Hematiittiset rikasteet parantavat seoksen kaasunläpäisevyyttä, mutta sintrauksessa ne nostavat koksinkulutusta sintterituotannon laskiessa samanaikaisesti riippumatta läpäisevyyden paranemisesta. Sintterin koksinkulutusta kasvaa rikasteen hienouden mukana. Poltetun kalkin käyttö sintrauskohteissa nostaa tuotantoa. Terässläätön kuona vaikuttaa pelkistyslujuteen heikentävästi. Koksien raekoon pienentäminen käyttämällä -3 mm:n fraktion sijasta -1.5 mm:n fraktiota nostaa koksinkulutusta sintrauksessa.

**Piensoho, Antti Juha:** "Hiilenkato ja haptettuminen pehmeäsihekkutussäilytyksessä 700...800°C".

Työn tarkoituksena oli tutkia analyysin ja atmosfääriin vaikutusta teräsläätöjen IB 30 ja Cq 35 haptettumiseen ja hiilenkatoon. Molempia teräsläätöjä oli sekä malmi- että romupohjaisena.

Lankanäytteet ( $\phi$  7 mm) hckkutettiin kuten Imatran terästehtaalla. Atmosfääri vastasi maakaasun polttoa ilmakertoimilla  $\lambda = 0,9$ ,  $\lambda = 1,1$  ja  $\lambda = 1,7$ . Kaasun kostutus tapahtui vesihäuteen ja kostutuspullon avulla.

Hiilenkatoa on käsitelty melko laajan mittausaineiston perusteella. Kaikilla tarkastelutavoilla IB 30 (R)-sulatus osoitti selvästi voimakkaainta hiilenkatotaipumusta. IB 30 (R)-sulatuksen hiilenkato pieni erityisen selvästi ilmakehän vaikutuksen kasvaessa. Sulatuksen vaikutus hiilenkatoon oli tutkimuksen mukaan erittäin merkitsevä.

IB 30 (M) erottui muista pienten palohäviöittensä johdosta. Palohäviöllä ja hiilenkadolla ei havaittu tulosten mukaan mitään yhteyttä, ei myöskään valssauksissa. Näin voitiin tehdä johtopäätös, että oksidin ja välikerroksen rakenne ja ominaisuudet hiilenkadon kannalta ovat tärkeitä, ei niinkään teräksen haptettumisen kannalta.

Jäänöshilsemäärittäen romupohjaiset sulatukset osoittautuivat merkittävästi suuremmiksi. IB 30 (R)-sulatus poikkesi erityisen selvästi muista.

**Pitkänen, Jorma:** "Taajuusanalyysin käyttö materiaalivikojen havainnointiin ultraäänitarkastuksessa".

Tutkimuksessa on selvitetty taajuusanalyysijärjestelmää ultraäänitekniikassa. Tarkastelulla on yritetty selvittää taajuusjakauman riippuvuutta eri tekijöistä, kuten luotaimesta ja sen rakenteesta, vian muodosta, mekaanisesta kytkennästä luotaimen ja materiaalin välillä sekä itse tutkittavasta materiaalista. Kokeiden valinta perustuu kirjallisuudesta saatuan informaatioon.

Kokeissa käytettiin pulssi-kaiku-menettelmää. Tällöin lähettävä luotain myös vastaanottaa pulssin. Kokeissa tarkasteltiin vaimenemista ja useanmuotoisten vikojen aiheuttamia eroavuuksia taajuusjakauksissa. Vertailussa pyrittiin lähinnä taajuusjakaumien erojen toteuttamiseen vian geometriaan perustuen. Vian koko määritettiin keinokeinoista läpiporausreijistä, joita oli kolmea kokoa.

Resonanssimenettelmää sovellettiin, kun sylinterinmuotoisen vian pinnasta heijastuneen ja vian ympäri kiertäneen äänen aikaerosta saatiin interferenssi-ilmio taajuusjakaukseen. Taajuusakselilla olevien huippujen erotuksesta arvioitiin vian kokoa.

Taajuusanalyysin käyttö ultraäänitekniikassa materiaalien tarkastuksessa on vielä osittain tutkimusasteella, vaikka siitä on saatu hyviä tuloksia. Tämän tutkimuksen kokeiden perusteella havaittiin taajuuden vaikuttavan voimakkaasti vaimenemiseen, mikä on otettava huomioon taajuusjakaumien analysoinnissa. Erilaisista keinokeinoista viroista saadut taajuusjakaumat poikkesivat normaalisti toisistaan, kaikissa tapauksissa muutosta ei kuitenkaan havaittu.

Vian koon arvioinnissa saatiin hyviä tuloksia. Kun läpiporausreian halkaisija oli 3 mm, tulokset poikkesivat todellisista arvoista enintään 20 %, vastaavasti 5 mm:n läpiporausreialla poikkeama oli noin 3 %. Läpiporausreian halkaisijan ollessa 8 mm tuloksista ei pystytty laskemaan vian kokoa, koska ei pystytty toteamaan vian kiertänyttä ultraääntä. Kokeiden toistettavuus vaihteli välillä 3.1—12.4 %.

**Pöytäniemi, Tapani:** "Alkalit masuunin kuivassa vyöhykkeessä".

Työn tarkoituksena oli ajaa sisään uusi kolmivyöhykeuuni ja tehdä sillä koesarja, jossa tutkittiin alkalien vaikutusta pellettien pelkistysnopeuteen 1000°C:n lämpötilassa. Kokeissa tutkittiin myös alkalien impregnoitumista synteettisiin hematiittipelletteihin, joissa oli joko hapan tai emäksinen kuonafaasi. Pelkistykseen aikana tapahtuva alkalipitoisuuden muutos myös analysoitiin.

Kirjallisuudessa on käsitelty alkalien vaikutusta masuunin toimintaan sekä pellettien pelkistykseen vaikuttavia tekijöitä.

Termodynaamisten laskujen avulla on tutkittu eri alkiyhdisteiden käyttäytymistä masuunin lämpötiloissa. Termodynaamisia laskuja on täydennetty kineettisillä laskuilla kaliumin absorptiosta ja desorptiosta pelletin pinnan ja kaasufaasin välillä.

Kokeissa todettiin kaliumin nopeuttavan pellettien pelkistymistä. Alkali-pitoisuuden muutoksissa pelkistykseen aikana ei löytynyt korrelaatiota alkuperäisen pitoisuuden eikä pelletin emäksisyyden kanssa.

Kaliumjakauma tasoittui pelkistykseen aikana.

**Ritamäki, Olaus:** "Senkkatarkennus OVAKO Oy-Ab Koverharin terästehtaalla".

Työn tarkoituksena oli kartoittaa mahdollisuuksia lyhentää konvertterin tap-to-tap- aikaa ja pienentää koostumuksen hajontaa teräksessä, mikä johtaa parantuneeseen tavoitekoostumukseen pääsemiseen. Työn kirjallisuusosassa on käsitelty senkassa tehtäviin toimenpiteisiin vaikuttavia tekijöitä: kuonan pidätystä, virtauksia ja liukene-mista. Esitetään muita maailmalla esiintyviä menetelmiä, jotka tähtäävät koostumuksen hajonnan pienentämiseen. Työn kokeellisessa osassa on verrattu keskenään kolmea menetelmää, joilla arvellaan olevan edellytyksiä tavoitteiden saavuttamiseksi. Suoritettujen tarkastelujen perusteella on voitu sanoa, että muuttamalla teräksen valmistuskäytäntöä työssä esitetyillä tavoilla, ovat mahdollisuudet sekä konvertterinajan lyhenemiselle että koostumuksen hallitsemiselle erittäin hyvät.

**Sahamies, Tuula:** "Lietteen ionikoostumuksen vaikutus vaahdotustuloksiin".

Työssä on tutkittu lietteen ionikoostumuksen vaikutusta vaahdotustuloksiin tarkastelemalla kirjallisuudessa esitettyjä aikaisempia tutkimuksia ja laboratoriossa Virtasalmen Cu-malmilla tehtyjen kokeiden tuloksia. Analysointimenettelmänä on esitetty ioniselektiivisten elektrodien käyttö.

Laboratoriossa tehtyjen sekoituskokeiden avulla tutkittiin mineraalilietteen ionikoostumusta ajan ja pH:n funktiona. Sekoituskokeita tehtiin ilman puhallusta, happipuhallusta käyttäen sekä materiaalilla, johon lisättiin ZnS-pulveria. Näytteiden ionikoostumus määritettiin sekä ioniselektiivisillä elektrodeilla että kemiallisella analyysillä. Lisäksi seurattiin lietteen hapetus-pelkistysreaktioita.

Tehtyjen sekoituskokeiden mukaan havaittavia sulfidi- ja kuparionipitoisuuksia oli ainoastaan lietteen pH:ssa 3. Sekoitusaika vaikutti siten, että sulfidi-ionipitoisuus kasvoi huomattavasti vasta tunnin sekoituksen jälkeen.

Vaahdotustulosten perusteella Virtasalmen Cu-malmi olisi edullista vaahdottaa lietteen pH:ssa 9. Näiden kokeiden mukaan vaahdotus ei saisi tapahtua pH-alueella 7,5—8,5 Cu-saannin laskiessa. Myöskin lietteen pH-arvo 11 on kokeiden mukaan liian korkea.

**Salo, Arja:** "Tutkimus Seinäjoen alueen tinapitoisten pegmatiittien rikastamisesta".

Tutkittava malminäyte oli Seinäjoen Pajuluoman alueen tinapitoista pegmatiittia, jossa tina esiintyy kassiteriittinä. Malmin päämineraalit ovat muskoviitti, maasälpä ja kvartsi. Näytteen tinapitoisuus oli noin 0,3 %.

Vaahdotuskokeissa käytettiin kassiteriitin kokoojana petrolisulfonaattia. Hydroksaamihapolla ja fosfonihapolla tehtiin muutama yksittäinen vaahdotuskoe. Ominaispainomenetelmistä tutkittiin hytkytystä.

