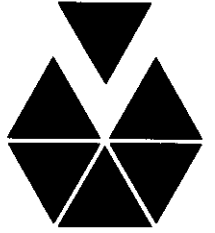
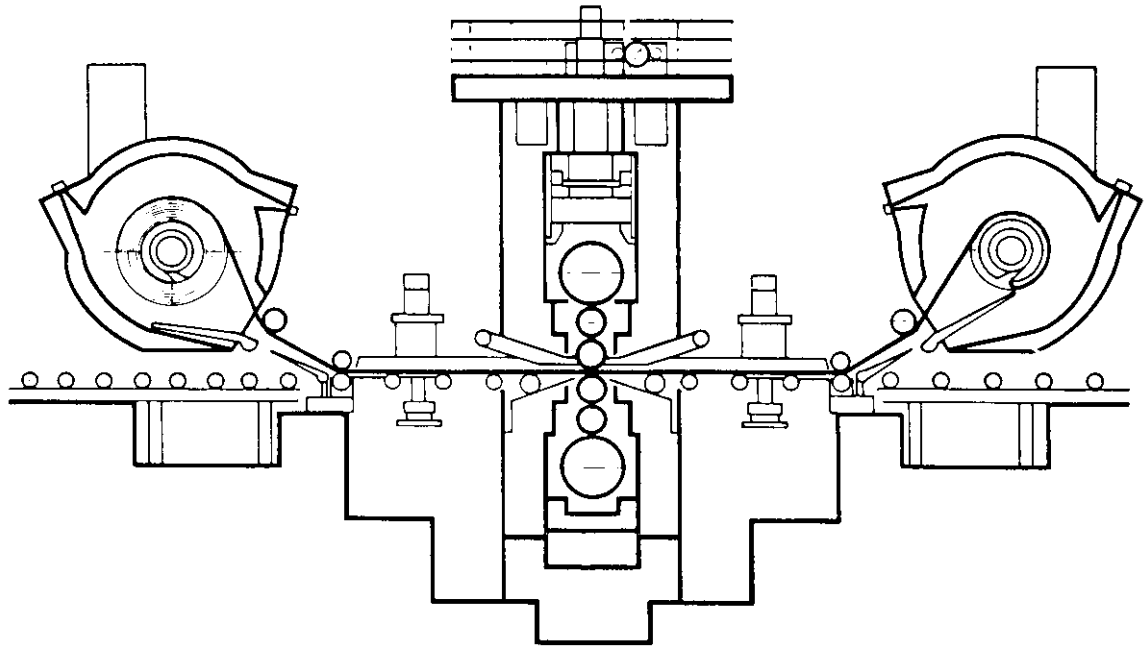


# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1988  
46. vuosikerta

Julkaisija: Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.



- TYÖVALSSIT                     $\varnothing$  690 mm (630 mm)
- VÄLIVALSSIT                  $\varnothing$  690 mm (630 mm)
- TUKIVALSSIT                  $\varnothing$  1370 mm (1260 mm)
- LIERIÖÖSAN PITUUS         1800 mm
- VALSSAUSNOPEUS            10 m/s
- PÄÄKÄYTÖT                    2 x 5000 kW
- VALSSAUSVOIMA              4000 t
- AGC

KAAVIOKUVA OUTOKUMMUN TORNION TEHTAAN NAUHAVALSSAIMESTA

# TERÄS, JOKA TULEE MUUTTAMAAN SUUNNITELMASI.

Jokin niistä teräksistä, joita olet tähän asti käyttänyt suunnitelmissasi, voi hyvinkin olla yhtä lujaa kuin uusi Ruukin Moniteräs. Jokin niistä voi olla yhtä mainiosti särmäytyvää tai yhtä luotettavasti hitsautuvaa kuin uusi Ruukin Moniteräs. Kenties jokin niistä on jopa yhtä silkeää matallissa lämpötiloissa kuin Moniteräs. Mutta yltääkö yksikään tänään käyttämästäsi teräksistä Ruukin Moniteräksen tasolle jokaisessa ylläluetellussa suhteessa?

Jo Moniteräksen tyyppimerkintä, RAEX 37-52, kertoo mistä on kysymys. Uuden teräksen käyttöalue on laajempi kuin yhdenkään muun tänään käytetyn yleisen rakenneteräksen. Siksi se tulee korvaamaan useita tänään käytettyjä teräksiä. Siksi se tulee pienentämään konepajojen varastoja ja varastoon sidotun rahan määrää. Siksi se tulee helpottamaan materiaalihuoltoa ja parantamaan tuotannon joustavuutta. Ja siksi se tulee olemaan tuotannon ongelmiin ja teräksen hinta-

laatu-suhteeseen perehtyneiden suunnittelijoiden valinta.

Ennenkuin päätät käyttää uutta terästä tarvitset mitatut tiedot sen ominaisuuksista. Soita, ole hyvä. Pyydä itsellesi sekä Ruukin Moniteräs -esite että uusi Suunnittelijan oppaamme, joka sisältää tiedot kaikista Rautaruukin terästuotteista.

Rautaruukki Oy, Teräsrühmä,  
Myynti ja tekninen asiakaspalvelu,  
PL 93, 92101 Raahе, puh. 982-301,  
telex 32312 steel sf, telefax 982-302 491

---

KUNNON TERÄKSEN AIKA  
ON TULLUT.

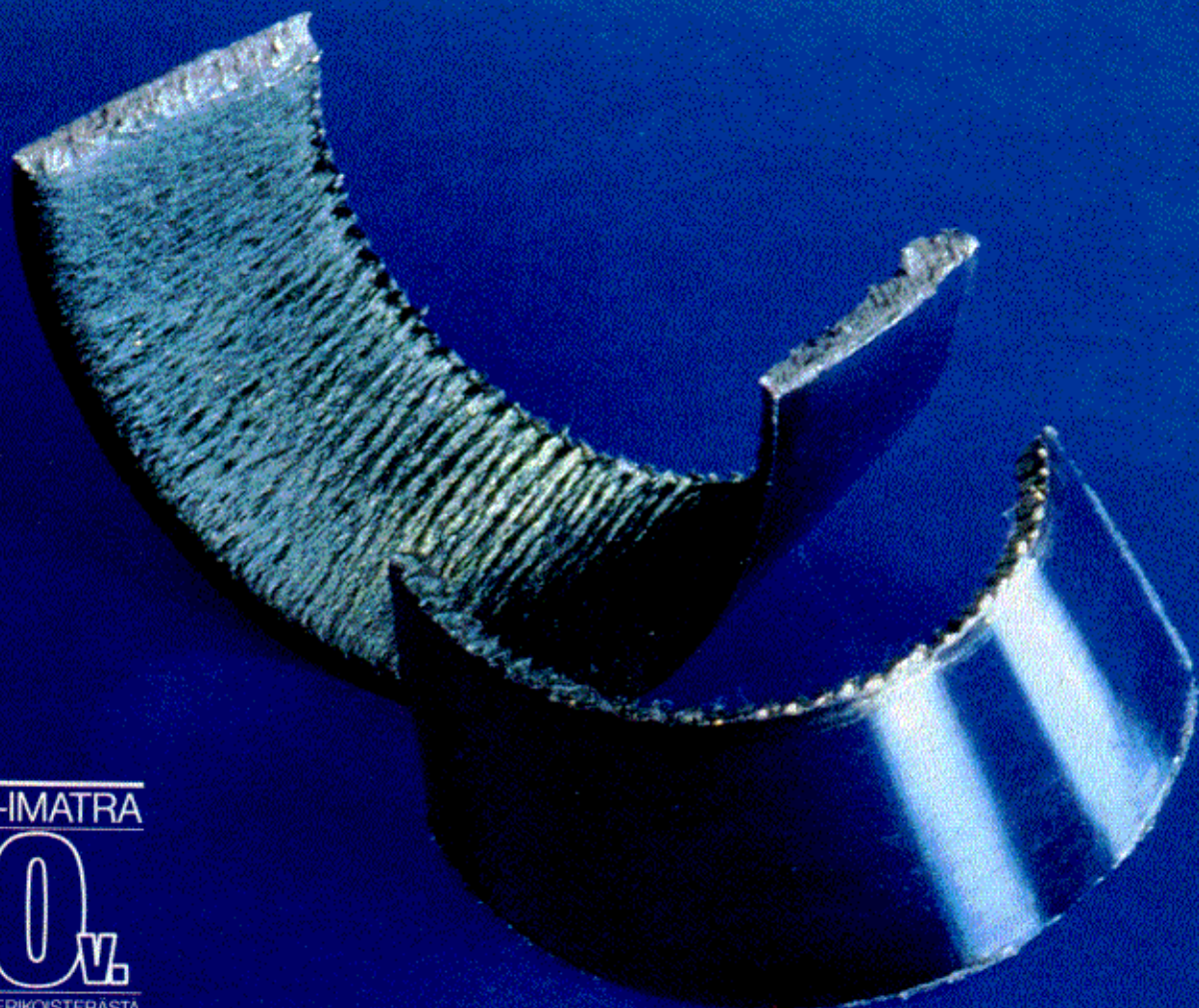
---

 **RAUTARUUKKI OY**

JÄLLEENMYYJÄT: ASPO, KESKO, KONTINO, SOK,  
VALTAMERI



# VAHVOISTA AJATUKSISTA MERKITTÄVIIN TERÄKSIIN



OVAKO-IMATRA

50<sup>v.</sup>

SUOMALAISTA ERIKOISTERÄSTÄ

## M-TERÄKSILLÄ HÄIRIÖTTÖMÄÄN TUOTANTOON.

### M-TERÄKSET SÄÄSTÄVÄT SELVÄÄ RAHAA

Ovakon kehittämä terästen M-käsittely parantaa oleellisesti standarditerästen lastuttavuutta. Koneteräksiä ja nuorutusteräksiä sorvattaessa voidaan lastuamisnopeutta merkittävästi nostaa. Vaihtoehtoisesti voidaan terien kestoaika kolminkertaistaa kun työstöarvoja ei muuteta. Selvästi mitattavia etuja saadaan myös porauksessa ja hiiletysterästen jyrinnässä.

Terät säästyvät, teränvaihdot vähenevät ja koneen kapasiteetti kasvaa. M-terästen tasalaatuisuus sulatuksesta toiseen tekee tarpeettomaksi myös työstöarvojen säädön teräserästä toiseen siirryttäessä. Valmistu tule tasaisena virtana.

### OVAKO TEKI M-TERÄKSESTÄ KÄSITTEEN

M-standarditeräkset ovat käytännön konepajatyössä osoittaneet ylivoimaisuutensa vanhoihin teräksiin verrattuna. Ovako teki M-teräksistä käsitteen.

Ovakon M-teräkset rullamerkataan koko tangon pituudelta lajimerkinnällä, jonka perässä on kirjain M – esim. OVAKO MoC 410 M.

### NOPEA LÄPÄISYAIKA – VIRHEETÖN TUOTANTO

Ovakon M-käsittely minimoi raaka-aineesta johtuvat häiriötekijät, koska teräksen analyyysi ja rakenne hallitaan tarkasti. Mm. hiiletysteräksissä tämä merkitsee tarkkaa karkenevuutta sulatuksesta toiseen. JOT-tuotannon kulmakivet, nopea läpäisy aika ja virheetön tuotanto vaativat prosessiin JOT-maisesti käyttäytyvät raaka-aineet.

M-käsittelyjen erikoisterästen saatavuuden takaavat Ovakon valtuutetut jälleenmyyjät.



**OVAKO**  
ENEMMÄN TERÄKSESTÄ

Erikoisteräsryhmä: Myynti kotimaahan puh. (90) 616 21

Tekninen asiakaspalvelu: Imatra puh. (954) 636 88, Helsinki puh. (90) 616 21, Turun puh. (917) 834 41 • Erikoisteräsvarasto: Turun puh. (917) 834 41

Valtuutetut jälleenmyyjät: Kestimo, Storsjöberg, Telko



# LUOTETTAVA TYÖPARI AVOLOUHOKSIIN JA MAANALAIISIIN KAIVOKSIIN

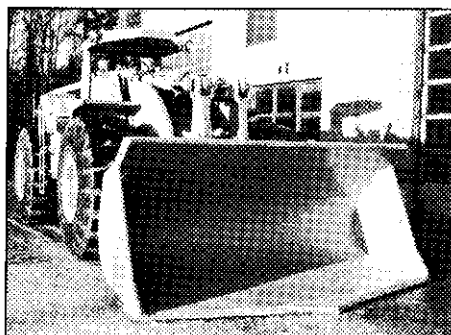


## CATERPILLAR KAIVOSKUORMAAJA & KAIVOSDUMPPERI

Valitse alla olevista Sinun tarkoitukseesi parhaiten soveltuva työpari:

### Dumpperi

CAT D25C	(22,7 t)
CAT D250B	(22,7 t)
CAT D30C	(27,2 t)
CAT D300B	(27,2 t)
CAT D35C	(32 t)
CAT D350C	(32 t)
CAT D400	(36 t)
CAT D44	(40 t)
CAT D550	(50 t)




### Kuormaaja

Caterpillar 966E
Caterpillar 966E
Caterpillar 966E
Caterpillar 966E
Caterpillar 980C
Caterpillar 980C tai 988B
Caterpillar 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



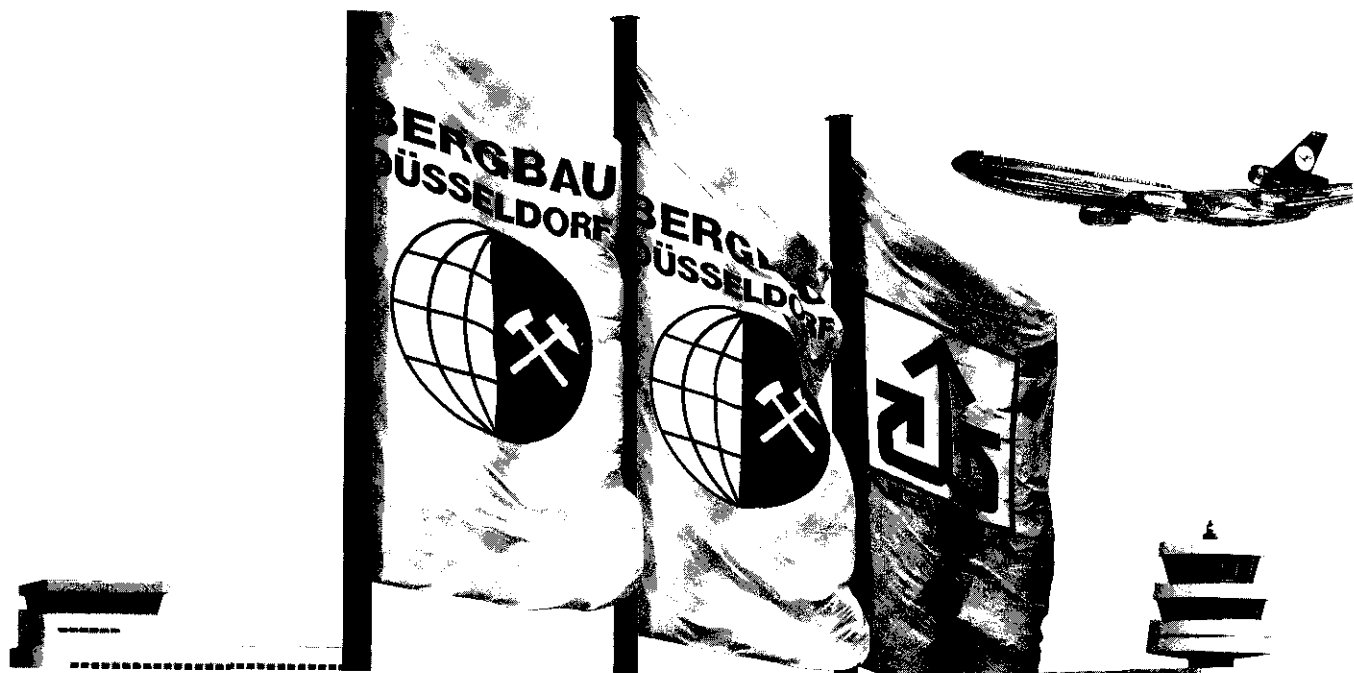
Caterpillar, Cat ja  ovat Caterpillar Tractor Co:n tavaramerkkejä



HELSINKI • TAMPERE • OULU • ROVANIEMI • KUOPIO  
826 311 670 200 361 344 15 271 114 611



# BERGBAU 89 DÜSSELDORF



## KANSAINVÄLINEN TEKNOLOGIAFOORUMI

Jos tulet BERGBAU 89: ään voit nähdä hiilen, malmien, suolojen ja muiden mineraaliraaka-aineiden tuotantoteknisen kehityksen kokonaisuudessaan. Maailman suurimmat erikoismessut esittelevät teknologian eri mahdollisuudet raaka-aineiden saannin varmistamiseksi tulevaisuudessa: laite- ja menetelmäutuudet, kilpailukyvyyn takaavat mekanisoinnin ja automatisoinnin edistysaskeleet sekä tieteellisen ja teollisen tiedon, jota tarvitaan maaperän rikkauksien etsinnässä ja tuotannossa. Tämä maassa, jossa kehitetään ja käytetään menestyksellisesti maailmanlaajuisesti tunnettua kaivosalan huipputeknologiaa. Innovaatioillaan, tutkimustuloksillaan ja tieto-aidolla BERGBAU 89 antaa perustan tulevaisuuden haasteille ja mahdollisuuksille. BERGBAU 89:n lisäksi voit tutustua Düsseldorfin Messukeskuksessa kolmeen muuhun maailmanlaajuisesti johtavaan teknologiatapahtumaan: GIFA-, METEC-, ja THERMPROCESS-messuihin. Tämä moderni teknologiafoorumi kattaa kaiken raaka-aineiden hankinnasta valmiisiin tuotteisiin.

Järjestäjä: Messe Düsseldorf, Postfach 32 02 03, D-4000 Düsseldorf 30.

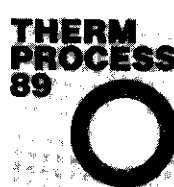
Lisätietoja, messulippuja ja -luetteloita: Suomen Messut INTERFAIR, PL 21, 00521 Helsinki, puh. (90) 150 9270, yhteyshenkilö Taina Määttä.

GIFA 89 – 7. kansainväliset valimotekniikan erikoismessut ja 56. valimotekniikan maailmankongressi.

METEC 89 – 3. kansainväliset metallurgian erikoismessut ja kongressi.

THERMPROCESS 89 – 5. kansainväliset teollisuusenerian ja lämpöteknisten tuotantomenetelmien erikoismessut.

BERGBAU 89 – kansainväliset kaivosalan messut.



**MATKA JOLLA HANKIT TIETOA  
DÜSSELDORF, 20. – 26. TOUKOKUUTA 1989**

Messe  Düsseldorf



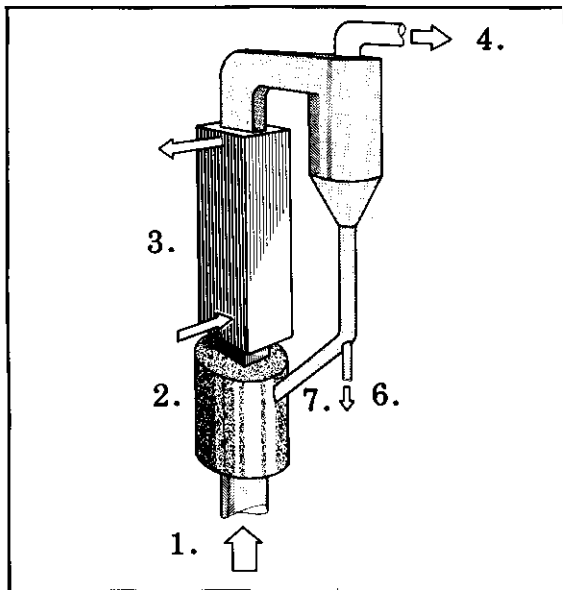
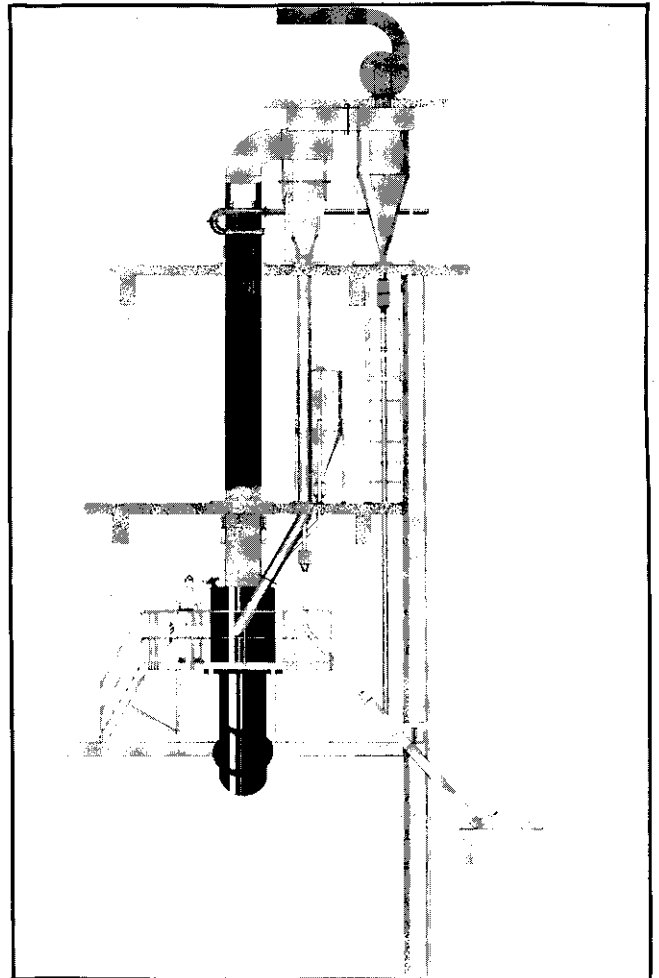
# FLUXFLOW - JÄTELÄMPÖKATTILAT

AHLSTRÖM on maailman johtava jätelämpökattiloiden valmistaja vaativiin metallurgisiin prosesseihin.

Mainetta saavuttaneiden AHLSTRÖM PYROFLOW - leijukerroskattiloiden pohjalta kehitetty FLUXFLOW perustuu kiertopölytekniikkaan ja se on suunniteltu erityisesti vaikeiden pölypitoisten ja likaavien kaasujen jäähtymiseen ja puhdistukseen.

FLUXFLOW perustuu kaasun jäähtymiseen kahdessa vaiheessa.

Ensiksi kiertopölyä sekoittamalla lämpötilaan, jossa ei ole enää lämpöpintojen likaantumisvaaraa. Toisessa vaiheessa kaasu ja kiertopöly jäähdytetään jätelämpökattilassa, jonka jälkeen pöly erotetaan ja palautetaan kiertoon.



1. TULEVA KAASU
2. SEKOITUSKAMMIO
3. JÄÄHDYTIN (jätelämpökattila)
4. JÄÄHDYTETTY JA PUHDISTETTU KAASU
5. PÖLYNEROTIN
6. YLIMÄÄRÄISEN PÖLYN POISTO
7. KIERTOPÖLYN PALAUTUS

**PYYDÄ MEILTÄ TIETOJA UDESTA FLUXFLOW-TEKNIIKASTA !**



A. Ahlström Osakeyhtiö  
Hörykattilatehdas  
PL 184 78201 VARKAUS  
Puh. 972 211, Telex 4319 almek sf  
Telefax 972 22927



# KOMETA PLUS

## NASTATERÄT

*Kokeile -huomaat eron*



- UUTTA HUIPPULAATUA
- TEHOKKUUTTA
- TALOUDELLISUUTTA

Kometa Plus nastaterien valmistuksessa on käytetty uusinta tekniikkaa ja tietotaitoa. Kometa Plusat ovat nyt jo laajalti tunnetut.

### KOMETA OY

PL 38  
PALOKÄRJENTIE 2  
02661 ESPOO

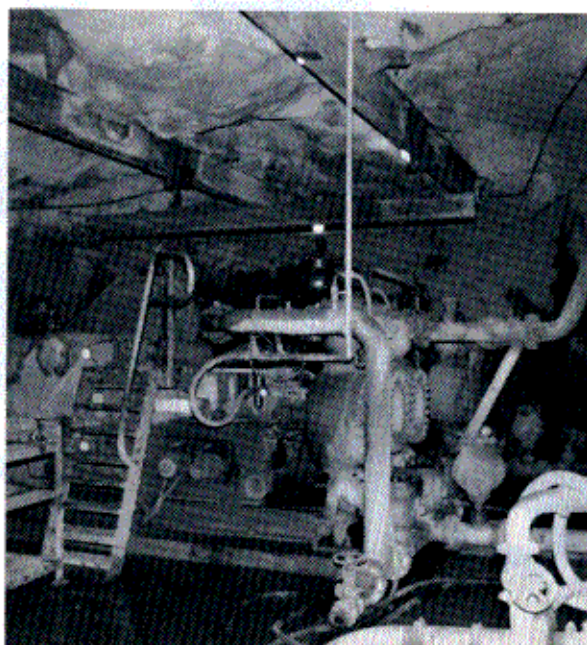
PUH: 90-51 141  
TELEX: 124298 komet sf  
TELEFAX: 90-511 4242

JÄLLEENMYynti:  
MACHINERY OY

## GEHO PUMPS FOR THE MINING, COAL AND WASTE WATER INDUSTRY

GEHO high-pressure slurry pumps are exclusively available in Finland by Insalko — Helsinki.

The line of GEHO slurry pumps consists of piston diaphragm pumps, which are specially designed for (long distance) transfer of viscous, abrasive or high solid content slurries.



Applications include for example mine dewatering and de-sludging, mine back-filling, slurry pipeline transportation and filter press feeding.

The pumps are available for capacities from 5 to 850 m<sup>3</sup>/h and pressures from 10 to 350 bar.

For more information, please contact

Oy **INSALKO Ab**  
P.O. Box 675  
00101 HELSINKI  
Finland  
Phone: (90) 647 033  
Telex: 124817 lsiko sf  
Telefax: (90) 179 216

## GEHO PUMPS

HOLTHUIS b.v.  
P.O. Box 249  
5900 AE Venlo-Holland



# Täyden palvelun LOUHINTATALO

KOMETA

LIEBHERR

TAMROCK



**MACHINERY OY**  
LOUHINTA JA MAANSIIRTO

Ansatie 5, 01740 Vantaa Puh. 90-890 522  
PL 56, 00511 HELSINKI

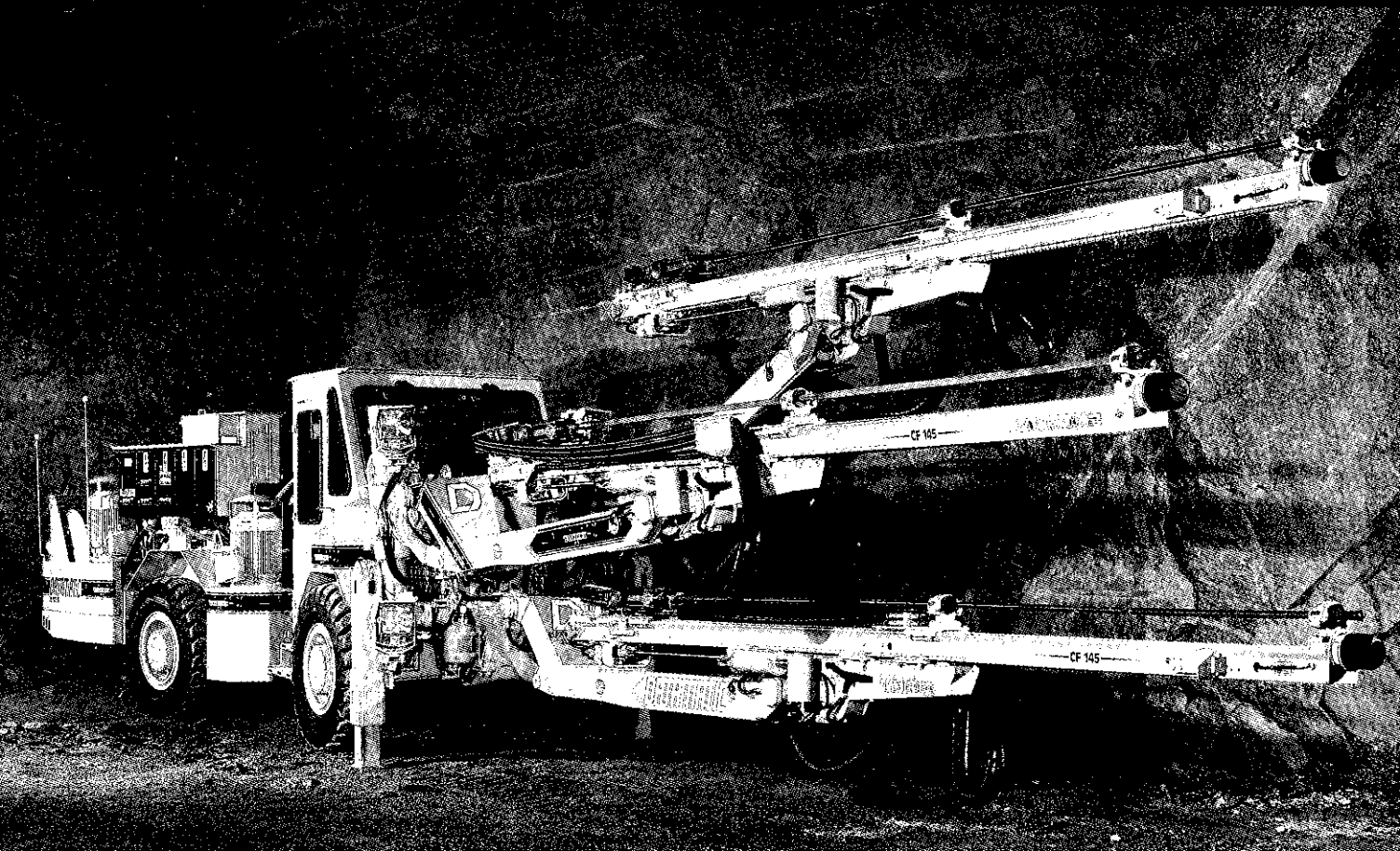


# Nykyaikaista porauskalustoa avolouhintaan ja tunnelintekoon



# TAMROCK

33310 TAMPERE 31 PUH. 931-2414111





Helsingin osoitteemme  
on muuttunut

Yhteysnumerot  
ennallaan



Kalle Linnolahti  
Toimitusjohtaja

## OY TRELLEBORG AB

### Pääkonttori:

Vattuniemenkatu 13  
00210 HELSINKI  
Puh. 90-6926500  
Telefax 90-6926082  
Telex 125332 VGOY SF

### Oulun konttori:

Toivoniementie 9  
90500 OULU  
Puh. 981-227847  
Telefax 981-223849

### Luvian palvelukeskus:

29100 LUVIA  
Puh. 939-581445  
Telefax 939-582045



Pentti  
Kuusiniemi  
Aluepäällikkö  
Pohjois-Suomi  
Oulu



Risto  
Tilenius  
Palvelukeskuksen  
päällikkö  
Luvia

Arthur  
Rönkvist  
Tuoteryhmä-  
päällikkö

Henry  
Holm  
Tuotepäällikkö



Ingmar  
Forsberg  
Aluepäällikkö  
Itä-Suomi



Sakari  
Lehti  
Aluepäällikkö  
Etelä-Suomi



Gun  
Mäkinen  
Myyntisihteeri

## Tuoteohjelma

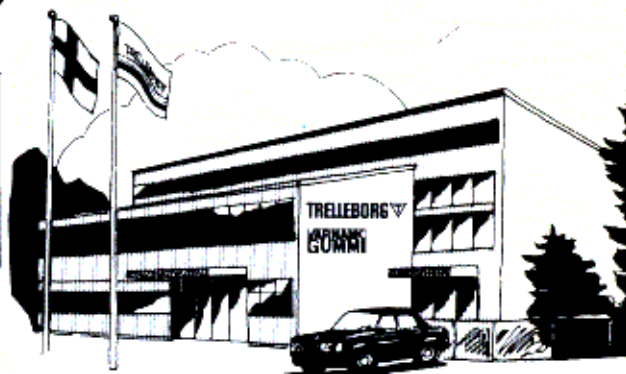
### TRELLEX-tuotteet:

- kulutuskumilevyt
- kumi- ja polyuretaaniseulaverkot
- kulutuskumielementit
- betonisekoitinvuoraukset
- kuorimarumpuvuoraukset
- kuljetinhinnat
- kuljetinhinnatarvikkeet
- lieteletkut
- myllyvuoraukset

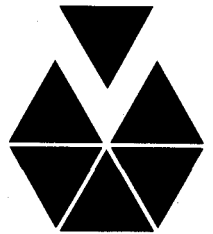
### SALA-tuotteet:

- rikastuskoneet
- jauhatusmyllyt
- pelleteointikoneet
- pumput
- tarvikkeet

Uusi osoitteemme Helsingissä on  
Vattuniemenkatu 13  
00210 HELSINKI



# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1988  
46. vuosikerta

Julkaisija, utgivare:  
**VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.**

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

**VUORITEOLLISUUS — BERGSHANTERINGEN:**

Päätoimittaja — Editor-in-Chief:

Prof. Martti Sulonen 90-4511  
Teknillinen korkeakoulu  
Materiaali- ja kallioteknikan laitos  
02150 Espoo

Toimittaja — Editor:

Dos. Heikki Laapas 90-4511  
Teknillinen korkeakoulu  
Materiaali- ja kallioteknikan laitos  
02150 Espoo

Toimitussihteeri ja ilmoituspäällikkö —  
Managing Editor and Advertising Sales  
Director:

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

Toimitusneuvosto — Editorial Board:

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

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

DI Rolf Söderström 921-742 111  
Oy Partek Ab  
21600 Parainen

FM Marjatta Virkkunen 90-4693 387  
Geologian tutkimuskeskus  
02150 Espoo

DI Olli Korhonen 90-4 211  
Outokumpu Oy, Engineering  
PL 86  
002201 Espoo

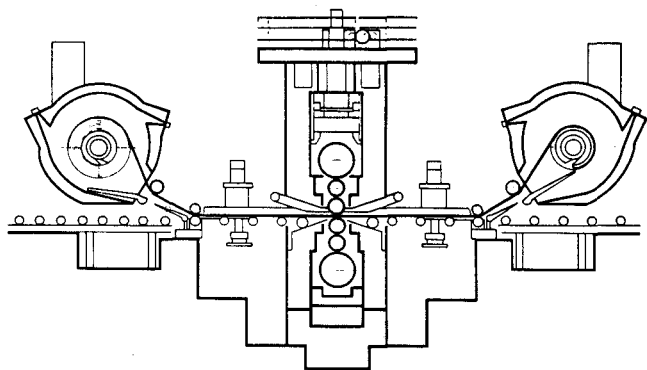
**Ilmoitushinnat vuodelle 1989**

II ja III kansi = 4.180,-	1/2-sivu = 2.390,-
takakansi = 4.820,-	1/4-sivu = 1.420,-
1/1-sivu = 3.540,-	Lisäväri/kpl = 1.300,-

{ Ammattihakemisto-ilmoitus 1/1 vsk = 540,-  
Koko: leveys = 85 mm  $\diamond$  korkeus = 25 mm  
Vuosikerta = 85,-  $\diamond$  ulkomaille = 110,-  
Irtonumero = 50,-  $\diamond$  ulkomaille = 60,-

## SISÄLTÖ ■ INNEHÅLL

<b>Eero Rättyä:</b> Outokumpu Oy:n Tornion tehtaiden kuumavalssaamo — osa integroitua ruostumattoman teräksen tuotantoketjua	85
<b>Markku Kaskiala, Seppo Kempainen, Jaana Niemelä, Pekka Taskinen, Heikki Volotinen:</b> Plasmametallurgia	89
<b>Simo Mäkimattila:</b> Ohutlevyn kuumasinkitys — Zinquench-menetelmä	96
<b>Raimo Uusinoka, Pekka Peltonen:</b> Murskeeksi valittavan kivi- aineksen tutkimusmenetelmistä ja laatuvaatimuksista	102
<b>Petri Rosenberg, Heikki Papunen, Markus Ekberg, Vesa-Jussi Penttilä:</b> Pyhäsalmen malmin rikastusmineralogiasta	106
<b>M. H. Tikkanen:</b> Uusi uljas maailma — ilman metallurgiaa ja täynnä uusia, ihmeellisiä materiaaleja	109
<b>Rolf Söderström:</b> Sähkö kustannustekijänä	111
<b>Eero Suoninen:</b> Materiaalien pintatutkimuksesta	117
<b>Erkki Välimäki, Timo Kenakkala:</b> Savukaasujen kuiva rikinpoisto LIFAC-menetelmällä	121
<b>Jyrki Kohopää, Seppo Kivivuori:</b> Kuumataonta — kehittämisen arvoinen valmistusvaihtoehto	124
<b>Antti Korhonen:</b> Materiaalitekniikka ja metallurgia	128
<b>Heikki Aulanko:</b> Vuorityötä ja geologiaa filateliassa	134
Messuja ja täydennyskoulutusta	139
In Memoriam	140
Uusia jäseniä — Nya medlemmar	143
Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna	143
Suoritettuja tutkintoja — Avlagda examina	146
World Mining Data '88	149



— TYÖVALSSIT	Ø 690 mm (639 mm)
— VÄLIVALSSIT	Ø 690 mm (630 mm)
— TUKIVALSSIT	Ø 1370 mm (1260 mm)
— LIERIÖOSAN PITUUS	1800 mm
— VALSSAUSNOPEUS	10 m/s
— PÄÄKÄYTÖT	2 x 5000 kW
— VALSSAUSVOIMA	4000 t
— AGC	

**Kansikuva:** Kaaviokuva Outokumpun Tornion tehtaan nauhavalssaimesta  
**Cover:** Schematic drawing of Finishing Mill at Outokumpu Oy's Tornio Works



**VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUS**  
**25.3.1988**

DI, KTK Pertti Voutilainen 90-4031  
 puheenjohtaja  
 Outokumpu Oy  
 PL 280  
 00101 HELSINKI

Pääjohtaja Markku Mannerkoski 90-4561  
 varapuheenjohtaja  
 Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT  
 Vuorimiehentie 5  
 02150 ESPOO

Joht. Nuutti Vartiainen 953-5881  
 Larox Oy  
 PI 29  
 53101 LAPPEENRANTA

DI Ismo Suominen 923-27161  
 Ovako Steel Oy Ab  
 PL 16  
 32201 LOIMAA

TkT Erkki Räsänen 982-301  
 Rautaruukki Oy  
 Raahen rautatehdas  
 PL 93  
 92101 RAAHE

DI Rolf Söderström 921-742 111  
 Oy Partek Ab  
 21600 PARAINEN

Johtaja Jan Owren 912-4511  
 Oy Lohja Ab  
 08700 VIRKKALA

DI Lauri Siirama 971-400111  
 Kemira Oy  
 Siilinjärven kaivos  
 71800 SIILINJÄRVI

DI Asko Ojanen 939-358111  
 Outokumpu Oy  
 Harjavallan tehtaat  
 29200 HARJAVALTA

DI Urpo J. Salo 90-1601  
 Kauppa- ja teollisuusministeriö  
 Kluuvikatu 3 A  
 00100 HELSINKI

Prof. Jouko Talvitie 90-46931  
 Geologian tutkimuskeskus  
 02150 ESPOO

**Yhdistyksen sihteeri:**  
 I DI Erkki Pimiä 90-4211  
 Outokumpu Oy  
 Metallurginen teollisuus  
 PL 87  
 02201 ESPOO

II DI Martti Järvenpää 90-4565584  
 Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT  
 Metallurgian laboratorio  
 02150 ESPOO

**Yhdistyksen rahastonhoitaja:**  
 DI Kalle Vaajoensuu 973-561  
 Outokumpu Oy  
 Kaivosteknillinen ryhmä  
 83500 OUTOKUMPU

**Geologijasto**  
 DI Pekka Mikkola, pj. 90-460633  
 Suomen Malmi Oy  
 Otakaari 11  
 02150 ESPOO

LuK Marjatta Parkkinen, siht. 90-4031  
 Outokumpu Oy  
 PL 280  
 00101 HELSINKI

**Kaivosjaosto**  
 DI Arto Hakola, pj. 9698-69220  
 Outokumpu Oy  
 Kemin kaivos  
 PL 8  
 94101 KEMI

DI Ari Väisänen, siht. 9698-69244  
 Outokumpu Oy  
 Kemin kaivos  
 PL 8  
 94101 KEMI

**Metallurgijaosto**  
 DI Matti Ketolainen, pj. 982-301  
 Rautaruukki Oy  
 Raahen rautatehdas  
 PL 93  
 92101 RAAHE

Ins. Eero Parviainen, siht. 982-301  
 Rautaruukki Oy  
 Raahen rautatehdas  
 PL 93  
 92101 RAAHE

**Rikastus- ja prosessiteknikan jaosto**  
 TkL Hans Allenius, pj. 90-4211  
 Outokumpu Oy Engineering  
 PI 86  
 02201 ESPOO

DI Pertti Paulin, siht. 912-4511  
 Oy Lohja Ab  
 08700 VIRKKALA

**Tutkimusjohtokunta**  
 Johtaja Tom Bröckl, pj. 921-742111  
 Oy Partek Ab  
 21600 PARAINEN

Geologinen toimikunta:  
 Prof. Heikki Niini, pj. 90-4511  
 Teknillinen korkeakoulu  
 Materiaali- ja kallioteknikan laitos  
 02150 ESPOO

Kaivosteknillinen toimikunta:  
 Prof. Raimo Matikainen, pj. 90-4511  
 Teknillinen korkeakoulu  
 Materiaali- ja kallioteknikan laitos  
 02150 ESPOO

Rikastusteknillinen toimikunta:  
 DI Paavo Eerola, pj. 973-561  
 Outokumpu Oy  
 KTT  
 83500 OUTOKUMPU

Tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien  
 sihteeri:  
 FM Ole Lindholm 981-302296  
 Teknillinen korkeakoulu  
 Materiaali- ja kallioteknikan laitos  
 Louhintateknikan laboratorio  
 Vuorimiehentie 2  
 02150 ESPOO

DI Kalle Vaajoensuu hoitaa Vuorimiesyhdistyksen jäsenkortistoa. Mikäli osoite, tehtävät tai vakanssi on muuttunut, pyydämme lähettämään muutossilmoituksen mieluummin kirjallisena siinä muodossa, jossa haluatte sen "Uutta jäsenistä" palstalle.

Os.: Outokumpu Oy, KTT, 83500 Outokumpu, puh. 973-561.

DI Kalle Vaajoensuu sköter om Bergmannaförningens medlemsregister. Om er adress, arbetsuppgifter eller tjänst har ändrats, anhåller vi om ändringsanmälan, helst skriftligt, till "Nytt om medlemmarna" spalten.

Adr.: Outokumpu Oy, KTT, 83500 Outokumpu, tel. 973-561

# Outokumpu Oy:n Tornion tehtaiden kuumavalssaamo — osa integroitua ruostumattoman teräksen tuotantoketjua

DI Eero Rättyä, Outokumpu Oy, Terästeollisuus, Kuumavalssaamo, Tornio

## KROMISTA KUUMANAUHAAN

Outokumpu Oy:n terästuotanto perustuu Elijärven kromimalmin löytymiseen v. 1959. Kymmenen vuotta malmin löytymisen jälkeen käynnistyivät kaivos ja ferrokromitehdas. Tornion ferrokromituotannon aloittamisen aikoihin alkoi yhä jatkuva ferrokromituotannon siirtyminen kromin kuluttajamaisista raaka-ainelähteille. Samaan aikaan keksittiin ruostumattoman teräksen valmistukseen soveltuva AOD-prosessi, joka tekee mahdolliseksi korkeahiilisen ferrokromin taloudellisen hyväksikäytön. Terästuotannon käynnistyessä 1976 AOD-prosessi oli kehittynyt ruostumattoman teräksen valmistuksen johtavaksi menetelmäksi ja jatkuvavalu oli tulossa, joten alusta pitäen päästiin prosessiteknillisen kehityksen kärkeen. (Kuva 1.)

Ferrokromitehtaan ja terässulaton vierekkäisen sijainnin takia on mahdollista siirtää ferrokromista pääosa sulana terässulaton valokaariuuniin ja säästää energiaa. Prosessit sopivat myös kapasiteetiltaan hyvin yhteen, samoin ferrokromiuunin laskujen ja teräsuunin kaatojen välit.

Kuumavalssaamon kapasiteetti on yleensä paljon suurempi kuin ruostumatonta terästä tekevän terässulaton. Rautaruukin kuumavalssaamon kapasiteetti on suuruusluokaltaan 2 miljoonaa tonnia vuodessa ja Tornion terässulaton 200 000 tonnia vuodessa. Luonnollinen ratkaisu oli siis kuumavalssata ensimmäiset miljoona tonnia ruostumatonta terästä Raahessa ja on ehkä sattuma, että miljoona tonnia tuli täyteen samaan aikaan kuin Outokummun oma kuumavalssaamo Torniossa käynnistettiin syksyllä 1987.

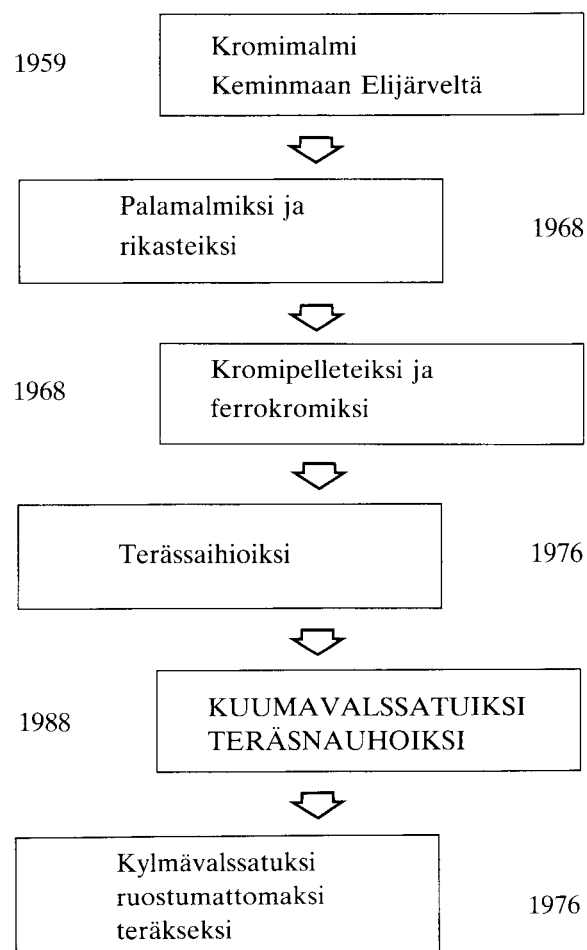
## MIKSI OMA KUUMAVALSSAAMO ?

Kuumavalssaamo on kuulunut osana alkuperäiseen terästedassuunitelmaan. Tornion tehtaiden strateginen tehtävä, Elijärven kromimalmin hyödyntäminen on sadan vuoden mittainen työ. Kuumavalssaamon rakentaminen ei ole ollut pakollista, sillä Rautaruukin lisäksi on muitakin hyviä vuokratvalssauksia ja kilpailijatkin tekevät kuumavalssauksen usein vuokratvalssauksena. Ruostumattoman teräksen tuotantoa nostettiin, kuumavalssaustekniikka maailmalla kehittyi ja Tornioon soveltuvat kuumavalssaamot halpenivat. Outokumpu Oy:n johtokunta teki investointipäätöksen toukokuussa 1985. 700 miljoonaa markkaa on suuri investointi, joka täytyy maksaa vuokratvalssauksustannusten säästymisellä, tuotantoketjun tiivistymisellä ja tiukemmalla laadunohjauksella.

Säätötekniikan ja automaattisen prosessitietojen käsittelyn kehitys on tehnyt Steckel-valssaimet, joiden kapasiteetti on

tandem-nauhavalssainta huomattavasti pienempi, niiden kanssa laadullisesti kilpailukykyiseksi.

Tornion kuumavalssaamon kapasiteetti on noin 500 000 t vuodessa, ja terässulaton kapasiteetti on jo meneillään olevan uudistamisen jälkeen 300 000 t/v.



**Kuva 1.** Outokumpu Oy:n Tornion tehtaiden kehitys.  
**Fig. 1.** Development of Outokumpu's Tornio Works.



## TUOTANTOKETJUN TIIVISTÄMINEN JA PROSESSIVALVONTA

Ruostumattomaan teräkseen sitoutuu korkeiden seosainekustannusten takia paljon rahaa, joten läpimenoajan lyhentäminen on tärkeää. Vuokravalsausukseen verrattuna kuumavalsausamalla on kaksi etua, kuljetusaika jää pois ja valssauseri pienenee n. 2000 tonnista 200 tonniin. Jälkimmäinen helpottaa terässulaton ja kuumavalsauson tuotannosuunnittelun yhdistämistä. Sulaton ja kuumavalsauson tuotannosuunnittelujärjestelmä rakennettiin erillisenä projektina samanaikaisesti kuumavalsauson rakentamisen kanssa. Se toteutettiin käyttäen Tandem tietokonetta, joka liittyy OKTO:n IBM keskustietokoneeseen ylöspäin ja kuumavalsauson Hidic 80M prosessitietokoneeseen alaspäin. Valssausohjeet tulevat suoraan tuotannosuunnittelujärjestelmästä prosessitietokoneeseen, joka valitsee tai laskee saamallaan tilaukselle sopivan kuumennus- ja valssausohjelman. Valssauksen aikana ja päätyttyä prosessitietokone raportoi sähköisesti nauhakohtaiset prosessitiedot ylöspäin niin, että tuotannosuunnittelu, laadunohjaus ja tutkimus saavat tarvitsemansa tiedot välittömästi. Prosessitietokone tekee automaattisesti myös kuumavalsauson käytön tarvitseman raportoinnin valssauksen osalta. Se on liitetty alaspäin prosessilaitteita ohjaavaan suoraan digitaaliseen säätöjärjestelmään, jolta raportointiin tarvittavat mittaustulokset tulevat, kuva 2.

Tosiaikainen tuotannonohjaus tarvitaan, jotta jatkuvavalmu-aihoita voitaisiin panostaa kuumavalsauson askelpalkkiuuniin kuumina. Sulaton ja kuumavalsauson kapasiteettien tasaamiseksi on kuumavalsauson rakennettu eristetyt lämpökuopat, joihin aihiot voidaan siirtää yhden valssauserän suuruisiin pinoihin odottamaan valssausvuoroa. Valu-aihojen pinnanlaatu sallii valssata arviolta 60 % aihioista niitä välillä hiomatta ja jäädyttämättä. Näin osa sulatetusta ferrokromista palaa huoneenlämpöön vasta kuumanauhana 1,5–3 vuorokautta laskun jälkeen.

## KUUMAVALSSAAMON LAITTEET

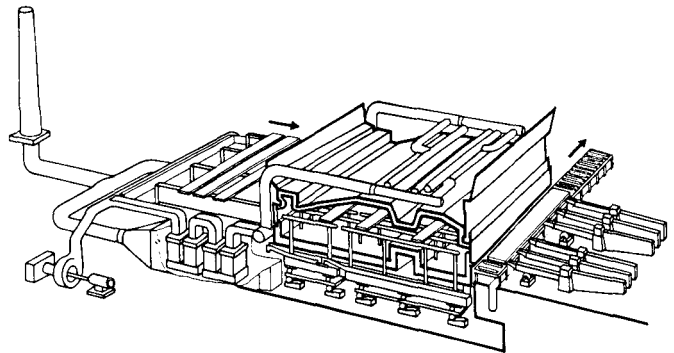
Kun investointipäätös oli tehty, laajennettiin esiselvitystä tehnyt ryhmä kuumavalsauson projektiryhmäksi ja ruvettiin neuvottelemaan Steckel-nauhavalsauson laitteista. Suunnitteluvaiheen ajaksi tehtiin konsulttisopimukset kahden Steckel-valssainta käyttävän yhtiön, Surahammar Bruks AB jonka silloin omisti ASEA ja Nippon Metal Industry'n kanssa. Hankintaneuvottelujen lopputulos oli, että japanilainen

Chugai-Ro toimitti askelpalkkiuunin, jonka teräsrakenteet teki AP:n konepaja, ja muuraukset Didier ja Tekmur.

Valssainten mekaaniset laitteet toimittivat Mannesmann-Demag-Sack (MDS) ja Hitachi konsortiona niin, että Steckel-nauhavalsain tuli Hitachilta ja muut osat MDS:ltä. Huomattava osa laitteista, kuten rullaradat, valmistettiin Suomessa AP:n konepajalla. Sähköistyksen toimitti Strömberg, jolla automaatiojärjestelmän osalta oli alihankkijana Hitachi. Hitachin toimittama automaatiojärjestelmä perustuu Nippon Metal'in Steckel-valssaimen modernisoinnin yhteydessä v. 1985 käyttöön otettuun järjestelmään.

Kuumavalsausamo sijaitsee terässulaton välittömässä läheisyydessä. Kuumat aihiot kuljetetaan terässulatolta kuumavalsausamolle sähkökäyttöisellä aihionkuljetusvaunulla, jota ohjataan radiolla askelpalkkiuunin ohjaamosta.

Askelpalkkiuunin kaaviokuva näkyy kuvassa 3. Uunin tehollinen pituus on 17,7 m ja leveys 14,7 m. Uunin rakennettu poltinto on 41,8 MW, josta max 18 MW voidaan tuottaa CO:lla kun pääpolttoaineena on propaani. CO otettiin käyttöön kesällä 1988. Uunissa on polttoilman kuumentamiseksi kaksi rekuperaattoria ja askelpalkkien jäädytysvedestä otetaan kaukolämpöverkkoon jätelämpöä 4,5 MW:n teholla. Panostettavan aihion paksuus on 165 mm, leveys 800–1600 mm ja pituus 3300–14000 mm. Alle 6800 mm pitkät aihiot panostetaan kahdessa rivissä. Askelpalkit on jaettu uunin pituus-

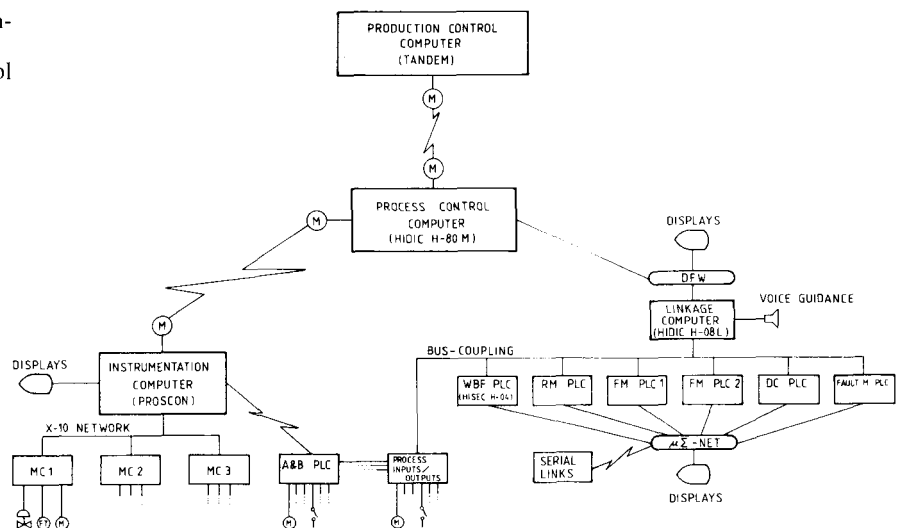


- VALMISTAJA CHUGAI RO CO., LTD
- POLTTOAINE NESTEKAASU JA HÄKÄKAASU
- TEHO 41,8 MW
- KAPASITEETTI MAX. 120 t/h
- LOPPULÄMPÖTILA 1280°C
- CO-OSUUS MAX. 18 MW
- AIHION MAX.PITUUS 14 m

Kuva 3. Kaaviokuva askelpalkkiuunista.  
Fig. 3. Schematic drawing of Walking Beam Furnace.

Kuva 2. Kuumavalsauson tuotannonohjaustietokonejärjestelmän rakenne.

Fig. 2. Architecture of production control computer system in Hot Rolling Mill.

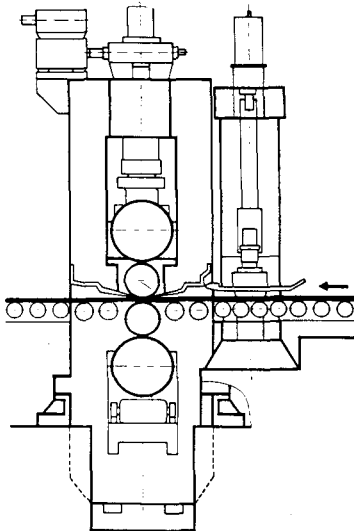


suunnassa kahteen osaan niin, että riittävän kuumat ahiot voidaan ajaa suoraan uuniin kuumennusvyöhykkeen loppupäähän kuumennusajan lyhentämiseksi. Askelpalkkiuunin tuotantokyky on 120 t/h kuumennettaessa ruostumattomia 14 m pitkiä aihioita 15 °C:sta 1280 °C:een.

Pystyvalssainta ja etuvalssainta esittävässä kaaviokuvassa, kuva 4, on esitetty niiden päämitat. Pystyvalssaimen mitoitusperuste on ollut, että sen tulee pystyä estämään aihion leveneminen etuvalssaimella. Siinä on sähkömekaaninen valssiraon asettelu, mutta rakenteessa on varauduttu tarvittaessa myöhemmin rakennettavaan hydrauliseen leveyden säätöön. Etuvalssain pystyy valssaamaan 1600 mm leveän haponkestävän teräsaihion 5 pistolla 165 mm:stä 25 mm:iin. 2 x 6000 kW:n päämoottoreista otetaan tällöin joka pistolla 2,5 kertaa nimellimomentti. Moottoreiden peruspyörimisnopeus on 50 rpm ja maksimi 110 rpm. Linjan alkupään rullaratat ja etuvalssain on rakennettu 2750 mm leveiksi myöhempiä karkealevyä valssausta ajatellen. Etuvalssaimessa on hydraulinen valssiraon säätö (BISRA- AGC) esinauhan paksuusvaihteluiden tasaamiseksi ja karkealevyjen valssausta varten. Etuvalssaimen valssituolit painavat 220 tonnia kappaleeltaan ja ovat raskaimmat Tornioon kuljetettut kappaleet.

Steckel-nauhavalssainta esittävässä kaaviokuvassa, kuva 5, on esitetty valssaimen päämitat. Valssain on Hitachin 6-telavalssain, jossa välivalssia siirretään pituussuunnassa valssattavan nauhan leveydestä riippuen työvalssien taivutuksen tehostamiseksi ja työvalssia nauhan vaihtuessa valssien kulmiskuvion tasaamiseksi. Kelainuunit pitävät kelaimien rummut n. 940 °C:n lämmössä, jotta myös nauhan päiden valssausta olisi mahdollista. Nauhavalssaimella tehdään loppupaksuudesta riippuen 3–9 pistoa. Valssaimen kummallakin puolella on gammasäteilyyn perustuva paksuusmittari nauhan paksu-

#### ETUVALSSAIN PYSTYVALSSAIN



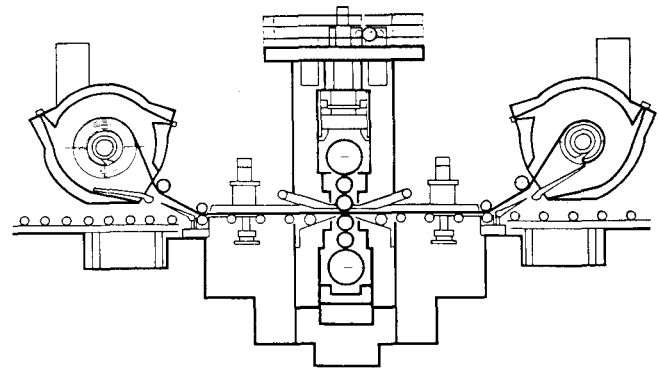
#### ETUVALSSAIN

- VALMISTAJA MANNESMANN DEMAG SACK
- TYÖVALSSIT  $\phi$  1000 mm ( $\phi$  900 mm)
- TUKIVALSSIT  $\phi$  1600 mm ( $\phi$  1400 mm)
- LIERIÖOSAN PITUUS 2750 mm
- VALSSAUSNOPEUS 6 m/s
- PÄÄKAYTÖT 2 x 6000 kW
- VALSSAUSVOIMA 4400 t
- AGC

#### PYSTYVALSSAIN

- VALMISTAJA MANNESMANN DEMAG SACK
- VALSSIT  $\phi$  750 mm
- VALSSAUSLEVEYS MINIMI 700 mm
- MAX. 2700 mm
- PÄÄKAYTÖT 2 x 600 kW
- VALSSAUSVOIMA 300 t

**Kuva 4.** Kaaviokuva pysty- ja etuvalssaimesta.  
**Fig. 4.** Schematic drawing of Edger Mill and Roughing Mill.



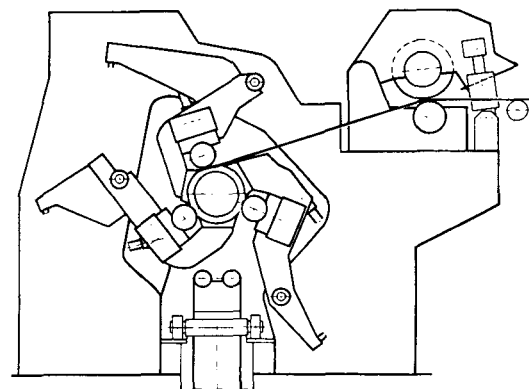
- VALMISTAJA HITACHI
- TYÖVALSSIT  $\phi$  690 mm (630 mm)
- VÄLIVALSSIT  $\phi$  690 mm (630 mm)
- TUKIVALSSIT  $\phi$  1370 mm (1260 mm)
- LIERIÖOSAN PITUUS 1800 mm
- VALSSAUSNOPEUS 10 m/s
- PÄÄKAYTÖT 2 x 5000 kW
- VALSSAUSVOIMA 4000 t
- AGC

**Kuva 5.** Kaaviokuva nauhavalssaimesta.  
**Fig. 5.** Schematic drawing of Finishing Mill.

den säätöä varten. Säätöperiaate voidaan valita pisto pistolta. Tavallisesti käytetään pistosarjan alussa jouston korjausta (BISRA - AGC) ja takaisinkytkentää jättöpuolen paksuusmittarista ja pistosarjan viimeisillä pistoilla eteenkytkentää syöttöpuolen ja takaisinkytkentää jättöpuolen paksuusmittarista. Nauhan päiden matalan lämpötilan vaikutuksen korjaamiseksi voidaan valssiraon ja valssien taivutuksen asetusarvot ohjelmoida joka pistolle nauhan päitä varten erikseen.

Lyhyt käyttökokemus on osoittanut, että 6-kerkeällä valssaimella voidaan valmistaa matalaprofiilista kuumanauhaa. Steckel-tyyppisen valssaimen suurin rakenteesta johtuva kuumanauhan laatuongelma on nauhan päiden paksuusprofiiliin ja tasomaisuuden saaminen samanlaiseksi kuin nauhan keskiosalla koko valssinvaihtovälin ajan. 6-kerkeän valssaimen säätömahdollisuudet näyttävät tässä vaiheessa riittäviltä, mutta työtä on vielä tehtävä, jotta jokaiselle tuotteelle saadaan optimaalinen pisto-ohjelma.

Kuva 6 esittää nauhakelainta. Se on mitoitettu 2,5–10 mm paksuisten ja 800–1600 mm leveiden ruostumattomien ja haponkestävien nauhojen kelaamiseen. Maksimi rullapaino on



- VALMISTAJA MANNESMANN DEMAG SACK
- KELAINTUURNA  $\phi$  MAX 760 mm  
KESKI 745 mm  
MIN 725 mm
- KELAINTUURNAN KÄYTTÖ 750 kW  
10 m/s
- PYÖRIMISNOPEUS 10 m/s
- KÄÄRIJÄRULLAT 3 kpl  $\phi$  380 mm
- LIERIÖPITUUS 1800 mm
- PURISTUSRULLAT  $\phi$  910  
 $\phi$  510
- PURISTUSRULLIEN KÄYTTÖ 2 x 300 kW

**Kuva 6.** Kaaviokuva nauhakelaimesta.  
**Fig. 6.** Schematic drawing of Down Coiler.

26 tonnia. Nauhakelaimen jälkeen on rakennettu askelpalkki-kuljetin rullien kuljettamiseksi rullavarastoon. Kuljettimelle on sijoitettu sidontakone, rullavaaka ja merkkaukone, jotka toimivat automaattisesti prosessitietokoneen ohjaamina.

Etuvallssaimen ja nauhavallssaimen päämoottorit ovat vaihtovirtamoottoreita, joita syötetään syklokonverttereilla. Strömberg on käyttänyt samaa tekniikkaa aiemmin jäänmurtajien potkurikäyttöissä. Outokummun nauhavallssaimessa lie-nee maailman ensimmäinen säädetty vaihtovirtakaksoiskäyttö, jossa ylä- ja alavallssia ei ole kytketty mekaanisesti yhteen, etuvallssain- ja karkealevyvallssainkäyttöjä on viime vuosina rakennettu syklokonverteriteknikalla muutamia. Rullarata-moottoreina ovat myös vaihtovirtamoottorit, joka rullalla omansa, joita syötetään Strömbergin taajuusmuuttajilla. Myös tämä sovellutus on ensimmäisiä maailmassa ja Strömbergin ensimmäinen, vaikka säädetävät taajuusmuuttajakäytöt ovatkin esimerkiksi pumppusovellutuksissa jo koettua tekniikkaa. Suurten kuormitushuippujen aiheuttamien jännitevaihtelujen eliminoimiseksi oli välttämätöntä rakentaa 20 kV:n jännitetasolle 32 MVA:n suuruinen loistehon kompensointijärjestelmä, jonka Strömberg toteutti uudella erittäin nopealla staattisella kompensattorilla ja kiinteillä yliaaltojen suodattimilla. Mainitut uutuudet ja niiden soveltaminen yhteen Hitachin automaatiojärjestelmän kanssa tekivät laitteiston käyttöönotosta varsin mielenkiintoisen.

