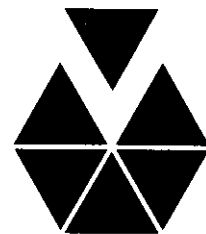
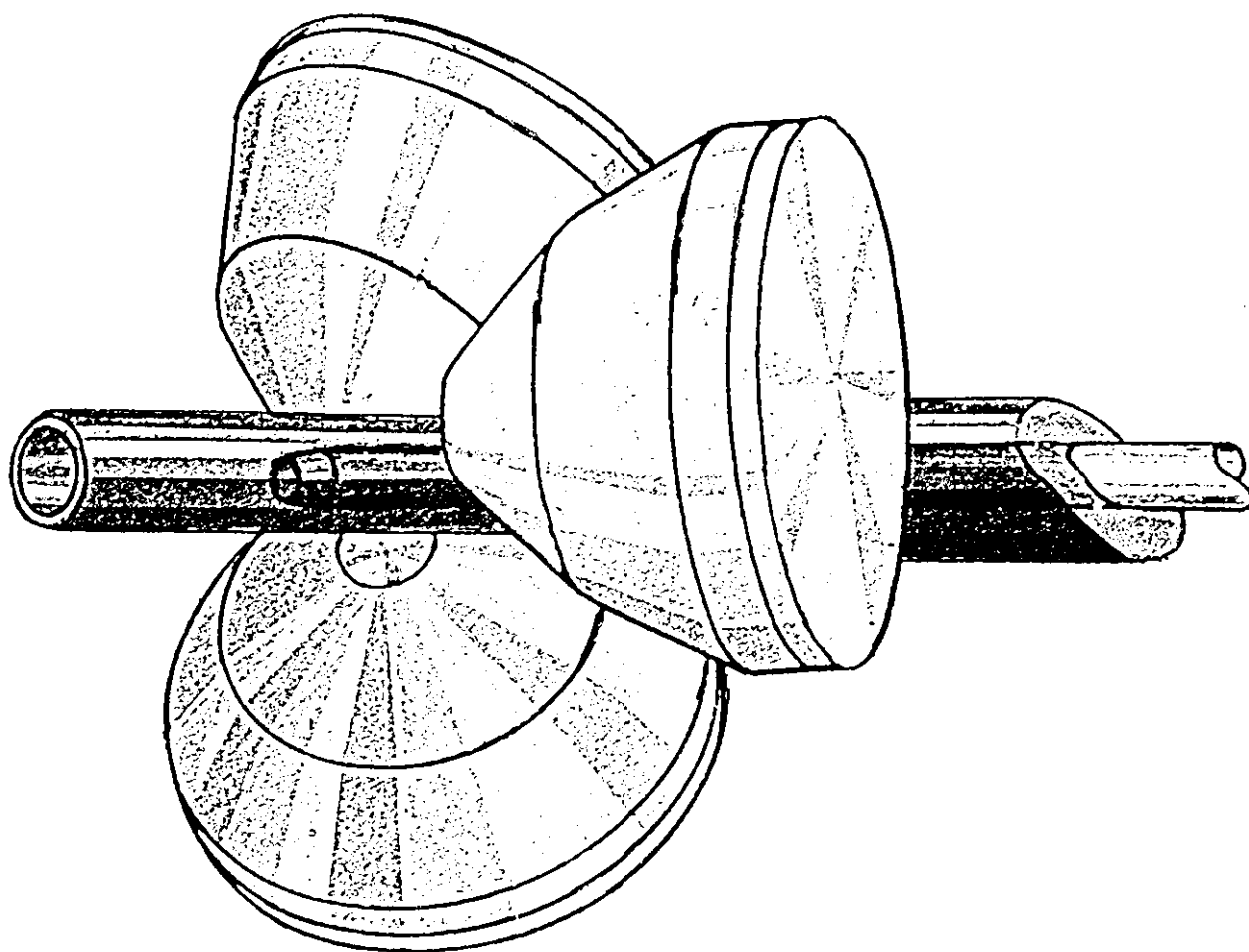


VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 1 1991
49. vuosikerta

Julkaisija: Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.



PUTKENVALSSAUS PLANEETTAVALSSAIMELLA

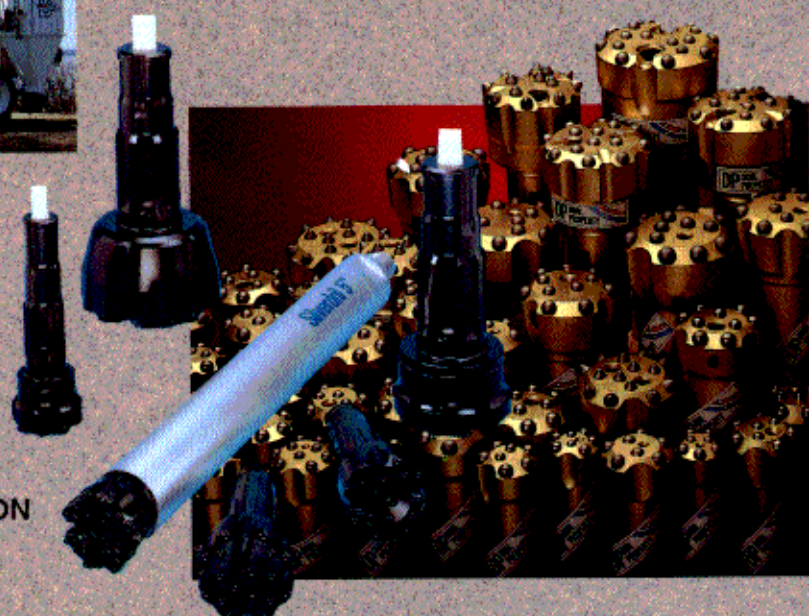
TUOTTAVIA RAHAREIKIÄ

Näillä niitä tehdään. Merkkituotteilla, jotka kertovat laadusta ja luotettavuudesta. Tuottavasta työstä. Tehosta. Huipputasoinen huolto ja varaosapalvelusta. Tässä niitä tehdään. Merkeillä, jotka saavat täyden palvelun louhintatalosta. Machinerystä.



TAMROCK

- avolouhintaan
- maanporaukseen
- kaivonporaukseen
- rakennuskivilouhintaan



SANDVIK MISSION

- uppoterät
- oppovasarat

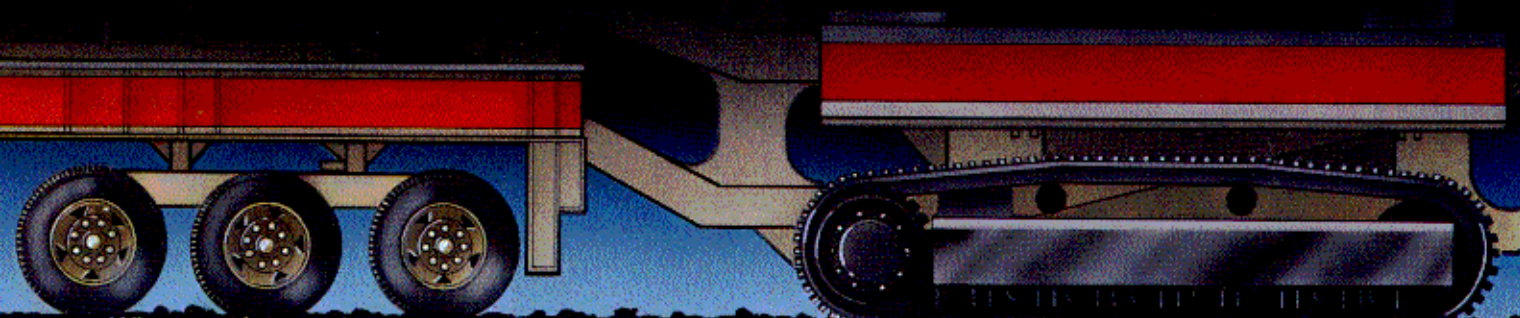
SANDVIK COROMANT
- maailman tunnetuin
ja täydellisin pora-
kalustovalikoima

 **MACHINERY OY**
LOUHINTA

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

Today's leaders in portable crushing...

The original leaders in crushing mobility...



When you're on the move, no one can supply you with a wider variety of quality portable crushing plants and systems than the Nordberg Group.

NordbergTM
GROUP

One of the most successful developments in crushing history is the Lokotrack, a system that drastically reduces production costs with the flexibility to operate

Everything from unit machines mounted on a simple, single axle trailer, to sophisticated closed circuit crushing, screening and conveying plants.

right at the quarry face.

Whether you need a self-contained unit or modular primary, secondary or tertiary crushing sections of a total system, the Nordberg Group of companies will supply the right choice in dependable equipment to make you profitable:

Designed for maximum mobility, ease of transportation and independent operation, these track-mounted, self-propelled, in-pit units can be fed by a standard excavator or wheel loader. Combined with mobile conveyors at larger sites, you have a crushing-hauling-conveying system of unmatched economy. They can eliminate costly haulage fleets and even the traditional in-pit crusher! Smaller models are ideal for construction sites and minor deposits, and set up is less than 30 minutes.

- Primary Jaw Plants
- Secondary and Tertiary Gyratory Plants
- Secondary and Tertiary Cone Crusher Plants
- Horizontal Shaft Impact Crusher Plants
- Vertical Shaft Impact Crusher Plants
- Portable Screen & Conveyor Plants
- Impact Crusher Recycle Plants
- Jaw/Cone Recycle Plants

- Seven basic primary jaw plants
- Two models of secondary/tertiary gyratory crushing and screening plants
- Two impact crushing plants

Bergeaud S.A., France
Fax: +33-85-396 298
Bergeaud Italia s.r.l.
Fax: +39-2-5560 0655
Bergeaud Portugal Ltda
Fax: +351-1-442 0488
Bergeaud España S.A.
Fax: +34-1-411 2047
Lokomo Oy, Finland
Fax: +358-31-501 511

Lokomo A/S, Norway
Fax: +47-34-704 22

Lokomo AB, Sweden
Fax: +46-8-626-8660

Nordberg Australia Pty. Ltd.
Fax: +61-2-638 2540

Nordberg GmbH, Austria
Fax: +43-3132 3818

Nordberg Industrial Ltda, Brazil
Fax: +55-31-621 1912

Nordberg Machinery Ltd., Canada
Fax: +1-519-821 4376

Nordberg Corporation (Chile)
Fax: +56-2-231 7296

Nordberg GmbH, Germany
Fax: +49-6078 8581

Nordberg Philippines Inc.
Fax: +63-2-816-0481

Nordberg Singapore Pte. Ltd.
Fax: +65-468 2151

Nordberg (UK) Ltd.
Fax: +44-81-574 1057

Nordberg Inc., USA
Fax: +1-414-747 1766

For more information contact:

Nordberg Group • P.O. Box 203 • 00171 Helsinki • Finland • Phone: +358 0 182 81 • Fax: +358 0 608 617



Serving customers worldwide

NordbergTM
GROUP

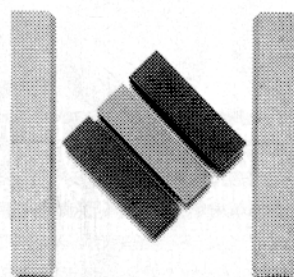


ONKO SINULLA

AITOA

PARTEKIA SEINÄLLÄSI?

Japanilaisen Takamasa Kuniyasun tilateoksen materiaalina Retretissä kesällä 1990 olivat koivunrungot ja niiden väliin asetellut Partekin kalkkihiekkatiilet. Olemme iloisia, että saimme olla mukana avaamassa silmiä suomalaisen tiilen karhealle kauneudelle. Teemmehän arjen taidetta joka päivä.



Partekin tiilet, laatat ja kaakelit:
kestävää kauneutta, joka on jokaisen ulottuvilla.
Joko sinulla on aitoa Partekia seinälläsi?

partek

paino- työt

- kirjat
- sanomalehdet
- neliväriesitteet
- lomakkeet
- käyntikortit,
kirjekuoret y.m.

PYYTÄKÄÄ TARJOUS, SE KANNATTAA!

tryck- saker

- böcker
- tidningar
- fyrfärgsbroschyren
- blanketter
- visitkort,
kuvert m.m.

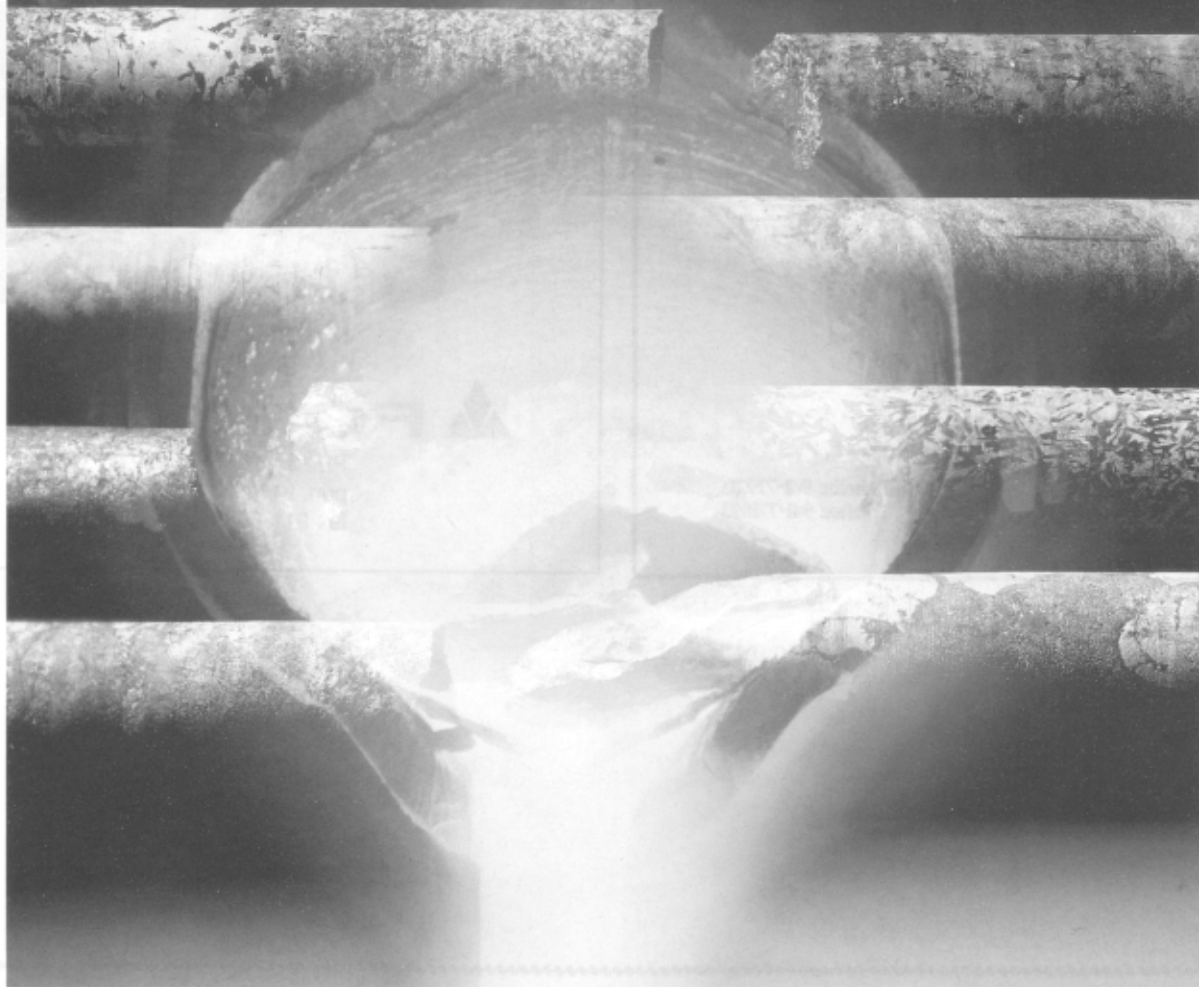
BEGÄR OFFERT, DET LÖNAR SIG!