Vaahdottamalla saatiin noin 90 % saannilla rikaste, jonka pitoisuus oli noin 2 %. Hytkytyskokeissa päästiin 70 % saantiin rikasteen pitoisuuden ollessa noin 12 %.

Tutkittavasta pegmatiitista voitiin tinarikasteen lisäksi erottaa myös hyväläatuiset kille-, maasälpä- ja kvartsirikasteet.

**Tervo, Marjukka:** "Tutkimus sulan kuparikiven konversioreaktioiden kineetikasta".

Kupari-rautasulfidisulan hapettamisnopeutta tutkittiin termovaassa pintapuhalluksella muuttujina lämpötila, kiven kuparipitoisuus, stökiometria sekä kuonanmuodostusolosuhteet.

Sulan stökiometria vaikutti voimakkaasti haptettumisreaktion mekanismiin: metallikyllästeisen kiven paino kasvoi haptettumisen alkuvaiheessa eikä SO<sub>2</sub>:a muodostunut painonkasvuvaiheen aikana. Korkearikkisen kiven paino pieneni alusta alkaen ja SO<sub>2</sub>:n muodostuminen alkoi heti. Konversioreaktion reaktionopeus oli verrannollinen hapetuskaasun virtausnopeuteen, kasvoi lämpötilan myötä, kasvoi kuonanmuodostajan läsnäollessa ja hidastui reaktioasteen mukana.

Reaktionopeuden riippuvuus kaasuvirtauksesta viittaisi nopeutta kontrolloivan vaiheen olevan aineensiirron kaasufaasissa, mutta toisaalta reaktionopeuden riippuvuus reaktion edistymisestä ja kuonanmuodostusolosuhteista eivät tue tätä käsitystä. FeS:n konversio saattaa olla myös sekakontrollin hallitsema, mihin viittaa reaktion kompleksisuus.

**Yrttima, Helena Kaarina:** "Erään karbonaattipitoisen fosforiesiintymän kokeellinen rikastustutkimus".

Tutkittava esiintymä sisältää apatiittia 6,7 % ja kalsiittia 75,4 %. Muita mineraaleja ovat maasälpä, pyrokloori, magnetiitti ja hematiitti. Malmi on rikastusominaisuksiltaan kompleksinen suuren kalsiitti/apatiitti-suhteen vuoksi.

Työn tarkoituksena oli kehittää taloudellinen rikastusmenetelmä käyttökelpoisen apatiittirikasteen aikaansaamiseksi jatkojalostusta varten.

Apatiitti vaahdotettiin emäksisessä lietteessä (pH 11) sarkosiini-

tyyppisellä kokoojalla, joka emulgoitiin nonyyli-fenyyli-polyglykolieetterillä. Kalsiitin painamiseen käytettiin polysakkaridia. Vaahdotusta haittaava tekijä oli suuren liejumäärän syntyminen murskauksessa ja jauhatuksessa. Lietteen dispergointiin käytettiin natriumkarbonaattia eli soodaa.

Laboratoriokokeissa päästiin 63,1 %:n saannilla rikasteeseen, jonka  $P_2O_5$ -pitoisuus oli 30,1 %. Koetehdasajossa saadun rikasteen  $P_2O_5$ -pitoisuus oli 28,5 % ja saanti 67,5 %.

## TURUN YLIOPISTO

### Geologian ja mineralogian osasto

Filosofian lisensiaatti:

**Latvalahti, Ulla:** "Aijala-Orijärvi-alueen Cu-Zn-Pb-malmeista, Lounais-Suomessa".

Tutkielmassa on esitetty Lounais-Suomen lehtiittijakssoon kuuluvat Aijalan Cu-Zn-, Metsämöntun Zn-Pb- ja Orijärven Zn-Cu-malmiesiintymät. Vyöhyke, johon luetaan myös Keski-Ruotsin sulfidimalmit, on tulkittu keski-prekambriseksi saarikaarirakenteeksi.

Filosofian kandidaatti:

**Julku, Timo:** "Länsi-Inarin liuskejaksoson sagvandiiteistä".

Tutkielmassa on selvitetty Länsi-Inarin liuskejaksoson sagvandiittien eli karbonaattiotropyrokseniittien petrologiaa ja malmipetrologiaa. Lisäksi on tarkasteltu sagvandiittien malmimineraaleja ja kemiallista koostumusta sekä käsitelty lyhyesti sagvandiittien alkuperää.

**Mäki, Timo:** "Hyvelän Ni-Cu-esiintymästä".

Tutkimuksessa on selvitetty Porin lähellä sijaitsevan Hyvelän noriitin petrologiaa ja kemisiä sekä erikoisesti sulfidimineralisaation mikrorakenteita. Sekvenssianalyysin avulla on tutkittu sulfidien rae-kokoa, yhteenkasvettumisastetta ja modaalista koostumusta.

**Pakarinen, Jouko:** "Eräiden Pohjanmaan liuskealueen pegmatiittien vertailua".

Tutkielmassa on verrattu neljän erityyppisen ja kokoisien, eri puolilla Pohjanmaan liuskealuetta olevien pegmatiittiesiintymien (Kuortaneen Myllyneva ja Päivänalustanvuori, Maalahden Vittberget, Himanganranta Himangalla) kemisiä ja kemiallisia koostumuksia. Samalla on esitetty myös tekijöitä, joita voitaisiin käyttää hyväksi etsittäessä K-rikkaita pegmatiitteja teollisuuden käyttöön. Esiintymistä on tehty kemiallisia analyysejä, maasäpien hivenainemäärityksiä, trikliinisyyssaste- ja syntylämpötilamäärityksiä.

**Yrjölä, Martti:** "Tervolan Mustamaan uraani-fosforiesiintymä Pe-räpohjan liuskealueella".

Tutkielmassa selvitetään esiintymän geologista ympäristöä, kivilajien petrografiaa, malmimineralisaatiota ja sen syntyolosuhteita. Kivistä on määritetty mineralogiset ja kemialliset koostumuksia. Uraanin jakautumista kiviänteissä on tutkittu alfasäteilykuvilla selluloosaanitraattikalvolla. Malmiutuneesta horisontista on määritetty rikkiisotoppi-koostumus. Uraanin esiintymiseen liittyy hienorakeisiin fosforiiteihin, jotka ovat rakenteeltaan breksioituneita. Keskiarvopitoisuudet esiintymässä ovat 0,051 % U ja 6,17 %  $P_2O_5$ . Mustamaan uraani-fosforiesiintymä voidaan luokitella kuuluvaksi Baltian kilven alaproterotsooisin metafosforiitteihin.

### Maaperägeologian osasto

Filosofian kandidaatti:

**Haapio, Jyrki:** "Tienpitoon soveltuvien moreenialueiden esiintymisestä ja tutkimisesta TVL:n Keski-Suomen piirissä".

TVL:n Keski-Suomen piirissä valittiin kartta- ja ilmakuvatulkinnan perusteella 13 tutkimuskohdetta, joilta kerättiin havaintoja murskauskelpoisten moreenien esiintymiseen ja käyttökelpoisuuteen vaikuttavista tekijöistä. Eri tutkimusmenetelmien perusteella voitiin todeta, että ablaatiomoreenit, joiden aines on läheltä peräisin ovat usein sekä määrällisesti että laadullisesti murskauskelpoisia.

**Junnila, Esko:** "Vuotson alueen moreeneista".

Tutkielman alkuosassa on kirjallisuuden, karttatulkinnan ja kenttä-havaintojen avulla kuvattu verraten laajasti Keski-Lapin rapakallioalueella sijaitsevan tutkimusalueen geologiaa. Maaperän stratigrafiaa ja koostumusta on selvitetty 18 tutkimuskaivannon ja niistä otettujen näytteiden avulla. Tutkimusmenetelmänä on käytetty suuntauslaskuja, kivilaskuja ja rakeisuusanalyysijä.

**Ristaniemi, Olli:** "Päijännetransgressio Korpilahden-Jyväskylän alueella Keski-Suomessa".

Päijännetransgression kehitystä on tutkittu rantahavaintojen, biostatigraafisten menetelmien ja radiohiiliajoitusten avulla. Tutkimusalueen muinaisrannoista on laadittu etäisyysdiagrammi. Jyväskylän alue vapautui jäästä noin 9700 BP, jolloin syntyivät korkeimman rannan merkit. Päijänteen allas kuroutui itsenäiseksi Ancylusjärvestä mäntyvaiheen aikana noin 9000 BP. Päijännetransgressio alkoi heti Päijänteen altaan kurouduttua ja loppui 6000—5900 BP, kun Heino-lan harju murtui. Morfologiset ja stratigraafiset tutkimukset osoittavat, että vedenpinta on noussut transgression seurauksena Aarion (1965) esittämän tason yläpuolelle ja saavuttanut Tolvasen (1922) ja Saarniston (1971) esittämän tason.

Radiohiiliajoitusten perusteella vyöhykerajan **Betula/Pinus** iäksi on arvioitu 9300 BP. **Pinus/Betula-Alnus-Corylus-Ulmus**-vaiheiden rajan ikä on 8700 BP. Kuusi on levinnyt Pohjois-Päijänteen alueelle noin 4800 BP. Muutamassa tapauksessa radiohiili-iat transgressiohorison-tin ala- ja yläpuolelta ovat selvästi virheellisiä.

**Räisänen, Marja-Liisa:** "Jäppilän nikkeli-kupari- ja Juuan Petrovaaran kupari-sinkki-lyijy-esiintymien kuvastuminen moreenin lohka-reissa ja hienoaineksessa".