## **PROJEKTIN KULKU JA TUOTANNON KÄYNNISTÄMINEN**

Tammikuussa 1985 esiselvitysvaiheen aikana laadittu projekti- aikataulu pystyttiin pääpiirteissään pitämään, vaikka rakennus- ja asennustöitä olikin tehtävä limittäin. Outokummun projektiryhmän vahvuus oli suurimmillaan vain 35 henkeä, mutta suunnittelutyötä teetettiin laitetoimittajien lisäksi monilla alihankkijoilla. Suunnittelutyötä teki kahden vuoden aikana arviolta 600 henkeä. Rakennus- ja asennustyömään vahvuus oli suurimmillaan loka-marraskuussa -87 noin 400 henkeä.

## **SUMMARY**

### **HOT ROLLING MILL — THE COMPLETION OF INTEGRATED CHAIN FROM CHROME ORE TO STAINLESS STEEL AT OUTOKUMPU'S TORNIO WORKS**

For Outokumpu's Tornio Works it was a very significant step when, in May 1985, the Company decided to build a hot rolling mill at Tornio. The first hot-runs took place last November and today the whole output of the steel melting shop is hot-rolled already in Tornio.

In the processing chain of the Kemi chromite the hot rolling mill is an important link. With the completion of the hot rolling mill Outokumpu is the only steelmaker in the world possessing the whole integration chain from chrome ore to stainless steel at the same site. The main reasons for building a hot rolling mill for the Tornio Works were technical (coil weight, thickness of hot-strip, quality), savings in transport charges, shorter through-put times and ability to develop new grades.

The mill's hot rolling capacity is some 500,000 tons annually and the investment requirement approximately FIM 700 million. The steel melting shop being now capable of producing some 200,000 tons of slabs, we will be in a position to carry out hire-rolling for outsiders as well.

#### **Hot rolling process:**

The slabs from the steel melting shop are transported (at

Käyttöhenkilöstön koulutuksesta tehtiin erillinen sopimus Nippon Metal Industryn kanssa. Sopimukseen sisältyi käytön ja kunnossapidon insinöörien, työnjohdon ja valssaa- jien koulutusta Nippon Metal'in kuumavallssaamolla, sekä neuvontaa käyntiinajon alkuvaiheessa Torniossa. Harjoittelun aikana Outokummun miehistö valssasi Nippon Metallin Sagamiharan kuumavallssaamolla 300 rullaa itse vaikkakin opettajien valvonnan alaisena. Koko kuumavallssaamon henkilöstö tutustui Surahammarin Steckel-valsssaamoon asennusvaiheen aikana. Surahammarin valssaamon kokemuksiin perustuva konsultointisopimus tehtiin käyntiinajoa varten ruotsalaisen LQ-Consult AB:n kanssa tarvittavan kokemusperäisen prosessitietämyksen hankkimiseksi.

Valssauslinjan ohjausjärjestelmä on rakennettu niin, että häiriöttömässä tilanteessa linjaa voi periaatteessa ajaa yksi henkilö, tosin ohjauspulpettia välillä vaihtaen, mutta häiriötilanteessa se ei ole mahdollista. Koska perinteistä "käsinajo- mahdollisuutta" ei ole, jouduttiin käyntiinajovaiheen alussa suorittamaan perusteellinen kylmättestausvaihe, jonka aikana myös käyttöhenkilöstö sai kylmäharjoittelua. Varsinainen valssaus alkoi 2.11.87 edellisen vuoden syyskuussa lopullisesti päätetyn yksityiskohtaisen aikataulun mukaisesti.

Tuotannon käynnistyksen tavoite oli siirtää kuumavallssa- kokonaan omalle kuumavallssaamolle kesäkuussa 1988. Viimeinen aihioerä lähetettiin Rautaruukille 10.5.1988. Kuumavallssausta on tehty kahdessa vuorossa joulukuun 1987 alusta. Kolmas vuoro otettiin käyttöön toukokuussa 1988. Tällöin kuumavallssaamon koko vahvuus, johon sisältyy mekaaninen, muttei sähköinen kunnossapito, on 60 henkeä. Sähköisessä kunnossapidossa, joka on Tornion tehtailla keskitetty, on kuumavallssaamolla 9 henkeä, joiden lisäksi terässulatolla ja kuumavallssaamolla on yhteinen sähköpäivystäjä.

Koekäytön tässä vaiheessa näyttää siltä, että kuumavallssa- mon laitteiston suunnittelun peruskriteerit ovat oikeat ja että laitteet tulevat täyttämään niille asetetut vaatimukset. Vastoin joitakin epäilyksiä näyttää korkea automaatioaste nopeuttavan tuotannon nosta. Olemme Outokumpu Oy:n terästeollisuusryhmässä valmiita ottamaan vastaan 1990-luvun antamat haasteet myös kuumavallssauksen osalta.

600–700 °C) in insulated wagons to the hot rolling mill. At the first stage the temperature is up to 1250°C in a walking beam furnace. From the furnace the slab is taken onto a 317 m long hot rolling line where the following process stages take place. The slab, which is 14 m in length and 165 mm in thickness, is first rolled to a thickness of 25 mm in a roughing mill. The roughing mill generates a rolling force of 4400 tons and a rolling speed of 6 m/s. The slab is further reduced in a reversing finishing mill where the strip moves from one coiler to another during the rolling operation. Fall of temperature is retarded by the furnaces (temperature 950°C) surrounding these coilers. The finishing mill generates a rolling force of 4000 tons and a speed of 10 m/s. The rolling mill is of a special "six high" type. By means of shifting of the intermediate rolls and bending of the work rolls it produces better thickness, shape and flatness than the former types of rolling mills.

After the finishing mill the hot strip passes to a down coiler which is followed by automatic binding and marketing. The hot strip now measuring 2,5–8,0 mm in thickness and 1000–1600 mm in width, is transported to the cold rolling mill for further processing.



# Plasmametallurgia

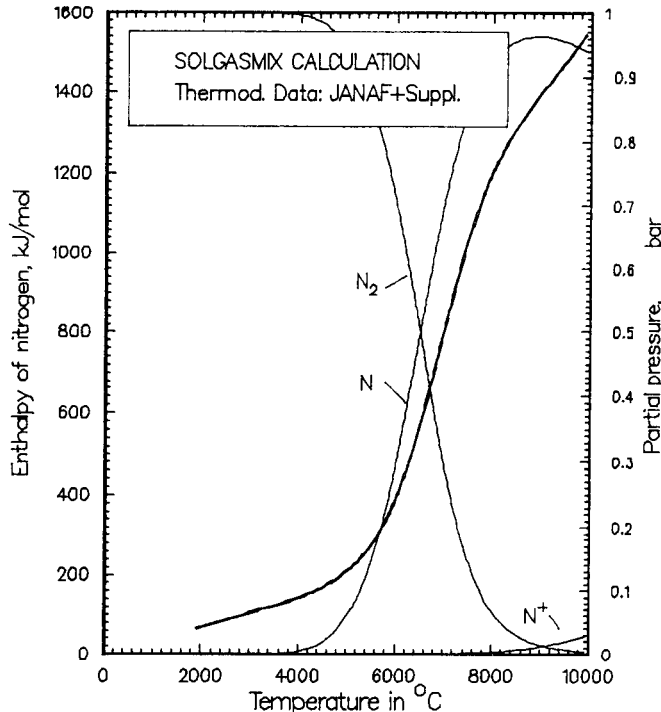
Tekn. Markku Kaskiala, TKK, Materiaalien valmistustekniikka, Espoo  
 DI Seppo Kempainen, Outokumpu Oy, Espoo  
 TkL Jaana Niemelä, Kemira Oy, Helsinki  
 TKT Pekka Taskinen, Outokumpu Oy, Espoo  
 Tekn.yo. Heikki Volotinen, Outokumpu Oy, Espoo.

## 1. JOHDANTO

Plasman eli (osittain) ionisoituneen, sähköjohtavan kaasun hyödyntäminen prosessointiväliaineena ei ole uutta. Plasmatilaa käytetään tänään yleisesti hyväksi uusissa materiaalitieteiden hi-tech- sovellutuksissa mm. kestävien pinnoitteiden valmistamiseksi, mikropiirin etsauksessa sekä hitsaustekniikassa. Näille sovellutuksille on luonteenomaista plasmalähteen teho, 10–100 kW, sekä ajallisesti lyhyt kesto. Prosessitekniisesti kiinnostava megawattialue on sen sijaan odottanut läpimurtoa jo kauan.

## 2. PLASMA – MATERIAALI ÄÄRIMMÄISELLÄ RAJALLAAN

Kun ainetta kuumennetaan, se käy läpi joukon fysikaaliseen tilaan ja olomuotoon liittyviä muutoksia. Kiinteä materiaali



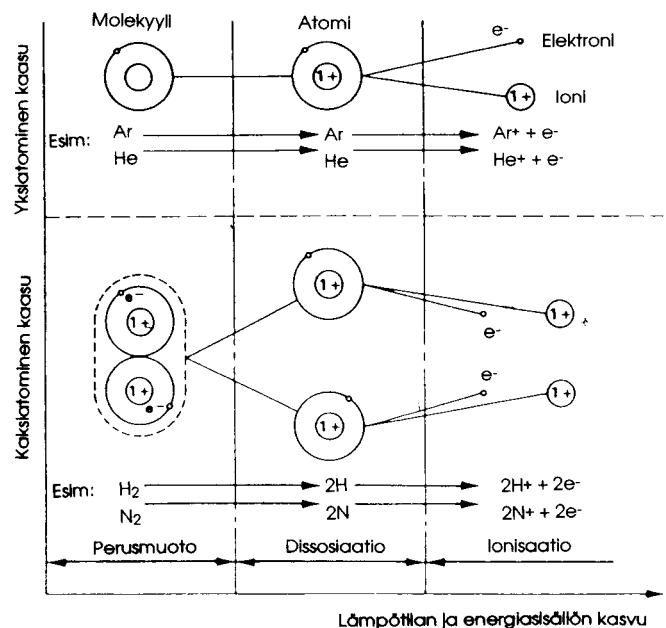
**Kuva 1.** Typen koostumus ja lämpösisältö (entalpia) vallitsevan lämpötilan funktiona alueella 0–10 000 °C; laskettu käyttäen JANAF'in /1/ termodynaamista aineistoa ja SOLGASMIX'ia /2/, kokonaispaine 1 bar:  $p_{N_2}$ ,  $p_N$  ja  $p_{N^+}$  (–) oikea akseli ja H (–) vasen akseli.

**Fig. 1.** Composition and enthalpy of nitrogen at 0–10 000 °C; calculated by using SOLGASMIX /2/ and thermodynamic data from JANAF /1/; total pressure 1 bar.

sulaa saavuttaessaan sulamispisteensä ja höyrystyy kiehumispisteessään. Näihin olomuodon muutoksiin sekä aineen lämmitykseen sitoutuu (lämpö)energiaa. Samalla tapahtuu vain vähäisiä muutoksia materiaalin rakenneosassa, molekyyllisissä tai atomeissa. Lähinnä niiden keskinäiset etäisyydet ja koordinaatio muuttuvat lämpöliikkeen ja termisen energian voittaessa kuhunkin olomuotoon liittyvät sidosvoimat.

Korkeissa lämpötiloissa on tilanne toinen. Kuvassa 1 on laskettu puhtaan typpikaasun ( $N_2$ ) termodynaaminen tasapaino lämpötilan funktiona alueella 0 – 10 000 °C. Paksu viiva kuvaa sen energiatilaa (entalpia - eli lämpösisältöä). Kuvan oikea pystyakseli kuvaa typpikaasun todellista koostumusta, josta on helppo havaita typpimolekyylien,  $N_2(g)$ , hajoavan 4000 °C:sta lähtien. Atomaarinen tyyppi,  $N(g)$ , dissosioituu ioneiksi,  $N^+(g)$ , eli ionisoituu mainittavassa määrin vasta 8000 °C:n yläpuolella. Samalla muodostuu kaasuun vapaita elektroneja,  $e^-(g)$ . Syntyy typpiplasma, kuva 2.

Näihin kemiallisiin reaktioihin liittyvät lämpöefektit ovat dramaattisia. Typen ja muiden kaksiatomisten kaasujen ominaislämpö huoneen lämpötilassa on luokkaa  $C_p = 30-40$  J/K/mol. Se vastaa kuvan 1 lämpösisältökäyrän tangenttia 0-pisteessä ja merkitsee 6000 °C:ssa noin 200 kJ/mol lämpösisältöä. Todellisen, termisesti hajonneen typen lämpösisältö on



**Kuva 2.** Plasman muodostuminen kaavamaisesti esitettyinä yksi- ja kaksiatomisilla kaasuilla.

**Fig. 2.** Formation of plasma in one atomic and two atomic gases.

400 kJ/mol. Tällöin vasta noin kolmannes molekyyleistä on dissosioituneena, atomaarisena typpenä. 10 000 °C:n tasolla energiasuhde on jo noin 5-kertainen.

Eräät kaasut hajoavat termisesti jo verrattain matalissa lämpötiloissa, kuten vety ja happi. Niiden molekyyliä dissoioituvat atomaariseen muotoon jo 3000 K yläpuolella ja ionisoituvat vastaavasti 5000 K tasolta, kuva 3. Tyypellä ja hiilimonoksidilla dissosiaatio tapahtuu vasta 5000 K tasolla ja ionisoituminen sen jälkeen.

### 2.1 Plasmatila:

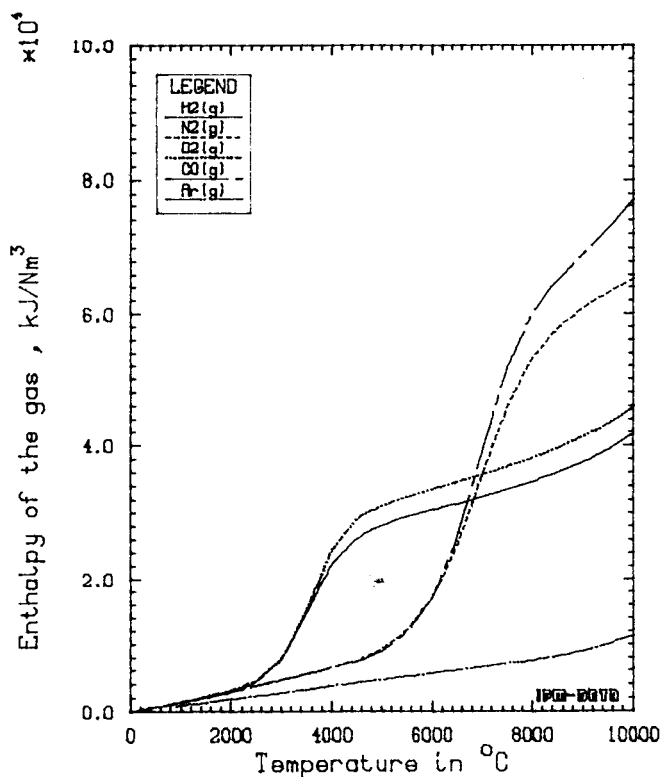
Plasman syntyessä sähköisesti neutraalit kaasuatomit hajoavat muodostaen "elektronikaasua" ja positiivisesti varautunutta "ionikaasua":



Moniatomisilla kaasuilla (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO...) ionisoitumista edeltää molekyylien dissosioituminen:



Plasman muodostuminen ei sinänsä edellytä korkeata lämpötilaa. Kaasun osittainen ionisoituminen ja sen atomien sekä molekyylien virittyminen voidaan suorittaa matalissa paineissa (< 1 bar) jo alhaisissa lämpötiloissa, 300-700 K. Tämä joh-



**Kuva 3.** Vedy (H<sub>2</sub>), typen (N<sub>2</sub>), hapen (O<sub>2</sub>), hiilimonoksidin (CO) ja argonin (Ar) lämpöisällöt (entalpiat) lämpötilan funktiona; ensimmäinen porras liittyy molekyylin hajoamiseen ja toinen, noin 10 000 °C tienoilla alkava, ionisoitumiseen; laskettu käyttäen JANAF'in /1/ termodynaamista aineistoa ja SOLGASMIX'ia /2/, kokonaispaine 1 bar.

**Fig. 3.** Enthalpy of hydrogen (H<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), oxygen (O<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO) and argon (Ar) as a function of temperature; the first step is connected with the dissolution of molecules and the second one, appearing by 10 000 °C, with the ionization; calculated by using SOLGASMIX /2/ and thermodynamic data from JANAF /1/.

tuu siitä, että partikkelin i kineettinen energia ja sen lämpötila T<sub>i</sub> riippuvat toisistaan lausekkeen:

$$1/2kT_i = 1/2m_i v_i^2 \quad (2)$$

mukaisesti, jossa k on Boltzmann'in vakio (=R/N), m<sub>i</sub> partikkelin massa ja v<sub>i</sub> sen nopeus.

Matalissa paineissa syntyviä plasmajoja kutsutaan matalalämpötila- tai epätasapainoplasmoiksi. Korkeissa paineissa plasmakaasu on termodynaamisessa tasapainossa. Niitä kutsutaan tavallisesti termisiksi eli korkealämpötilaplasmoiksi.

### 2.2 Matalapaineplasmat:

Kaasuun, joka ei alhaisissa kokonaispaineissa pysy sisäisessä tasapainossa, voidaan pumpata sähkövirran avulla suuria energiamääriä. Se varastoituu plasman muodostuessa kemiallisena energiana reaktion (1) tyypisissä prosesseissa. Tällöin syntyy elektronikaasua ja positiivisesti varattuja ioneja.

Matalassa paineessa on partikkelien 'keskimääräinen vapaa matka' pitkä. Tällöin ovat niiden keskinäiset törmäykset harvinaisia ja energian siirto eri partikkelien välillä on hidasta. Tällöin vain kaasun elektronit virittyvät ulkoisen energianlähteen (magneettikentän tms.) toimesta raskaampien ionien jäädessä matalan lämpötilan värähtelyasteelle. Tällöin elektroni saavuttaa sähkökentässä kertaalloikka korkeamman nopeuden ja vastaavasti 'lämpötilan', elektronilämpötilan T<sub>e</sub>, kuin sitä huomattavasti raskaammat (m<sub>protoni</sub> = 1856 m<sub>elektroni</sub>) ionit ionilämpötilan, T<sub>h</sub>.

Plasman vapaiden elektronien ja ionien rekombinoituminen eli reaktion (1) palautuminen tapahtuu kineettisesti edullisimmin kiinteillä pinoilla. Samalla vapautuu reaktiolämpönä erittäin suuria energiamääriä. Ilmiötä käytetään hyväksi mm. plasmapinnoituksessa (PVD) /3/ sekä plasmaetsauksessa /4/.

### 2.3 Korkeapaineplasmat:

Korkeissa paineissa, (>≈ 1 bar) reaktiot (1) ja (1') ovat termodynaamisessa tasapainossa. Tällöin plasman elektronikaasun ja ionikaasun 'lämpötilat' ovat korkeat ja T<sub>e</sub>≈T<sub>h</sub>. Niiden korkeaenergisimmät muodot löytyvät auringosta tai fuusio-reakteista.

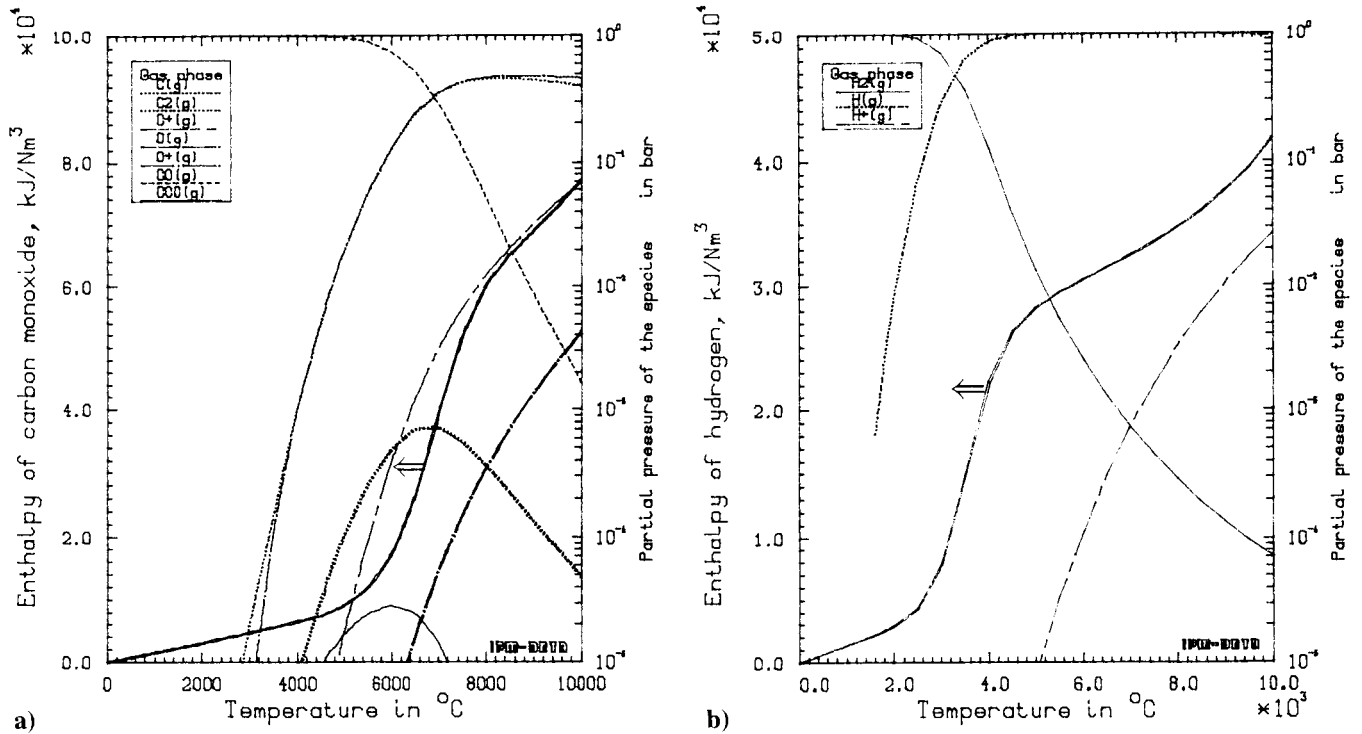
Kuvassa 4 on esitetty CO ja H<sub>2</sub> tasapainokoostumus lasketuna termodynaamisista stabilisuusfunktioista sekä niiden energiasällöt kokonaispaineessa 1 bar. Teollisten plasmageneraattoreiden tuottaman kaasun energiatiheys on luokkaa 3 – 10 kWh/Nm<sup>3</sup>. Niissä olosuhteissa vapaiden elektronien 'osapaine' on luokkaa 0.0001–0.001 bar. Kuvasta 3 havaitaan, että lämpötilan käsite on plasmassa verrattain epämääräinen. Argonissa energiatihyyttä 20 MJ/Nm<sup>3</sup> (5.6 kWh/Nm<sup>3</sup>) vastaava lämpötila on luokkaa > 10 000 °C, kun taas tyypessä se saavutetaan jo 6000 °C:ssa.

Plasmatila muodostuu normaalipaineessa kaasusta riippuen 5000–10 000 K lämpötilassa. Plasman lämmönjohtavuus ja viskositeetti poikkeavat merkittävästi matalan lämpötilan ominaisuuksista /5/. Tavanomaisten kaasujen ohella myös metallihöyryt muodostavat plasmajoja. Eräät jopa huomattavan alhaisissa lämpötiloissa /6/, kuten alkalimetallit, joita lisätään MHD-generaattoriin plasmanmuodostuksen auttamiseksi.

## 3. TERMISEN PLASMAN TUOTTAMINEN — PLASMAGENERAATTORIT

Plasmalähteet ovat kehittyneet voimakkaasti 50–60-luvuilla, kun avaruustekniikassa tarvittiin kuumaa kaasua lyhytaikaisesti, materiaaliteknisiin testeihin.

Termistä plasmajoja tuottavan, teollisen plasmalähteen sydämenä on usein valokaari, jossa plasmakaasu dissosioituu ja ionisoituu, kuva 5. Plasmalähteet voidaan karkeasti jakaa kolmeen toimintaperiaatteeseen:



**Kuva 4.** Hiilimonoksidin (CO), a) ja vedyn (H<sub>2</sub>), b) koostumukset ja lämpösisällöt lämpötilan funktiona alueella 0–10 000 °C; laskettu tasapainotila käyttäen JANAF'in /1/ stabiilisuusfunktioita ja SOLGASMIX'ia /2/, kokonaispaine 1 bar.  
**Fig. 4.** Composition and enthalpy of carbon monoxide (CO), a) and hydrogen (H<sub>2</sub>), b) at 0–10 000 °C in 1 bar; calculated equilibria by using SOLGASMIX /2/ and JANAF /1/.

- 1) plasmakaaripolttimet (transferred arc torch, TA-poltin)
- 2) plamasuihkupolttimet (nontransferred arc torch, NT-poltin)
- 3) induktiiviset plasmalähteet.

TA-polttimia on valmistettu noin 3 MVA:n (grafiittielektrodeilla > 10 MVA) ja NT-polttimia 6-8 MVA:n tehotasoil- le. Niiden termiset hyötysuhteet ovat luokkaa 75-90 %. Induktiivisten (esim. radiotaajuus- eli RF-plasma) plasmalähte-

den teollinen käyttö on toistaiseksi vähäistä johtuen verrat- tain alhaisesta hyötysuhteesta, <50 % /7/. Saavutettava teho on lisäksi alle 1 MVA. Taulukossa 1 on eräitä teollisen mittaa- kaavan plasmalähteiden valmistajia.

**Taulukko 1.** Teollisten plasmageneraattorien valmistajia \*)  
**Table 1.** Suppliers of industrial-scale plasma torches \*).

**TA- polttimet/uunit:**

**Transferred-arc torches:**

- ASEA, Ruotsi
- Hydro-Quebec, Kanada
- Krupp, Saksan Liittotasavalta
- Tetronics, U.K.
- Viest-Alpine, Itävalta

**NT- polttimet:**

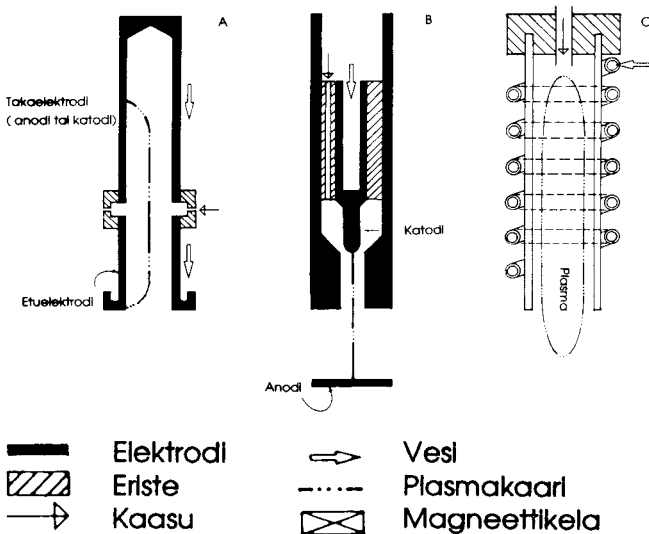
**Non-transferred arc torches:**

- Aerospatiale, Ranska
- Hüls, Saksan Liittotasavalta
- Inst. Teplofiziki, Novosibirsk, USSR
- Plasma Energy Corp., USA
- SKF, Ruotsi
- Tafa, USA
- Tioxide, U.K.

**Induktioplasmalähteet:**

**Induction plasma torches:**

- CFEI, Ranska
- Tafa, USA.



**Kuva 5.** Eri tyyppisten plasmalähteiden rakenteet kaavamai- sesti esitettynä: A) plamasuihkupoltin (NT-plasmalähde), B) plasmakaaripoltin (TA-plasmalähde), C) induktioplasmalähde /8/.

**Fig. 5.** Schematic designs of various plasma sources: A) non-transferred plasma torch, B) transferred plasma torch, C) induction plasma torch /8/.

\*) poislueettuna ruiskutusplasmalähteiden valmistajat  
\*) excluding devices for plasma spraying



### 3.1 Plasmakaaripolttimet:

TA-polttimen periaate on esitetty kuvassa 5. Siinä muodostuu sopivalla kaasulla (Ar, N<sub>2</sub>, CO...) tavanomaisesta, 'vapaasti palavasta' valokaaresta laajennettu plasmakaari uunin rakenneiden tai panoksen (tavallisesti anodi) ja erillisen plasmaelektrodin (katodi) välillä. Plasmakaaripoltin muodostaa toiminnallisen osan itse reaktorista. Itse plasmakaaresta, sen sydämessä, mitatut lämpötilat ovat kokonaistehosta riippuen luokkaa 12 000–20 000 K, joka on valokaaren tyyppinen lämpötila /7/. Polttimen kuluva elektrodi on tavallisesti vesijäähdytetty wolframsauva tai -nappi /8/.

Plasmakaasuna käytetään tavallisesti hyvin sähköä johtavaa argonia, jonka virtaus teollisuusmittakaavaisissa polttimissa on pieni, vain 2–5 Nm<sup>3</sup>/(h-MW) /9/. Niitä on rakennettu sekä AC- että DC- käyttöön. Uusimmat tiedot plasmakaaren energiakautumasta puhuvat kuitenkin DC-tekniikan puolesta.

### 3.2 Plasmasuihkupolttimet:

NT-polttimissa plasmakaari palaa erillisessä, putkimaisessa elektrodijärjestelmässä, kuva 5. Niissä plasmaa voidaan muodostaa useista termisesti stabiileista kaasuista, kuten N<sub>2</sub>, CO tai H<sub>2</sub>. Kaasumäärä on plasmakaaripolttimiin verrattuna suuri, tyyppillisesti 100–250 Nm<sup>3</sup>/(h-MW).

Elektrodien kestoikä on saatu teknisesti käyttökelpoiselle tasolle, 100–1000 h /9/, vastaten elektrodin kulumisnopeutta 1–20 µg/C. Tähän on päästy muotoilemalla valokaari kaasun virtausgeometriaa sekä magneettikenttiä hyväksi käyttäen sellaiseksi, että se pysyy irti polttimen rakenneosista. Tällöin elektrodien kuluma tapahtuu vain valokaaren juurilla. Optimaalisissa olosuhteissa se mahdollistaa plasmapolttimen käytön energianlähteenä jatkuvatoimisissa prosesseissa 1–2 viikon käyttöjaksoin.

Elektrodimateriaalina puhdas kupari on yleisin, mutta myös muita metalleja on käytetty. Plasmasuihkupolttimia on valmistettu sekä AC- että DC-toimintaan, mutta tekniset sovellutukset tänään ovat voittopuolisesti DC-tekniikan rakenteissa /10/.

### 3.3 Induktioplasماغeneraattorit:

Induktiivisesti plasmaa tuottavissa generaattoreissa ei käytetä elektrodeja tai valokaarta, vaan plasma syntyy (korkeataajuudessa) sähkökentässä, kuva 5. Plasma on tällöin vailla elektrodien aiheuttamaa kontaminaatiota ja sopii mm. ultrapuhtaiden materiaalien valmistukseen korkeissa lämpötiloissa /11/. Plasman muodostumiseen induktiivisesti tarvittava teho riippuu käytettävästä kaasusta, vallitsevasta paineesta ja tehonlähteen taajuudesta /7/.

## 4. METALLURGISET PLASMAREAKTORIT — ONKO NIITÄ?

Plasmalähteiden käyttöä reaktorienergiensyötössä on selvitetty laajalti 60-luvulta lähtien niin teoreettisesti kuin kokein /12/. Taulukkoon 2 on koottu pilot-mittakaavan plasmateknisiä tutkimusyksiköitä. Taulukossa 3 on esitetty toiminnassa olevat, teollisuusmittakaavaiset plasmaprosessit. Sen lähempi tarkastelu osoittaa, että selväpiirteisimmän uutta prosessitekniistä ajattelutapaa edustavat HÜLS'n asetyleeniprosessi, jo vuonna 1938 150 MW mittakaavassa toiminut laitos /13/ sekä IONARC'in zirkonihiekan (ZrO<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub>) hajotus /14/.

Ne hyödyntävät plasmakaaripolttimia ja reaktiosysteemejä, jotka muodostuvat vasta plasmakaaresta. Samalla on voitu saada taloudellisia etuja raaka-ainepohjan laajentuessa, jolloin mm. asetyleenin valmistus suoraan kivihiilestä ja vedystä on mahdollista /15/. HÜLS raportoi kirjallisuudessa myös huomattavista säästöistä reaktorienergiensyötössä verrattuna muihin menetelmiin. Myös TIOXIDEN jo 15 vuotta käytössä ollut sovellutus hapen kuumentamiseksi TiCl<sub>4</sub> hapetusta varten /16/ käyttää hyväkseen plasmatekniikan etuja. Se yksin-

**Taulukko 2.** Teollisuus- tai pilot-mittakaavaisia plasmateknisiä tutkimusyksiköitä.

**Table 2.** Industrial- or pilot-scale research units in the field of thermal plasmas.

Laitos Company	Maa Country	Plasmalähde Plasma source	Teholuokka Power	Ref. Ref.
Voest-Alpine	Itävalta	TA	5 MVA	/35/
Daido Steel	Japani	TA	0.5 MVA	/36/
Mintek	RSA	TA	3.2 MVA	/29/
Hüls Krupp	L-Saksa L-Saksa	TA TA	5 MVA 4.5 MVA	/13/ /26/
Tetronics Davy-McKee	U.K. U.K.	NT,TA TA	3 MVA 1 MVA	/28/ /39/
SKF	Ruotsi	NT	6 MVA	/36/
IRSID EdF	Ranska Ranska	TA NT	4.5 MVA 2 MVA	/35/ /37/
MRRC PEC	U.S.A. U.S.A.	TA NT,TA	1.5 MVA 1.5 MVA	/36/ /36/
IREQ	Kanada(Que.)	NT,TA	1 MVA	/38/

kertaistaa reaktorista ja alentaa tuotteen kontaminaatiota.

Plasmapolttimien ominaisuuksia prosessin kannalta ovat:

- energian tuotto ei riipu prosessista.
- tehonsäätö on nopea ja helppo toteuttaa sekä instrumentoida.
- edellyttää uutta suhtautumistapaa prosessissa (mm. puhtaus).
- plasman korkea lämpötila muuttaa materiaalien käyttäytymistä.

Varattujen plasman osalajien, elektronien ja ionien, muodostamassa reaktioympäristössä kemialliset tasapainot muuttuvat olennaisesti. Tämä voidaan myös termodynaamisesti laskeksi ennustaa /17/. Näitä ilmiöitä, plasma'efektejä', joihin kaikki matalapaineplasmaprosessit perustuvat, on myös koekäytännössä etsitty termisiä plasmajoja käyttävistä reaktoreista.

Plasmareaktorit sallivat materiaalin lämpötilan paikallisen tai hetkellisen kohottamisen tasolle, jota ei voi saavuttaa polttamalla fossiilisia polttoaineita. Tällöin voidaan mm. valmistaa yhdisteitä, jotka tulevat stabiileiksi vasta 2000–3000 K lämpötiloissa. Lämmönlähteen korkea lämpötila (energiatiheys) tuo myös etuja aineen- ja lämmönsiirron edellytysten parantuessa: ne ovat usein endotermisissä prosesseissa reaktorin kapasiteettia rajoittavia tekijöitä /18/.

Suoritettu kirjallisuustarkastelu /19/ osoittaa, että varsinaisia plasmauuneja, innovaatioita, jotka käyttäisivät hyväkseen termisen plasman erityisolosuhteita, ei ole juurikaan laboratoriomittakaavaa suuremmissa puitteissa esitelty. Itse asiassa ensimmäistäkään plasma'efektejä' soveltavaa metallurgista reaktorista ei ole olemassa /20/. Valtaosassa tapauksia ja kaikissa metallurgisissa sovellutuksissa plasmageneraattorit ovat yksinomaan lämmön lähteitä.

### 4.1 Plasmasuihkureaktorit:

Plasmasuihkupolttimia käyttävissä konstruktioissa ei reaktoriin johdeta plasmaa, vaan ainoastaan plasman jälkeensä jätettävä kuumaa kaasuliekkiä, kuva 6. Polttimen sähköinen ja plasmatekninen toiminta voidaan näinollen rakentaa optimaaliseksi ja lähes riippumattomaksi kemiallisesta prosessista. Tämä tuo vapausasteita myös prosessin suunnitteluun.

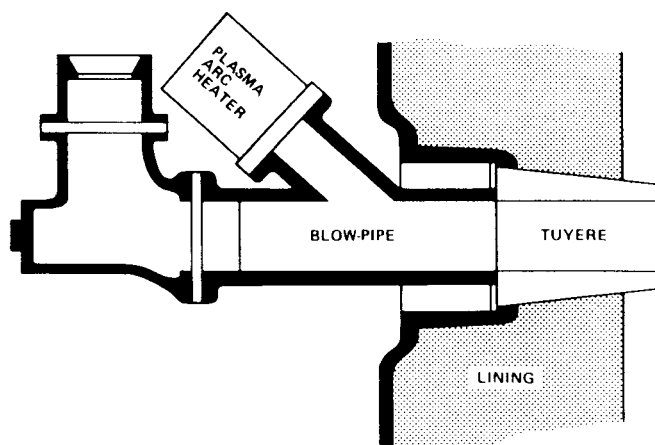
Raaka-aineen syöttö suoritetaan polttimen liekkiin, joka ei enää ole varsinaista plasmaa. Siten sen fysikaaliset ominaisuudet sallivat helpommin kiintoaineen johtamisen liekkiin kuin

**Taulukko 3.** Teollisuusmittakaavaisia toiminnassa olevia plasmaprosesseja.  
**Table 3.** Industrial scale plasma processes.

Tuote Product	Teho Power	Plasmalähde Plasma source	Laitos Company	Ref. Ref.
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	19×10 MVA	TA (Hüls)	Chemische Werke Hüls, FRG	/13/
TiO <sub>2</sub>	2 MVA	NT (Tioxide)	Tioxide Ltd., U.K.	/16/
ZrO <sub>2</sub>	2×0,5 MVA	TA (Tafa)	Ionarc, USA	/14/
Fe-sieni (reformointi)	6 MVA	NT (SKF)	Ovako Steel, Ruotsi*	/23/
[Fe,Cr,Mo]	3×6 MVA	NT (SKF)	ScanDust, Ruotsi	/22/
FeCr	4×6 MVA	NT (SKF)	SwedeChrome, Ruotsi	/23/
FeCr	16 MVA	TA (ASEA)	Middelburg St&Al.,RSA	/39/
teräs	20 MVA	TA (Freital)	VEB Edeltahlwerke,DDR	/27/
Fe-sieni (reformointi)	3×8 MVA	TA (Hüls)	US Co, RSA*	/13/
Raaka-Fe	3.5 MVA	NT (Westinghouse)	Cockerill, Belgia	/21/
FeMn-fines	3×1.5 MVA	NT (Westinghouse)	SFPO, Ranska	/21/
FeMn-fines	10.8 MVA	TA (Voest)	Samancor, RSA	/39/
teräs	18 MVA	TA (ASEA)	Krupp, L-Saksa	/25/
teräs	4×7 MVA	TA (Voest/VEBE)	Voest Alpine, Itävalta	/27/
Pt	3+1.5 MVA	TA (Tetronics)	Texasgulf, USA	/40/
FeMn	?	TA (DavyMcKee)	Plasma-Arc, Australia	/41/
FeCr-fines	1.6 MVA	TA (Tetronics)	Ferbasa, Brasilia	/42/

\*) laitokset suljettuna vuonna -88: Steel Times (1988) June, 316–319

\*) not in use in 1988: ibid.



**Kuva 6.** DC- plasmasuihkupoltin kuilu-uunin hormissa puhalluslämpötilan kohottamiseksi yli 1300 °C:een ('superheated blast') /21/.

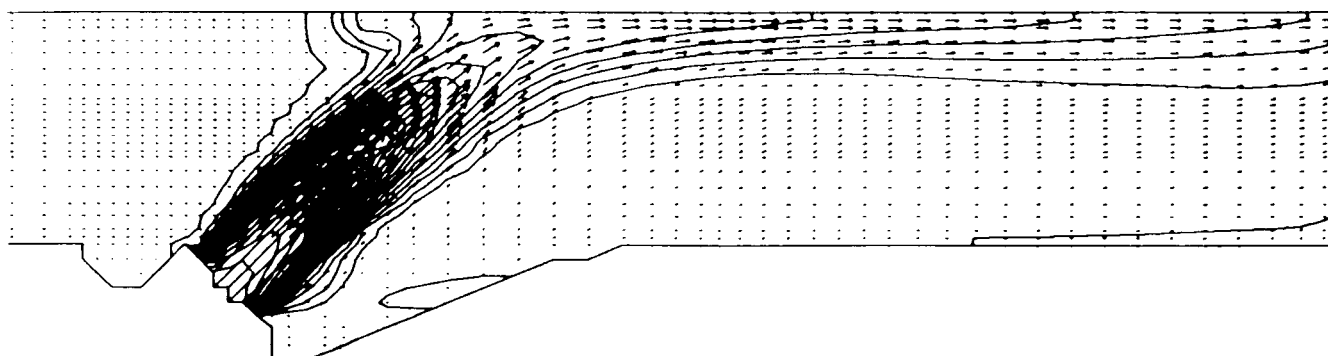
**Fig. 6.** DC non-transferred plasma torch in a tuyere of a blast furnace for superheated blast /21/.

plasmakaareen. Syöttölaitteet muistuttavat läheisesti masuunin tms. kuilu-uunin hiilipölyinjektioon käytettäviä ratkaisuja /21/.

Erilaisten kuilu-uunien muuttaminen plasmakuumenteisiksi on herättänyt kiinnostusta niin perinteisen prosessimetallurgian piirissä kuin myös valimoissa, kuva 7. Näissä on sovellettu plasmasuihkupolttimia. Prosessimittakaavaisia toteutuksia ovat mm. SKF:n plasmatekniikkaan pohjautuvat, terässlattopölyjä käsittelevä ScanDust ja ferrokromia valmistava SwedeChrome /22, 23/, taulukko 3. Plasmapolttimilla voidaan tällöin toteuttaa:

- hienojakoisten syötteiden käyttö, ei agglomerointia.
- raaka-ainepohjan (rikaste, pelkistin...) laajentaminen.
- alhainen kaasumäärä.
- tehokas energian käyttö.

Toistaiseksi vähäisenä, mutta tuskin tulevaisuudessa merkityksettömänä alueena ovat sovellutukset, joissa teknisesti yksinkertaista sekä helposti teholtaan säädettävää plasmapoltinta käytetään senkköjen, välialtaiden tai valurännien kuumentamisessa ennen valua ja/tai sen aikana /24/. Etuna on viive-



**Kuva 7.** Tietokonesimulointi 2 MW plasmasuihkupolttimen muodostamasta lämpötila- ja virtauskentästä putkessa kulkevassa kaasussa /43/: ilmaplasma, 4000 K virtausmäärä 0,11 kg/s ja putkessa 0,68 kg/s 300 K ilmaa,  $\phi_{\text{putki}} = 280$  mm.

**Fig. 7.** Computer simulation of the temperature and flow regimes created by a 2 MW nontransferred plasma torch in a tube /43/: air plasma, 0.11 kg/s at 4000 K in a 280 mm tube with an air flow of 0.68 kg/s at 300 K.





- plasmakaasu on olennainen osa energiansyöttöä.
- ylikuumenemisen aiheuttama höyrystyminen.
- plasmageneraattoreissa muodostuu matalakalorista hukkalämpöä.
- jatkuva henkilökunnan tarve ylläpitoa varten.

## 6. YHTEENVETO

Plasmageneraattorit ovat energianlähteitä, joiden käyttö rajoittuu suuren mittakaavan prosessiteollisuudessa erikoistarkoituksiin. Syynä eivät niinkään ole metallurgisten reaktoreiden prosessitekniset erityispiirteet, vaan:

- rajoitetun käyttöajan toimiva tehonlähde.
- tehokas lämmönsiirto edellyttää hienojakoista syötettä; seurauksena höyrystyminen ja lentopölyjen lisääntyminen.
- 'plasmaenergia' lämmön lähteenä ei tuo selvästi halvempia energiakustannuksia.
- matalakalorisen hukkalämmön tuotto 20–30 % syöttö-

energiasta.

Varsinaisia, termisen plasman plasma'efektejä' hyödyntäviä metallurgisia reaktoreita ei ole vielä esitetty laboratoriotasolla suuremmissa mittakaavassa.

Plasman käyttöä nykyisissä reaktoreissa puoltavia, jopa edellyttäviä prosessin ominaisuuksia ovat:

- tavanomaista korkeampi prosessilämpötila (> 1500–1700°C).
- hienojakoiset syötteet.
- puhdas energia.
- suurta kuumennus- ja jäähditysnopeutta (> 10<sup>6</sup> K/s) vaativat operaatiot.
- panosprosessi.

*Tekijät kiittävät Imatran Voima Oy'n, Kemira Oy'n ja Outokumpu Oy'n Plasmateknisen yhteistyöprojektin johtoryhmää myötämielisestä suhtautumisesta tämän artikkelin julkaisemiseen.*

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. JANAF Thermochemical Tables, 2nd Ed. U.S. NBS-NSRDS No 37, 1971.
2. Eriksson, G.: Chem. Scripta 8 (1975) 100.
3. Rigsbee, J.: J. Metals 36 (1984) 8, 31.
4. Turban, G.: Pure & Appl. Chem. 56 (1984) 215.
5. Fauchais, P., Bourdin, E. & Coudert, J.: Int. Chem. Eng. 23 (1983) 283.
6. Dunn, G., Eagar, T.: Metall. Trans 17A (1986) 1865.
7. Pfender, E., Boulos, M. & Fauchais, P.: Plasma Technology in Metallurgical Processing (toim. J. Feinmann). The Iron and Steel Soc., USA, 1987. s. 27.
8. Camacho, S.: Pure & Appl. Chem. 60 (1988) 619.
9. Santen, S., Thörnblom, J.: The 10th Int. Congr. on Electroheat, June 12, 1984. Sessio 6, eripainos.
10. Hamblin, S.: Mat. Sci. Engng. 9 (1977) 151.
11. Rykalin, N.: Pure & Appl. Chem. 52 (1980) 1801.
12. Boulos, M., Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol 30. Elsevier Sci. Publ., 1984, 53.
13. Kerker, L., Müller, R.: Stahl u. Eisen 104 (1984) 1137.
14. James, R., Brooks, J.: Fourth Joint Meeting MMIJ-AIME 19880, Tokyo, paperi D-1-1.
15. Müller, R., Peuckert, C., Krebs, W., Praefke, J., Bittner, D., Brachhold, H.: Proc. ISPC-8 Tokyo, 1987, IUPAC, Tokio, 1987, 707.
16. George, A., Hare, A.: Proc. Int. Conf. Mintek 50. (Haughton, L., toim.) s. 879-887. Council for Mineral Technology, Randburg, RSA, 1985.
17. Dembowsky, V.: Plasma Metallurgy. The Principles. Elsevier Publ. Co., Amsterdam, 1985.
18. Lu, W.-K., Bryk, C. & Gou, H.: Proc. Iron & Steel Conf. 1986, Washington DC. The Iron and Steel Soc., USA, 1987. paperi 17.
19. Jokilaakso, A.: Terminen plasma: Ominaisuudet ja käyttö prosessiteollisuudessa. TKK, Raportti TKK-V-C46 (1985).
20. Mac Rae D.: ref. 15, s. 1850.
21. Santen, S., Bentell, L., Johansson, B. & Westerlund, P.: ref. 7, s. 111.
22. McAloon, T.: I & SM (1986) Aug., 9.
23. Herlitz, H., Johansson, B. & Santen, S.: Iron and Steel Engng. (1983) March, 39.
24. Kuwabara, T., Umezawa, K., Nuibe, T. & Fukuyama, M.: ref. 15, s. 2247.
25. Stenkvist, S.-E. & Bowman, B.: ref. 7, s. 103.
26. Bebbler, H., Neuschütz, D. & Rossner, H.-O.: Metall 39(1985) 316-323.
27. Lugscheider, W.: Proc. 38th Electric Furnace Conf., Pittsburgh Dec. 1980. The Iron & Steel Soc., U.S.A., 1980.
28. Cowx, P., Heanley, C.: Extraction Metallurgy '85. Institution of Mining and Metallurgy, U.K., 1985, s. 593.
29. Curr, T., Nicol, K., Mooney, J., Steward, A. & Barcza, N.: ref. 16, s. 863-872.
30. Naden D.: Davy McKee Development of Integrated Process using Fluid-Bed Ore Reduction and Plasma Smelting Technology for Ferro-Alloys, Iron & Steel. Davy McKee R & D, Stockton-on-Tees, U.K., Report D85/368.
31. Heanley, C., Cowx, P.: Electr. Furn. Conf. Proc. 1982. The Iron & Steel Soc. USA, 1982, 257.
32. MacRae, D.: Electric Arc Furnace Dust — Disposal, Recycle and Recovery. Final Report. Center for Metals Production, Mellon Institute (Penn.), 1985.
33. Bhat, G.: ref. 7, s. 163.
34. Gauvin, W., Kubanek, G.: Hydro-Quebec, Kanada., Suom. patenttihakemus 822 044 (1982).
35. Voest-Alpine AG, Lintz, tiedonanto 5.5.1987.
36. Reid, K., Camacho, S.: ref. 7 s. 5.
37. Moneuse, M., Pasquini, P. & Duverger, D.: ISPC-7 Eindhoven, 1985, Workshop on Industrial Developments. IUPAC, Eindhoven, 1985, s. 11.
38. Drouet, M., Handfield, M., Parisi, P., Gauvin, W. & Limoges, J.: ref. 15, s. 1874.
39. MacRae, D.: ref. 7 s. 149.
40. Hare, A.: ref. 7, s. 175.
41. Anonyymi: The Australian Financial Review (1987) Nov., 38.
42. Anonyymi: Steel Times (1988) June, 314.
43. Lana, F., Kassabji, F.: ref. 15, s. 170.

## SUMMARY

### PLASMA METALLURGY

The basic principles of thermal plasmas and their industrial generation are summarized. Properties of chemical reactions at very high temperatures in plasma furnaces are characterized using the local thermodynamic equilibrium approach (LTE) for calculating compositions in some industrially important plasma gases at 0-10 000 °C. The present status of

thermal plasma torches and plasma furnaces in industrial scale applications is reviewed. The characteristic features of thermal energy created by plasma torches is discussed paying particular attention to its potential capabilities in certain fields of materials processing and metallurgy.

# Ohutlevyn kuumasinkitys — Zinquench-menetelmä

TkT Simo Mäkimattila, Rasmet Oy, Helsinki

Viimeisten kymmenen vuoden aikana on pinnoitettujen ohutlevyjen kohdalla tapahtunut olennainen materiaalitekniinen kehitys: perinteinen kuumasinkittyjen kylmävalssattujen ohutlevyjen pinnoite on osittain korvautunut sinkki-alumiini-systeemiin perustuvilla pinnoitteilla. Kokonaisuutena myös pinnoitettujen levyjen käyttö on lisääntynyt kaikilla kulutus-sektoreilla, erityisesti ajoneuvo-, rakennus- ja muussa metalli-tuoteteollisuudessa.

Aikaisemmin kuumasinkittyjä ohutlevyjä pidettiin heikosti muovattavina ja yleisesti tunnustettiin, että niiden maalattavuus ja pistehitsattavuus olivat ongelmallisia /1/. Nykyään pinnoitettuja levyjä, sekä sähkö- että kuumasinkittyjä, käytetään runsaasti jopa autonkorimateriaaleina, missä tärkeimmät materiaalilta vaadittavat ominaisuudet ovat em. maalattavuuden ja liittämistekniikoiden lisäksi pistehitsattujen rakenteiden väsymislujuus ja hyvä muovattavuus. Autoteollisuudessa pinnoitettujen ohutlevyjen käyttöön pakottavat mm. 5–10 vuoden ruostumattomuustakuut.

Yleisesti tunnustetaan myös, että ohutlevyterästen yleisen kehityksen määräävin tekijä on nimenomaan autoteollisuus. Ohutlevymateriaalien kehittyminen suurissa autoteollisuusmaissa on seurannut lähinnä kahta merkittävää linjaa:

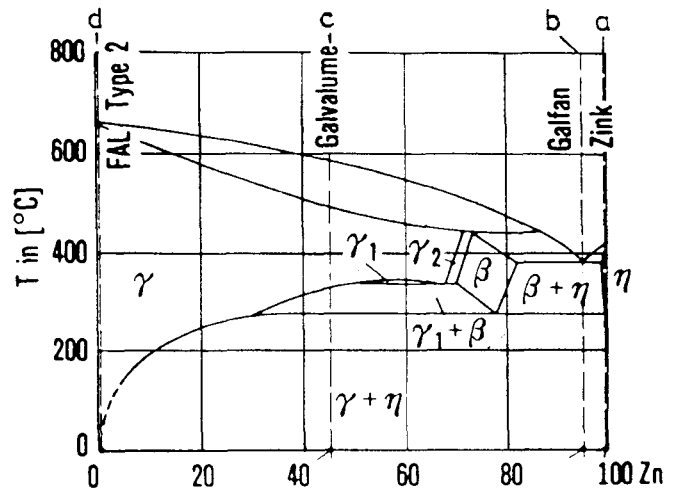
- uudenaikaiset yhdistelmäpuhalluskonverterit ja terässulan vakuumikäsitellyt mahdollistavat erittäin matalahiilisten, tasalaatuisten ja hyvän syvävedettävyyden omaavien ohutlevyalaatujen valmistuksen.
- erityisesti Japanissa jatkuvatoimisten hehkusprosessien nopea kehittyminen on mahdollistanut syvävetoterästen lisäksi nk. lujien muovattavien terästen valmistamisen kohtuullisin ominaisuustoleranssein /2/.

Esimerkkinä voidaan mainita, että modernien automallien korin painosta jopa n. 30 % voi olla eriateisia lujia teräksiä. Suurin osa autoteollisuuden materiaaleista on sähkösinkittyjä laatuja. Kuumasinkittyjen soveltamista on kehitetty erityisesti Euroopassa.

Kotimaatamme tarkasteltaessa on todettava, että suurin pinnoitettujen levyjen käyttäjäryhmä on rakennusvalmisteteollisuus, joskin muut, kuten konepaja- ja sähkötarviketeollisuus lisäävät osuuttaan. Sähkösinkityn ohutlevyn käyttö rajoittuu meillä varsin vaatimattomiin tonnimääriin. Eräissä erikoistapauksissa sen käyttö kuitenkin on välttämätöntä.

## ZN – AL -SYSTEEMI

Kuumasinkitykseen on sovellettu yksinomaan Zn-Al -seoksia. Alumiinin ja sinkin faasidiagrammi osoittaa, että komponentit ovat vain osittain liukoisia toisiinsa. Teknisesti merkittävät pinnoiteseokset on merkitty kuvaan 1. Varsin laajalla pitoisuusalueella 30–70 % Zn tasapainon mukainen jäähdytysrakenteen muodostuu Al-rikkaista dendriiteistä ( $\gamma$ ), joiden välitilat täyttää sinkkivaltainen jähmeä liuos ( $\eta$ ). Systemissä on



Kuva 1. Zn-Al faasidiagrammi, johon on merkitty teknisesti merkittävien pinnoiteseosten koostumukset

- a tavanomainen kuumasinkitys
- b Galfan
- c Aluzink
- d kuuma-aluminointi.

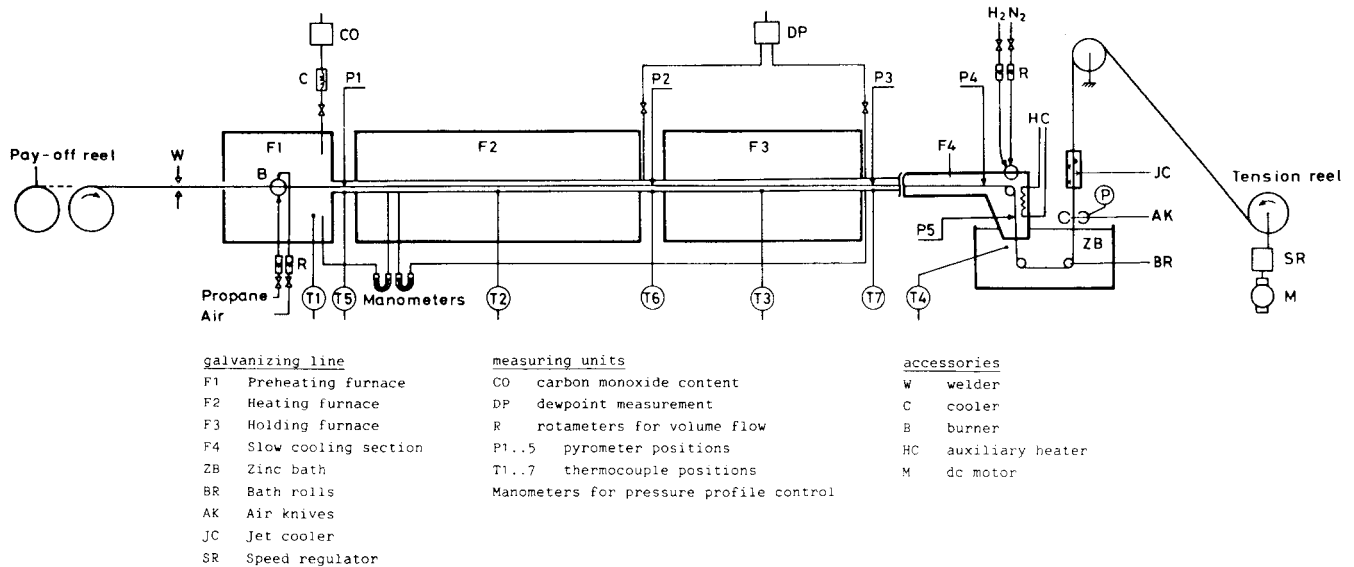
Fig. 1. The Zn-Al binary phase diagram. The techno-economically significant coating systems are:

- a conventional hot-dip coating
- b Galfan
- c Aluzink
- d hot-dip aluminizing.

yksi eutektinen tasapaino pitoisuudella 5,2 % Al. Eutektisen sulan jäähdyttyessä syntyvä rakenne koostuu  $\eta$  :sta ja n. 20 % Al sisältävistä lamelleista ( $\beta$ ). Seostaminen alumiinilla parantaa olennaisesti sinkin ilmastollista korroosionkestävyyttä. Teknisesti merkittävät seossysteemit ovat 5 % Al sisältävä Galfan ja 55 % Al + 1,5 % Si sisältävä Aluzink.

## ZINQUENCH-PROSESSIN KEHITTÄMINEN

Yleensä uusia ohutlevyn pinnoitteita tai levyjen lämpökäsittelymenetelmiä ovat kehittäneet vain suurimmat teräksenvalmistajat. Sinkkisammutus- eli Zinquench-prosessi on kotimaiseen keksintöön perustuva kuumasinkitysmenetelmä, jossa käytetään hyväksi sulan metallin jäädytysvaikutusta /4/. Nopealla jäähdytyksellä pyritään ensisijaisesti nostamaan ohutlevynauhan lujuutta. Kappaletavaraalla, kuten ruuveilla ym. kiinnittimillä sinkkiin sammuttaminen tietyn rajoituksen korvaa öljykarkaisun. Zinquench-menetelmää voidaan soveltaa sekä kappaletavaran että jatkuvan teräsnauhan sinkitykseen. Menetelmä on patentoitu kaikissa teollisuusmaissa, ja sen lisenssin on ostanut mm. Rautaruukki Oy.



Kuva 2. Jatkuvatoimisen 100 mm:n levyistä nauhaa sinkkialumiiniseoksella pinnoittavan laboratoriolinjan kaavio.  
Fig. 2. Schematic presentation of a continuous laboratory scale hot-dip coating line for the Zn-5%Al alloy.

## KEHITYKSEN HISTORIAA

Prosessin kehitystyö on vaatinut huomattavan pitkiä ja metallurgisesti hankalia vaiheita. Prosessikehitystyön päävaiheita ovat yleensä:

- laboratoriotutkimukset: keksinnön tai idean käyttökelpoisuuden karkea testaus
- tuotantoa simuloivat pienimittakaavaiset kokeet teollisuusmittakaavaisen tuotantolaitteiston mitoittamiseksi ja prosessiparametrien selvittämiseksi (kuva 2).
- teollisuusmittakaavaisen pilot-laitteiston rakentaminen
- tuotantomittakaavaiset kokeet
- koetuotanto ja -myynti.

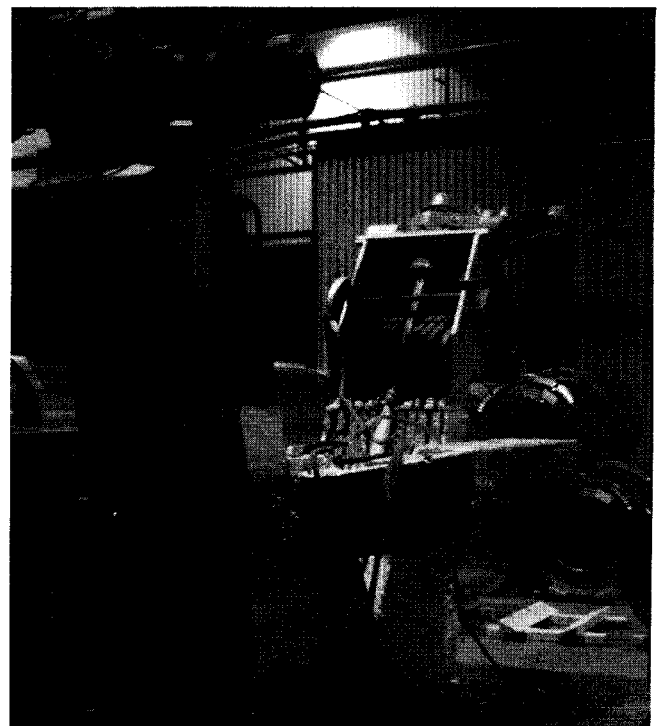
Sinkkisammutusmenetelmän kohdalla laboratoriovaiheesta vastasi TKK:n metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, jossa on patentin haltijan toimesta teetetty useita diplomitoita liittyen mm. pulttiterästen bainitointiin ja korroosio-ominaisuuksiin.

Kehitystyön kannalta kappaletavaran ja levyn pinnoituksen välillä on olennainen ero. Esim. sinkitty ruuvi tai naula on lopputuote, jossa pinnoitteelta vaaditaan tavallisesti vain tietty korroosionkestävyys ja pinnan laatu, kun taas pinnoitettu ohutlevy on puolivalmiste, jossa pinnoite on osana lopullisen tuotteen osan muovauksessa, kokoonpanossa ja viimeistelyssä.

Jäljittelevät pienimittakaavaiset kokeet tehtiin Mefosissa (Metalworking Research Plant) Luulajassa 1982–83. Mefosiin rakennettiin ”noin” mittakaavaan 1:10 kuumasinkityslinja, jossa sinkittiin 100 mm:n levyistä rainaa. Tutkittavia terästyyppisiä olivat lujat dualfaasiteräkset ja fosforiseosteiset teräkset. Eri seostyyppisiä oli kaikkiaan kymmenen. Mefosissa sinkityt nauhat tutkittiin TKK:ssa Otaniemessä sekä Hoesch AG:ssä Dortmundissa /5, 7/. Merkille pantavaa on, että Zinquench-prosessin kehitystyössä on alusta pitäen pyritty kontakteihin mahdollisten lisenssinostajien kanssa. Hoesch toimitti Mefos-kokeisiin mm. kaikki koemateriaalit.

Vasta vuonna 1986 päästiin täysimittakaavaiseen pilot-kokeeseen, joka suoritettiin tilausperiaatteella Galvanor-Ziegler S.A.:n ja Rasmet Oy:n yhteistyönä. Tarvittavan prosessilaitteiston, ts. sinkkisulan jäähdyttimen, kehitti Ahlströmin Varkauden Konopaja. Galvanor-Ziegler S.A.:n Mouzonin sinkityslinja 2 soveltuvi Zinquench pilot-kokeeseen erittäin hyvin, koska käytettävän Zn-Al-pinnoiteseoksen (Galfan) ke-

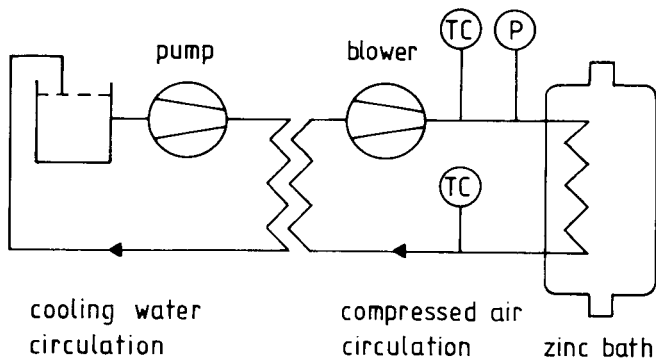
hitys oli käytännössä tehty kyseisellä linjalla. Näin ajallisesti suhteellisen suppean koejakson kuluessa voitiin keskittyä ohutlevyterästen metallurgiseen käyttäytymiseen, koska linjan käyttöhenkilökuntaa myöten opeoiminen Zn5Al + mischmetalliseoksella oli teollisesti tutkittua ja tunnettua. Pilot-kokeiden ensimmäisessä vaiheessa tuotettiin muovattavia, erittäin niukkahiilisiä syvävetoteräksiä /6/ ja toisessa vaiheessa lujia nk. dual-faasiteräksiä. Pilot-kokeet varmistivat laboratoriotulokset ko. terästyyppien kohdalla. Merkittävä lisähavainto oli, että korkea nauhan sammutuslämpötila ja jäähdytyslaitteiston käyttö paransivat Galfan-pinnoitteen laatua. Jäähdyttimen (kuva 3) avulla kylvyn lämpötila voidaan pitää  $\pm 1^\circ\text{C}$ :n tarkkuudella halutussa arvossa riippumatta sinkittävän nauhan lämpötilasta.