HANGON KIRJAPAINO OY
HANGÖ TRYCKERI AB

VUORIKATU 15-17 BERGGATAN
10900 HANKO-HANGÖ ☎ 911-84531

Kehittyvä ja kansainvälistyvä perusmetalliyhtiö.



Outokumpu Mining Oy on kansainvälinen perusmetalliyhtiö, jonka korkea teknologinen osaaminen ulottuu kaivoksista metallurgiaan. Yhtiö edustaa pitkän jalostusketjun alkupäätä malminetsinnästä puhtaan metallin tuotantoon.

Outokumpu Mining hallitsee oman alueensa ja päämetallinsa kuparin ja nikkelin sekä jalometallit perinpohjaisesti – ja tekee sen tulevaisuudessakin.

Lähes kolmen miljardin liikevaihdostaan Outokumpu Mining käyttää kuusi prosenttia tutki-

mus- ja kehitystoimintaan. Tärkein menestystekijä on osaava henkilöstö, kokonaismäärältään 2650.

Outokumpu Miningilla on tytäryhtiöitä Suomen lisäksi Ruotsissa, Norjassa, Kanadassa, Australiassa ja Chilessä.

 **outokumpu mining**

TIEDOTUS: METALLUM, Niittymäentie 9, PL 143, 02201 ESPOO.
Puh. (90) 421 3265, Telefax (90) 452 2273, Telex 126004 omt sf



VIHTAVUORI OY

LOUHINTATARVIKKEET

RÄJÄHDYSAINEET

STONEX (dynamiitti)
SILOSEX
SILOSEX-10
ANEX (aniitti)
AMONEX N (ammoniitti N)
AMONEX K (ammoniitti K)
KEMIITTI 110
KEMIITTI 510
MENOX 110 (räjäytin 110)

SYTYTYSTARVIKKEET

FIREX-VA-sähköallit
FIREX-UR-sähköallit
FIREX-8 (tuulilankaallii)
ISOLTEX 10 (räjähtävätulilanka)
RL 06 JA RLE 06 jatkojohdot

Postiosoite:
VIHTAVUORI Oy
Louhintatarvikkeiden osasto
41330 Vihtavuori

Puhelin: 941-779211
Telefax: 941-771093

Louhintaräjähdyksaineet ja Sytytysvälineet



Moderna louhintatekniikkaa
tarvekvilouhimolla.

 **FORCIT**

PL 19 10901 Hanko
puh. 911-8001
fax 911-86591

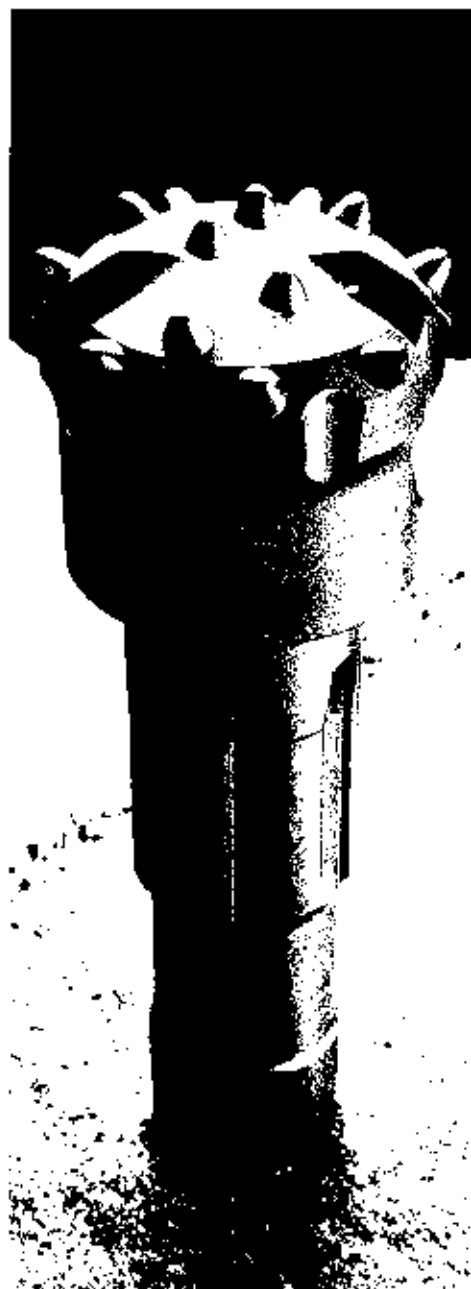
VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



*toivottaa kaikille
lukijoilleen ja
ilmoittajilleen
oikein hyvää kesää
ja
tuloksellista syksyä*



*tillönskar alla sina
läsare och
annonsörer
en riktigt trevlig sommar
och
en resultatrik höst*



SUUNNITELTU JA TESTATTU TYÖSKENTELEMÄÄN SINULLE

Tiukka laadunvalvonta suunnittelusta valmistukseen takaa ATLAS COPCO ROCK TOOLS -tuotteiden korkean ja tasaisen laadun. ATLAS COPCO ROCK TOOLS -kallio-
porakalusto työskentelee kanssasi tehokkaasti ja pitkään. Se on varma ja taloudellinen valinta!

Laatutakuumme parantaa myös tuottavuutta. Erinomainen suunnittelu ja kestävä rakenne lisäävät kilpailukykyäsi kaivos- ja louhintaurakoissa, olivatpa vaatimukset kuinka suuret tahansa.

Atlas Copcon tieto ja kokemus takaavat ainutlaatuisen lähtökohdan louhinta-alan tuotekehitykselle.

Se on perusta, josta uudet tuotteemme ja Atlas Copco -laatu syntyvät. Me kutsumme sitä KALLIOPORAUKSEN KOKONAISTEKNIIKAKSI.

ATLAS COPCO ROCK TOOLS -kallioporatuotteita valmistetaan viidessätoista tehtaassa viidessä eri maanosassa.

Asiakkaitamme palvelee noin 2000 insinööriä ja teknikoita ympäri maailman. Suomessa palveluksessasi on 23 ammattitaitoista myynti- ja huoltohenkilöä Oy Atlas Copco Ab:n Louhinta- ja rakennustekniikka -osastolla.

Atlas Copco

ROCK
TOOLS

KALLIOPORAUKSEN KOKONAISTEKNIikka

Atlas Copco - Louhinta- ja rakennustekniikka

KONEPAJAN RAKENNETERÄKSET



OVAKO
EL 400

OVAKO

MENESTYVÄ MUOKKAAJA

"UP AND CAST ROLL AND GO"

 **outokumpu castform**

An Outokumpu Technology Company

Riihitontuntie 7e
P.O. BOX 146

Puh. 90-4211
Telefax 421 4200

02201 ESPOO

**VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y:n**

VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 20.–21.3.1992

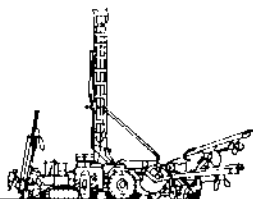
Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin
postitettavassa kutsussa.

**VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y:s**

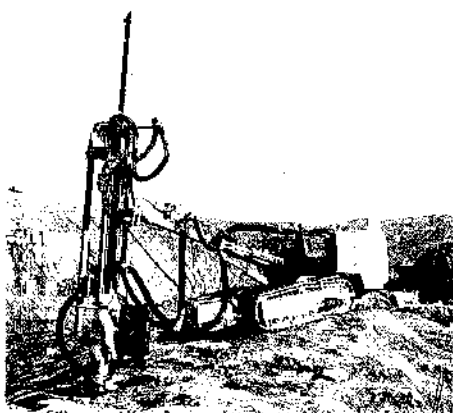
ÅRSMÖTE

hålls i Helsingfors den 20.–21.3.1992

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

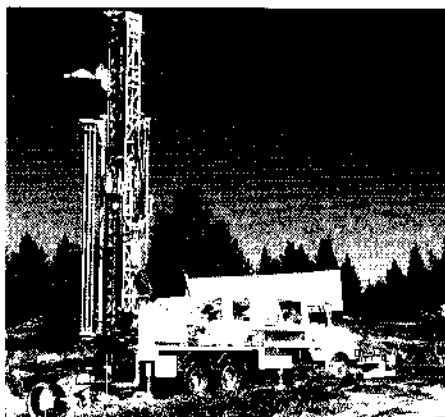


KIVEN JA KALLION LOUHINTAAN



TAMROCK SURFACE

- avolouhintaporauslaitteet
- hyötykiven porauslaitteet



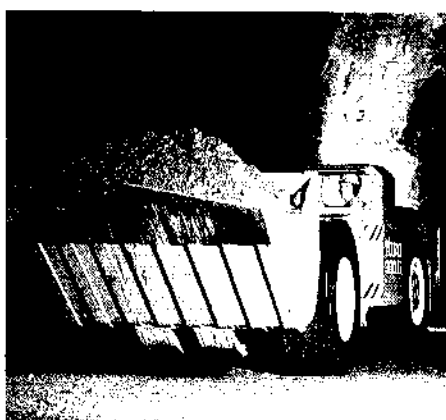
TAMROCK ROTARY

- kiertoporauslaitteet
- kaivonporauslaitteet



TAMROCK UNDERGROUND

- tunnelin- ja peräajolaitteet
- tuotantolouhintaporauslaitteet
- pultitus- ja rusnauslaitteet
- nousuporauslaitteet



TAMROCK LOADERS

- maanalaiset louheen lastaus- ja siirtolaitteet

TAMROCK

TAMROCK OY
PL 279, SF 33101 TAMPERE
Puh. 931-241 4111. Fax 931-241 4849
Tlx 22193 rock sf



Teräs pitää pintansa

Teräksen asema teollistuneen maailman keskeisenä materiaalina on vahva. Tämä perustuu teräksen mekaanisiin ominaisuuksiin sekä tuotteiden jatkuvaan kehittämiseen.

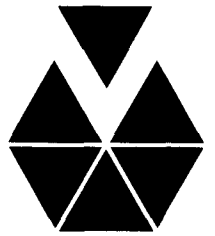
Rautaruukki on maailman terästeollisuuden kärkeä sekä toiminnalliselta että taloudelliselta tehokkuudeltaan. Rautaruukin terästuotanto on teknisesti korkeatasoista ja kustannuskilpailukykyistä ja siihen liittyy saumattomasti monipuolinen oma jatkojalostus. Koko tuotantoketju on osaavien ihmisten käsissä.

Euroopan yhdentymiskehitys avaa Rautaruukille uusia mahdollisuuksia, sillä konserni toimii jo tänään tehokkaasti ja joustavasti pohjoismaisten kotimarkkinoidensa lisäksi myös muualla Euroopassa.

 **RAUTARUUKKI**
TERÄS RAKENTAA TULEVAISUUTTA

Teräsrunkoinen Uuden teknologian liikekeskus Innopoli sijaitsee Espoon Otaniemessä.