Tutkielmassa on vertailtu otsikossa mainittujen mineralisaatioiden malmilohkareiden, kallioppinäytteiden ja moreenin hienoaineksen kemiallisia ja mineralogisia koostumuksia malminetsinnällisiin sovel-lutuksiin. Syvänsin Ni-Cu-anomia edusti mineralisaation päällä poh-jamoreenissa sijaitsevaa syngeneettistä dispersiomallia. Hiekkafrak-tion nikkelpitoisten sulfidien kemialliset koostumuksia ovat rinnas-tettavissa lohka-reiden vastaaviin koostumuksiin. Petrovaarassa ha-vaittiin yhtäläisyyksiä mineralisointuneiden lohka-reiden ja kallioppin-äytteiden koostumuksissa. Moreenin hienoaineksen anomaaliset pi-toisuudet olivat mineraalisaation päällä. Niissä oli sekä glasio- että hydromorfisia piirteitä.

**Sahala, Lauri:** "Maaperän rakenteesta ja savien tiiliteknisistä ominai-suuksista Iisalmen ympäristössä".

Tutkielman savet muodostavat kerrossarjan, jossa alimpana on Yoldiameren kerrallista savea tai siiltää ja sen yläosassa homogeenista lihavaa savea. Edellistä peittävä homogeeniset Ancylussedimentit, joiden päällä voivat vielä olla Muinais-Saimaan sedimentit.

Tiilisavitutkimuksia varten otettiin seitsemältä koealueelta 64 näy-tettä. Näistä määritettiin yleiset tiilitekniset ominaisuudet. Saveksen mineraalikoostumusta tutkittiin röntgendiffraktioanalyyseillä. Tulosten perusteella 7 koealuetta sopii saviainekseltaan varsin hyvin tiilite-ollisuuden raaka-aineeksi.

## ÅBO AKADEMI

### Geologisk-mineralogiska institutionen

Filosofie kandidater:

**Drake, B.G.M.:** "Gråbergsminalzoner i en prekambrisk järn-malm."

Järnmalmerna i Pajala norra Sverige och Kolari norra Finland lik-nar varandra. Marjarovamalmerna i Pajala har liknande mineralsam-mansättning som SV-Rautavaaramalmerna. Pajala-Kolariområdet bergarter är prekambriska vulkaniter, glimmerskifferar, kvartsiter och granitoider. I Pajala är de äldsta suprakrustala bergarterna av vulka-nisk karaktär. Kolariområdet äldsta suprakrustala bergarter är gnej-ser. Pajala-Kolariområdet har genomgått två veckningsfaser.

SV-Rautavaara järnmalmerna är kontaktkonkordant mot djupberg-arten monzonit. Gråbergsminal karbonat, olivin, pyroxen, granat, kvarts och amfibol utgör zoner i SV-Rautavaaramalmerna. Karbonat-zonens huvudmineral är kalcit och magnetit. Olivinzonens huvudmi-neral är ferrohortonolit-fayalit, eulit-ferrosilit och magnetit. Plagiok-las med oligoklassammansättning förekommer som ett tunt skikt i olivinzonerna. Pyroxenzonens huvudmineral är pyroxen ur klinoensta-tit-klinoferrosilit serien, hornblände, klorit och magnetit. Granatzo-nens huvudmineral är almandin, fayalit, ferrosilit och magnetit. Kvartszonens huvudmineral är kvarts och magnetit. Amfibolzonens huvudmineral är oligoklas, grunerit, antofyllit och magnetit. Biotit, magnetis och kopparkis förekommer i varierande mängder i varje zon. Som accessoriska mineral förekommer apatit, zirkon, ilmenit, spinell, koboltpentlandit, safflorit, cubanit, arsenikkis och molyb-denglans.

SV-Rautavaaramalmerna har från början varit en sideritferrodolo-mitförande kvartsit med några tunna vulkaniska mellanlager. Vid kontaktmetamorfose med den intrusiva monzoniten reagerade lagren till olivin, ortopyroxen, klinopyroxen och amfibol. Till början var trycket för högt för en starkare skarnbildning. Under intrusivets av-kylning skedde det små rörelser. Det omgivande trycket sjönk så att gaserna och vätskorna från intrusivet kunde påverka de sedimentära lagren och bilda zoner. Gråbergsminalzonerna i SV-Rautavaara-malmerna kan delas i primära, metamorfa och skarnzoner.

**Jansson, Thomas:** "Amfiboliternas tektonik och geokemi i Pargas, SV-Finland".

Bergarterna i Pargas hör till den svekofenniska skifferzonen. Bergarterna består av en suprakrustalserie av kinzigitgnejser, amfiboliter och av en ställvis brytvård kalksten. Suprakrustalserien genomträngs av mikroklingraniter. Amfiboliterna bildar en elliptisk struktur i östvästlig riktning. Kinzigitgnejserna är till sitt ursprung leriga och sandleriga sedimentära avlagringar. Norr om Sysilaxviken har påträffats en amfibolithäll med agglomeratstrukturer. Geokemin stöder antagandet om amfiboliternas magmatiska ursprung. Huvudelement och lantidelement analyserna tyder på tholeitiska basalter, möjligen tholeitisk öbågevolkanism.

Tidigare arbeten har kompletterats med fältkartering, magnetometringar och beskrivning av gravimetriska kartan.

Längs linjen Lampisviken — Ybbarnäs fjärden har skett en rotationsförkastning och längs Kyrksundet en vertikalförkastning.

Olika tektoniska modeller har behandlats, utgående från att amfiboliterna består av två amfibolitsynklinorier innanför varandra och från att de består av en amfibolithorisont som veckats enligt två olika modeller.

**Lindroos, Alf:** "En zinkmineraliserings relation till metamorfa och hydrotermalt omvandlade vulkaniska bergarter i Ypäjä och Jockis, Sydvästra Finland.

Vulkaniterna på Ypäjäområdet hör till den svekofenniska skifferzonen. Väl bevarade primärstrukturer visar att de dels är avlagrade i vatten och dels på land. Vulkanismen hade en explosiv karaktär så att stora mängder pyroklastiskt material bildades. Genom att mäta fragmentstorleken i pyroklastiterna har man lokaliserat vulkaniska centra inom området.

Vulkanismens kemiska karaktär har klassificerats som kalkkalkalisk. Den började med basalter och blev efterhand surare tills en basaltisk puls påbörjade en ny cykel. Därefter upphörde vulkanismen.

Ställvis har primärstrukturerna förstörts av hydrotermal omvandling, som hänförs till en stratabunden vulkanogen zinkmineralisering i de surare sekvenserna av vulkanismen. Omvandlingen har skett i flera zoner på området. Den karakteriseras av urlakning av natrium och kalcium och tillförsel av järn och magnesium — alldeles som i välundersökta typmalmer i Kanada.

Senare genomgick området två veckningsfaser. I samband med den första veckningsfasen trängde intrusiva bergarter in i antiklinalerna

och förorsakade kontaktmetamorfos. Kontaktmetamorfosen påverkade de hydrotermalt omvandlade bergarterna så att mineral som kordierit, antofyllit, granat och gahnit kristalliserade. Senare, troligen i samband med den andra veckningsfasen kristalliserade andalusit och kyanit och slutligen klorit under en lägre temperatur.

**Åker, Peter:** "Kontaktzonen mellan revsundsgranit och migmatit samt kataklastisk deformation i Storuman K:n, Västerbotten, Sverige."

Magmatitbergarterna domineras av en synorogen migmatitgranit. Dessa bergarter har intruderats av Revsundsgranit. Kontaktterna är skarpa, antingen rakt skärande eller breccierande.

I Revsundsgraniten förekommer i olika grad assimilerade xenoliter. Assimilationen har lokalt gett upphov till smärre mineralogiska variationer samt till hybridgraniter. Samma process har även gett upphov till välutvecklade, rytmiskt återkommande mafiska schlieren, som ligger orienterade parallellt med kontaktorna.

Två generationer av gångbergarter yngre än Revsundsgranit har observerats. Den tidiga generationen gångar har intruderat i ett skede då Revsundsgraniten fortfarande var plastisk, medan den senare intruderat i helt stelnad granit. Till den senare generationen hör även en alkaligranitisk, porfyrisk bergart, som intruderat explosivt och gett upphov till en "pipe-breccia".

Olika typer av förkastningsbergarter är allmänna i Umeälvens fåra och denna utgör en primär svaghetszon. Längs denna finns rikligt med sekundära förkastnings- och kataklastizoner. Som en direkt följd av kataklasen har en metasomatisk omvandling av Revsundsgranit ställvis ägt rum och gett upphov till sk. kataklastisk Revsundsgranit.

**Öhberg, Jari:** "Grundvattenundersökningar i Föglö och Brändö kommuner i Ålands skärgård, SW Finland".

I arbetet undersöks möjligheterna att lösa vattenproblemen i Degeberby, Jurmo, Torsholma och Lappo i den åländska skärgården med hjälp av grundvatten. På basen av vattenanalyser från i bruk varande brunnar kunde man lokalisera områden där kloridhalten var relativt hög. För att undvika saltvatteninträngning i brunnarna, borde man försöka göra grunda och sneda borrhål och placera brunnarna i områden där vattencirkulationen är stor. Berggrundvattnets förekomst i sprickor och sprickzoner i berget gör att den hydrogeologiska prospekteringen i första hand byggs på spricktektonik.