Kuva 3. Sinkkijäähdyttimen primäärilämmönvaihdin.  
Fig. 3. The primary part of the immersion heat exchanger.



## Zinc – air heat exchanger



**Kuva 4.** Lämmönsiirtopiirin periaate.  
**Fig. 4.** Principle of the heat exchanger system.

### ZINQUENCH-PROSESSI

Zinquench-menetelmä perustuu sinkkisulan jäähdytysvaikutukseen. Metallisulia on käytetty sammutus- ja jäähdytysväliaineina aiemminkin, koska niiden lämmönjohtavuus on varsin korkea ja sammutusväliaineessa ei esiinny haitallisia faasimuutoksia, toisin sanoen niiden kiehumispiste normaalipaineessa on korkea verrattuna öljyihin ja suolasuliin. Zinquench-menetelmässä sinkkisula toimii lisäksi pinnoituskylpynä, minkä vuoksi sulan metallin ominaisuuksien hallinta on asetettava etusijalle riittävän jäähdytysvaikutuksen ja homogeenisen pinnoitustuloksen takaamiseksi. Prosessilaitteistoon kuuluvalla jäähdyttimellä pystytään sula jäähdyttämään haluttuun lämpötilaan ja pumppaamaan uunista tulevan nauhan molemmille puolille kontrolloidusti.

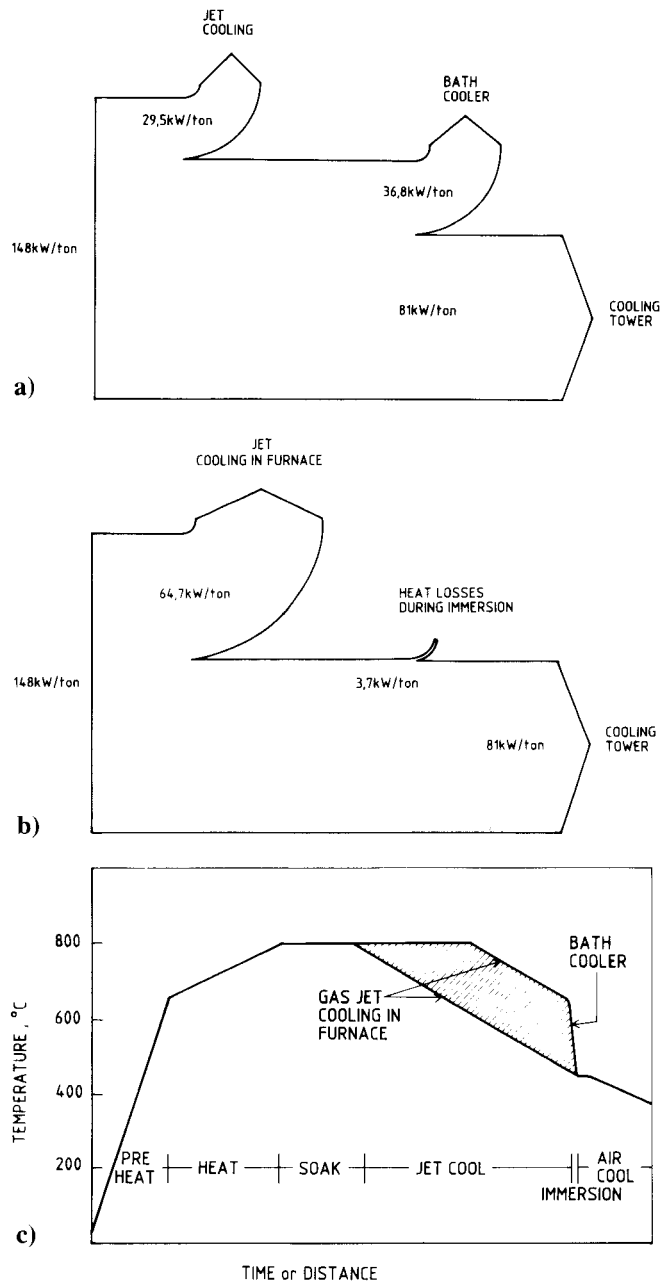
Jäähdytinlaitteisto koostuu kahdesta lämmönvaihtimesta, joiden tehoa säädetään primääripiirin jäähdytteen ts. ilman painetta muuttamalla. Esim. Rautaruukin tapauksessa sulasta poistettava lämpöteho on sinkityslinjan normaalia käyttönopeutta vastaavassa tilassa lähes 1 MW. Syntyvä jätelämpö voidaan ottaa talteen tehtaan kaukolämpöverkkoon. Lämmönsiirtopiiri (kuva 4) ja sen vaikutukset sinkityslinjan jäähdystarpeeseen on esitetty kuvissa 5 a-c. Jäähdytintä käyttämällä on periaatteessa mahdollista ajaa sinkityslinjaa esitettyä lämpötila-aikakäyrää noudattaen. Käytännössä kuitenkin uunien mitat ja muut ominaisuudet rajoittavat hyvän lämpötilaprofiilin saavuttamista. Periaatteessa voidaan saada seuraavia käytönteknisiä etuja:

- pitempi prosessointiaika ja
- korkeampi prosessointilämpötila
- pienempi jäähdystarve uunissa
- jätelämmön talteenotto [7].

Näistä seuraa, että periaatteessa voidaan kapasiteettia nostaa tai vaihtoehtoisesti lämpökäsittelyä tehostaa.

### SINKIN JÄÄHDYTYSTEHO

Sulan sinkin ominaislämpö ja lämmönjohtavuus ovat luokkaa 0.37 kJ/kg°C ja 80 W/m<sup>2</sup>°C. Kastettaessa ohutlevynauha seiso-vaan sulaan, on laboratoriossa saatu kuvan 6 mukaiset jäähtymiskäyrät, joista voidaan laskea hetkelliset jäähtymisnopeudet [8]. Lämpötila-alueessa 600–800°C hetkellinen jäähtymisen lähestyminen 1000°C/s:ssa, mikä vastaa sammuttamista kyl-

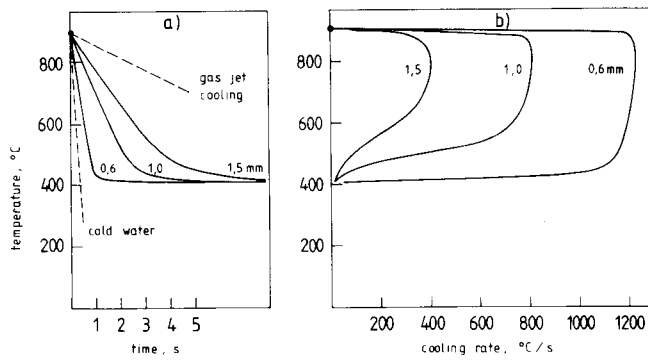


**Kuva 5.** Jäähtyvän nauhan lämpötase  
a) sinkkijäähdytintä käytettäessä  
b) normaalin Sendzimir-prosessin mukaisena  
c) kohtia a ja b vastaavat lämpökäsittelysyklit.  
**Fig. 5.** The heat balance of the cooling section:  
a) with the immersion cooler  
b) in normal Sendzimir process  
c) the corresponding heat treating cycles with and without the cooler.

mään veteen. Jäähtyminen hidastuu kylvyn lämpötilaa lähestyttäessä, minkä vuoksi sulassa on käytettävä sekoitusta. Käytännössä sulaa kierrätetään primäärilämmönvaihtimen läpi, ja se ohjataan suuttimien avulla mahdollisimman laminaarisena suoraan ohutlevynauhan sisääntulovyöhykkeeseen.

### OHUTLEVYTERÄKSIEN OMINAISUUDET

Ohutlevynauhan jatkuvatoiminen hehkutus pyrkii lähinnä seuraaviin metallurgisiin tavoitteisiin:



**Kuva 6.** Ohutlevynauhan jäähtymisnopeuksia sekoittamattomaan sinkkisulaan sammutettaessa.  
**Fig. 6.** The cooling rates of the strip in zinc quenching.

- nopea kuumennus lämpötilaan, jossa voimakkaassa kylmävalssauksessa muokattu seostamaton ferriitti rekristalloituu ja saavuttaa matalahiiliselälle seostamattomalle teräkselle ominaisen hyvän muovattavuuden ja tekstuuriin. Seostetummilla teräksillä tapahtuu vain rekristalisaatio ja mahdollisesti osittaisaustenoituminen.
  - hehkus lämpötilassa, jossa tapahtuu rakeenkasvua, jolloin nimenomaan syvävetoteräksen ominaisuudet (r-arvo) ja levyn murtovenymä (A) paranevat.
  - nopea jäähdytys huoneenlämpötilaan, jolla ohitetaan perliitti- t. bainiittitransformaatiot ja osa rakenteesta karkeenee martensiittiseksi lujittuen voimakkaasti (dual-faasiteräkset).
- Lisäksi sopivalla hiilipitoisuudella nopea jäähdytys jättää seostamattomien laatuojen ferriittiin liukoisen hiilen ylikyllä-

teisyden, joka voidaan poistaa jatkuvatoimiseen linjaan yhdistetyllä ylivanhennushehkuksella.

Pinnoittamattomille ohutlevyille on kehitetty useita jatkuvahehkusprosesseja, joista mainittakoon Nippon Kokanin vesisammutus ja rullajäähdytys sekä Nippon Steelin kaasusuihkuihin perustuva jäähdytys, jotka ovat teollisessa käytössä. Lisäksi tunnetaan belgialainen Centre de Recherches Métallurgiques'in (CRM) kehittämä kuumavesisammutus, jonka prototyyppilaitos on toiminnassa.

Zinquentmenetelmä mahdollistaa nopean jäähtymisen käytön sinkityslinjassa em. jatkuvahehkusmenetelmien tapaan. Teräksen metallurgian kannalta eräitä merkittäviä rajoituksiakin on:

- yleensä sinkityslinjat ovat lyhyitä, ts. jatkuvahehkusmenetelmiin verrattuna on vaikeampaa saavuttaa riittävä hehkus aika riittävän korkeassa lämpötilassa.
- sinkityn levyn jatkuvatoiminen ylivanhennus on osoittautunut uuniteknisesti hankalaksi.

Parhaat tulokset Zinquentmenetelmällä on saatu lujien terästen valmistamisessa, jolloin lämpökäsittelyn avulla muodostuvalla martensiittis-bainiittisella faasilla voidaan korvata osa lujittavasta seostuksesta.

Esimerkkejä teollisissa tuotantokokeissa käytetyistä teräksistä ja niillä saaduista ominaisuuksista on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Zinquent-tyyppisen lämpökäsittelyn vaikutuksia terästyyppiin on esitetty taulukossa 3, sivu 100.

#### PINNOITTEEN OMINAISUUDET

Zinquentmenetelmää on kokeiltu sekä puhtaalla sinkillä että Zn5Al-seoksella. Zn-Al -systeemille on ominaista pinnoitteen erittäin hyvä sitkeys, koska eutektinen lamellaarinen ra-

**Taulukko 1.** Sinkkisammutusmenetelmällä käsiteltyjä ferriittis-martensiittisiä dual-faasiteräksiä.  
**Table 1.** Properties of the ferrite-martensite dual-phase steels.

Teräs								Mekaaniset ominaisuudet			
Nro	C	Mn	Si (p-%)	Cr	S	P	Al	R <sub>p,0.2</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A <sub>50</sub> (%)	n
1	0.05	1.18	0.02	0.3	0.015	0.015	0.035	245	480	33.5	0.23
2	0.05	0.92	0.02	0.5	0.013	0.013	0.045	262	485	32	0.21
3	0.05	1.36	0.02	—	0.013	0.013	0.04	250	485	33	0.20
4	0.08	1.24	0.02	0.4	0.013	0.013	0.045	270	551	32	0.195
5	0.08	1.55	0.38	—	0.013	0.013	0.050	320	633	32	0.248
6	0.09	1.55	0.22	—	0.015	0.079	0.036	327	637	32	0.24
7	0.12	1.39	0.3	—	0.03	0.04	0.05	380	631	28	0.21

**Taulukko 2.** Sinkkisammutusmenetelmällä käsiteltyjä hiili-mangaaniteräksiä.  
**Table 2.** Properties of different C-Mn steels treated by the Zinquent-method.

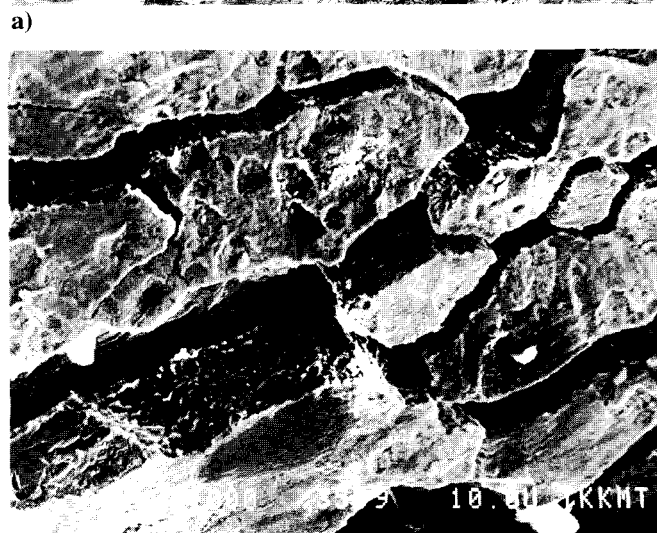
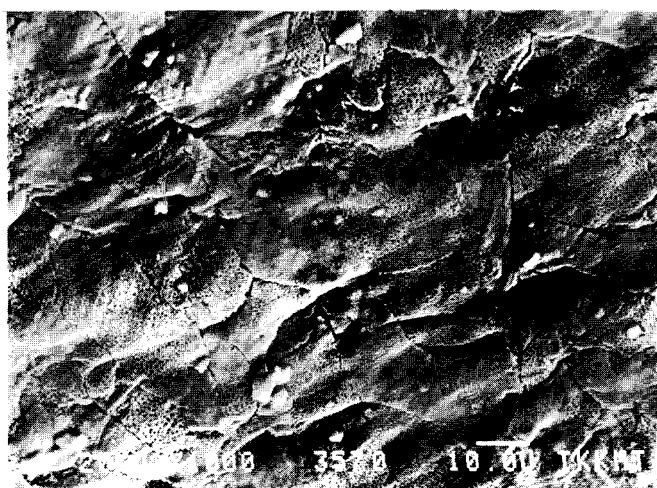
Teräs									Mekaaniset ominaisuudet				
Nro	C	Mn	Si (p-%)	S	P	Al	N	muu	R <sub>p,0.2</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A <sub>50</sub> (%)	n	r
1	0.017	0.17	0.01	0.02	0.01	0.03	0.002		170	317	42	0.2	1.7
2	0.014	0.17	0.005	0.013	0.06	0.04	0.003		193	302	41	0.23	1.5
3	0.035	0.2	0.003	0.007	0.005	0.05	0.008		317	401	30	0.16	1.3
4	0.044	0.26	0.008	0.017	0.008	0.05	0.004		270	397	29	0.17	1.3
5	0.057	0.38	0.010	0.012	0.03	0.05	0.005		339	444	31.5	0.19	1.1
6	0.12	1.39	0.45	0.03	0.04	0.05	0.004		380	631	24.5	0.21	0.8
7	0.13	0.9	0.3	0.08	0.05	0.05	0.005	0.016Nb	462	584	23.5	0.16	1.0

**Taulukko 3.** Sinkkisammutusmenetelmän vaikutuksia terästyypeittäin.  
**Table 3.** Influences of the Zinquench treatment.

Terästyypit	ZQ-käsittelyn edut tavanomaiseen sinkityslinjaan nähden
syvävetoteräkset (DDQ) 0.01 – 0.03 % C	mahdollisuus tehostaa hehkutus-käsittelyä pitempi hehkutusaika — suurempi ferriitin raekoko — parempi anisotropiaparametri $r$
lujat muovattavat dualfaasiteräkset 0.05 – 0.16 % C 1.0 – 1.6 % Mn (+ Cr, + Si, + P)	parantunut venymä korkealla murtolujuustasolla — ferriittis-martensiittinen rakenne — korkea muokkauslujittumiseksponentti $n$ — matala myötö- ja murtolujuuksien suhde
suurilujuuksiset sinkityt ohutlevyt 0.1 – 0.2 % C 1.0 – 2.0 % Mn (+ B, + Si, + P)	parantunut muovattavuus (taivutettavuus) erittäin korkealla murtolujuustasolla

kenne ei säröydy yhtä helposti kuin monofaasinen tavanomainen sinkitty pinnoite. Pinnoitteen parempi muovattavuus perustuu lähinnä seuraaviin mekanismeihin /5/:

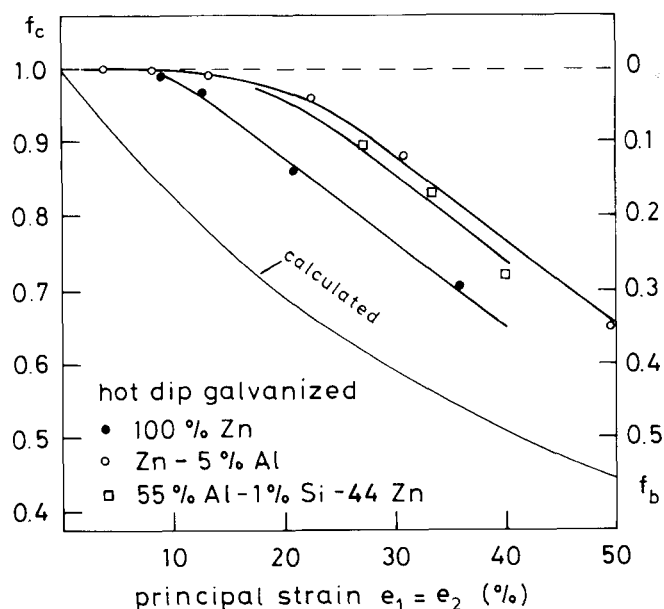
- lamellaarinen eutektinen rakenne hidastaa säröjen etene- mistä, koska se sisältää faasirajoja, jotka pyöristävät ete- nevän särön kärjen.
- Zn-Al -systeemi muodostaa pienirakeisemman pinnoi- teen, jolloin muovattavuus paranee.



**Kuva 7.** Taivutussärmän ulkopintaa pyyhkäiselektronimik- roskoopilla tarkasteltuna  
a) eutektisesta 4 μm:n ja  
b) tavanomaisesta sinkitystä 25 μm:n pinnoitteesta muo- vauksen jälkeen.

**Fig. 7.** Scanning electron micrographs of bend-specimen  
a) eutectic coating of 4 μm  
b) conventional hot-dip galvanized 25 μm.

Sinkityn teräksen muovauksessa pinnoitteen säröytyminen alkaa ensisijaisesti nk. intermetallisesta hauraasta välikerrok- sesta sekä pinnasta, kuten esim. raerajapainaumista ja kuona- partikkeleista. Koska näitä tekijöitä ei voida eliminoida, on pinnoitemateriaalilla ratkaiseva rooli koko systeemin muovat- tavuudelle. Zn-Al -systeemin paremman ilmastollisen korroo- sion kestävyden ansiosta voitaisiin kerrospaksuuksia periaat- teessa alentaa nykyisistä, jolloin pinnoitteen muovautuvuus ja hitsattavuus paranisivat. Esimerkkejä pinnoitteiden käyttä- tymisestä muovauksessa on esitetty kuvissa 7 ja 8.



**Kuva 8.** Ekvibiaakiaalisessa venytyksessä pinnoitteeseen syn- tynyt säröjen pinta-alaosuus ( $f_b$ ) ja pinnoitteen peittävä pin- taosuus ( $f_c$ ). Tuloksista nähdään, että seostettu pinnoite muo- vautuu tehokkaammin.

**Fig. 8.** Surface area fractions of cracks ( $f_b$ ) and undamaged coating ( $f_c$ ) as function of surface strain in biaxial stretching. It can be seen that the alloyed coatings have better formabili- ties.

## KITKAOMINAISUUDET

Sinkkipinnoitettujen ohutlevyjen erityispiirteenä on pieni muovauskitka, joka aiheuttaa vaikeuksia esim. levyn pidätyksessä syvävedossa. Toinen usein esiintyvä ongelma on pinnoitteen tarttumisen työkaluihin (galling, tahmautuminen), jos voitelu ei ole riittävä.

Zn-Al -systeemissä tehtiin seuraavat havainnot: eutektinen Zn5Al -pinnoite antoi pienimmän muovauskitkan ja myös sen

tahmautumisalttius oli pienin, kun taas Zn55Al (Aluzink) ja Al-pinnoitteet tahmautuvat voimakkaasti.

Tutkimuksissa pystyttiin määrittämään muovaustyökalujen kontaktipaineille ja pyöristyssäteille raja-arvoja, joiden avulla tahmautumisalttiuutta voidaan arvioida.

Muovauskitka ja muut pintaominaisuudet riippuvat voimakkaasti pinnan kemiallisista ominaisuuksista /9/. Pinnoitteen jähmettyessä alumiini rikastuu voimakkaasti sinkityn pinnoitteen ulkopintaan.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Müschenborn W.*, Working Group Meetings of the Int. Deep Drawing Research Group, Helsinki 1983, WG11/7.
2. *P. Mould*, An Overview of Continuous-Annealing Technology for Steel Sheet Products, in Metallurgy of Continuous-Annealed Sheet Steel, ed B. Bramfitt & P. Mangonon, AIME, Warrendale, 1982, 3-34.
3. *Schwarz W., Warnecke W.*, Feinblech mit Zink-Aluminium-Überzügen, in Oberflächenveredeltes Feinblech - Eigenschaften, Verarbeitung, Anwendung, VDEh 1987, Düsseldorf, 91-104.
4. *P. Sippola*, US-Patent N:o 4, 361, 448, 30 Nov. 1982.
5. *S. Mäkimattila*, Lujan muovattavan kuumasinkityn ohutlevyn kehittäminen, Lis.työ TKK, Espoo 1985.
6. *S. Mäkimattila*, On the Production Possibilities of Zn5%Al Coated Deep-Drawing Quality Sheet Steel, Scand. J. Metallurgy 15 (1986) 224-232.
7. *S. Mäkimattila*, Experiences of zinc bath cooling with immersed heat exchangers. 2nd Int. Zinc Coated Sheet Conference — InterGalva 88, Rome, Italy, 1988, SB6/1-11.
8. *S. Mäkimattila*, On the Production Possibilities of a Hot Dip Galvanized Dual-Phase Steel, 4th Int. Congress on Heat Treatment of Materials, West-Berlin, FRG, 1985, 1154-1168.
9. *S. Mäkimattila, E. Ristolainen*, Effect of Surface Chemical Condition on the Frictional Properties of Hot-Dip Galvanized Steel Sheets, 14th Biennial Congress of the Int. Deep Drawing Research Group, Köln, FRG, 1986, 261-270.

## SUMMARY

### HOT-DIP GALVANIZING OF SHEET STEEL — ZINQUENCH METHOD

The present article reviews the status and development of the Zinquench hot-dip galvanizing method. The method was developed in Finland under the years 1982-1985. The first industrial production trials were successfully completed in 1986 in France.

The described method is based on the idea of using liquid zinc-aluminium melt as a cooling medium. The rapid cooling after an intercritical annealing treatment offers some new metallurgical ways and processing routes to influence the strength-ductility combination of hot-dip coated sheet steels.

These are:

- possibility to produce ferritic-martensitic dual-phase steels
- possibility to lengthen the annealing time due to the reduced need for gas jet cooling
- possibility to use a continuous over-aging furnace for extra low carbon steels intended for deep drawing.

In addition, a heat-exchanger system was developed for cooling the zinc bath. The cooling circuit enables to keep a constant bath temperature irrespective of other processing conditions.

VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:n

### VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 17.-18.3.1989

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.

VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:s

### ÅRSMÖTE

hålles i Helsingfors den 17.-18.3.1989

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



# Murskeeksi valittavan kiviaineksen tutkimusmenetelmistä ja laatuvaatimuksista

Apul.prof. Raimo Uusinoka ja fil.kand. Pekka Peltonen, Tampereen teknillinen korkeakoulu, rakennusgeologian laitos

## JOHDANTO

Kiviaines muodostaa tiepäällysteen rungon ja on samalla päällysteen kulutusta kestävin komponentti. Koko tiepäällysteen kulutuskestävyys on siis suurelta osalta kiviaineksen kulutuskestävyyden varassa, joskin kaikki muutkin päällysteen ominaisuudet, esim. bitumin ja kiviaineksen välinen tarttuvuus, asfalttimassan lisäaineet jne. ovat merkittäviä.

Meillä tiepäällystettä eniten kuluttavana tekijänä pidetään nastarengasliikennettä. Nastan iskuun ja raapaisuun vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kiviaineksen suhteen koostumuksellisiin ja rakenteellisiin tekijöihin. Edellisiin kuuluvat kaikki mineralogiset ominaisuudet (mineraalien kovuus, lohkeavuus, pehmeys, sitkeys, haaraus, rapautuneisuus ja rapautumisalttius) ja jälkimmäisiin kiven mineraalien raekoko, rakeiden yhteenliittymistapa, raemuoto, suuntautuneisuus, huokoisuus ja rikkonaisuus.

Näistä tekijöistä riippuvia kiviaineksen lujuteen vaikuttavia ominaisuuksia arvioidaan kiviaineyhteestä määritetyn laatualueen avulla. Laatualue määritetään kokeellisiin laboratorion menetelmiin, jollaisia ovat kulutuskestävyyssko (Los Angeles-koe), iskunkestävyyssko (haarausarvo), hioutuvuusarvo, murtopintaluku, muotoarvo, "iskuraapaisu" – eli Tröger-arvo, pistekuormitusindeksi, ja kovuusmäärittäminen. Lisäksi apuna käytetään ohutietutkimuksia ja hienoaineksesta tehtäviä röntgenmineralogisia selvityksiä sekä huokoisuus- ja ominaispinta-alan määrittämiä. Hienoainesta (raeäpimita alle 0,074 mm) saadaan murskauksen sivutuotteena keskim. 5 %. Sen tutkiminen on mm. koko murskattavan kiviaineksen rapautuneisuus- ja rapautumisalttiuselvitysten kannalta varsin merkittävää, koska se edustaa kiviaineksen heikointa ja kulumisherkintä osaa.

Ennen varsinaisia laboratoriotutkimuksia voidaan kiviaineeselvitykset jo aloittaa kentällä, t.s. etsiä geologisilta kartoilta mahdollisesti murskauskelpoisten kivilajien paljastuma-alueet ja tarkempien kenttätutkimusten avulla selvittää näiden kivilajialueiden yleiset piirteet, kuten rakottheys, mahdolliset ruhjeet, kivilaadun vaihtelu, rapautumat jne., ja näiden tutkimusten perusteella jo rajata pois ilmeisen heikot kalliialueet ja keskittää näytteenotto alueille, joiden kiviaines näyttää alustavien kenttäselvitysten perusteella kelvolliselta.

Kiviaineksen laatuvaatimukset eroavat hieman riippuen siitä, käytetäänkö murskattua kiveä tien kulutuskerrokseen (tiepäällysteen kiviainekseksi), kantavaan kerrokseen (päällysteen alle), rautateiden raidesepeliksi jne. Laatuvaatimusten periaatteet ovat kuitenkin samat. Seuraavassa kuvataan lähemmin edellä mainittuja tutkimusmenetelmiä ja niillä saatujen tulosten merkittävyyttä kiviaineksen käyttökelpoisuutta silmällä pitäen. Tarkastelu suoritetaan lähinnä päällystekiviainesten laatuvaatimusten kannalta.

## NÄYTTEENOTTO JA MURSKAUS

Laboratorionäytteiden määrä riippuu luonnollisesti siitä, miten homogeeniseksi kallio on kenttäselvityksin havaittu. Näytteiden ottoon voidaan käyttää pientä kannettavaa, polttomootorilla varustettua käsikairaa, jolla päästään 30–40 cm:n syvyyteen. Näytteen halkaisija on joko 2,5 tai 5 cm. Tällaisesta näytteestä ei kuitenkaan voida tehdä muuta kuin ohutietutkimukset ja röntgendiffraktioanalyysi. Suositeltavampaa on ottaa alustava näyte traktoriin liitetyllä kairalla, jolla saadaan halkaisijaltaan 10 cm:n näyte huomattavasti syvemältä ja josta näytteestä voidaan tehdä myös Tröger-koe em. tutkimusten lisäksi.

Mikäli näiden tutkimusten perusteella aineksen laatu vielä näyttää hyvältä, irrotetaan kalliosta kiveä 50–100 kg koemurskausta ja muita laboratoriotutkimuksia varten. Irrottaminen tapahtuu yleensä räjäyttämällä, jolloin olisi syytä varoa kiven liiallista särkemistä esim. tarpeettoman suurella räjähdyspanoksella. Lisäksi panoksen ympärillä olevaa ruhjoutunutta ainesta ei saa olla mukana koemurskauksessa. Laboratoriotutkimuksiin menevä aines voidaan murskata myös murskausasemalla. Näin saadusta murskeesta tutkitut ominaisuudet, esim. Los Angeles- luku, eroavat hieman laboratoriomurskauksessa saadusta aineksesta tehdyistä vastaavista ominaisuuksista (ks. esim. Kauranne 1970).

Murskausasemilla louheen murskaukseen ja lajitteluun käytetään tavallisesti usean murskaimen, seulojen, kuljetinhihnojen ja siilojen yhdistelmää. Esimurskaus tehdään tavallisesti leukamurskaimella, välimurskaus karamurskaimella ja jälkimurskaus kartiomurskaimella. Louheen murskauksessa syntyy huomattavia eroja riippuen murskainten kunnosta.

## LABORATORIOTUTKIMUKSET

### Kulutus- ja iskunkestävyyssko

Kiviaineksen kulutuskestävyyttä on tutkittu ns. Los Angeles-kokeen avulla. Koe suoritetaan tätä varten suunnitellussa Los Angeles- myllyssä, jonne teräskuulien sekaan asetetaan 5000 g 9,25–19,0 mm raekokoista näyte-erää. Myllyn pyöriessä teräskuulat iskuin ja hankausin hajottavat kiviainesta. Los Angeles-luku määritetään laskemalla kokeessa 1,68 mm:ä pienemmäksi lajitteeksi jauhautuneen kiviaineksen määrä prosentteina alkuperäisestä kiviainesmäärästä, siis 5 kg:sta. Kiviaineksen kulutuskestävyys on niin muodoin sitä parempi mitä pienempi arvo saadaan (ks. myös Kauranne 1970).

Los Angeles-kokeen tulokset eivät aina ole osoittautuneet luotettaviksi, sillä kokeessa menestyvät kovien kiviaineksen lisäksi myös pehmeät ja samalla sitkeät kivet, kuten esim. pienirakeista biotiittia tai kloriittia sisältävät kivet. Nämä viimeksi mainitut saavat kokeessa liian hyviä tuloksia. Kiviainesta,

**Taulukko 1.** Kiviaineksen lujuus- ja muotoarvovaatimukset (TVH 1979).

**Table 1.** Quality requirements of rock aggregate material.

laatu- luokka degrec of quality	Los Angeles- luku	parannettu haurausarvo Swedish impact value	muotoarvo particle form c/a puikkoisuus elongation	b/a liuskeisuus flakiness
I	≤ 25	≤ 22	≤ 2,5	< 1.7
II	≤ 30	≤ 26	≤ 2.7	≤ 1.8
III	< 35	< 30	< 2.9	< 1.9

jonka LA-luku on pienempi kuin 20, pidetään erittäin hyvänä, kun taas arvon 35 ylittävää ainesta pidetään kelvottomana (ks. taulukko 1). Kuitenkin jotkin sitkeät ja huonoksi osoittautuneet kivet voivat tässä kokeessa saada jopa arvoja 20–15 ja taas toisaalta arvon 40 saanut kivikin on osottautunut tiepinnoitteessa kestäväksi. Näiden poikkeustapausten suhteellinen yleisyys on herättänyt keskustelua LA-kokeen syrjäyttämistä Suomessa. Muualla pohjoismaissa tätä koetta ei juuri enää käytetä. Sitä käytetään meillä kuitenkin toistaiseksi edelleen mm. TVH:ssa.

Kiven haurautta (iskunkestävyyttä) mitataan ns. haurausarvokokeella (Swedish Impact Test), jonka kokeen on paremmin todettu simuloivan kiviaineksen saamaa kuormitusrasitusta tien eri rakennekerroksissa. Koe tutkii kiviainekseen kohdistuvien äkillisten iskujen vaikutusta. Tutkittava aines otetaan 12 mm:n seulan läpääseestä murskeesta 8 mm:n seulan päältä, jonka jälkeen tämä aines asetetaan 8 ja 5.6 mm:n välppäseuloille ja jälkimmäisen seulan päältä otetaan sylinteriin mursketta määrää, joka saadaan lausekkeesta: kiven ominaispaino/2,65 × 500 g. Sylinterissä näytteeseen kohdistetaan pudotusvasaralla 10 iskua, jonka jälkeen sylinterissä oleva aines seulotaan 8 mm:n seulan läpi. Läpääseen aineksen prosentuaalinen suhde koko ainesmäärään on haurausarvo (Kauranne 1970). Nykyisin tämä viimeinen seulonta suoritetaan 4 mm:n seulalla (ns. parannettu haurausarvo). Tässäkin kokeessa tutkittava aines on sitä parempaa mitä pienempi arvo saadaan (ks. taulukko 1). TTKK:ssa tehtyjen vertailukokeiden perusteella eri laitteilla saattaa tulla yli 10 % toisistaan eroavia tuloksia samasta aineksestä (Peltonen 1988). Muissa Pohjoismaissa haurausarvokoe on nykyisin käytettyin päällystekiviaineksen luokitusmenetelmä. Los Angeles-kokeen ja haurausarvokokeen tulokset korreloivat hyvin keskenään (ks. Eerola et al. 1982).

TTKK:n rakennusgeologian laboratoriossa tehdyissä tutkimuksissa on todettu, etteivät varastokasänäytteistä laboratoriossa murskaamalla ja Los Angeles-kokeessa saatu hienoaines vastaa ominaisuuksiltaan tierakenteista otettua kiven hienoainesta. LA-kokeessa syntyvän hienoaineksen mineraalikoostumus osoittaa hauraiden mineraalien rikastuvan hienoainekseen. Toisin kuin tien eri rakennekerroksissa kiviaines joutuu LA-kokeessa lähinnä iskevien voimien aiheuttaman kulutuksen kohteeksi. Iskevään rasitukseen perustuvissa kokeissa syntyvä hienoaines on osoittautunut Höbedan ja Johanssonin (1975) tutkimusten mukaan vähemmän plastiseksi kuin tien eri rakennekerroksissa murskeista syntyvä hienoaines. Esim. kantavassa kerroksessa rakeet hiertyvät liikenteen vaikutuksesta toisiaan vasten.

Tutkittaessa eri tekijöiden vaikutusta kiviaineksen kulumiseen käytettiin TTKK:n rakennusgeologian laboratoriossa kulutuksen kriteereinä rakeisuudessa sekä hienoaineksen laadussa tapahtuvia muutoksia. Tutkimuksen kohteeksi otettiin tiessä hyvin kulutusta kestänyt hieno-keskirakeinen graniittimurske ja laadultaan heikko porfyrynen graniitti. Edellisen Los Angeles- luku on 29–32 ja jälkimmäisen 32–39. Muita

**Taulukko 2.** Kulutuskokeessa testattavan hieno-keskirakeisen graniitin ja porfyryisen graniitin hienoaineksen laatua kuvaavia tekijöitä.

**Table 2.** Properties of fine-grained aggregate material from porphyryic and medium-fine-grained granite before the abrasion test. bt = biotite content, v = aggregate from storage, k = aggregate from road base.

Kallioalue	Näyte	< 0,074 mm/ 16 mm %	< 2 μm/ 74 μm %	H <sub>2</sub> O adsorptio g/kg	bt <sup>1)</sup> %
porfyrynen graniitti	v k	— 11	5 12	9 11	20 40
hieno-keskir. graniitti	v k	5 10	12 17	17 20	40 60

<sup>1)</sup> bt = biotiittia, v = varastokasa, k = tien kantavasta kerroksesta

ominaisuuksia on esitetty taulukossa 2. Tutkittavat näytteet sekoitettiin eri lajiteista samassa suhteessa, kuin niitä esiintyy rakeisuudeltaan hyvässä kantavan kerroksen murskeessa (Peltonen 1988). Kiviainekseen kohdistuvan hankaavan rasituksen aikaansaamiseksi koelaitteeksi valittiin sileävaippainen mylly, jonka pyörimisnopeus on alhainen, jotta kiviaines ei pyörisi vaipalla keskipakovoiman vaikutuksesta. Kulutuskoheet tehtiin määrällä kiviaineksella, jolloin kiven heikot mineraalit kuluivat suhteellisesti enemmän kuin kestävätkin mineraalit. Märkä kiviaines vastaa myös paremmin tierakenteen olosuhteissa olevaa ainesta kuin kuiva kiviaines.

Kokeessa käytettyjen murskeiden hienoneminen on tapahtunut saman suuntaisesti kuin tierakenteessa. Hienoaineksen määrä on jäänyt pienemmäksi kuin kantavan kerroksen näytteiden hienoainemäärä, mutta sen suhteellinen kasvu oli suurempi kuin kantavassa kerroksessa. Myös hienoaineksen savespitoisuus, veden adsorptio ja biotiittipitoisuus kohosivat suhteellisesti enemmän kuin tierungossa (taulukko 3 ja kuva 1. sivulla 104).

### Hioutuvuuslaitteisto

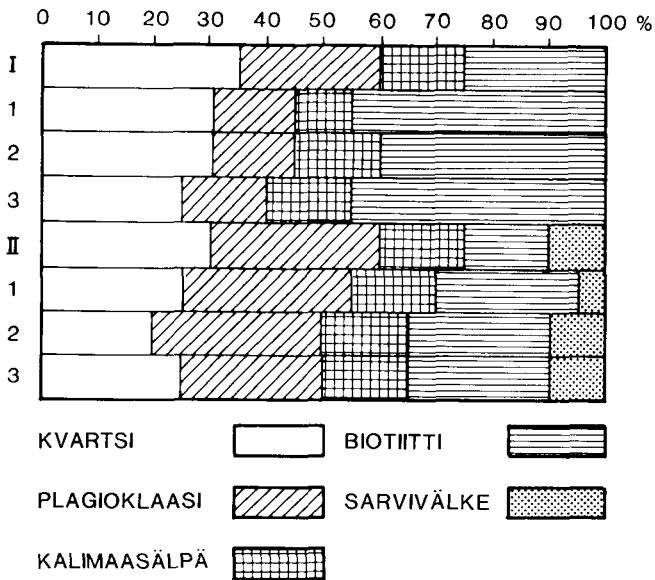
Hioutuvuudella tutkitaan päällystekiviaineksen ja renkaan välistä kitkaa tai kiviaineksen kulumista päällysteessä. Hioutuvuus määritetään joko pinnan epätasaisuuksien muutoksena tai pinnasta irronneen hienoaineksen määränä. Päällysteen kitka-arvojen on todettu olevan parhaimpia kivilajeissa, jotka sisältävät sekä heikkoja että lujia mineraaleja, jolloin kivira-

**Taulukko 3.** Porfyryisen graniitin ja hieno-keskirakeisen graniitin murskeiden hienoaineksen ominaisuudet kulutuskokeen jälkeen. Kummastakin näytteestä kolme koetta.

**Table 3.** Properties of the materials of table 2 after the three abrasion tests.

Näyte	< 0,074 mm/16 mm %	< 2 μm/74 μm %	H <sub>2</sub> O adsorptio g/kg	bt <sup>1)</sup> %
porfyrynen graniitti lähtöaines	3,0	6	14	25
1	7,6	11	23	45
2	8,7	11	20	40
3	8,4	11	20	50
hieno-keski- rakeinen graniitti lähtöaines	3,0	3	11	15
1	8,7	7	14	25
2	9,1	7	10	25
3	8,5	7	12	25

<sup>1)</sup> bt = biotiittipitoisuus



**Kuva 1.** Hienoaineksen mineraalikoostumuksen muutos TTKK:n kulutuskokeessa. I. Lähtöaines porfyryrinen graniitti. II. Lähtöaines keski-hienorakeinen graniitti. Kummastakin tehti kolme koetta.

**Fig. 1.** Mineralogical composition (quartz, plagioclase, microcline, biotite, hornblende) of porphyritic granite (I) and medium-fine-grained granite (II) before (I, II) and after (1, 2, 3) the abrasion tests. Note the relatively increased amount of biotite after each of the three tests.

keiden pinnat kuluvat epätasaisesti (Kauranne 1970).

Meillä kivilajin hioutuvuus ilmoitetaan hioutuvuuslukuna, joka saadaan hiomalla kahta näytelevyä, joihin on hartsilla kiinnitetty tietty määrä 9–12 mm:n rakeita. Näytteitä kuormitetaan tietyllä voimalla hiontalevyä vasten, joka pyörii vakionopeudella tietyn kierrosmäärän kumpaankin suuntaan. Samalla valuu hiontajauhetta (korundia tms.) levyille. Hioutuvuusluku ilmoitetaan kuluneen kiviaineksen tilavuutena, joka saadaan jakamalla kuluneen kiviaineksen määrä (kahden näytteen keskiarvo) kiviäytteen kiintotiheydellä.

### Tröger-koee

Tröger-eli ns. "iskuraapaisu"-arvo kuvaa asfalttimassasta valmistettujen koekappaleiden kulutuskestävyyttä, mutta Tröger-laitteella voidaan tutkia myös kiinteitä kiviäytteitä.

Tutkittava, sylinterinmuotoinen, porattu ja sahattu kiviäyte kiinnitetään pyörivään alustaan. Näytteen yläpuolella on ilmanpaineella toimiva pistooliosa, jossa on teräsneuloja. Näyte pyörii vakionopeudella ja neulapistooli kuluttaa näytettä ympyränmuotoiselta alueelta. Myös tämän kokeen tulokset ilmoitetaan kuluneen kiviaineksen tilavuutena.

### Mineralogiset ja petrografiset selvitykset

Näytteen mineraalikoostumuksen, tekstuurin ja rapautuneisuuden tai muuttumisen tarkastelussa on syytä käyttää ohutkuvituksesta, koska silmämääräinen tarkastelu ei varmuudella aina anna luotettavaa tulosta näytteen kelpoisuudesta mainittujen ominaisuuksien puolesta tiemurskeeksi. Apuna voidaan käyttää myös röntgendiffraktioanalyysia.

Silmämääräinen tai stereomikroskooppinen tarkastelu suoritetaan luonnollisesti ensimmäiseksi ja tämän tarkastelun perusteella voidaan jo hylätä aines, jossa on havaittavissa murskeessa huomattavan haitallisia tekijöitä, kuten

- suuria kiillekasautumia
- kloriittia, talkkia, grafiittia, kiisuja jne
- löyhää, karkearakeista pegmatiittia (karkearakeiset kivet

ovat pääsääntöisesti muutoinkin hienorakeisempia heikompia)

Ohutkuvituksesta tehtävästä mikroskooppisesta tutkimuksesta havaitaan

- mahdollinen alkava rapautuneisuus (esim. maasälvän tai kiilteen osalta) tai muuttuneisuus silminnähden terveestäkin kivistä
- mikroraoit ja pienet halkeamat etenkin hauraisissa mineraaleissa, kuten maasälvissä, sekä eri mineraalien välisissä rajapinnoissa
- rakenteelliset seikat, jotka heikentävät kiven laatua, esim. mineraalien välisten yhteenliittymistapojen vaihtelu (sileät raekontaktipinnat ovat rosoisia ja saumautuneita pintoja heikompia), sekä ns. muurilaastirakenne, jossa hienoksi hiertynyttä tai murskautunutta ainesta esiintyy karkeampien rakeiden välissä, mikä heikentää murskeaineksen kestävyttä
- mineraalikoostumus, ennen kaikkea rapautumisherkkien mineraalien (Uusinoka 1983, 1988) määrä ja sijoittuminen kivessä, esim. kiilteen esiintyminen kasaamina tai hajallaan
- tietyt sekundaariset mineraalit (serisiitti, epidootti, kalsiitti) paljousuhteinen ja esiintymistapoineen.

Hienoaineksesta tehdään tarpeen mukaan myös röntgendiffraktioanalyysi, josta nähdään ennen kaikkea rapautumistuotteiden läsnäolo ja niiden laatu ja karkeasti myös niiden määrä. Mikroskooppianalyysi ei yleensä paljasta rapautumisessa syntyneiden savimineraalien laatua. Röntgenanalyysin avulla nähdään usein selvemmin näiden sekundaaristen mineraalien määrän suhde alkuperäisiin kivimineraaleihin, ja mikäli rapautumistuotteista löytyy pieniäkin määriä esim. smektiitti- (montmorilloniitti-) ryhmän mineraaleja, tulisi tiemurskenäyte heti hylätä. Sen sijaan illiittiä (serisiittiä) voitaneen jokunen prosentti (alle 5 % hienoaineksesta, josta murskauksessa puolestaan kaikkiaan syntyy noin 5 % koko murskattavasta aineksesta) hyväksyä, mikäli kivi mikroskooppilla ohutkuvituksesta tarkasteltuna muutoin näyttää lujarakenteiselta ja silmämääräisesti tarkasteltuna täysin rapautumattomalta. Muiden savimineraalien, kuten kloriitin ja kaoliiniin suhteen on oltava varovaisempi. Kaoliiniin esiintyminen yleensä osoittaa pitkälle edennyttä rapautumista ja on kivi näin ollen yleensä hylättävä. Kloriitti voi joskus vähäisin määrin esiintyessään olla vähemmän haitaksi.

### Ominaispinta-ala, vedenadsorptio ja huokoisuus

Ominaispinta-ala tarkoittaa rakeen ulkopinnan alaa paino-yksikköä kohden. Sen suuruuteen vaikuttaa raekoon lisäksi raemuoto. Ominaispinta-ala määritetään esim. typpiadsorptiolaitteella, jossa typpikaasu muodostaa yksimolekulaarisen kerroksen rakeen pintaan. Kulutetun typpimäärän ja rakeen painon perusteella voidaan laskea näytteen ominaispinta-ala. Vertailukelpoisten tulosten saamiseksi raekoon on oltava mitattavissa näytteissä samanlainen. Mitä suurempi ominaispinta-ala on sitä enemmän aines yleensä sisältää rapautumistuotteita tai sitä herkempää se on rapautumiselle. Monet mineraalit, kuten maasälvät ja kiilteet saattavat mekaanisesti rikkoutua ennen rapautumistaan, esim. kiillepakat saattavat aueta ja lisätä ominaispinta-alaa, jota ilmiötä ei mikroskooppisesti eikä röntgenanalyysissä havaita. Sen sijaan scanning- elektronimikroskooppikuvia tarkasteltaessa huomataan usein selvä korrelaatio ominaispinta-alan suuruuden ja aineksen rikkoisuuden välillä.

Vedenadsorptio mitataan kuivatusta hienoaineksesta, jota asetetaan eksikaattoriin 100 % suhteelliseen kosteuteen tiettyksi ajaksi (7 vrk), jonka jälkeen vesipitoisuus määritetään. Vedenadsorptiokokeissa on sitoutuneen veden määrän havaittu korreloivan hienoaineksen laadun kanssa siten, että ra-

pautuneet ja rapautumisherkät kivet omaavat suuremman vedenadsorptiokyvyn. Koetta on käytetty täydentämään muiden kokeiden tuloksia.

Kiviaineksen huokoisuutta tutkitaan elohopeaporosimetrialla, jonka toiminta perustuu elohopean hyvään tunkeutuvuuteen materiaalin huokosiin. Elohopean kostutuskulma on yli 90°. Elohopeaa saadaan painetta nostamalla tunkeutumaan vakuoituihin näytteisiin, jotka täyttyvät suurimmista huokosista alkaen. Tietokoneohjelmoitu tulostus antaa kokeen aikana kumulatiivisen huokospinta-ala- ja huokostilavuusjakauksen huokosalueella 200–0,001 mikrometriä. Jakaumasta nähdään, mille huokoskokoalueelle huokokset ovat missäkin suhteessa asettuneet. Rapautumisherkän aineksen kumulatiiviset arvot kasvavat lujaan ainekseen verrattuna ennen kaikkea alle yhden mikrometrin huokoskokoarvoissa (ks. tarkemmin Nieminen ja Uusinoka 1986, Uusinoka ja Nieminen 1986, 1988). Mittaus voidaan tehdä sekä kiinteästä kiviaineksestä että hienoaineksestä.

## YHTEENVETO

Kestävää kiviainesta etsittäessä on huomiota kiinnitettävä kiven mineraalikoostumukseen, raekokoon, rakeiden yhteyttäytymistapaan ja mineraalien muuttuneisuuteen sekä lisäksi murskaustapaan.

”Perinteisten” kulutus- ja iskunkestävyyskokeiden lisäksi tutkimuksia on syytä tehdä myös hioutuvuus- ja Tröger (”is-

kuraapaisu”) -laitteilla. Esim. kiillepitoiset kivet käyttäytyvät liian hyvin kulutuskestävyyttä tutkivassa Los Angeles-kokeessa. Pieninä piroitteina esiintyvä kiille ei ole niin haitallista kuin yhtenäisinä pinkkoina tai suomujonoina oleva kiille. Jälkimmäisessä tapauksessa kivi hajoaa herkästi jo murskauksen aikana. Myöhemmin liikenteen aiheuttama kuormitus ja pakasrapautuminen heikentävät tällaista kiviainesta edelleen.

Rakenteelliset heikkoudet ja rapautumistulosten esiintymisen aiheuttavat hankaluuksia arvioitaessa kivilajin kestävyyttä. Silmämääräinen tai stereomikroskooppinen tarkastelu ei tällöin yleensä riitä, vaan apuna on käytettävä ohuthietutkimusta polarisaatiomikroskoopilla ja usein jopa röntgendiffraktioanalyysiä.

Murskauksessa syntyy aina n. 5 % hienoainesta (raeläpimita < 0,074 mm), jonka tutkiminen on rapautumisominaisuuksien kannalta merkittävää. Röntgenanalyysin lisäksi tästä aineksestä usein selvitetään myös ominaispinta-ala, huokosjakauma ja vedenadsorptio-ominaisuudet. Esim. huokoisuus-tutkimuksen avulla saadaan selville, millä huokoskokoalueella on eniten huokosia. Tuntien veden kulkeutumismekanismit voidaan päätellä, mitkä ovat rapautumisen kannalta kriittiset huokoskokoalueet ko. näytteessä.

Hyvään kulutuskestävyyteen myötävaikuttavat kivilajin koivuus, elastisuus, tasarakeisuus ja pieni raekoko. Kulutuskestävyydeltään heikossa kivessä on pehmeitä mineraaleja, kohdalaista tai voimakasta liuskeisuutta, suuri raekoko ja kiillemineraalien kasautumia.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Eerola, M., Alkio, R. och Höbeda, P.* Stenmaterial för vägbeläggningar. Bestämning av slitstyrka. VTT. Tutkimuksia 55. Espoo 1982.
2. *Höbeda, P. och Johansson, L.* Kvalitetskriterier för grus- och makadammaterial. CBI 5, Stockholm 1975.
3. *Kauranne, L.K.* Comparison of some methods used in the testing of road-surfacing aggregates. Valtion teknillinen tutkimuslaitos, Tielaboratorio, Tiedonantoja 3, Otaniemi 1970.
4. *Nieminen, P. and Uusinoka, R.* Influence of the quality of fine fractions on engineering-geological properties of crushed aggregate. Bulletin of the International Association of Engineering Geology 33, Paris 1986, pp. 97–101.
5. *Peltonen, P.* Murskattavaksi kelpaavien kiviainesesiintymien kartoitus ja inventointi. TTKK/Täydennyskoulutuskeskus. Täydennyskoulutuskurssi: Kiviaineksen laatuun ja käyttöön vaikuttavat tekijät. Tampere 1988.
6. Tie- ja vesirakennushallitus. Murskaustyön laadunvalvontaohjeet 1979. TVH 732810.
7. *Uusinoka, R.* Rapautusilmiot kallioperässä (Weathering phenomena in bedrock). Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakennustekniikan osasto, rakennusgeologia. Raportti 12 sekä Rakennusgeologinen yhdistys Ry:n julkaisuja Vol 15/I. Tampere 1983.
8. *Uusinoka, R.* Rapautuminen ja rapautumisalttiuden merkitys kivimurskeissa. TTKK/Täydennyskoulutuskeskus. Täydennyskoulutuskurssi: Kiviaineksen laatuun ja käyttöön vaikuttavat tekijät. Tampere 1988.
9. *Uusinoka, R. and Nieminen, P.* Mercury porosimetry in predicting the quality of rock aggregate in road base. Proc. 5th International IAEG Congress/Buenos Aires/1986/5.4.13. Balkema, Rotterdam 1986, pp. 1697–1701.
10. *Uusinoka, R. and Nieminen, P.* Frost shattering of rocks in the light of porosity. Proc. V Int. Congr. Permafrost. Tapir Publishers, Trondheim 1988, pp. 872–875.

## SUMMARY

### ON THE TESTING METHODS AND QUALITY REQUIREMENTS OF ROCK AGGREGATES

The most common methods used to test the applicability of rock aggregate crushed from Finnish precambrian bedrock to road pavement and road base include:

- different abrasion and brittleness tests.
- thin section studies by using polarizing microscope to find out the mineralogical composition, texture and degree of weathering as well as the possible presence of the weathering products, the quality of the latter also determined by X-ray analysis.
- studies of the fine fractions (particle size < 0,074 mm) formed in crushing; the quality determinations of this powder

help in evaluating the properties of the aggregate as a whole (mineralogical composition, specific surface area, water adsorption, different pore properties).

Traffic burden together with frost action are the most important factors leading to the crumbling of road aggregate. The properties of good quality aggregates include hardness, elasticity and small grain size of the rock, while properties like prominent schistosity, coarse grains, concentrations of mica, presence of clay minerals, sulphides or other weak materials etc. lead to a rapid crumbling of the aggregate.



# Pyhäsalmen malmin rikastusmineralogiasta

Fil.maist. Petri Rosenberg ja professori Heikki Papunen, Turun Yliopisto, Geologian laitos  
Fil.maist. Markus Ekberg ja fil.maist. Vesa-Jussi Penttilä, Outokumpu Oy, Pyhäsalmen kaivos

## JOHDANTO

Malmin mineraalikoostumus ja mikrorakenne vaikuttavat olennaisesti hyötymineraalien puhtaaksijauhatuskseen ja rikastusominaisuuksiin. Mineraalikoostumus voidaan mikroskooppisin menetelmin määrittää verraten helposti, myös mineraalien määräsuhteet voidaan joko mitata tai laskea kemiallisesta analyysistä normatiivisena mineraalikoostumuksena. Sen sijaan malmin rakenteeseen liittyvien tekijöiden määrittäminen on ollut vähäistä ja pääasiassa kvalitatiivista. Malmin mikrorakennetta kuvaavat rakennefaktorit voidaan kuitenkin määrittää myös kvantitatiivisesti ja näin saada eri malmityypeistä tai malmiesiintymän eri osista kvantitatiivista perustietoa, jota voidaan käyttää malmin tyyppiluokittelussa, eri malmityyppien keskinäisessä vertailussa ja rikastusprosessin ohjaamisessa.

Rakennetta kuvaavina rakennefaktoreina voidaan mikroskooppisen sekvenssianalyysin avulla määrittää raekokovaihtelut, mineraalirakeiden muodot (tasapintaisia — repaleisia), mineraalin ympäristö ja suhteet naapurimineraaleihin sekä mineraalien määrät tilavuusprosentteina /1/.

Raekokovaihtelut esitetään joko frekvenssidiagrammina tai raekokojakautumakäyränä.

Raemuotoa kuvaa ominaisraja-arvo,  $S_v$ , joka saa tasapintaisilla rakeilla arvoja 3–6, repalereunaisilla kookkailla rakeilla 10–30 ja hyvin repaleisilla rakeilla lukuarvoja jopa yli 50:n. Pieni lukuarvo osoittaa rakeen ehytpintaisuutta, suuri arvo muodoltaan repaleista raetta.  $S_v$ :n vaihtelua kuvataan tavallisesti logaritmisessa asteikossa.

Mineraalin ympärillä olevien muiden mineraalien määräsuhteita, naapuruuutta, kuvaa suhteellinen yhteenkasvettumisindeksi  $R_{AB}$ , joka ilmoittaa prosenttilukuna, kuinka paljon tarkasteltavan mineraalin (A) pinnasta on toisen mineraalin (B) kanssa yhteisenä. Merkittävä suure on mineraalin sisäisten keskinäisten rajapintojen määrä ( $R_{AA}$ ), joka ilmaisee esimerkiksi mineraalin särkyneisyyden määrää tai mineraalin muodostamien raegregaatien määrää, jolloin siis raegregaatteina esiintyvällä mineraalilla on suuri  $R_{AA}$ -arvo. Yksittäisillä mineraalirakeilla vieraassa matriisissa on pieni  $R_{AA}$ -arvo. Yhteenkasvettumisindeksin lukuarvo korreloi sekaraakkeiden laadun ja esiintymistodennäköisyyden kanssa sillä se osoittaa naapurimineraalien määräsuhteita.

Kun rikastusprosessi tähtää tiettyjen arvomineraalien erottamiseen malmista, on merkityksellistä tietää mineraalien määräsuhteet malmista. Mineraalin määrä painoprosentteina voidaan laskea analyysistä, mutta tulos on yksikäsitteinen vain sellaisissa tapauksissa, joissa analysoituva alkuaine on ainoastaan yhdessä malmimineraalissa ja mineraalin koostumus on määritetty tai vakio. Laskennallisen ongelman muodostaa esimerkiksi mineraalipari rikkikiisu-magneettikiisu, joiden tarkkoja määräsuhteita on vaikea määrittää analyysien perusteella, sillä magneettikiisun Fe-S-suhde saattaa vaihdella ja

muista mineraaleista, esim. silikaateista ja oksideista saattaa analyysissä liueta rautaa. Toisaalta voi tulla ongelmia myös esim. sinkkivälkkeen määrän laskemisessa analyysin perusteella sillä sinkkivälkkeen rautapitoisuus voi esiintymän puitteissa vaihdella. Mikroskooppisella tutkimuksella saadaan selville eri mineraalien tilavuusprosenttimäärät, jotka voidaan muuttaa painoprosenteiksi huomioimalla mineraalin ja koko malmin keskinäiset tiheyserot.

Erityisesti raekokojakautuma ja ominaisraja-arvo ovat suureita, joiden vaihtelu malmiesiintymän puitteissa voi paljastaa eri tavalla rikastettavia malmityyppejä ja niiden mahdollisimman varhainen osoittaminen voi olennaisesti vaikuttaa esiintymän hyväksikäyttöön ja kaivostoiminnan suunnitteluun.

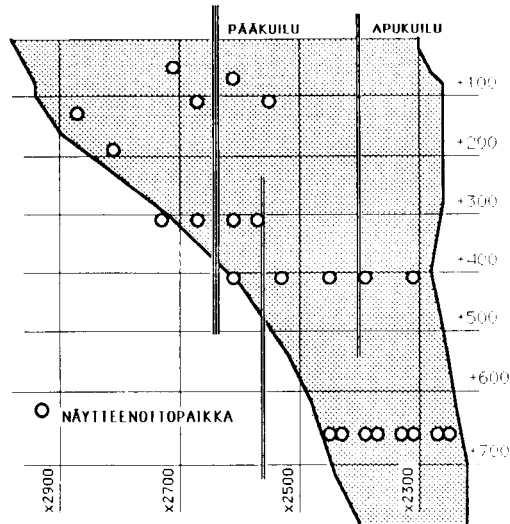
## PYHÄSALMEN MALMIESIINTYMÄN TUTKIMUS

Pyhäsalmen malmiesiintymän rakennefaktorit määritettiin 65 pintahiestä, jotka oli otettu esiintymän eri osista edustamaan paljain silmin määritettäviä malmityyppejä. Tarkoituksena oli selvittää, vaihtelevatko malmin rakenteelliset ominaisuudet malmin eri osissa niin merkittävästi ja säännönmukaisesti, että rakenteen vaihtelua voitaisiin hyödyntää malmin käsittelyssä.

Alustavassa tutkimuksessa valikoitiin +400-tasolta usean kymmenen pintahienäytteen joukosta erilaisista malmityypeistä kymmenen näytettä, joista tehtiin alustavat rakennefaktorien määritykset /2/. Myöhemmässä tutkimusvaiheessa otettiin näytteitä malmin jäljellä olevista osista +270 ja +330-tasolta, siis lähinnä malmin pohjoisosasta ja +660-tasolta koko malmiesiintymän alueelta. Lopuksi tehtiin malmin louhitusta yläosasta määrityksiä, joilla selvitettiin aiemmin louhitun malmin laatuvaihteluita. Näytteet valittiin esiintymän eri osista edustamaan yleisiä malmityyppejä. Näytteiden paikat on merkitty malmin pituusprojektiolle (kuva 1).

Kun hieen pinta-ala on vain 5–7 cm<sup>2</sup>, on näin pienen pinta-alan antama rakenneinformaatio merkityksellinen vain siinä tapauksessa, että näytteet on valittu tarkan malmityypin luokittelun perusteella. Verrattaessa esiintymän eri osista saman malmityypin rakennefaktoreita, kuvaa näytteistä mitattu vaihtelu esiintymän kokonaisvaihtelua. Nyt esillä olevassa tapauksessa +400-tasolta ensimmäisessä vaiheessa otetut näytteet valittiin edustamaan kaikkia tasolla olevia erilaisia malmityyppejä huomioimatta eri tyyppien edustavuutta ja runsautta. Tämä näkyy selvästi myös tuloksissa. +400-tason arvoja ei esim. rikkikiisun osalta voida suoraan verrata muilta tasoilta saatuihin tuloksiin.

Seuraavassa tarkastellaan eri tasoilta saatuja mittaustuloksia ja arvioidaan niiden perusteella rakenteellisten piirteiden muutoksia.

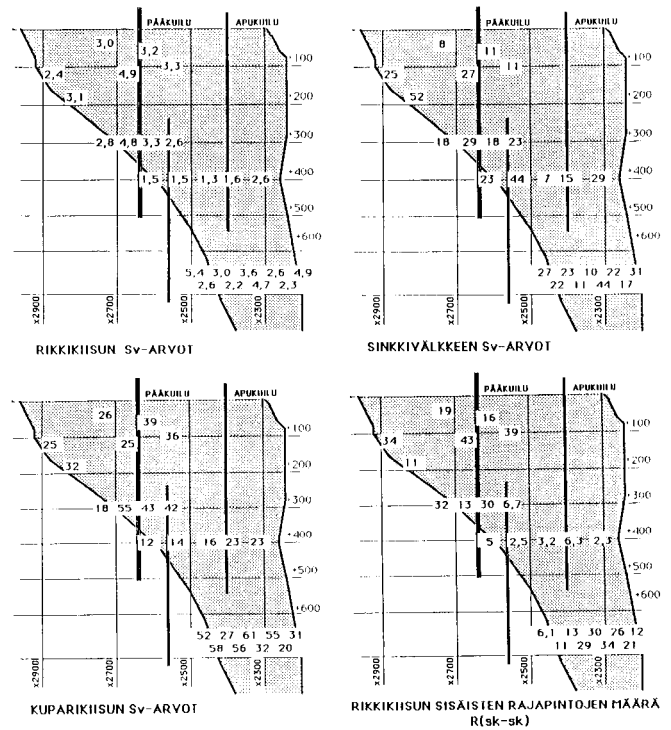


**Kuva 1.** Pyhäsalmen malmiesiintymän pohjois-etelä -suuntaisen pituusprojektion, johon on merkitty näytteenottoalueet. Vastaavat näytekohteet ovat taulukossa 1 ja niistä on yleensä otettu useita mitattuja näytteitä.

**Fig. 1.** North-south trending longitudinal projection of the Pyhäsalmi ore deposit with sampling areas. Respective areas are given in Table 1. Several samples were commonly taken in each area.

## TULOKSET

Mittaustuloksista laskettiin tasoittain ja profiileittain keskiarvot, jotka on esitetty taulukossa 1 ja eräiltä osin malmin pituusprojektiolle sijoitettuna kuvassa 2. Päämineraalien osalta voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:



**Kuva 2.** Eräitä rakennefaktoreiden arvoja merkittyinä esiintymän pituusprojektiolle.

**Fig. 2.** Some textural indices plotted on the longitudinal projection of the ore deposit: A — specific surface of pyrite, B — specific surface of chalcopyrite, C — specific surface of sphalerite, D — internal surface of pyrite aggregates (intergrowth index of pyrite-pyrite grains)

**Taulukko 1.** Pyhäsalmen malmiesiintymän rakennefaktoreita. Lyhenteet: N — näytteiden lukumäärä, SK — rikkikiisu, CuK — kuparikiisu, ZnS — sinkkivälke, FeK — magneettikiisu, V — tilavuus (%), Sv — ominaisrajapinta. Kolmessa viimeisessä sarakkeessa on rikkikiisun, kuparikiisun ja sinkkivälkkeen  $R_{AA}$ - ja  $R_{AB}$ -arvoja.