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 1 1991
49. vuosikerta

Julkaisija, utgivare:
VUORIMIESTYHDISTYS –
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 415
Ovako Oy Ab
Bulevardi 7
00120 Helsinki

TkT Jorma Rekola 90-46 971
Mecrastor Oy
Kimmeltie 1
02110 Espoo

TkL Seija Sundholm 90-4511
Teknillinen korkeakoulu
Materiaali- ja kallioteknikan laitos
02150 Espoo

FM Marjatta Virkkunen 90-4693 387
Geologian tutkimuskeskus
02150 Espoo

TkL Hans Allenius 90-4211
Outokumpu Oy, Engineering
PL 86
02201 Espoo

Ilmoitushinnat vuodelle 1991

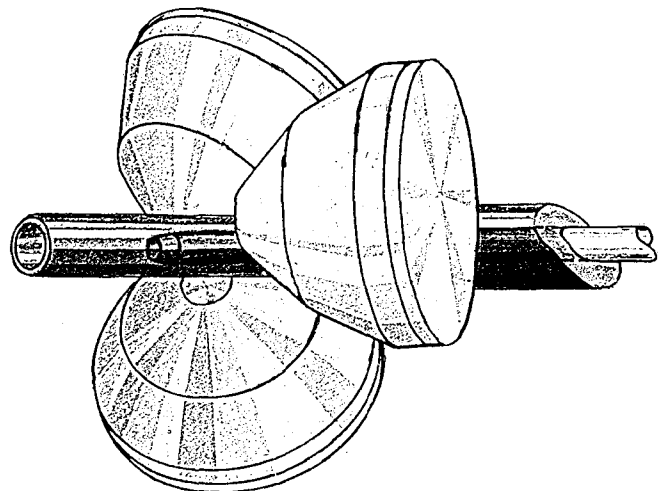
II ja III kansi	= 4.830,-	1/2-sivu	= 2.760,-
takakansi	= 5.570,-	1/4-sivu	= 1.640,-
1/1-sivu	= 4.090,-	Lisäväri/kpl	= 1.500,-

{ Ammattihakemisto-ilmoitus 1/1 vsk = 620,-
Koko: leveys = 85 mm \diamond korkeus = 25 mm

Vuosikerta = 95,- \diamond ulkomaille = 130,-
Irttonumero = 60,- \diamond ulkomaille = 70,-

SISÄLTÖ ■ INNEHÅLL

Pertti Voutilainen: Puheenjohtajan katsaus Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksessa 22.3.1991	9
Raimo Matikainen: Vuoriteollisuuden osaaminen myyntituotteena – Jatkuuko menestys?	12
Olavi Siltari: Ruostumattoman teräksen valmistus Suomessa	17
Matti Kilpinen: Kaivoskoneteollisuutemme kansainvälistyminen ja tekninen kehitys	23
Martti Finnilä, Lassi Myllykoski, Eero Parviainen, Olli Vähäkainu: Uuden sukupolven "vesiseostetut" teräslevyt	26
Mauri Rantanen, Kari Klemetti: Cast and Roll – Uusi menetelmä saumattomien kupariputkien valmistamiseksi	31
Markku Vetoniemi: Koksaaamon sivutuotelaitos	34
Erkki Paatero: Användning av extraktion inom hydrometallurgi	39
Kari Tähtinen, Vesa Ollilainen: Terästuotteiden kehitystoiminnan haasteet 90-luvulla	45
Olavi Paatsola: Kaivosten ja louhintatöiden kiviaineksen käyttö kiinnosti monia	48
Ari Simonen: Kalliotilojen käyttö teollisuusjätteiden sijoitukseen Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.	51
Hallituksen toimintakertomus vuodelta 1990	58
Jaostojen ja tutkimusvaltuuskunnan toimintakertomukset vuodelta 1990	59
Uusia jäseniä – Nya medlemmar	62
Uutta jäsenistä – Nytt om medlemmarna	62
Suoritettuja tutkintoja – Avlagda examina	63
VMY – BMF * Tuloskehitys 1987-1991	66
Petter Forsström-pris, jakotilaisuus	67
Rouva Karin Stigzelius kutsuttiin yhdistyksemme kunniajäseneksi	67
Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1990	68
VMY – BMF * Jäsenrekisterin henkilötietojen tarkastus	70
IFAC Symposium 26-28.8.1991	71



Kansikuva: Putkenvalssaus planeettavalssaimella.
Cover: Planetary rolling of a tube.

VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUS
22.3.1991

Prof. Raimo Matikainen 90-451 2804
puheenjohtaja Fax 90-451 2660
Teknillinen korkeakoulu
Materiaali- ja kallioteekniikan laitos
Vuorimiehentie 2
02150 ESPOO

DI Erkki Ström 90-421 3986
varapuheenjohtaja Fax 90-452 2140
Outokumpu Copper
PL 144
02201 ESPOO

DI Veijo Vartiainen 931-241 4111
Oy Tampella Ab
Tamrock
PL 279
33101 TAMPERE

DI Heikki Rusila 982-301
Rautaruukki Oy
Raahen terästehdas
PL 93
92101 RAAHE

DI Esko Ulvelin 90-61671
Teknillinen tarkastuskeskus
PL 204
00181 HELSINKI

Prof. Heikki Papunen 921-633 5480
Turun Yliopisto
Geologian laitos
20500 TURKU

Johtaja Raimo Rantanen 939-358 111
Outokumpu Harjavalta Metals Oy
29200 HARJAVALTA

TkL Hans Allenius 90-421 2849
Outomec Inc
PL 84
02201 ESPOO

DI Eelis Eskelinen 953-510 111
Oy Partek Ab
53500 LAPPEENRANTA

TkL Jorma Kempainen 9698-452 583
Outokumpu Polarit Oy
95400 TORNIO

DI Timo Välttilä 973-5561
Outokumpu Mining Services
83500 OUTOKUMPU

Yhdistyksen sihteeri:
I Heikki Laapas 90-451 2786
Teknillinen Korkeakoulu Fax 90-451 2660
Materiaali- ja kallioteekniikan laitos
Vuorimiehentie 2 A
02150 ESPOO

II NN

Yhdistyksen rahastonhoitaja:
LuK Marjatta Parkkinen 90-421 2442
Outokumpu Oy Fax 90-421 3888
PL 280
02101 ESPOO

Geologijaosto
FL Elias Ekdahl, puh.joht. 971-205 111
Geologian tutkimuskeskus
PL 1237
70701 KUOPIO

FK Sirkku Halonen, siht. 90-462 233
Geologian tutkimuskeskus
Betonimiehenkuja 4
02150 ESPOO

Kaivosjaosto
DI Kimmo Kekki, puh.joht. 957-254 151
Ruskealan Marmorit Oy
57100 SAVONLINNA

DI, KTM Antti Pihko, siht. 957-381 371
Outokumpu Finmines Oy
Enonkosken kaivos
58160 KARVILA

Metallurgijaosto
TkT Kalevi Nikkilä, puh.joht. 954-602 200
Ovako Oy Ab
55100 IMATRA

TkL Lars Helle, siht. 954-602 311
Ovako Oy Ab
55100 IMATRA

Rikastus- ja prosessiteekniikan jaosto
Prof. Kari Heiskanen, puh.joht. 90-451 2789
Teknillinen korkeakoulu
Mineraali- ja kallioteekniikan laitos
Vuorimiehentie 2
02150 ESPOO

DI Jukka Karhunen, siht. 90-80471
Kemira Oy
Espoon tutkimuskeskus
PL 44
02271 ESPOO

Tutkimusjohtokunta
DI Paavo Eerola, puh.joht. 973-5561
Outokumpu Mining Services
83500 OUTOKUMPU

Geologinen toimikunta:
Prof. Heikki Niemi, puh.joht. 90-451 2720
Teknillinen korkeakoulu
Materiaali- ja kallioteekniikan laitos
Vuorimiehentie 2 A
02150 ESPOO

Kaivosteknillinen toimikunta:
DI Pekka Lappalainen, puh.joht. 990-46-980-71000
Viscaria AB
S-98186 KIRUNA
Sverige

Rikastusteknillinen toimikunta:
DI Jarmo Aaltonen, puh.joht. 971-400 111
Kemira Oy
Siilinjärven tehtaaj ja kaivos
PL 20
71801 SIILINJÄRVI

Tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien
sihteeri:
FT Jyrki Parkkinen 90-46931
Geologian tutkimuskeskus Fax 90-462 205
Betonimiehenkuja 4
02150 ESPOO

Puheenjohtajan katsaus Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksessa 22.3.1991

Pääjohtaja Pertti Voutilainen, Outokumpu Oy

Lyhennelmä esitelmästä

YLEISKEHITYS

Useamman hyvän vuoden jälkeen kääntyivät vuoriteollisuudenkin suhdanteet huonon yleisen talouskehityksen johdosta huonoon suuntaan. Perusmetalliteollisuuden eräillä alueilla on oikeutettua puhua romahduksesta. Maailmanlaajuisesti katsoen ovat erityisen syvässä lamassa autoteollisuus ja rakentaminen, jotka molemmat ovat tärkeitä markkinoita perusmetalleille.

Suomessa teollisuustuotanto aleni vuonna 1989 ensimmäistä kertaa sitten sotavuosien ja 1930-luvun alun pula-ajan. Suomalaisen erityisongelma on Neuvostoliiton kauppa, jonka romahtaminen on vakava asia kaikille suomalaisille viejille. Vuoriteollisuutta koskettaa eniten metalliteollisuutemme itävientti, jonka ennustetaan tänä vuonna putoavan ainakin 50 %. Ja pessimistisimmät arviot puhuvat jopa 90 %:n laskusta tässä meille perinteisesti tärkeässä kauppasa. Kun soppaan lisätään mausteeksi vielä vaikea taloustilanne tärkeissä länsivientimaissa Ruotsissa, Englannissa ja USA:ssa, ymmärretään miksi vienti on vaikeaa ylivahvan markan ja maailman korkeimman kustannustason maasta Suomesta. Asiat täällä ovat huonolla tolalla ja kuntoonpano-ohjelmalla on kiire.

KULUTUKSEN KEHITYS

Perusmetallien kulutus kehittyi vuonna 1990 länsimaissa seuraavasti:

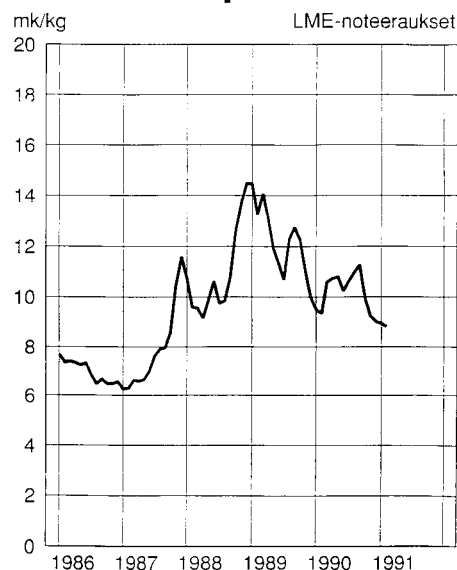
- Teräksen kulutus aleni 1,4 %. Tämä heijastelee yleisen talouskehityksen hidastumista. Ruostumattoman teräksen kulutus kasvoi 4 %, missä luvussa on mukana eräänlaista tilastoharhaa, koska vertailuvuoden 1989 kulutusluku oli loppuvuoden markkinahäiriöiden johdosta epätavallisen alhainen.
- Kuparin kulutus kasvoi 1 %.
- Sinkin kulutus aleni 0,8 %, mikä on seurausta rakentamisen ja autoteollisuuden vaikeuksista.
- Nikkelin kulutuksen 2,5 %:n kasvu selittyy ruostumattoman teräksen kulutuksen kasvulla.
- Lyijyn kulutus kasvoi 0,6 % ja
- Alumiinin kulutus samoin 0,6 %

Sementtiä kulutettiin Suomessa vuonna 1990 1.880.000 tonnia, mikä on saman verran kuin edellisenä vuonna. Talkin kulutus aleni paperiteollisuuden taantumana vuoksi 3 %.

HINTAKEHITYS

Laskeva suunta jatkui värimetallien hintakehityksessä. Tätä laskua vauhditti Euroopassa lisäksi vielä dollarin alamäki.

Kupari



Kuva 1. Kuparin hintakehitys (LME-noteeraukset).
Fig. 1. Price development of copper (LME quotation).

Kuparin hinta Lontoon metallipörssissä vuonna 1990 oli 10,21 mk/kg oltuaan 12,23 mk/kg vuonna 1989 (kuva 1).

Sinkin hinta vuonna 1990 oli 5,82 mk/kg. Vuonna 1989 hinta oli 7,38 mk/kg (kuva 2).

Nikkelin hinta vuonna 1990 oli 33,56 mk/kg oltuaan 56,54 mk/kg vuotta aikaisemmin (kuva 3).

Poikkeuksellinen oli muihin metalleihin verrattuna ruostumattoman teräksen hintakehitys, joka vuoden 1990 mittaan oli nouseva. Vuosikeskiarvoilla mitattuna toki tapahtui tässäkin metallissa jyrkkä pudotus. Outokummun tuottaman ruostumattoman teräksen keskihinta vuonna 1990 oli 8,85 mk/kg verrattuna edellisen vuoden 13,18 markkaan/kg (kuva 4).

Jotta saataisiin kuva siitä kuinka drastinen pudotus Outokummun tuottamien metallien hinnoissa tapahtui, näytän vielä edellä jo kertomani vuosikeskiarvot taulukkona (kuva 5).

Nähdään että hinnan pudotukset liikkuvat kuparin 17 %:n ja kromin 46 %:n välillä. Vastaavanlaisia prosenttilukuja taitaa löytäytyä vain selluteollisuudesta.

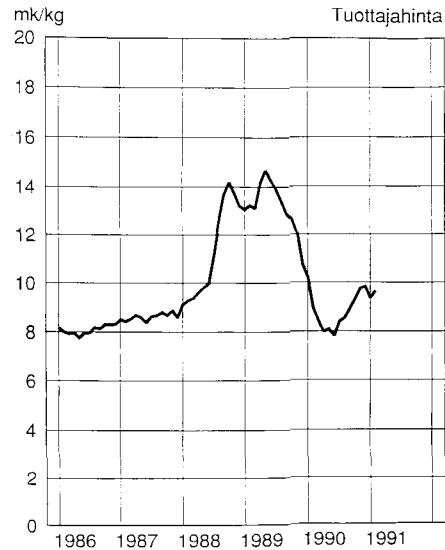
Suhdanteiden muuttuminen näkyy myös teräksen hintakehityksessä. Rautaruukin tuottaman kvarttolevyn hinta lähti laskuun viime syksynä ja lasku on jatkunut tämän vuoden puolella.

Sinkki



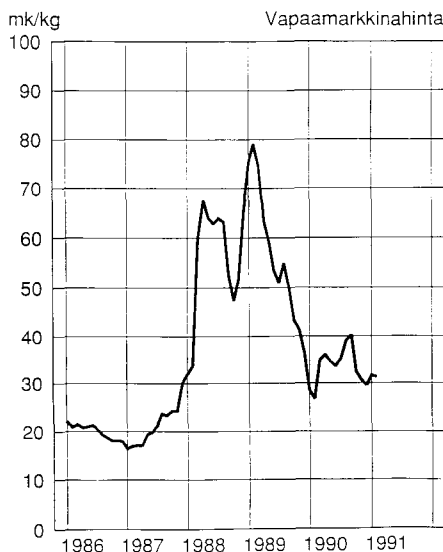
Kuva 2. Sinkin hintakehitys (LME-noteeraukset).
Fig. 2. Price development of zinc (LME quotation).

Ruostumaton teräs



Kuva 4. Ruostumattoman teräksen hintakehitys (tuottajahinta).
Fig. 4. Price development of stainless steel (Producer price).

Nikkeli



Kuva 3. Nikkelin hintakehitys (vapaamarkkinahinta).
Fig. 3. Price development of nickel (Free market price).

Metallien hinnat

(vuosikeskiarvot, mk/kg)

	1990	1989	Muutos-%
Kupari	10,21	12,23	- 17
Nikkeli	33,56	56,54	- 41
Sinkki	5,82	7,38	- 21
Kromi	3,81	7,10	- 46
Ruostumaton teräs	8,85	13,18	- 33

Kuva 5. Metallien hinnat, vuosikeskiarvot mk/kg.
Fig. 5. Metal prices, annual averages FIM/kg.