# Tutkimuspalvelua asiantuntemuksella

Kallionäytekairausta  
Porakonekairausta  
Geofysiikan mittauksia  
Geologista konsultointia



**MYLLYKOSKI OY**

Geologinen tutkimuspalvelu  
73670 LUIKONLAHTI  
puh. (971) 671 701  
telex 42-169 mylui sf

# Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen ry:n tutkimusselesteet, kirjat ja julkaisut

## Tutkimusselesteet: sarja A

A 1	"Kulutusta kestävä materiaali"	
A 2	"Malmiteknillinen näytteenotto"	
A 3	"Jatkokoporaus"	
A 4	"Öljypolttimet"	
A 5	"Maakairaus ja pliktaus"	
A 6	"Putket ja rännit"	20,—
A 7	"Jatkokoporauksen sovellutus louhintaan"	20,—
A 8	"Jäännösanomalia- ja gradienttikarttojen käytöstä malminetsinnässä"	20,—
A 9	"Rikastamoiden jätealuiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"	20,—
A 10	"Kuulurakenteet"	20,—
A 10b	"Kuulunajoa käsittelevää kirjallisuutta"	loppunut
A 11	"Raakkulaimennus"	20,—
A 12	"Maamme vuoriteollisuuden uusimpien teollisuus-rakennusten katto- ja ulkoseinäarakenteet"	56,—
A12b	Piirustusliite n:o 12:een	loppunut
A 13	"Vedenpoisto kaivoksesta"	"
A 14	"Suunnan ja avolouhusten mittaus syvä-kairauksessa" (uusi kopio)	30,—
A 15	"Näytteenotto geokemiallisessa malmin-etsinnässä"	20,—
A 15b	Kuvaliite n:o 15:een	loppunut
A 16	"Jauheiden kuivatus"	20,—
A 17	"Pölyn talteenotto"	20,—
A 18	"Geokemiallisten näytteiden käsittely ja tulosten tulkinta"	50,—
A 19	"Kulutusta kestävä materiaali" — n:o 1:n täydennys	20,—
A 20	"Rikastamoiden instrumentointi"	20,—
A 21	"Räjähdyksaineet ja räjäytysvälineet"	loppunut
A 22	"Tulenkestävät keraamiset materiaalit"	20,—
A 24	"Kaivosten ja avolouhusten geologinen kartoitus"	20,—
A 25	"Geofysikaaliset kenttätöyt I — Painovoimamittaukset"	20,—
A 27	"Kallion rakenteellisten ominaisuuksien vaikutus louhittavuuteen"	45,—
A 28	"Kalkin käyttö metallurgisessa teollisuudessa"	20,—
A 29	"Lämmön talteenotto metallurgisessa teollisuudessa"	50,—
A 31	"Pakokaasujen käsittely maanalaisissa tiloissa: Selvitys normi- ja toimenpide-ehdotuksineen"	loppunut
A 32	"Seulonta"	40,—
A 33	"Louhintaurakkasopimuksen laatimishoheet"	20,—
	"Louhintaurakkasopimuskaavake"	2,—
A 34	"Geologisten joukkonäytteiden analysointi"	50,—
A 36	"Pakokaasukomitea — selvitys tutkimustyön jatkamisedellytyksistä"	20,—
A 36b	"Pakokaasukomitea — uusimpien julkaisujen sisältämät tutkimustulokset dieselmoottorien saastetuoton vähentämiseksi"	50,—
A 39	"ATK-menetelmien käyttö kallioperäkartoituksissa"	25,—
A 40	"Kaivosten jätealueet ja ympäristönsuojelu"	45,—
A 42	"Kaivosten työympäristö"	50,—
A 44	"Geologinen näytteenotto"	50,—
A 47	"Murskeen varastointi talviolosuhteissa"	40,—
A 48	"Kaivosten jätealuiden saattaminen uudelleen kasvillisuuden peittäväksi"	50,—
A 50	"Kaukokartoitus malminetsinnässä"	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	"Holvautumien purkumenetelmät"	50,—
A 61/I	"Rakeisen materiaalin kosteuden mittaus"	50,—

A 62	"Luettelo Suomessa olevista ja tänne helposti saatavista elementtihojelmistoista"	30,—
A 63	"Avolouhoksen seinämän kaltevuuden optimointi"	50,—
A 64	"Suomessa tehdyt kallion jännitystilän mittaukset"	50,—
A 65	"Kiintoaineen ja veden erotus"	50,—
A 66	"Pohjavesikysymys kallioiltoissa"	50,—
A 67	"Crosshole seismic investigation"	70,—
A 68	"Automation of a drying process"	70,—

## Koulutus- ja seminaarimonisteet, kalliomekaniikan päivien esitelmämonisteet sekä muut julkaisut: sarja B

		hinta
B 1	"Kalliomekaniikan päivät 1967"	35,—
B 2	"Kalliomekaniikan päivät 1969"	40,—
B 3	"Kalliomekaniikan päivät 1969"	40,—
B 4	"Kalliomekaniikan päivät 1970"	40,—
B 5	"Kalliomekaniikan päivät 1971"	40,—
B 6	"Kalliomekaniikan päivät 1972"	45,—
B 7	"Kalliomekaniikan päivät 1973"	50,—
B 8	"Kalliomekaniikan päivät 1974"	50,—
B 9	"Kalliomekaniikan päivät 1976"	50,—
B 10	"Kalliomekaniikan päivät 1977"	50,—
B 11	"Kalliomekaniikan päivät 1978"	50,—
B 12	"Kalliomekaniikan sanastoa"	10,—
B 14	"Kaivossanasto"	8,—
B 15	"Rajäytysopas 1978"	8,—
B 16	INSKO 106—73 "Terästen lämpökäsittelyn erikoiskysymyksiä"	45,—
B 17	INSKO 49—74 "Skänkmetallurgi-Senkkametallurgia"	45,—
B 18	INSKO 90—74 "Investoinnit ja käyttöläskenta metallurgisen teollisuuden toiminnan ohjauksessa"	45,—
B 19	INSKO 45—75 "Materiaalitoimitusten laadunvalvontakysymyksiä metalliteollisuudessa"	45,—
B 20	"Kotimaiset rikastuskemikaalit"	30,—
B 21	"Rikastuskemikaalien käsittely-, mittaus- ja annostelumenetelmät"	30,—
B 22	"Kulutusta kestävä materiaali"	40,—
B 23	"Laatokan-Perämeren malmivyöhyke"	40,—
B 24	"Malminkäsittelylaitosten käyttöasteen ja kunnossapidon optimointi"	30,—
B 25	"Raakkulaimennus ja sen taloudellinen merkitys kaivostoiminnassa"	50,—
B 25b	"Waste rock dilution and its economic significance in mining"	50,—
B 26	"Pientunnelisymposium"	70,—
B 27	"Uraaniraaka-ainesymposiumi"	50,—
B 29	"Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja"	90,—
B 30	"Teollisuusmineraaliseminaari"	50,—
B 30	"Teollisuusmineraaliseminaari"	50,—
B 31	"Kaivosten työsuojelu"	50,—
B 32	"Valtakunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämisseminaari"	50,—
B 33	"Pulituspäivät 1983"	70,—
	Vuorimieskillan laulukirja "Taskumatti"	10,—
	VMY:n solmio, värit: sininen ja viininpunainen	40,—
	Vuoriteollisuus — Bergshanteringen lehti vuosikerta Suomessa	50,—
	vuosikerta ulkomailla	60,—
	Eero Mäkinen -mitali	200,—
	<b>Vuoriteollisuus — Bergshanteringen-lehden vanhempia numeroita myytävänä vuosikertojen täydennykseksi jäsenille hintaan 2:50/numero.</b>	
	<b>Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta DI Pekka Sundquistilta mieluummin kirjallisesti osoitteella:</b>	
	<b>Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.</b>	
	<b>Rautaruukki Oy</b>	
	<b>PL 217</b>	
	<b>90101 Oulu 10</b>	
	<b>tai puh. 981-327 711</b>	

# KORKEALAATUISET KALKKITUOTTEET LOUHESTA

- Poitettua kalkkia
- Teollisuushienokalkkia
- Vesilaitoskalkkia
- Rakennushienokalkkia
- Kalkkikivirouheita
- Kalkkikivihienojauhetta (Asfalttifillieriä)
- Dolomiittikalkkia
- Magnesiumpitoista maanviljelyskalkkia

## RUSKEALAN MARMORI OY



**Louhen kalkkitehdas**  
57100 Savonlinna 10  
Puh. (957)54151, telex 5621 MAR SF

### ILMOITTAJAT — ANNONSÖRER

- Oy AIRAM Ab, KOMETA
- Oy ALGOL Ab
- BOART Oy
- ENSO-GUTZEIT Oy, Konepajaryhmä
- Oy FINNROCK Ab
- Oy FORCIT Ab
- IMATRAN VOIMA Oy
- KEMIRA Oy, Vihtavuoren tehtaas
- KONE Oy, Engineering Division
- LAROX Oy
- Oy LOHJA Ab
- MYLLYKOSKI Oy, Luikonlahden kaivos
- OUTOKUMPU Oy
- OVAKO Oy·Ab
- Oy PARTEK Ab, Paraisten tehtaas
- PERUSYHTYMÄ Oy ARA
- RAUMA-REPOLA Oy
- RAUTARUUKKI Oy
- RUSKEALAN MARMORI Oy, Louhen kalkkitehdas
- Oy SKEGA Ab
- Oy JULIUS TALLBERG Ab, Oy ATLAS COPCO Ab
- Oy JULIUS TALLBERG Ab, Vuorikoneet
- Oy TAMPELLA Ab, TAMROCK DRILLS
- Oy VOLVO-AUTO Ab, VOLVO BM
- WIHURI Oy, WITRAKTOR

### OHJEITA KIRJOITTAJILLE

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

**Käsikirjoitukset** on kirjoitettava koneella yhdelle puolelle arkkia 2-välillä. On pyrittävä lyhyeen ja ytimekkääseen esitystapaan. Artikkelien **suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukkoineen ja kirjallisuuviitteineen** on 5 painosivua. Toimituksen mielestä lyhennettäviksi mahdolliset käsikirjoitukset palautetaan kirjoittajille korjausta varten. 4 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.

**Kaavat ja yhtälöt** on kirjoitettava selvästi ja yksinkertaiseen muotoon, mahdollisuuksien mukaan välttämällä 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 bergbaulicher Rohstoffe, Bd 1. Verlag Gronau, Jena 1953.