**Table 1.** Texture coefficients of the Pyhäsalmi ore deposit. Abbreviations: leikkaus/syvyys — section/depth, N — number of samples, SK — pyrite, CuK — chalcopyrite, ZnS — sphalerite, FeK — pyrrhotite, V — volume (%), Sv — specific surface. Three last columns give  $R_{AA}$  and  $R_{AB}$  values (R intergrowth index) of pyrite, chalcopyrite and sphalerite.

leikkaus/syvyys	N	SK/V	SK/Sv	CuK/V	CuK/Sv	ZnS/V	ZnS/Sv	FeK/V	FeK/Sv	SK-SK	CuK-SK	ZnS-SK
x2850 /+130	1	88,1	2,4	3,2	24,8	0,2	25,1	0	0	34,4	74,8	50
x2800 /+200	2	84,6	3,1	5	32,4	1,2	52,4	0	0	11,3	75,3	48,7
x2700 /+50	1	79,9	3	6,1	25,8	1,8	8,2	0	0	19,3	76,2	51,7
x2650 /+100	2	84,8	4,9	4,2	24,7	2,5	27,4	0	0	42,7	71,9	72,6
x2600 /+75	2	57,2	3,2	2,3	38,9	9,1	11,2	0	0	16,2	49,9	54,2
x2550 /+100	2	78,9	3,3	1,7	35,6	5,9	11,7	0	0	39,5	76,5	72,8
keskiarvo yläosa		78,92	3,32	3,75	30,37	3,45	22,67	0,00	0,00	27,23	70,77	58,33
x2740 /+270	2	78,6	2,8	6,2	17,9	2,5	27,9	0	58,8	31,7	74,2	61,1
x2660 /+300	2	73,5	4,8	5,5	55,5	7,4	29,2	0,2	23,1	13,3	67,6	47,6
x2600 /+300	4	77,3	3,3	2,7	43,2	8	18	0,6	43,3	30,4	58,8	58,8
x2550 /+300	2	93,6	2,6	4,8	41,8	1,8	23,9	0,7	14,5	6,7	77,8	65,4
keskiarvo +300		80,8	3,38	4,8	39,6	4,93	24,75	0,38	34,93	20,53	69,6	58,23
x2600 /+400	2	76,2	1,5	6,4	12,1	3,3	22,6	1,6	35,2	5	49,9	42,2
x2530 /+400	1	85,8	1,5	9	14,2	0,4	44,7	0,6	68,2	2,5	62,2	13,9
x2450 /+400	1	82,7	1,3	7,1	15,8	5,9	7	2,2	26,1	3,2	47,7	30,7
x2380 /+400	1	83	1,6	5,1	23,3	1,6	14,6	1,9	20,5	6,3	52,3	42,1
x2300 /+400	2	80	2,6	5,2	22,7	2,6	29,4	2,3	24,6	2,3	60,8	37,3
keskiarvo +400		81,5	1,7	6,56	17,62	2,76	23,66	1,72	34,92	3,86	54,58	33,24
E-1 /+660	2	73,7	5,4	6,8	51,7	4,3	27,9	0,8	69	6,1	58,2	34,7
E0 /+660	3	84,6	2,6	1,9	57,9	1,5	21,8	0,3	70,3	11	45,7	56,3
E1 /+660	5	77,6	3	5,1	26,6	2,3	23,6	2	29,4	13,5	68,9	40,3
E2 /+660	4	86	2,2	2,5	56,5	5,9	11,2	0,3	35,7	29	73	71,4
E3 /+660	3	72,6	3,6	2,5	60,7	8,9	9,7	0,7	27,1	30,1	66,9	53,6
E4 /+660	2	83,6	4,7	5,7	32,1	0,5	44,1	2,3	32,8	34,2	77,2	50,1
E5 /+660	3	79,3	2,6	2,8	55,1	6,2	21,9	0,6	55,9	26,1	70,9	58
E6 /+660	1	78,6	2,3	3,5	19,8	1,3	17,4	5,5	12,2	21,2	57,4	42
E7 /+660	3	69,9	4,9	8,6	30,5	4,7	31,6	2,2	34,1	12,5	57,5	33,1
keskiarvo +660		78,43	3,48	4,38	43,43	3,96	23,24	1,63	40,72	20,41	63,97	48,83

1. Rikkikiisu: Määrä on kaikilla tasoilla ja kaikissa mitatuissa profiileissa melko vakio; profiilikohtaiset poikkeamat ovat korkeintaan 10 tilavuusprosenttia. Poikkeamilla ei ole alueellista säännönmukaisuutta. Rikkikiisun raemuotoa kuvaava  $S_V$ -arvo on kauttaaltaan sangen pieni, korkein profiilikohtainen keskiarvo on noin 5:n luokkaa ja +400-tasolla keskiarvo on muita pienempi, koska tyyppivalikoimassa oli erikoisia malmityyppejä. Rikkikiisu on siis omamuotoista ja ehytpintaista. Malmiesiintymän yläosassa (+50–+150-tasolla) on rikkikiisulla korkein todettu  $R_{AA}$ -arvo, joka viittaa rakkoilleeseen tai aggregaateina esiintyvään rikkikiisuun. Rikkikiisun määrä on täällä myös hieman pienempi kuin alemmilla tasoilla. Toinen  $R_{AA}$ -arvon maksimialue tulee +660-tason keskiosaan (profiilit E2–E6), mikä on tulkittu johtuvan malmin särkyneisyydestä tässä osassa.

2. Magneettikiisun määrä ei näy suoraan kemiallisesta analyysituloksesta. Magneettikiisun määrä on vähäinen malmiesiintymän yläosassa ja se lisääntyy jonkin verran 270–330-tasolle, jossa keskiarvo on kuitenkin vielä alle 0,5 tilavuusprosenttia. Magneettikiisun määrä on selvästi edellisiä korkeampi 400- ja 660-tasolla ja lisäksi on todettavissa lievää rikastumista esiintymän eteläreunaa kohti. Magneettikiisurakeiden muodoissa ei  $S_V$ -arvojen perusteella ole eri tasojen välillä todettavissa merkittäviä eroja;  $S_V$ -arvot vaihtelevat runsaasti ja ovat yleensä sangen korkeita, mikä osoittaa magneettikiisun olevan repaleisina rakeina muiden mineraalien väliloissa.

3. Sinkkivälkkeen määrän vaihtelu näyttää magneettikiisun suhteen käänteiseltä: malmiesiintymän yläosassa on hivenen korkeampia sinkkivälkepitouksuuksia kuin alaosassa. Ominaisrajapinta- eli  $S_V$ -arvot ovat malmin yläosassa selvästi alhaisempia kuin esiintymän alemmassa osassa, joskin lievää trendiä pienempiin arvoihin päin on todettavissa 270–330-tasolta alaspäin mentäessä. Sinkkivälkkeen raemuodoissa näyttää siis olevan esiintymän puitteissa vertikaalisuuntaista vaihtelua.

4. Kuparikiisun määrä on alimmillaan malmin yläosasta otetuissa näytteissä ja saa 400-tason näytteissä sangen korkeita arvoja. Osittain tähän vaikuttaa se, että 400-tasolta valikoitu hiepopulaatio ei edusta malmityyppien määrällisiä runsausuhteita. Yläosassa kuparikiisun määrä vaihtelee eri profiileissa 0,11 ja n. 6 tilavuusprosentin välillä. Kuparikiisun raemuoto

on  $S_V$ :n perusteella malmin yläosassa säännöllisempi ja vastaavasti 660-tasolla epäedullisin. Malmin pohjoisosa on 660-tasolla kuparikiisun osalta huonompaa kuin eteläosa. Kuparikiisun  $R_{AB}$ -arvoissa on 660-tason keskiosassa maksimi rikkikiisun kanssa, mikä on seurausta siitä, että kuparikiisu esiintyy ohuina täytteinä särkyneen rikkikiisun raioissa.

## YHTEENVETO

Malmista mitatuissa rakennefaktoreissa on eri tasoilla huomattavasti vaihtelua, mikä osittain johtuu tutkittujen näytteiden vähäisestä koosta. Alueellisista trendeistä voidaan kuitenkin tehdä seuraavia päätelmiä: 1) Rikkikiisu oli särkyneinä rakeina malmin yläosassa ja toinen särkyneisyysalue tulee 660-tason keskiosaan. Täällä rikkikiisu on särkyneinä kiteinä, joiden raioissa on kuparikiisua ja sinkkivälkettä runsaammin kuin yläpuolisissa malmin osissa. 2) Magneettikiisun määrä lisääntyy selvästi alaspäin mentäessä ja 660-tasolla vielä esiintymän eteläreunaa kohti. 3) Kuparikiisun raemuoto on malmin alaosassa muita osia epäedullisempi. 4) Sinkkivälkkeen raemuoto on malmiesiintymän alaosassa epäedullisempi kuin aivan yläosassa, mutta lievää paranemista on 270–330-tasolta 660-tasolle mentäessä.

Mitatut rakennefaktorit ovat antaneet orientoivaa tietoa eri malmityypeistä ja malmin alueellisesta vaihtelusta. Vasta yksityiskohtaiset rikastuskokeet kuitenkin paljastavat todettujen tyyppierojen merkityksen. Rakennetutkimuksen avulla saadaan kuitenkin ennakoarvio siitä, mihin seikkoihin rikastuskokeilla erityisesti pitäisi kiinnittää huomiota. Tämän tutkimuksen perusteella:

- rikastettavuudeltaan selvästi erilainen malmityyppi on 660-tason keskiosassa oleva särkyneet malmin osa. Se ilmeisesti jauhautuu helposti, mutta ohuet kuparikiisulaukset ovat tavallisia rikkikiisurakeiden pinnoilla.
- yläosan malminäytteissä on piirteitä (rikkikiisun särkyneisyys, sinkkivälkkeen edullisempi muoto, magneettikiisun puuttuminen), jotka osoittavat malmin olleen helpompaa käsitellä kuin esiintymän alaosassa olevat malmityypit.
- eri malmityyppien välillä ei ole alueellisesti kovin suurta eroa, mutta hienosäädöllä on mahdollista parantaa tulosta jos erilaisia malmityyppejä voidaan rikastaa erikseen.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Papunen, Heikki*, 1984. Rikastusmineralogiaa. Turun yliopiston geologian ja mineralogian osaston julkaisuja, Opintomoniste 15. 24 s.
2. *Meriläinen, Pekka*, 1985. Pyhäsalmen malmista. Pro gradu-tutkielma, Turun yliopisto, Geologian ja mineralogian osasto, 135 s.

## SUMMARY

### APPLICATIONS OF MINERALOGY TO BENEFICIATION OF THE PYHÄSALMI ORE

The textures and intergrowths of ore minerals are of prime importance in the beneficiation of an ore. Quantitative determinations of textural indices were made with microscopic sequence analyses of 65 polished sections of the Pyhäsalmi massive pyrite-Cu-Zn ore. The study was undertaken in cooperation with the Department of Geology and Mineralogy, University of Turku and the geological staff of the Pyhäsalmi mine. The indices calculated were frequency distribution of grain size, specific surface ( $S_V$ ), index of intergrowth ( $R_{AB}$ ) and volume of the mineral ( $V$ ).

The sulphide deposit of Pyhäsalmi is metamorphosed and the ore minerals are recrystallized. Hence, the textures are in

general homogeneous, only a few weak trends of variation being observed in some parts of the ore deposit. A special ore type shown by indices is the cataclastic pyrite ore on the +660 level in which chalcopyrite cements the cracks of pyrite. The indices measured also indicate that the content of pyrrhotite in the whole deposit increases downwards and on the +660 level towards the southern edge of the orebody. The forms of the chalcopyrite and sphalerite grains in the lowermost part of the deposit are disadvantage in the beneficiation of the deposit. Some of the indices calculated are presented in Table 1 and Fig. 2; more comprehensive data are given in the internal report of the mine.

# Uusi uljas maailma — ilman metallurgiaa ja täynnä uusia, ihmeellisiä materiaaleja.

Professori emeritus M. H. Tikkanen

Kun viime keväänä pakinoin Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksessa niistä, luvalla sanoen, merkillisistä muutoksista, jotka olivat kohdanneet TKK:n entistä vuoriteollisuusosastoa, en vielä tiennyt miten pitkälle tällainen vouhotus oli todellisuudessa edistynyt. Tänäkin arkinen todellisuus alkaa olla edessä, on pakko pysähtyä miettimään, mitkä syyt ovat johtaneet nykytilanteeseen ja mitä on edessä.

Tarkastelen seuraavassa näitä muutoksia sekä korkeakouluopetuksen että maamme metallurgian teollisuuden kannalta.

Jo 1950-luvun lopulla maailmassa levitettiin samanlaista uusien materiaalien muotia kuin nytkin. Silloin olivat kyseessä ydinenergiateollisuuden materiaalit: uraanin oksidit, karbidit ja monet muut sen yhdisteet. Kaikki piti tutkia aineiden ominaisuuksia ja käyttökelpoisuutta polttoaineena. Tarkoitusta varten oli rakennettava mahdollisimman suuria ja tehokkaita tutkimuslaitoksia, koska kyseessä olivat valtavat asiat. Tyypillistä oli, että näitä asioita eivät ajaneet niinkään alan teollisuus kuin lehdistö, poliitikot (jotka niihin aikoihin vielä suosivat ydinenergiaa energiakysymyksen tulevana ratkaisijana) ja meillä metsäteollisuutemme johtohenkilöt.

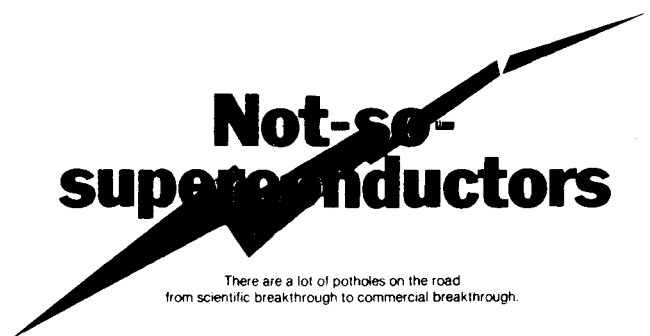
Tuloksista meidän kannaltamme opettavimpia olivat Englannissa Harwellin ja Ruotsissa Liljeholmenin (nykyisin Studsvikenin) tutkimuslaitokset. Näihin uhrattiin miljardeja, suureksi osaksi turhaan, ainakin jos kyseessä oli alunperäinen tarkoitus.

Meillä toivotettiin samaa: oli mahdollisimman pian rakennettava suuri tutkimuslaitos samaan tarkoitukseen. Tämä hulluttelu jäi kuitenkin toteuttamatta, koska meillä oli henkilö, joka ymmärsi näitä asioita ja jolla oli vakaumusta ja rohkeutta saada tahtonsa lävitse. Tämä mies oli akateemikko Erkki Laurila, joka perusteli asiaa seuraavasti: olisi hulluutta pienen pienessä maassa ryhtyä tällaiseen touhuun, koska rikkaammat maat sen hoitavat ja me kyllä saamme tulokset tietoomme varsin pian. Näinhän siinä sitten kävikin.

Nykyinen muotivirtauksemme on täysin verrattavissa edelliseen. Nytkin asia suurelta osin kohdistuu varsin rajoitettuun määrään uusia materiaaleja (oksidiset suprajohteet, MHD-materiaalit), joiden osalta vain ”rikkaat” jylläävät. Muut ”uudet” materiaalit, jauhemetallurgiset tuotteet, keraamiset ferriitit jne., erilaiset komposiitit ja ”hienokeramiikka” ovat itse asiassa varsin kauan tunnettuja tuotteita, joille nykyisin etsitään uusia käyttökohteita.

On syytä muistaa, että suurin osa ”uusista” (!) materiaaleista tulee edelleenkin olemaan metallisia ja että vain pieni osa tulee kuulumaan nk. keraamisiin tuotteisiin. Tällainen kehitystyö on mahdollista vain silloin, kun tutkija tuntee sulien ja kiinteiden aineiden sisäisen rakenteen ja niiden käyttäytymisen eri olosuhteissa. Nämä perustiedot ovat olleet saavutettavissa jo aikaisemman opetusohjelman puitteissa. Kun nyt yritetään materiaalitekniikassa opettaa ilman riittäviä perustietoja mitä erilaisimpien materiaalien valmistustekniikkaa, on syytä uskoa, että tästä kaikesta muodostuu eräänlainen ”re-

septikokoelma”, perusteet jäävät opiskelijoille käsittämättömmiksi. Esimerkkinä olkoon kiinteän materiaalin fysiikan kurssi, jota ei sen paremmin metallurgi kuin kemistikään tule käsittelemään sen abstraktisen matematiikkansa takia. Kun tällaiselta pohjalta lähtenyt nuori insinööri alkaa hakea alansa työpaikkaa, on pelättävissä, että tässä pienen pienessä maassamme ei löydykään työtä ellei ala opiskella tarvittavia tietoja! On täysin mahdollista ja odotettua, että tällaiset mielipiteeni tulkitaan kaiken materiaalitekniikan vastaiseksi. Tätähän en tietenkään tarkoita; sen tietävät ainakin entiset oppilaani, jotka ovat saaneet kuulla jauhemetallurgiasta, komposiiteista ja erikoiskeramiikasta monen vuosikymmenen aikana. Olen huolestunut siitä tietämättömyydestä ja huolettomuudesta, jolla materiaalitekniikan opetus on korotettu yli kaikkien muiden opetusaineiden. Ymmärrän hyvin, että uusien oksidisten suprajohtomateriaalien tutkiminen viehättää useita professoreja, jotka eivät aikaisemmin tienneet asiasta mitään. Onhan kovin helppoa lähteä hommiin tietäessään, että yttrium-barium-kuparioksidi-jauhetta on saatavissa kaupallisena tuotteena, josta amerikkalaiset koululaiset valmistavat suprajohtomateriaalia jopa kotikeittiössään! Tässä yhteydessä on paikallaan kehottaa alan tutkijoita vilkaisemaan CHEMTECH-lehden marraskuun numeroa v. 1987 (kuva 1). Siinä selvitetään mm. kysymystä siitä, että näiden suprajohteiden käyttö on mahdollista vain tasavirralla, jolloin julki-



**T**hese are exhilarating and chaotic times for chemists and physicists (1). The big fuss is about the class of ceramic superconductors, recently discovered by Paul Chu and his colleagues at the University of Texas. To many, they seem to promise to make the wonders of superconductivity affordable. Is a technological revolution really just around the corner?

**Kuva 1.** Terveellistä luettavaa, sisältää vaihteeksi asiaakin! CHEMTECH Nov. 1987.

**Fig. 1.** Sound reading, contains even relevant knowledge! CHEMTECH Nov. 1987.



suuden utopiat "maglev"-junista ja muista ihmeistä palautuvat maan tasalle. Tällainen suuntaus ei suinkaan rajoitu meidän minimaahamme; se on todella kansainvälinen ilmiö. Yhtenä, ehkä tärkeimpänä vaikuttimena on ollut nykyinen "informaatioaste", jota tuputetaan kaikkialla maailmassa. Tuntuu siltä, että kun "perestroika ja glasnost" ovat siirtäneet syrjään kylmän sodan jokapäiväiset uutiset, erilaiset "toimitajat" ovat löytäneet uuden makupalan, josta voi saada mitä merkellisimpiä keitoksia! Ymmärrettävää on, että nykyajan nuoris on kiinnostunut kaikesta uudesta, jolla luvataan parantaa tulevaa maailmaa. Sitä osoittaaakin, että entisen vuoriosaston (en tahdo millään muistaa, mikä sen nimi tässä vaiheessa on!) uusista opiskelijoista suurin osa halusi juuri materiaaliteknikan pääaineekseen.

Nyt tulenkin varsinaiseen asiaani. TKK on ollut ainoa teknillinen korkeakoulu maassamme, jossa on voitu valmistua metallurgiksi alan koko laajuudessa. Prosessimetallurgiassa, jota maassamme edustavat Outokumpu, Rautaruukki ja Ovaiko, oli osastossa kaksi professuuria, teoreettinen ja sovellettu prosessimetallurgia. Näistä on nyt poistettu jälkimmäinen ja muutettu materiaaliteknikan professuuriksi. Jäljellä olevan teoreettisen prosessimetallurgian opetusviikkojen määrää ollaan laskemassa lisää täysin käsittämättömistä syistä (jollei oteta huomioon sitä, että nyt pitää jokaisen professorin aineessa olla "epäorganisten materiaalien korkealämpötilavalmistus").

Maamme metallurgian teollisuuden tuotanto ja sen taso ovat kehittyneet pitkälle viimeisten vuosikymmenien aikana suurimmaksi osaksi insinööriensä ansiosta. Koko tämä teollisuus on hankalassa tilanteessa, sillä se ei saa uusia prosessimetallurgeja palvelukseensa. Osittain tämä vielä johtuu siitä, että nykyajan nuoret eivät halua siirtyä pohjoihin työpaikkoihin (Tornio, Raahe ja jopa Kokkolakin), koska helpompaa ja siistimpää työtä saa etelässäkin! Suurin syy on kuitenkin materiaaliteknikan ujuttaminen opetusohjelmissa kohtiin, joissa on ennen opetettu prosessimetallurgiaa. Nyt kaikki opiskelijat haluavat keskittyä materiaalitekniikkaan, johon heitä ajavat sekä merkittävät mielikuvat "jostakin paremmasta" että valittavasti myös korkeakoulun opettajien yliammutut opetusohjelmien muutokset.

TKK:n ylimmän johdon ja entisen vuoriteollisuusosaston professorien tulisi muistaa, että maassamme valmistetaan yhä edelleen rautaa, teräksiä, kuparia, nikkeliä ja että kansainvälinen kilpailu edellyttää entistä suurempaa tekniikan panosta laadun ja kustannusten osalta. Heidän tulisi myös muistaa, että vain Otaniemessä on tarjolla kaikki se opetus, jota metallurgit tarvitsevat opiskelunsa aikana.

Olen varma siitä, että kun tällaista ajatusta materiaaliteknikan ottamisesta prosessiosastoryhmän opetusohjelmaan alettiin miettiä viime vuoden aikana, alkuperäisenä tarkoituksena oli vain antaa sille todellisuudessa kuuluva pienehkö osansa silti horjuttamatta "vuoriosaston" perusopetusta. Syitä

sihen, että tämä asia nopeasti pääsi karkuun, on useita, aikaisemmin mainitsemani informaatioaste, tuon hieman merkittävän Materiaaliteknikan Instituutin perustaminen ja sen "vilauttamien" uusien virkojen ja rahojen mahdollisuudet ja tietenkin inhimilliset sotkut ja ennenkaikkea se, että kukaan ei ajatellut mihin tällaiset "uudistukset" tulisivat johtamaan.

On täysi syy ihmetellä kuka tai ketkä ovat saaneet aikaan tällaisen tarpeettoman ja peräti radikaalisen muutoksen, joka suoraan kohdistuu sen alan teollisuutta vastaan, jonka tarpeita varten vuoriteollisuusosasto aikanaan perustettiin. Ketkä ottavat nyt tai lähitulevaisuudessa vastuun tästä kehityksestä?

Viimeinen kuvani, kuva 2, enteilee mihin suuntaan asiat tulevat kehittymään. On selvää, että tämä on vain alkuvaihe, sillä pelkällä jatkokoulutuksella ei päästä toivuttuun tulokseen, koska asianomaisilla ei ole tarpeeksi metallurgien peruskoulutusta, tietoa sulien metallien ja kuonien olemuksesta ja käyttäytymisestä ja paljon muustakin. Seuraava askel onkin käsitykseni mukaisesti, että Ouluun perustetaan prosessimetallurgian professuuri. Tämä olisi vain oikein, sillä jossakin täytyy nämäkin asiat hoitaa, kun kerran ne, joille ne kuuluisivat, ovat laiminlyöneet tehtävänsä!

## Oulussa alkaa metallurgian jatkokoulutus

□ Oulun yliopisto aloittaa uutena koulutusmuotona teknillisestä tiedekunnasta valmistuneiden diplomiinsinöörien jatkokoulutuksen yhdessä Rautaruukin ja Outokummun kanssa. Koulutus alkaa ensi vuoden alusta.

Opiskelijavalinta tehdään yhtiöissä työhönottomenettelyllä. Rautaruukki ottaa palkkalistoilleen kymmenen jatko-opiskelijaa ja Outokumpu viisi. Jatko-opiskelijoille luvataan opiskeluaikalta täysi palkka ja koulutuksen loputtua työpaikka jommastakummasta

yhtiöstä.

Pääsyvaatimuksina pidetään DI-tutkintoa ja kieli- taitoa.

Vuoden kestävä koulutusohjelma käsittää 35 opintoviikkoa, 5 on kone- tekniikan tai prosessitekniikan opintosuuntiin liittyviä opintoja. Loput suunnitellaan yhteistyössä yhtiöiden kanssa ja toteutetaan ulkopuolisten luonnoitsijoiden avulla.

Jatkokoulutus ei johda tutkintoon, mutta osia siitä voidaan käyttää osana tekniikan lisensiaattiopintoja.

**Kuva 2.** Nyt se on siis alkanut! Jatkoa tuskin tarvitsee odottaa pitkään? Insinööriuutiset, syysk. 1988.

**Fig. 2.** Teaching of metallurgy has just began in the University of Oulu! Continuation will follow! Insinööriuutiset, Sept. 1988.

### SUMMARY

#### THE NEW BRAVE WORLD — WITHOUT ANY METALLURGY AND FULL OF NEW WONDERFUL MATERIALS

The overflowing publicity on "new materials" has effected a veritable skewness in the metallurgical teaching program at the Helsinki University of Technology (Otaniemi). This worldwide tendency is especially dangerous in Finland with its high developed metallurgical industry. Already today this industry cannot get enough metallurgical engineers and worse is coming during the next years, because new young students

like more the new subjects than the traditional ones.

Today's situation is quite crazy: The University of Oulu is starting to produce metallurgical engineers with salaries from the industry. At the same time the earlier Department of Mining and Metallurgy has all the possibilities to produce metallurgists but no students!

# Sähkö kustannustekijänä

Dipl.ins. Rolf Söderström, Oy Partek Ab, Parainen

Vuonna 1973 maailma heräsi huomaamaan, että energian merkitys kustannustekijänä oli kertaistulla moninkertaistunut. Öljystä se alkoi, mutta muut energiamuodot seurasivat perässä ja ottivat osansa markkinamekanismin sallimissa rajoissa. Toinen "energiakriisi" oli vv. 1980/81, jolloin hintaa uudelleen nostettiin hyppäyksenomaisesti. Kuitenkaan mikään näistä ei liittynyt energian puutteeseen, vaan ne olivat keinotekoisia hintakriisejä. Energian hintaa nostettiin huomattavasti yli tuotantokustannusten ja kuviteltiin ostajien olevan pakotettuja hyväksymään syntynyt tilanne. Näinhän tietysti lyhyellä tähtämellä tapahtuikin.

Ensimmäisestä shokista toivuttuaan muu maailma kuitenkin alkoi reagoida; ruvettiin tutkimaan vaihtoehtoisia energiamuotoja, aloitettiin öljyn etsintä kokonaan uusilla alueilla, energian säästöstä tehtiin hyve. Koska nämä toimenpiteet kuitenkin vievät aikansa, ensimmäinen reaktio oli rahan arvon heikentäminen, inflaatio. 80-luvun puoliväliin tultaessa alkoivat kuitenkin tulokset näkyä ja öljyn hinta romahti ylitarjonnan seurauksena.

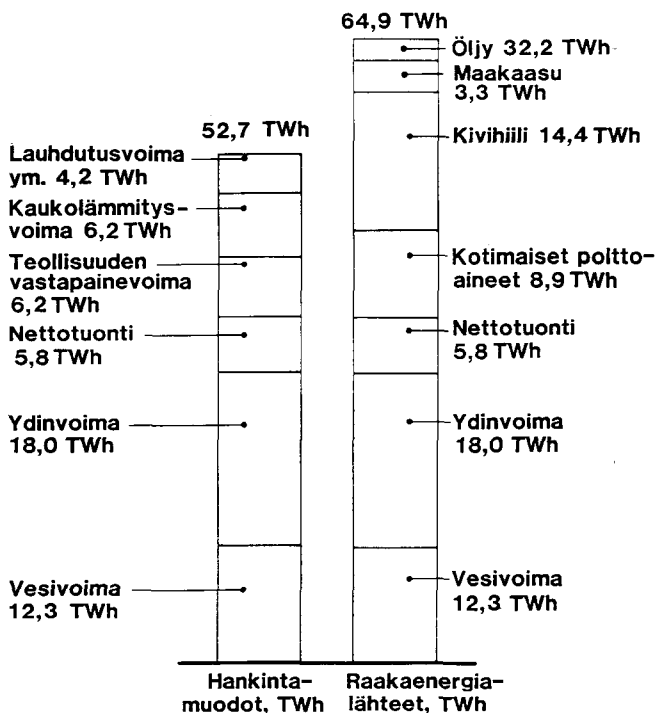
Sähkön hinta ei kuitenkaan ole seurannut öljyn voimakkaita vaihteluja. Tämä johtuu m.m. siitä, että sähkön kehittä-

missä primäärienergiana käytetään pääasiassa muita lähteitä kuin öljyä (kuva 1). Suomen öljyriippuvuus yleensä ja eritoten sähkön kehittämisessä on varsin pieni. 70-luvulla Suomessa oli lähes pelkästään vesivoimalla ja hiilellä kehitettyä sähköä, minkä lisäksi tulivat teollisuuden jättepolttoaineet. 80-luvulla on öljyriippuvuus entisestään pienentynyt, hiilenkin kulutus on vähentynyt ja tilalle ovat tulleet ydinenergia, tuontisähkö ja vähäisessä määrässä turve. Tuotantoon ja jakeluun sitoutunut pääoma muodostaa varsin merkittävän osan kustannuksista, minkä vuoksi polttoaineen hintaheilahtelut eivät läheskään täydellä tehollaan lyö läpi sähkön keskihintoihin. Kuvassa 2 on esitetty sähkön hinnan kehitys 80-luvulla sekä arvio tulevasta kehityksestä.

Sähkötekniikan peruskurssin suorittanut vuorimies pitää sähköä yleensä niin mystisenä asiana, että kaikki siihen viittaava mielellään luovutetaan siihen koulutuksen saaneen eli sähkömiehen hoitoon. Mitä itse tekniikkaan tulee, näin on parasta ja etenkin turvallista.

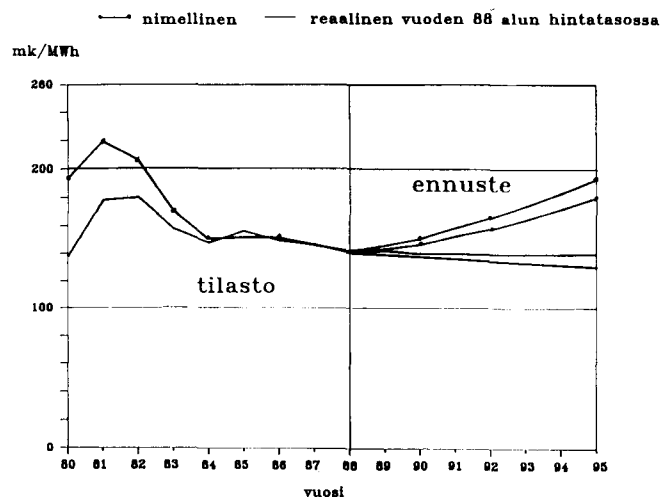
Toisaalta kuitenkin vuorimies on tavallisesti se henkilö, joka joutuu vastaamaan tuotteen kokonaiskustannuksista, minkä vuoksi on tärkeää tietää, miten sähkön kustannus muodostuu ja miten siihen voidaan vaikuttaa.

Tekniikasta riittää että tiedetään, että **tehon** mitta on watti ja sen kerrannaiset (W, kW, MW). Kun yhden watin tehoista



Kuva 1. Sähkön hankinta Suomessa ja siihen käytettävä primäärienergia v. 1986.

Fig. 1. Sources of electric power in Finland 1986, and the primary energy used for it.



Kuva 2. IVO:n tariffimyynnin veroton keskihinta. Alemmassa ennusteessa on oletettu hiilen hinnan nousevan vain inflaation verran, ylemmässä ennusteessa sen oletetaan nousevan 5%/vuosi inflaatiota nopeammin. Koska vain osa sähköstä — tosin kasvava — kehitetään hiilellä, ei hiilen hinnan nousu lyö täydellä tehollaan läpi sähkön hintaan.

Fig. 2. The average price for electric power, inflated and non-inflated. The forecast is made with two assumptions; with constant coal price (in real terms) and a 5% raise on real price.

laitetta käytetään tunnin ajan, on **energiaa** kulunut yhden wattitunnin verran (Wh, kerrannaiset kWh, MWh, GWh, TWh). Tehon ja energian yksiköjä ei tule sotkea keskenään, eikä myöskään jännitteen mittayksikköä (V, voltti), kuten joskus näkee tehtävän. Suurkuluttaja ostaa tavallisesti voimansa korkeajännitteisenä (110 kV), koska vain näin sähköä voidaan siirtää suurilla tehoilla taloudellisesti pitkiä matkoja. Pienkuluttaja ostaa sen valmiiksi alas muunnettuna siten, että se soveltuu sellaisenaan hänen kulutuslaitteilleen, mikä nostaa hintaa. Lopun voi kysellä sähkömieheltä, jos mielenkiintoa riittää.

Yksi sähkön erikoisominaisuus — ja samalla sen heikoin puoli — on se, että sitä ei voi varastoida. Sen sijaan primäärienergiaa yleensä voi varastoida. Näitä ovat hiili, öljy, ydinpolttoaine, vesi, turve. Maakaasua, tuulta ja auringonsäteilyä ei voi varastoida, mikä asettaa näihin perustuvat sähköntuotantomuodot muita heikompaan asemaan.

## SÄHKÖTARIFFIT

Suurkuluttajille tarkoitettuja tukkusähkötariffeja on aikojen saatossa kehitetty siten, että ne aiheuttamisperiaatteen mukaisesti olisivat mahdollisimman kustannustarkkoja. Tukku-myymiä ovat puhtaiden voimayhtiöiden (Imatran Voima, Pohjolan Voima) lisäksi eräät teollisuusyritykset ja jakelusähkölaitokset. Näistä Imatran Voima (IVO) on markkinajohtaja ja muut saavat parhaansa mukaan sopeutua heidän tarifiinsa. Vuonna 1985 käyttöön otettu IVO:n tukkusähkötariffi H-85, joka on voimassa v. 1995 saakka, perustuu IVO:n kustannusrakenteeseen, joka on sekoitus pääasiassa vesi-, ydin-, tuonti- ja hiililauhdesähköä (kuva 3). Seuraavassa käsitellään pelkäs-

tään IVO:n tariffirakennetta.

Tukkusähköä ostavan asiakkaan tehontarpeen tulee pääsääntöisesti olla sen suuruinen, että hän tarvitsee vähintään 10 MW tehoa ja että hän voi liittyä 110 kV kantaverkkoon. Pienemmät asiakkaat ohjataan yleensä paikallisen sähköjakelu-yhtiön asiakkaiksi.

IVO:lla on kaksi eri tariffia, joista asiakas voi valita itselleen edullisemman. Pienet asiakkaat noudattavat yksinkertaisempaa XO-tariffia, isommat monimutkaisempaa X1-tariffia. Seuraavassa annettavat hintaesimerkit noudattavat kesän 1988 hintatasoa.

Kun asiakkaan teho huippu eli tilausteho on määritelty tai todettu, maksaa hän tästä oikeudesta tehonottoon ns. **tilaushinnan**, eli tietyn kuukausittaisen markkamäärän jokaista tilattua MW kohti. XO-tariffissa tämä hinta on n. 34.000 mk/MW, kk. Tilattua tehoa voidaan sähkösopimuksen solmimisen jälkeen kasvattaa, mutta ainoastaan poikkeustapauksissa pienentää. IVO sallii kuitenkin tilatun tehon ylityksen 25 %:lla ilman että tilausteho nousee, kuitenkin sillä edellytyksellä, että tämä ylitys ei tapahdu talviarkipäivänä. Energian hinta ylityksen osalta on kuitenkin tavallisesti korkeampi kuin normaalitariffissa.

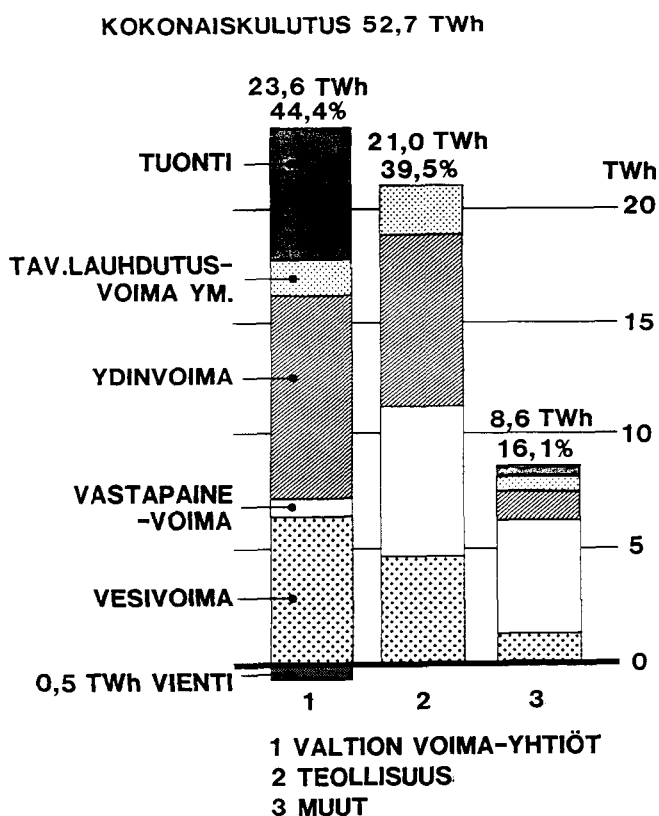
Tilaushinta, josta myös käytetään kuvaavampaa nimeä tehonomaksu, on korvaus siitä, että sähkön toimittaja on varannut tietyn osan voimantuotanto- ja sähkönsiirtokapasiteetistaan tilaajan käyttöön. Sillä voimayhtiö kattaa pääoma- ja muut kiinteät kustannuksensa.

Jos asiakas noudattaa monimutkaisempaa X1-tariffia, tulee tilaushinnan lisäksi vielä maksettavaksi ns. **kiinteä hinta**, joka on n. 54.000 mk/kk. Asiakas joutuu tässä tariffissa jakamaan tilaustehonsa kolmeen osaan; pohjatehoon (se teho, joka lähes aina on käytössä), keskitehoon (se tehon osa, joka on suuren osan ajasta käytössä pohjatehon lisäksi) ja huipputehoon (se tehonosa, jota käytetään kaikkien kulutuslaitteiden ollessa yht'aikaisesti käytössä, pohja- ja keskitehon lisäksi). Pohjatehon hinta on n. 50.000 mk/MW, kk ja vastaa lähinnä ydinvoimalaitosten kiinteitä kustannuksia. Keskitehon hinta n. 28.000 mk/MW, kk kuvaa hiililauhdevoiman kapasiteettikustannuksia ja huipputehon hinta n. 15.000 mk/MW, kk vastaa kaasuturbiinien pääomakustannuksia. Karkeasti ottaen tämä kuvaa myös voimaloiden käyttöjärjestystä; kun voiman tarve on pieni, riittää ydinvoima, jota ajetaan jatkuvasti. Huippukulutuksen aikana ovat hiilivoimalat ja jopa osa kaasuturbiineista käynnissä. Joustavalla vesivoimalla hoidetaan nopeat hetkelliset säätötarpeet, joita ilmenee vuorokauden aikana. Tämä tekeekin vesivoiman erityisen arvokkaaksi.

Tilaustehon hyväksikäyttöä kuvataan parhaiten ns. pysyvyyskäyrällä, jossa kokonaisen vuoden 8760 tunnin tuntikeskitehot (tai tapauksesta riippuen kolmen tunnin keskitehot) pannaan suuruusjärjestyksessä peräkkäin.

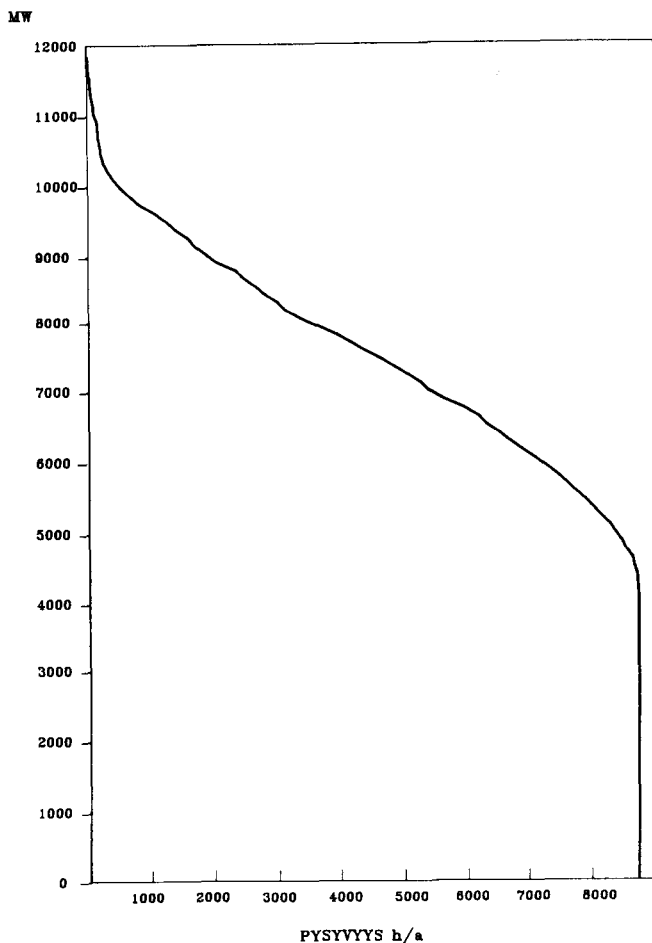
Syntyvä verhoikäyrä osoittaa, kuinka hyvin asiakas pystyy hyödyntämään tilaushuippuaan (kuva 4). Mitä matalammalla käyrä kulkee, sitä huonommin hän hyödyntää tilaustehoaan. Tämä vuorostaan kostaatuu sähkön keskihinnassa. Jos pysyvyyskäyrää halutaan kuvata yhdellä luvulla, jaetaan vuoden aikana käytetty MWh-määrä tilausteholla. Tuloksena saatu tuntiluku (ns. huipunkäyttöaika) ilmoittaa montako tuntia vuodessa tilausteho kokonaisuudessaan olisi ollut käytössä, jos tuo vuosienenergiamäärä olisi kulutettu täydellä tehonotolla eli tilausteholla.

Edellä on käsitelty kiinteiden kustannusten osuutta sähkön hinnan muodostuksessa. Tämä kustannus juoksee, vaikka energiaa ei käytettäisi lainkaan. Toisen osan muodostaa **energia-kustannus**, jonka suuruus riippuu siitä, käytetäänkö energiaa kesällä, talvella, arkipäivänä tai yöllä ja viikonloppuisin, ja onko kyseessä oleva energia otettu pohja-, keski-, vai huipputehon osasta. Hintahaarukka on n. 55–370 mk/MWh. Voi-



**Kuva 3.** Eri ryhmittymien sähkönkehityksen rakenne on erilainen. Muut-ryhmä on pääasiallisesti kunnallista voimantuotantoa, tavallisesti yhdistettynä lämmön tuotantoon.

**Fig. 3.** The structure of the power generation is different for the state-own utilities (1), the industry (2) and the rest (3), which is mainly cogeneration of district heating and power.



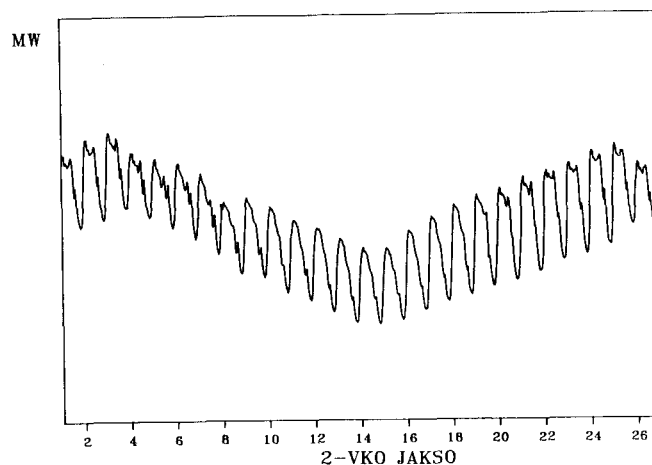
**Kuva 4.** Koko maan sähkönkulutuksen pysyvyyskäyrä. Suomi tarvitsee huippuaikana (9.1.1987) vajaat 12.000 MW. Juhannuksen tehontarve on n. 4500 MW. Muina aikoina tehontarve on tällä välillä, ts. 7500 MW on enemmän tai vähemmän vajaan käytössä. Huipunkäyttöaika (kokonaisenergiämäärä jaetuna suurimmalla teholla) on 4770 h, eli 55% ajasta. Jos voisimme tasata sähkön käytön niin, että se olisi tasaista ympäri vuoden, riittäisi maallemme n. 6400 MW teho.

**Fig. 4.** The duration of the maximum power demand in Finland.

mayhtiölle energian tuotanto on kalleinta talviarkipäivänä, jolloin lähes kaikilla eri polttoaineilla käyvät voimantuotantomuodot — jopa öljykäyttöiset saattavat olla käytössä. Juhannusaattona on kaikki muu paitsi polttoaineeltaan halpa ydinvoima pysähdyksissä (kuva 5).

Tämä primääripolttoaineen hinta heijastuu suoraan tariffien energiahintoihin, jotka ovat lisäksi sidotut hiilen ja uraanin hintaindekseihin.

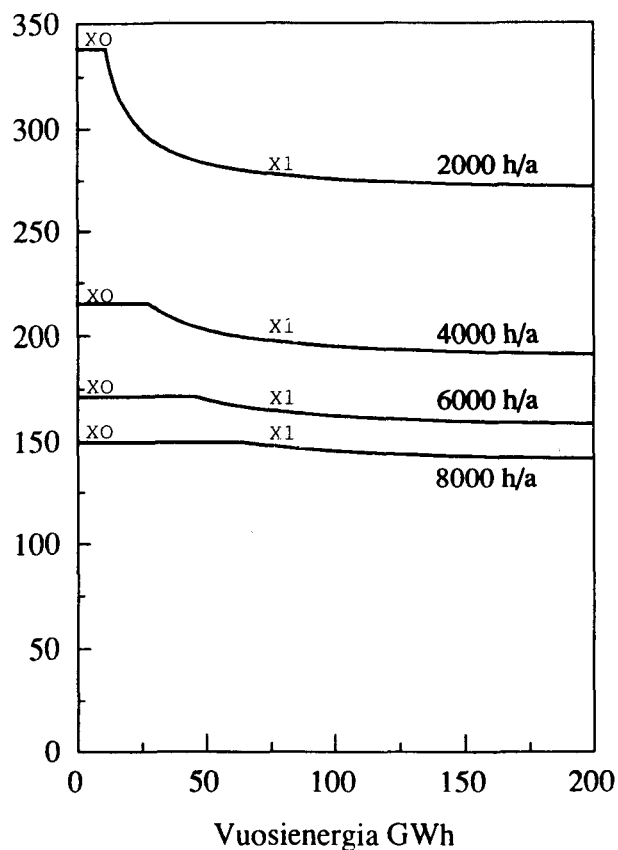
Kokonaisuudessaan yllä kuvattu kompleksinen rakenne, jossa johtolankana on ollut kustannusvastaavuus, johtaa siihen, että sähköllä ei ole kiinteätä keskihintaa, vaan se määräytyy kulutuskäyttäytymisestä. Kuvassa 6 on esitetty muutama esimerkki siitä, miten hintaan vaikuttaa volyyymi ja huipunkäyttöaika. Yksinkertaisuuden vuoksi on oletettu, että energiankäyttö jakaantuu halvan ja kalliin energian kesken samalla tavalla (sama suhde päivä/yö ja kesä/talvi) ja siten, että jako pohja-, keski- ja huipputehon kesken kussakin esimerkkikäyrässä on optimaalinen. Käyrien vaakasuorat lähdöt kuvaavat pienkuluttajaa (XO-tariffi), kaareva osa suurkuluttajaa (X1-tariffi).



**Kuva 5.** Tehon tarpeen vaihtelu arkipäivinä eri vuodenaikoina.

**Fig. 5.** The need of generating capacity as function of time of year.

#### Keskihinta mk/MWh



**Kuva 6.** Sähkön keskihinnan muodostuminen eri suuruisilla kuluttajilla ja eri huipunkäyttöajoilla IVO:n H-85 tariffirakenteen mukaan.

**Fig. 6.** The average price of electric power for consumers of different size and duration of maximum power demand according to the tariffs of IVO.

#### SÄHKÖN KESKIHINNAN MINIMOINTI

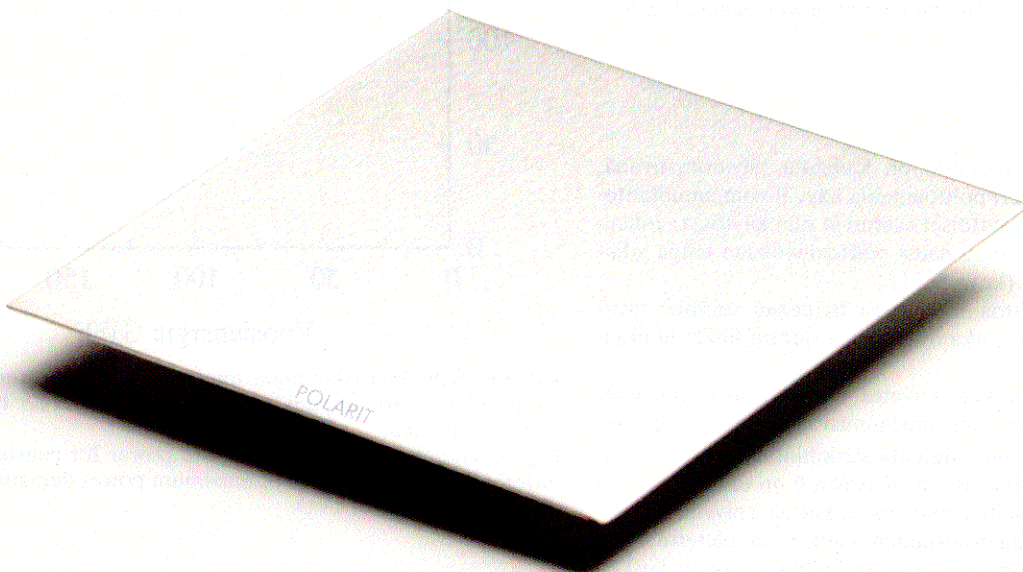
Tariffin avulla sähkön keskihintaa voidaan alentaa seuraavin keinoin:

1. Estä tilaustehon nousu valvomalla kulutushuippua. Kartoi-  
jatkuu sivulla 116

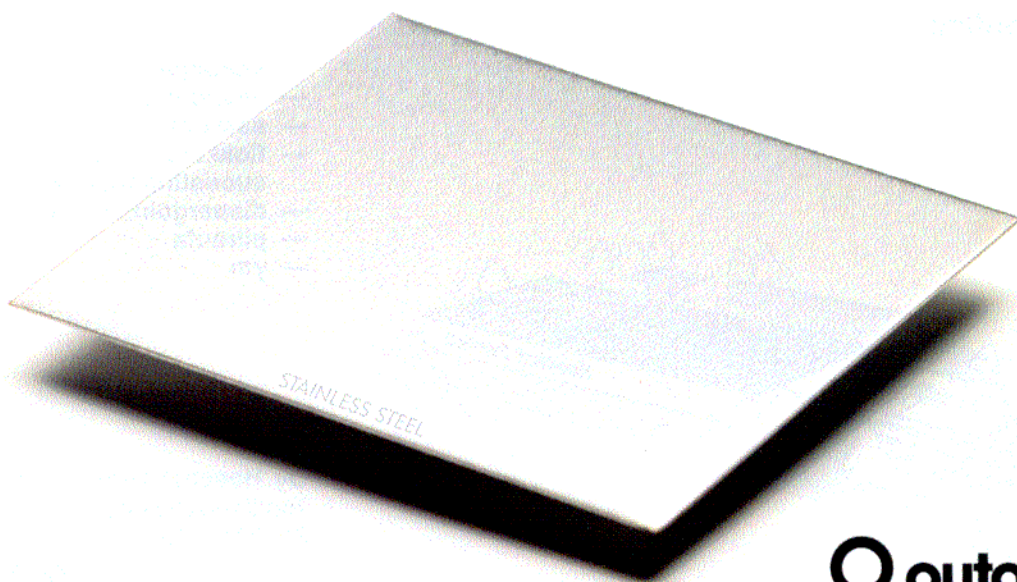


# ERO ON HUOMATTAVA.

Teollisuusyritykset jo 56 maassa päätyvät materiaali-  
valinnoissaan suomalaiseen Polarit-jaloteräkkeeseen. Miksi?  
Löytyisihän ns. vastaavia teräslautuja lähempäkin.  
Ne tietävät aivan liian hyvin, mitä "vastaava" yleensä  
tarkoittaa.







 **outokumpu**  
TERÄSTEOLLISUUS

95400 Tornio  
puh. 9698-4521,  
telex 3518 okto sf,  
telefax 9698-452 620

ta jo etukäteen laitteet, jotka tuotantoa häiritsemättä voidaan pysäyttää tilapäisesti. Tällaisia voivat olla esim. kairospumput, kompressorit, sähkölämmitys, eli kaikki, joissa on varastokapasiteettia tai kapasiteettireserviä.

Esim. kivennosto ja murskaus voidaan pysäyttää hetkelisesti, jos rikastamolla on riittävästi syötettä kivivarastoissa.

2. Siirry lämmityksessä vuorottaiskäyttöön, ts. käytä kesällä halpaa energiaa tilaustehosi ja tehonylitysoikeutesi puitteissa ja siirry talveksi käyttämään esim. öljyä.
3. Käytä laitosta jatkuvassa kolmivuoroajossa. Jos laitoksella on ylikapasiteettia, seisota sitä mieluummin arki- kuin pyhäpäivänä. Kaikkein edullisinta on, jos voit minimoida talviarkipäivän energiankäytön ja tehohuipun.
4. Eräissä tapauksissa voi oman diesel- tai kaasuturbiinikäyttöisen aggregaatin hankinta kannattaa. Tätä ajetaan silloin kun energian hinta on kallista ja estetään ulkoa tilattavan tehohuipun nousu.

### OMAVARAISUUS SÄHKÖN HANKINNASSA

Energiaintensiivinen teollisuus on Suomessa usein kokonaan tai osittain omavarainen sähkön suhteen. Syyt ovat monasti historiallisia, koska koko maan kattavaa sähkönhuoltoa ei ole aina ollut.

Eräät prosessit tuottavat erittäin edullisesti sähköä höyryn tai kaukolämmön kehityksen yhteydessä ja esim. sellun valmistuksessa sähköä syntyy yli oman tarpeen. Sähkön merkitys suomalaiselle prosessiteollisuudelle on koettu niin tärkeäksi, että kannattavuus- ja saatavuussyistä halutaan ylläpitää omavaraisuutta. Päätös omavaraisuudesta tehdään strategiisiin näkökohtiin perustuen.

Jos yhtiössä on oma voimanhuolto, se ei kuitenkaan automaattisesti merkitse että sähkö myydään sitä käyttäville laitoille alihintaan. Voimanhuoltoorganisaatio myy sitä tavallisesti siihen hintaan, minkä sähkö maksaisi ulkopuoliselta toimittajalta ostettuna. Näin voidaan mitata oman voimanhuollon kannattavuus. Jos se on positiivinen, on kaikki hyvin. Negatiivinenkin tulos voidaan hyväksyä vakuutusmaksuna sille, että sähköä omaan tarpeeseen on aina saatavilla. Tämä näkökohta tulee yhä tärkeämmäksi, jos saatavuutta ja toimintusvarmuutta poliittisella päätöksellä tai päättämättömyydellä heikennetään. Energiaan liittyvät toimenpiteet edellyttävät aina kauaskatseisuutta eikä rappeutumaan päästettyä sähköhuoltoa saada hetkessä palautettua kuntoon.

### SUMMARY

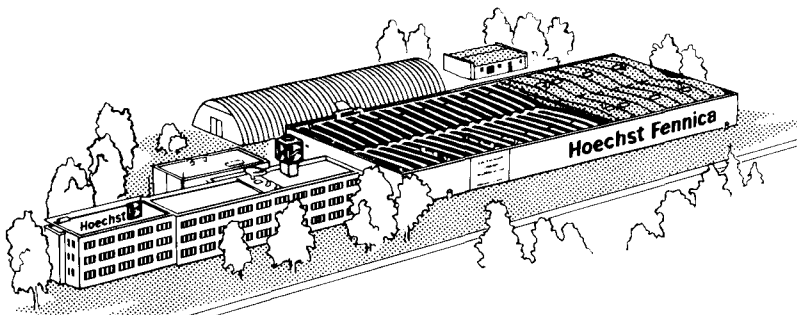
#### ELECTRICITY AS A COST FACTOR

The article explains the structure of the tariffs for electric energy in Finland and gives some clues how to cut down the average price of electric energy.

## Vuoriteollisuuskemikaalit

® Montanol ® Flotigam ® Flotinor ® Flotigol ® Arkopal ® Tylose ® Hostarex  
® Labufloc

- kokoojat
- vaahdotteet
- säätäjät
- flokkulointi- ja suodatinapuaineet
- dispergointiaineet
- piirauta
- ym



Oy Hoechst Fennica Ab  
Teollisuusosasto I  
PL 237, 00101 Helsinki

**Hoechst** 

# Materiaalien pintatutkimuksesta

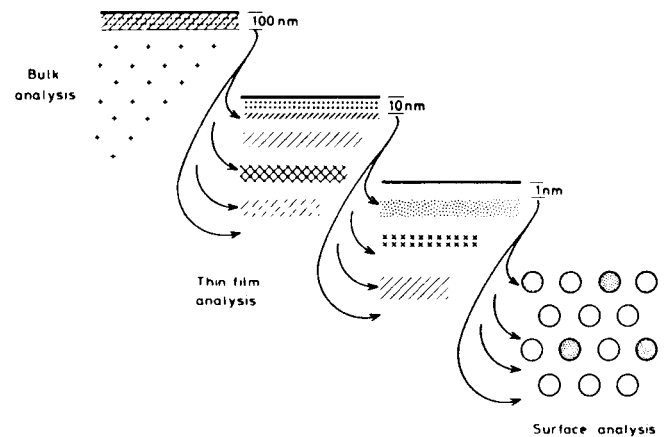
Prof. Eero Suoninen, Turun yliopisto, Fysikaalisten tieteiden laitos, Materiaalitieteen laboratorio.

Pintakerroksen rakenteen ja koostumuksen merkitys materiaalin ominaisuuksille ja hyväksikäytölle on useissa käyttösovellutuksissa ilmeinen ja periaatteessa ollut jo kauan tunnettu. Tyypillisenä esimerkkinä voidaan mainita tiettyjen metallien passivoituminen niitä tuhoavia kemiallisia reaktioita vastaan, joka on jo kauan tiedetty yhdistää niiden pinnalle muodostuvaan reaktiotuotekalvoon. Tässä mielessä on pintatutkimus materiaalitekniikassa jo perinteinen ja tietyllä tasolla hyvin hallittu tutkimusala, jonka tulokset ovat hyödyttäneet materiaalien valmistusta ja käyttöä jo pitkään. Toisaalta on materiaalitekniikassa suuri joukko erilaisia ilmiöitä, jotka nekin on jo kauan mielletty materiaalin pintaominaisuuksiin liittyviksi, mutta joiden ymmärtäminen ja hyväksikäyttö ovat osoittautuneet perinteiselle materiaalintutkimukselle ja sen käytettävissä oleville tutkimusmenetelmille varsin usein ylivoimaiseksi tehtäväksi. Luonteeltaan pääosin puhtaasti empiriset kokeilut ovat näissäkin tapauksissa tosin voineet tuottaa käyttökelpoisia menetelmäsovellutuksia. Esimerkkeinä tällaisista tilanteista voidaan pitää heterogeenisten katalyyttimateriaalien kehittämistä ja mineraalien vaahdotusta, jotka ovat olennaisesti kehittäneet kemian tekniikkaa ja rikastustekniikkaa huolimatta siitä, että tietämys näiden sovellutusten pohjana olevista perusilmiöistä on vasta viime aikoina alkanut kehittyä luotettavien koetulosten ja mallien pohjalla.

## MODERNI PINTATUTKIMUS

Parin viime vuosikymmenen aikana tilanteessa tapahtuneen muutoksen ovat saaneet aikaan tänä aikana yleistyneet uudet pintojen karakterisointimenetelmät, jotka ovat avanneet mahdollisuuksia kokeellisesti tutkia kiinteiden aineiden pintojen koostumusta ja rakennetta uudella tasolla. Tämä taso on massiivisten materiaalien (ammattikielellä "bulk") osalta jo kauan ollut rutiinikäytön vaatimuksia vastaava. Pintatutkimuksen kehitys on alkuun päästyään ollut yhä nopeampaa ja tuottanut leegion erilaisia menetelmiä, joiden lopullinen käytökelpoisuus jää luonnollisesti osittain tulevaisuuden arvoiteltavaksi. Useimmat niistä perustuvat jonkin tutkittavaan näytteeseen kohdistetun ulkopuolisen säteilyn ja näytteen välisten vuorovaikutusilmiöiden hyväksikäyttöön kuten bulk-tutkimuksissakin nykyisin yleisesti käytetyt menetelmät (röntgen-diffraktio, mikroskopia ja erilaiset optiset ja röntgenspektrometriset menetelmät). Olennainen ero pinta- ja bulk-tutkimusmenetelmien välillä on käytetyn signaalin kantamassa. Tällä käsitteellä tarkoitetaan sitä syvyyttä tutkittavan materiaalin pinnalta lähtien, johon asti käytetty menetelmä antaa tehokkaasti tietoa materiaalista. Tutkittaessa aineen bulk-rakennetta on tämän syvyyden oltava riittävän suuri, jotta aineen pinnan yleensä bulkista poikkeava rakenne ei vaikuta häiritsevästi paljon saatuaan signaaliin. Pintatutkimuksessa on edellytyksenä päinvastoin riittävän pieni signaalin kantama, jotta saatu tieto liittyy nimenomaan pinnalla vallitsevaan tilanteeseen.

Bulk- ja pintatutkimuksen menetelmälle asettamien erilais-



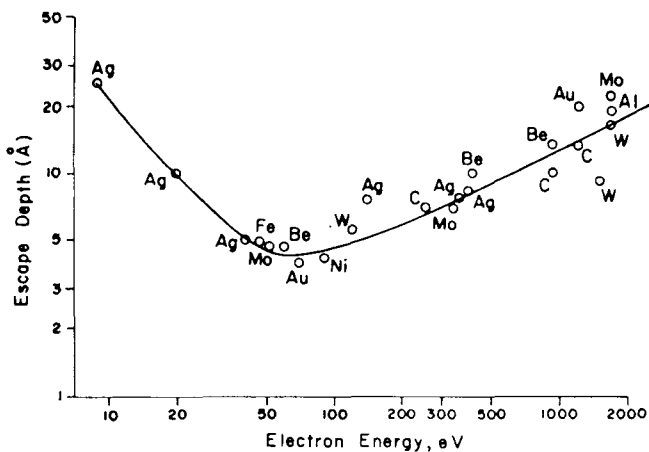
**Kuva 1.** Materiaalin pinnan tutkimuksen eri herkkyytasot tutkittavan pintakerroksen paksuuden mukaan luokiteltuna. Pintaherkkyys kasvaa siirryttäessä kuvassa vasemmalta oikealle. Tässä artikkelissa käsitellään etupäässä herkkimmän tason menetelmiä (surface analysis).

**Fig. 1.** Hierarchy of the different regimes of surface analysis.

ten vaatimusten välimaastossa esiintyy nykyisin etenkin puoli-johdetekniikassa tehtävälueita, joissa tutkimuksen kohteena on alustan päällä oleva kalvo (kuva 1). Signaalin kantamalle asetetut vaatimukset edustavat tällöin usein kompromissia tyypillisen bulk- ja pintatutkimuksen välillä.

## PINTATUTKIMUSMENETELMIEN PERIAATTEET

Vaatus käytetyn mittasignaalin suuresta pintaherkyydestä tekee useimmat bulk-tutkimuksissa käytetyt menetelmät varsinaisen pintatutkimuksen kannalta melko käyttökelvottomiksi. Tämä johtuu siitä, että niissä signaalina yleensä käytetyn sähkömagneettisen säteilyn (näkyvä valo, uv- tai röntgensäteily) kantama on pintatutkimuksen kannalta liian suuri, tyypillisesti satoja tai tuhansia atomikerroksia. Sama pätee läpivalaisuelektronimikroskopiaan, jossa käytetty korkea kiihdytysjännite (luokka 100 keV) antaa signaalina käytetyille elektroneille liian suuren kantaman. Jos elektronin energia on sen sijaan vain luokka 10–100 eV, on sen ns. epäelastinen vapaa matka (pakosyvyys) missä tahansa kiinteässä aineessa vain muutamien atomietäisyyksien suuruusluokkaa (kuva 2, sivulla 118). Raskaammilla varatuilla hiukkasilla päästään vieläkin parempaan pintaherkyyteen. Useimmat yleiseen käyttöön viime aikoina tulleet pintojen karakterisointimenetelmät perustuvatkin tämän takia pienenergiaisten varattujen hiukkasten (elektronit tai ionit) käyttöön signaalina. Signaalin aikaansaamiseen voidaan kyllä käyttää suuremman kantaman omaavia sähkömagneettisia säteitä tai nopeiden varattujen hiukkasten suihkuja. Menetelmien pintaherkkyys perustuu



Kuva 2. Elektronin epäelastinen vapaa matka (escape depth) eri väliaineissa elektronin kineettisen energian funktiona.  
Fig. 2. Inelastic mean free path of electrons vs. kinetic energy in different materials.

kuitenkin aina siihen, että näytteen emittoima signaali on tällöinkin etupäässä peräisin vain muutamasta ylimmästä atomikerroksesta.