Markkinatilanteen huononeminen on ehkä eniten heijastunut Ovakon toimintaan. Ovakon terästuotteiden kysyntä aleni toisella vuosipuoliskolla niin jyrkästi, että yhtiössä on jouduttu turvautumaan tuotannon sopeutukseen myös lomautusten ja irtisanomisten avulla.

TUOTANTO

Malmin ja muiden hyötykivien louhinta Suomessa pysyi vuonna 1990 edellisen vuoden tasolla. Mineraalikaivosten tuotannon alenemisen kompensoi malmi- ja kalkkikivikaivosten lisääntynyt tuotanto.

Metallurginen tuotanto kehittyi yleisesti ottaen hyvin. Merkittävin negatiivinen kehitys liittyi raakateräksen tuotantoon, joka aleni 2,1 %. Ruostumattoman teräksen tuotanto sen sijaan kasvoi yli 7 %. Kuparin ja nikkelin suuret kasvuluvut ovat tilastoharhaa, koska vuoden 1989 vertailuluvut Harjavallan happitehdasonnettomuuden johdosta olivat epätavallisen alhaiset.

Mineraalituotannon kehitys oli epäyhtenäinen. Kalkkikiven ja sementin tuotannot kasvoivat merkittävästi. Hieman kasvoi myös kvartsin tuotanto. Muiden mineraalien tuotanto sitten alenikin; merkittävinä oli tuotannon lasku apatiitin ja talkin tuotannossa.

Epäyhtenäinen oli kehitys myös muokattujen metallituotteiden tuotannossa. Kuumavalssattujen teräslevyjen tuotanto pysyi lähes entisellään, kun taas kylmävalssatuissa teräslevyissä tapahtui 3,6 %:n kasvu. Tornion monista tuotantovaikeuksista huolimatta kasvoi valssattujen ruostumattomien tuotteiden tuotanto merkittävästi. Pinnoitettujen teräslevyjen tuotannon lasku on heijastusta rakennustoiminnan hiljenemisestä vuoden loppupuolella. Pitkistä terästuotteista kasvoi betoniteräksen tuotanto merkittävästi muiden tuotteiden tuotannon laskiessa.

Muokattujen kuparituotteiden tuotannossa tapahtui merkittävä kasvu.

KANSAINVÄLISTYMINEN

Suomalaisen vuoriteollisuuden kansainvälistyminen jatkui edelleen vuonna 1990.

Merkittävin yksittäinen tapahtuma tässä suhteessa oli Outokumpu Copperin yritysosto Amerikassa. American Brass -yhtiön oston myötä Outokumpu sai yli 20 %:n markkinaosuuden kuparituotteiden markkinoista USA:ssa ja vakiinnutti asemansa maailman toiseksi suurimpana alan yrityksenä. Hyvin merkittäviä ovat myös

Outokummun uudet kaivoshankkeet Australiassa ja Chilessä. Kun myös teknologiatoimialat kansainvälistyivät, muuttui Outokumpu vuoden 1990 aikana yritykseksi, jolla on enemmän henkilöstöä Suomen ulkopuolella kuin Suomessa.

Rautaruukin kansainvälistymisen pääpaino on ollut vientimarkkinointia tukevan jatkojalostustoiminnan ja jakelukanavien hankinnassa Pohjoismaissa ja Länsi-Euroopassa. Merkittävin yksittäinen yritysosto oli ruotsalaisen Wirsbo Bruks AB:n teräsputkidiivision siirtyminen Rautaruukki-konsernin omistukseen. Se jatkaa nyt toimintaansa Wirsbo Stålrör AB -nimisenä yhtiönä.

INVESTOINNIT

Heikkenevistä suhdannenäkymistä huolimatta investoi suomalainen vuoriteollisuus voimakkaasti myös vuonna 1990. Suomessa toteutetut investoinnit kohdistuivat voittopuolisesti tuotannon ja toiminnan tehostamiseen, laatu- ja jalostusasteen nostoon sekä ympäristöhaittojen pienentämiseen.

Kapasiteetin nostoon tähtäävistä investointiohjelmista merkittävin oli jaloteräksen tuotannon lisäämiseen liittyvän ohjelman jatkaminen Torniossa. Tämän vuoden lopulla käyttöön tuleva lisäkapasiteetti tekee Outokummusta entistäkin merkittävemmän tuottajan ruostumattoman teräksen maailmassa.

Raahessa aloitettiin koksauksen laajennushanke koksaukskapasiteetin kaksinkertaistamiseksi. Tämän hankkeen tärkeys on nähtävä myös idänkaupan epävarmojen näkymien valossa. Omavaraisuus on näissä oloissa vahvuus. Rautaruukki investoi voimakkaasti myös pinnoitettujen ohutlevyjen valmistukseen ja jatkojalostukseen vahvistaen tällä alueella asemaansa Pohjoismaiden johtavana yrityksenä.

Ovako Imatran uudistamisohjelman metallurgian ja valssaamon uudet laitteet otettiin käyttöön vuoden 1990 aikana. Uuden bloomivalukoneen tultua täysin tuotantoon loppui tehtaasta lähtien käytössä ollut valannevalu. Osana tuoterakenteen selkeyttämisohjelmaa lopetettiin Imatralla lankavalssaamotoiminta vuoden 1990 lopulla. Ovako Imatrasta on nyt tullut korkeatasoisten erikoisteräskantojen toimittamiseen keskittynyt yritys auto- ja konepajateollisuudelle.

MALMINETSINTÄ

Suomessa tapahtuva malminetsintä ja sen myötä koko geologinen tutkimus on joutunut ja joutumassa uudelleenarvioinnin kohteeksi. Valitettavasti malminetsinnän tulokset ovat maassamme jo pitkään olleet huonot, koska uusia merkittäviä malminlöytöjä ei ole tehty. Tällöin on tietenkin luonnollista, että rahapussien haltijat alkavat suhtautua kriittisesti satsausten jatkamiseen. Vaikka tämän sanomi-

SUMMARY

THE ANNUAL MEETING OF THE FINNISH ASSOCIATION OF MINING AND METALLURGICAL ENGINEERS

Review by the Chairman, Mr. Pertti Voutilainen

After several favourable years the trend in the mining industry turned downwards due to the world's general weak economic development. In some sectors of the base metal industry one can even justifiably speak of a collapse. The automobile and building industries, which are both very important markets for base metals, suffer from a worldwide depression.

A special problem for Finland is the collapse of the Soviet trade. The exports of the Finnish metal industry to the Soviet Union are forecasted to drop at least by 50 %.

The internationalization of the Finnish mining and metallurgical industry continued in 1990. The most significant single event was the acquisition of the American Brass Company by Outokumpu Copper. It brought Outokumpu a market share of more than 20 % for copper products in the U.S.A. Of great importance also are Outokumpu's new mining projects in Australia and Chile.

nen tässä seurassa onkin ikävää, tosiasioille ei mitään voi.

Malminetsintä Suomessa on entistä enemmän jäämässä valtion maksettavaksi ja pääosin GTK:n tehtäväksi. Tämä kehitys onkin oikein, sillä vain yhteisin varoin on mahdollista kantaa ne suuret riskit, jotka tähän toimintaan sisältyvät. Kun julkisen talouden supistamistarve nyt on pakottanut aloittamaan keskustelun myös geologisen tutkimuksen ja malminetsinnän uudelleenmitoituksesta, toivoo sopii, että toteutettavat toimet perustuvat perusteelliseen harkintaan eivätkä tule hätiköiden ja pintapuolisen tarkastelun pohjalta tehdyiksi. Heitäkin tässä alan ammattilaisille kysymyksen, olisiko mahdollista kvantitatiivisin termein ja menetelmin arvioida satsauksen oikeaa määrää ottaen laskelmissa huomioon sekä tuotosten odotusarvo että kustannukset. Olen aikamani itsekin istunut useammassakin työryhmässä tätä kysymystä pohtimassa, ja minun ehkä pitäisi tietää, että kyselyn mahdollisuus. Mutta maailmahan kehittyä, ja tänään ehkä on mahdollista sellainen mikä ei sitä ole aikaisemmin ollut.

TULEVAISUUS

Suomalaisella vuoriteollisuudella riittää uskoa tulevaisuuteen, vaikka näkymät juuri tällä hetkellä ovatkin ankeat. Tässä kohtaa en voi olla siteeraamatta viimevuotista katsaustani, josta löysin tähänkin päivään täysin sopivan kappaleen. Se kuuluu näin:

"Suomalaisella vuoriteollisuudella on kuitenkin ymmärtääkseni asiat hyvin kunnossa. Olemme investoineet paljon pitääksemme yllä kilpailukykyämme, joten voimme suhtautua tulevaisuuteen varsin luottavaisesti. Lähiajan pahimmat peikot ovat yleisen talouskehityksen puolella. Ellei kustannuskehitystä Suomessa saada kuriin, hinnoittelemme itsemme ulos kilpailusta. Ja kun kaikki yhä suuremmassa ja suuremmassa määrin elämme viennistä, emme kauan kestä yliarvostetun markan epäedullista vaikutusta kilpailukykyymme."

Kuten kaikki tiedämme, tuossa siteerauksessa povattu huono yleinen talouskehitys on toteutunut. Uudelta hallitukselta odotamekin nopeasti ripeitä toimia Suomen talouden kuntoonpanemiseksi. Koska asialla on kiire, voisi myös toivota että entinenkin hallitus nyt uskaltaisi tehdä sen mitä ennen vaaleja ei uskaltanut tehdä.

Hyvät vuorimiehet! Näiden päivien yleisteema on suomalaisen vuoriteollisuuden osaamisen vienti. Tämä aluehan on ollut hyvin nopeasti kasvava osa vuoriteollisuuttamme tai täsmällisemmin sanoen pitää kait puhua vuoriteollisuutemme seurannaisteollisuudesta. Me voimme syystä olla ylpeitä siitä mitä Suomi on tällä alueella saanut aikaan. Uskonkin siis, että tämä teema herättää mielenkiintoisen ja antoisan keskustelun.

Hyvät Naiset ja Herrat! Vielä kerran tervetuloa Vuorimiespäiville.

The emphasis of Rautaruukki's internationalization was directed toward acquiring increased capacity for further refining of steel and new distribution channels for exports to the Scandinavian countries and Western Europe.

In spite of weakening trends the investment level in the Finnish mining and metallurgical industry was high in 1990. Outokumpu continued its investment programme to increase the capacity of stainless steel production. Rautaruukki started the extension of the coking plant in Raahе in order to double the capacity.

Although the present views are gloomy, the Finnish mining and metallurgical industry has confidence in the future. We have invested a lot to maintain our competitiveness. General cost development has been one of the worst factors unfavourably affecting exports, and we are awaiting quick actions from the Finnish government to improve the economy.

Vuoriteollisuuden osaaminen myyntituotteena — Jatkuuko menestys?

Professori Raimo Matikainen, Teknillinen korkeakoulu, Materiaali- ja kalliotekniiikan laitos, Otaniemi

Lyhennelmä esitelmästä Vuorimiespäivillä 22.3.1991

JOHDANTO

Suomen vuoriteollisuuden osaaminen perustuu pääosiltaan omaan metallien ja mineraalien perusteellisuuteen sekä sen pohjalta syntyneeseen laitevalmistukseen. Alaan kuuluvat myös prosessiteollisuudelle tyypilliset ympäristönsuojelulliset tuotantoon kiinteästi liittyvät toiminnot.

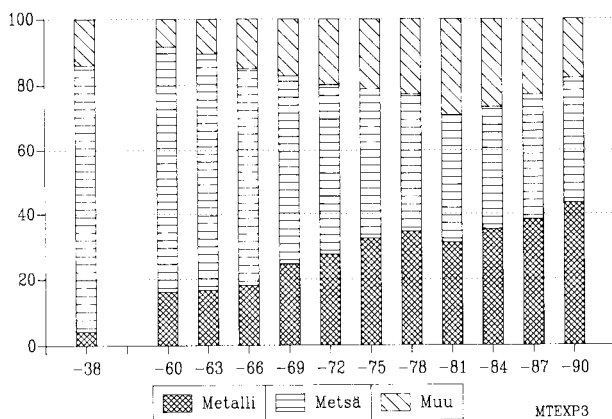
Metallien perusteellisuuden tuotannon volyymi on kasvanut tasaisesti samoin kuin yleensä metallin suhteellinen osuus viennistä ja on se nykyisin samaa suuruusluokkaa metsäteollisuuden viennin kanssa (Kuva 1). Kansainvälistymisen ja laajenevan markkina-alueen seurauksena metalliteollisuuden nettosijoitukset ulkomaisiin tytäryhtiöihin ovat kiihtyneet (v. 1989 3.4 Mrdmk) ja tässä yhteydessä myös osaamista on siirretty ulkomaille. Käytettävissä olevasta tilastosta on vaikea erottaa vuoriteollisuuden osuutta, mutta se on merkittävä: Erityisesti on syytä huomioida metalliteollisuuden korkea jalostusarvo (Kuva 2) ja tutkimusaktiiviteetti muihin teollisuusaloihin verrattuna. Metallien perusteellisuus ja yleensä metalliteollisuus ml. laitevalmistus on määräävässä asemassa kun puhutaan vuoriteollisuuden osaamisen viennistä.

Vuoriteollisuuden teknologian vienti on ollut selvästi nousevaa ja se on karkean arvion mukaan nyt n. 1.5 Mrdmk/v, josta osaamisen osuutta on erittäin vaikea erottaa. Tärkeimmät osaamisen viejät ovat Outokumpu Oy ja Rautaruukki Oy sekä kehitysyhteistyössä Geologian tutkimuskeskus. Finminers-ryhmän kokonaisviennin

arvioidaan nousseen v. 1990 n. 5 Mrd markkaan, josta kaivoskohteiden osuus on kolmannes (Kuva 3). Mineraalien ja kalkkituotteiden louhinta ja jatkojalostus keskittyy pääasiassa kotimaan markkinoille ja sen tuotannon brutto- ja jalostusarvo on merkittävä, mutta vienti suhteellisen pieni metalliin verrattuna.