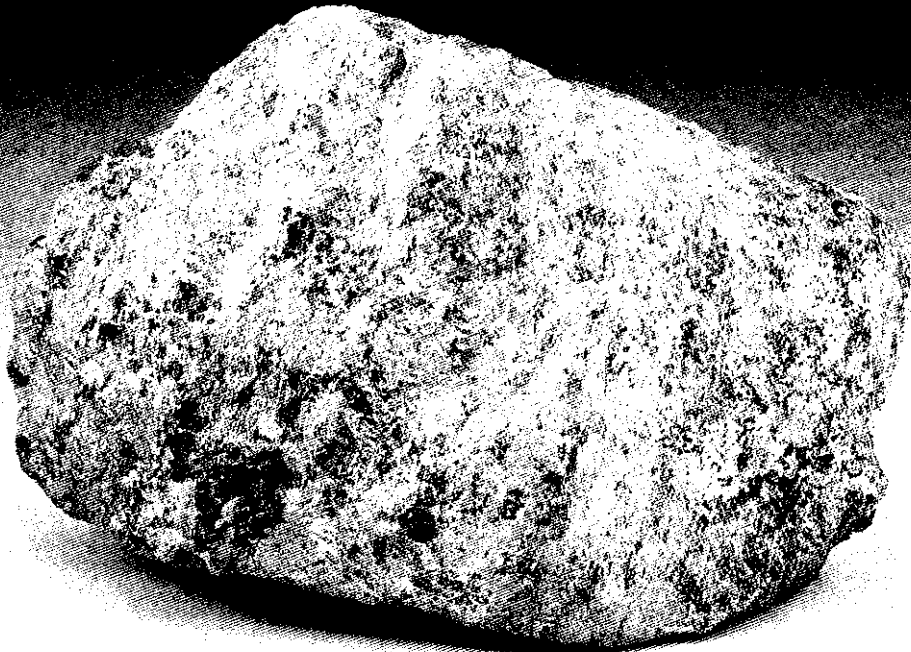
Jokaiselle artikkelille on ilmoitettava **englanninkielinen otsikko** sekä laadittava kielellisesti tarkistettu englanninkielinen yhteenveto — **summary** — pituudeltaan enintään noin 20 konekirjoitusrivää.

Keväällä ilmestyvään lehteen tarkoitetut artikkelit on lähetettävä toimitukselle **helmikuun loppuun** mennessä, syysnumeroon tarkoitetut **syyskuun loppuun** mennessä.

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

# TÄYSI HYÖTY.

Mauseri Oy



Vuoriteollisuuden tuotteiden jalostaminen vaatii monipuolisia, teknisesti viimeisteltyjä ja taloudellisesti toimivia laitteita. Vain siten on saatavissa täysi hyöty jalostettaessa malmi teollisuuden raaka-aineeksi.

Rauma-Repola Oy on yksi Suomen suurimmista metalliteollisuusyrityksistä. Yhtiön tuotantoon kuuluu joukko vuoriteollisuustuotannon keskeisiä laitteita: Lokomo-leuka-, kara- ja kartiomurskaimet sekä seulat ja syöttimet sekä Parkanon Konepajan valmistamat myllyt, kiekko-suotimet, anodiunit ja kaivosjunat. Niitä toimii tänä päivänä eri puolilla maailmaa – Alaskasta Filippiineille, Tokiosta Montrealiin.

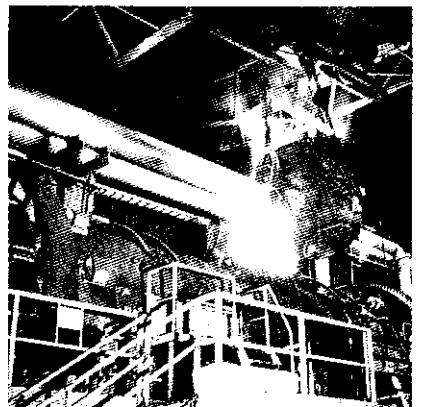
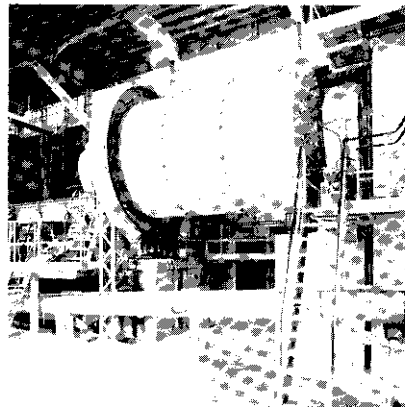
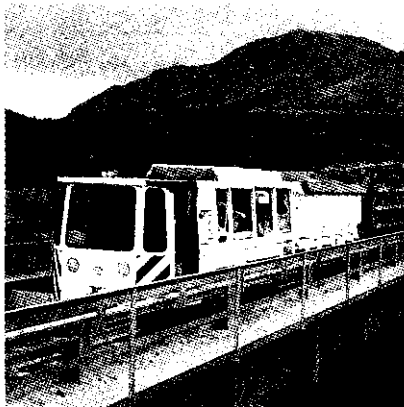
Ottakaa täysi hyöty vuoriteollisuudestanne! Soittakaa tai kirjoittakaa – se on ensimmäinen askel taloudellisiin tuotantoratkaisuihin.



## RAUMA-REPOLA

NELES OY  
Lokomon tehtaat  
PL 306  
33101 TAMPERE 10  
Puh. (931) 33100  
Telex 22133 rrrlok sf

RAUMA-REPOLA OY  
Parkanon konepaja  
39700 PARKANO  
Puh. (933) 1151,  
Telex 22156 rrrpno sf



**Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1982**  
**Ylitarkastaja Urpo J. Salo**

Kaivos	Kunta	Tärkeimmät arvoaineet	Haltija	Yhteensä nostettu tn	Malmia tai hyötykiveä tn	Kaivostyöntekijöitä v. 1982 aikana			Kaivoksessa suoritettuja työtunteja
						avo-louhos	maan alla	yht.	
<b>Malmi-kaivokset</b>									
1. Kemi	Keminmaa	Cr	Outokumpu Oy	3 110 280	609 780	53	—	53	108 700
2. Hitura	Nivala	Ni, Cu	—, —	2 586 606	473 570	41	—	41	71 288
3. Mustavaara	Taivalkoski	V	Rautaruukki Oy	1 784 000	1 619 600	26	—	26	47 970
4. Otanmäki	Vuolijoki	V, Fe, TiO <sub>2</sub>	—, —	1 300 100	1 295 500	—	114	114	197 911
5. Vihanti	Vihanti	Zn, Cu, Pb	Outokumpu Oy	1 041 471	963 121	—	139	139	222 500
6. Pyhäsalmi	Pyhäjärvi	Cu, Zn, S	—, —	972 847	849 823	—	184	184	314 172
7. Hannukainen*	Kolari	Fe	Rautaruukki Oy	857 145	424 136	12	—	12	22 242
8. Rautuvaara	Kolari	Fe	—, —	840 546	840 546	—	80	80	136 205
9. Kotalahti	Leppävirta	Ni, Cu	Outokumpu Oy	507 630	463 329	—	97	97	165 178
10. Hammaslahti	Pyhäselkä	Cu,	—, —	500 876	416 400	—	79	79	133 592
11. Keretti	Outokumpu	Cu, Zn, Co, S	—, —	449 633	405 391	—	169	169	288 070
12. Vuonos	Outokumpu	Cu, Zn, Co	—, —	441 204	434 046	—	97	97	165 222
13. Vammala	Vammala	Ni, Cu	—, —	390 036	321 913	—	51	51	88 565
14. Virtasalmi	Virtasalmi	Cu	—, —	366 869	354 269	—	21	21	35 821
15. Luikonlahti	Kaavi	Cu, Zn, Co, S	Myllykoski Oy	328 056	303 000	—	30	30	50 768
<b>Malmikaivokset 15 kpl</b>				<b>15 477 299</b>	<b>9 774 424</b>	<b>132</b>	<b>1061</b>	<b>1193</b>	<b>2 048 204</b>
<b>Kalkkikivi-kaivokset</b>									
1. Parainen	Parainen	klk	Oy Partek Ab	2 074 148	1 807 671	27	—	32	60 160
2. Ihalainen	Lappeenranta	klk, Wol	—, —	883 800	883 800	17	—	17	33 352
3. Tytyri	Lohja	klk	Oy Lohja Ab	781 130	781 130	—	57	57	97 056
4. Mustio	Karjaa	klk	—, —	538 691	454 279	10	—	10	18 058
5. Siikainen	Siikainen	dol	Oy Partek Ab	252 131	143 911	3	—	3	4 850
6. Ruokojärvi	Kerimäki	klk, dol	Ruskealan Marmorio Oy	247 231	242 341	3	22	25	42 065
7. Akasjoensuu	Kolari	klk	Oy Partek Ab	246 500	246 500	5	—	5	8 500
8. Kalkkimaa	Tornio	dol, kv	Rauma-Repola Oy	180 000	180 000	4	—	4	7 261
9. Ankele	Virtasalmi	dol	Oy Partek Ab	168 042	146 777	1	—	1	2 400
10. Ryytimaa	Vimpeli	dol	—, —	163 840	159 539	3	—	3	5 817
11. Förby	Särkisalo	klk	K. Forsström Oy	129 167	129 167	—	35	35	68 052
12. Sipoo	Sipoo	klk, dol	Oy Lohja Ab	94 519	94 519	—	10	10	17 500
13. Juuka	Juuka	dol	Juuan Dol.kalkki Oy	72 013	11 313	1	—	1	1 090
14. Louepalo	Tervola	dol	Lapin Marmorio Oy	8 054	2 013	4	—	4	6 385
<b>Kalkkikivi-kaivokset 14 kpl</b>				<b>5 779 266</b>	<b>5 282 960</b>	<b>78</b>	<b>129</b>	<b>207</b>	<b>372 546</b>
<b>Mineraali-kaivokset</b>									
1. Siilinjärvi	Siilinjärvi	P, Klk	Kemira Oy	3 487 000	2 877 000	51	—	51	95 660
2. Lahnaslampi	Sotkamo	Tlk, Ni	Yht. Paperitehtaat Oy	1 306 256	371 305	23	—	23	44 452
3. Repovaara	Polvijärvi	Tlk, Ni	Malmikaivos Oy	277 311	130 269	8	—	8	14 641
4. Haapaluoma	Peräseinäjoki	Ms	Oy Lohja Ab	251 200	30 000	5	—	5	6 000
5. Kinahmi	Nilsjä	Kv	—, —	215 364	206 598	4	—	4	8 000
6. Vasarakangas	Polvijärvi	Tlk, Ni	—, —	200 697	155 663	3	—	3	4 425
7. Kemiö	Kemiö	Ms, Kv	—, —	197 520	176 520	5	—	5	11 079
8. Horsmanaho	Polvijärvi	Tlk, Ni	—, —	33 662	26 136	1	—	1	1 014
9. Tikanmaa	Tervola	Kv	—, —	18 550	18 550	1	—	1	850
10. Hiekkämäki	Nilsjä	Kv	—, —	13 147	13 147	—	—	—	200
<b>Mineraali-kaivokset 10 kpl</b>				<b>6 000 707</b>	<b>4 005 188</b>	<b>101</b>	<b>—</b>	<b>101</b>	<b>178 321</b>
<b>Muut kaivokset; vuorivillan- ja sementinvalmistuksen kiviaineisia</b>									
1. Sompujärvi	Keminmaa	Al, Fe, Mg	Oy Partek Ab	42 020	42 020				1 300
2. Ybbernas	Parainen	Al, Fe, Mg	—, —	37 000	37 000				850
3. Sallittu	Suomusjärvi	Al, Fe, Mg	—, —	27 400	27 400				950
4. Piilola	Kolari	Al	—, —	25 300	25 300				500
5. Usmi	Hyvinkää	Al, Fe	—, —	25 000	25 000				1 460
6. Mustämäki	Lemi	Al, Fe	—, —	13 980	13 980				1 078
<b>Muut kaivokset 6 kpl</b>				<b>170 700</b>	<b>170 700</b>	<b>4</b>		<b>4</b>	<b>6 138</b>
<b>Kaikki kaivokset yht. (45 kpl)</b>				<b>27 427 972</b>	<b>19 233 272</b>	<b>315</b>	<b>1190</b>	<b>1505</b>	<b>2 605 209</b>