## YLEISIMMÄT MENETELMÄT

Pinnoilla esiintyvän kaksidimensioisen kiderakenteen tutkimuksissa on yleisin menetelmä matalaenergiaelektronidiffraktio eli LEED (Low Energy Electron Diffraction), joka käyttää signaalina tavallisesti 10–100 eV:n energian omaavia elektroneja. Menetelmä muistuttaa periaatteiltaan Laue-röntgendiffraktiomenetelmää, mutta sen tekniikka ja saatujen tulosten tulkinta ovat Laue-menetelmää oleellisesti monimutkaisempia. Sen käyttö soveltavassa pintatutkimuksissa on sen takia ollut toistaiseksi suhteellisen vähäistä, joskin LEED-laitteisto kuuluu usein osana monipuolisiin pintatutkimuslaitteistoihin. Soveltavassa tutkimuksessa on tavallisin mielenkiinnon kohde pinnan kemiallinen koostumus ja sen lisäksi nykyisin yhä useammin tieto pinnalla esiintyvistä kemiallisista

sidosista. Näissä tutkimuksissa on eräs keskeinen menetelmä röntgenfototelektronispektroskopia eli XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy), josta myös käytetään sen kehittäjän, professori K. Siegbahnin käyttönottamaa lyhennettä ESCA (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis). Muita keskeisiä menetelmiä ovat Auger-elektronispektroskopia eli AES (Auger Electron Spectroscopy) ja sekundääri-ionimassaspektroskopia eli SIMS (Secondary Ion Mass Spectroscopy). Kaikki nämä kolme menetelmää ovat saavuttaneet vankan aseman, paitsi korkeakoulujen ja perustutkimusta suorittavien laboratorioden pintatutkimuksissa, myös teknisissä tutkimus- ja käyttölaboratorioissa. Suurimpia käyttäjiä lienevät nykyisin öljynjalostus, muovi- ja muu kemian teollisuus sekä metallurginen teollisuus. Nopeasti kasvavia asiakkaita ovat ympäristöntutkimus ja biomateriaalitekniikka. Elektroninen teollisuus ja siihen liittyvä laaja tuotekehitys ovat alusta lähtien käyttäneet hyväkseen erilaisia, usein juuri niiden tarpeisiin kehitettyjä muunnelmia ylläesitetystä perusmenetelmästä.

## XPS- ELI ESCA-MENETELMÄ

Taulukko 1 esittää kaavamaisesti yllämainittujen ja eräiden muiden suhteellisen yleisten pintatutkimusmenetelmien periaatteet. XPS-menetelmän erityisiä etuja ovat saatujen tulosten helppo ja suhteellisen luotettava tulkinta sekä mittauksen ”hellävaraisuus”, joka tekee sen erityisen soveliaaksi helposti vahingoittuvien näytteiden (esim. orgaaniset materiaalit ja adsorptioerrokset) tutkimuksiin. Suurin etu on kuitenkin XPS-menetelmän kyky määrittää pinnan atomien sidostila, joka on usein ratkaisevan tärkeä tieto pinnan kemiallisten reaktioiden ja faasikoostumuksen määrittämisessä. Menetelmän suurin rajoitus on sen suhteellisen vaatimaton pinnansuuntainen geometrinen erotuskyky, jonka takia XPS-menetelmää ei toistaiseksi ole kyetty kehittämään mikroanalyttiseksi. Viime aikana instrumenttikehitys on tosin parantanut pinnansuuntaista erotuskykyä n. 100–200 μm:n alueelle, jota voidaan pitää huomattavana edistysaskeleena.

## AES-MENETELMÄ

Pinnansuuntainen hyvä erotuskyky (luokkaa 10–1000 nm) on

**Taulukko 1.** Yleisimpien pintatutkimusmenetelmien yleiskatsaus (D. Briggs and M.P. Seah (toimittajat), Practical Surface Analysis by Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy. Wiley, 1983). Eri käyttötartpeiden kannalta sopivin menetelmä on merkitty suorakaiteella.

**Table I.** Survey of the more popular techniques for surface and interface analysis. (D. Briggs and M.P. Seah). The best method for a particular application is indicated by a rectangle.

Technique	Information (E = elemental, C = chemical)	Spatial resolution	Sampling depth monolayers	Sensitivity (order of)	Quantification (√ = easy)	Elements not covered	Popularity	Specimen preparation (√ = easy)	Ease of use	Extent of support data	Effective take-off year
AES	E*	0.2 μm	3	0.3 %	√	H, He	****	√	****	*****	1968
Atom probe FIM	E†	1 nm	1	1 %	√		*		*	**	1968
HREELS	C	1 mm	1	1 %			*	√	**	**	1970
ISS	E	1 mm	1	1 %	√	H, He	*	√	***	***	1967
RBS	E	1 mm	100	1 %	√	H, He	*	√	****	****	1967
SIMS (static)	C	1 mm	2	0.1 %			**	√	**	**	1970
SIMS (dynamic, imaging)	E	0.5 μm	40	1 p.p.m.	√‡		**	√	***	****	1968
SIMS (dynamic, depth prof)	E	50 μm	40	1 p.p.m.	√‡		**	√	***	***	1975
UPS	C	3 mm§	3	1 %		N/A	**	√	***	****	1969
XPS	C, E	0.2 mm§	3	0.3 %	√	H, He	****	√	****	*****	1967

\*C is available, but not with high spatial resolution due to electron stimulated desorption effects.<sup>45</sup>

†C may generally be deduced.

‡When compared with a close standard.

§1 μm resolution has been reported in a new instrument concept using an He UPS source and resolutions below 100 μm are calculated for XPS energies.<sup>51</sup>



taas AES-menetelmän tärkein etu. Varjopuolia ovat tulosten monimutkainen ja siitä johtuen XPS-tekniikkaa epävarmempi tulkinta sekä eräitä poikkeustapauksia lukuunottamatta huomattavat mahdollisuudet sidosten määrittämiseen. AES-tekniikassa signaalin herätykseen tavallisesti käytettävä primääri-elektronisäteily aiheuttaa myös usein muutoksia analysoitavissa pinoissa, jonka johdosta tämä tekniikka ei yleensä sovellu herkille näytteille.

### SIMS-MENETELMÄ

SIMS-menetelmä eroaa toimintatavaltaan edellisistä elektronispektroskopiamenetelmistä. Signaalin muodostavat primääri-ionisuihkun kohtion pinnasta irroitettavat sekundääri-ionit, jotka analysoidaan vasta niiden poistuttua kohtiosta. Signaali antaa siis vain epäsuoraa tietoa tutkittavasta pinnasta, ja tulokset ovat täysin riippuvaisia sekundääri-ionien emissiotehokkuudesta, joka riippuu varsin monimutkaisella tavalla eräistä pinnan rakenteen ja koostumuksen kannalta toisarvoisista tekijöistä. Tästä johtuen on tulosten tulkinta ja kvantitatiivinen analyysi vaikeata. Toisaalta on SIMS-menetelmä tässä käsitellyistä menetelmistä selvästi pintaharkin ja myös niitä oleellisesti herkempi pienien pitoisuuksien määrittämisessä, jonka takia se on ylivoimainen pienten hivenainemäärien kvantitatiivisessa havaitsemisessa. Erittäin mielenkiintoinen SIMS-prosessiin liittyvä piirre on se, että vaikka signaalin muodostavat ionit analysoidaan vasta niiden tultua irroitetuiksi näytepinnasta, emissio esim. muovipinnasta sisältää yleensä pinnan molekyylien karakteristisia fragmentteja, jonka johdosta SIMS-menetelmällä on laaja ja nopeasti kasvava käyttöalue orgaanisten pintojen analytiikassa. Menetelmä on myös sovellettavissa AES-tekniikan tavoin mikroanalyyysiin. Laiteteknisesti on SIMS-menetelmä nykyisin voimakkaassa kehitysvaiheessa, joka voi lähivuosina suuresti muuttaa sen luonnetta ja luoda oleellisesti uusia käyttösovellutuksia.

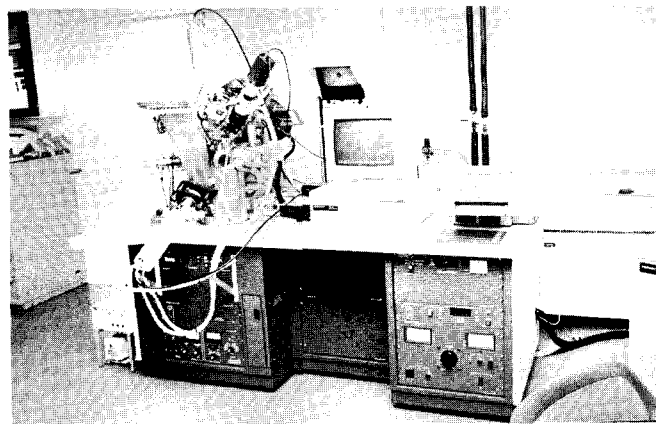
### PINTATUTKIMUKSEN KEHITYSTENDENSSIT

Ylläesitetyt menetelmät ovat erilaisen luonteensa takia ensisijaisesti toisiaan täydentäviä ja vain toissijaisesti keskenään kilpailevia menetelmiä. Tämän johdosta on kehitys pintatutkimuksessa kulkemassa kohti monipuolisia laiteyhdistelmiä, jotka tarjoavat mahdollisuuden valita kulloinkin suoritettavaan tutkimukseen sopivin menetelmä. Kun kunkin menetelmän vaatima laiteinvestointi on tyypillisesti useiden miljoonien suuruusluokkaa, on tällöin kysymys huomattavista sijoituksista. Tyhjötekniikassa saavutetaan huomattavia säästöjä sijoittamalla useampia toimintoja samaan laitteistoon, mikä myös tekee mahdolliseksi eri menetelmien soveltamisen samaan pintaan.

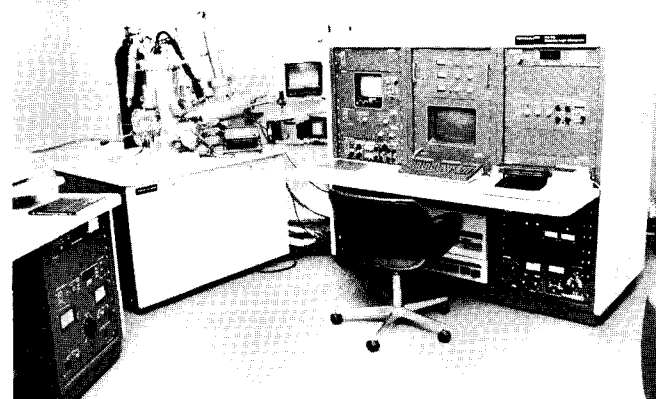
### SUOMEN PINTATUTKIMUSRESURSSIT

Suomessa on elektronispektrometrisiä pintatutkimuslaitteistoja hankittu useihin maamme korkeakouluihin jo noin kymmenen vuoden ajan. Noin vuosi sitten on maahamme hankittu myös ensimmäinen tällainen laitteisto teollisuuden toimesta. Useat näistä laitteistoista yhdistävät XPS- ja AES-tekniikan siten, että jompaakumpaa tekniikkaa edustavaan "dedikoi-tuun" laitteistoon liittyy toinen tekniikka lisävarusteena, mikä luonnollisesti jakaa laitteiston suorituskyvyn epätasaisesti menetelmien välillä. SIMS-tekniikka ei sen sijaan ole tähän asti ollut maassamme lainkaan edustettuna, vaan mm. teollisuutemme on turvautunut sen osalta Ruotsissa tarjolla oleviin palveluihin.

Kesän 1988 aikana on Turkuun hankittu uusi pintatutkimuslaitteisto (kuva 3), joka tarjoaa ensi kerran maassamme



a)



b)

**Kuva 3.** Turkuun v. 1988 hankittu uusi pintatutkimuslaitteisto: a) XPS-spektrometri b) AES/SIMS-laitteisto.

**Fig. 3.** The new surface research equipment recently acquired in Turku: a) XPS spectrometer b) AES/SIMS equipment.

mahdollisuudet kaikkien kolmen yllämainitun tekniikan käyttöön samassa laboratoriossa. Laitteisto koostuu alan kehityksen uusinta vaihetta edustavasta XPS-spektrometristä, joka sallii "puolimikroanalyyysi" n. 150  $\mu\text{m}$ :n erotuskyvyllä, ja AES/SIMS-laitteistosta, joka mahdollistaa samassa näytekammiossa tapahtuvina sekä AES-mikroanalyyysin (SAM = Scanning Auger Microprobe) että ns. kvadrupoli-ilmiasinta käyttävän SIMS-analyyysin. Näytteen siirto laitteistojen välillä voidaan suorittaa erillisessä pienessä näytekammiossa n. 1 mPa:n tyhjiössä. Samassa kammiossa voidaan kumpaankin laitteeseen luonnollisesti myös tuoda tyhjiössä näytteitä, jotka on valmistettu laboratorion ulkopuolella.

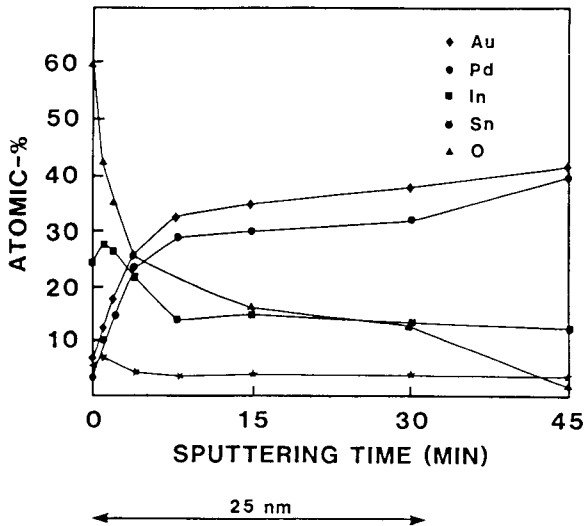
Laitteiston hankinnassa on pyritty ensisijaisesti saamaan maahamme pintatutkimuksen kemiallisia sovellutuksia ja niitä tarvitsevia tieteen ja tekniikan aloja (kiinteän olomuodon fysiikka ja kemia, metallien, keraamien ja muovien materiaalitekniikka, mineraalitekniikka ja öljynjalostus) palveleva moderni tutkimuslaitteisto. Hankkeen ovat toteuttaneet yhteisvoimin Turun yliopisto, Åbo Akademi ja eräät teollisuuslaitokset, jonka lisäksi rahoitusta on saatu jonkin verran valtion erillisvaroista.

Osakkaiden tutkimustarpeiden tyydyttämisen lisäksi tullaan laitteistolla suorittamaan palvelutoimintaa muille pintatutkimusta maassamme tarvitseville. Tämä järjestely on erittäin yleinen ulkomailta, jossa yleensä vain resurssiltaan ja tutkimustarpeiltaan huomattavan suuret konsernit hankkivat omia vaativampia pintatutkimuslaitteistoja. Paitsi laitehankintoihin tarvittavia suurehkoja sijoituksia on tähän syynä erikoiskoulutuksen saaneen henkilökunnan tarve ja sen tyydyttämiseksi tarvittava jatkuva koulutus, joka on luontevimmin järjestettävissä alalle erikoistuneissa laboratorioissa.



## ESIMERKKEJÄ SOVELTAVAN PINTATUTKIMUKSEN TUTKIMUSKOhteista SUOMESSA

Kuvissa 4–6 on esitetty eräitä esimerkkejä Turun yliopiston tähänastisella pintatutkimuslaitteistolla (v. 1978 hankittu ”vanhan polven” XPS/AES spektrometri) tehdyistä soveltavista pintatutkimuksista. Ne antanevat viitteitä pintatutkimuksen mahdollisuuksista maamme teollisuuden ja tekniikan palveluksessa. On kuitenkin syytä korostaa, että uuden laitteiston tarjoamat mahdollisuudet ovat huomattavasti tähänastisia suuremmat sekä laitteiston käyttökapasiteetin että monipuolisuuden suhteen. Nämä mahdollisuudet pyritään käyttämään optimaalisesti hyväksi.



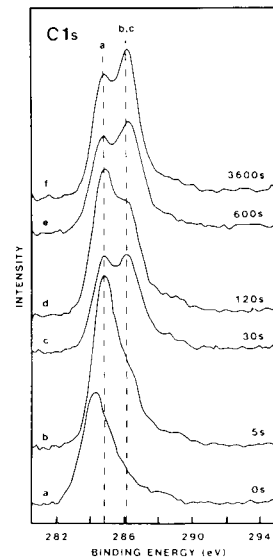
**Kuva 4.** XPS-mittausta ja näytteen pinnan ionipommitusta (sputtering) käyttäen suoritettu hammaslääketieteellisen metalliseoksen pintakerroksen koostumusanalyysi eri syvyyksillä pinnan alla (syvyysprofiilointi). Pinta edustaa sputrausaikaa 0, ja analyysi paljastaa sputrausaikan kasvaessa yhä syvemmällä sijaitsevia kerroksia. Tulokset osoittavat näytteen pinnalla muutaman nm:n paksuisen oksidikerroksen (analyysin pääkomponentti O), jossa päämetallikomponentti on indium ja joka sisältää vain vähän seoksen pääkomponentteja palladiumia ja kultaa. Tutkimuksen tekijä FL J. Hautaniemi.

**Fig. 4.** Example of depth profiling analysis of a dental alloy, carried out by alternating sputtering and XPS measurements. The external surface corresponds to the sputtering time 0, and the analysis reveals with increasing sputtering successively deeper layers below the original surface. The results indicate a superficial oxide layer of a few nm thickness (main component in this region is oxygen) with indium as the main metallic component. Concentrations of the main alloy components palladium and gold are small in this layer. (Studies by J. Hautaniemi, Lic. Phil.)

## SUMMARY

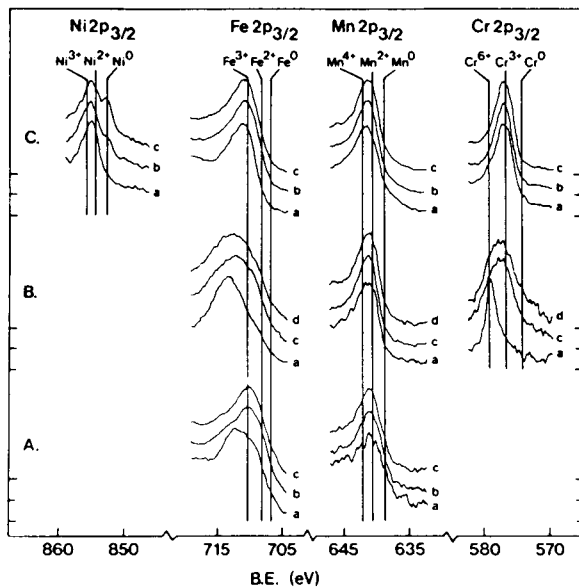
### RESEARCH OF MATERIALS SURFACES

After a short discussion of the importance of surface properties for the use of different materials, the principles of the most common modern surface research methods (XPS or ESCA, AES and SIMS) are briefly described. The new equipment including all these methods, acquired recently by a consortium organized by two universities in Turku, is presented. Several examples of applications of the electron spectroscopic techniques to practical problems in mining and metallurgy are presented.



**Kuva 5.** Esimerkki XPS-mittausten käytöstä vaahdotusilmiöiden tutkimuksissa: käsittelyajan vaikutus hiilen 1s-spektriin näytteestä, jossa synteettiselle kalkosiittialustalle on aikaansaatu eripituisilla käsittelyillä kaliumetyyliksantaattiliuoksessa ksantaatti-ionien adsorptiokerros. Komponentti b, c:n suhteellisen osuuden kasvu osoittaa adsorptiokerroksen kasvua käsittelyajan mukana. Tutkimuksen tekijä FK K. Laajalehto.

**Fig. 5.** Example of the use of the XPS technique in studies of flotation phenomena: the influence of treatment time on the carbon 1s spectrum from samples with an adsorption layer of xanthate ions prepared by treatment in a potassium ethyl xanthate solution. The increase of the contribution of the component labelled b, c shows the growth of the adsorption layer with treatment time. (Studies by K. Laajalehto, M.S.)



**Kuva 6.** XPS-mittausten sovellutus kationin hapetustilan määrittämiseen hitsaushuurujen sisältämissä metallioksidihukkasissa eri alkuaineiden emissioissa esiintyvien kemiallisten siirtymien avulla. Käytetty hitsausmenetelmä: A) MMA/MS B) MMA/SS C) MIG/SS. Tärkein tulos on 6-arvoisen kromioksidin esiintyminen käytettäessä hitsausmenetelmää B. Tutkimuksen tekijä dos. E. Minni.

**Fig. 6.** Application of the XPS technique to the determination of cation valencies in metal oxide dust particles in welding fumes, based on chemical shifts of the cation XPS signals. The welding method used: A) MMA/MS B) MMA/SS C) MIG/SS. The most important result is presence of hexavalent chromium oxide dust particles in method B. (Studies by E. Minni, Ph.D.)

# Savukaasujen kuiva rikinpoisto LIFAC-menetelmällä

DI Erkki Välimäki ja FM Timo Kenakkala, Oy Tampella Ab, Kattilateollisuus, Tampere

## JOHDANTO

Viime vuosina on tehty runsaasti kehitystyötä kaikkialla maailmassa tehokkaiden ja taloudellisten rikinpoistomenetelmien löytämiseksi. Myös Suomessa kehitystyö on ollut voima-peräistä sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Kehitystä on vauhdittanut rikkidioksidipäästöjen rajoittamiseen tähtäävä päästönormien valmistelutyö.

Vuoden 1984 lopulla Tampellan Kattilateollisuus aloitti kehitystyön, jonka tavoitteena oli saada aikaan tehokas, yksinkertainen ja taloudellinen hyvin voimalaitosympäristöön soveltuva rikkidioksidin poistomenetelmä. Perusajatuksena oli kehittää "kuiva" menetelmä, joka ei tuota jätevesiä ja jossa ei tarvitse käsitellä liuoksia eikä lietteitä.

Kehitystyötä tehtiin laboratorio-, koe- ja täysmittakaavaisissa laitoksissa. Nämä lukuisat kokeet ovat mahdollistaneet tarpeellisen tiedon saamisen prosessin suunnittelua ja jatkuvaa käyttöä varten. Imatran Voiman Inkon voimalaitoksella suoritettujen kenttäkokeiden saivat Imatran Voiman vakuuttaneeksi LIFAC-laitoksen tehokkuudesta ja käytettävyydestä. Päätös uuden LIFAC-reaktorin tilaamisesta tehtiin kesäkuussa 1987. LIFAC® = Limestone Injection into the Furnace and Calcium Oxide Activation (kalkkikiven syöttö tulipesään ja kalsiumoksidin aktivointi).

LIFAC-menetelmän avulla voidaan saavuttaa huomattava parannus rikkidioksidin poistossa verrattuna pelkän kalkkikiven injektointiin. Parhaat saavutetut tulokset ovat jopa verrattavissa märillä savukaasunpuhdistusmenetelmillä saavutettuihin tuloksiin, joten Tampellan LIFAC vastaa julkisissa keskusteluissa rikinpoistomenetelmälle esitettyjä vaatimuksia.

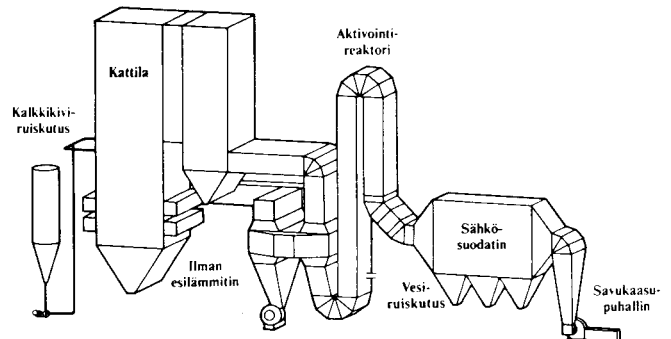
## PROSESSIN KUVAUS

Tampellan LIFAC-menetelmä on parannettu kalkkikiven injektointimenetelmä, jossa reagoimattoman kalkan aktivointi tapahtuu erillisessä reaktorissa vedellä. Laitteisto muodostuu kalkkikiven injektointilaitteista, aktivointireaktorista ja pölynerotuslaitteistosta (kuva 1.)

Hienoksi jauhettu kalkkikivi puhalletaan pneumaattisesti kattilan tulipesään kalkkikiven injektointilämpötilan ollessa 1000–1100°C. Osa rikkidioksidista reagoi tulipesässä muodostuneen kalsiumoksidin kanssa. Suurin osa kalsiumoksidista jää kuitenkin vielä reagoimatta.

Kokeet ovat osoittaneet, että vain 15–20 %:ia kalkkikives-tä hyödynnetään tulipesäinjektio- ja aktivointiprosessissa.

Reagoimaton kalsium aktivoidaan erillisessä reaktorissa lisäämällä savukaasujen kosteutta. Kalsiumin hyödyntämistä voidaan parantaa huomattavasti vesi-injektion aikaansaaman reaktiivisen ympäristön vaikutuksesta. Mitä lähemmäksi märkälämpötilaa savukaasut jäädytetään, sitä parempi rikkidioksidireduktio saavutetaan. Veden hajotus saadaan aikaan Tampellan kehittämän suutinjärjestelmän avulla käyttäen paineilmaohjaitteita suuttimia.



Kuva 1. Oy Tampella Ab:n Kattilateollisuudessa kehitetty LIFAC-menetelmä.

Fig. 1. The LIFAC-process, developed at Tampella Ltd., Boiler Division, Finland.

Reaktiotuote on kuivaa jauhetta, joka erotetaan savukaasusta sähkösuotimella tai letkusuodattimella. Pelkän kalkkikiven injektointi kattilaan lisää sähkösuotimen jälkeisiä pölypäästöjä. Savukaasujen kostutus parantaa sähkösuotimen erotuskykyä ja sähkösuotimen jälkeinen hiukkaspäästö laskee jopa alle pelkän hiilipolton tason.

Savukaasujen puhdistuslaitteiden tulisi olla luotettavia, helppoja käsitellä ja taloudellisia. Kalkkikiven kulutus muodostaa menetelmän suurimman käyttökustannuksen. Pienen kalkkikivimäärä, jolla aikaansaadaan vaadittu SO<sub>2</sub>-reduktio, määrittää poistuvan SO<sub>2</sub>-pitoisuuden pohjalta. Näistä syistä on aiheellista ohjata menetelmää ylempien tason ohjausjärjestelmän avulla, mikä helpottaa laitoksen toimintaa ja minimoi kalkkikiven kulutuksen.

## TOIMIVAT LAITOKSET

### Hiilikattilat

Tampellan Kattilateollisuus on suorittanut lukuisia laboratorio- ja kenttäkokeita tutkiakseen kalkkikivi-injektio- ja aktivointimenetelmän hyötysuhdetta ja toimivuutta. Kenttäkokeita on suoritettu 14 MW:n leijupetikattilalla sekä 150 MW<sub>c</sub>:n ja 220 MW<sub>c</sub>:n hiilipölykattiloilla.

LIFAC-menetelmän testaus on suoritettu aluksi Pohjolan Voiman Kristiinan voimalaitoksella. Kattila on 220 MW<sub>c</sub>:n hiilipölykattila, ja injektio- ja aktivointikokeet suoritettiin täysmittakaavassa. Kooreaktori, jonka mitoituskapasiteetti on 3 m<sup>3</sup>/s, asennettiin ilman esilämmittimen jälkeen.

Ensimmäinen täysmittakaavassa oleva LIFAC-menetelmä on toimitettu Imatran Voiman Inkon voimalaitokselle. Inkon voimalaitos tuottaa yhteensä 1000 MW:ia sähköä neljällä erillisellä tuotantoyksiköllään. LIFAC-rikinpoistolaitos on asennettu IV-blokkiin. Kalkkikiven injektointijärjestelmä riit-

tää täydelle kapasiteetille (260 MW<sub>e</sub>) ja reaktori on asennettu kattilan toiseen savukaasulinjaan. Reaktorissa on käsitelty 30–120 m<sup>3</sup>/s:n suuria savukaasumääriä.

Inkoossa suoritettujen onnistuneiden käyttökokeiden jälkeen Imatran Voima päätti tilata LIFAC-reaktorin käsittelemättömille savukaasuille blokissa IV. Päätös tehtiin kesäkuussa 1987 ja yksikön tuli olla valmis vuoden 1988 alussa. Sen jälkeen kaikki savukaasut blokissa IV käsitellään LIFAC-menetelmällä. Uuden LIFAC-reaktorin mitoitussarvot ovat seuraavat:

Hiili:	määrä 26.7 kg/s	
	rikki 1.5 %	
Savukaasu:	virtaus 120 m <sup>3</sup> /s	
	lämpötila 125°C	
SO <sub>2</sub> -päästö:	200 mg/MJ	

### Öljykattilat

LIFAC-menetelmää öljypoltolla on kokeiltu Neste Oy:n polttolaboratoriossa Kulloossa. Prosessin testaus ja jatkuvan käytön käyttökokeet on suoritettu 8 MW<sub>th</sub>:n monipolttolaitteella Kulloossa. Tutkittiin keskeisiä suunnitteluparametreja kuten eri absorbointiaineita, käyttöolosuhteita, suutinalueen suunnittelua ja sähkösuotimen erotuskykyä. Koeohjelma sisälsi pitkäaikaiskokeita ja sarjan lyhyitä parametrisiä seulonkokeita. Koeajoissa tutkittiin lämpötilaeron märkälämpötilaan, sisääntulevan SO<sub>2</sub>-pitoisuuden, savukaasujen nopeuden ja absorboivan aineen konsentraation vaikutuksia rikkidioksidin poistoasteeseen.

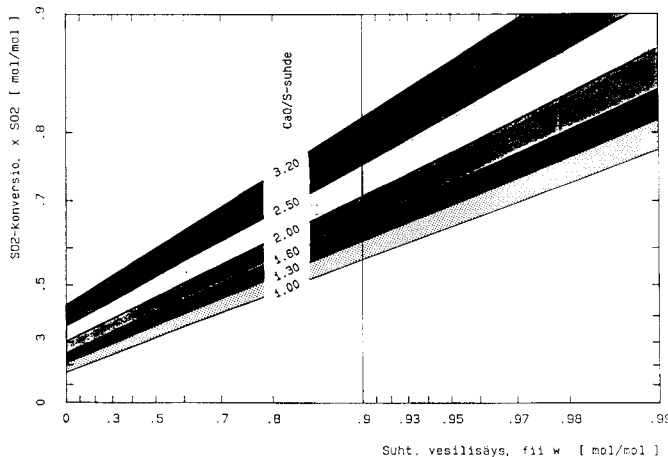
### PROSESSIN SUORITUSKYKY

Prosessin testausta on suoritettu sekä hiili- että öljykattiloissa. Koetulokset osoittavat, että päästötasoon voidaan vaikuttaa säättämällä prosessiin syötettävän kalkkikiven määrää ja kostuttamalla savukaasut.

Kuvassa 2 näkyy Ca/S-moolisuhteen vaikutus ja vesi-injektion vaikutus rikinpoistoon.

Pallomaiset kohdat kuvassa ilmaisevat Inkoon täysmittakaavassa suoritettujen koeajojen tuloksia talvella 1986–87.

Kuvassa 2 rikkidioksidikonversio on merkitty suhteelliseen vedenlisäykseen nähden ( $\varphi$ ).  $\varphi$  on laskettu savukaasuihin ruiskutetun veden määrästä seuraavasti:



**Kuva 2.** Ca/S-moolisuhteen ja veden lisäyksen vaikutus rikinpoistoon LIFAC-menetelmässä.  
**Fig. 2.** The effect of Ca/S molar ratio and addition of water on SO<sub>2</sub>-removal in the LIFAC-process.

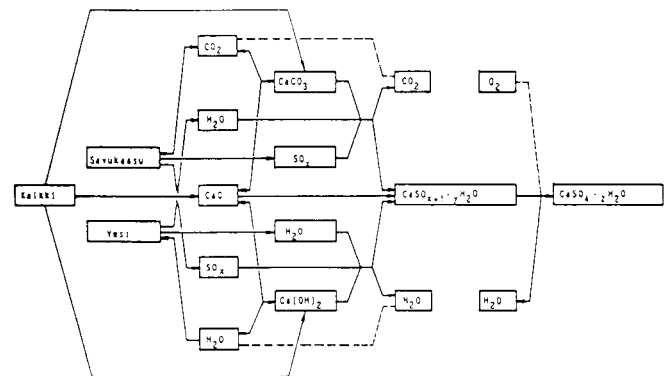
$$\varphi = \frac{m^i}{m^d}$$

jossa  $m^i$  = lisätyn veden määrä  
 $m^d$  = veden määrä, joka tarvitaan jäähdyttämään savukaasut märkälämpötilaan

Savukaasujen rikinpoisto käyttämällä LIFAC-menetelmää koostuu monista kemiallisista reaktioista. Nämä reaktiot tapahtuvat kattilan tulipesässä, kanavistossa ja reaktorissa. Miten nämä reaktiot tapahtuvat, riippuu mm. seuraavista tekijöistä:

- injektio- ja lämpötilaprofiili
- prosessin eri vaiheiden profiilit
- savukaasun eri yhdisteiden osapaineet
- kiinteiden hiukkasten fysikaaliset ominaisuudet
- vesipisaroiden määrä ja koko kostutuksessa
- hiukkasten sekoittuminen
- hiukkasten viipymäaika tulipesässä ja reaktorissa.

Koko järjestelmän teoreettinen hallinta on monimutkainen. Ottamalla huomioon tärkeimmät tekijät on mahdollista muodostaa matemaattinen malli LIFAC-menetelmälle. Kemialliset reaktiot, jotka on otettu mallissa huomioon, on esitetty kuvassa 3.



**Kuva 3.** SO<sub>2</sub>-absorption reaktiokaavio.  
**Fig. 3.** The reaction diagram of the SO<sub>2</sub>-absorption.

Periaatteessa rikkidioksidireduktio on suuri, kun viipymäaika on pitkä. Ca/S-moolisuhte on suuri ja savukaasut jäähdytetään lähelle märkälämpötilaa. Käytännössä tämä prosessimalli johtaa korkeisiin investointi- ja käyttökustannuksiin. Lisäksi se johtaa prosessiin, joka toimii lähellä kastepistettä ja on vaikeasti ohjattavissa. Näistä syistä johtuen prosessimallia on tarkistettu ottamalla huomioon empiiriset tulokset.

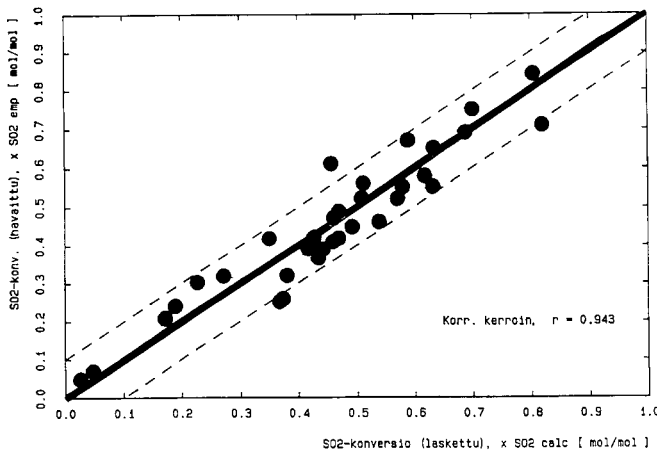
Mallin vastaavuus empiirisiin tuloksiin on esitetty kuvassa 4.

Menetelmän testaus talven 1986–87 aikana oli perusteellinen sekä Inkoon täysmittakaavassa olevassa laitoksessa että Kullon koelaitoksessa. Tärkeimmät saavutetut tulokset ovat:

- oikeaksi osoittautuneet suunnittelukriteerit
- oikeaksi osoittautunut tekninen luotettavuus
- luotettavuus jatkuvassa käytössä
- matemaattisen mallin perusta.

### LOPPUTUOTE

Rikkidioksidin poistojärjestelmässä syntyneiden reaktiotuotteiden käsittelemisestä saattaa aiheutua huomattavia kustannuseroja riippuen menetelmästä ja tuotteiden hyödyntämismahdollisuuksista. Erilaisten LIFAC-lopputuotteiden likimääräiset kemialliset koostumukset on esitetty taulukossa 1.



**Kuva 4.** Matemaattisen mallin vastaavuus eri LIFAC-laitoksilla saavutettuihin empiirisiin tuloksiin.

**Kuva 4.** The correspondence of mathematical model to the empirical results achieved at different LIFAC-plants.

**Taulukko 1.** LIFAC-lopputuotteet.

**Table 1.** LIFAC end products.

Polttoaine	öljy POR 650	Hiili USA:sta
rikkipitoisuus	2,5	1,5
tuhkapitoisuus	< 1	10–15 %
Reaktiotuote	Ca/S 1,5–2	Ca/S 1,5–2
lentotuhka	–	50–70 %
CaSO <sub>4</sub>	15–20	10–15 %
CaSO <sub>3</sub>	30–25	10–15 %
Ca(OH) <sub>2</sub>	25–30	5–15 %
CaCO <sub>3</sub>	15–20	< 5 %
kosteus	< 5	< 3 %

LIFAC-prosessissa syntyvää reaktiotuotetta voidaan hyödyntää maantäyttöaineena. Itse reaktiotuote ei sisällä mitään vahingollisia raskasmetalleja ja alkalisuudesta johtuen se vähentää lentotuhkan raskasmetallien liukenevuutta. Tuotteen sisältyvä kalsiumsulfidi on hyvin stabiili, ja esimerkiksi kaatopaikoille varastoinnissa pienet sadeveeten liuenneet sulfidimäärät hapettuvat sulfaateiksi.

## TALOUDELLISUUS

Rikinpoistokustannukset riippuvat suuresti laitoskoosta, rikkidioksidin reduktioasteesta ja valitusta menetelmästä varsinkin käytettäessä märkiä tai puolikuivia menetelmiä.

LIFAC-menetelmän investointikustannukset koostuvat kalkkikiven injektointilaitteista, reaktorista ja tuhkan käsittelylaitteista. Hiilikattiloissa hiukkaserotin saattaa olla alkupe- räinen sähkösuodatin tai letkusuodatin puhuttaessa olemassa-

## SUMMARY

### DRY FLUE GAS DESULFURIZATION BY THE LIFAC-PROCESS

To be fully adopted in the utility industry it is essential for a desulfurization process that it is economically viable, meets emission standards and is fully reliable in continuous operation. The industrial LIFAC has been developed and designed on the basis of the results of the pilot and full-scale tests, which are briefly described in this paper.

An economic study clearly indicates that the LIFAC-process is an economical process when compared with wet or spraydrying processes. According to the cost level of the year 1986 the total costs for desulfurization vary from 4 to 6 FIM/MWh calculated per fuel heat output within the range of 150

**Taulukko 2.** LIFAC-menetelmän kustannukset. Huippukäyttöaika 6000 h, taloudellinen kestoikä 25 vuotta, korko 5 %.  
**Table 2.** The costs of the LIFAC-process. Peak operational time 6000 h, economical lifetime 25 years, interest 5 %.

Polttoaine	Öljy	Hiili	Hiili	Hiili	Hiili
S %	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Polttoaineteho MW	150	150	850	850	1250
SO <sub>2</sub> -päästö mg/MJ	230	230	230	140	140
Investointi FIM/kW	150	130	70	70	65
Käyttökustannukset					
FIM/MWh					
Kalkkikivi	2,6	2,0	1,5	1,8	1,8
Sähkö	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Vesi	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Lopputuote	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Kunnossapito	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2
Työ	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
FIM/MWh	4,2	3,6	2,9	3,2	3,1
Kokonaiskustannukset					
FIM/MWh	6,0	5,2	3,7	4,0	3,9

olevista kattiloista. Useimpiin olemassaoleviin öljykattiloihin ei kuulu tuhkan käsittelylaitteita. Siten investointikustannukset öljypoltossa ovat suuremmat kuin hiilipoltossa.

Kuten kaikissa savukaasun rikinpoistomenetelmissä LIFAC-menetelmässäkin absorptiokemikaalien kulutus muodostaa suurimman käyttökustannuksen.

Taulukossa 2 LIFAC-menetelmän kustannukset on laskettu öljy- ja hiilipoltossa eri laitosko'oille. Laskelma perustuu vuoden 1986 kustannustasoon Suomessa.

## YHTEENVETO

Tullakseen täysin hyväksytyksi yleishyödylliseen teollisuuskäyttöön on tärkeää, että rikinpoistomenetelmä on taloudellisesti käyttökelpoinen, että se vastaa päästönormeja ja että se on täysin luotettava jatkuvassa käytössä. Teollinen LIFAC-menetelmä on kehitetty ja suunniteltu koe- ja täysmittakaavassa tehtyjen kokeiden tulosten pohjalta.

Taloudellisuustutkimus osoittaa selvästi, että LIFAC-menetelmä on taloudellinen menetelmä verrattuna märkiin tai puolikuiviin menetelmiin. Vuoden 1986 kustannustason mukaan rikinpoiston kokonaiskustannukset ovat 4–6 FIM/MWh polttoainetehoa kohti alueella 150–1250 MW.

Ensimmäinen täysmittakaavassa oleva LIFAC-laitos toimii Imatran Voiman voimalaitoksessa. Hyvin intensiivisen koejakson jälkeen talvella 1986–1987 Imatran Voima tilasi uuden LIFAC-reaktorin Inkoon voimalaitokseensa. Uusi reaktori tuli käyttöön vuoden 1988 alussa.

Uusista LIFAC-toimituksista on sovittu ensi vuodelle, 1989. Tällöin LIFAC-laitokset toimitetaan Vantaan sähkölaitoksen Martinlaakson voimalaitokseen sekä massa- ja paperitehtaaltealle Baikaliin. Neuvostoliittoon.

to 1250 MW.

The first full-scale LIFAC-plant is operating at Imatran Voima's power plant in Inko, Finland. After a very intensive test period in the winter of 1986–1987, Imatran Voima ordered a new LIFAC-reactor for their power plant in Inko. The new reactor started operation at the beginning of 1988.

New LIFAC deliveries under contract will occur during this next year, 1989, when the LIFAC system will be delivered to Vantaa electricity board and to a pulp and paper factory in Baik, Soviet Union.

# Kuumataonta — kehittämisen arvoinen valmistusvaihtoehto

TkL Jyrki Kohopää, Teknillinen korkeakoulu, Konepajatekniikan laboratorio, Otaniemi

TkT Seppo Kivivuori, Teknillinen Korkeakoulu, Metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, Otaniemi

## JOHDANTO

Kuumataonta on eräs vanhimmista metallituotteiden valmistusmenetelmistä. Taonnalla voidaan saavuttaa hyvät työkalupaleen mekaaniset ominaisuudet, kuten lujuus ja sitkeys, lyhyt tuotannon kappaleaika ja korkea tuottavuus. Taottujen tuotteiden jälkityöstötarve on usein vähäinen ja menetelmällä voidaan valmistaa erittäin monimuotoisia kappaleita. Lisäksi käytettävissä oleva taontaan sopiva materiaalivalikoima on erittäin laaja käsittäen tavalliset rakenne-, nuorutus-, hiiletytys- ja nitrausteräiset, useimmat erikoisteräiset sekä laajan joukon ei-rautametallisia seoksia, kuten Al-, Cu-, Ti- ja Ni-seokset.

Taonnan haittapuolina voidaan pitää korkeita työkalukustannuksia sekä työkalujen suunnittelun ja valmistuksen vaatimaa suurta työmäärää ja pitkää toimitusaikaa. Tästä syystä taonta on muodostunut taloudelliseksi valmistusvaihtoehdoksi vasta melko suurilla tuotettavilla kappalemäärillä. Lisäksi tuotantokoneiden asetusajat ovat usein pitkiä, joten toistuvassa tuotannossakin tuotteita joudutaan tavallisesti valmistamaan menekkiin nähden liian suurissa sarjoissa.

## MUOVAUKSEN TEKNOLOGIAOHJELMA

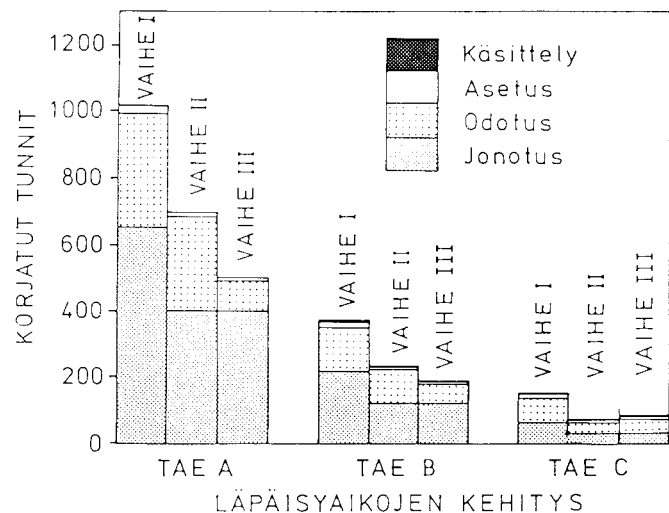
Teknologian kehittämiskeskuksen muokkaus- ja muovaustekniikan teknologiaohjelman takomisprojektin tavoitteena on ollut lisätä muovausteknistä tietämystä, ja siten tehostaa taonnalla saavutettavien etujen hyödyntämistä ja toisaalta pienentää edellä esitettyjen haittapuolien vaikutusta. Projektin painopistealueina ovat olleet tuotantoprosessien joustavuuden ja tuottavuuden lisääminen, työkalujen suunnittelu-, valmistus- ja käyttökustannusten pienentäminen sekä tuotannon samoin kuin työkalujen suunnittelun ja valmistuksen läpäisyajojen lyhentäminen. Lisäksi projektin aikana pyritään lisäämään tietämystä erilaisten materiaaliryhmien taonnasta sekä menetelmistä, joilla takeiden mittatarkkuutta ja laadun tasaisuutta voidaan parantaa.

## TUOTANNON KEHITTÄMINEN

Vuime vuosina on suomalainen metalliteollisuus lähtenyt noudattamaan japanilaisen tuotantoajattelun periaatteita. JOT-tuotanto on muodostunut jokapäiväiseksi käsitteeksi. Pienet sarjat, lyhyet läpäisyajat ja tuotannon joustava automatisointi ovat nyt täyttä todellisuutta useissa suomalaisissa konepajoissa. Myös takomoteollisuuden on pysyttävä mukana tämän päivän tuotantotekniikan kehityksessä ja vastattava muun metalliteollisuuden vaatimuksiin ja haasteisiin.

### Investoinnit

Perinteisesti suursarjatuotannon periaatteilla toimivien takomoiden kehittäminen nousi takomisprojektin yhdeksi avainalueeksi. Fagerholm /1/ kartoitti tutkimuksessaan investoin-



**Kuva 1.** Kolmen tyyppitakeen läpäisyajojen kehitys. Vaihe I. Vanhat koneet vanhoissa tuotantotiloissa. Vaihe II: Uusi tuotantokalusto vanhoissa tiloissa. Vaihe III: Uudet koneet uusissa tiloissa (uusi layout) /1/.

**Fig. 1.** Development of the production time for three typical forgings. Stage I: Old machines and old layout. Stage II: New machines and old layout. Stage III: New machines and new layout /1/.

tien vaikutusta takomon läpäisyajoihin. Kehitystyö oli jaettu kolmeen vaiheeseen, kuva 1. Ensimmäisessä vaiheessa kuvan läpäisyajat on saavutettu vanhoissa tiloissa vanhoilla koneilla. Toisessa vaiheessa kartoitettiin koneinvestointien vaikutusta läpäisyajoihin, ja kolmannessa vaiheessa uusiin tiloihin sijoitetun tarkoituksenmukaisen layout-ratkaisun tuomia etuja. Koneinvestoinneilla voitiin vähentää työnvaihe- ja jonotusajojen kestoa ja layout-muutoksilla tuotannon odotusaikojen kestoja kuvan 1 mukaisesti. Yhdistettynä näillä toimenpiteillä voitiin oleellisesti lyhentää takeiden läpäisyajoja /1/.

### Lyhyet sarjat

Jyrämän tutkimukset /2,3/ keskittyivät lähemmin joustavan tuotannon tärkeimmän elementin, lyhyiden sarjojen tehokkaan tuotannon, takomoiden suunnittelulle ja tuotannon järjestelyille asettamiin vaatimuksiin. Jyrämän tutkimuksien painopistealueina olivat piensarjatuotannon takomon layout-suunnittelulle, materiaalien varastoinnille, tuotannonohjaukselle ja tarkastustoiminnalle sekä taontaprosessin kappaleenkäsittelylle, kuljetuksille ja asetuksille asettamat vaatimukset.

### Joustava automaatio

Edellä esitettyjen kokonaisvaltaisten takomisprosessien kehittämistutkimuksien lisäksi projektissa on kartoitettu joustavan tuotantoautomaation tehokkaan soveltamisen mahdollisuuk-



sia takomisprosesseissa /4/. Koska taontaprosessit ovat vielä nykyisin pääosin toteutettu manuaalisen taonnan tarpeita vastaaviksi, joudutaan tuotannon eri osa-alueisiin investoimaan voimakkaasti, ennen kuin joustavan automaation laajempi soveltaminen tulee mahdolliseksi. Selvityksen mukaan joustava automatisointi asettaa uusia vaatimuksia varsinkin seuraaviin tuotantoprosessin osa-alueisiin /4/:

- kappaleen käsittely
- aihoiden paloittelu
- aihoiden esimuotoilu
- aihoiden kuumennus
- takomuottien suunnittelu
- takomuottien voitelu
- tuotantolinjojen asetukset.

## TYÖKALUTEKNIikka

### CAD/CAM-tekniikka

Työkalutekniikan osalta projektissa on pyritty toisaalta lyhentämään työkalujen suunnittelu- ja valmistusaikoja ja toisaalta pidentämään työkalujen kestoikää. Tutkija Paron tutkimustyössä /5,6/ on käsitelty tietokoneavusteista takomuottisuunnittelua. Sen puitteissa on kehitetty kaupallisesta CAD-ohjelmistosta lavennettu työkalujen suunnittelumenetelmä, jossa empiiristä teknologista tietoa on pyritty mahdollisuuksien mukaan ohjelmoimaan osaksi suunnitteluohjelmistoa, ja näin pyritty automatisoimaan työkalujen suunnitteluprosessia. Suunnittelun lisäksi ohjelmiston avulla voidaan generoida NC-työstökoneiden työstöradat ja siirtää ne DNC-linkin välityksellä suoraan työstökoneisiin näiden ohjauksien ymmärtämässä muodossa.

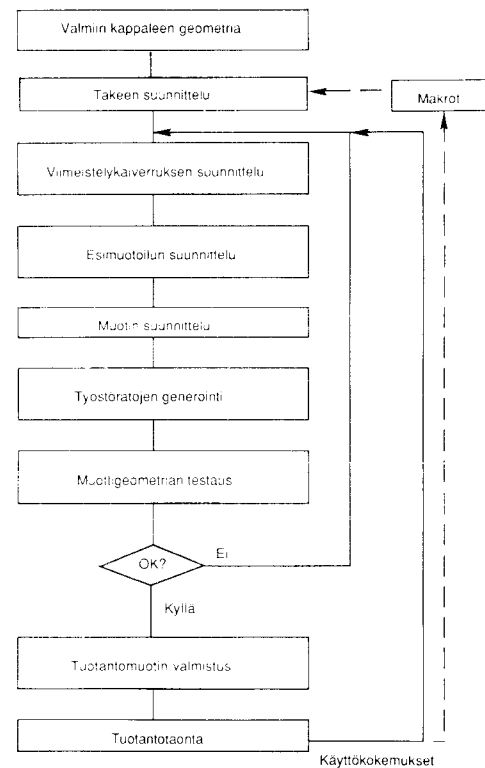
Projektin aikana kehitetyn suunnittelualgoritmin periaate on esitetty kuvassa 2. Suunnittelun lähtökohtana on tarvittavan tuotteen valmis geometria, jonka perusteella suunnitellaan sekä tae että sen taonnassa tarvittavat muotit. Tarvittava teknologinen tieto on ohjelmoitu makro-ohjelmiksi. Makrojen kehitystyö on edelleen käynnissä ja tulevaisuudessa takomuottien suunnittelua voitane edelleen tehostaa tietämystekniikan ja plastisuusteoreettisten laskentamenetelmien avulla /5/.

### Mallimateriaalitekniikka

Suunnitellun työkalun geometrian soveltuvuutta voidaan arvioida fysikaalisten mallintamismenetelmien avulla /7/. Käytettyin fysikaalinen mallintamismenetelmä on mallimateriaalitekniikka. Plastiliini, kaupalliselta nimeltään Filia, on pohjoismaissa eniten käytetty mallimateriaali ja se soveltuu hyvin jäljittämään teräksen kuumataontaa. Taontakokeissa käytetyt koemuotit voidaan valmistaa esim. muovista tai puusta, koska työkaluihin kohdistuva rasitus on pieni mallimateriaalien alhaisesta muodonmuutoslujuudesta johtuen. Mallikokeiden avulla voidaan tutkia metallin virtausta ja muotien täyttymistä halvoin koemenetelmin laboratorio-olosuhteissa. Näin menetellen voidaan tarpeelliset geometriakorjaukset suorittaa ennen varsinaisten tuotantomuottien valmistamista. Lisäksi mallimateriaalikoikeilla voidaan helposti saada suunnitteluohjelmiston kehittämisessä tarvittavaa tietoa ilman kalliita ja suuritöisiä tuotantokokeita.

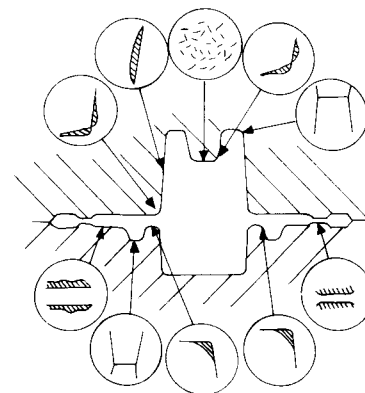
### Työkalujen kuluminen

Työkalujen kestoikä on kuumamuovauksessa usein tuotantokustannuksiin oleellisesti vaikuttava tekijä. Työkalujen kestoikää parantamalla voidaan työkalukustannuksia ja työkalurikkokojen aiheuttamia tuotannon keskeytymisiä vähentää huomattavasti. Lisäksi tuotantokatkoista aiheutuvia haittoja voidaan vähentää toimenpiteillä, joilla työkalujen kuluminen saadaan tasaiseksi ja hallituksi. Tällöin työkalujen kestoikä



**Kuva 2.** Tietokoneavusteisen takomuottien suunnittelu ja valmistus /5/.

**Fig. 2.** Computer aided design and manufacture of forging dies /5/.



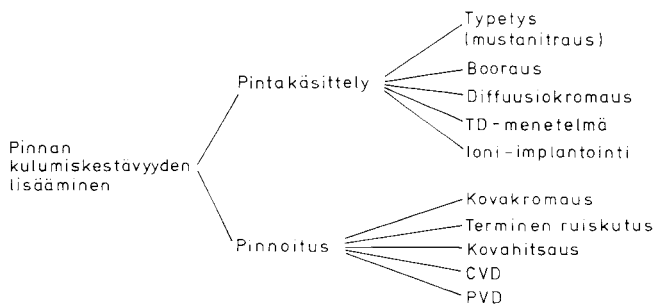
**Kuva 3.** Kuumamuovaustyökalujen kulumismekanismit /9/.

**Fig. 3.** Modes of hot working tool failure /9/.

voidaan ennustaa ja työkalujen vaihdot ja korjaukset sovittaa tuotannon kannalta optimaaliseen ajankohtaan.

Muottien kestoian lisäämiseksi on projektin yhteydessä pyritty löytämään menetelmiä, joilla työkalujen kulumiskestävyyttä voidaan parantaa /8,9,10,11,12/, sekä kartoittamaan päällehitsauksen suomia mahdollisuuksia kuluneiden muottien korjauksessa /13,14/.

Kuumamuovaustyökalujen kuluminen aiheutuu useiden samanaikaisesti vaikuttavien kulumismekanismien yhteisvaikutuksesta, kuva 3. Prosessiolosuhteista riippuen jokin kulumismekanismi muodostuu hallitsevaksi, ja siten määrää pääasias-



**Kuva 4.** Muovaavien työkalujen kulumiskestävyyden parantamiseen käytettäviä pintakäsittelymenetelmiä.  
**Fig. 4** Surface treatments used in increasing the wear resistance of metal-forming tools.

sa työkalulla saavutettavan kestoian. Työkalujen ja kuluvien koneenelimiä kulumiskestävyyden parantamiseen on olemassa lukuisia määriä erilaisia menetelmiä. Kuvaan 4 on kerätty menetelmiä, joita on käytetty muovaavien työkalujen pinnan kulumiskestävyyden lisäämiseen.

Suoritetuissa tutkimuksissa /9,10,12,13/ kartoitettiin erilaisen typetyskäsittelyiden, PVD-pinoituksen, kovakromauksen ja kovahitsauksen vaikutuksia kuumamuovaustyökalujen kulumiskestävyyteen erilaisissa prosessiolosuhteissa. Typetyksen ja siitä kehitetyn QPQ-käsittelyn eli mustanitruuksen todettiin sopivan nopeatoimisten koneiden työkaluihin, joiden lämpötila pysyy muovausprosessin aikana melko alhaisena. PVD-pinoitettuja työkaluja kokeiltaessa osoittautui, että TiN-pinnoite hapettuu voimakkaasti kuumamuovauksessa käytetyissä lämpötiloissa. Tästä syystä pinnoitteeksi valittiin TiAIN, jonka hapettuminen ko. lämpötiloissa on huomattavasti vähäisempää. Kokeissa todettiin kuitenkin kovan pinnoitteen murtuvan melko pehmeän perusaineen päällä ja johdettavan vähitellen muovattavan materiaalin tahmautumiseen työkalun pinnalle. Kovakromauksella on saatu hyviä tuloksia työkaluissa, joihin ei kohdistu voimakkaita pistemäisiä kuormituksia. Samoin kovahitsauksen käyttö tuntuu lupaavalta, mikäli hitsauslisäaine pystytään valitsemaan prosessiolosuhteisiin sopivaksi.

**Uudet työkalumateriaalit**

Työkalut voidaan myös kokonaan valmistaa materiaalista, joka kestää työkaluteräksiä paremmin kuumamuovauksessa syntyvät rasitukset. Alustavissa käyttökokeissa nikkeli-pohjaisilla superseoksilla ja TZM-molybdeeniseoksella on saatu lupaavia tuloksia prosesseissa, joissa työkaluihin kohdistuu voimakkaita termisiä rasituksia. Johtuen näiden erikoiseoksien suhteellisen korkeasta hinnasta kiinnostus ei-rautametallisten työkalumateriaalien käyttöön on kuitenkin vielä melko vähäistä.

**TUOTTEIDEN KEHITTÄMINEN**

Taonnalle ominainen suursarjatuotanto sopii huonosti Suomen olosuhteisiin. Maamme takomoteollisuus onkin harvoin kilpailukykyinen tuotteissa, joiden valmistusmäärät ovat suuria ja tuotteelle asetetut vaatimukset alhaisia. Tästä syystä Suomen olosuhteissa tulee kiinnittää huomiota sellaisiin tuotteisiin, joiden valmistaminen kuumamuovaamalla vaatii erityisosaamista, tai pienivolyymisiin erityisosiin, joissa kuumamuovaus on ainoa valmistusmenetelmä vaatimukset täyttävän tuotteen valmistamiseksi. Tällainen tuotantoajatus tulee vaatimaan voimakasta panostusta sekä erilaisten materiaalien taonan tietouden lisäämiseen että yhä tarkempien kuumamuovausprosessien kehittämiseen.

**Taottavat materiaalit**

Erilaisten, Suomessa vähän käytettyjen, taottavien materiaalien käytön taontaprosesseille asettamia erityisvaatimuksia on tarkasteltu Jyrämän et. al. suorittamassa tutkimuksessa /15/. Painopistealueena ovat olleet materiaalit, joiden käytöllä voidaan tietyissä käyttöolosuhteissa saavuttaa etuja verrattuna tavallisiin hiili- ja nuorrutusteräksiin. Tällaisista metalliseoksista on tutkimuksessa tarkasteltu alumiini-, kupari-, titaani- ja superseoksia sekä ruostumattomia teräksiä.

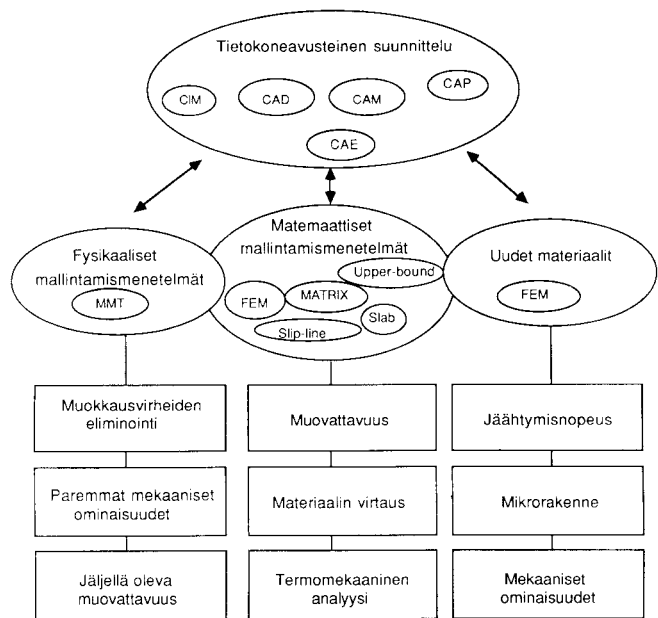
Toinen mahdollinen raaka-aineen valintaan perustuva ja kilpailukykyä parantava lähestymistapa on käyttää uusia taottavia materiaaleja. Näiden ominaisuudet vastaavat traditioonaalisia materiaaleja ja näiden käytöllä voidaan yksinkertaistaa ja halventaa takokappaleiden valmistusta. Esimerkiksi nuorrutusteräksiä voidaan korvata suurta mielenkiintoa herättäneillä mikroseosteisilla ja suorassammutusteräksillä /16/. Tällöin tarvittava lämpökäsittely voidaan suorittaa jäähdyttämällä tuote kontrolloidusti takomislämpötilasta. Myös näiden teräslaatujen tutkimus on suomalaisen takomoteollisuuden piirissä alkanut.

**Kerralla valmiiksi menetelmät**

Kuumamuovattujen tuotteiden kilpailukykyä voidaan nostaa tuotteiden mittatarkkuutta ja pinnanlaatua parantamalla, jolloin voidaan vähentää tuotteen jatkojalostuksessa syntyviä kustannuksia. Tutkimuksessa massiivimuovauksen kerralla valmiiksi menetelmistä /17/ on pyritty kartoittamaan niitä menetelmiä, joilla valmistetun takokappaleen tarkkuus täyttää tavallisessa koneenrakennuksessa tuotteelle asetetut vaatimukset ilman lastuavaa työstöä. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi tarkkuustaonta, purseeton taonta, lämminmuovaus ja superplastinen muovaus. Näiden menetelmien soveltaminen on toistaiseksi ollut vähäistä, mutta tuotteiden lastumistarpeen vähentämisestä syntyvät kustannussäästöt ovat useissa tapauksissa niin tuntuvia, että panostaminen tälle sektorille on perusteltua.

**YHTEENVETO**

Uudet materiaalit ja tuotantomenetelmät asettavat suuria vaatimuksia takomoiden tuotannon kehitykselle (kuva 5). Ly-



**Kuva 5.** Taotun tuotteen CAD/CAM-integraation osa-alueet.  
**Fig. 5.** Components of the CAD/CAM-integration for a forged product.

hyiden sarjojen joustava tuotanto vaatii tuotantokoneiden ja -järjestelyiden modernisointia. Samoin tietokoneavusteisten suunnittelumenetelmien käyttö vaatii investointeja sekä järjestelmäkehitykseen että henkilöstön koulutukseen. Toisaalta nämä tekijät avaavat myös suuria mahdollisuuksia taannan kustannusten alentamisessa mahdollistaen samalla tehokkaan yhteistyön takomoiden ja takeiden käyttäjien välillä. CAD/CAM-tekniikan ja siihen mahdollisesti liitettyjen laskenta- ja

asiantuntijajärjestelmien, tuotannon joustavan automatisoinnin, tarkoituksenmukaisen työkalujen ja takeiden materiaalinvalinnan sekä tarkkojen tuotantomenetelmien avulla voidaan toisaalta tarjota asiakkaille takokappaleita, joiden ominaisuudet vastaavat tarkasti käyttäjien toivomuksia, ja toisaalta suunnitella ja valmistaa lyhyellä toimitusajalla ja tiiviissä yhteistyössä asiakkaan kanssa kustannuksiltaan kilpailukykyisiä takeita.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Fagerholm, H., Gröhn, S.*, Investointien vaikutus läpimenoaikoihin muottitaonnassa. Raportti TKK-V-Memula 7/86. TKK, Espoo 1986.
2. *Jyrämä, H.-L., Kohopää, J., Kivivuori, S., Ihalainen, E.*, Takomoduunittelu piensarjatuotantoa varten. Raportti TKK-Vuo-Memula 10/86. TKK, Espoo 1987.
3. *Jyrämä, H.-L., Kohopää, J., Kivivuori, S.*, Increasing Flexibility in Small Quantity Production of Hot Forged Parts. II World Basque Congress on Advanced Technology in Design and Manufacturing, 14.-18.12.1987, Bilbao, Spain.
4. *Kohopää, J., Kivivuori, S.*, Taannan joustava automatisointi. Automaatiopäivät -87. Vol. III s. 29-44.
5. *Paro, J., Kohopää, J., Kivivuori, S.*, Tietokonetuettu takomuotin suunnittelu ja valmistus. Raportti TKK-Vuo-Memula 13/88. TKK, Espoo 1988.
6. *Paro, J., Bergström, K., Kivivuori, S.*, Computer Aided Design and Manufacturing of Metal Forming Tools. II World Basque Congress on Advanced Technology in Design and Manufacturing, 14.-18.12.1987, Bilbao, Spain.
7. *Kivivuori, S.*, Designing Extrusion and Forging Dies Taking into Account the Limitations due to Metal Flow and Formability. Väitöskirja. TKK/PM-Vuo, Espoo 1987.
8. *Kohopää, J., Kivivuori, S.*, Effect of Nitriding and QPQ Surface Heat Treatments on the Service Life of Hot Working Tools. Heat Treatment 87. The Institute of Metals, London 1987, s. 25-28.
9. *Kohopää, J., Kivivuori, S.*, Kuumamuokkaustyökalujen kestoikä. Raportti TKK-V-Memula 6/86. TKK, Espoo 1986.
10. *Kohopää, J., Kivivuori, S.*, Kuumamuovaustyökalujen kulumiskestävyyden parantaminen. Raportti TKK-Vuo-Memula 1/88. TKK, Espoo 1988.
11. *Hakonen, H., Kohopää, J., Kivivuori, S.*, Kuumamuokkauksessa käytettyjen työkaluterästen kulumisen tutkimuslaitteisto. Tribologia 6 (1987) 2, s. 1-8.
12. *Wiiala, U.K., Kivivuori, S.O.J., Molarius, J.M., Sulonen, M.S.*, Wear of ion plated hot working tools. Surface and Coatings Technology 33(1987), s. 213-219.
13. *Hakonen, H., Kivivuori, S.*, Kuumamuovaustyökalujen korjaushitsaus. Raportti TKK-Vuo-Memula 7/1987. TKK, Espoo 1987.
14. *Kohopää, J., Hakonen, H., Kivivuori, S.*, Wear resistance of hot forging tools surfaced by welding. NORDTRIP 88. Nordic Symposium on Tribology, 26.-29.6.1988, Trondheim, Norway.
15. *Jyrämä, H.-L., Kohopää, J., Kivivuori, S.*, Epätavanomaisten materiaalien taottavuus; ruostumattomat teräkset, alumiini-, kupari- ja kuumalujat seokset. Raportti TKK-Vuo-Memula 14/1988. TKK, Espoo 1988.
16. *Ollilainen, V.*, Muovattavat materiaalit: teräkset. Muovauspäivät 23.-24.3.1984; Kuuma- ja kylmätaonta valmistusvaihtoehtona. MET 1984.
17. *Laitinen, K.*, Muokkaustekniikan kerralla valmiiksi menetelmät. Raportti TKK-Vuo-Memula 17/1988. TKK, Espoo 1988.