Kaivostoimintaa ja raudan valmistusta meillä on ollut keskiajasta saakka, mutta omaa osaamista ja kalustoa vasta varsinaisesti II-maailmansodan jälkeen. Tällöin oli pakko ennakkoluulottomasti kehittää kaivostoimintaa ja jatkojalostusta nopeasti, pakottavaan tarpeeseen. Valtaosa menetelmistä ja laitteista oli pitkälle 1960-luvulle saakka ulkomaisia, liekkisulattaa ja vanadiiniprosessia lukuunottamatta. Pohja suomalaisen vuoriteollisuuden nopealle sodanjälkeiselle nousulle oli luotu jo 1930-40-luvulla kouluttamalla vähälukuinen, mutta monipuolinen ja organisoitukykyinen geologi- ja insinöörikunta. Tälle ajalle tyypillistä oli hyvä yleisoaaminen, riskinotto- ja organisoitukyky. Yhdistämällä monien toimittajien laitteita toimivaksi kokonaisuudeksi kyettiin luomaan uskottoman nopeasti kansainvälisesti kilpailukykyiset laitokset eri ammattiryhmien yhteistyöllä. Outokumpun malmia lukuunotta-

VIENTI TOIMIALOITTAIN 1938 JA 1960-1990, %

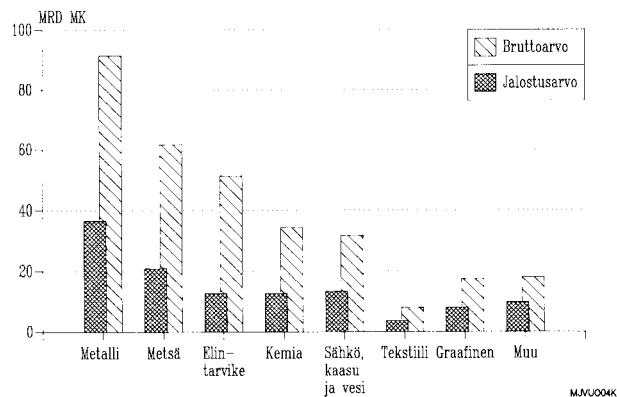


Kuva 1. Vienti toimialoittain 1938 ja 1960-1990, (%).
Fig. 1. Finnish Exports (%) by Industrial Sectors in 1938 and 1960-1990.

Lähde: (MET)

Metalli Metal Industry
Metsä Forest Industry
Muu Others

TUOTANNON BRUTTO- JA JALOSTUSARVO TEOLLISUUSALOITTAIN 1990



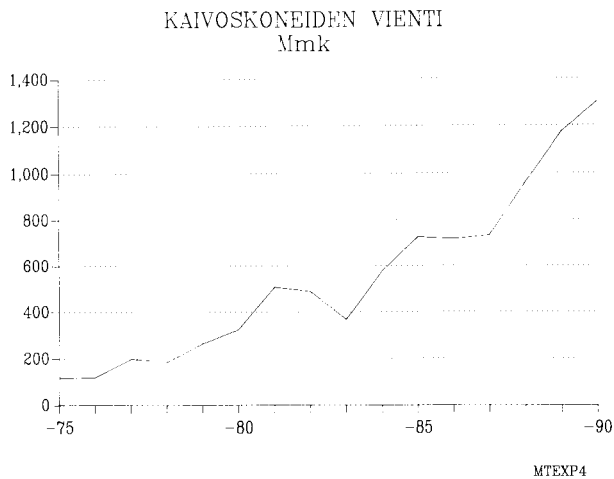
Kuva 2. Tuotannon brutto- ja jalostusarvo teollisuusaloittain 1990.
Fig. 2. Gross and Added Value of Production by Industrial Sectors in 1990.

Lähde: (MET)

Bruttoarvo Gross Value
Jalostusarvo Added Value

Metalli Metal Industry
Metsä Forest Industry
Elintarvike Food Industry
Kemia Chemical Industry
Sähkö, kaasu ja vesi Energy production
Tekstiili Textile Industry
Graafinen Printing Industry
Muu Other

Metal Industry
Forest Industry
Food Industry
Chemical Industry
Energy production
Textile Industry
Printing Industry
Other



Kuva 3. Kaivoskoneiden vienti.
Fig. 3. Finnish Export of the Mining Machinery.
Lähde (MET)

matta valtaosa esiintymistä on ollut aikanaan marginaalimalmeja ja niiden käyttöönotto on vaatinut rohkeutta ja ennenkaikkea innovointikykyä. Vuoriteollisuuden jatkojalostus on perustunut alkuaan omiin esiintymiin ja koneenvalmistus kotimaisten laitosten tarpeisiin. Kaivospuolelle kotimaiset koneet tulivat pääosiltaan vasta 1960-luvun alkupuolella. Metallurgiassa liekkisulatuksen kehitystyö on tietysti ollut ainutlaatuista. Alkuaan 1940-luvulla Cu-rikasteiden käsittelyyn kehitetty (1947-49) menetelmä on sovellettu myös Ni- (1959) ja Pb-rikasteille (Kuva 4). Kehitystyötä on jatkettu koko ajan kohottamalla yksikön kapasiteettia ja pienentämällä kokoa (Kuva 5). Liekkisulatolisenssejä on myyty kaikenkaikkiaan yli 30 kpl. Osaan näistä on sisältynyt merkittävästi laiteoimituksia (esim. Norilsk).

SUOMEN VUORITEOLLISUUDEN OSAAMINEN JA YLEISET KILPAILUTEKIJÄT

Yleistä

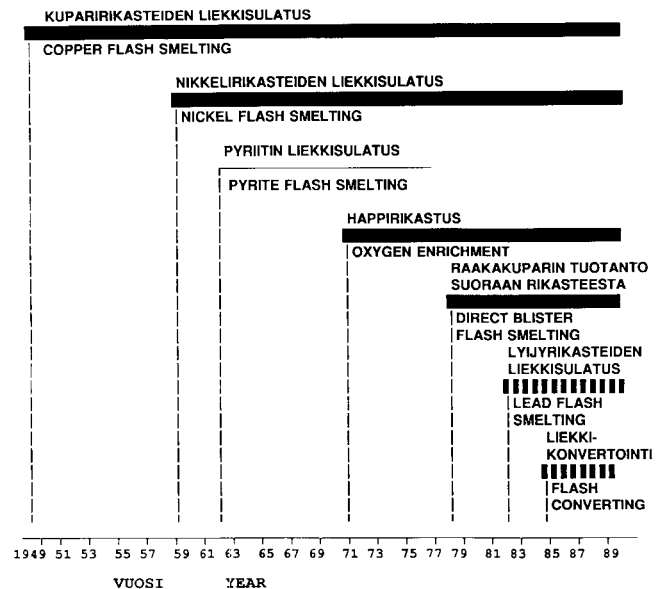
Osaamisen viennin on perustuttava pääosiltaan omaan korkeatasoiseen teollisuuteen sekä riittäviin henkisiin ja aineellisiin voimavaroihin. Kun puhutaan tuotteen tai osaamisen viennistä on pakko tarkastella sitä, mitä meillä on vietävää ja kyetääkö sitä viemään. Osaamiseen liittyy usein myös laiteoimituksia ja muuta ”kovaa” tavaraa.

Kansainvälisesti tarkasteltuna Suomen vuoriteollisuus on hyvin uutta ja laitokset moderneja, mutta ylivoimaista kansainvälisen tason osaamista meillä Suomessa on hyvin vähän tai ei ollenkaan. Kilpailijoihin verrattuna ylivoimaisuutta rajoittavat meillä kaikki tavallisimmat pienuuden ongelmat:

- emme pysty tekemään mitään halvalla
- vain harvoin olemme markkinoilla ensin
- myyntitehokkuutemme ja joustavuutemme eivät kumpikaan ole parhaat mahdolliset
- taloudelliset resurssimme ovat rajoitetut.

Meidän tulee siis perustaa osaamisen viennin pääasiassa omiin referensseihin ja siis todelliseen tuotanto-osaamiseen.

Meillä on joitakin osa-alueita kuten kaivosten mekaniointi ja automaatio, rikastamoautomaatio ja ohjaustekniikka, liekkisulatus, pystyvalu ja erikoisterästen jatkuvavalu sekä savukaasujen käsittely, joissa osaamisemme on aivan ilmeisesti korkeinta kansainvälistä tasoa, mutta emme ole yksin — kilpailijoita on. Tähän asti olemme olleet hyviä alan teknillisessä yleisosaamisessa kaivostuotannasta jatkojalostukseen ja laitevalmistukseen, kun kyseessä on kotikentällä testatut menetelmät ja prosessit.

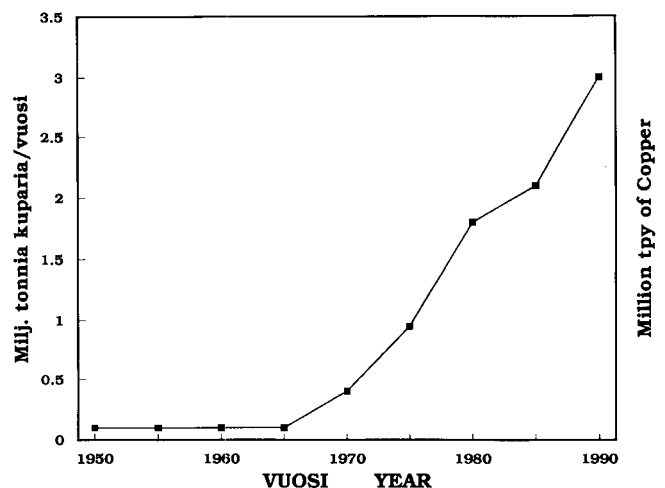


Kuva 4. Liekkisulatustekniikan käytön kehittäminen.
Fig. 4. Application of Flash Smelting Technology.
Lähde: Source: Outokumpu Engineering Contractors Oy, Pekka Hanniala.

Vuoriteollisuuden osaamisen vientiin ja markkinointiin sopivat samat perussäännöt, kuin yleiseen kansainväliseen kaupankäyntiin, mutta vuoriteollisuudelle samoinkuin koko raskaalle ja pääomavaltaiselle prosessiteollisuudelle on tyypillistä tietynlainen varovainen vanhoillisuus. Tuotantotasolla pidetään tiukasti kiinni perinteellisestä prosessista ja suhtaudutaan varauksella uusiin ideoihin ja ratkaisuihin. Vain toimivat tuotantomittakaavaiset positiiviset referenssit ovat uskottavia markkinointikeinoja. Hinta tulee vaikuttavana tekijänä vasta selvästi jäljessä. Vuoriteollisuudelle on myös tyypillistä yhtiötasolla tarkka arviointi kannattaako tuotetta ja osaamista myydä kilpailuteknillisistä syistä.

Kaivokset

Kun tarkastellaan kaivosten tuotantoketjua: malminetsintä — kaivosgeologia — louhinta — rikastus, ovat Suomen laitokset omassa



Kuva 5. Kupariliekkisulatottojen suunnittelukapasiteetti.
Fig. 5. Design Production Capacity of Copper Flash Smelters.
Lähde: Source: Outokumpu Engineering Contractors Oy, Pekka Hanniala.

kokoluokassaan korkeinta kansainvälistä tasoa. Tämä väite sisältää louhintasuunnittelun, laadunvalvonnan, louhintamenetelmät, kaluston, tehot ja alhaiset tuotantokustannukset. Eri ammattiryhmien yhteistyö on hyvä ja tuotokeskeinen ajattelutapa on meillä selkeämpi kuin monilla muilla kilpailijoilla. Esiintymien alhaiset pitoisuudet ja pieni koko ovat pakottaneet tähän. Kotimaassa meillä ei ole kokemusta todella suurimittakaavaisesta kaivostoiminnasta — yksikin suuri kohde parantaisi tilannetta. Malmi on nykyään tehtävä ja tässä malmiä tekemisessä on tärkeä rooli eri ammattiryhmien yhteistyöllä. Käytännön esimerkit osoittavat, että rikastajat ovat kyenneet tekemään kehnostakin malmista myyntikelpoiset tuotteet kehittämällä ennakkoluulottomasti rikastusprosesseja ja laitteita käyttäen apuna automaatiota ja analyysitekniikkaa. On muistettava, että tälläkin tekemisellä on taloudelliset rajansa, jos ulkomailla on tarjolla suuria ja selvästi helpommin käyttöönotettavia esintymiä.

Tämän hetken suurin ongelma Suomessa on metallikaivosten ehtyminen ja lukumäärän nopea väheneminen. Antautumismentaliteettiä ei saa mennä vielä, vaikka sellaisia oireita on yllättä viltäkin tahoilta ollut havaittavissa. Menestyminen kotikentällä takaa osaltaan mahdollisuuksia maailmalla. Toimittiinpa sitten kotimaassa tai ulkomailla, kaivospuolen jalostusarvo on erittäin korkea, jos verrataan useimpia muita vuoriteollisuuden prosessin eri vaiheita keskenään. Jalostusprosessin alkupään on oltava kunnossa parhaan kokonaistuloksen varmistamiseksi.

Metallurgia

Liikkisulatus on aivan ilmeisesti merkittävin osaamisen myynnillä rahaa tuottanut ja edelleen tuottava kotimainen innovaatio, josta ensimmäiset lisenssit myytiin jo 1950-luvun alussa. Jatkuva kehitys ja omat laitokset ovat taanneet sen, että menetelmän markkina-arvoa pidetään edelleen hyvänä, vaikka kilpailijoita on ilmaantunut. Toimivat omat laitokset ja toimitetut hyvät referenssilaitokset antavat positiivisen kilpailutekijän tulokkaisiin verrattuna. Osaamisen myynnissä pyritään mahdollisuuksien mukaan kokonaisuun laitoistoihin, joissa osaamisen osuus vasta pääsee oikeuksiinsa.

Muista korkeantason prosesseista ja osaamisesta on syytä mainita Tornion ferrokromiprosessi, joka on energiankäytön osalta hyvin kilpailukykyinen. Rautaruukin masuunin ohjaus- ja valvontatekniikka on hyvä esimerkki toimivan laitoksen kehityksen tuloksena saadusta markkinakelpoisesta tuotteesta, jolla tosin on rajalliset markkinat ja kokonaisvolyymi pienehkö.

Muokkaustekniikan puolella on hyvin vähän sellaista osaamista, jolla olisi merkittävää markkina-arvoa. Joko sitä ei haluta myydä tai sitten kehitys ja osaaminen keskittetään oman olemassaolevan laitoksen toimivuuden ja kannattavuuden nostoon. Muokkauspuolen laitteet ovat lähes poikkeuksetta ostotavaraa ulkomailta.