\*) ent. Kuervaara-Laurinoja



Rikasteiden, metallien, mineraalien ja sementin tuotanto

	1980	1981	1982	Keskipitoisuus v. 1982
<b>Rikasteet</b> tonnia				
Rautarikasteita yhteensä	1 172 176	1 230 511	1 295 688	63,5
— rautarikaste ja pelletit	810 006	871 260	883 800	65,9
— purppuramalmi, pasutteen (Kokkola ja Siilinjärvi)	362 170	359 251	411 888	58,5
Rikkirikaste	321 797	403 352	385 465	47,1
Kromirikaste, palamalmi ja valuhiekka (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %) 40,1 %, 28,7 %, 46,4 %	340 952	412 312	345 018	
Ilmeniittirikaste (TiO <sub>2</sub> %)	159 000	161 500	167 800	45,2
Kuparikaste	156 432	164 695	159 383	23,9
Kobolttirikaste	143 807	136 061	143 933	0,72
Sinkkirikaste	116 633	108 428	111 544	49,0
Nikkelirikaste	100 471	90 311	90 972	6,96
Lyijyrikaste	2 696	3 623	3 111	60,5
<b>Metallit ja metallurgisia tuotteita</b> tonnia				
Raakarauta (malmeista)	2 019 158	1 965 270	1 944 000	
Raakateräs (romusta)	319 979	367 657	330 000	
Sinkki	146 719	139 835	143 882	
Jaloteräs (aihiot)	93 225	87 209	106 777	
Ferrokromi	52 670	51 623	54 532	
Katodikupari	40 542	33 796	47 969	
Katodinikkeli	12 807	13 310	12 615	
Vanadiinipentoksidi	5 076	5 557	5 619	
Koboltti	1 151	1 229	1 455	
Kadmium	581	621	566	
Molybdeeni	114	165	216	
Elohopea kg	74 819	67 190	71 273	
Hopea kg	44 465	37 805	36 964	
Seleenit kg	17 250	19 422	10 020	
Kulta kg	1 301	992	1 144	
Palladium kg	21	62	145	
Platina kg	7	50	129	
<b>Mineraalit</b> tonnia				
Kalkkikivi yhteensä	4 311 921	3 819 300	3 979 203	
Kalkkikiven käyttö:				
— sementin valmistus	2 534 331	2 416 092	2 446 397	
— maanparannuskalkki	1 035 871	630 590	864 253	
— kalkinpolto	392 227	382 903	359 377	
— rouheet, tekn.hienojauheet ym.	262 032	315 009	257 634	
— sulfiitti- ja metallurginen kivi	81 728	74 706	51 542	
Talkki	317 901	307 915	325 298	
Kvartsi	236 974	255 169	249 429	
Apatiitti	137 950	200 927	233 053	
Vuorivillakivi	140 900	140 500	105 623	
Maasälpä	74 089	63 066	69 609	
Sementinvalmistuksen lisäkiveä	21 374	20 400	39 280	
Wollastoniitti	8 782	13 690	14 962	
<b>Sementti</b> tonnia	1 792 520	1 787 079	1 794 199	

# BOART SUOMESSA



**Boart Oy**  
Sepänkatu 4 70100 Kuopio 10  
puhelin 971-125 252

# RAKENNUTTAJA SUUNNITTELIJA

NÄETKÖ TÄSSÄ SEN KALLIOTILAN KUVAN, JOKA VASTAA OSTAMAASI TAI SUUNNITTELEMAASI TILAA. PARHAASEEN TULOKSEEN, PIENIMMIN LUJITUSKUSTANNUKSIIN, PÄÄSTÄÄN KÄYTTÄMÄLLÄ VAROVAISEN LOUHINNAN TEKNIKKAA JA TARKKUUUSLOUHIINTA RAJÄHDYSAINEITA.

## A-PUTKIPANOKSET

A — 22 × 1000  
A — 25 × 1000  
A — 32 × 1000

## F-PUTKIPANOKSET

F — 11 × 460  
F — 17 × 460

## K-PUTKIPANOKSET

K — 17 × 460  
K — 27 × 460  
KK — 37 × 460

**OY FORCIT AB**

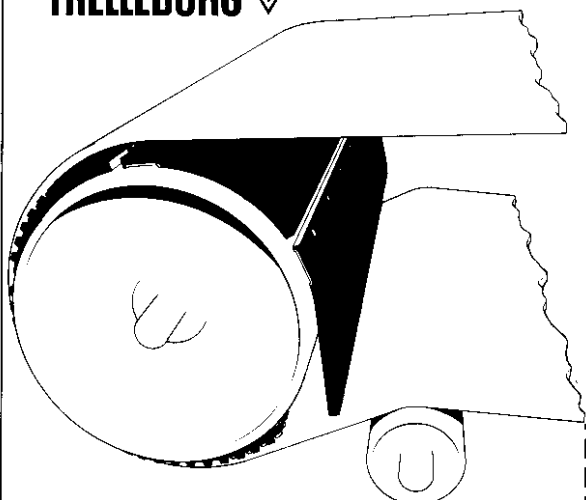
HANKO  
PUH. 911-86581



## Trellgrip

**Uusi vetorumpujen vuoraus kun halutaan  
päästä varmaan, luistamattomaan  
kuljetushihnakäyttöön**

TRELLEBORG 



Trellgrip-rummunvuoraukset valmistetaan tunnetusta kulutuskumilaadusta Trellex 60.

- Yksinkertainen ja nopea asennus.
- Takaa varman, luistamattoman käytön ja estää vesiliirron.
- On itsepuhdistuva — myös talvisaikaan, jolloin vuorauksen irtonainen pää irroittaa jää- ja lumi-kerrostumat.

Lähetätkää minulle lisätietoja  
Trellgrip-rummunvuorauksista.

Nimi .....

Yritys ..... Puhelinnumero .....

Osoite .....



**TALLBERG**  
vuorikoneet

Karapellontie 11, 02610 Espoo 61, puh. (90) 594 011



## KALKKITUOTTEITA

- PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDELLE
- TERÄSTEOLLISUUDELLE
- PROSESSITEOLLISUUDELLE
- RAKENNUSAINETEOLLISUUDELLE
- LUONNONSUOJELUUN
- MAANPARANNUKSEEN



# IVO

**pitää pyörät  
pyörimässä.**

Jotta pyörät pyörisivät, maassa tarvitaan energiaa, jonka hinta kestää myös kansainvälisessä kilpailussa.

Liian kallis energia vaikeuttaisi kilpailukykyämme. Tämän seuraukset näkyvät suoraan esimerkiksi työttömyys-luvuissa.

IVO pyrkii pitämään energian hinnan niin alhaalla kuin mahdollista.

Tiedämme, että pitkät sarjat ja suuret tuotantoyksiköt alentavat kustannuksia.

Myös sähköä kannattaa tuottaa suurissa yksiköissä. Näin sähkö tulee edullisemmaksi meille kaikille.

Ja pyörät pyöriävät.



IMATRAN VOIMA OY

## Oy Finnrock Ab

### RÄJÄYTYS- SUUNNITTELU ON MEIDÄN ALAAMME

Räjätys- ja louhintasuunnittelusta vastaavat suomalaiset korkeakoulukoulutuksen ja pitkäaikaisen käytännön kokemuksen omaavat asiantuntijamme.

Meillä on kielitaitoa ja käytännön kokemuksia alan töistä myös ulkomailta mm. Brasiliasta, Iranista ja Ruotsista.

Saamme jatkuvasti tietoa kansainvälisestä alan kehityksestä sisaryrityksiltämme Ruotsista, Englannista ja USA:sta.