## SUMMARY

### HOT FORGING — A MANUFACTURING METHOD WORTH OF DEVELOPING

Metal forming processes are characterized generally by optimal material utilization, improvement of workpiece properties, and high production rate. Since metal forming usually requires relatively expensive tooling and set-up times of the production lines are rather long, the process has been economically attractive only when a large number of parts have been produced.

Recently the situation has changed. The flexible small quantity production and short delivery times have become reality in many machine shops. This recent development sets demands also to the forging industry. The possible measures to maintain the competitive ability of the forging industry

have been studied as a part of the Metal Forming Project sponsored by the Technology Development Centre (TEKES) and the Finnish metal working industry.

Introducing new materials, flexible automation, CAD/CAM-technique and new near-net-shape processes into the forging industry requires modern production equipment, motivated highly skilled personal, and investments in research and development. In present project some matters that have to be taken into account in developing forging processes as well as some possible ways to carry out this development task are studied.

# Materiaalitekniikka ja metallurgia

Professori Antti Korhonen, TKK, Materiaali- ja kalliotekniikan laitos, Otaniemi

Tiivistelmä virkaanastujaisluennosta Teknillisessä korkeakoulussa 8.11.1988.

## JOHDANTO

Materiaalitekniikan ja metallurgian opetuksen ja tutkimuksen sisällön pohdinta on noussut Suomessa ajankohtaiseksi kysymykseksi. Korkeakoulujen asema on nopeasti muuttunut. Uusia korkeakouluja on perustettu ja nykyään ne kasvavassa määrin vetävät opiskelijat lähiseudulta piiriinsä. Leimaa-antavana tilanteelle on lisäksi suhteellisen vähäinen vuorovaikutus eri korkeakoulujen kesken. Esimerkiksi jatko-opintoja toisissa korkeakouluissa harrastetaan vielä varsin vähän. Metalliteollisuudessa on toisaalta kehittynyt insinööreistä kasvava pula, ja toimenpiteitä asian korjaamiseksi tutkitaan ja osin niihin on jo ryhdytty. Teknillisessä korkeakoulussa on puolestaan hallintojärjestelmän muutoksen seurauksena ryhdytty mittavaan opetuksen uudelleenjärjestelyyn. Seuraavassa tarkastelen tilannetta lähemmin ensin Teknillisen korkeakoulun osalta, sitten ulkomaisten esimerkkien pohjalta ja lopuksi oman laboratoriomme kannalta.

## TILANNE TEKNIILLISESSÄ KORKEAKOULUSSA

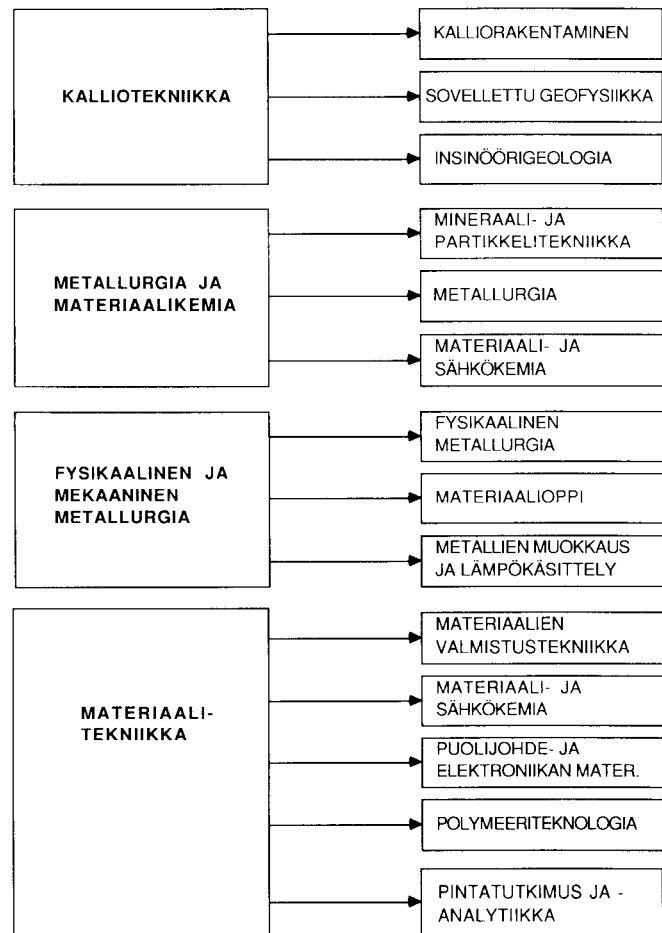
Vuoden 1987 alusta Teknillisen korkeakoulun hallintojärjestelmä muuttui. Samanaikaisesti supistui osastojen määrä aiemmasta kymmenestä kuuteen. Lisäksi perustettiin osastorajat ylittäviä yhteistyöelimiä eli instituutteja eri alueilla.

Rehtori asetti 10.3.1987 työryhmän, jonka tehtäväksi tuli materiaalitekniikan koulutuksen ja tutkimuksen yhtenäistämisen Teknillisessä korkeakoulussa. Eräänä keskeisenä tavoitteena oli kemian ja fysiikan merkityksen korostaminen opetuksessa ja tutkimuksessa. Työryhmän työn pohjalta perustettiin ns. materiaalitekniikan instituutti. Asia julkistettiin tiedotustilaisuudessa 18.12.1987. Materiaalitekniikan instituutin johtajaksi kutsuttiin vuoden 1988 alussa professori Kaj Lilius. Alussa hänen varamiehenään toimi professori Seppo Yläsaari.

Materiaalitekniikan instituutin perustaminen merkitsi lukuisia muutoksia laitokseksi muuttuneen entisen vuoriteollisuusosaston toiminnassa. Korkeakoulun uuden hallintomallin mukaan laitoksilla ei enää ole päätösvaltaa. Osastoneuvoston valitsemat esittelijät voivat käytännössä esitellä päätettävät asiat oman kantansa mukaan. Näin on myös tapahtunut. Korkeimpana päättävänä elimenä TKK:ssa toimii hallitus, jossa laitosta edustaa nykyisellään yksi yliassistentti.

Prof. Liliuksen ja Yläsaaren työryhmä laati vuoden 1988 alussa esityksen, jossa esitettiin huomattavia muutoksia laitoksen opetusohjelmaan sekä tehtiin ehdotuksia mm. virkojen siirtämiseksi sekä laitoksen tilojen uudelleen jakamiseksi. Esityksen pohjalta syntyi lopulta materiaali- ja kalliotekniikan laitos, jonka antaman opetuksen nykyinen rakenne on esitetty kuvassa 1. Opetus on jaettu neljään eri suuntautumisvaihtoehtoon. Kalliotekniikan osalta painopiste on kalliorakentamisessa. Samasta syystä geologiassa painopiste on siirtynyt rakennusteollisuutta palvelemaan insinöörigeologiaan. Eri

## MATERIAALI- JA KALLIOTEKNIikka



**Kuva 1.** Materiaali- ja kalliotekniikan opetuksen jakaantuminen suuntautumisvaihtoehtoihin ja syventymiskohteisiin (oikealla). Valitsemassaan syventymiskohteessa opiskelija tekee diplomityönsä.

**Fig. 1.** Routes for study in the Department of Materials Science and Rock Engineering. The student can write his master's thesis in one of the 14 subdisciplines (right).

professoreilla on neljässä suuntautumisvaihtoehdossa erilaisia syventymiskohteita. Oma alani metallien muokkaus ja lämpökäsittely muodostaa yhden fysikaalisen ja mekaanisen metallurgian kolmesta syventymiskohteesta. Vertailun vuoksi todettakoon, että esim. korroosionestotekniikalla ja geologialla syventymiskohteita on kaksi ja metalliopin toisella professorilla kolme, joista kuitenkin vain yksi on materiaalitekniikassa. Sekin on vielä jaettu fysiikan ja elektroniikan kans-

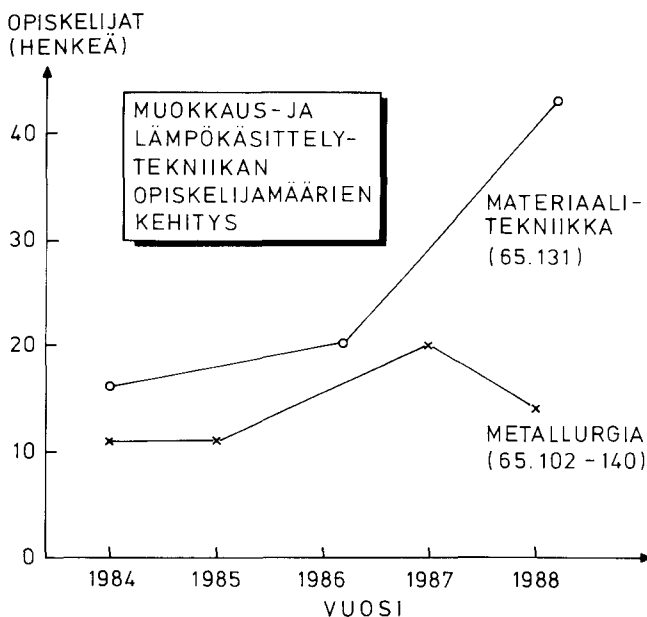
sa. Kun syventymiskohde on se reitti, jota myöten diplomi-työntekijät saadaan, on tilanne huolestuttava.

Erityisen merkittävä piirre uudessa opetusohjelmassa on, että siinä metallit sekä metallurgian opetus on suljettu materiaalitekniikan ulkopuolelle. Tämä on siinäkin mielessä erikoista, että metallit ovat toistaiseksi tuotantomääriä ajatellen tärkein materiaaliryhmä.

Em. opetusohjelman muutos ja erikoisen materiaalitekniikan suuntautumisvaihtoehdon perustaminen aiheutti kovasti huolta laitoksen piirissä. Laitosneuvosto mm. esitti metallurgian opetusta sisällytettäväksi materiaalitekniikan suuntautumisvaihtoehtoon. Tämä kanta jäi kuitenkin häviöllä osastoneuvostossa, joka hyväksyi professori Yläsaaren esityksen 29.3.1988. Siinä rajattiin metallit ja metallurgia materiaalitekniikan opetuksen ulkopuolelle ja perustettiin kemian tekniikan laitoksen kanssa yhteinen materiaalitekniikan suuntautumisvaihtoehto.

Materiaalitekniikan suuntautumisvaihtoehdon suppean sisällön perusteella on pelättävissä, että se antaa opiskelijoille väärän mielikuvan alasta. Uudet materiaalit ja materiaalitekniikkahan on tunnetusti saanut viime aikoina paljon julkisuutta lehdistössä, vaikka ala ei itse asiassa niin uusi olekaan. Omassa laboratoriosammekin on esim. nykyaikaista materiaalin suunnittelua opetettu omassa kurssissaan jo viisitoista vuotta.

Vaikka metallit ja metallurgia edellä selostetun mukaisesti suljettiin materiaalitekniikan opetuksen ulkopuolelle, hyväksyttiin suuntautumisvaihtoehtoon lopulta joitakin kursseja myös muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorion. Materiaalitekniikan suuntautumisvaihtoehdon perustamisen vaikutus opiskelijamääriin näkyy kuvassa 2. Materiaalitekniikan sisällä opiskelijamäärä nousi hetkessä yli kaksinkertaiseksi ja ulkopuolelle jätetyssä metallurgiassa putosi puoleen.



**Kuva 2.** Muokkaus- ja lämpökäsittelytekniikan opiskelijamäärien kehitys kahdessa kurssissa, joista toinen sisältyy vuodesta 1988 lähtien vaihtoehtoisena esitetöna materiaalitekniikan suuntautumisvaihtoehtoon (ylempi käyrä) ja toinen fyysikaalisen ja mekaanisen metallurgian suuntautumisvaihtoehtoon (alempi käyrä).

**Fig. 2.** The number of students in two courses from which one now belongs to subdiscipline of materials engineering (upper curve) and the other to physical and mechanical metallurgy. Teaching of materials engineering and metallurgy was separated starting from 1988.

TUTKINTOJEN JAKAUTUMA PROFESSUUREITTAIN 1970-1987

	TKT	TkL	DI
LOUHINTATEKN.	1	10	125
GEOLOGIA	6	14	87
TEOR.PROS.METALLURGIA	18	35	245
METALLIOPPI	16	26	135
MINERAALITEKNIikka	1	4	65
MUOKKAUS JA LÄMPÖKÄSITTELY	17	23	175
SOV.PROS.METALLURGIA	3	6	37
KORROOSIO	-	-	10

perust.1983 ↗

MUUTOKSIA 1988:



**Kuva 3.** Suoritetut tutkinnot laitoksen (entisen osaston) kahdeksassa professuurissa vuosina 1970-1987.

**Fig. 3.** Degrees granted in the eight professorships which belong to the Department of Materials Science and Rock Engineering. From left to right: Doctorate, Licentiate and Master's.

On pelättävissä, että edellä kuvattu joukkoryntäys materiaalitekniikkaan tulee entisestään pahentamaan esim. metalliteollisuuden insinööripulaa. Koulutus suuntautuu nyt lähinnä kemistien, fyysikoiden sekä keraami- ja korroosiotutkijoiden tuottamiseen. Siksi on valaisevaa tarkastella kuinka entisen vuoriteollisuusosaston (nykyisen materiaali- ja kalliotekniikan laitoksen) tutkinnot ovat aiemmin jakautuneet eri professuurien kesken (kuva 3). Nähdään, että laitoksella on ollut lähinnä kolme aktiivista professuuria, jotka ovat tuottaneet valtaosan tutkinnoista. Nämä ovat olleet teoreettinen prosessimetallurgia, metallioppi sekä muokkaus ja lämpökäsittely.

Kuvan 3 taulukon professuureista materiaalitekniikan suuntautumisvaihtoehtoon siirtyivät sovellettu prosessimetallurgia, (uusi nimi materiaalien valmistustekniikka) ja korroosionestotekniikka. Metallioopin professuurilla (uusi nimi metalli- ja materiaalioppi) on yksi kolmasosa yhdestä syventymiskohteesta (elektronikan materiaalit) materiaalitekniikan suuntautumisvaihtoehdossa. (ks. kuva 1).

Käynnistyneet muutokset eivät ole rajoittuneet opetuksen uudelleen järjestämiseen. Äskettäin valmistuneen virkojen siirtoesityksen mukaan esitetään virkoja siirrettäväksi pois mm. metallurgiasta, metallien muokkauksesta ja lämpökäsittelystä (kummastakin poistuisi yksi assistenttuuri). Lisää virkoja esitetään korroosionestotekniikkaan, materiaalien valmistustekniikkaan ja kalliotekniikkaan. Laitoksen virkojen tämänhetkinen jakautuma opetusvirkojen ja laboratorionsiinäörien osalta on esitetty kuvassa 4. Virat ovat laitoksella var-

	prof.	aput.prof.	leht.	ylsass.	lab.ins.	yht.
32. Kalliorakentaminen	1			1		2
33. Geologia	1	1	1		1	4
37. Metallurgia	1	1		1	1	4
45. Metallioppi	1	1		1	2	5
46. Mineraalitekniikka	1				1	2
65. Muokkaus ja lämpökäs.	1				1	2
77. Mater.valm.tekn.	1			1		2
85. Korroosio	1			1		2

**Kuva 4.** Virkojen jakautuma Materiaali- ja kalliotekniikan laitoksella.

**Fig. 4.** The distribution of the vacancies in the Department of Materials Science and Rock Engineering. From left to right: professors, associate professors, lecturers, senior assistants and laboratory supervisors.



sin epätasaisesti jakautuneet, mutta niitä ei metallien muokkauksessa ja lämpökäsittelyssä juurikaan ole. Tästä huolimatta laboratoriomme on pystynyt tuottamaan varsin huomattavan määrän laitoksen tutkinnoista (kuva 3). Mainittakoon, että vuonna 1987 metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio yksinään tuotti noin viidesosan koko TKK:n tohteista.

Kuten edellä olevasta on käynyt ilmi, on laitoksella kuluvan vuoden aikana käynnistynyt poikkeuksellisen voimakas toiminta resurssien uudelleen jakamiseksi. On erittäin huolestuttavaa, että tässä jaossa metalleille tai metallurgialle ei juuri näytä jäävän osaa. Koska varsin monille näyttää olevan epäselvää, miten vastaavat asiat muualla maailmassa on ratkaistu, on paikallaan tarkastella asiaa muutaman ulkomaisen esimerkin valossa.

## TILANNE MUUALLA MAAILMASSA

Kuten aiemmin totesin, ei materiaalitekniikka ole uusi asia. Omassa laboratoriossamme sen perusteita on opetettu kauan.

Hyvänä esimerkkinä materiaalitekniikan, metallurgian ja kaivostekniikan roolien kehityksestä on U.S.A:n ehkä arvostetuim teknillinen korkeakoulu Massachusetts Institute of Technology eli M.I.T. Kuvasta 5 näkyy M.I.T:n materiaalitekniikan osaston (nykyisin materials science and engineering) nimen kehitys viimeisten sadan vuoden aikana. Kuten kuvasta 5 nähdään syntyi osasto kaivostekniikan ja metallurgian osastona vuonna 1888. Vuonna 1937 kaivosala siirtyi pois osastolta ja seuraavat 30 vuotta se tunnettiin metallurgian osastona. Vuonna 1967 nimeen liitettiin termi materiaalitiede ja vuonna 1975 se kiteytyi nykyiseen muotoonsa materials science and engineering. Kehitys on ollut varsin samansuuntaista muuallakin sekä U.S.A:ssa että muissa maissa.

## MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

### Department of Materials Science and Engineering

Year	Name
1888-1920	Mining Engineering and Metallurgy
1920-1927	Mining, Metallurgy and Geology
1927-1937	Mining and Metallurgy
1937-1967	Metallurgy
1967-1975	Metallurgy and Materials Science
1975-	Materials Science and Engineering

**Kuva 5.** Materiaalitekniikan (materials science and engineering) osaston nimen kehitys Massachusetts Institute of Technologyssä.

**Fig. 5.** Massachusetts Institute of Technology, Department of Materials Science and Engineering. Development of the name during the past hundred years.

Edellä esitetty ei kuitenkaan tarkoita sitä, että metallurgia ei sisältyisi materiaalitekniikkaan. Päinvastoin, metallurgia yleensä käsitetään olevan eräs keskeisimmistä osista uutta materiaalitekniikkaa. Tämä näkyy M.I.T:ssäkin mm. tohtorin tutkintojen määrässä. Kuvan 6 taulukkoon on kerätty tiedot M.I.T:n insinööriosastojen tutkinnoista vuosina 1986-87. Siitä tosin puuttuvat peruskemian ja fysiikan osastot, jotka myös

## MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

### Research areas of accepted doctoral theses and degrees granted 1986-87

DEPARTMENT	Accepted	Degrees granted
● AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS	10	14
● CHEMICAL ENGINEERING	14	21
● CIVIL ENGINEERING	8	13
● ELECTRICAL ENG. AND COMPUTER SCI.	42	51
● MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING	35	49
- Ceramics	11	
- Electronic materials	6	
- Materials Engineering	5	
- Materials Systems Analysis	1	
- Metallurgy	10	
- Polymers	2	
● MECHANICAL ENGINEERING	33	39
● NUCLEAR ENGINEERING	16	20
● OCEAN ENGINEERING	9	9

**Kuva 6.** Hyväksytyjen väitöskirjojen jakaantuminen ja myönnetty tohtorin arvot insinööriosastoilla Massachusetts Institute of Technologyssä vuosina 1986-87.

**Fig. 6.** Research areas of accepted doctoral theses and degrees granted at Massachusetts Institute of Technology. Data covers engineering departments 1986-87.

harrastavat materiaalitekniikkaa sivuavaa tutkimusta, mutta se antaa silti hyvän kuvan insinööriosastojen aktiviteeteista.

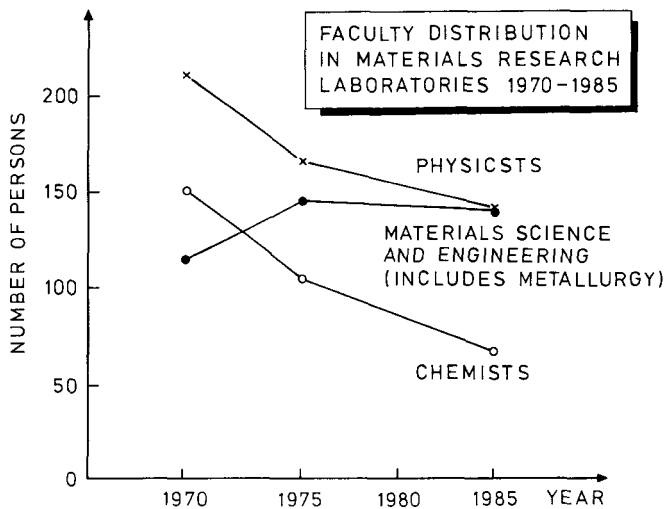
Kuten taulukosta nähdään, jakaantuvat M.I.T:n materiaalitekniikan (materials science and engineering) osaston väitöskirjat korkeakoulun oman luokittelun mukaan kuudelle osaluokalle. Metallurgian osuus näistä on toiseksi korkein (10 kpl). Ottaen huomioon mm. U.S.A:n teollisuuden rakenteen kokemat muutokset tämä on korkea luku. Todellisuudessa metalleja ja metallurgiaa sivuavaa tutkimusta sisältyy myös muihin viiteen alueeseen kuvassa 6. Todettakoon, että myös keraamien tutkimuksessa M.I.T:llä on pitkät perinteet eikä ala siten ole uusi siellä.

Yleinen kehityspiirre maailmassa on ollut, että metallurgian osastot ovat yksi toisensa jälkeen muuttaneet nimensä materiaalitekniikaksi. Kehitys on jatkunut jo pitkään eikä ilmiö ole uusi. Esimerkiksi U.S.A:ssa materiaalitekniikan nousukausi alkoi 1950-luvun lopulla. Tällöin puolustusministeriö huolestui Neuvostoliiton Sputnikin johdosta ja päätteli Neuvostoliiton päässeen materiaalitekniikassa amerikkalaisten edelle. Presidentin tieteelliset neuvonantajat suosittelevat vuonna 1958 teho-ohjelman käynnistämistä materiaalitekniikan kehittämiseksi. Kahtena ensimmäisenä vuotena rahaa panostettiin noin 300 miljoonaa dollaria. Yliopistoihin perustettiin materiaalitekniikan laboratorioita "Interdisciplinary laboratories for materials research".

On valaisevaa tarkastella em. materiaalien tutkimuslaboratorioiden henkilökunnan jakautuman kehitystä. Tilanne vuosilta 1970-1985 on esitetty kuvassa 7. Kuvasta 7 nähdään, että fyysikkojen ja kemistien osuus em. erillisten materiaalien tutkimuslaboratorioiden henkilökunnasta on laskenut melko jyrkästi. Henkilökunnan kokonaismäärä on myös pienentynyt vuoden 1970 kuudestasadasta hengestä neljäänsataan vuonna 1985.

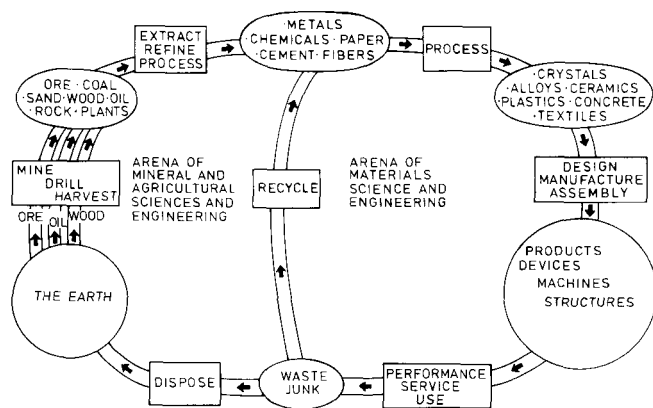
Kuten edellä olevasta on käynyt ilmi, katsotaan U.S.A:ssa metallurgian sisältyvän materiaalitekniikkaan. Itse asiassa metallurgian ja metallurgien osuus on ollut keskeinen koko kyseisen tekniikan alueen kehitykselle.

Materiaalitekniikan määrittely on yleensä varsin väljää. Kuva 8 havainnollistaa U.S.A:ssa vuonna 1974 valmistuneessa ns. COSMAT-raportissa omaksuttua lähtökohtaa. Siinä on



**Kuva 7.** U.S.A:n yliopistoihin perustettujen ns. materiaalien tutkimuslaboratorioiden henkilökunnan kehitys vuosina 1970–1985.

**Fig. 7.** Faculty distribution in the so called materials research laboratories in the United States from 1970 to 1985.



**Kuva 8.** Materiaaliteknikan toimintapiiriin määrittely vuonna 1974 valmistuneen COSMAT-raportin mukaan.

**Fig. 8.** Definition of the arena of materials science and engineering according to the COSMAT-report.

jaettu materiaalien ja raaka-aineiden kiertokulku kahteen osaan. Vasemmalle omaan piiriinsä sijoittuu maaperän hyödyntämiseen tähtäävä tekniikka. Oikealle taas raaka-aineiden jatkojalostus tuotteiksi. Siinä on materiaaliteknikan toiminta-alue. Käytännössä toiminta edellyttää kiinteää ja toimivaa yhteistyötä muiden tekniikan alojen kanssa.

Luonnontieteet, kuten kemia ja fysiikka, tarjoavat tärkeitä perustyökälyjä materiaaliteknikalle. Materiaaliteknikka pohjautuu käytännössä kuitenkin paljolti myös empiiriseen tietoon tuotantoprosesseista. Tuotantoprosesseissa teknologia on usein samalla tasolla kuin tiede, toisinaan jopa edellä sitä.

Usko korkeatasoisen perustutkimuksen automaatin tapaiseen kykyyn tuottaa tuloksellisia materiaalitekniisiä innovaatioita on käytännössä joutunut usein koetukselle. Ehkä selvin esimerkki tästä löytyy Englannista. Brittien omien arvioiden mukaan Englannin tiede on kyllä pystynyt kehittämään huipputekniikkaa edustavia ratkaisuja (esim. SiAlON-keramiitit, hiilikuidut, amorfiset materiaalit, superseokset, dual-faasiteräksiset jne.). Kuitenkin lähes kaikilla aloilla on orastava tek-

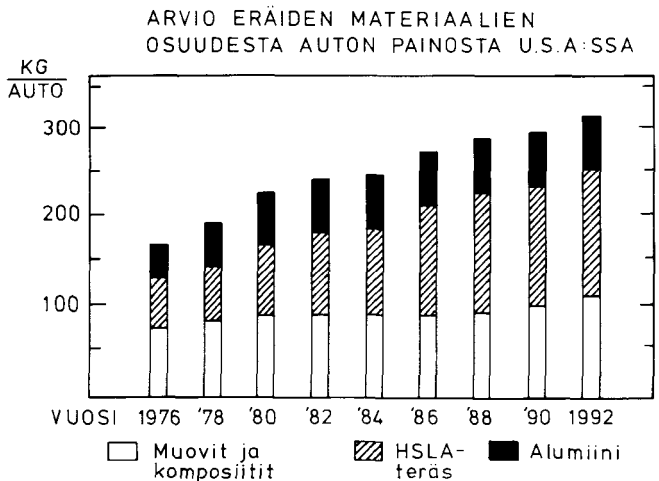
nologinen etulyöntiasema menetetty muualle, esim. Japaniin. Uusien materiaalien kehittäminen ja käyttöönotto teollisuudessa on yleensä pitkälinen prosessi. Eräiden arvioiden mukaan tyypillinen aika innovaatiosta vakiintuneisiin markkinoihin on 20 vuotta. Suuretkaan panostukset perustutkimukseen eivät välttämättä takaa menestystä kireässä kansainvälisessä kilpailussa.

Edellä oleva pohdiskelu materiaaliteknikan ja metallurgian olemuksesta riittänee. Seuraavassa käsittelem lyhyesti niitä alueita, joihin muokkaus- ja lämpökäsittelytekniikassa on panostettu meillä ja muualla.

## MUOKKAUS- JA LÄMPÖKÄSITTELYTEKNIIKAN TILANNE

Muokkaus- ja lämpökäsittelytekniikassa etsitään tietysti uusia kasvualoja niin kuin kaikkialla muuallakin. Tekniikan painopistealueiden listat ympäri maailmaa näyttävät varsin samansisältöisiltä. Materiaalit priorisoidaan yleensä varsin korkealle. On vaikeaa kuvitella alaa, jolla tuotteita ei voitaisi parantaa materiaalien ominaisuuksia parantamalla.

Auto on tyypillinen tuote, jossa monenlaisten materiaalien käyttö on tarpeen. Kuvassa 9 on esitetty arvio kolmen eri materiaalityypin kehityksestä amerikkalaisissa henkilöautoissa. Kuvasta nähdään, että lujan ja niukasti sestetun ns.



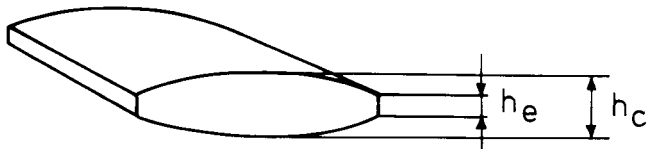
**Kuva 9.** Kolmen eri materiaalityypin painon kehitys henkilöautoissa U.S.A:ssa. (Lähde: Materials Modeling Associates, 1985).

**Fig. 9.** Proportions of certain materials of the weight of an automobile in the U.S.A. (Source: Materials Modeling Associates 1985).

HSLA-teräksen osuus on kasvanut alumiinia sekä muoveja ja komposiitteja nopeammin ja sen arvioidaan edelleen kasvavan esim. alumiinin kustannuksella. HSLA-teräksen kehityksen on tehnyt mahdolliseksi kontrolloitu valssaus ja modernin tietotekniikan soveltaminen palvelemaan sitä. Teräksen valssaus on käytännössä malliesimerkki kehittyneestä materiaalien prosessointijärjestelmästä.

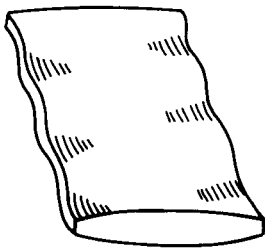
Hyvä mikrorakenne ei kuitenkaan yksin takaa hyvää tuotetta. Esimerkiksi teräslevyltä vaaditaan lisäksi hyvää mittatarkkuutta. Levyn poikkileikkauksen muoto täytyy olla oikea.

## STRIP CROWN



$$C_r = h_c - h_e$$

## STRIP SHAPE



**Kuva 10.** Valssatun levyn profiilin ja tasomaisuuden määrittelyn periaate.

**Fig. 10.** Definition of strip crown and flatness (shape).

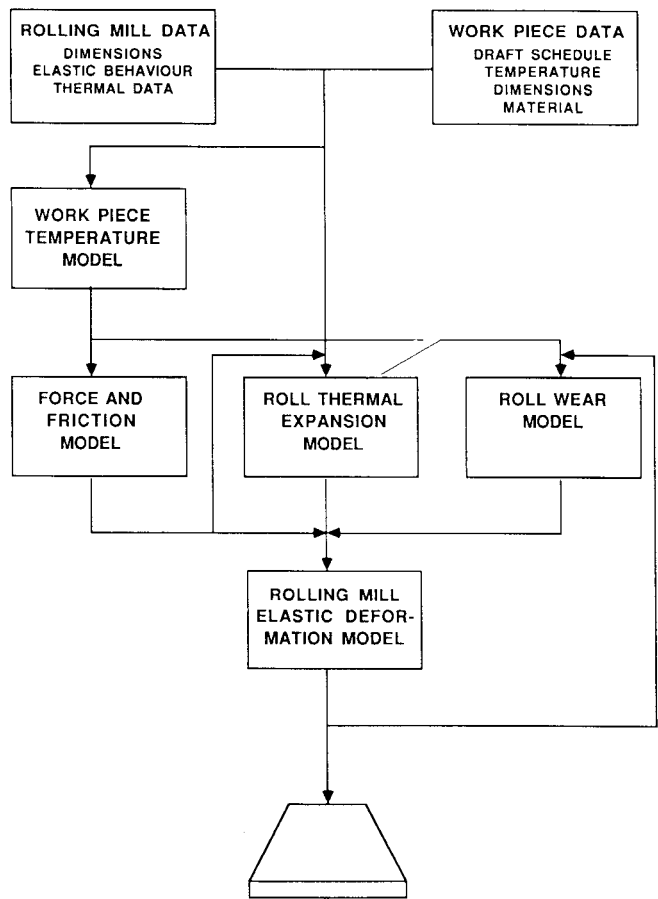
Levyn täytyy lisäksi olla tasomainen (kuva 10). Ominaisuuksiltaan hyvän ja mittatarkan tuotteen valssaaminen edellyttää prosessimalleja. Kuvassa 11 näkyy eräs tällainen tietokoneohjelmopaketti. Parhaillaan laboratoriossamme työskennellään mm. teräksen mikrorakenteen mallintamiseen tähtäävään ohjelmaketin kehittämiseksi. Yhteistyökumppaneina ovat alan tutkimuslaitokset pohjoismaissa sekä mm. eräs suurehko italialainen materiaalitekniikan tutkimuslaitos (CSM).

Valssaustekniikan ja terästeollisuuden merkityksestä antaa kuvan parhaillaan alan kolmen suurimman yrityksen piirissä käynnissä olevat miljardiluokan investointihankkeet. Esimerkiksi yksin Outokumpu Oy:n Tornion kuumavalssaamon sähköistys, arvoltaan n. 200 miljoonaa markkaa, oli Suomen sähköteknisen teollisuuden suurin yksittäinen kauppa.

Syvällisempää tietoa itse muovausprosessista on mahdollista saada laskennallisesti FEM-tekniikalla (Finite Element Method). Suomessa aktiviteetit ovat tällä hetkellä suuntautuneet lähinnä valssauksen, taonnan ja levynmuovauksen plastisuusteoreettisiin laskentamenetelmiin, ja yhteispohjoismaisia hankkeita alueelta käynnistetään parhaillaan.

Teräksen kylmävalssauksen lopputuote on kylmävalssattu teräsohutlevy, jota käytetään suuria määriä eri aloilla, niin autoteollisuudessa kuin rakennusteollisuudessaakin. Usein on tarpeen vielä korroosionkestävyyden parantamiseksi pinnoittaa levy. Suomessa kehitetyssä ja äskettäin innovaationa paljitus ns. Zinquench-menetelmässä sammutetaan teräsnauha sinkkikylpyyn normaalin hitaan jäähtymisen sijasta. Tällä tavoin voidaan valmistaa mm. aikaisempaa paremmin muovattavia sinkittyjä teräslaatuja.

Toinen pinnoitteisiin liittyvä alue, jota laboratoriossamme on tutkittu, ovat ns. PVD-pinnoitusmenetelmät ja erityisesti

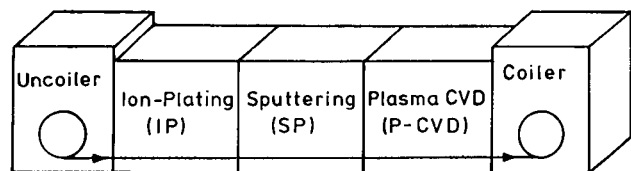


**Kuva 11.** Esimerkki valssatun levyn tai nauhan tasomaisuuden säätöön kehitetyn tietokoneohjelman rakenteesta.

**Fig. 11.** An example of structure of a computer program which is used to predict the crown and strip flatness in rolling.

### FLOW CHART OF THE PILOT PLANT AT NIPPON STEEL HIKARI WORKS

- A coating of  $\text{SiO}_x$  makes 430 steel as corrosion resistant as 304
- Other coatings: TIN (gold), TIC (black),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (transparent)
- Capacity: 8 tons/month, coils 370 mm wide, 300 m long, 0.5 mm thick



**Kuva 12.** Esimerkki ruostumattoman teräsohutlevyn pinnoitukseen rakennetusta pilot plant laitteistosta Nippon Steelin Hikarin tehtailla.

**Fig. 12.** An example of a pilot plant unit built for coating of stainless steel at the Hikari Works of Nippon Steel.

ionipinnoitus. Kuriositeettina mainittakoon, että japanilainen Nippon Steel on rakentanut Hikarin tehtaalleen koelinjan (kuva 12), jossa pinnoitetaan ruostumatonta teräsnauhaa mm.

titaaninitridillä. Titaaninitridin tärkeimmät sovellutukset ovat kuitenkin toistaiseksi löytyneet muualta. Kulumista kestäväenä pinoitteena sitä käytetään pikaterästyökaluissa ja suihkuturbiinin siipien eroosiota estävänä kerroksena sitä tutkitaan myös. Viimeksi mainittuun tarkoitukseen on Kanadaan äskettäin toimitettu suomalainen pinoituslaitteisto. Mikroelektronikassa nitridikalvoja sovelletaan metallointikerrosten välisenä diffuusiovallina. Yksi laboratoristamme viime vuonna väitelleistä tohtoreista tutkii parhaillaan alaa California Institute of Technologyssä. Omassa laboratoriossamme on sen sijaan toistaiseksi keskitytty muihin pinoitussovellutuksiin. Myös hienojakoisten jauheiden ja mm. katalyyttimateriaalien valmistusta on selvitetty.

Takominen ja levynmuovaus ovat olleet parhaillaan loppusuoralla olevan muokkaustekniikan teknologiahankkeen painopistealueita. Niihin liittyen on työtä tehty lukuisilla osa-alueilla ja tarkoitus on käynnistää yhteispohjoismaisia hankkeita. Takomiseen tulemme panostamaan lisää. Tietokoneavusteisten suunnittelu- ja valmistusmenetelmien sovellutukset tulevat olemaan yksi tärkeä kohde. Taottavista materiaaleista olkoot esimerkkeinä ns. kontrolloidusti taottavat teräkset, jotka saavat hyvät ominaisuutensa suoraan takomislämpötilasta jäähtyessään eivätkä siten tarvitse erillistä lämpökäsittelyä.

Levynmuovauksen puolella mielenkiinto painottuu myös tietotekniikan soveltamiseen. Kohteina ovat olleet mm. rullamuovauksen CAD/CAM-menetelmät, jonotyökalujen suunnittelumenetelmät sekä syvävetoaihion muodon optimointi. Viimemainitusta on esimerkki kuvassa 13, jossa aihion muodon laskenta perustuu plastisuusteoreettisiin tarkasteluihin.

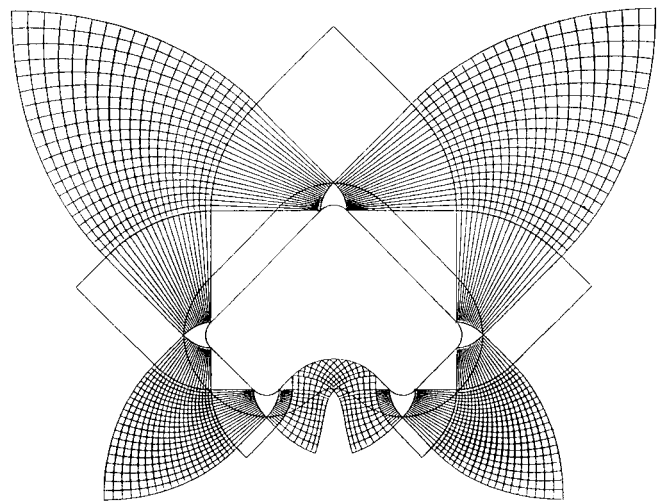
Puhtaasti lämpökäsittelyyn liittyviä hankkeita on toistaiseksi ollut vähemmän kuin muokkaustekniikkaan liittyviä. Toisaalta muokkaus ja lämpökäsittely usein kulkevat käsi kädessä käytännön prosesseissa (esim. kontrolloitu valssaus jne.). Laboratoriomme aktiviteetit ovat viime vuosina painottuneet em. pinoitustekniikoiden tutkimiseen sekä plasma-avusteisiin menetelmiin. Esimerkkinä viimeksi mainituista ovat titaanosien plasmatyypityksestä käytännössä saadut hyvät tulokset. Lämpökäsittelyinkin osalta tietotekniikan merkityksen kasvu tulee suuntaamaan tulevaa toimintaa ja hankkeita valmistellaan parhaillaan.

## SUMMARY

## MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING AND METALLURGY

The following article contains a summary of the inauguration lecture given by author at the Helsinki University of Technology.

The development of teaching and research of materials science and engineering and metallurgy is dealt at three levels. Firstly the recent development resulting from the merging of chemistry and other materials oriented curricula at the



**Kuva 13.** Esimerkki syvävetoaihion optimimuodon arviointiin käytetystä laskentamenetelmästä. Vedettävä v-muotoinen kappale on keskellä. Sitä ympäröi aihion reuna ja laskentaan käytettyyn menetelmään liittyvät kuvan käyrät.

**Fig. 13.** An example of the prediction optimum blank shape for deep drawing using plasticity theory.

## YHTEENVETO

Tämän lyhyen esityksen puitteissa on mahdotonta käydä läpi niitä kaikkia hankkeita, joissa olemme mukana. Yhteenvetona todettakoon, että muokkaus- ja lämpökäsittelytekniikka ja metallurgia ovat keskeinen osa materiaalitekniikkaa. Metallit ovat ja tulevat säilymään tärkeänä materiaaliryhmänä. Metallurgian ja materiaalitekniikan menetelmät ja tavoitteet ovat pitkälti yhtenevät. Keinotekoiset jaot "uusiin" ja "vanhoihin" materiaaleihin eivät hyödytä lopulta ketään eivätkä sovellu käytännössä materiaalitekniikan opetuksen pohjaksi. Erityisesti Suomessa perusmetalliteollisuuden merkitys alalla on keskeinen. Materiaaleja ei voida kehittää irrallaan muusta teollisuudesta ja Suomen kokoisessa pienessä maassa on tutkimuspanosten kohdentamista syytä harkita tarkkaan.

# VUORITYÖTÄ JA GEOLOGIAA FILATELIASSA

Tekn.lis. Heikki Aulanko, Espoo

## 1. Suomen postin historiaa.

Vuosi 1988 on maassamme filatelian merkkivuosi, koska nyt on kulunut 350 vuotta säännöllisen postinkulun aloittamisesta Suomessa. Sen kunnioittamiseksi sai Suomi järjestää filatelian maailmannäyttelyn, joka pidettiin Helsingin Messukeskuksessa 1–12.6.1988. Ruotsi oli juhlistanut postilaitoksensa 350-vuotistaivalta Stockholmia-86 ja Tanska Hafnia-87 maailmannäyttelyillään.

Ruotsin kehityksessä 1600-luvulla suurvallaksi eivät kuninkaiden kirjeenkantajat ja luotettavat matkalaiset enää riittäneet tiedonvälitykseen. Pietari Brahen tultua v. 1637 Suomen kenraalikuvernööriksi aloitti hän toimenpiteet postikuljetusten järjestämiseksi ja 2.6.1638 sai valtakunnanvouti Bernhard Steen von Steenhausen valtuudet järjestää postilinjan Tukholma — Turku — Helsinki — Porvoo — Viipuri — Nevanlinna — Narva. Postikuljetuksen hoitivat muutaman peninkulman välein asuvat talonpojat ja tärkeimpiin kaupunkeihin perustettiin hyvämaineisten kaupunkilaisten hoitama postikonttori. Ruotsin hallitus hyväksyi 6.9.1638 Suomen postilinjalle virallisen kirjetaksan. Ruotsin vallan aikana kirjeenkuljetus oli valtaosaltaan hallinnollista kirjeenvaihtoa. Suomen jouduttua Venäjän valtaan sai Suomi autonomisen suuruhtinaskunnan aseman ja oman keskushallinnon, joskin korkein päätösvalta oli Pietarissa. Postitoimi sai oman keskusviraston — postijohdon. Virkakunnan lisäksi alkoi kauppa ja kehittyvä teollisuus tarvita yhä enemmän postin palveluksia. Luku- ja kirjoitustaidon kehittyessä myös yksityishenkilöt tarvitsivat postin palveluita. Postitoimipaikkoja ja postilinjoja lisättiin niin, että tämän vuosisadan alussa lähes jokaisessa kunnassa oli ainakin yksi postitoimipaikka.

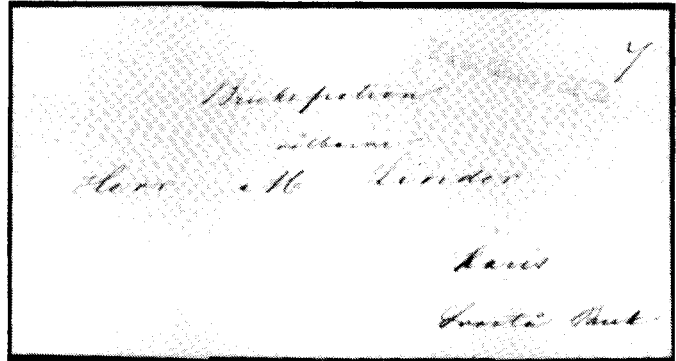
Postilähetyksissä oli alkuaikoina merkintöjä kuljetuksesta. Jokainen kirje merkittiin postikarttaan, josta osoituksena oli numero kirjeen oikeassa ylänurkassa. Virkalähetyksillä esiintyi m.m. ”meanderkuvioita” ja kiireellisyyttä oli ilmaissut 1–3 sulkaa.

Vanhimmat postileimat Suomessa ovat vuodelta 1812, jolloin 39:ssä postikonttorissa otettiin käyttöön yksiriviset, päivämäärättömät leimat, joissa paikannimi oli useimmiten kyriilisin kirjaimin. Seuraavaksi tulivat v. 1846 käyttöön laatikkoleimat ja vuoden 1860 alusta yksinkertaiset, pyöreät leimat. Ensimmäiset suomalaiset postimerkit, 5 ja 10 kop. soikiomerkit, tulivat käyttöön maaliskuun alussa v. 1856. Ensimmäinen vuorityöaiheinen kullanhuhdontapostimerkki julkaistiin vasta v. 1983.

## 2. Vuorityön filateelisia kohteita Suomessa.

1600-luvulla alkaneiden suomalaisten rautaruukkien varhaisesta toiminnasta lienee postaalisia todisteita arkistoissa, postihistoriallisissa kokoelmissa tai omistajasukujen laatikoiden kätöksissä. Itse olen löytänyt pari esifilateelista kirjettä, joissa on osoite: ”Brukspatron välborne Herr M. Linder, Karis, Svartå Bruk”. Toisessa (kuva 1) on kyriilinen Helsingfors-

leima ja numero 7 ja sen oli lähettänyt 26.2.1846 Vantaan ruukin pääjohtaja C. W. Sundman, joka esitti Linderille, että Pietarin hyvien valurautahintojen takia Vantaa valmistaisi takorautaa vain välttämättömäksi tarvittavan määrän. Vuorindentuuri oli jakanut Vantaan ruukin takorautamääräksi 200 skippuntaa. Toisessa, kirjoituskirjaimisella Åbo-leimalla varustetussa kirjeessä 24.3.1846, tarjoaa turkulainen kippiari 1000 skippunnan n. 136 dwt -kantavuista ”Columbus”-kuunariaan raudan kuljetuksiin venäläisiin satamiin hintaan 2 ruplaa/skp., myös vaikka vajaalastikuljetuksinkin.

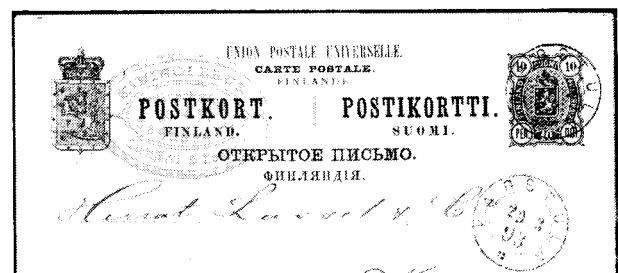


1

Postimerkinäyttelykokoelmissa saa FIP:in uusien aihekoelmasääntöjen mukaan käyttää vain kohteita, jotka suoraan postaalilla elementeillä s.o. postimerkeillä, leimoilla, ehiön arvoleimalla tai kuvalla liittyvät kokoelman aiheeseen. Edellä olevat ovat siten hieman epäilyttäviä, koska ne liittyvät osoitetiedoilla aiheeseen. Sensijaan Annantehtaan ruukin leima 29.9.1907 (2) antaa suoraan viitteen tehtaan nimenä. Kortista käy ilmi myös sen kulku Impilahden ja Sortavalan kautta Poriin. Ruukin nimi saattaa myös esiintyä postilähetyksen sivuleimassa (3), kuten Karstulan Kimingi Brukin tulenkestävien tiilien kyselykortin sivuleimasta ilmenee, jossa on teksti ”Tillverkning af stångjern” ja ristissä olevat kaivosvasarat.



2

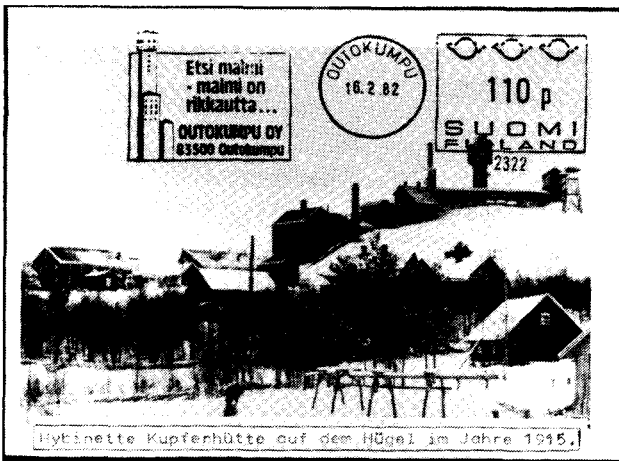


3

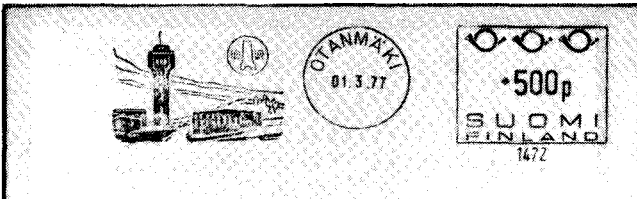


Kahdella kaivospaikkakunnalla Suomessa on lyhytaikaisesti ollut käytössä pyöröleima, jossa on kaivoksen nimi, nimittäin Kotalahden kaivos -leima ajalla 1.11.1958–1.4.1961 ja Pyhäsalmen kaivos ajalla 1.6.1960–1.8.1960.

Sensijaan kaivosyhtiöiden frankeeraus koneissa samoinkuin eräiden kauppa- ja teollisuuslaitosten koneissa alkoi enenevässä määrässä 1950-luvulta alkaen esiintyä tekstejä tai kuvia. Esimerkkeinä on "maksikortissa" Outokumpu Oy:n Keretin kaivoksen nostotorni ja murskaamoleima (4), jotka esiintyvät Outokummun ja Espoon Olarin laitosten leimoissa ja Otanmäen kaivoksen nostotorni (5). Otanmäen ja Mustavaaran kaivoksella oli eräissä frankeerausleimassa myös kypärälampun kaivosmiehen pää. L. A. Levanto Oy:n ja Paraisten Kalkin frankeerausleimoissa olivat kaivostyön tunnuksena ristikkäiset vasarat. Lohjan Kalkkitehdas Oy mainosti Helsingin leimassaan tytäryhtiönsä tuotteita. Raudan tunnusta käyttivät m.m. Kotkan Rauta leimassaan samoinkuin Snellmanin Rautakauppa Oulussa.



4



5

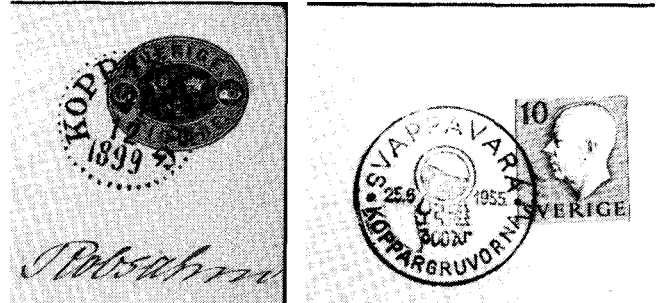
### 3. Kaivosleimoja Ruotsissa.

Ruotsissa on ollut useampia kaivoksia, joissa postileimassa oli gruva-sana, myöskin vanhemmassa grufva-muodossa. Tällaisia ovat olleet m.m. Höganäsin hiili- ja tulenkestävien saviliuskekaivosten Billesholms grufvan (1898–1954) rengasleimat samoinkin Bolidenin Adak-gruvan (1943–1978) ja Renströms-gruvan (1947–1977) leimat (6). Muita samanlaisia kaivosleimoja ovat olleet m.m. Zinkgrufva, Kärrgrufva, Mormorsgrufva, Hyllingegrufva ja Enggrufvorna.

Toisena leimaryhmänä on mainittava metallien nimiin liittyvät paikkakuntaleimat kuten Nya Kopparberget, Kopparberg, Blyberg, Malmberg sekä sellaiset leimat, joissa on esim. raudan tai kuparin tunnuksia kuten Kiruna ja Svappavaara (7).



6



7

### 4. Vuorityöaiheiset postimerkit.

Edellä olevassa olen lähinnä käsitellyt leimoja, koska ne olivat ensimmäisiä todisteita postin toiminnasta. Maailman ensimmäiset postimerkit ilmestyivät v. 1840. Alkuaikoina oli postimerkeissä hallitsijoiden kuvia, vaakunoita ja erilaisia heraldisia aiheita. Ensimmäinen varsinainen vuorityöhön liittyvä postimerkki oli v. 1891 Tulimaassa ilmestynyt Julius Popperin kullanetsintäretkikunnan paikallispostimerkki (8). Romania-laista syntyperää oleva Popper oli v. 1887 nimitetty Tulimaan lähetetyn kullanetsintäretkikunnan johtajaksi. Suuria kulturalöytöjä tehtiinkin ja kun kulta houkutteli paikalle suuria ihmismääriä tuli välttämättömäksi postinkulun järjestäminen tukipaikkoihin San Sebastianiin Argentiinassa ja Punta Arenasiin Chilessä. 10 c merkki kirjeen takapuolella riitti postilähtökseen edellä mainittuihin paikkoihin. Jos kirje jatkoi matkaansa eteenpäin, oli siihen lisättävä asianomaisen maan postitaksan mukaiset merkit kirjeen etupuolelle.

Varsinaista kaivostyötä esittävä ensimmäinen merkki (9) ilmestyi v. 1897 Newfoundlandin löydön 400-vuotisjuhlamerkkisarjassa esittäen käsiporaajaa ja lataajaa peränajossa — kuvassa teksti "mining one of the colonys resources". Pian sen jälkeen v. 1899 ilmestyi USA:ssa Omahan Transmississippi-näyttelyn 50 c merkki (10), jossa purolaaksossa kulki prospektori vasara kourassa kantoaaseineen ja koirineen, merkissä teksti "Western mining prospector". Tämä lienee tällä hetkellä kaivosaiheisista merkeistä kallein, Stanley-Gibbons luetelohinta 500 £.

Amerikassa ilmestyivät seuraavatkin merkit kuten Turks- ja Caicossaarten vaakunamerkit v. 1900, joissa vaakunassa on taustalla kolmimastolaiva ja rannalla suolakasa ja suolan laivaan karrääjä (11). Ranskan Guayanassa ilmestyi v. 1904 kul-



8 9 11



10 12 13



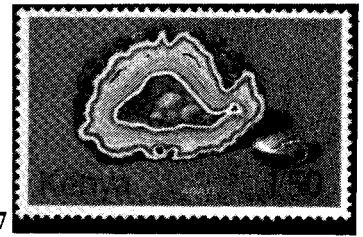
14



15



26



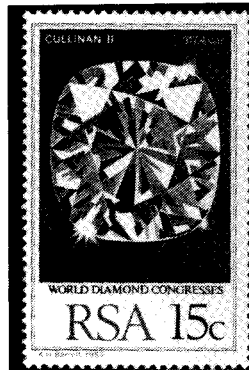
27



28



29



30



31



16



17



34



32



35



18



36



37



19



21



23



38

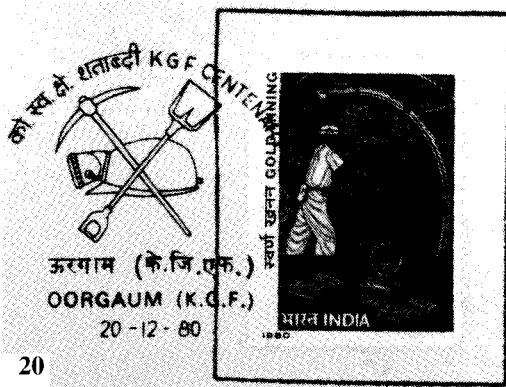


39

lanhuuhtojaa esittävä merkkisarja ja myöhemminkin on usean maan ensimmäisen vuorityömerkin aiheena ollut kulta, kuten Ecuador v. 1937, Brittiläinen Guayana v. 1934, Australia v. 1951, Uusi-Guinea v. 1935, Uusi-Seelanti v. 1940, Panaman Kanaalivyöhyke v. 1949 ja Fidzi-saaret v. 1954.

Euroopassa ilmestyivät ensimmäiset kaivosmerkit Saksassa v. 1921, jotka esittivät kolmea kaivosmiestä — käsiporaajaa, hakkumiestä ja kärrääjää. Merkit olivat erehdyksessä painettu peilikuvina, jolloin käsiporaaja oli vasenkätinen. Kaksi vuotta myöhemmin poraaja muuttui oikeakätiseksi (12–13). Seuraavaksi julkaistiin Azerbaidžanissa öljyaiheinen merkkisarja Bakun Bibi-Eibatt-öljykentästä (14). Puolassa julkaistiin v. 1922 sarja, jossa kaivosmiehillä oli kaksiteräinen hakku olkapäillään (15) kun taas ranskalaisilla kaivosmiehillä oli v. 1938 merkissä olkapäällä yksinteräinen hakku ja kädessä turvalamppu (16).

Suuremmissa määrässä alettiin vuorityöaiheisia merkkejä julkaista vasta 1930-luvun lopulla ja toisen maailmansodan jälkeen. Ensimmäiset merkit esittivät yleensä kaivosmiehiä, mutta pian alettiin merkeissä ja ehiöissä esittää myös erilaisia kaivosrakenteita, työtapoja, koneita ja laitteita. Kaivosnostotornit ovat olleet hyvin yleisiä (17–18). Porauksen kehittymisen käsiporakoneista (19) polvisyöttöporauksen (20) kautta isoihin porausyksiköihin (21) tulee hyvin merkeissä esille. Hiilen louhinnan koneellistuminen näkyy myös filatelisesti käsi-  
piikkauksesta koneelliseen hiilenlouhintaan (23–24).



20



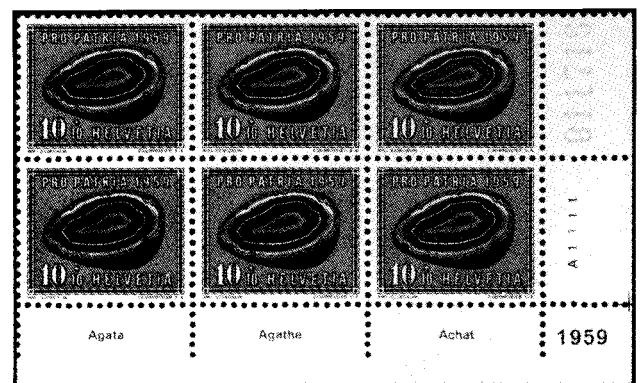
24

Öllyteollisuutta kokonaisuudessaan öljyn ja maakaasun esiintymisestä etsintään, tutkimukseen, tuotantoon, kuljetuksiin ja jatkojalostukseen asti on esitetty sadoissa merkeissä ja leimoissa. Näistä vanhimmat ovat Trinidad ja Tobagon La Brea-asfalttijärven löytymistä v. 1595 esittävä merkki vuodelta 1935 Azerbaidžanin ja Transkaukasian v. 1920 alussa julkaistujen merkkien lisäksi.

Myös metallurgiaa on esitetty monissa merkeissä, ehiöissä ja leimoissa. Erikoisesti raudan metallurgia, masuunit rakenteineen, värikkäine raudan laskuineen ja senkkoineen on saanut sijansa usein punertavasävyisissä postimerkeissä.

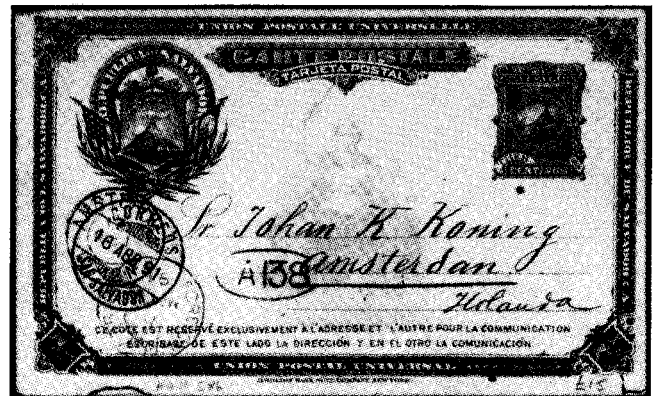
### 5. Mineralogialia ja geologiaa postimerkeissä.

Ensimmäiset mineraalimerkit ilmestyivät vasta v. 1958 Sveitsissä Pro Patria-sarjassa, jossa sitten olikin neljän vuoden aikana 3–4 kide- ja fossiilimerkkiä vuosittain. Kolmikielisessä maassa olivat mineraalien nimet kaikilla kolmella kielellä arkin alareunassa (25). Lukuisat maat, erikoisesti kehitysmaat, ovat viime aikoina julkaisseet pitkiä mineraalimerkkisarjoja, joissa on kuvattu myös hiottuja jalokiviä kuten Kenian 14 merkkisessä kidesarjassa (26–29). Timantit ovat luonnollisesti saaneet useita merkkejä kuten Etelä-Afrikan Cullinan I ja II timantteja esittävät merkit (30–31). Mineraali- ja kidemerkit muodostavat hyvin värikkään ja muotorikkaan maailman, jota Suomessakin useat geologit keräävät.



25

Geologiaa, maapallon syntyä, vulkanologiaa sekä endogeenisten ja eksogeenisten voimien vaikutusta on kuvattu monissa maissa. Täältä löytyy vanhempiakin merkkejä kuin varsinaisella vuorityöpuolella, sillä esim. ensimmäinen El Salvadorin merkkisarja (32) v. 1887 esittää San Miguel tulivuorta samoin kuin ehiökortti (33). Momotombo-tulivuoriketju esiintyy El Salvadorin kolmiomaisessa vaakunakilvessä samoin kuin Nicaraguan merkeissä jo viime vuosisadalla (34–35). Tunnetut tulivuoret Fuji (36–37) ja Hekla (38) ovat esiintyneet useissa merkeissä ja leimoissa, Fuji useissakin maissa ympäri maailmaa. Mantereiden muodostumista selittävä Alfred Wegenerin mannerliikuntateoria on saanut useita merkkejä (39). Vuoristoja, rotkoja, geologisia muodostumia, aavikkoja, sedimenttejä ja sedimenttikivilajeja esiintyy useissa maisemia ja tapahtumapaikkoja esittävässä merkeissä. Niistä saivat kallioperägeologit ja kvartaärigeologit rakennettua hyvän ja havainnollisen kuvakertomuksen maapallon geologiasta.