Ympäristönsuojelu

Monipuolinen kaivos- ja metallurginen teollisuus on tuonut ympäristönsuojeluun liittyvät kysymykset meille hyvin tutuiksi ja olemme kehittäneet niihin toimivat tuotantotason ratkaisut. Korkeiden lämpötilojen ja rikkipitoisten kaasujen käsittely on aluetta, joka meillä osataan. Tähän osaamiseen perustuu esim. Ekokemin polttolaitos. Kuten yleensä vuoriteollisuuden osaamisen markkinoinnissa, toimivat tuotantomittakaavaiset laitokset ovat ensiarvoisen tärkeitä ympäristönsuojelullisissa investoinneissa. Uudet menetelmät on otettava käyttöön ja testattava ensin mieluummin omassa tuotannossa ennenkuin niitä voidaan markkinoida täydellä teholla ja tuloksella. Yleinen käsitys on, että ympäristönsuojeluun liittyvät vientiprojektit tulevat lisääntymään koko vuoriteollisuuden alalla.

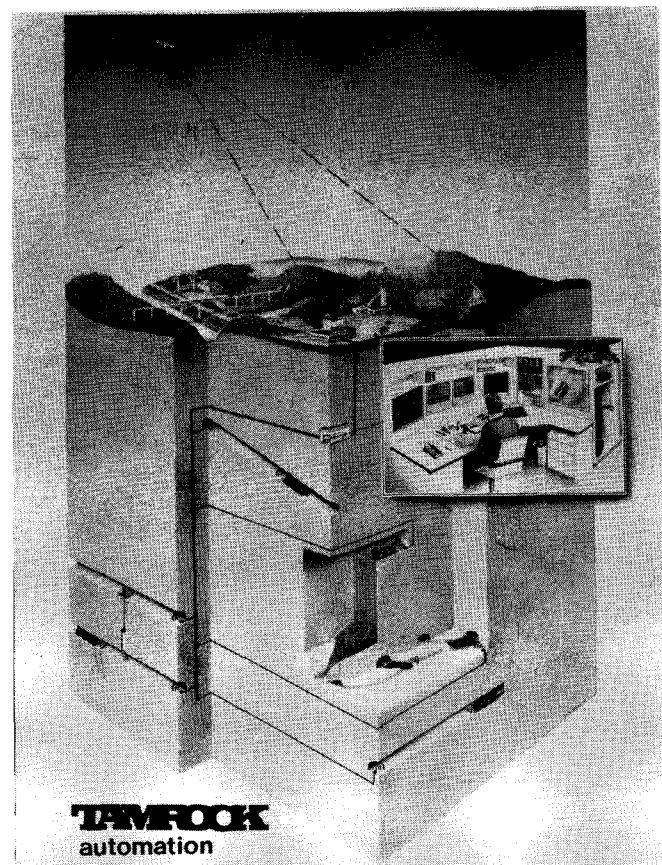
Kone- ja laitevalmistus

Kotimaisen kone- ja laitevalmistuksen merkitys on suuri varsinkin

louhinta- ja rikastustekniikassa. Tällä hetkellä pääosa kaivosten malmiä irroitukseen ja rikastukseen liittyvistä koneista on kotimaista valmistettua. Koneet kehitettiin pakkotilanteessa alkuunsa pitkälti ulkomaisten esikuvien pohjalta, mutta pian tehokkaan tuotteen kehityksen ja omilta kaivoksilta saatujen käyttäjien kokemusten ja neuvojen perusteella syntyi monia omaperäisiä sovellutuksia. Tällä hetkellä esim. Tamrockin markkinaosuus on maailmanlaajuisesti merkittävä. Yhtiön n. 2 Mrdmk:n liikevaihdosta kolmasosa valmistetaan Suomessa. Kotimaan laitemarkkinat ovat kaivos-kaliorakennuspuolella vähäiset, mutta niillä on edelleen suuri arvo nopeassa käytännön testauksessa ja referensseinä. Outokummun vaahdotuskennot ja yleensä rikastusautomaatio sekä Laroxin vedenerotus- ja luokittelulaitteet ja Lokomo Oy:n murskaimet ovat arvostettuja. Rikastuslaitteille on löydetty ja kehitetty runsaasti sovellutusalueita myös itse kaivostoiminnan ulkopuolella.

Automaatio ja kauko-ohjaus on tullut myös kaivostekniikkaan. (Kuva 6). Suomalaisen laitetuottajien yhteistyö monien ulkomaisten kaivosten kanssa on ollut tuloksekasta. Tästä hyvänä esimerkkinä on ollut Tamrockin ja LKAB:n Kiirunan kaivoksen yhteinen lastausautomaatiohanke. Itse automaation ja ohjaustekniikan vienti ei ole ollut tuotteen kehityksen työvaltaisuuden ja pitkäjänteisyyden vuoksi kovin kannattavaa, mutta se on antanut ja antaa edelleen hyvän mahdollisuuden samalla testata oman tiedon tasoa kilpailijoihin verrattuna.

Viimeisin tekniikka, varsinkin automaatio on hyvä markkinointikeino, vaikka se ei aina sopisikaan asiakkaan tarpeisiin — usein laitteiden käytännön sovellutuksissa perinteellisempiä ratkaisuja pidetään riittävänä. Tilanne on toinen kehittyneillä alueilla, kuten pohjoismaissa, joissa työvoiman hinta on korkea ja saatavuus huono alan huonon imagon vuoksi.



Kuva 6. Automaatio merkitsee parempaa suorituskykyä, taloudellisuutta, laatua ja turvallisuutta.

Fig. 6. Automation Means Higher Performance, Economy, Quality and Safety.

Kone- ja laitetekniikan myynnissä ollaan vuoriteollisuuden osaamisen kannalta melko raja-alueella. Laiteteknilliset yksityiskohdat voivat olla hyvin edistyskellisiä, mutta osaamis- ja kehitystyö sisällytetään itse koneen tai laitoksen hintaan. Ainakin louhintakoneet myydään valitettavan usein koneina ilman varsinaista prosessiosaamista; tilanne on jo selvästi parempi rikastuspuolella, jossa osaamisen osuus voi nousta merkittäväksi itse laitteen rinnalla. Osaamisemme taso voidaan hyödyntää vasta sitten, kun toimitus käsittää koko laitoksen tai kokonaisen prosessiketjun. Liikevaihto nousee kone- ja laitemyynnissä korkeaksi, mutta kokonaisvaltaisen prosessiosaamisen liikevaihto on vielä valitettavan pieni.

Konsultointi ja kehitysyhteistyö

Kehitysyhteistyötä voidaan liiketoimintana verrata läheisesti konsultti- ja insinööriyön aikaveloitteeseen työskentelyyn. Pelkkä ihmistyön myynti ei anna kovin suurta liikevaihtoa, eikä anna arvoa osaamiselle, mutta kun tämä työ vuoriteollisuuden alalla kohdistuu kohdemaissa niiden luonnonvarojen kartoitukseen ja inventointiin sekä toivottavasti myös enenevässä määrin itse esiintymien konkreettiseen hyödyntämiseen, nouse myös kokonaisliikevaihto.

Kehitysyhteistyön rahoittajia ei ole saatu vakuuttuneiksi siitä, että vasta tuotantotasoinen työ antaa kohdemaalle todellisen konkreettisen hyödyn raaka-ainehuollon osalta ja mahdollistaa oman perustuotannon. Todelliset tuotannolliset kohteet motivoisivat omien konsulttiemme lisäksi erityisesti kohdemaan henkilökunnan. Positiivisena esimerkkinä tästä meillä on Tansanian fosfaattikaivosprojekti. Jostain syystä kehitysyhteistyössä ei juuri ole päästy em. tuotantolaitostasolle — mahdollisesti kaivosinvestointien pääomavaltaisuus on ollut rajoittava tekijä. Pehmeät arvot kuten koulutus on hyvä asia, mutta vasta tuotanto hyödyntää tuottavasti nämä koulutetut kohdemaan resurssit. Voidaan selittää, että tähän mennessä tehty työ on ollut pohjan valmistelua. Nyt kun meillä on runsaasti kokeneita geologi- ja kaivosinsinööriresursseja, olisi syytä käynnistää seuraava vaihe. On selvää, että kehitysyhteistyöllä on jo nyt volyymin vähäisyydestä huolimatta ollut erittäin suuri merkitys myös meidän omien resurssiemme koulutukselle kansainvälisyteen ja uusiin olosuhteisiin.

OSAAMISEN TASON YLLÄPITO

Yleinen tutkimuskehitys

Osaamisen viennin ehdoton edellytys on oma korkean tason teollisuus ja sitä kautta luottu oma osaaminen.

Tämä johtaa väistämättä siihen, että soveltavan teknillisen tutkimuksen merkitys kasvaa. Varsinkin meillä Suomessa metallin perusteollisuus on ratkaisevassa asemassa, kun tarkastellaan vientiin liittyvää alan tutkimuksen määrää. Myös valtiolta on otanut voimakkaasti kantaa perusteollisuuden puolesta. ”Teknologiaohjelma-toiminnan linjat 1990-luvulle” ns. Pessin komitea, toteaa selkeästi perusteollisuuden elinkelpoisuuden varmistamisen tärkeyden. Elinkelpoisuus taataan lyhyellä tähtämällä panostamalla tuote- ja tuotantotekniikoihin ja toisaalta pitkällä aikajänteellä elinkelpoisuus ja uusiutumiskyky kiinnittämällä huomio geneerisiin perustekniikoihin, joita ovat mm. tietotekniikka, mikroelektronikka, biotekniikka ja materiaalitekniikka. Tutkimustoiminnassa korostuu pyrkimys ongelmaratkaisuun, joka osaltaan sopii teollisuuden omien tarpeiden lisäksi erittäin hyvin myös osaamisen vientiin ja asiakkaan tarpeiden tyydyttämiseen.

Vaikka metalli- ja yleensä perusteollisuus on ollut hyvin aktiivinen tutkimus- ja kehitystoiminnassa, on toiveita, että tämä vielä tehostuu, jos Suomen tutkimus- ja kehitystoimintaan sijoitettava rahamäärä nousee suunnitelmien mukaan nykyiseltä n. 2 % tasolta 2.7 %:iin bruttokansantuotteesta vuoteen 1997 mennessä. Nykyinen taloudellinen tilanne saattaa sotkea tätä kehitystä.

Yleisosaaminen

Nämä yleiset tutkimukselle positiiviset valtiovoimien taholta tulleet kannanotot ovat tärkeitä, vaikka samat asiat on todettu vuoriteollisuuden itsensä toimesta jo paljon aikaisemmin. Kansainvälistymisen ja omien raaka-ainevarojen pienuus ovat tosiasioita, joita ei voi ohittaa. Meillä on kotimaisen vuoriteollisuuden omalle perustalle luotu osaaminen ja konetekniikka, joka soveltuu meillä koeltuihin malleihin mutta harvoin ilman kehitystyötä muihin meille vieraisiin olosuhteisiin. Muualta saatuja ideoita on toisaalta voitu soveltaa myös omien kotimaisten laitosten käyttöön. Vuorovaikutuksen merkitys kasvaa tulevaisuudessa kunhan vain osaamme aktiivisesti hyödyntää sitä.

Prosessimyynnille on tullut viime aikoina aivan uusia ongelmia, sillä vaikka asiakkaat haluaisivat uusimpia menetelmiä, laitteita ja prosessikokonaisuuksia, tämän päivän projektit on myytävä heidän lisäksi rahoittajille, joille varmuus on usein tärkeämpää kuin hieno testaamaton tekniikka.

Meillä Suomessa on suuri etu yleisosaamisessa so. hallitsemme koko prosessin kaivosgeologiasta jatkojalostukseen. Tällä kokonaisvaltaisella osaamisella saattaa olla hyvinkin tärkeä merkitys tulevaisuudessa, sillä yleinen kehitys on hävittänyt monissa teollisuusmaissa vuoriteollisuusalan teknillisen yleisosaamisen. Tilalle ovat tulleet monet erikoisasiantuntijat, jotka tietävät todella paljon todella suppeasta osasta prosessia. Meillä ei ole taloudellisia resursseja kilpailla ulkomaisten suurien tutkimuslaitosten ja yliopistojen kanssa, mutta jonkun on hallittava myös kokonaisuus.

Vuoriteollisuuden osaaminen ja alan kehittäminen on perustunut Suomessa jo 1930-luvulla alkaneeseen laaja-alaiseen teknilliseen koulutukseen unohtamatta myöskään toimivien prosessien ja laitosten erikoisosaamista. Laaja-alaisuus supistui myös meillä em. kansainvälisen erikoistumisen mukana 1970-80-luvuilla, mutta nyt ollaan ilmeisesti taas nopeasti palaamassa alkuperäisille linjoille ei vain kaivospuolella vaan myös metallurgiassa huomioiden tietysti nykitekniikan ja alan kansainvälistymisen vaatimukset.

Tässä poikkeamme edellämainitusta yleisestä kansainvälisestä linjasta. Uskon, että tämä kehitys on välttämätöntä alan ja kilpailukyvyyn kannalta. Asiantuntijoita tarvitaan tietysti enenevässä määrin, mutta myös heillä on oltava pohjalla hyvä teknillinen kokonaisnäkemys ja teoreettinen osaaminen eikä talonpoikaisjärjen käyttö ole kiellettyä.

Koulutus

Alan kehitykselle pitkällä tähtäimellä on ehdoton edellytys hyvät henkilöresurssit. Ajoittain Teknillisellä korkeakoululla (TKK) on ollut ongelmia tuottaa riittävästi metallurgeja, ja siksi koulutus on käynnistynyt myös Oulun yliopistossa.

Teollisuus on yhteistyössä korkeakoulujen kanssa tehnyt tehosta PR-työtä alan imagon parantamiseksi erityisesti lukioalaisten ja koululaisten keskuudessa, jotta riittävä ja korkeatasoinen jälkikasvu taattaisiin alalle. Tilanne on parantunut viime vuosina — voidaan vain toivoa, ettei nykyinen lama taas vie työn tuloksia pois. Yleinen mielipide reagoi välittömästi, jos alalla ilmenee ongelmia.

Kansainvälisyttä ja vientiä ajatellen meiltä puuttuvat historialliset perinteet ulkomailta asumisesta ja liikkumisesta. Meitä ei voi verrata esim. keski-Euroopan valtioihin, joissa vuoriteollisuuden alalla pidetään lähes itsestään selvänä ulkomaille siirtymistä korkeakoulututkimuksen jälkeen. Tämä kehitys vie aikansa — meidän täytyy kasvaa siihen. Vielä 1980-luvun alussa, kun uusille opiskelijoille tiedotettiin alan nopeasta kansainvälistymisestä, halusi huomattava osa aloittaneista opiskelijoista vaihtaa osastoa välittömästi. Tilanne on nyt selvästi muuttunut, mutta vieläkin on joillakin vaikeuksia hyväksyä tätä tosiasiaa. Muutamia vuosia vallinnut opiskelija- ja diplomi-insinööriputa on nyt nopeasti poistumassa koko vuoriteollisuuden alalta.