### ...MUTTA OSAAMME PALJON MUUTAKIN



- riskianalysejä
- louhintateknistä neuvontaa
- rakennusten purkuräjäytyksiä
- kiinteistökatseleluksia
- tärinä-, paine- ja melumittauksia
- tärinämittareiden vuokrausta
- herkkien laitteiden tärinävaimennusta
- kurssitoimintaa

Malminkatu 36, 00100 Helsinki 10  
Puh. (90) 694 1899

# Vuoriteollisuuden suurhankkija

## Asiantuntemusta

Vuoriteollisuuden tuntemus pohjautuu Algolissa vuosikymmenien perinteisiin. Pitkään kokemukseen yhdistyy tuore tekninen tieto: kansainväliset yhteytemme tuovat meille alan uusimmat saavutukset maailmalta. Kaikki tämä koituu hyödyksenne.

Edustamme tehtaita, joiden tuotteisiin on totuttu luottamaan Suomessa ja Suomen ulkopuolella: Lurgi, Mannesmann Demag, Didier; esimerkiksi. Mukaan niveltyy oman Herttoniemen konepajamme nosturituotanto, suomalaisella ammattitaidolla.

Osoittakaa ongelmanne meille, kun se liittyy vuoriteollisuuden, metallurgian tai prosessiteknikan alueille. Miellessanne voi olla yksittäinen laitetarve, laajan projektin suunnittelu tai kysymys, johon haluatte vastauksen. Olemme palveluksessanne.



# ALGOL

Eteläranta 8 • PL 170, 00131 Helsinki 13  
Puhelin (90) 176631 • Telex 121430 algol sf

## Tuotevalikoimaa

Algol ja vuoriteollisuus, metallurgia, prosessiteknikka. Tuotteissa on valinnanvaraa:

- kaivoshissit
- hihnakuuljettimet
- nosturit
- koneistot pasutukseen
- koneistot malmien sintraukseen
- koneistot sinterin jäähdyttämiseen
- tyhjiokuivausrummut
- uraanimalmien käsittelykoneistot
- tulenkestävät keraamiset aineet uunien vuoraukseen
- sähkösuodattimet

*Maasälpä*

*Kvartsi*

*Talkki*

*Liuskesirote*

*Teollisuushienokalkki*

*Rakennushienokalkki*

*Poltettu kalkki*

*Kalkkifilleri*

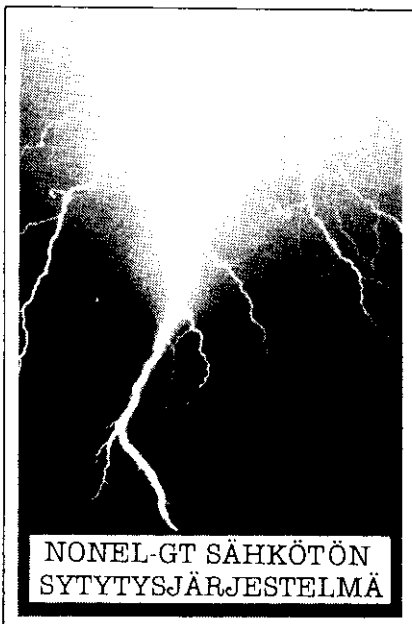


# OY LOHJA AB



# Rajaa riskit ennen kuin räjähtää!

Muun kuin sähköisen sytytysjärjestelmän käyttö räjäytyksissä on usein suotavaa. NONEL-GT on sähkötön sytytysjärjestelmä, joka eliminoi räjäytyskentällä syntyvät sähköiset vaaratekijät. NONEL-GT:tä voidaan käyttää radio/telemastojen ja voimajohtojen läheisyydessä, ukonilmalla ja ilman turvaetäisyyksiä. NONEL-GT menetelmä on yksinkertainen ja helppo käyttää. Toimintavarmuus on sama kuin sähkösytytystä käytettäessä.

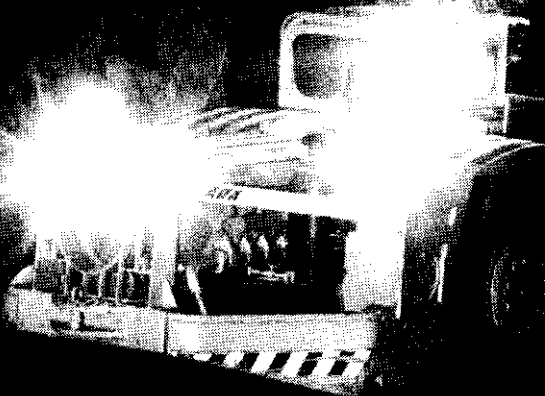


Kysy NONEL-GT:tä kauppiaalta tai suoraan tehtaaltamme Vihtavuoresta. Vihtavuori on maamme monipuolisin räjähdysaineita tuottava laitos. Valmistamme itse sekä tuomme maahan tuotteita, joiden teho ja varmuus on huippuluokkaa.

KEMIRA OY  
Vihtavuoren tehtaat  
41330 Vihtavuori,  
puh 941-771122  
telex 28226 kevih

 **KEMIRA**

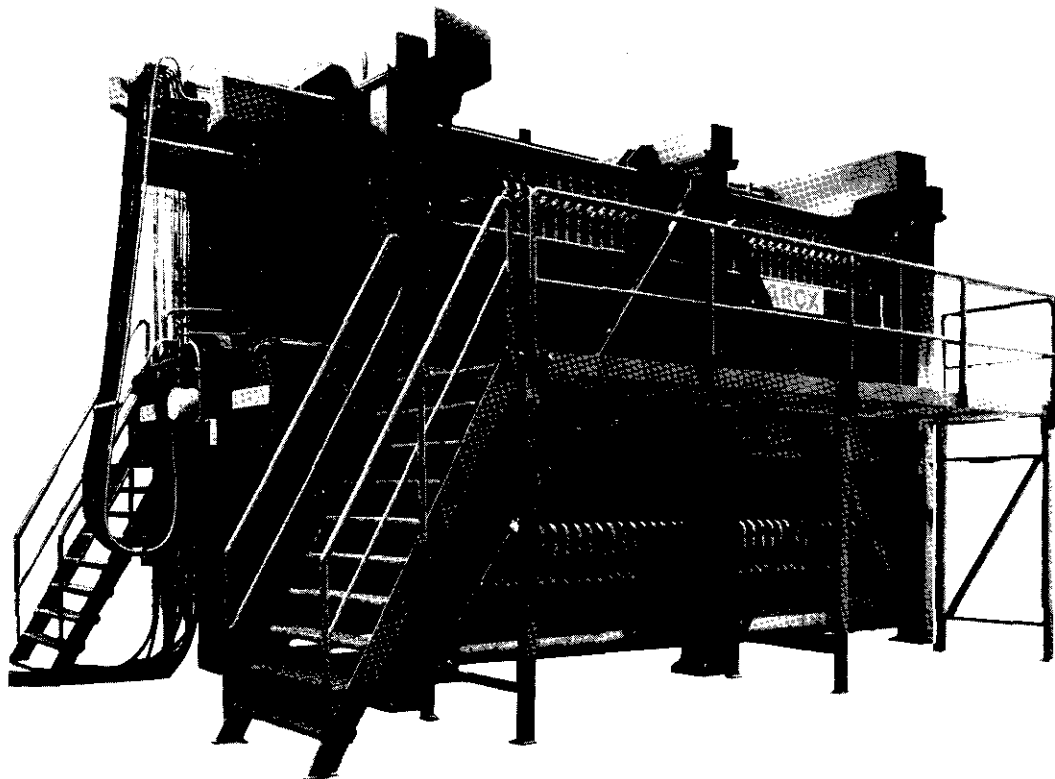
# *Varma konsti päästä kiven sisään. Rehellisesti. Ansaitsemaan.*



# **TORO**

Perusyhtymä Oy ARA  
PL 434, 20101 Turku 10  
Puh. 921-383 111  
Telex 62305 ara sf

# AUTOMAATTISET LAROX PAINESUODATTIMET SÄÄSTÄVÄT ENERGIAA.



## LAROX PF PAINESUODATIN

11 vakiokokoa, suodatus-  
pinta-ala 0.8-32 m<sup>2</sup>.  
Tehokas suodatus- ja pesu-  
ohjelma, joka suodattaa, kalvo-  
puristaa, tarvittaessa pesee ja  
kalvopuristaa uudelleen, ja  
lopuksi kuivaa kakun paine-  
ilmalla.

## LAROX CF KAMMIOSUODATIN (kuvassa)

11 vakiokokoa, suodatus-  
pinta-ala 40-200 m<sup>2</sup>.  
Suodatusjaksossa samat vai-  
heet kuin Larox PF-suodatti-  
messa. Erikoisesti suurten,  
alhaisen kiintoainepitoisuuden  
omaavien lietemassojen  
käsittelyyn.

Larox painesuodattimilla saavutettava alhainen kakun jäännös-  
kosteus yhdistyneenä suureen kapasiteettiin ja pieneen tilan  
tarpeeseen takaavat optimituloksen vaihtelevissa olosuhteissa.  
Laroxin kokemus ja siirrettävät koesuodinasemat varmistavat  
parhaan laitteiston valinnan jokaiseen käyttökohteeseen.