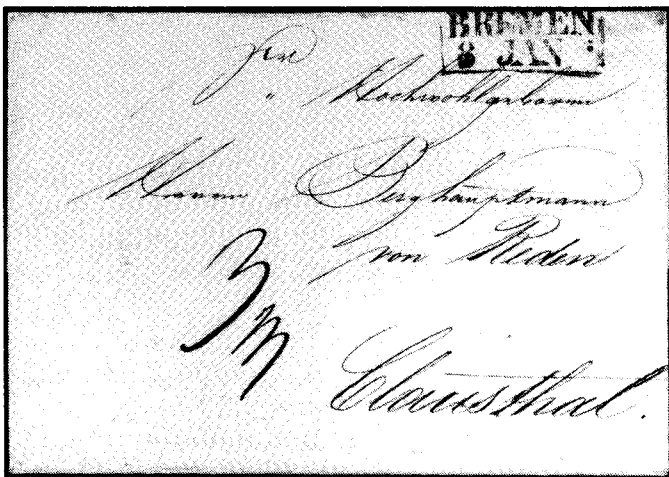


33

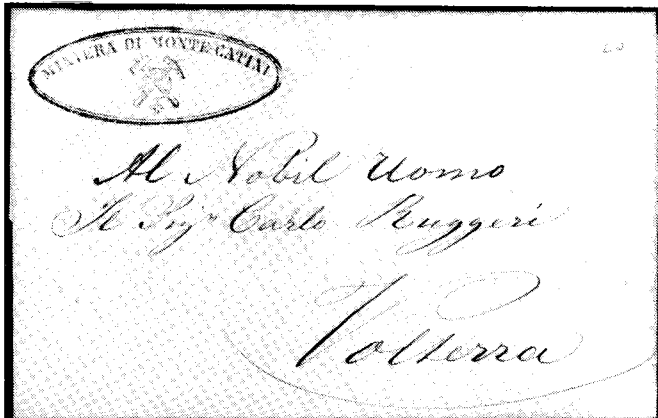
## 6. Vuorityön esifilateliala.

Kaikissa aihefilatelian näyttelykokoelmissa, joilla aijotaan osallistua kansallisiin tai kansainvälisiin kilpailuihin, tulisi olla mukana esifilatelialaisia kohteita. Ilman niitä ei tunnu olevan mahdollisuutta tavoitella korkeampia mitaleita. Tällaisia kohteita on helpommin löydettävissä esim. Saksasta, jossa on runsaasti vanhempia vuoriteollisuutta valvoneiden viranomaisien kirjeitä. Esimerkkinä näistä on 3 hopeagrossenin postimaksulla Bremenistä lähetetty kirje (40), joka on osoitettu "Hochwohlgeborenen Herrn Berghauptmann von Redenille" Clausthaliin v. 1810. Tällaisissa kirjeissä herättää huomiota myös lennokas kaunokirjoitustapa.

Vanhan lyijy- ja kuparikaivoksen Monte Catinin firmaleimassa v. 1847 on kuparin merkin lisäksi ristissä olevat vasarat, joita saksaksi kutsutaan "Schlegel und Eisen" (41). Tämänlaisia aarteita saattaisi löytyä myös jostain kätköistä Suomesakin.



40



41

## 7. Vuorityöaiheiset kokoelmat.

Suomessa on tällä hetkellä kaksi vuorityöaiheista kilpailukokoelmaa, jotka molemmat olivat näytteillä viime kesäkuun Finlandia 88 näyttelyssä. TKL Eugen Autereen kokoelma "From ores to metals" sai vermeil-mitalin ja kirjoittajan kokoelma "Mineralreich und Bergbau — der Grundstein unseres Lebens" sai suuren hopeamitalin. Näyttelyssä oli myös eräs saksalainen kokoelma, jonka tekijä oli saksalais-kansainvälisen "Motivgruppe Bergbau-Erdöl-Geologie" sihteeri Josef Eichhorn. Se käsitteli hiilen tuotantoa, oli nimeltään "Schwarzes Gold" ja sai myöskin suuren hopeamitalin. Johtaja Lars Wetzellillä on jo materiaali vuorityökokoelmaan, mutta eläkeläisen aika ei muiden kiireiden takia ole riittänyt kokoelman rakentamiseen. Vuorityöaihekkokoelmalla on mahdollisuus kertoa hyvin laajasti ja vivahderikkaasti alan eri puolista sekä sanallisena että kuvallisena kertomuksena. Toivon kovasti, että ne geologit ja vuorimiehet, joilla on alan materiaalia ryhtyisivät kokoamaan niistä vuorityön ja geologian historioita.

### KIRJALLISUUS — REFERENCES

Jukka-Pekka Pietiläinen: Suomen postin 350 vuotta (1638–1988) Finlandia 88 näyttelybulletin 3.  
Georg W. Schenk: Bergbaumotive auf den Briefmarken der Welt.

### SUMMARY

### MINING AND GEOLOGY IN FILATELY

The Finnish post office has celebrated its 350th anniversary during 1988. This article describes the development of postal system and how postmarks and post stamps started to reflect the achievement of mining industry. The first post stamp was published 1840 but first late 18th century the first post stamps described the mining industry. These were the private post stamp published in Tierra del Fuego illustrating goldwashing and the underground mining poststamp published in New Foundland. After these, numerous poststamps and postal marks of mining have been published allover the world. They describe various aspects of mining, geology, metallurgy, oil drilling and other related activities and can be used to illustrate the development and histories of those industries.

# EAPKY — Salomona Kössölässä

## BERGBAU 89, Düsseldorf 20. – 26.5.1989

230 näytteilleasettajaa 14 maasta ovat jo varanneet lähes 30 000 m<sup>2</sup>:ä BERGBAU 89:stä. Osa varauksista on ennakkovarauksia käsittäen Suomen, Iso-Britannian, Ranskan, Chilen, Australian, USA:n ja Kanadan yhteisosastot sekä suuret osastot BERGBAU:n ja METEC:in raja-alueella.

Täten BERGBAU 89:n kokonaistilavaraus käsittää lähes 35 000 m<sup>2</sup>:n nettopinta-alan halleissa ja ulkona. Tämä väliarvio ylittää Düsseldorfin Messujen mukaan ne odotukset, jotka oli asetettu alan kokonaistaloudellisen tilanteen perusteella. Kansainvälisessä vertailussa ovat vahvasti edustettuna Suomi ja Ranska kumpikin 700 m<sup>2</sup>:n nettopinta-alallaan ennen Itävaltaa ja Ruotsia.

58 yritystä 230 näytteilleasettajasta on uusia näytteilleasettajia, mikä kertoo siitä, ettei alalle ole ilmestynyt vain uusia yrittäjiä ensimmäisen BERGBAU:n jälkeen vaan että BERGBAU 89:ään suhtaudutaan erittäin positiivisin odotuksin.

BERGBAU:n kanssa samaan aikaan järjestetään GIFA-, THERMPROCESS- sekä METEC-messut.

Düsseldorfin Messujen edustaja Suomessa on Suomen Messut INTERFAIR, puh. (90) 150 9270.

## KAIVOSJAOSTO järjestää

### TÄYDENNYSKOULUTUSTILAISUUDEN

18.1.89 KLO 9–15 Teknillisen korkeakoulun materiaali- ja kalliotekniikan laitoksella, sali V4.

### AVOLOUHOSTEN SEINÄMIEN PUHDITUS JA LOHKAROITUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

- ★ Lainsäädäntö ja määräykset (Esko Ulvelin)
- ★ puhdistusmenetelmät (Jarmo Lahti)
- ★ seinämäkaltevuuden laskentamenetelmät ja nykyiset mahdollisuudet vaikuttaa seinämäkaltevuuteen (Feng Deling)
- ★ vaijeripultituksen käyttö avolouhosseinämien tukemisessa (Timo Soikkeli)
- ★ uudet porausmenetelmät ja laitteet (Tamrock, Atlas Copco)
- ★ uudet räjäytysmenetelmät ja räjähdysaineet (Forcirt, Kemira)

Osanottomaksu 750 mk, johon sisältyy kurssiaineisto ml. VMY:n moniste no: A 82 "Avolouhosseinämien puhdistus", pyydetään maksamaan VMY:n postisiirtotilille KU 7157-6

### Ilmoittautumiset ja tiedustelut

TKK/Tuulikki Wallenius tai Raimo Matikainen  
puh. 4512803 ja 4512804  
telex 126022 vtth sf  
telefax 4512660

## STOCKHOLMSMÄSSAN tuli Helsinkiin



Syyskuun 13. päivänä tuli Stockholmsmässan Helsinkiin. Tiedotustilaisuus pidettiin ms Silvia Reginalla Eteläsatamassa. Siellä kerrottiin kuulijakunnalle koko vuoden 1989 tulevasta toiminnasta. Stockholmsmässan järjestää peräti 50 eri näyttelyä ja konferenssia 300 päivän aikana. Kerrottiin että messuilla kävijöiden vastaanottamat impulssit perustuvat viiteen aistiin seuraavasti: näkö 75 %, kuulo 13 % tunto 6 %, haju 3 % ja maku 3 %.

Materiaali- ja kalliotekniikka koskevia näyttelyitä ovat lähinnä seuraavat:

- EMEX 89, 24–28 tammikuuta. Ammattimessut joiden aiheena on urakoitsijoiden koneet.
- Varasto ja kuljetus 89, 25–29 huhtikuuta. Esittelee varasto- ja kuljetusalan tuotteita ja palveluja.
- IUPAC, 2–7 elokuuta. Näyttely 32. International Congress of Pure and Applied Chemistry -kongressin yhteydessä.
- Tekniset Messut 89, 19–25 lokakuuta. Skandinavian suurimmat teollisuusmessut. Messujen yhteydessä Tekniikan viikko.
- Automatica 89, 19–25 lokakuuta. Esitellään automaatioalan sekä ohjaus- ja säätö-alan uutuuksia.
- Teollisuus ja ympäristö 89, 19–25 lokakuuta. Esittelee teollisuuden ympäristönsuojeluun liittyviä tuotteita ja palveluja.



Stockholmsmässanin tiedotuspäällikkö Jack Herodes kertoo tulevan kevään ja syksyn ohjelmista.

Photo: Sakari Kulhia



# In Memoriam



**STIG JOHANSSON**  
11.12.1939 – 29.5.1988

Toukokuun 29. päivänä saapui hätkähdyttävä tieto. Keskuudestamme on nukkunut pois kesken monien toimien. Turun yliopiston rakennusgeologian dosentti, FT Stig Johansson.

Stig Otto Johansson syntyi 11.12.1939 Lohjalla. Hän suoritti ylioppilastutkinnon Nya Svenska Läroverketissä Helsingissä ja valmistui Helsingin yliopistossa filosofian kandidaatiksi vuonna 1962 pääaineena geologia ja paleontologia. FL-tutkinnon (1964) toisena aineena hänellä oli geofysiikka. Johansson esitti julkisesti tarkastettavaksi väitöskirjansa Turun yliopistossa, joka myönsi hänelle filosofian tohtorin arvon 24.10.1985. Hänet nimitettiin 3. kesäkuuta v. 1987 rakennusgeologian dosentiksi Turun yliopistoon.

Dosentti Stig Johanssonilla oli takanaan poikkeuksellisen ansiokas, työteliäs ja monipuolinen ura sekä käytännön rakennusgeologina että tieteen harjoittajana. Jo ylioppilaana ollessaan hän toimi kesäharjoittelijana ja -apulaisena Maanmittaushallituksessa ja kartoitustehtävissä Geologisen tutkimuslaitoksen maaperäosastolla sekä malmin- ja lohkare-etsijänä ja kallioperäkartoittajana Outokumpu Oy:ssä.

Vuodesta 1962 lähtien hän toimi Tie- ja vesirakennushallituksen hydrologian toimistossa ja maatumkimustoimistossa aluksi tilapäisesti, myöhemmin vakituksena geologina tierakennusalan tehtävissä saaden tänä aikana erinomaisen kosketuksen rakennusalan geologian vaatimuksiin ja laajaan tehtäväkenttään.

Vuoden 1964 lopulla Johansson nimitettiin Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen tielaboratorioon rakennusgeologisten tutkimusten johtajaksi, prof. Urpo Soverin alaiseksi. Vuonna 1965 hän siirtyi takaisin TVH:n maatumkimustoimistoon, mutta jo vuoden 1968 alussa hänet kutsuttiin Insinööri-toimisto Geotek Oy:n rakennusgeologiksi. Pian hänet nimitettiin samassa yhtiössä työpäälliköksi ja ulkomaan-toimen johtajaksi sekä mainitun yhtiön hallituksen jäseneksi. Tässä toimessaan Johansson joutui paljon matkustelemaan ja tekemään töitä eri puolilla maailmaa. Erityisesti mainittakoon Saudi-Arabia, jossa hän johti muslimien pyhän kaupungin Mekan liikennetunnelijärjestelmän kalliotunnelitutkimuksia.

Vuonna 1980 Johansson siirtyi Neste Oy:n palvelukseen rakennusgeologiksi vastuualueenaan kalliosäiliöt ja alan rakennusteknologian vientiedustus. 1981 hänet nimitettiin Neste Oy:n päägeologiksi. Näin hän joutui vastuunalaisiin tehtäviin toimien mm. kalliotekniikan erityisasiantuntijana ja Suomen ensimmäisenä varsinaisena kansainvälisenä öljygeologina. Tässä tehtävässään hän matkusteli ympäri öljy-maailmaa yhtiön neuvottelevana asiantuntijana. Hiljattain Stig Johansson siirtyi yhtiössä hoitamaan maakaasun kuljetustekniikkaan liittyviä geologisia ja teknillis-taloudellisia tehtäviä. Tämä tärkeä työ jäi häneltä kesken.

Stig Johanssonin tieteellinen ja käytännöllinen julkaisu-toiminta alkoi 1964, jolloin hän oli toiminut vasaraseismisen luotausmenetelmän käyttöä tiensuunnittelussa. Seuraavana vuonna yhdessä VTT:n prof. Urpo Soverin kanssa julkaistut pohjavesigeologiaa ja routaa koskevat tutkimukset ovat puhtaasti tieteellisiä. Nämä kuten seuraavatkin julkaisut ovat rakennusgeologisesti merkittäviä ja antavat pohjaa Johanssonin myöhemmälle käytännöllisgeologiselle tieteelle.

Vuodesta 1971 lähtien Johanssonin tieteellinen tuotanto keskittyi



**PAULI RANTALAINEN**  
19.6.1931 – 12.4.1988

Insinööri Pauli Tapio Rantalainen kuoli Porissa 12.4.1988. Hän oli syntynyt 19.6.1931 Ruokolahdella. Insinööriksi hän valmistui Tampereen teknillisestä opistosta vuonna 1960. Hän työskenteli Outokumpu Oy:n nikkelitehtaalla, sen toiminnan alusta alkaen vuodesta 1960, aluksi apulaisinsinöörinä ja myöhemmin käyttöinsinöörinä. Vuosina 1978–1982 hän oli Brasiliassa Outokumpu Ltd:n palveluksessa.

Pauli Rantalaisen läheisiin harrastuksiin kuului musiikki.

Jaakko Teppo

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.:n metallurgijaoston jäsen Pauli Tapio Rantalainen oli vuodesta 1967 lähtien.

Toimitus

kiteisen kallioperän rakennusgeologisen problematiikan käsittelyyn. Dosentin toimeen pyrkiessään hän jo esitti kuusitoista merkittävää, osin kansainvälisissä sarjoissa painettua julkaisua.

Johanssonin väitöskirja "Engineering geological experience from unlined excavated oil storage caverns in a precambrian rock mass in the Porvoo Area, Southern Finland", käsittelee kalliosäiliöiden rakennusgeologiaa kiteisessä kallioperässä Porvoon alueella. Teos on saavuttanut laaja kansainvälistä huomiota alan piireissä.

Johanssonilla riitti aikaa moniin tehtäviin varsinaisen työnsä ohella. Paitsi dosenttina Turussa, hän toimi opetustehtävissä rakennus- ja sovelletun geologian alalla Helsingin yliopistossa ja Teknillisessä korkeakoulussa.

Stig Johansson oli lämminhenkinen, vilkas, rohkea ja kielitaitoinen persoona. Nuoruusvuosinaan hän oli innokas käsi- ja jalkapallon harrastaja pelaten molempia juniorimestaruussarjassa. Myös ammatillisesti hän oli mestaruussarjalainen.

Dosentti Johansson nukkui pois yliopistollisten tehtävien äärellä toimiessaan esitarkastajana tulevalle väitöskirjalle. Käsky lähtöön tuli inhimillisesti katsoen aivan liian varhain. Stigua olisi tarvittu meillä vielä nuoren rakennusgeologian perustaa vahvistamaan ja käyttöarvoa osoittamaan.

Dosentti Stig Johanssonia jäivät kaipaamaan vaimo, kaksi tytärtä ja laaja ystävä- ja työtoveripiiri. Osoitamme kunnioitusta hänen muistolle.

Veikko Lappalainen

Vuorimiesyhdistys r.y.:n geologijaoston jäsen Stig Otto Johansson oli vuodesta 1966 lähtien.

Toimitus



**ERIC TALLBERG**  
19.2.1911 – 16.6.1988

Kommerseradet Eric Julius Tallberg, som under sina aktiva år utgjorde en central gestalt inom den finska järnhandeln samt inom delar av övrigt finskt näringsliv, dog den 16 juni 1988 i Helsingfors.

Eric Tallberg studerade och praktiserade i England och Tyskland efter avslutad skolgång. Han anställdes som 22 åring vid familjeföretaget Oy Julius Tallberg Ab där han utförde sitt livsverk fram till sin pensionering år 1976. Han verkade herefter ännu i närmare ett decennium som företagens styrelseordförande. Som järnhandlare gick han i sin fars och sin farfars Julius fotspår, vilket arv han senare i sin tur överlämnade till sin äldsta son.

Finska Järn- och Maskinaffärernas förening grundades av Julius Tallberg år 1907, och Eric Tallberg verkade sedermera som dess mångåriga ordförande. Han var speciellt aktiv inom ett flertal internationella järnhandlarorganisationer och verkade bl.a. som styrelsemedlem i det internationella järnhandlarförbundet FIDAG, samt i den nordiska permanenta järnhandlarkommittén. Han var viceordförande i Centralhandelskammaren och Finlands Grossistförbund samt styrelsemedlem i Affärsarbetsgivarnas Centralförbund.

Som styrelsemedlem i Oy Forcit Ab gjorde Eric Tallberg en vägan insats, sasom även i styrelserna för bland andra Finlands Mässa, Rautakonttori Oy, Helsingin Sato, Viialan Viila Oy och Oy Kekkonen Ab. För Helsingfors stads intressen och speciellt för Drumsö arbetade han aktivt i stiftelserna Pro Helsingfors och Drumsö Stiftelsen. Eric Tallberg var tillsammans med arkitekt Viljo Rewell skapare av Helsingfors City Center. Han tilldelades för sina förtjänster Pro Helsingfors medaljen.

Vid sidan av sin affärsverksamhet ägnade "Kius" Tallberg mycken tid åt segelsporten. Redan som juniormedlem i Nyländska Jaktklubben deltog han med framgång i kappseglingar med 15 valörsbåten "Lill-Kaj". Som seniormedlem övertog han snart befälet på sin fars sexa "Habanera" och senare förde han även "Vinnia" till många segrar på såväl inhemska som interskandinaviska kappseglingar. År 1947 erhöll han uppdraget att föra sexan "Violet" vid guldpokalseglingarna i U.S.A. "Kius" Tallberg tilldelades N.J.K.s stora seglartecken redan år 1934.

Det var inte bara på kappseglingarbanorna han syntes, han deltog även med iver i klubbens administration som mångårig medlem i styrelsen, skattmästare, juniorchef och medlem i seglingsnämnden. Han var även under en lång räkka av år intendent för Kajholmen och Högholmen. Då hjälp behövdes var han alltid den första att ställa upp. För sina förtjänster tilldelades han såväl klubbens förtjänsttecken som förtjänstmärke. Det skandinaviska seglingsarbetet låg honom även nära om hjärtat.

Genom sitt sakliga och rättframma sätt parat med humor vann Eric Tallberg allmän uppskattning och lämnar ett stort tomrum efter sig bland seglar- och affärsvänner.

Ragnar Krogius

Eric Julius Tallberg var medlem i Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.s gruvsektion från och med år 1964.

Redaktionen



**EERO PEHKONEN**  
26.3.1923 – 23.6.1988

Keskikesellä kohtasi meitä kollegoja järkyttävä uutinen geologi Eero Pehkosen kuolemasta yllättävän sairauden murtumana.

Eero Antero Pehkonen syntyi Tuusulassa 26.3.1923 rautatiekirjuri Yrjö Pehkosen poikana. "Rautatieläisenä" Eero joutui kouluaikaanaan asumaan useilla eri paikkakunnilla. Ylioppilaaksi hän valmistui Jyväskylän lyseosta vuonna 1944. Geologian opintonsa hän aloitti Helsingin yliopistossa, jossa suoritti myös filosofian kandidaattitutkinnon vuonna 1954.

Ensimmäisen vakituisen työpaikkansa Eero sai ulkomailta Norjasta. Heinäkuussa -54 hän astui NGU:n palvelukseen kartoittamaan Länsi-Finnmarkia. Täältä hän palasi kotimaahan kesällä -56 Geologisen Tutkimuslaitoksen malmiosaston palvelukseen. Saman vuoden juhannuksena hän taluttu vihille juuri valmistuneen sairaanhoitajattarensa Helenan. Palveltuaan GTL:ssä kolme vuotta Eero siirtyi Outokumpu Oy:n malminetsinnän palvelukseen toukokuussa -59 ja muutti asumaan Outokumpuun työalueenaan Pohjanmaa ja Kainuu. Tällöin hänen esimiehenään toimi tri Veikko Vähätalo, jota Eero ihaili ja kunnioitti suuresti. Vuonna 1962 Eero siirtyi asumaan Pyhäsalmele jatkaen edelleen malminetsintää entisellä alueella. Eeron työalue oli laaja ulottuen Kristiinankaupungista Suomussalmen perukoille. Pyhäjärven eteläpäästä Eero hankki kesämökin, jossa neljällä pojalla siunattu perhe vietti yhdessä vapaa-aikansa. Perhe oli Eerolle tärkeä sekä huomionkohteena että myös tukena.

Vuonna -71 Eero siirtyi perheineen Espoon Olariin jatkaen sieltä käsin malminetsinnällisiä tutkimuksia Pohjanmaalla ja Kainuussa. Kolme vuotta myöhemmin hänet nimitettiin Etelä-Suomen aluegeologiksi ja kolmen vuoden kuluttua Etelä-Suomen vastaavaksi geologiksi sekä vuotta myöhemmin geologisten kenttätöiden päälliköksi. Työalue oli samalla siirtynyt lähemmäs toimipaikkaa ja varsinaiset työt keskittyivät pääasiassa Satakunnan nikkelivyöhykkeellä tehtäviin malminetsinnällisiin tutkimuksiin. Näitä tehtäviä Eero hoiti cläkkeelle siirtymisensä asti vuoteen -86.

Muistan Eeroa ystävällisenä ja ihmisläheisenä esimiehenä ja työtoverina, joka aina pyydettyessä oli valmis antamaan apuaan ja kannustamaan meitä muita malminetsijän kivisellä työsaralla.

Martti Kokkola

Vuorimiesyhdistys r.y.:n geologijaoston jäsen Eero Antero Pehkonen oli vuodesta 1958.

Toimitus



**MIKKO PIETILÄ**  
8.2.1928 – 3.9.1988

Diplomi-insinööri Mikko Tapio Pietilä kuoli Kittilässä äkilliseen sairauskohtaukseen 3.9.1988. Hän syntyi 8.2.1928 Pyhäjärvellä ja tuli ylioppilaaksi Äänekosken yhteiskoulusta vuonna 1947. Diplomi-insinööriksi hän valmistui Teknillisen korkeakoulun koneinsinööriostasolta vuonna 1955.

Heti valmistuttuaan Mikko Pietilä tuli vuonna 1955 Outokumpu Oy:n Porin tehtaille osastoinsinööriksi tehtävään hoitaa valssaamon työsuunnittelua. Tästä alkoi hänen 33 vuotta kestänyt elämäntyönsä Outokumpu Oy:ssä valssaamotekniikan ja siihen liittyvien asioiden tuntijana ja taitajana. Vuodesta 1961 alkaen hän hoiti Porin tehtaiden valssaamon osastopäällikön tehtäviä, johon toimeen hänet sitten nimitettiin vuonna 1963. Kun yhtiössä käynnistettiin jaloterästehdas-hanke 1970-luvun alussa, niin Mikko Pietilä oli siinä alusta alkaen mukana. Hän tuli vuonna 1973 jaloterästehdasprojektin johtoryhmän jäseneksi tehtävänä toimia valssaamoasioiden asiantuntijana. Vuonna 1975 hän siirtyi Tornioon jaloterästehtaan valssaamon teknilliseksi johtajaksi. Terästeollisuustoimialan kehitysjohtajaksi hänet nimitettiin vuonna 1979.

Mikko Pietilä oli kolmen vuosikymmenen ajan ohjaamassa ja johtamassa käytännöllisesti katsoen kaikkea Outokumpu Oy:n piirissä tapahtunutta valssaamotekniikan kehittämistä, rakentamista ja käyttöönottoa. Tämä koskee Porin tehtaiden uuden kylmävalssaamon rakentamista 1960-luvulla yhtä hyvin kuin Tornion jaloterästehtaan kylmävalssaamon ja kuumavalssaamon rakentamista 1970- ja 1980-luvuilla. Hänen asiantuntemuksensa ei rajoittunut yksistään itse valsaustekniikkaan, vaan se käsitti myös laajan materiaalivalikoiman kuten kuparin, kupariseosmetallit ja ruostumattomat teräkset, valssaamolaitteet, tehdassuunnittelun, valssaamoiden käyttötehtävät, henkilökunnan kouluttamisen, valssaustuotteiden markkinoinnin, teknillisen avustamisen jne. Kielitaitoisena sekä neuvottelu- ja yhteistyökykyisenä henkilönä hän pystyi tehokkaasti ja laajasti hyödyntämään yllä mainittua erikoisasiantuntemustaan. Mikko Pietilän panos Outokumpu Oy:n voimakkaassa laajentumisvaiheessa on ollut erittäin merkityksellinen.

Mikko Pietilä tunnettiin ystävien ja työtovereiden piirissä pätevänsä alansa ammattimiehenä ja laaja-alaisena, miellyttävänä ihmisenä. Hänen odottamaton poismenonsa parhaassa iässä ja kesken käynnissä olevia suuria hankkeita tuntuukin raskaalta ja käsittämättömältä.

Olavi Siltari

Vuorimiesyhdistys r.y.:n metallurgijaoston jäsen Mikko Tapio Pietilä oli vuodesta 1957 lähtien.

Toimitus



**PIA LEHTINEN**  
17.12.1956 – 11.9.1988

*"Lyhin tie omaan itseemme vie maailman ympäri"*  
Hermann Keyserling

Viehättävä, huomaavainen Pia, Pia, jonka ainutlaatuinen elämä vei Föribystä ja Espoosta Ruotsiin, Saksaan, Latinalaiseen Amerikkaan, Etelä-Afrikkaan, Ranskaan yhtä luontevasti kuin Imatralle ja Helsinkiin, osasi elää. Hänen tarinansa on jännittävien ja kiehtovien tapahtumien ketju ilman, että tapahtumista olisi tullut itsetarkoitus. Piassa oli säteilevää lämpöä, joka viimeisimmin näkyi hänessä perheenäitinä, kahden pienen lapsen äitinä, joka kaksi vuotta vakavasti taisteli elämästä syöpää vastaan eikä sittenkään unohtanut muita.

Opiskeluaikojen vauhdikas, kaikkien ihailema Pia, joka meille metallurgeille tuli tutuimmaksi, ei tehnyt itsestään keskipistettä, vaikka aina vireillä olikin uusi suunnitelma. Milloin oli opiskeltava espanjaa Väli-Amerikka -projektia varten, milloin ranskaa Pariisiin menoa varten. Tällaiset asiat olivat välineitä, jotka Pian tapaan — helpon näköisesti — sulautettiin mukaan. Täysi elämä jatkui työmaailmassa: menestyneellä Pialla riitti aikaa purjehtimisesta ompelamiseen ja lasten hoidosta kuumailmapalloon. Pia sai metallurgiasta rahamaailmaan siirtymisenkin vaikuttamaan vaivattomalta.

Kun tapasin Pian viimeiseksi jääneen kerran, sain kirjan "Lähtö ja loitsu". Pian lähtö oli järkytys, loitsu ei auta. Lämmin muisto elää.

Ulla Mäkelä

Pia osoitti heti Yhdyspankkiin tullessaan, ettei hän epäroinyt ottaa vastaan koviakin haasteita. Hän sai heti aloittaessaan pankissa hoitaakseen poikkeuksellisen vaativat tehtävät osaston kakkosena silloisessa osakeanteja järjestäneessä yksikössä.

Pialla oli kyky tulla toimeen ja tehdä yhteistyötä suuressa organisaatiossa hyvinkin erilaisten ihmisten kanssa myös vaikeissa tilanteissa. Oma porukka oppi nopeasti luottamaan häneen ja otti hänet omakseen, meidän Piaksi.

Pia osoitti taistelutahtonsa pyrkiessään kehittämään itseään työsään meillä SYP:ssä ja SE-Bankenissa tavalla, joka oli esimerkillisen määrätietoista. Hänen jälkeensä jää työtovereille kysymys: "Miksi parhaille annetaan niin vähän aikaa?".

Lars Haggrén

Vuorimiesyhdistys r.y.:n metallurgijaoston jäsen Pirjo (Pia) Tuulikki Lehtinen, o.s. Hahti, oli vuodesta 1982 lähtien.

Toimitus

## UUSIA JÄSENIÄ — NYA MEDLEMMAR

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

### Kokouksessa 12.5.1988

**Eilu, Pasi**, FK, s. 9.11.1958. Roos Oy, geologi, projektipäällikkö. Os.: Kaarinankatu 2 a B 40, 20500 TURKU. Jaosto 1.

**Glumoff, Tapio**, FM, s. 28.6.1961. Roos Oy, geologi. Os.: Yo-kylä 66 A 4, 20510 TURKU. Jaosto 1.

**Korkiakoski, Esko**, FL, s. 6.3.1956. GTK, Rovaniemi, geokemisti. Os.: Urpiaistie 13, 96400 ROVANIEMI. Jaosto 1.

**Tammirinne, Markku**, TkL, s. 26.5.1941. VTT, Geotekniikan laboratorio, laboratorion johtaja. Os.: Aapontie 8, 03100 NUMMELA. Jaosto 1.

### Kokouksessa 8.9.1988

**Brusila, Jukka**, DI, s. 15.9.1956. Tietokumpu Oy, ATK-suunnittelija. Os.: Pohjoisahonkatu 2 A, 83500 OUTOKUMPU. Jaosto 2.

**Erling, Tapani**, VK, s. 22.10.1945. Outokumpu Oy Keskushallinto, yrittäsuunnittelija. Os.: Keijontie 5, 00610 HELSINKI. Jaosto 2.

**Feng, Deling**, TkT, s. 16.9.1951. TKK, Kalliotekniikan lab., tutkija. Os.: Jämeräntaival 11 H 162, 02150 ESPOO. Jaosto 2.

**Jalanko, Liisa**, FM, s. 28.9.1949. Outokumpu Oy, Kaivosteollisuuden ja Metallurgisen teollisuuden tiedotus- ja koulutus-päällikkö. Os.: Kalevanvainio 4 A 15, 02100 ESPOO. Jaosto 2 ja 3.

**Jalava, Jukka**, Ins., s. 31.10.1942. Rammer Oy, Tuotetekninen osasto, johtaja. Os.: Kansantie 23 B, 00680 HELSINKI. Jaosto 2.

**Jokinen, Juha**, FK, s. 24.3.1947. TKK, Kalliotekniikan lab., tutkija. Os.: Korsitie 1 G 36, 00730 HELSINKI. Jaosto 1 ja 2.

**Järvenpää, Martti**, DI, s. 5.11.1962. VTT/MRG, Otaniemi, tutkija. Os.: Viherlaaksonranta 10 B 27, 02710 ESPOO. Jaosto 3.

**Kandolin, Heikki**, Ins., s. 25.4.1945. Outokumpu Oy Koneteollisuus, toimitusjohtaja/Wenmec Systems. Os.: Pitkänkalliontie 11 B 36, 02170 ESPOO. Jaosto 3.

**Kolsi, Jari**, DI, s. 7.2.1958. Dalsbruk Oy Ab, Koverhar, kehitysinsinööri. Os.: A-talo A 4, 10820 LAPPOHJA. Jaosto 3.

**Korhonen, Reijo**, DI, s. 21.5.1955. Geoseismo Oy, projektipäällikkö. Os.: Naapurinkuja 1 C 22, 01670 VANTAA. Jaosto 2.

**Kupila, Seppo**, Ins., s. 2.12.1936. Lemminkäinen Oy, osastopäällikkö. Os.: Kiiltokallionpolku 3, 02180 ESPOO. Jaosto 2.

**Kurimo, Maija**, DI, s. 1953. GTK, geofysikko. Os.: GTK, 02150 ESPOO. Jaosto 1.

**Lautanala, Kirsti**, DI, s. 12.11.1958. Oy International Business Machines Ab, ATK-suunnittelija. Os.: Vallikallionkuja 4 B 14, 02600 ESPOO. Jaosto 3.

**Liedes-Jauhainen, Outi-Maria**, DI, Ins. tsto Pohjatutkimus. IPT, projektipäällikkö. Os.: Liuskekuja 1 B 14, 00710 HELSINKI. Jaosto 2.

**Lyrra, Mikko**, DI, s. 27.10.1960. TKK, Mineraali- ja partikkeliteknikan lab., tutkija. Os.: Avaruuskatu 3 H 144, 02210 ESPOO. Jaosto 4.

**Majonen, Harri**, Ins., s. 15.11.1956. Outokumpu Oy Koneteollisuus, Espoo, tuotepäällikkö. Os.: Töyrymäki 34, 02760 ESPOO. Jaosto 3.

**Myllykoski, Lassi**, DI, s. 25.9.1954. Rautaruukki Oy Tutkimuskeskus, Raahe, tutkimusinsinööri. Os.: Metsätie 1, 92120 RAAHE. Jaosto 3.

**Nopanen, Veli-Matti**, DI, s. 5.12.1954. Rautaruukki Oy, myyntipäällikkö. Os.: Maljatie 10 A, 90250 OULU. Jaosto 3.

**Pirttijärvi, Eski**, Ekon., s. 22.1.1947. Outokumpu Oy, managing director/Outokumpu (UK) Ltd. Os.: Flat 3, 10 Lowndes sq., SW1X 9HA LONDON, ENGLAND. Jaosto 3.

**Puittinen, Esko**, DI, s. 22.8.1946. Orion-yhtymä Oy, Normet, markkinointipäällikkö. Os.: Soukankuja 14 B 10, 02360 ESPOO. Jaosto 2.

**Raassina, Raimo**, Ins., s. 1.10.1939. Rautaruukki Oy, putkiruuhän johtaja. Os.: Ainola 2 B, 13250 HÄMEENLINNA. Jaosto 3.

**Raukko, Paavo**, Ins., s. 31.12.1943. Outokumpu Oy Engineering, bankintapäällikkö. Os.: Kuusikallionkuja 3 E, 02210 ESPOO. Jaosto 4.

**Ravaska, Olli**, TkL, s. 2.11.1945. Oulun yliopisto, professori. Os.: Kasarmintie 8, 90100 Oulu. Jaosto 2.

**Takala, Ismo**, Ins., s. 22.5.1959. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, sivutuotetehtaan käyttöinsinööri. Os.: Pirinkatu 1 C 21, 29200 HARJAVALTA. Jaosto 3.

**Talvitie, Mikko**, DI, s. 23.5.1962. TKK, Metallipin lab., assistentti. Os.: Sepetlahdentie 2-4 G 59, 02230 ESPOO. Jaosto 3.

**Tidström, Johny**, DI, s. 4.1.1942. Ovako Steel Hellefors Ab, verkställe direktör. Adr.: Villavägen 8, S-71200 HÄLLEFORS, SVE-RIGE. Sektion 3.

**Vaaho, Antti**, DI, ekon., MBA, s. 30.5.1947. Watostek Oy ja Vaaho Oy, toimitusjohtaja. Os.: Vanhatie 24 B 7, 15240 LAHTI. Jaosto 3.

**Vilpas, Timo**, Ins., s. 14.10.1943. Outokumpu Oy Koneteollisuus, tuotepäällikkö. Os.: Sysipolku 7, 28360 PORI. Jaosto 3.

## UUTTA JÄSENIÄ — NYTT OM MEDLEMMARNA

**Aarinen, Pekka**, DI, Kaapelitehdas Reka Oy, tuotantojohtaja. Os.: Lähteläntie 15, 12310 RYTTYLÄ.

**Aarnio, Ari**, DI, Keijo Heinonen Oy, patentti-insinööri.

**Ahkola-Lehtinen, Anne**, TkL, Dalsbruk Oy Ab, valsaamon käyttö-päällikkö.

**Ahlberg, Markku**, TkL, Pääesikunta, Laatutyöryhmä, laatuinsinööri.

**Ahlman, Kaj**, Lääk. ja kir.tri. eläkkeellä.

**von Alftan, Christian**, TkL, Outokumpu Oy Elektronikka, sovellutuskehityksen päällikkö.

**Anttilainen, Jaakko**, DI, Os.: Matinlahdenkatu 2 A 2, 02230 ESPOO.

**Anttonen, Reijo**, DI, Outokumpu Oy, Saattoporan kaivos, kaivoksen johtaja (1.2.1988). Os.: SYP-talo, 99300 MUONIO.

**Aro, Kristiina**, FK, Ympäristöministeriö, Kansainväl. asiain tsto, projektisihteeri.

**Arola, Veikko**, DI, Os.: 56 Joseph st., BRAMPTON, ONT. L6X 1H8, CANADA.

**Arvinen, Aulis**, FM, Neste-konserni, Bitumitoiminta, markkinointipäällikkö.

**Asikainen, Ilkka**, DI, Minko Oy, toimitusjohtaja. Os.: Merivalkama 3-5 D 42, 02320 ESPOO.

**Aurasmaa, Heikki**, TkL, Pihtiputaan kunta, kunnanjohtaja. Os.: 44800 PIHTIPUDAS.

**Björkqvist, Lars-Göran**, DI, Outokumpu Oy Trading, Transamine Services Ltd, verkställe direktör.

**Bärlund, Henrik**, DI, Ky Henrik Bärlund Kb, verkställe direktör. Adr.: Dagsvägen 5 A 5, 02210 ESBO.

**Christiansen, Kaj**, DI, Adr.: Nygårdsvägen 18 E 9, 02210 ESBO.

**Dahlberg, Kjell**, DI, Oy Partek Ab Kalkkiteollisuus, kehityspäällikkö.

**Eerola, Ilkka**, DI, Rauma Repola, Johdon kansainvälistymisprojekti, johtaja. Os.: PL 306, 33101 TAMPERE.

**Eerola, Kalle**, DI, Pohjola-yhtiöt, yhteyspäällikkö.

**Eckholm, Esa**, DI, Kuusakoski Oy, osastopäällikkö. Os.: Karjusarentie, 15240 LAHTI.

**Eklund, Juhani**, TkL, HTKK Valimotekniikan laboratorio, tutkija. Os.: Pengerkatu 9 B 63, 00530 HELSINKI.

**Elomaa, Tero**, DI, Prosessikone Oy, hallituksen puh.joht. Os.: P. Katariinantie 8 B 34, 20870 KAARINA.

**Eriksson, Sten-Anders**, DI, Os.: PL 23, 10901 HANKO.

**Erkinheimo, Martti**, DI, Levanto Oy, toimitusjohtaja. Os.: Hieta-lahdenranta 19 B 22, 00180 HELSINKI.

**Erlamo, Seppo**, DI, Os.: Linnusperä Wevar 2, 67600 KOKKOLA.

**Eronen, Harri**, DI, Oy Förby Ab, teknillinen johtaja. Os.: Pähkinärinne 22, 24240 SALO.

**Eskola, Jaakko-Veikko**, DI, Kansallis International Bank, Vice President, projects. Os.: 25 bd Verdun, 2670 LUXEMBURG.

**Euro, Heikki**, DI, Ara Oy, toimitusjohtaja. Os.: Loukkaankatu 9, 20300 TURKU.

**Fenander, Pekka**, DI, Os.: Harjuviita 4 A 7, 02110 ESPOO.

**Forsberg, Ingmar**, Ins. Oy Trelleborg Ab, Itä-Suomen piiri, alue-päällikkö.

**Frii, Jarmo**, DI, Outokumpu Oy Kaivosteollisuus, Pohjoismaisen kaivosryhmän laskentapäällikkö.

**Grönqvist, Peter**, DI, OK Metals (USA), sales manager. Adr.: 100 High Grove Blvd, GLENDALE, HEIGHTS, IL 60139, USA

**Hahti, Karl**, DI, Eläkkeellä.

**Haapala, Jorma**, DI, Neste Oy, Kulloo, projektipäällikkö. Os.: Kakkokallionrinne 6, 01380 VANTAA.

**Haapala, Matti**, DI, Okmetec Oy, tuotantotekninen päällikkö.

**Haapala, Pentti**, DI, Os.: Linnankatu 26 D 36, 20100 TURKU.

**Haapamäki, Ilkka**, DI, Kometa Oy, materiaalipäällikkö. Os.: Antinkuja 4 G 22, 02230 ESPOO.

**Hakakari, Hannu**, DI, Outokumpu Oy Koneteollisuus, myyntipäällikkö.

**Hakkarainen, Timo**, TkL, Valmet Paperikoneet Oy, Järvenpään tehdas, laadunvarmistuspäällikkö. Os.: Koulukuja 20 B 5, 04430 JÄRVENPÄÄ.

- Heikinheimo, Yrjänä**, DI. Os.: Arvi Karistonkatu 13 A 14. 13100 HÄMEENLINNA.
- Heikkilä, Kaarina**, DI. Kemira Oy Vuorikemia, tutkija. Os.: Aaltonhuippu 7 B 42. 02320 ESPOO.
- Heikkilä, Lauri**, DI. Heikkilä Consulting, toimitusjohtaja. Os.: Pussikatu 1 A 5. 15240 LAHTI.
- Heikkilä, Sakari**, TkT. Société Commerciale McNamara Inc., president. Os.: 55 Durocher, SAINT LAMBERT, QUEBEC J4P 3B9, CANADA.
- Heikkinen, Antti**, DI. Outokumpu Oy Koneteollisuus, tuotelinjapääällikkö. Os.: Alaportti 4 B. 02210 ESPOO.
- Heimonen, Lauri**, DI. Os.: Laurinahonkatu 4 A. 33340 TAMPERE.
- Helander, Kari**, DI. Os.: Urheilutie 2 A. 02700 KAUNIAINEN.
- Helin, Seppo**, DI. Nokia Alumiini, prosessi-insinööri. Os.: Rivitalo as. 2. 02490 PIKKALA.
- Hietanen, Ossi**, DI. Imatran Voima Oy. Ydinvoimatekniikan os. pääsuunnittelija.
- Hintikka, Pentti J.**, DI. Wärtsilä, dieselyrhmän johtaja.
- Holopainen, Hannu**, DI. A. Ahlström Oy, Boiler div., tekninen asiantuntija. Os.: Reserviläisentie 5. 02660 ESPOO.
- Hovatta, Heikki**, DI. Rautaruukki Oy Raahan rautatehdas, laadunohjausinsinööri.
- Huggare, Tor-Leif**, DI. Adr.: Mariavägen 8 A. 02700 GRANKULLA.
- Huhtamäki, Yrjö**, DI. Oy Partek Ab. Paraisten louhos, kaivospääällikkö.
- Hukkala, Tarja**, DI. Os.: Elsankuja 5 D 22. 02230 ESPOO.
- Hynynen, Pekka**, DI. Os.: Huvilakuja 3. 02730 ESPOO.
- Häkkinen, Asko**, Ins. Outokumpu Copper Oy, tuotepääällikkö.
- Häkämies, Mikko**, DI. Os.: Tanhuanatie 10 A. 53920 LAPPEENRANTA.
- Hämäläinen, Osmo**, DI. Os.: Madetie 14 A. 02170 ESPOO.
- Illi, Jorma**, DI. Os.: Ruskontie 8 D. 92120 RAAHE.
- Ingeritilä, Kauko**, DI. VTT Mineraalitekniikan laboratorio, erikoistutkija. Os.: Kauppalankatu 26. 83500 OUTOKUMPU.
- Intonen, Tero**, DI. Os.: Laivurintie 14. 90520 OULU.
- Isohanni, Markku**, FL. Outokumpu Oy. Outokumpu Resources Inc., koordinoiva geologi.
- Isoherranen, Seppo**, DI. Outokumpu Copper Oy, toimitusjohtaja.
- Jaakonmäki, Ari**, DI. Os.: Tesomajärvenkatu 4 H 120. 33310 TAMPERE.
- Jalava, Jukka**, Ins. Os.: Joutsenkatu 5 as 1. 15150 LAHTI.
- Jalkanen, Tuomas**, DI. Nokia Data, ohjelmistoasiantuntija.
- Jansson, Folke**, DI. Oy Nokia Ab. Kaapeli. Os.: PL 419. 00101 HELSINKI.
- Juopperi, Juhani**, DI. Teollisuussuunnittelu Oy, projektinjohtotehtävät. Os.: Karikkokatu 9. 53500 LAPPEENRANTA.
- Jurvanuus, Teuvo**, Ins. Outokumpu Oy Keretin kaivos, kaivospääällikkö.
- Juusela, Jyrki**, TkT. Os.: Mäenrinne 12 B 19. 02160 ESPOO.
- Juva, Ari**, DI. Os.: Komendantintanku 2 D. 02600 ESPOO.
- Jylhä, Kosti**, DI. Os.: Louhentie 20 G 52. 02130 ESPOO.
- Jähi, Pentti**, DI. Os.: Metsontie 1 B 18. 04320 RIIHIKALLIO.
- Jämsä, Sirkka-Liisa**, TkL. Os.: Sepetlahdentie 12 A 4. 02230 ESPOO.
- Järkkälä, Jouni**, DI. Os.: PL 217. 90101 OULU.
- Järvenpää, Viljo**, DI. Wiser Oy, toimitusjohtaja.
- Kaislaniemi, Ilpo**, DI. Wärtsilä Meriteollisuus Oy, markkinointijohtaja. Os.: Bredantie 6 A 3. 02700 KAUNIAINEN.
- Kajan, Markku**, DI. Os.: Vasaramäki 7. 02700 KAUNIAINEN.
- Kajatkari, Martti**, TkT. Os.: Parken. 10479 FISKARS.
- Kallio, Kari**, DI. Os.: Yrjönkatu 9 B 45. 15100 LAHTI.
- Kangas, Eero**, Ins. Oy Nokia Ab Materiaalikäsittely, Tampereen tehdas, tuotepääällikkö/Skega-tuotteet.
- Karhunen, Olli**, DI. Os.: Vaasanpuistikko 6 C 19. 65120 VAASA.
- Kari, Antti**, TkT. Bintec Oy, toimitusjohtaja. Os.: Nuotiopolku 8. 15870 HOLLOLA.
- Karjalainen, Esko**, DI. Oy Hoechst Fennica Ab. kemikaaliosaston pääällikkö.
- Karlström, Esa**, DI. Kokillivalimo Karlström Ky, toimitusjohtaja.
- Karvinen, Antero**, FK. Os.: Säpikäsmutka 3. 96440 ROVANIEMI.
- Karvonen, Pekka**, TkL. Ovako Steel, Imatra, suunnittelu- ja kehitysinsinööri.
- Kauppinen, Heikki**, FM. Os.: Pajatie 7. 71800 SIILINJÄRVI.
- Kekkonen, Timo**, DI. Os.: Kiveliöntie 15. 02340 ESPOO.
- Kekkonen, Olavi**, FK. Os.: Kaarikuja 14. 92140 PATTIJOKI.
- Ketola, Matti**, TkT. Outokumpu Oy. Kaivosteollisuus, Pohjoismaisen malminetsinnän johtaja.
- Kilpinen, Matti**, DI. Rauma-Repola-yhtymä, BLN-ryhmä, teollisuusryhmänjohtaja. Os.: Et. rautatiekatu 16 a A 25. 00100 Helsinki.
- Kirvesniemi, Aapo**, DI. Oy Airam Ab Kovametallitehdas, yksikön johtaja.
- Kivimäki, Arto**, DI. Os.: Iltatie 9 E. 02210 ESPOO.
- Kivivuori, Seppo**, TkT. TTK Materiaali- ja kalliotekniikan laitos, Mem. laboratorioinsinööri.
- Koivunen, Timo**, DI. Kokkolan tekn. oppilaitos, prosessitekniikan yliopettaja.
- Koivuniemi, Tatu**, DI. Os.: Otavankatu 15 A 5. 28100 PORI.
- Kojo, Ilkka**, TkT. Os.: Koivistonluodontie 55. 28330 PORI.
- Kokkonen, Kari**, DI. Oy Atlas Copco Ab, tuotepääällikkö. Os.: Mäntynummentie 6 A 4. 08500 LOHJA AS.
- Korkalo, Tuomo**, FM. Outokumpu Oy. Saattoporan kaivos, kaivospääällikkö. Os.: Sepänkatu 13 A 6. 80110 JOENSUU.
- Korpinen, Tapio**, DI. Os.: Insinöörinkatu 8. 50100 MIKKELI.
- Kortehisto, Arimo**, Ins. Os.: Koivulantie 4 as. 14. 28360 PORI.
- Koskinen, Pauli**, DI. Jaakko Pöyry Oy. kustannusinsinööri. Os.: Kalevankatu 61 E 81. 00180 HELSINKI.
- Kreula, Seppo**, DI. Outokumpu Unimec Oy, varatoimitusjohtaja.
- Kuivala, Aimo**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus. Kupari-nikkeliryhmä, Kupariyksikön johtaja.
- Kujanpää, Veli**, TkT. VTT Koncepajan tuotantotekniikan laboratorio, levytekniikan jaostopääällikkö. Os.: Rinnekatu 15. 53850 LAPPEENRANTA.
- Kukkonen, Esko**, Ins. Os.: Metsolantie 4. 92130 RAAHE.
- Kumpula, Mikko**, DI. Lokomo Oy, Vaculok Engineering, johtaja.
- Kuosmanen, Viljo**, FK. Os.: Uurrekuja 18. 01650 VANTAA.
- Kurkela, Matti**, TkT. Os.: Kivimäki 4 B 2. 01800 KLAUKKALA.
- Kytö, Markku**, TkL. Outokumpu Oy Metallurginen tutkimuskeskus, vanhempi tutkija.
- Laakso, Juhani**, TkL. Rauma-Repola Prosessiryhmä, kehitysjohtaja.
- Lakanen, Ensio**, DI. Outokumpu Oy Engineering, mikrotukihenki-  
lö. Os.: PL 86. 02201 ESPOO.
- Lappalainen, Kari**, FK. Os.: Ajourinmäki 5 B 49. 02600 ESPOO.
- Lappalainen, Veikko**, Prof. Turun yliopisto, professori, geologian laitoksen johtaja.
- Latva-Pukkila, Pasi**, DI. Oy Tampella Ab Tamrock Drills, tuotepääällikkö. Os.: Heinatie 12 as 1. 39160 JULKUJÄRVI.
- Laulumaa, Jukka**, DI. Os.: Pohjoinen yhdyskatu 45. 29230 SATALINNA.
- Lauren, Lennart**, FL. Oy Partek Ab Kalkkiteollisuus, päägeologi.
- Laurila, Heikki**, DI. Os.: Uusi-Jyrkilä. 86900 PYHÄKUMPU.
- Lautanala, Kirsti**, DI. Os.: Päiväkilonkuja 6 B 9. 02210 ESPOO.
- Lehtinen, Markku**, FK. Oy Partek Ab, geologi. Os.: 73670 LUIKONLAHTI.
- Lehtinen, Tuomo**, DI. Os.: B 55. 25900 TAALINTEHDAS.
- Leinilä, Timo**, DI. Oy Wärtsilä Ab Sanitec, Tammisaaren Posliini, tehtaanjohtaja.
- Lempinen, Eero**, DI. Os.: Isolinnankatu 7 B. 28200 PORI.
- Leskelä, Hannu**, DI. Finnminerals Oy, Sotkamon tehdas, tutkimusinsinööri. Os.: Sirkunpolku 12. 87400 KAJAANI.
- Lestinen, Pekka**, FK. Os.: Kullervonkatu 29 B 14. 70500 KUOPIO.
- Levonmaa, Raimo**, TkL. Os.: Kulmalantie. 28450 VANHA-ULVILA.
- Levänaaho, Jaakko**, DI. Os.: Box 1029, Logan Lake. BC, VOK IWO, CANADA.
- Lindeman, Esa**, DI. Outokumpu Oy/Norsulfid A/S, projekti-insinööri. Os.: Rupsiveien 2 (Bursi). N-8230 SULITJELMA, NORGE.
- Lindholm, Veli-Matti**, DI. Kemira Oy Espoon tutkimuskeskus, projekti-insinööri. Os.: Lehdesniityntie 3 E 87. 00340 HELSINKI.
- Lindqvist, Ralf**, DI. Os.: Valkamanpolku 4 as. 3. 05840 HYVINKÄÄ.
- Linna, Juhani**, VTM. Outokumpu-konserni Keskushallinto, johtava asiantuntija.
- Löven, Pekka**, DI. Outokumpu Oy, KTT, projekti-insinööri. Os.: Sepänkatu 3 a 10. 80110 JOENSUU.
- Lumme, Pertti**, DI. Partek-Höganäs Ab, tuotelinjapääällikkö.
- Lunden, Esko**, FK. Oy Partek Ab, aluegeologi, Os.: Paraistentie 14. 53650 LAPPEENRANTA.
- Lähteenmäki, Seppo**, DI. Os.: Kuusikkotie 3. 86900 PYHÄKUMPU.
- Mannerkoski, Lauri**, DI. Rautaruukki Oy, kaupallinen johtaja, johtokunnan jäsen.
- Manunen, Tauno**, DI. Os.: Kangastie 3. 80710 LEHMO.
- Markkula, Juhani**, DI. Os.: Likolammenkatu 4 D. 33300 TAMPERE.
- Martikainen, Hannu**, TkT. Lokomo Oy Materiaalitekniikan laboratorio, johtaja.
- Mattelmäki, Matti**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Kupari-nikkeliryhmä, nikkeliyksikön johtaja.
- Mattila, Hannu**, FM. Outokumpu Oy ODS, ATK-suunnittelija. Os.: Vilpunkatu 2 A 2. 02230 ESPOO.
- Mattila, Jussi**, DI. Ins.tsto Jussi Mattila, hallituksen varsinainen jäsen.
- Melart, Allan**, FK. Os.: Mechelininkatu 10 A. 00100 HELSINKI.
- Metsänen, Arto**, DI. Os.: Hämeentie 32 B 74. 00530 HELSINKI.

# Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaförening ry:n tutkimuslsteet, kirjat ja julkaisut

## Tutkimuslsteet: sarja A

A 8	"Jäännösanomalia- ja gradienttikarttojen käytöstä malminetsinnässä"	20,—
A 9	"Rikastamoiden jätealueiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"	20,—
A 10	"Kuilurakenteet"	20,—
A 14	"Suunnan ja kaltevuuden mittaus syväkairauksessa" (uusi kopio)	30,—
A 18	"Geokemiallisten näytteiden käsittely ja tulosten tulkinta"	50,—
A 20	"Rikastamoiden instrumentointi"	20,—
A 22	"Tulenkestävät keraamiset materiaalit"	20,—
A 24	"Kaivosten ja avolouhosten 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 32	"Seulonta"	40,—
A 34	"Geologisten joukonäytteiden analysointi"	50,—
A 36b	"Pakokaasukomitea — uusimpien julkaisujen sisältämät tutkimustulokset dieselmoottorien saastetuoton vähentämiseksi"	50,—
A 39	"ATK-menettelmien käyttö kallioperäkartoituksissa"	25,—
A 42	"Kaivosten työympäristö"	50,—
A 47	"Murskeen varastointi talviolosuhteissa"	40,—
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	"Holvautuminen purkumenetelmät"	50,—
A 61/I	"Rakeisen materiaalin kosteuden mittaus"	50,—
A 62	"Luettelo Suomessa olevista ja tänne helposti saatavista elementtiosuunnitelmista"	30,—
A 63	"Avolouhoksen seinämän kaltevuuden optimointi"	50,—
A 64	"Suomessa tehdyt kallion jännitystilamittaukset"	50,—
A 65	"Kiintoaineen ja veden erotus"	50,—
A 66	"Pohjavesikysymys kalliotiloissa"	50,—
A 67	"Crosshole seismic investigation"	70,—
A 68	"Automation of a drying process"	70,—
A 69	"Rakeisen materiaalin jatkuvatoiminen kosteuden mittaus"	50,—
A 70	"Happamien ja intermediaaristen magmakivien kivilajimäärittäminen pääalkuainekoostumuksen perusteella"	50,—
A 71	"Kallion tarkkailumittaukset"	50,—
A 72	"Elementtimenetelmien käyttö kaivostilojen lujuuslaskennassa"	50,—
A 73	"Crosshole seismic method"	50,—
A 74	"Pölynerotus ja ilmansuojelu"	70,—
A 75	"Heikkousvyöhykkeiden geofysikaaliset tutkimusmenetelmät"	90,—
A 76	"Teollisuusmineraaliesiintymien raaku- ja malmityyppikartoitus geofysikaalisten menetelmien avulla"	50,—
A 77	"Kaivosten jätevedet, kiinteät jätteet ja ympäristönsuojelu"	50,—
A 78	"Suomen kaivokset ja ympäristönsuojelu"	50,—
A 79	"Kaivosten kiinteiden jätteiden ja jätevesien käsittely — Ohjeita ja suosituksia"	50,—
A 80	"Hienojen raeuokkien rikastus"	100,—
A 81	"Measurement of Rock Stress in Deep Boreholes"	50,—
A 82	"Avolouhosseinämien puhdistus"	70,—
A 83	"Economic Blasting in Open Pits"	50,—
A 85	"Mineralisaatioiden luokittelu taajusaalueen spektri-IP-mittauksia käyttämällä"	100,—

## Koulutus- ja seminaarimonisteet, kalliomekaniikan päivien esitelmämonisteet sekä muut julkaisut: sarja B

B	"Kalliomekaniikan päivät 1967-78, 1983-84"	50,—
B 12	"Kalliomekaniikan sanasto"	10,—
B 14	"Kaivossanasto"	8,—
B 16	INSKO 106-73 "Terästen lämpökäsittelyn erikoiskäytännön tutkimuksia"	45,—
B 17	INSKO 49-74 "Skänkmetallurgi-Senkkametallurgian"	45,—
B 18	INSKO 90-74 "Investoinnit ja käyttöalaskenta metallurgisen teollisuuden toiminnan ohjauksessa"	45,—
B 19	INSKO 45-75 "Materiaalitoimitusten laadunvalvontakäytäntöjä metalliteollisuudessa"	45,—
B 23	"Laatokan-Perämeren malmivyyöhyke"	40,—
B 25	"Raakkulaimennus ja sen taloudellinen merkitys kaivostuotannossa"	50,—
B 26	"Pientunnelisymposiumi"	70,—
B 27	"Uraaniraaka-ainesymposiumi"	50,—
B 28	"Tuuletussymposiumi"	50,—
B 29	"Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja"	90,—
B 30	"Teollisuusmineraalisesiminaari"	50,—
B 31	"Kaivosten työsuojelu"	50,—
B 32	"Valtakunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämisseminaari"	50,—
B 37	"Kaivoskohteiden urakkasopimusjärjestelmä"	50,—
B 38	"Tuotantominaalogian seminaari 16.1.1986"	60,—
B 39	"Maanalaisen louhintatyömaan sähköistys ja automaatio"	100,—
B 40	"Vuorimiesyhdistyksen tutkimuslsteiden kirjoitusohjeet"	—
B 41	"Mineraalitekniikan tutkimuksen valtakunnallinen kehittämissuunnitelma 1988"	50,—
B 42	"Malminetsinnän tehtävä ja tarkoituksenmukainen organisointi Suomessa yhteiskunnan ja vuoriteollisuuden kannalta"	30,—

VMY:n solmio { sininen, 100% silkki 70,—  
viinipunainen, —" 70,—

Vuoriteollisuus — Bergshanteringen lehti vuosikerta Suomessa 85,—  
vuosikerta ulkomailla 110,—  
Eero Mäkinen-mitali 200,—

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

Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta  
DI Kalle Vaajoensuu mieluummin kirjallisesti osoitteella:  
Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaförening r.y.  
Outokumpu Oy  
Kaivosteknillinen toimisto  
83500 OUTOKUMPU  
tai puh. 973-561



## ILMOITTAJAT — ANNONSÖRER

- ACA SYSTEMS Oy
- A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ, Höyrykattilat
- Oy ALGOL Ab
- BERGBAU 89 — MESSE DÜSSELDORF
- Oy FORCIT Ab
- HANGON KIRJAPAINO Oy
- Oy HOECHST FENNICA Ab
- Oy HÖGANÄS Ab
- Oy INSALKO Ab
- KALLIOSUUNNITTELU Oy, ROCKPLAN Ltd
- KEMIRA Oy, Vihtavuoren tehtaas
- KOMETA Oy
- KUUSAKOSKI Oy
- LAROX Oy
- MACHINERY Oy, Louhinta ja maansiirto
- OUTOKUMPU Oy, Terästeollisuus
- OVAKO STEEL Oy Ab
- RAUTARUUKKI Oy, Teräsryhmä
- RAUTE Oy, Raute Precision
- Insinööritoimisto SAANIO & RIEKKOLA
- SANDOZ Oy
- SUOMEN MALMI Oy
- Oy JULIUS TALLBERG Ab, Rakennus- ja laiteosasto
- Oy TAMPELLA Ab, TAMROCK
- Oy TAMRO Ab
- Oy TRELLEBORG Ab
- VOLVO AUTO Oy Ab, Koneosasto
- 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 kirjallisuuviliteineen** 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 arkkille. Kuvien olisi mahdollista yhden palstan leveydelle (85 mm), mutta ne on piirrettävä vähintään kaksinkertaiseen kokoon ottaen viivapaksuuksia ja kirjainkokoja valittaessa huomioon pienennyksen vaikutus. Kuvia ei varusteta kehysviivoin. Kuvien paikat on merkittävä käsikirjoitukseen. Kuvien ja piirustusten tulisi mieluiten olla musta-valkoisia.

**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.

**Kirjallisuuvilitteet** 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.

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

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**.