Teollisuus on viime vuosina osallistunut todella aktiivisella tavalla myös alan korkeakoulutason tutkimustoiminnan tukemiseen. Tällä toiminnalla on ollut ja on tulevaisuudessa uskomattoman suuri imagomerkitys opiskelijoille ja tutkijoille — se motivoi heitä entistä parempiin tavoitteisiin.

TULEVAISUUS

Kotimaisten raaka-ainelähteiden ehtyminen erityisesti metallikavosten osalta aiheuttaa erittäin vaarallisen tilanteen prosessien kehitystyön, menetelmien ja laitteiden testauspaikkojen vähetessä. Oman kehitystyön jatkaminen ilman todellista omaa tuotantokohdetta ei tule olemaan riittävän motivoivaa. Tosiasia on, että tuotantolaitokset omia menetelmiään kehittämällä ovat samalla maksaneet ja kehittäneet sen osaamisen mikä meillä nyt on. Tätä ei pidä tuotekehittäjien ja markkinamiesten unohtaa, vaikka se niin helppoa olisikin.

Suomen malminetsintä ei ole kyennyt täyttämään sille asetettuja toiveita — tavoitteita, mutta toiminnan erityisluonteen vuoksi siltä ei saisi viedä kokonaan mattoa jalkojen alta. Supistuslinja on ollut raju viime vuosina. Kotimaiset rajamalmatkin olisivat nyt enemmän kuin tarpeellisia kehitystyön jatkamiseksi. Meillä on pitkät perinteet rajamalmien tekemisessä tuottaviksi malmeiksi ennakkoluulottomilla ideoilla ja kehitystyöllä. Olemme taas samassa pakotilanteessa, jossa olimme sotien jälkeen, nyt vain ei ole Keretin malmin kaltaista maksajaa. Osaammeko me nyt hyödyntää riittävästi toisten osaamista vai junnaammeko sisäänlämpiävästi paikallaan? Käsittääkseni kaikki rehelliset keinot on jo käytetty ilman merkittäviä malmilöytöjä — vai onko vielä mahdollista — onko kaikki keinot varmasti käytetty?

Kansainväliset tehtävät eivät ainakaan haittaa uusien ideoiden kehittelyä. Kansainvälistyvässä kaivosteollisuudessa voidaan tietysti käyttää ja käytetään omia ulkomaisia kaivoksia kehitystyöhön, mutta se ei ole vastaavalla tavalla kotimaista. Kotimaisten referenssien puute vie osittain pohjaa pois uskottavuudelta ainakin kaivospuolella. Korkeatasoisen geologikunnan ammattitaidon hyödyntämiseksi ja ylläpitämiseksi tulisi meidän todella aktiivisesti pyrkiä kehittämään alan kehitysyhteistyötä joko yksinään tai sitten

SUMMARY

THE EXPORT OF FINNISH MINING EXPERTISE — IS ITS CONTINUED SUCCESS ASSURED?

From ore prospecting and excavation to mineral processing and refining, the Finnish mining industry's technical knowhow represents the very highest international standards. Efficiency and advanced technology at home have nurtured the development of a thriving export industry, exemplified at its best by the metal industry and, in particular, mining machinery and equipment manufacturers, whose role is so decisive. It is difficult to measure accurately the role played by expertise in overall exports; after all, the industry's collective knowhow and practical solutions are the result of many years of experience in operating mines and processing plants. But one thing is certain — the latest technology, fully tested in real plant conditions, is generally the minimum requirement stipulated by customers and financiers before they are ready to commit themselves to a decision in the exporter's favour. Finnminers Group companies generated exports in 1990 totalling about FIM 5,000 million in 1990; mining machinery represented some FIM 1,300 million of this figure.

The Finnish mining industry has every opportunity of continuing and increasing its exports as long as its technical development can outpace that of its competitors. This can only be guaranteed by a solid commitment to leading-edge research and development coupled with an uncompromisingly high level of technical teaching. Research activity in the mining industry is markedly higher than in industry in general in Finland.

This level of R & D is in complete harmony with the "Guidelines for Technology Development in the 1990s" (the so-called Pessi

Committee). Prepared by the Ministry of Trade and Industry, these guidelines clearly emphasize the importance of the viability of basic industry and the top-flight research that supports it. In Finland, we are faced with the problem of depleting orebodies in many metal mines this decade. We therefore have to make every effort to secure our domestic raw material resources, as this is the only way we can hope to maintain our advanced technical expertise in mining and raw materials procurement.

Flash smelting continues to occupy its position as an example of Finland's outstanding knowhow in metallurgy, especially since the competitiveness of the method has been even further improved. The method offers undisputed benefits in energy savings and environmental protection. Expertise in environmental protection is rapidly emerging alongside Finland's more traditional areas of knowhow — flash smelting and mining machinery — and in this area we have already gained wide experience and references. Development cooperation undertaken by the Finnish mining industry abroad has so far concentrated on ore prospecting and training. However, resources should be increasingly directed towards industrial projects which have a tangible effect on the development of basic industry in the target country. The best financial return we can obtain from exporting our knowhow will involve deliveries of complete plants and production processes; it is these that offer us the greatest scope for utilizing our general expertise and practical experience.

YHTEENVETO

Kun kerran uskomme ja luotamme omaan nopeasti kansainvälistyvään alan teollisuuteen, on meillä myös kaikki edellytykset osaamisen viennin lisäämiselle osana vuoriteollisuutemme normaalia kehitys- ja tuotantotoimintaa.

Osmista ongelmista ja kovasta kansainvälisestä kilpailusta johtuu, että vuoriteollisuusalan teknillinen osaaminen ja tekniikka on meillä kansainvälisesti korkeatasoista. Ei ole mitään syytä epäillä ettemmekö kykene tasavertaiseen kilpailuun mutta on turha kuvitella, että tämä toteutuisi ilman kovaa työtä ja innovatiivista, innostunutta henkilökuntaa. Henkilöresursseja meillä on — niitä on nyt vain osattava käyttää. Toimivat modernit laitokset kotimaassa ja ulkomailla ovat ne referenssit, joita tarvitsemme osaamisen myyntiin. Meidän on kyettävä samaan yhteistyöhön ja tehokkuuteen kansainvälisillä markkinoilla, mihin olemme kyenneet kotimaassa.

Osaamisen vienti ja myynti ei yleensä kilpaile oman tuotannon kanssa vaan antaa laitosten henkilökunnalle tarvittavan aktivoivan haasteen kehitystyölle ja varmistaa samalla oman osaamisen tason sekä helpottaa meille vielä niin vaikeaa kansainvälistymistä.

Meillä on nyt luotuna erinomainen pohja osaamisen viennille.

Heikki Miekk-ojan muistoluento: Ruostumattoman teräksen valmistus Suomessa

Johtaja, tekniikan lisensiaatti Olavi Siltari, Outokumpu Oy

Heikki Miekk-oja toimi Teknillisen korkeakoulun metalliopin professorina vv. 1958–1972. Vuorimiesyhdistyksen hallituksen päätöksen mukaisesti pidetään hänen muistonsa ja elämäntyönsä kunnioittamiseksi hänen nimeänsä kantavia muistoluentoja tietyn väliajoin Vuorimiespäivien yhteydessä.

JOHDANTO

Tämän esityksen aihe ”Ruostumattoman teräksen valmistus Suomessa” on muotoilultaan niin avara, että se mahdollistaa aihepiirin käsittelyn erittäin monella tavalla. Tarkoitukseni ei ole, suuresta kiusauksesta huolimatta, ryhtyä käsittelemään ruostumattomien terästen ja niiden valmistusmenetelmien sinänsä kiehtovaa metallurgista ja metalliopillista maailmaa. Sen sijaan käsitelen aluksi varsin lyhyesti ruostumattomia teräksiä yleensä, lähinnä sellaisen taustan luomiseksi, jonka avulla tilannetta Suomessa voidaan tarkastella. Toiseksi käsitelen ruostumatonta terästä Suomessa, ennen kaikkea sen lyhyttä historiaa ja tämänhetkistä tilannetta. Lopuksi tarkastelen niitä näkökohtia, joita on pidettävä mielessä valmistauduttaessa vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin tällä alalla.

RUOSTUMATON TERÄS

Amerikkalainen metallurgi Carl A. Zapffe aloittaa vuonna 1949 ilmestyneen yli 300-sivuisen kirjansa ”Stainless Steels” alkulauseen seuraavasti: ”Mitä on ruostumaton teräs? Milloin ruostumaton teräs keksittiin? Mitä silloin keksittiin? Ruostumaton teräs ei ole mikään yksi ainoa metalliseos — se on nimitys, joka on periytynyt suurelleen joukolle metalliseoksia, jotka muodostavat erään erikoisterästen erikoisryhmän. On lähes mahdotonta esittää lyhyttä määritelmää ruostumattomalle teräkselle; tämän kirjan seitsemän kappaletta määrittelevät ruostumattoman teräksen”.

Zapffen kuvaama tilanne pätee tänäkin päivänä, yli 40 vuotta myöhemmin, kuitenkin sillä lisäyksellä, että tällä hetkellä on käytössä erilaisia ruostumattomia teräksiä vieläkin enemmän kuin silloin.

Ruostumattomat teräkset on alusta alkaen, niiden aivan 1900-luvun alussa tapahtuneen kehittämisvaiheen jälkeen totuttu jakamaan mikrorakenteen mukaan kolmeen pääryhmään, nimittäin austeniittisiin, ferriittisiin ja martensiittisiin laatuihin (kuva 1). Vaikka käytössä on myös näiden pääryhmien välisiä sekarakenteisia laatuja, esim. ferriittis-austeniittiset teräkset, niin tämä pääjako on hyvä ja käytännössäkin erittäin käyttökelpoinen. Kun tässä esityksessä puhutaan ”ruostumattomasta teräksestä” tai ”ruostumattomista teräksistä”, tarkoitetaan silloin kaikkia näitä terästyyppejä. Niihin luetaan myös ns. haponkestävä teräs, joka on molybdeenillä seostettu austeniittinen ruostumaton teräs ja joka nimensä mukaan on erikoisen kestävä eräitä happeja vastaan.

Ruostumattomien terästen historia on varsin lyhyt. Samalla tavalla kuin ”ruostumattoman teräksen” määritelmä on lähes mahdoton esittää yksinkertaisessa muodossa, niin on mahdotonta nimetä jokin yksittäinen tapahtuma ruostumattoman teräksen keksimistä-pahtumaksi tai joku määrätty henkilö ruostumattoman teräksen keksijäksi. Ruostumattomien terästen lopullinen läpimurto omana

Ruostumattomien terästen fysikaalinen metallurgia oli eräs Heikki Miekk-ojan tärkeimpiä tutkimuskohteita. Jo hyvin aikaisessa vaiheessa hän uskoi ruostumattoman teräksen valmistusmahdollisuuksiin Suomessa ja kiinnitti huomiota tämän uuden metallituotantoaaran aloittamiseksi maassamme.

erikoisteräsryhmään ajoittui vuosin noin 1900-1915, jolloin käytännöllisesti katsoen samanaikaisesti tehtiin intensiivistä tutkimus- ja kehitystyötä tällä alueella Ranskassa, Saksassa, Englannissa ja USA:ssa. Jo silloin pystyi ranskalainen Leon Guillet osoittamaan, että ruostumattomat teräkset voidaan mikrorakenteen perusteella ryhmitellä austeniittisiin, ferriittisiin ja martensiittisiin laatuihin. Samaan aikaan saksalainen Phillip Monnartz selvitti perusteellisesti ruostumattomien terästen ruostumattomuuden riippuvuuden ns. passivaatioilmioista ja siihen vaikuttavat tekijät. Monet pitävätkin näitä kahta, Guillet`tä ja Monnartzia, ruostumattoman teräksen keksijöinä, vaikka kunnia todellisuudessa kuuluukin varsin suurelleen joukolle kehittämistyössä mukana olleille henkilöille. Edelleen samana ajanjaksona 1900-1915, kehitettiin edellä mainitun monivaiheisen tutkimustyön pohjalta näille uusille teräksille ensimmäiset käyttösovellutukset. Jo niinkin aikaisin kuin Malmön maailmannäyttelyssä vuonna 1914 oli näytteillä tuotteita, jotka oli valmistettu ruostumattomasta teräksestä, muun muassa ns. 18/8-teräksestä, joka tälläkin hetkellä on yleisin käytössä oleva yksittäinen ruostumaton teräslaatu.

Ruostumattomat teräkset vakiinnuttivat nopeasti asemansa muiden erikoisterästen joukossa. Niiden ominaisuudet ja käyttäytymisen käyttöolosuhteissa opittiin hallitsemaan nopeasti, mutta teknologian taso niitä valmistettaessa ei mahdollistanut niiden laajamittaista käyttöä ennen kuin vasta toisen maailmansodan jälkeen (kuva 2), jolloin ruostumattoman teräksen käyttö on lisääntynyt todella nopeasti. Ehkä tärkein piirre toisen maailmansodan jälkeen on ollut se, että ruostumattomille teräksille on kehitetty nimenomaan niille sopivat valmistusmenetelmät kaikissa valmistusprosessin osavaiheissa, raakateräksen valmistuksessa, valussa, kuumavalsauksessa, kylmävalssauksessa, lämpökäsittelyissä ja peittäyksessä. Tämä on johtanut siihen, että ruostumaton teräs tehdään valtaosassa tapauksia tällä hetkellä omilla erillisissä tuotantoyksiköissään, eikä niin kuin aikaisemmin osana muun teräksen tuotantoa.