# LAROX

—classification—concentration—  
—filtration—

Larox Oy, PL 29, 53101 LAPPEENRANTA 10  
Puh. (953) 11760, telex 58233 larox sf

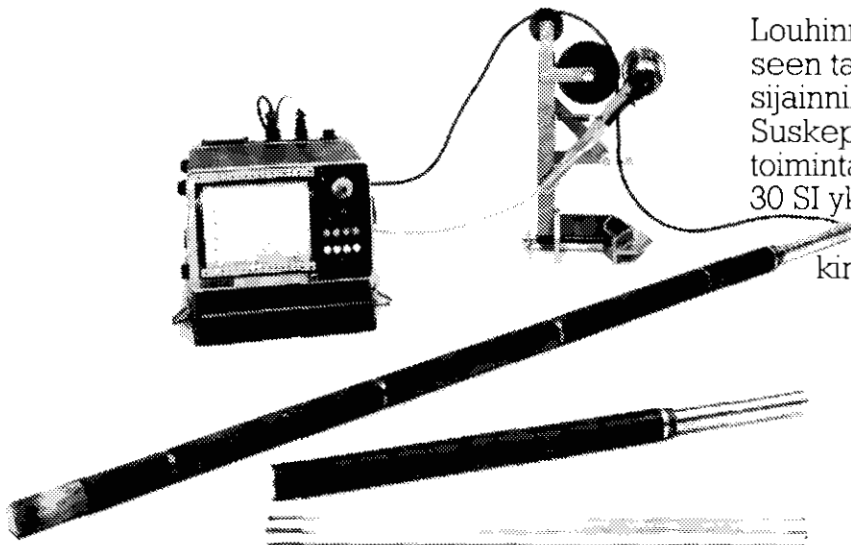
# VUORENVARMAT MITTALAITTEET RAUTARUUKILTA.

Rautaruukki on jo lähes kolme vuosikymmentä panostanut voimakkaasti geofysi-  
kaalisten mittausmenetelmien ja -laitteiden kehittämiseen ja tuotantoon.

Tuloksin, jotka on tunnustettu myös kansainvälisesti.

Rautaruukki on jälleen laajentanut tuotevalikoimaansa.

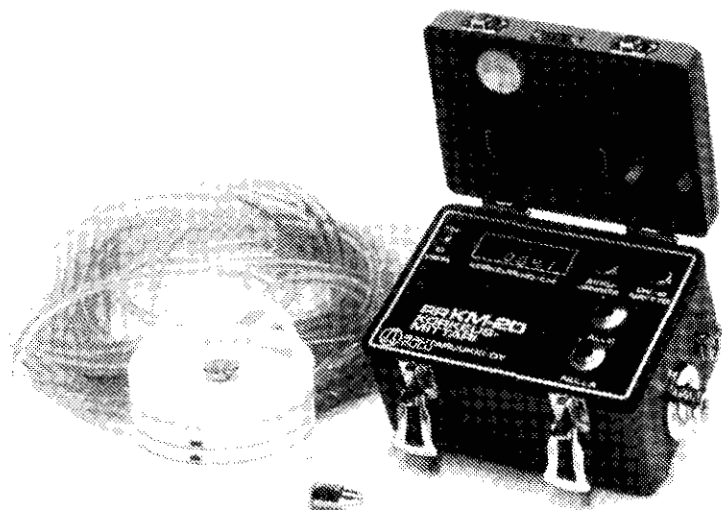
## Poranreikäsuskeptibiliteettimittari RRK-10.



Louhinnan suunnitteluun ja ohjauk-  
seen tarvittavien malmietietojen,  
sijainnin ja laadun määrittämiseen.  
Suskeptibiliteettimittarilla on laaja  
toiminta-alue:  $50 \times 10^{-5}$  SI yksiköstä  
30 SI yksikköön. Samalla lyhyen ke-  
lan ansiosta pienipiirteiset-  
kin rakenteet ovat eroteltavissa.

myynti: GEOINSTRUMENTS Ky  
Punapaadentie 6 00930 Helsinki 93  
Puh. 90-334 215

## Sähköinen, hydrostaattinen korkeusmittari RRKM-20.



Kahden pisteen välinen korkeusero  
on helppo määrittää nyt vaikeissa-  
kin olosuhteissa: yhdellä nesteellä  
toimiva mittari antaa tuloksen suo-  
raan numeroina.

Laitteen tarkkuus on parempi kuin 1  
% mitatusta korkeuserosta ja erotte-  
lukyky 0,1 cm. Mitta-alue on -7...+20  
m.

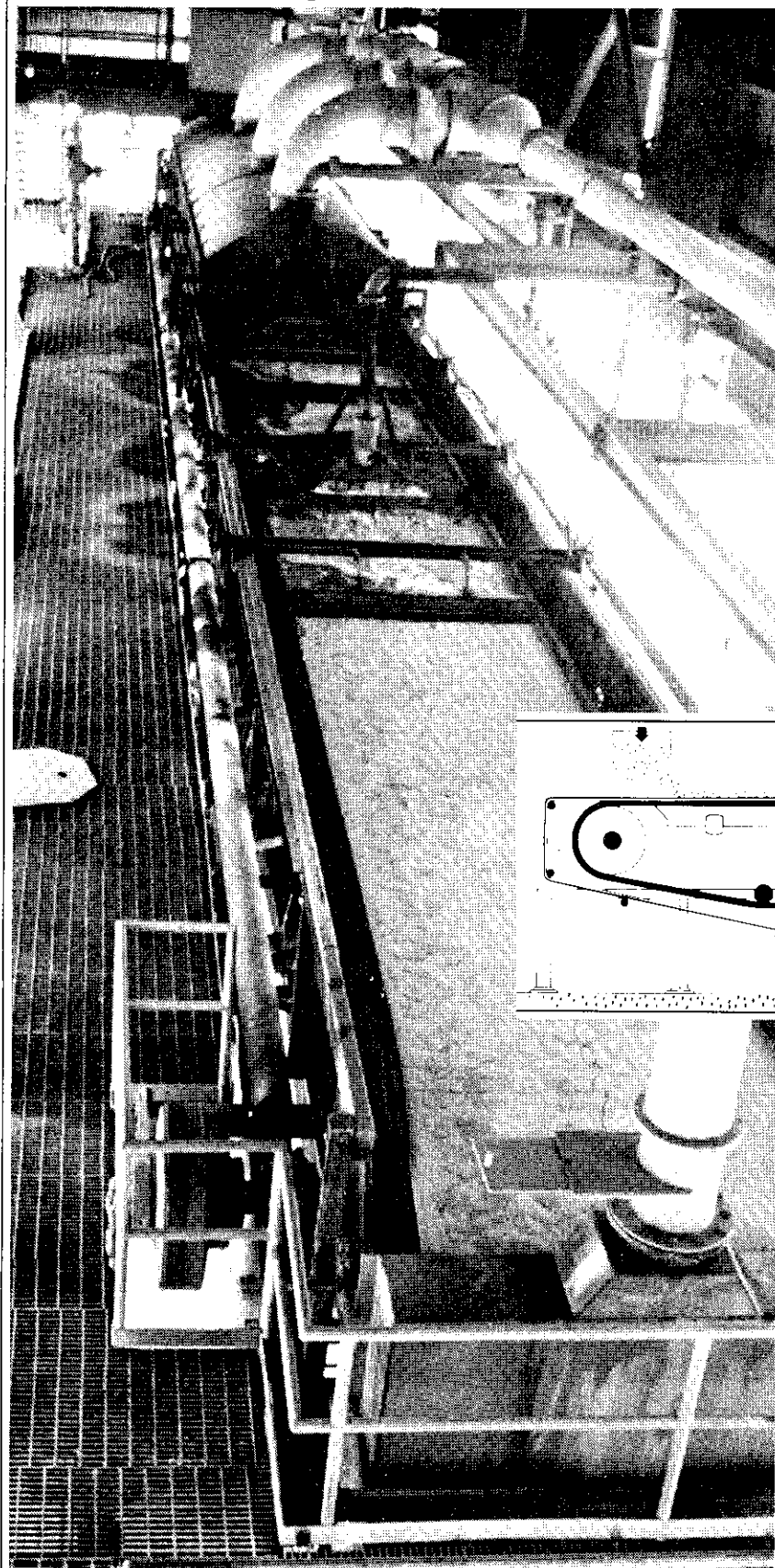
myynti: GEOINSTRUMENTS Ky  
Punapaadentie 6 00930 Helsinki 93  
Puh. 90-334 215



**RAUTARUUKKI OY**

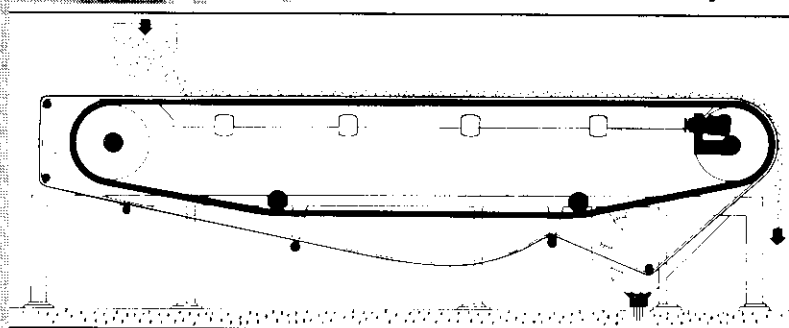
Malminetsintä Kiilakiventie 1 90250 Oulu 25  
Puh. 981-327 711, telex 32109 steel

# HIHNASUODATIN MALLI NORDENGREN RASKAASEEN KÄYTTÖÖN



Salan hihnasuodatin on tehokas, rakenteeltaan yksinkertainen ja vankka suodatin. Se tarjoaa tavallisia imusuodattimia laajemmat käyttömahdollisuudet.

- Syöttö ylhäältä ja optimaalinen erotusteho.
- Jatkuva kankaan pesu vedenerotusvaiheen aikana.
- Suodinkakun vastavirtapesu.
- Useassa vaiheessa tapahtuva lämpöenergian syöttö, jossa voidaan käyttää höyryä tai infrapunasaäteilyä.



Salan hihnasuodatin malli Nordengren on saavuttanut suuren suosion mm. seuraavien aineiden käsittelyssä:

- malmirikasteet
- kipsi (fosforihappo)
- suolalietteet
- uraanirikasteet



**TALLBERG**  
vuorikoneet

Karapellontie 11, 02610 ESPOO 61, puh. 90-594 011