- Moliis-Mellberg, Anders**, DI. Ovako Steel Oy Ab Jousijärjestelmät, toimintayksikön johtaja. Billnäsin tehtaanojohtaja.
- Murden, Keith**, TKL. Os.: 1256 Lake view Dr., OAKVILLE, ONT. L6H 2M8. CANADA.
- Mustonen, Arto**, DI. Dalsbruk Oy Ab Koverhar, tuotesuunnittelu ja systeemi kehitys. Os.: Solhult 3, 10820 LAPPOHJA.
- Myrskog, Leif**, FK. Adr.: Styrmanen 6 B, 67300 KARLEBY.
- Mäkelä, Markku**, FT. United Nations. Revolving Found for Natural Resources Exploration, Operations Supervisor. Os.: UNRFNRE, Room FF 1180, 304 E, 45th Str., NEW YORK, NY 10017, USA.
- Mäkelä, Reino**, Yli-ins. Rautaruukki Oy, johtokunnan varapuheenjohtaja.
- Mäkelä, Ulla**, DI. Os.: Otakallio 4 C, 02150 ESPOO.
- Mäki, Timo**, FK. Outokumpu Oy Pyhäsalmen kaivos, geologi. Os.: Koivikkotie 3 B, 86900 PYHÄKUMPU.
- Mäkinen, Liisa**, DI. HPY, toimituspäällikkö.
- Mäkinen, Tero**, DI. Os.: Veljestönpolku 25 H, 00730 HELSINKI.
- Mäkipere, Juha**, DI. Elatec Oy, toimitusjohtaja.
- Mäntymäki, Tarmo**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Kupari-nikkeli-ryhmä, henkilöstö- ja tehdaspalveluosaston johtaja.
- Nelson, John**, TkT. Suomen ulkomaankauppaliiton energia-alan vientimarkkinoija. Os.: c/o Postipankki (U.K.) Limited, 10-12 Little Trinity Lane, LONDON EC4V 2AA, U.K.
- Niemelä (ent. Leppänen), Olli**, DI. Os.: 08360 KISAKALLIO.
- Nieminen, Pekka**, DI. Tamrock Trackdrills, tuotepäällikkö.
- Nikander, Jarmo**, FK. Os.: Nuottapolku 21, 70910 VUORELA.
- Nikku, Paul**, Ins. Oy Nokia Ab Kumi tuotteet, markkinointipäällikkö. Os.: Perkiöntie 7 F, 33960 PIRKKALA.
- Niskanen, Matti**, DI. Os.: Ohdakekuja 2 C, 55800 IMATRA.
- Noitero-Rantamäki, Eeva-Kaarina**, DI. Tapiola-yhtiöt, ATK-tarastaja.
- Nopanen, Heikki**, DI. Ekon. Os.: Aidasmäentie 28 B 2, 00650 HELSINKI.
- Nykänen, Osmo**, FK. Eläkkeellä. Os.: Kuninkaankatu 21 B 34, 70100 KUOPIO.
- Ojanen, Asko**, DI. Poricopper Oy, toimitusjohtaja. Os.: Luhtipolku 9, 28400 ULVILA.
- Ollila, Seija**, TkL.
- Pajunen, Jorma**, DI. Os.: Ollinsaarentie 43 H 56, 92120 RAAHE.
- Palander, Marko**, DI. Os.: Cortenkatu 12 B 2, 92100 RAAHE.
- Parkkinen, Jyrki**, FT. Geologinen tutkimuskeskus, Malmiosasto, geologi. Os.: Maininkitie 8 B 11, 02320 ESPOO.
- Parkkinen, Marjatta**, LuK. Outokumpu Oy Konserninjohto, informaattikko. Os.: Maininkitie 8 B 11, 02320 ESPOO.
- Parviainen, Kari**, DI. Kompar Oy, toimitusjohtaja.
- Pelto, Markku**, DI. Os.: Hannuntie 21 F 29, 02360 ESPOO.
- Penttilä, Hannu**, DI. Outomec Oy, toimitusjohtaja. Os.: Ilansuu 5, 02210 ESPOO.
- Perttula, Jaakko**, FK. Os.: Heteniityntie 1 D 29, 00960 HELSINKI.
- Pesonen, Jukka**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, markkinoinnin kehityspäällikkö. Os.: Päiväntie 10-12 B 6, 02210 ESPOO.
- Pesonen, Raimo**, DI. Oy Airam Ab Kovametallitehdas, osastopäällikkö.
- Pietilä, Pentti**, DI. Lokomo Oy, toimitusjohtaja.
- Pieviläinen, Timo**, DI. Outokumpu Oy Engineering, Suunnitteluautomaatio, suunnittelusinoööri. Os.: Hevosmäki 4 H, 02410 KIRKKONUMMI.
- Pirttijärvi, Esko**, Ekon. Outokumpu Copper Oy, liiketoiminnan kehitysjohtaja.
- Pitkänen, Heikki**, DI. Rautaruukki Oy Engineering, projekti insinööri. Os.: Ampuhaukantie 4 B 48, 90250 OULU.
- Poikonen, Ari**, TkL. U.S. Geological Survey, Branch of Geophysics. Os.: U.S. Geological Survey, Box 25046, MS 964, DENVER, COLO. 80225, USA.
- Puhakka, Juha**, Ins. Os.: Lappeentie 1 B 8-9, 55100 IMATRA.
- Pulkkinen, Juhani**, DI. Outokumpu Oy Vammalan kaivos, kaivoksenjohtaja. Os.: Kyläkatu 1 B 2, 38200 VAMMALA.
- Putkisto, Juhani**, Ins. Suomen Metacolor Oy, Kankaanpään tehdas, tehtaanojohtaja.
- Puustjärvi, Heikki**, FK. Os.: Alavinkatu 17, 83500 OUTOKUMPU.
- Pyykkö, Timo**, DI. Afora Oy, systeemisuunnittelija. Os.: Pensaskertuntie 6, 02660 ESPOO.
- Pääkkönen, Esko**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, liiketoiminnan kehitysjohtaja. Os.: Vanha Pisantie 3, 02280 ESPOO.
- Päärne, Antti**, DI. Os.: Terijöentie 5 B, 02130 ESPOO.
- Pöytä, Jukka**, DI. Os.: Vehkatie 25 29 as 19, 04400 JÄRVENPÄÄ.
- Pöntinen, Hannu**, DI. Os.: Alinankatu 2, 55100 IMATRA.
- Pöntynen, Tomi**, DI. Os.: Box 59, MVUMA, ZIMBABWE.
- Pöytäniemi, Tapani**, DI. Ambassade de Finlande, Algerie, kaupallinen sihteeri. Os.: c/o Ambassade de Finlande, P.B. 256, 16035 HYDRA, ALGERIE.
- Raassina, Raimo**, Ins. Os.: Jaakkolantie 17, 13100 HÄMEENLINNA.
- Rantakari, Seppo**, Ins. Outokumpu Unimec Oy, kehitysjohtaja.
- Rantanen, Raimo**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Kupari-nikkeliryhmän johtaja.
- Rantanen, Seppo**, DI. Outokumpu Mines Ltd. Namew Lake Mine. Os.: 18 Hill Street, FLIN FLON, R8A 1H9 MANTTOBA, CANADA.
- Rasilainen, Heikki**, DI. Atlaksenkujat 4 A 4, 00740 HELSINKI.
- Reinivuo, Raimo**, DI. Os.: Aallonkohina 6 H 76, 02320 ESPOO.
- Renkonen, Asko**, DI. Os.: Karhunkatu 14 B 327 C 13, 48600 KARHULA.
- Rimmistö, Jukka**, Ins. Os.: Santakatu 4 C 3, 29200 HARJAVALLA.
- Rinne, Risto**, Prof. TkL. VTI Mineraaliteknikan laboratorio, laboratorion johtaja.
- Rissanen, Markku**, DI. Nokia Koneet, Mekatronikka, Nokia Robotics, vientipäällikkö. Os.: Mottitie 12, 08700 VIRKKALA.
- Ritakallio, Pekka**, TkL. Rautaruukki Oy Hämeenlinna putkitehdas, johtaja. Os.: Ainola 2 B, 13250 HÄMEENLINNA.
- Roitto, Klaus**, DI. Adr.: Ellipsgränden 9 A 6, 02210 ESBO.
- Rosenback, Leif**, DI. Os.: Tullimyllyntie 1 C 41, 00920 HELSINKI.
- Rosenqvist, Harry**, FM Outokumpu Oy Kaivosteollisuus, Pohjoismaisen malminetsinnän aluepäällikkö.
- Rummukainen, Jorma**, Ins. Nordberg (UK) Ltd, tuotepäällikkö. Os.: 40 Armstrong Way, SOUTHALL, MIDDLESEX UB2 4SD, LONDON, UK.
- Räsänen, Esko**, FK. Os.: Kruununkuja 5 C, 02180 ESPOO.
- Räsänen, Mikko**, DI. Os.: Lielahdentie 8 A 9, 00200 HELSINKI.
- Rättyä, Eero**, DI. Outokumpu Oy Terästeollisuus, kuumavälisäätön teknillinen johtaja.
- Rönkvist, Arthur**, Ing. Oy Trelleborg Ab, tuoteryhmä päällikkö.
- Saari, Risto**, DI. S.A.M.I. Operations Oy, konsultti.
- Saarikoski, Lotta**, DI. Opisk. Os.: Kasarminkatu 21 B 14, 65100 VAASA.
- Saarnikko, Ari**, FK. Os.: Vierutie 21 B 9, 28600 PORI.
- Salatera, Tapio**, FK. Slanstone Oy, toimitusjohtaja. Os.: Tuulenaukatu 19 A, 21100 NAANTALI.
- Salervo, Taneli**, DI. Kuusakoski Oy, osastoinisnoööri. Os.: Tapionkatu 6, 18150 HEINOLA.
- Salovaara, Timo**, DI. Outokumpu Unimec Oy, toimitusjohtaja.
- Salminen, Reijo**, Prof., FT. Geologian tutkimuskeskus, Espoo, osastonjohtaja. Os.: Orakaskuja 7, 70910 VUORELA.
- Salo, Simo**, DI. Os.: Leilankuja 4 B 12, 02230 ESPOO.
- Sandström, Jarl**, DI. Os.: Lahnakoski, 67100 KOKKOLA.
- Santala, Pekka**, DI. Os.: Viertopolku 3, 02100 ESPOO.
- Saverikko, Matti**, FL. Geologian tutkimuskeskus, Geokemian osasto, tutkija.
- Selänne, Pertti**, DI. Outokumpu Oy Keskushallinto, riskienhallinta- ja suojeluryhmän johtaja.
- Seppälä, Kari**, DI. Tampereen Rautavali Oy, kehitysjohtaja. Os.: Vilusentie 39 C, 33700 TAMPERE.
- Sivonen, Markku**, FM. Os.: Jokipalstatie 12 D 1, 01800 KLAUKKALA.
- Siltanen, Ahti**, DI. Os.: Nirvankatu 68, 33820 TAMPERE.
- Similä, Pentti**, DI. Os.: Koukkunientie 13 B 7, 02230 ESPOO.
- Sipilä, Heikki**, TkT. Os.: Hannuksenkuja 10, 02270 ESPOO.
- Soikkeli, Timo**, DI. Tamrock Drills, osastopäällikkö. Os.: Lapintie 18 C 18, 33100 TAMPERE.
- Soininen, Eero**, Ins. Outokumpu Oy KTT, kehitys- ja markkinointijohtaja. Os.: Museokatu 22, 83500 OUTOKUMPU.
- Soininen, Raimo**, TkL. Rautaruukki Oy Putkiryhmä, kehitysjohtaja.
- Sotka, Pentti**, FL. Os.: Raivonmäentie 4 B, 83500 OUTOKUMPU.
- Suhonen, Riitta**, DI. Vakuutusosakeyhtiö Sampo, tekninen tarkastaja. Os.: Kaitaistentie 2 B 17, 20310 TURKU.
- Sundqvist, Pekka**, DI. Os.: Rautapolku N 4, 09040 JÄÄLI.
- Suomalainen, Jukka**, DI. Okmetic Oy, prosessi-insinööri.
- Suomi, Eero**, DI. Valmet Oy, osastopäällikkö. Os.: Ruutikellarintie 13 A, 13210 HÄMEENLINNA.
- Suominen, Sauli**, DI. Tek-Mur, Tekninen Muuraus Oy, myyntipäällikkö.
- Suutala, Niilo**, TkT. Outokumpu Oy Terästeollisuus, tuotekehitysjohtaja.
- Sweins, Holger**, kauppaneuvos, Eläkkeellä.
- Sörensen, Tom**, DI. Oy Aga Ab, apulaisjohtaja, prosessiteoll. ryhmän päällikkö.
- Taipale, Kalle**, FK. Geologian tutkimuskeskus, ATK-päällikkö.
- Takala, Heljä**, DI. Os.: Luodontie 8 E 42, 28330 PORI.
- Talonen, Timo**, DI. Os.: Ruhade, 29250 NAKKILA.
- Tamminen, Ilmari**, DI. Os.: Isoahonkatu 5 A 3, 33420 TAMPERE.
- Tiainen, Markku**, FK. Os.: Haahkatie 16 A 1, 00200 HELSINKI.
- Toivonen, Lasse**, TkL. Os.: Puolukkatie 1, 78500 VARKAUS.

**Tommila, Esa**, TkL. Teollisuuden keskusliitto, johtaja/ymp. suoje-  
lu ja kuljetuskysymykset.  
**Tonteri, Jarmo**, DI. Os.: Löytynkatu 2 E, 15900 LAHTI.  
**Torvela, Niilo**, DI. Os.: Ojakatu 2, 92100 RAAHE.  
**Tukkimies, Matti**, DI. Os.: Rautatienkatu 24 C 45, 33100 TAMPE-  
RE.  
**Tuori, Osmo**, DI. Os.: Tanhumäentie 23 B 2, 04420 JÄRVEN-  
PÄÄ.  
**Turunen, Matti**, TkL. Oy Uddeholm Ab, toimitusjohtaja.  
**Turunen, Pertti**, FK. Os.: Luolavuorentie 46 D 78, 20720 TURKU.  
**Tuuri, Esa**, DI. Televerket Nät, CAD-manager.  
**Tuutti, Juhani**, DI. MBA. Os.: Lupajantie 4-6 A, 00940 HELSIN-  
KI.  
**Tähtinen, Kari**, TkT. Ovako Steel Oy Ab, Imatra, kehitysjohtaja.  
**Törrönen, Kari**, TkT. VTT Metallilaboratorio, laboratorionjohta-  
ja.  
**Uronen, Paavo**, Prof. TKK. Kemian tekniikan laitos, professori.  
Os.: Solnantie 26 C 54-55, 00330 HELSINKI.  
**Vanhala, Lasse**, DI. Os.: PL 86, 02201 ESPOO.  
**Varmola, Keijo**, DI. Os.: PL 85, 02201 ESPOO.  
**Vartiainen, Veijo**, DI. Oy Tampella Ab, Tamrock-ryhmän johtaja.  
**Vattulainen, Antero**, FK. Kuusakoski Oy, Heinolan tehdas. Os.:  
Hämeenkatu 3-5 C, 18100 HEINOLA.  
**Veki, Jaana**, FK. Os.: Aittolammentie 13 B 7, 70780 KUOPIO.  
**Vesanto, Jarmo**, FK. Os.: Hirvikatu 17 B 11, 33240 TAMPERE.  
**Westerlund, Alf**, DI. Os.: P.O.Box 1081, LIMASSOL, CYPRUS.  
**Vesantola, Juhani**, DI. Os.: Tähtäin 25, 40630 JYVÄSKYLÄ.  
**Wikström, John-Erik**, DI. Adr.: Lapplax, 21600 PARGAS.  
**Widholm, Mikael**, DI. Scanpeat Oy, verkställe direktör.  
**Viertokangas, Viljo**, DI. Eläkkeellä.  
**Viitala, Raimo**, DI. Helsingin kaupunki, kalliorakennusuunniteli-  
ja. Os.: Ankkuritie 4 B 19, 02320 ESPOO.  
**Villikka, Juhani**, DI. Eläkkeellä 1.8.1989 alkaen, kaivostekniikan  
lehtorin virka Lappenrannan teknillisessä oppilaitoksessa lakkautet-  
tu.  
**Virolainen, Ossi**, Ekon., Oik.K. Os.: Terijöentie 8, 02130 ESPOO.  
**Virtanen, Pertti**, DI. Outokumpu Oy Elektroniikka, tuotepäällik-  
kö.  
**Vuollo, Jouni**, FK. Os.: Kauratie 12, 90440 KEMPELE.  
**Vuorela, Paavo**, FL. Os.: Hannusjärvenmäki 10, 02360 ESPOO.  
**Vuoristo, Ilkka**, DI. Os.: Kiitäjätie 3 F 23, 28200 PORI.  
**Välttilä, Timo**, DI. Outokumpu Oy Kaivosteollisuus, Mining Servi-  
ces-tulosyksikön vetäjä. Os.: Raivionmäentie 9, 83500 OUTOKUM-  
PU.  
**Wäänänen, Veli-Matti**, DI. Valmet Keskusjohdon tekninen osasto,  
osastopäällikkö.

## SUORITETTUA TUTKINTOJA — AVLAGDA EXAMINA

### HELSINGIN YLIOPISTO

Geologian laitos  
Geologian ja mineralogian osasto

Filosofian tohtorit:

Syyskuun 14. päivänä 1987 tarkastettiin julkisesti FL **Elias Malisan** väitöskirja "Geology of the tanzanite gemstone deposits in the Lelalema area, NE Tanzania". Vastaväittäjänä toimi FT Kai Hytönen ja valvojana prof. Ilmari Haapala. Väitöskirja on julkaistu sarjassa *Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Series A, III, Geologica — Geographica*, 146.

Marraskuun 14. päivänä 1987 tarkastettiin julkisesti FL **Leake S. Hangalan** väitöskirja "The early Proterozoic Zn-Pb-Cu massive sulfide deposit at Attu, SW Finland". Vastaväittäjänä toimi dos. Ragnar Törnroos ja valvojana prof. Ilmari Haapala. Väitöskirja on julkaistu sarjassa *Geological Survey of Finland, Bulletin* 341.

Filosofian lisensiaatti:

**Lehtonen, Matti**: "Muonion-Kihlängin alueen geologiasta ja grani-  
toidien petrokemiasta".

Tutkimusalue sijaitsee Pohjois-Suomessa Muonion kunnassa. Alueen kallioperä koostuu pääasiassa varhais-proterotsooisista sup-

rakrustisista kivilajeista ja näitä nuoremmista intermediaarisista ja happamasta orogeenisista syväkivistä (1880-1800 Ma). Tutkimus-  
alueen pohjoisosassa on pieniä doomimaisia gneissialueita, jotka on  
tulkittu suprakrustisten kiven kerrostumalustaksi. Gneissien zirko-  
nien U/Pb radiometriset ikämäärytykset viittaavat gneissien arkei-  
seen ikään.

Vanhimmat pintasyntyiset kivet ovat vulkaanisia (amfiboliittimu-  
odostuma). Näiden päällä on laaja-alainen arkoosigneissimuodostuma.  
Stratigrafisesti rinnastetut Vuontisjärvi-muodostuma, Rautuvaara-  
muodostuma ja Siekkijoki-muodostuma sijoittuvat arkoosigneissi-  
muodostuman päälle ja ovat emäksisen vulkaanisen toiminnan tuoteta.  
Nuorin pintasyntyinen muodostuma, Tapojärvi-muodostuma, koostuu epiklastisista sialisen kuoren rapautumistuotteista. Svekokar-  
jalaisen alue metamorfoosin aikana synorogeeniset intermediaariset  
intrusiiviset kivet kiteytyivät suprakrustisten kiven ympäristössä.  
Myöhäisorogeenisten mikrokliniigraniittimassiivien ja stokkien tun-  
keutumiseen liittyi alueellista migmatittituumista ja graniittituumista.  
Metamorfoosi on vaikuttanut voimakkaimpana tutkimusalueen poh-  
joisosassa.

Tutkimusalueen graniitit on jaettu synorogeenisiin kvartsimont-  
sodioriitti (KMD) ja kvartsidioriitti-tonaliitti-trondhemiittiseuruei-  
siin (KTT) sekä myöhäisorogeenisiin mikrokliniigraniitteihin (MGR).  
Kemiallisen koostumuksen mukaan graniitit ovat kalkkialkalisia.  
KMD-seurue on voimakkaasti metalumininen, KTT-seurue peralu-  
miininen ja MGR:t ovat sekä met- että peralumiinisia. Graniitit  
ovat eriaistisesti differentioituneita: KMD:n differentiaatio-indeksi-  
arvot ovat rajoissa 50-82, KTT:n 65-87 ja MGR:n 87-94. Harkerin  
diagrammilla graniitidiseurueet muodostavat magmaattista differen-  
tioitumista kuvaavat keskenään erilaiset trendit. KMD- ja KTT-seu-  
rueet kuuluvat I-tyyppiin ja MGR:t S-tyyppiin graniitoideihin.

KMD:n syntymekanismiksi soveltuu parhaiten restiitti-'non-mini-  
mum melt'-mallin kaltainen emäksisen kiven (amfiboliitti, basalti)  
osittainen sulaminen. KTT-seurueen lähtöaineeksi sopii ultraemäksi-  
sen tai emäksisen vaipan osittaisesta sulamisesta muodostunut K-  
köyhä emäksinen kivi (amfiboliitti tai granaattiamfiboliitti). KTT voi  
edustaa tällaisen kiven intermediaarisista osittaista sulaa. Svekokarja-  
laista vanhempi zirconi Muonion kirkonkylän massiivissa (KTT) viit-  
taa tonallittisen sulan ja sialisen kuoren assimiloitumiseen. Intrusi-  
ivisten MGR-massiivien kemiallinen koostumus viittaa graniittien synty-  
neen gravakkakoostumuksisen sedimenttikiven osittaisen sulami-  
sen tuloksena. Tutkimusalueen pohjoisosan MGR:t ovat muodostu-  
neet paljolti graniittituumalla in situ.

Filosofian kandidaatit:

**Halonen, Sirkku**: "Kilpisjärven vulkaniittijakson ja siihen liittyvien  
malmimineralisaatioiden petrologia ja mineralogia".

**Heinonen, Riitta**: "Ruokolahden Käköveden batoliitin petrologia ja  
geokemia".

**Kataikko, Arto Kalevi**: "Kajaanin Koutaniemen alueen geologiasta,  
erityisesti karsikivistä ja -mineralisaatioista".

**Rantataro, Jyrki**: "Kittilän Kallon intermediaarisen intrusioon ja  
sitä ympäröivien lapponisten kivilajien geologiasta".

**Toivola, Vesa**: "Sonkajärven — Varpaisjärven alueen diabaasit".

**Tuomi, Annakaisa**: "Maankuoren yläosan rakenteen seismologis-  
geologinen tulkinta BALTIC-luotauslinjalta Kaakkois-Suomesta".

**Wennerström, Marit Hillevi**: "Korppoon Wattkastin alueen grani-  
toidien luokittelu ja alkuperä petrografian ja litogeokemian avulla".

### OULUN YLIOPISTO

Geofysiikan laitos

Filosofian kandidaatit:

**Juntti, Heikki**: "Tampereen Iuskejakson rakenteesta Oriveden —  
Ylöjärven alueella aerogeofysiikan perusteella".

**Juntunen, Kari Antero**: "Seismiset mittaukset poranreiässä ja mit-  
taustulosten käsittely".

### TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

Prosessi- ja materiaalitekniikan osasto

Tekniikan tohtorit:

M.Sc. **Deling Fengin** väitöskirja "Slope Stability Analysis under  
Three-Dimensional Stress Condition and Stabilization Design of

Cable Bolting" tarkastettiin 21. päivänä kesäkuuta 1988. Virallisina vastaväittäjinä toimivat Dr.-Ing. Björn Nilen (Norges Tekniske Högskole) ja dosentti Pekka Särkkä (Teknillinen korkeakoulu) sekä valvojana professori Raimo Matikainen.

Kaivostoiminnassa on avolouhinnan suhteellinen osuus lisääntynyt nopeasti viime vuosina. Avolouhoskoneiden ja irroitusmenetelmien nopea kehitys ja erityisesti koneiden koon sekä tehojen kasvu ovat taanneet yksikkökustannusten alenevan suuntauksen. Avolouhinnan edulliset kustannukset mahdollistavat näin eräiden melko heikkolaatuisten malmien kannattavan louhinnan.

Avolouhinnan lisääntyessä ovat myös louhosten syvyydet kasvaneet. Suurimpien suomalaisten avolouhosten lopulliset suunnittelusyvytykset ovat yli 300 m, jolloin seinämien pitkäaikaisen pysyvyyden on oltava hyvä. Suurena avolouhoksessa seinämän yhden asteen kaltevuusmuutos saattaa merkitä useita kymmeniä miljoonia markkoja sivukivilouhinnan kustannuksina. Suunnitteluvaiheessa ja viimeistään työn aikana on kyettävä mitoittamaan seinämät ja niiden kaltevuus niin, että huomioidaan kiven ja kallion ominaisuudet sekä pohjaveden, heikkousvyöhykkeiden, jännitystilän ja louhinnan aiheuttamat häiriöt. Louhosten seinämien tukemiseen on kehitetty pultitus- ja ankkurointimenetelmiä, joilla voidaan osaltaan vaikuttaa seinämäkaltevuutta jyrkentävästi.

M. Sc. Feng on tutkimustyössään, joka on rahoitettu Kauppa- ja teollisuusministeriön ja Outokumpu Oy:n toimesta, kehittänyt uuden, lohko-teorian perustuvan avolouhoksen seinämien analysointi- ja mitoitusmenetelmän ja samalla laatinut laskentaohjelmat vaijeripultituksen käytölle avolouhokselle. Ohjelmisto huomioi jännitystilän lisäksi geologiset heikkousvyöhykkeet ja antaa seinämän pysyvyyden varmuuskertoimen sekä turvallisen seinämäkaltevuuden.

Käytännön tutkimus- ja sovellutuskohdeena on käytetty Outokumpu Oy:n Kemini kromiittikaivosta. Työn kuluessa on kehitetty yhteistyössä Maa ja Vesi Oy:n kanssa avolouhoskäyttöön sopivaa rakojen ja heikkousvyöhykkeiden stereokuvausmenetelmää niin, että itse kaivoksella ei ole tarpeellista suorittaa vaivalloista ja hidasta käsikartoitusta. Avolouhoksen pohjalta on myös suoritettu kallion jännitystilän mittausta n. 100 m syvyydessä reiässä. Työn tuloksena Kemini avolouhoksen eri osille on laadittu seinämien kaltevuusosuus. M.Sc. Fengin työ antaa hyvän teoreettisen ja samalla käytännöllisen perustan Kemini ja yleensä avolouhoksen seinämien kaltevuuden sekä tukemistöiden mitoitukselle.

Diplomi-insinööri Heikki Soimisen väitöskirja "A Study of the Relationship Between Apparent and Petrophysical Spectral IP Response by Numerical Modelling" tarkastettiin 20. päivänä kesäkuuta 1988. Virallisina vastaväittäjinä toimivat professori Gordon West, (University of Toronto, Kanada) ja apulaisprofessori Markku Peltoniemi (Teknillinen korkeakoulu) sekä valvojana professori Heikki Niini.

Väitöskirja kuuluu sovelletun geofysiikan alaan. Työssä on tutkittu indusoidun polarisaatiopeskin käyttäytymistä numeerisesti erilaisille geologisille rakennemalleille.

Mitattaessa laboratoriossa eri kivilajien ominaisuudesta laajalla taajuuskaistalla eroavat mitatut spektrit toisistaan. Spektrejä voidaan käyttää esimerkiksi malminetsinnässä eri mineralisaatiotyypin erottamiseksi toisistaan ja myös malmikriittisten kivilajijyksiköiden paikantamisessa.

Työssä on osoitettu, että laboratoriospekin ominaisuudet voidaan mitata luotettavasti myös maastossa. Malminetsinnän lisäksi menetelmä soveltuu myös erilaisten maaperään joutuneiden myrkkujen kartoittamiseen.

Zongshu Zoun väitöskirja "Thermodynamics of Steel Dephosphorization with Highly Basic CaO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Based Slags" tarkastettiin toukokuun 3. p:nä 1988. Virallisina vastaväittäjinä olivat tekn. tri Matti Seppänen ja tekn. tri. Asmo Vartiainen. Valvojana tilaisuudessa toimi professori Lauri Holappa.

Työssä on tutkittu kokeellisesti fosforinpoiston termodynamiikkaa korkeamäksisissä CaO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-kuonissa. Temkin'in teorian edelleenkehittämiseksi on määritelty sähköstaattinen ekvivalentti kuonan koostumus, minkä ansiosta Flood'in malli paranee merkittävästi.

#### Tekniikan lisensiaatit:

**Antikainen, Juha:** "Kalliopulttien valinta".

Tutkimustyössä on selvitetty kalliopulttien suorituskykyyn ja käytettävän pultin valintaan käytännön olosuhteissa vaikuttavia tekijöitä. Työssä on keskitytty kalliopulttien teknisiin ominaisuuksiin.

Työn teoreettisessa osassa on käsitelty yleisesti käytettyjen kalliopulttien toimintaperiaatteet, rakenne ja asennustekniikka. Myös kalliositeiden käyttöä ja pultituksen mitoitusta on selvitetty kirjallisuuden perusteella.

Työn käytännöllisessä osassa on tutkittu mikroiseismisen ultraääni-luotauksen soveltuvuutta kokonaan juotettujen harjateräspulttien

kunnonvalvontaan. jännepunoksen soveltuvuutta kalliopulttien materiaaliksi. Swellex-pultin vaikutusta ympäröivään kallioon sekä teräksisten pantojen käyttämistä pulttien välisen kallion pinnan lujittamiseen.

Mikroiseisminen ultraääniluotaus osoittautui nykyisessä muodossaan liian hitaaksi ja epäsektiiviseksi pulttien kunnonvalvontamenetelmäksi. Jännepunoksen osoittautui lujuusominaisuuksiltaan erinomaisesti pulttimateriaaliksi. Veden virtaus pitkin pulttia on mahdollista, jos vesi pääsee huonon juotoksen takia punoksen sisälle. Swellex-pultin asennuksessa sen kallioon kohdistamat voimat saattavat rikkoa paikallisesti kalliota. Kalliotion kokonaisstabiiliteettiin ei syntyvillä jännityksillä ole merkittävää vaikutusta. Tehdyssä kokeilussa teräksisten pantojen asentaminen pulttien väliin onnistui hyvin ja tavoiteltu lujitusvaikutus saavutettiin.

Kalliopulttien valintaan vaikuttavista tekijöistä tärkein on kalliopultin edellytetty elinikä. Myös odotettavissa olevien kallion siirtymien suuruudella ja kallion rikkonaisuudella on merkittävä vaikutus kalliopulttien valintaan.

**Autio, Jorma:** "Operational Characteristics of Rock Caverns".

This research examines the technical, operational and economic aspects involved specifically in subsurface constructions as compared with corresponding surface buildings. The special features of locating operations in rock caverns, like the operating costs of subsurface facilities with their special design of interior, thermal properties and other technical operational characteristics, differ from the operational characteristics of corresponding surface facilities. The lack of information on the operational characteristics of rock caverns has been a drawback in both the systematic exploitation and product development of underground construction. To remedy the situation this research presents the special features of using rock caverns in a systematic and generalized manner. The information presented can be used to assist in both the development and directing of the use and construction of subsurface facilities.

The investigation indicates the technical and operational characteristics of rock caverns to be good, although some drawbacks are noted, for example, general problems associated with air conditioning and the lack of stimulation in interiors. The research indicates that the maintenance costs of subsurface facilities are clearly lower than those for corresponding surface constructions. Overall maintenance costs in rock caverns are between 5 % and 20 % smaller, with such expenses as heating energy costs being between 21 % and 88 % smaller than for corresponding surface facilities. The present value of savings in operating costs for rock caverns for their lifetime is significant and must be noted in the comparison of costs for building alternatives, as should the differences in other operational characteristics.

**Kirjavainen, Vesa:** "Suomen nikkelimalmien luontainen hydrofobisuus".

Tässä työssä käsitellään kotimaisissa nikkelimalmeissa esiintyvien sulfidimineraalien vaahdotuvuutta, joka perustuu sulfidien luontaisiin pintaominaisuuksiin. Esitys jakautuu kirjalliseen teoria-osaan sekä kokeellisen tutkimuksen kuvaukseen.

Teoria-osassa on alussa tarkasteltu sähkökemiallista liukenemismekanismissa sekä esitetty sulfidien hapettumisreaktioihin ja vaahdotuvuuteen liittyvissä tutkimuksissa saavutettuja tuloksia. Lisäksi on tarkasteltu galvaanista vuorovaikutusta sulfidien pintapeitteitä ja hydrofobisuutta säätelävänä tekijänä sekä lietteeseen liukenevien komponenttien merkitystä sulfidien vaahdotuvuudelle.

Kokeellisessa osassa kuvataan kotimaisilla nikkelimalmeilla tehtyä vaahdotustutkimusta, jossa koemateriaaleina olivat Enonkosken noriittien malmyyppi sekä Vammalan ja Hituran serpentiinirikkaista malmeista saadut näytteet. Työssä on tutkittu mm. pH:n, ilmastuksen, prosessiraudan ja lietteeseen liukenevien komponenttien vaikutusta sulfidien vaahdotukseen. Ilmiöitä on tarkasteltu kemiallisten ja sähkökemiallisten reaktioiden valossa. Yhteenvetossa on lopuksi esitetty eräitä ongelma-alueita, joihin sulfidien vaahdotustutkimusta olisi jatkossa kohdistettava.

**Lahtinen, Ulla-Riitta:** "Tutkimus apuainoiden käytöstä ja energiankulutuksesta eräiden kotimaisten mineraalien hienojauhatusessa".

Tämän työn tarkoituksena on ollut selvittää apuainoiden vaikutusta hienojauhauksen energiankulutuksen ja tuotteen hienouden väliseen riippuvuuteen nimenomaan joidenkin kotimaassa esiintyvien mineraalien jauhatuksessa.

Koemateriaaleiksi valittiin kvartsi, kalsiitti, talkki, wollastoniitti ja kiille. Hienonnuksen menetelmänä on käytetty kuula- ja tärymlyjauhatusta sekä kuivana että märkänä. Jauhatuksen energiankulutusta on seurattu tuotteen hienouden ja ominaispinta-alan funktiona.

Kummallakin käytetyllä jauhatusmenetelmällä on voitu tuottaa mineraalijauheita, joiden hienous kokonaisuudessaan on alle 15 µm ja keskimääräinen rakkoko n. 2.5 µm. Kullekin koemateriaalille on löy-

detty sen jauhattavuutta tehostava apuaine: kvartsille natriumoleaatti, kalsiitille trietanoliimiini, talkille ja kiltteille polykarboksylaattisuola ja wollastonitiille natriumheksametafosfaatti. Lisäainetta käytettäessä jauhatuksen nettoenergiankulutus on alentunut parhaimmillaan n. 50 % ja hienempien lopputuotteiden aikaansaaminen on ollut mahdollista; myöskin hienojauheiden ja lietteiden käsiteltävyys on parantunut.

Jauhatuksen nettoenergiankulutukset ovat vaihdelleet suuresti sekä eri menetelmillä että eri materiaaleilla. Kummallakin käytetyllä jauhatusmenetelmällä märkä- ja kuivajauhatusten välinen ero on pysynyt prosentuaalisesti suunnilleen yhtäläisenä (n. 50 %) eri mineraaleilla. Kuulamyllyjauhatuksen nettoenergiankulutus on materiaalista riippuen 25...60 % täryjauhatuksen nettoenergiankulutuksesta, mutta jauhatusaika on kuulamyllyssä 6...16-kertainen tärymyllyyn verrattuna.

Saadut tulokset osoittavat, että jauhatukselle voidaan esittää yleinen differentiaaliyhtälö muotoa  $dE = -C dx / x^{(n)}$ , jossa esiintyvä eksponentti muuttuu hienouden funktiona. Tutkitulla hienousalucella hienontumista estimoivan suoran kulmakertoimen logaritmisella asteikolla esitettynä on n. -2.

**Liimatainen, Jyri:** "Irrotuksen vaikutus avolouhinnan taloudellisuuteen".

Tutkimuksessa on selvitetty erilaisten irrotustapojen vaikutus avolouhinnan taloudellisuuteen, analysoitu tutkimustulokset sekä tutkitu avolouhinnan kehittämismahdollisuudet. Vaakareikien käyttö pengerialouhinnassa yhdessä pystyreikien kanssa sekä eri etutäyteiden vaikutukset on tutkittu sekä kirjallisuuden avulla että kenttäkokeilla. Menetelmistä on analysoitu periaatteet, vaikutukset ja saadut kokemukset.

Suomalaisista avolouhintakohteista on laadittu tiedosto, johon on koottu tärkeimmät avolouhintaan vaikuttavat parametrit. Näiden tietojen sekä tutkimusten aikana saatujen kokemusten avulla on analysoitu nykyinen avolouhintateknikka sekä avolouhinnan kehittämismahdollisuudet.

Vaakareikäkokeiden alkuvaiheessa selvitettiin soveltuva panostus- ja sytytysjärjestelmä. Kenttäkokeiden yhteydessä tutkittiin eri reikäkokojen, etujen ja reikävälien vaikutus räjäytystulokseen. Etutäyte- kokeilla selvitettiin eri etutäytemateriaalien vaikutus irrotustulokseen. Tutkittuja etutäytemateriaaleja olivat porasoija, sepeli sekä ko- vettuva etutäyte.

Tämän tutkimuksen mukaan vaakareikiä käytettäessä irrotuskustannukset olivat 15–20 prosenttia suuremmat kuin tavallisessa pengerialouhinnassa. Saadut tulokset olivat nopeutunut lastaus, parempi louhintajälki sekä lohkekoko. Vaakareikien käytöllä on mahdollista saada taloudellisesti parempi kokonaistulos varsinkin rikkonaisessa ja runsaasti rakoilleessa kalliössä. Sepeli on soveltuvin etutäytemateriaali ja huomattavasti parempi kuin porasoija.

Tutkimustyön kuluessa on selvästi havaittu, että työmenetelmissä, laitetekniikassa, suunnittelussa ja valvonnassa on kehittämistarvetta. Tärkeimmät kohteet ovat työrutiinit, kauko-ohjattavien ja mekani- soitujen panostuslaitteiden sekä sytytysjärjestelyjen kehittämisessä.

**Soikkeli, Timo:** "Räjätystavan vaikutus lohkekokoan maanalaisessa suurreikälouhinnassa".

Työ on tehty pääosin Luossavaaran koekaivoxsella Kirunassa osana laajempaa tutkimusprojektia, jonka tavoitteena on ollut maanalaisen suurreikälouhinnan kehittäminen.

Kirjallisuososan perusteella räjäytystuloksiin vaikuttavat tekijät on jaettu kontrolloitaviin (poraukseen ja panostukseen liittyvät) ja ei-kontrolloitaviin (mm. materiaaliin liittyvät) tekijöihin. Suurin epävarmuus tuotantomittakaavaisten räjäytystulosten ennustettavuudessa liittyy ei-kontrolloitaviin tekijöihin. Kontrolloitavista tekijöistä räjähdysaineen kokonaisuutensa lisäksi on tärkeää, miten tasaisesti purka- tuva energia jakautuu osiin räjäytyksen aikana (reikäkoko, porausgeometria, poraustarkkuus).

Kokeellisissa osassa on verrattu eri räjäytystapoja muuntelemalla räjäytyksissä mm. etua, reikäväliä, ominaispanostusta, pengerkor- keutta, panosten määrää, välitäyteillä jaettujen panosten suuruutta, räjähdysaineen voimakkuutta sekä kentän kokoa. Sekä kallion raken- teellisten vaihteluiden että pysyvyysongelmien vaikutus on ollut ajoit- tain keskeinen. Louhinnan aikana jatkuvan lastauksen edellyttämään lohkekokojakautumaan päästiin ainoastaan poikkeustilanteissa, jol- loin sortumat ja ylilouhinta eivät vaikuttaneet lopputuloksiin.

VCR-räjätysten louhe on ollut koko louhintavaiheen ajan pengerr- räjäytysten louhetta hienompaa, joka on johtunut sekä tiheimmästä porauksesta että pienemmän avoimen tilan mahdollistaneista vähä- semmistä sortumista. Pengerräräjätöksissä louheen lohkekoko- koa voidaan parantaa muotoilemalla kentät holvimaisiksi ja kasvattamalla kentän suuruutta niin paljon kuin sitä räjäytyksen onnistumisvarmu- den kannalta voidaan pitää riskittömänä. VCR-räjätöksissä on pääs- ty slurry- ja emulsioräjähdyksineillä ANO-räjätöksien hienompaan lohkekoko- koon siitä huolimatta, että ANO-räjätysten keskimääräi- nen ominaispanostus on ollut 1,88–2,08 -kertainen.

**Väätäinen, Anne:** "Kallion jännitystilän mittaus syvässä porarei- sissä".

Tutkimustyössä on selvitetty syvässä, yli 50 metrin porarei- sissä käytettävien jännitystilamittausten menetelmien soveltuvuus suoma- laiseen kalliopeeraan ja käytännön mittausolosuhteisiin. Selvitys käsittää Lee- manin menetelmään perustuvat, kolmiakselista jännitystilaa mittaavat irtikairausmenetelmät sekä taso- jännitystilaa mittaavan hydraulisen murta- misen. Mikrorakoanalyysiin perustuvat, kokeiluasteella olevaa DSA-menetelmää on tarkasteltu kirjallisuuden pohjalta.

Menetelmien teoria ja virhelähteet sekä eri menetelmillä saatavien mittaustulosten tarkkuus ja edustavuus erilaisissa mittauskohdeissa on analysoitu kirjallisuuden ja testimittausten perusteella.

Suomessa aiemmin tehtyjen jännitystilamittausten syvyyso- lottu- vuus oli noin 20 metriä ja menetelmä edellytti kuivaa, käytännössä yläkä- tistä, maanalaisista tiloista kairattua reikää.

Tutkimustyön yhteydessä on kehitetty ja testattu yhteistyönä teolli- suuden kanssa ensimmäinen suomalainen syviin reikiin soveltuva mit- tauslaitteisto. Laitteistolla voidaan mitata jännitystilaa 60 metriä syvä-ssä vesireiässä.

**Ylönen, Heikki:** "Kalsiuminjektoinnin vaikutus keskihilisen nuor- tusteräksen sulkeumarakenteeseen".

Työn tarkoituksena oli tutkia kalsiumpii- injektoinnin vaikutusta keskihilisen nuortusteräksen epämetallisten sulkeumien koostu- mukseen, morfologiaan, jakaantumiseen ja muokkautuvuuteen, kun teräksen S- ja Al-pitoisuudet sekä syötetyt CaSi-määrät vaihtelivat. Lisäksi pyrittiin muokatuille ja lämpökäsitellyille tangoille tehtyjen lastuamiskokeiden avulla tekemään vertailuja sulkeumarakenteen ja lastuttavuuden välisistä yhteyksistä.

Kirjallisuososassa tarkasteltiin erityisesti alumiini- ja kalsiumdeok- sidaation termodynamiikkaa, deoksidaation ja rikinpoistoreaktioiden yhteisvaikutusta, sulkeumien muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä sekä epämetallisten sulkeumien vaikutusta teräksen mekaniisiin omi- naisuuksiin.

Kokeet suoritettiin pienen mittakaavan injektointilaitteistolla pro- sessimetallurgian laboratoriossa (50 kg induktiouuni).

Tulosten mukaan sulkeumien koostumuksen vaikuttavat voimak- kaasti teräksen Al-, Ca- O(tot)- ja S-pitoisuudet. Syntyvien alumi- naattien modifioitumisaste pienenee ja alumiinioksidipitoisuus kas- vaa, kun S-, Al- ja O(tot)-pitoisuudet ovat korkeita.

Kalsium- ja alumiinipitoisuuksista riippuen oksidisulfidien, joita oksidiset sulkeumat pääasiassa olivat, ytimen koostumus vaihteli puhtaasta alumiinioksidista CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-tyyppiseen kalsiumalumiinaattiin, joka ei venynyt muokkauksessa.

Puhtaat sulfidit olivat epämääräisen muotoisia, vaikeasti morfolo- giansa perusteella luokiteltavissa olevia, kromipitoisia mangaanisulfideja ja korkeammilla teräksen kalsiumpitoisuuksilla osittain muok- kaantumattomia kalsiumpitoisia Mn-sulfideja. Vain hyvin matalilla Al-pitoisuuksilla esiintyi tyypillisiä II-tyypin mangaanisulfideja, jol- loin samalla oksidisten sulkeumien piidioksidipitoisuus alkoi voimak- kaasti kasvaa.

Lastuttavuuskokeissa pikaterästerän keskimääräinen viistekulumi- nen lastuttaessa teollisessa mittakaavassa tehtyjä hyvin lastuttavia te- räksiä oli samaa luokkaa kuin koeteräksillä, mutta kuoppakuluminen oli jonkin verran pienempää. Terän kulumista lisäsivät kasvava alu- miinipitoisuus ja pienenevä rikkipitoisuus.

## Materiaali- ja kalliotekniikan laitos

Diplomi-insinöörit:

**Kalavainen, Petri Olavi:** "Tutkimus erään ruostumattoman auste- niittisen valuteräksen raekoon pienentämisestä ympäpäämällä".

**Kiiski, Arto Antero:** "NEO-magneettien valmistuksen prosessinke- hitys".

**Kuikka, Hannu Antero:** "Hihnakuuljetin käyttövarmuus ja tur- vallisuus kaivoksilla".

**Kuusela, Auli Sinikka:** "Kallion vedenjohtavuuden mittaustulok- sista ja mittaustulosten tulkinnaasta".

**Lahiharju, Risto Tapani:** "Kuparin epäpuhtauksien jähmettymis- ja liukenemiskäyttäytyminen".

**Lehtonen, Arno Johannes:** "Puolijohdemetallurginen tutkimus: Läppäyksen abrasiivipulvorit, piikiekkojen läppäys sekä sahattujen ja läpättyjen kiekkojen puhdistus".

**Malinen, Yrjö Matti Markus:** "Profiili ja tasomaisuus teräsohute- llyn kylmävalssauksessa".

**Myllyniemi, Juha Mikael:** "Mathematical Modelling of Autogenous Grinding".

**Rahko, Päivi Tuulikki:** "Kaasumaisten epäpuhtauksien vaikutus ti- taanin hitsausliitoksen ominaisuuksiin".

**Rinne, Olli Mikael:** "Taloudellinen menetelmä kalliokaivon paikan määritykseen kiteisessä kallioperässä".

**Ruha, Pertti Henrik:** "Teräksen koostumuksen jäljitämys langansyöttömenetelmällä".

**Ruokonen, Eeva Katriina:** "Selvitys Pyhäsalmen kaivoksen kovettuvasta louhostäytöstä ja suunnitelma sen kehittämiseksi".

**Säävuori, Heikki Kullervo:** "Peräpohjan alueen aerogeofysikaalinen ja petrofysikaalinen tulkinta".

**Virolainen, Juha Ilmari:** "Sideaineen poisto ruiskupuristetuista metalli- ja keraamikappaleista".

## TURUN YLIOPISTO

### Geologian laitos

#### Filosofian kandidaatit:

**Happonen, Riitta:** "Lignosulfonaattien vaikutus tiilimassan ja tiilien ominaisuuksiin".

**Liski, Ulla-Maija:** "Soratonot vaikutukset pohjaveden laatuun Noormarkun Harjakankaan ja Finpyn pohjavesialueilla".

**Nystén, Taina:** "Maaperän puskurikapasiteetti ja sen riippuvuus geologisista tekijöistä Suomessa".

## ÅBO AKADEMI

### Institutionen för geologi och mineralogi

#### Filosofie licentiat:

**von Knorring, Mary:** "Ett tvärsnitt av jordskorpan längs POLAR-profilen, norra Fennoskandiska skölden".

Med hjälp av resultat från den djupseismiska POLAR-profilens refraktions- och reflexionsseismiska data, från POLAR I- och POLAR II-profilernas elektromagnetiska data, samt geologiskt, geokemiskt, aeromagnetiskt och gravimetriskt data insamlat i samband med Nordkalottprojektet, görs en modell av de översta 22 km av arkeisk och proterozoisk skorpa i norra Fennoskandiska skölden.

Området indelas i två arkeiska provinser, den karelska och Kola provinsen, som åtskiljs av Lapplands granulitbälte. Skorpan under de två provinserna skiljer sig genom att det under den karelska provinsen ligger en låghastighetszon, medan det under en del av Kola provinsen ligger en seismisk höghastighetszon. Det finns tecken som tyder på att Kola provinsen representerar ett djupare snitt av jordskorpan, emedan den flerstädes innehåller gnejser av granulitfacies. Kola provinsen delas av Petsamo vulkanizon av proterozoisk ålder. Skillnader och likheter i skorpan på vardera sidan om den 6–8 km djupa zonen diskuteras.

För enskilda geologiska formationer har medelst geofysisk tolkning erhållits följande mäktigheter: Maximidjupet för Kittilä grönstensbälte som överlagrar det karelska basementet har beräknats till 6 km. Graniterna i den karelska provinsen når ett djup av 8 till 10 km. Djupet på det kilformade granulitbältet är 17 km. Sedimenttjockleken på den av sen-prekambriska och tidig-proterozoiska sedimenttäckta Varangerhalvöya beräknas öka från 4 till 17 km mot Norra Ishavet, på vars botten sedimenttjockleken är 10 km.

En potentiell möjlighet för en djupt liggande sulfidmalm i granulitbältet har påträffats. En jämförelse görs med en närliggande sovjetisk profil, där en mycket likartad modell av jordskorpan erhållits utgående från en teoretisk bearbetning av geofysiska data.

Litosfären under POLAR-profilen indelas i en 22 km tjock övre skorpa, en 4–8 km tjock, transparent mellersta skorpa och en lateralt heterogen undre skorpa. Moho ligger i profilens centrala delar på 40–42 km djup och på 46/47 km djup i de övriga delarna. Litosfären når ner till ett djup av 110 km.

#### Filosofie kandidater:

**Forsman, Gunnar:** "Stratigrafiskt läge för Huornaisenvuoma proterozoiska zink-bly-malm i östra Norrbotten, norra Sverige".

**Vallius, Henry:** "Beskrivning av sex mafiska-ultramafiska intrusiv i Mäntyharju - Pertunmaa".

**Änäs, Mikael:** "Tiirismaa-kvartsitens uppkomst, sedimentationsmiljö och stratigrafi".

## "WORLD MINING DATA '88"

The Austrian National Committee of the World Mining Congress has commenced the publication concerning production of minerals in a form which complements the long established "World Mineral Statistics", published by British Geological Survey. Data are tabulated by commodity, country, commodity cartells and regional economic groupings and deal with 45 commodities from 156 countries.

World-Mining-Data '88 covers calendar years 1985 and 1986. Copies of this publication are obtainable from:

Österreichisches Nationalkomitee  
c/o Fackverband der Bergwerke und  
Eisen erzeugenden Industrie  
P.O.Box 300  
A-1015 Vienna/Austria

at a price of AS 200,- plus postage AS 50,- (£ 12.50, US\$ 21.25 inclusive postage).

The publication may be ordered by advance payment to account no. 0121-01705/00 with the Creditanstalt Bankverein in favour of Bundeskammer der gewerblichen Wirtschaft Wien; reference: "Weltbergbaudaten 201016003"

## GEOLOGINEN KERHO VASARA

Helsingin yliopiston geologinen kerho Vasara täytti 50 vuotta marraskuun 6. päivänä 1987.

Tämän johdosta julkaisimme tapahtumasta uutisen ja kuvan lehtemme numerossa 1/1988, sivulla 66. Toimitukselle annettiin virheellinen kuvateksti. Julkaisemme nyt saman kuvan uudeelleen oikealla kuvatekstillä.



Kuvassa vasemmalta lukien Vasaralaiset; FL Aarno Varma, professori Ahti Simonen ja FT Veikko Vähätalo.



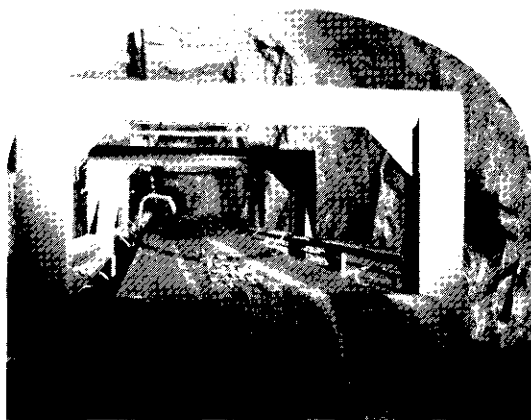
# Vuoriteollisuuden suurhankkija

## 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 prosessitekniikan alueille. Mielissänne voi olla yksittäinen laitetarve, laajan projektin suunnittelu tai kysymys, johon haluatte vastauksen. Olemme palveluksessanne.



# ALGOL

Eteläranta 8 • PL 170, 00131 Helsinki 13  
Puhelin (90) 12581 • Telex 121430 algol sf

Uusi osoitteemme 1. tammikuuta 1989 alkaen:

Karapellontie 6 • PL 13, 02611 Espoo  
Puhelin (90) 50991 • Telex 121430 algol sf

## Tuotevalikoimaa

Algol ja vuoriteollisuus, metallurgia, prosessitekniikka. Tuotteissa on valinnanvaraa:

- kaivoshissit
- hihnakuuljettimet
- nosturit
- koneistot pasutukseen
- koneistot malmien sintraukseen
- koneistot sintterin jäädyttämiseen
- tyhjiökuivausrummut
- uraanimalmin käsittelykoneistot
- tulenkestävät keraamiset aineet uunien vuoraukseen
- sähkösuodattimet

# KEMIRA



VIHTAVUORI

## RÄJÄHDYSAINEET

AMMONIITTI N	SILOLOUHINTATUOTTEET
AMMONIITTI K	SILSEX
AMMONIITTI S	SILSEX-PUTKIPANOS
ANIITTI	SILSEX-10
DYNAMIITTI	SININEN PUTKIPANOS
KEMIITTI 110	LARVIKIT-PUTKIPANOS
KEMIITTI 500	

## SYTYTYSTARVIKKEET

TULILANKANALI	VA-SÄHKÖNALLI
UR-SÄHKÖNALLI	1-yhdyhdastesarja
1-yhdyhdastesarja	Puolisekuntisarja
JATKOJOHDOT	Tunnelsarja
RÄJÄYTIN 110	ISOLTEX-10
	Rajähtävä tulkanka

# KEMIRA



VIHTAVUORI

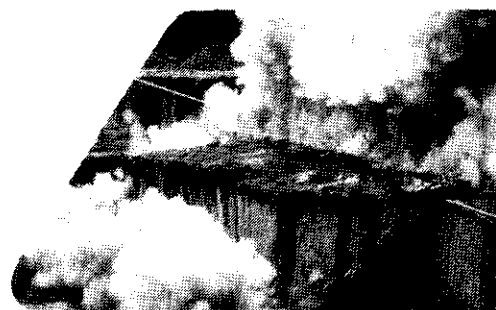
Osoite: 41330 VIHTAVUORI  
Puhelin: (941) 779211  
Telefax: (941) 771093  
Telex: 28226 kes/hj/sf

# Louhintaräjähdyksaineet

# Sytytysvälineet

# Tarkkuuslouhintaan

# Massalouhintaan



Modernia louhintatekniikkaa  
tarvekilouhimolla.

## OY FORCIT AB

PL 23, 10901 HANKO  
Puh. 911-86 581



# PALVELUHAKEYMISTO

## ALKUAINEANALYSAATTORIT JA VISKOSIMETRIT

### ACA Systems Oy

Oravannahkatori 1, 02120 Espoo  
puh. 90-466 185

Tietotie 3, 83700 Polvijärvi  
puh. 973-632 151

Telefax: 973-631474  
Telex: 46204 JOENS SF

## KUORMAAJIA JA DUMPPEREITA



KUORMAAJIA JA DUMPPEREITA  
LOUHEEN KUORMAUKSEEN JA  
KULJETUKSEEN.

### Volvo Auto Oy Ab

Koneosasto  
Taivallie 1 puh. 90-53051  
01610 Vantaa

## KALLIOPORAT

### KOMETA OY Kotimainen kalliopora

PL 38 02661 ESPOO Puh. 90-51141  
TELEX 124298 TELEFAX 5114242

## METALLINJALOSTUSTA



### KUUSAKOSKI

METALLISTEN  
JÄTERAAKA-AINEIDEN  
JALOSTAJA

Pääkonttori  
Espoo 90-811 511

## KEMIAN TUOTTEITA

### SANDOZ Oy

## NÄYTTEENKÄSITTELYLAITTEET



### OY TAMRO AB

Laiteosasto ja huolto  
Ruosilantie 14 00390 HELSINKI  
Puh. (90) 540 11

## KONSULTTITOIMISTOJA



### KALLIOSUUNNITTELU OY ROCKPLAN LTD

Esterinportti 1 B, 00240 Helsinki Puh. 90-14 22 44

## TULEN- JA HAPONK. MATERIAALIT

### OY HÖGANÄS AB

PL 244, Alppikatu 13 B, 00531 Helsinki  
Puh. 90-716 500 Telex 124812 hogan sf  
Telefax no 760 967

## URAKOINTIPALVELUT



### INSINÖÖRITOIMISTO SAANIO & RIEKKOLA

Laulukuja 4, 00420 HELSINKI Puh. 90-5666500 Fax 90-5663354

- Kallioliitojen yleissuunnittelu
- Kalliorakennussuunnittelu
- Rakennesuunnittelu
- Kalliotekniset laskelmat
- Rakennusgeologia

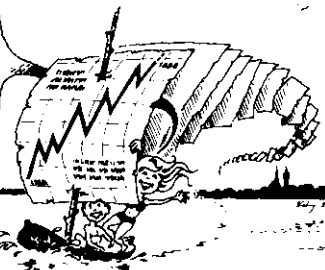
### SUOMEN MALMI OY

FINNEXPLORATION

Juvan teollisuuskatu 16, PL 10  
02921 Espoo

puh. 90-853 2422  
telefax 90-853 3010  
telex 121856 smoy sf

MYÖTÄTUULTA  
SINUNKIN  
PAINOTUOT-  
TEILLES!



### HANGON KIRJAPAINO OY

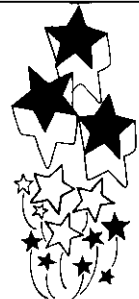
Vuorikatu 15-17, 10900 Hanko  
Puh. 911-84 531

### VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

toivottaa kaikille  
lukijoilleen ja  
ilmoittajilleen  
Hyvää Uutta Vuotta



tillönskar alla sina  
läsare och  
annonsörer  
Ett Gott Nytt År



# Larox kaksoispyörresyklonilla kaksivaiheinen luokitus yhdellä pumppauksella

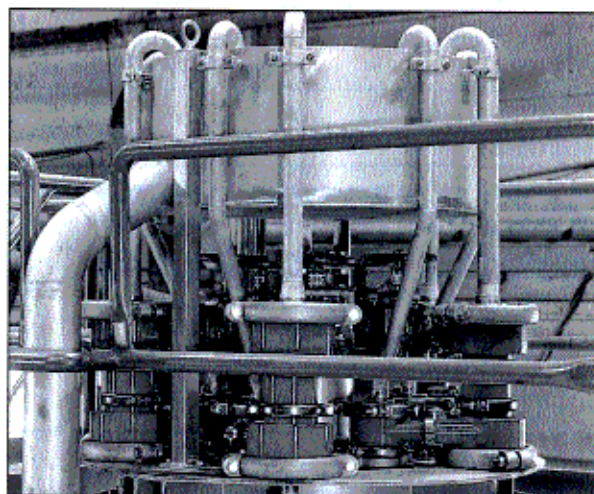
Kaksoispyörresyklonia käytetään kaivostäytteen luokituksessa ja teollisuusmineraalien liejunerotus- ja ylikarkeiden rakeiden poistotehtävissä.

Kaksoispyörresykloni on rakenteeltaan yksinkertainen. Laite muodostuu tasapohjaisesta syklonista, jonka alaosaan johdetaan pesuvesi, ja siihen kytketystä hydrosyklonista. Saat kaksivaiheisen syklonoinnin aikaan yhdellä pumppauksella.

## LAROX

— classification — concentration —  
— filtration —

LAROX OY  
PL 29, 53101 LAPPEENRANTA  
Puh. (953) 5881, telex 58233, telefax (953) 588 277



Uuden menetelmän ansiosta:

- vähemmän pumppuja
- pienempi sähkönkulutus
- yksinkertaisempi prosessi
- parempi luokitustulos

# Venttiili joka kestää ja toimii

Etsitkö venttiiliä, joka toimii luotettavan varmasti vaikeissakin olosuhteissa? On sataprosenttinen tiivis, kestää kulutusta ja syövyttäviä aineita. Joka ei tukkeudu. Joka vähentää tehohäviötä ja jonka ainoa kulutusosa on letku.

Kun siirät kuluttavia lietteitä, jauheita tai raemaisia aineita, asenna prosessiisi LAROX-letkuventtiili. Se toimii varmasti! Letkumateriaaleja laaja valikoima tarpeen mukaan (luonnonkumi, butyyli, nitrili, eteeni-propeeni jne.).

Myös korkeille paineille.  
Halkaisija jopa 1000 mm asti.

## LAROX

— classification — concentration —  
— filtration —

LAROX OY  
PL 29, 53101 LAPPEENRANTA  
Puh. (953) 5881, telex 58233, telefax (953) 588 277



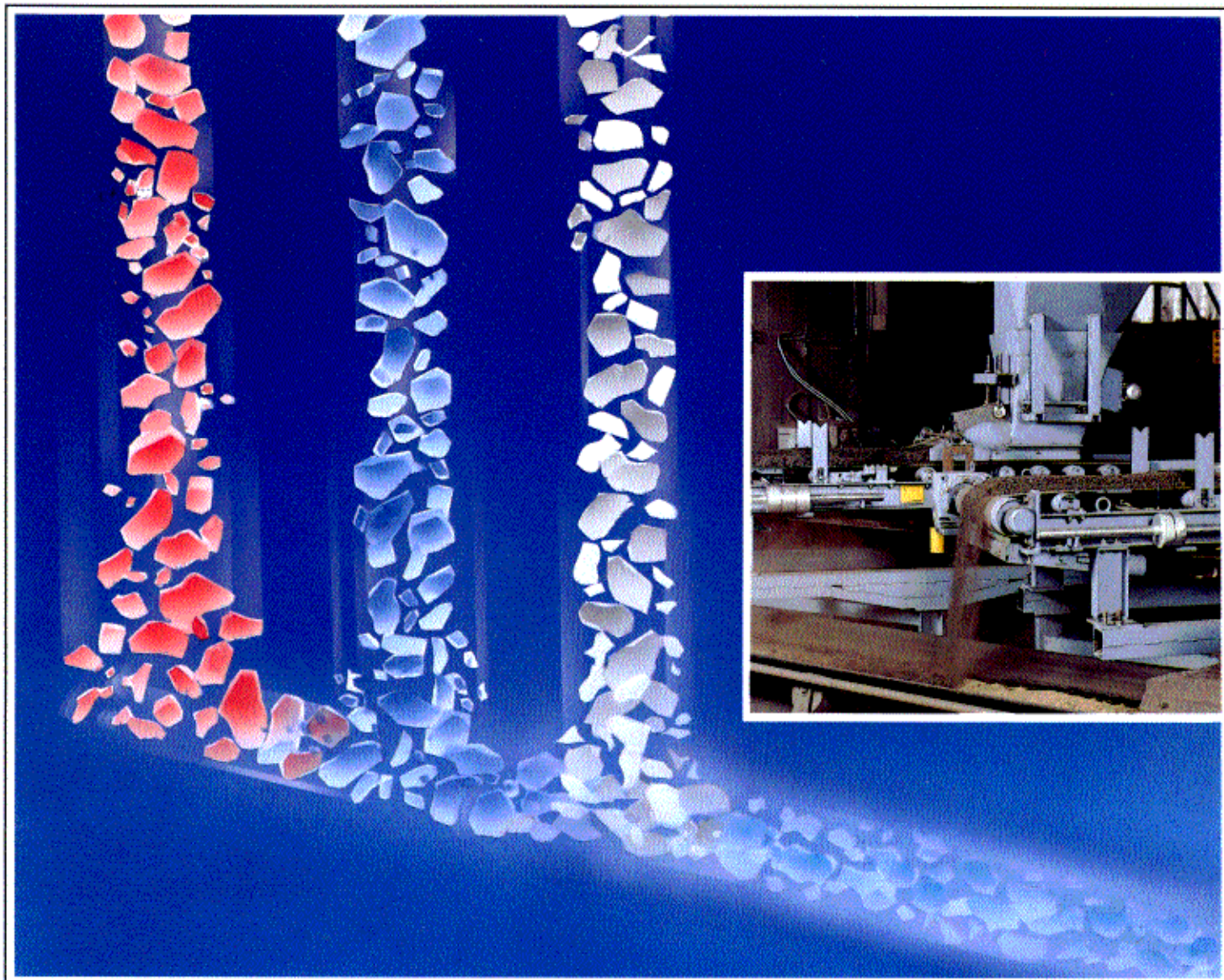
Käytöt:

- käsipyörä
- pneumaattinen
- hydraulinen
- sähköinen

Koot:  $\varnothing$  25...1000 mm

Paineet: 0,2–0,6–1,0–1,6–2,5 MPa





## PUNNITUS- JA ANNOSTUSTARKKUUDEN NIMI ON NYT RAUTE PRECISION.

Tarkka teollinen punnitus säästää raaka-aineita ja takaa hyvän, tasaisen lopputuotteen laadun. Automatisoitu kokonaisjärjestelmä, jossa on edistyneet prosessinohjaus ja raportointi, alentaa työvoimakustannuksia ja parantaa laadunvalvonnan edellytyksiä. Receptiannostelu on mullistanut jo useita teollisia prosesseja ja nostanut lopputuotteen jalostusarvon kokonaan uudelle tasolle.

### **Mitä on Precisionin tarkkuus?**

Se on uudenlaista materiaalivirran hallintaa koko prosessin ajan vastaanotosta tuotepakkaukseen. Laite- ja systeemitarkkuuden lisäksi siihen liittyy monitoiminen prosessinohjaus ja raportointi.

### **Mitä hyötyä on tarkkuudesta?**

Kun materiaalinkäsittelyn virhemarginaali pienenee siitä seuraa merkittävä raaka-ainesäästö ja tuotteen korkeampi jalostusarvo. Automaatio lisää kapasiteettia ja järkeistää prosessin toimintaa. Kaikki nämä parantavat kokonaistulosta. Se on Raute Precisionin tarjous asiakkailleen.

**Jatkamme Raute Precisionin palveluiden esittelyä henkilökohtaisesti heti, kun Sinun aikataulusi sopii! Vain soitto, telefax tai kirje riittää meille tiedoksi kiinnostuksestasi!**

**RAUTE PRECISION**  
INDUSTRIAL WEIGHING

Mestarinkatu 10, PL 22, 15801 LAHTI, puh. 918-219 21, telex 16163 scale sf, telefax 918-523 019

RAUTE PRECISION ON ERIKOISTUNUT IRTOMATERIAALIEN TARKKAAN TEOLLISEEN PUNNITUKSEEN JA ANNOSTUKSEEN.

# PARAS PUTKITALOU TALLBERGILTA.



Kun tarvitset taloudellista ja vaativiin olosuhteisiin kehitettyä putkistoratkaisua, valitse Tallbergin putki-ohjelmasta. Tallbergin pitkä alan kokemus ja toimitusvarmuus takaavat luotettavan kokonaispalvelun, jolla säästät kustannuksia jo suunnittelusta aina putkisto-asennuksiin saakka.

## TÄYDELLINEN ALVENIUS-JÄRJESTELMÄ

ALVENIUS-putkijärjestelmä on monipuolinen vaihtoehto paineilman, veden, betonimassan tms. siirtoon niin kaivosteollisuudessa kuin kalliolouhintatyömailla ja muissa vaativissa työympäristöissä. Korkealuokkainen ruotsalainen teräs, spiraalimainen hitsaussauma, kumitiivisteiset liittimet ja tehokas ruostesuojaus varmistavat pitkän käyttöiän. Soveltuu hyvin pysyviin tai tilapäisiin asennuksiin. Tilauksesta myös erikoiskokoja.

## LUOTETTAVA PROTAN-VENTIFLEX

Kulutus- ja rasituskestävyys, tiiviys, paloturvallisuus ja helppo asennettavuus ovat ominaisuuksia, jotka tekevät PROTAN-VENTIFLEX -tuuletusputkista taloudellisia ja luotettavia. VENTIFLEX valmistetaan vinyyliälyydyksestä verkkokudoksesta, joka mahdollistaa loivan taivutuksen ja tiiviin saumauksen hitsaamalla. Putket on varustettu teräksisillä liitinrenkailla ja ripustus-harjalla silmukoineen. Laaja kokomitoitus takaa kuhunkin käyttötarkoitukseen sopivan putken mm. kaivoksien, tunnelien tai säiliöiden raittiin ilman siirrossa.

**TALLBERG**  
RAKENNUSKONE- JA LAITEOSASTO

PL 93, 01511 VANTAA, PUH. (90) 870 81  
(1.1.1989 LÄHTIEN 870 2033)  
TELEKATU 12, 20360 TURKU, PUH. (921) 539 233  
KAARNATIE 28, 90530 OULU, PUH. (981) 344 413