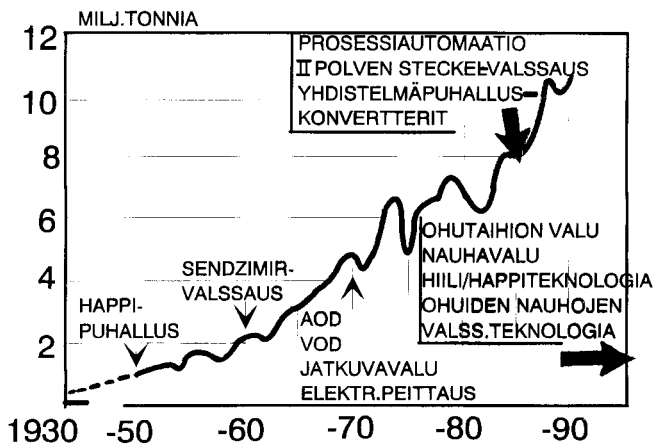
Yleiskuvan saamiseksi ruostumattomien terästen tuotannosta ja kulutuksesta maailmassa tällä hetkellä on kuviin 3 ja 4 koottu eräitä tilastotietoja. Nähdään, että ruostumattomien terästen osuus terästen kokonaistuotannosta on vain noin 1,5 %, ja että Länsi-Eurooppa, Japani ja USA hallitsevat tällä hetkellä sekä tuotantoa että kulutusta. Edelleen nähdään, että austeniittiset laadut ja ns. litteävalssatut muodot hallitsevat tuotevalikoimaa. Lisäksi on nähtävissä, että ruostumattomien terästen kulutus on ollut ja on edelleen voimakkaassa kasvussa, ja että kulutus asukasta kohti vaihtelee yllättävän voimakkaasti eri maissa.

RUOSTUMATON TERÄS SUOMESSA

Puhuttaessa ruostumattomasta teräksestä Suomessa on mielenkiintoista todeta, että sen valmistuskokeilut aloitettiin varsin aikaisin.

	AUSTENIITTISET	FERRIITISET	MARTENSIITTISET
KOOSTUMUS p-% Cr Ni Mo Mn Ti C MUUT	16 - 27 6 - 34 0 - 6 1 - 15.5 0 - 0.75 < 0.05 Cu,Al,Nb,Si,N,S	10.5 - 29 0.0 - 4.5 0.0 - 4 0.5 - 2 0.0 - 0.75 < 0.05 Nb, Al	11 - 18 0.0 - 2.5 - 0.5 - 2.5 - 0.1 - 0.5 (-1.0) -
MIKKORAKENNE (KÄYTTÖTILASSA)	METASTABIILI AUSTENIITTI (PKK)	FERRIITTI (TKK)	MARTENSIITTI (PÄÄSTETTY)
TÄRKEIMMÄT OMINAISUUDET (** = HYVÄ/EDULLINEN; ** = TYDYTTÄVÄ; *VÄLTTÄVÄ)			
- KORROOSIONKESTÄVYYS □ YLEINEN KORROOSIO □ PISTEKORROOSIO □ JÄNNITYSKORROOSIO - LUJUUS - SITKEYS - HITSATTAVUUS - MUOVATTAVUUS - HINTA	*** *** * ** *** *** *** **	** ** *** ** ** ** ** ***	** * *** ** * - **
TÄRKEIMMÄT KÄYTTÖALUEET	"YLEISTERÄS" PROSESSITEOLL. ELINTARVIKETEOLL. RAKENNUSTEOLL. KOTITALOUS "OFF-SHORE"	"VERHOILUTERÄS" RAKENNUSTEOLL. AUTOTEOLL. (ESIM. PAKOPUTKET) LIIKENNEVÄLIN. VESISÄILIÖT	"TYÖSTÖTERÄS" KONEENRAK.TEOLL. TYÖKALUT VEITSET

Kuva 1. Ruostumattomien terästen jako mikrorakenteen perusteella.
Fig 1. Classification of stainless steels according to microstructure.



Kuva 2. Ruostumattoman teräksen aihiotuotanto länsimaissa ja valmistusteknologian kehitys.
Fig. 2. Western world stainless steel ingot production and development of production technology.

Vanhin maininta haponkestävän teräksen, tässä tapauksessa teräsvalukappaleiden valmistuksesta löytyy Oy Lokomo Ab:n johtokunnan kertomuksesta tilivuodelta 1926: "Vuoden viimeaikoina on valimossa hyvällä menestyksellä kokeiltu valmistaa ruostumatonta terästä, joka enemmän tunnetuksi tultuaan tulee varmasti saamaan suuren levikin, sillä tällä metallilla on paitsi ruostumattomuus myös monta muuta hyvää ominaisuutta, kuten erikoisen kestävä happojen vaikutukselle ja suuressa kuumuudessa se kestää kuonaantumatta".

Ruostumaton teräs tulikin sitten vähitellen useimpien suomalaisten teräsvalimoiden ohjelmaan. Tällä hetkellä valmistavat teräsvalukappaleita ruostumattomasta teräksestä ainakin seuraavat tuottajat: Repola-konsernin Lokomo Oy, A. Ahlström Osakeyhtiö ja Kone Oy. Teräsvalimot ovat kiittävästi seuranneet alansa tekno-

logian kehitystä. Lokomo käyttää teräksen valmistuksessa VOD-mellotusmenetelmän (Vacuun-Oxygen-Decarburization) erästä muunnelmaa ja Ahlström AOD-mellotusmenetelmää (Argon-Oxygen-Decarburization). Teräsvalimoiden yhteinen ruostumattoman teräsvalun tuotanto tällä hetkellä on noin 6000-7000 tonnia vuodessa.

Myöskin muokattua ruostumatonta terästä on Suomessa valmistettu ennen Outokumpu Oy:n Tornion jaloterästuotantoa. Vuokseniska Oy valmisti Imatran terästehtaalla 1950- ja 1960-luvuilla austeniittisesta ruostumattomasta teräksestä tankoja ja lankaa kaikkiaan noin 1 500 tonnia. Teräs toimitettiin kotimaan markkinoille. Tuotanto lopetettiin kannattamattomana vuodenvaihteessa 1968-1969.

Suomesta ruostumattoman teräksen valmistusmaana voidaan varsinaisesti puhua kuitenkin vasta Outokumpu Oy:n jaloterästedashankkeen myötä. Keskitynkkin seuraavassa käsittelemään tämän esityksen aihetta pelkästään Outokummun ruostumattoman teräksen valmistuksen näkökulmasta.

Puhuttaessa Outokummun ruostumattoman teräksen, POLARIT-teräksen valmistamisesta on kuvaan ilman muuta otettava mukaan myös Kemin kromimalmiesiintymä ja sen varassa toteutettu ferrokromin tuotanto. Mielestäni voidaan pitää täysin selvänä sitä, että ilman Kemin kromia ei olisi olemassa Tornion jaloterästedashakaan. Myöskin sillä seikalla, että Outokumpu oli aloittanut nikkelin valmistuksen Kotalahden nikkelimalmiesiintymän varassa Harjavallassa vuonna 1960, oli suuri merkitys jaloterästedashankkeen toteutumisen kannalta.

Tähän esitykseen varatun ajan puitteissa ei ole mitenkään mahdollista paneutua niihin sinänsä erittäin mielenkiintoisiin vuosien 1970-1973 tapahtumiin, jotka kulminoituivat keväällä 1973 tehtyyn päätökseen, jonka mukaan Outokumpu Oy rakentaa Tornioon ruostumattomia teräksiä valmistavan jaloterästehtaan. Olenaista myöhempien kehittämismahdollisuuksien ja koko hankkeen yleisen menestymisen kannalta oli se, että jaloterästedas päätettiin rakentaa Tornioon, lähelle Kemin kromikaivosta ja jo toiminnassa olevan ferrokromitehtaan kanssa samalle alueelle. Tämä päätös on

RAAKATERÄKSEN KOKONAISTUOTANTO V. 1990 MAAILMASSA n. 770 MILJ. TONNIA	
RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN AIHIOTUOTANTO LÄNSIMAISISSA n. 10.5 MILJ. TONNIA	
JAKAUTUEN MAIDEN KESKEN SEURAAVASTI	
LÄNSI-EUROOPPA	n. 40%
JAPANI	n. 30%
USA	n. 20%
MUUT MAAT	n. 10%
JA ERI LAATUJEN KESKEN	
AUSTENIITTISET	n. 75%
(V. 1960	n. 65%)
FERRIITTISET	n. 25%
KYLMAVALSSATTUJEN TERÄSTEN JAKAUMA ERI LAATUJEN KESKEN	
AUSTENIITTISET	n. 70%
FERRIITTISET	n. 30%
RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN KULUTUKSEN KASVU LÄNSIMAISISSA	
1975-1990	n. 6,1 % VUODESSA
v. 1975	3,275 MILJ. TONNIA
v. 1980	4,750 MILJ. TONNIA
v. 1985	5,970 MILJ. TONNIA
v. 1990	n. 8,000 MILJ. TONNIA
KULUTUSJAKAUMA ERI MAIDEN KESKEN	
LÄNSI-EUROOPPA	n. 35 %
JAPANI	n. 25 %
USA	n. 20 %
MUUT MAAT	n. 20 %
KUUMAVALSSATUT LEVYT JA NAUHAT	
	n. 12 %
KYLMAVALSSATUT LEVYT JA NAUHAT	
	n. 60 %
TANGOT, LANGAT JA SAUMATT. PUTKET	
	n. 28 %

Kuva 3. Ruostumattoman teräksen tuotanto- ja kulutuslukuja vuonna 1990.

Fig. 3. Production and consumption figures of stainless steel in 1990.

	KOKONAISKULUTUS KG/ASUKAS	KYLMAVALSSATUT KG/ASUKAS
JAPANI	15,7	10,2
RUOTSI	15,2	6,2
SUOMI	14,6	9,8
SVEITSI	13,6	7,7
LÄNSI-SAKSA	13,3	8,0
TAIWAN	12,6	12,3
ETELÄ-KOREA	11,1	7,2
ITALIA	9,8	5,1
USA	6,3	3,4
RANSKA	6,0	3,9
U.K.	4,6	2,8
NORJA	4,3	3,2
ESPANJA	3,4	2,7
KREIKKA	2,4	1,3
KOK.MAAILMA	NOIN 1,0	

Kuva 4. Ruostumattoman teräksen (litteävalssatut tuotteet) kulutus asukasta kohti eräissä maissa vuonna 1989.

Fig. 4. Consumption per capita of stainless steels (rolled flat products) in some countries in 1989.

mahdollistanut aivan ainutlaatuisen, täysin integroidun jalostusketjun rakentamisen käytännöllisesti katsoen samalle paikalle yhden ja saman yhtiön hallitsemana. Kuvassa 5 on lueteltu vuodesta 1959 alkaen tärkeimmät Kemin kaivoksen ja Tornion tehtaiden rakentamisen tapahtumat. Kemin kromimalmin löytymisestä vuonna 1959 alkanut ja Tornion jaloterästehtaan käynnistymiseen vuonna 1976 jatkunut tapahtumasarja lienee yksi nopeimmista malmiesiintymän näin pitkälle ulottuneista hyödyntämistapauksista maailmassa.

Tuohon mainittuun jaloterästehtaan rakentamispäätöksen ajankohtaan, 1970-luvun alkuun liittyy eräs toinenkin mielenkiintoinen piirre sen lisäksi, että aika Suomessa yleensä oli kypsä tällaisen päätöksen tekemiseen. Tilanne oli nimittäin otollinen myöskin teknologian kehityksen kannalta. Ruostumattomien terästen valmistusteknologian alueella tapahtui 1960-luvun lopussa ja aivan 1970-luvun alussa hyvin nopeasti erittäin ratkaisevia edistysaskeleita (kuva 2). Uudet melloitusmenetelmät (AOD ja VOD) syrjäyttivät hyvin nopeasti aikaisemmin vallalla olleen melloitustavan, nimittäin happipuhalluksen valokaariuuniin. Samoin jatkuvavalu oli jo osoittautunut luotettavaksi valumenetelmäksi. Myöskin kylmävalssaamon laitteistossa oli tapahtunut voimakasta kehitystä. Sendzimir-kylmävalssain oli vakiinnuttanut paikkansa ruostumattomien terästen valssaimena ja Ruthner-peittäus niiden peittäysmenetelmänä. Tornion jaloterästehtaan valmistusmenetelmiä ja laitteita valittaessa voitiinkin sopivasti päätyä uusiin, mutta silti luotettaviin ratkaisuihin. Voidaan jopa väittää, että jos päätökset olisi jouduttu tekemään muutamia vuosia aikaisemmin, olisi todennäköisesti päädytty väärin ratkaisuihin. 1970-luvun alussa tehdyt prosessi- ja laitevalinnat ovat tälläkin hetkellä vallalla olevaa teknologiaa ja näyttävät pysyvän sellaisina vielä jatkossakin.

Paitsi että ajanjakso Kemin kromimalmin löytymisestä jaloterästuotannon alkamiseen oli ennätyksellisen lyhyt, niin myös itse jaloterästuotannon käynnistäminen, tuotannon kasvattaminen ja tuotteiden markkinoinnin aloittaminen sujuivat nopeasti ja onnistuneesti. Tähän ovat käsitykseni mukaan olleet vaikuttamassa hyvin

1959 KEMIN KROMIITTIESIINTYMÄ LÖYDETTIIN
1967 KEMIN KAIVOS ALOITTI TUOTANNON
1968 TORNION FERROKROMITEHDAS ALOITTI TUOTANNON
1973 TORNION JALOTERÄSTEHTAAN RAKENTAMISPÄÄTÖS
1976 TORNION JALOTERÄSTEHDAS ALOITTI TUOTANNON
1980 KEMIN KAIVOKSEN RIKASTAMO UUSITTIIN
1983 KYLMÄVALSSAAMON 2. HEHK.-JA PEITT.LINJA KÄYNNISTYI
1984 KEMIN KAIVOKSEN PALARIKASTAMO KÄYNNISTYI
1985 FERROKROMITEHTAAN TOINEN TUOTANTOLINJA KÄYNNISTYI
1988 KUUMAVALSSAAMO ALOITTI TUOTANNON
1989 FERROKROMITEHTAAN UUSI SINTRAAMO KÄYNNISTYI
1989 TERÄSSULATON MODERNISOINTI
1990 KYLMÄVALSSAAMON 2. SENDZIMIR-VALSSAIN KÄYNNISTYI
1991 KYLMÄVALSSAAMON 3. HEHK. - JA PEITT.LINJA KÄYNNISTETÄÄN

Kuva 5. Outokumpu-konsernin Kemin kaivoksen ja Tornion tehtaiden virstanpylväät vuosina 1959-1991.

Fig. 5. History of Kemi Mine and Tornio Works of the Outokumpu Group in 1959-1991.

monet samanaikaiset syyt. Joitakin tärkeimpiä näistä syistä kannattaa mainita erikseen:

- Ruostumattomien terästen kulutus Suomessa oli jo 1970-luvun alkuun tultaessa kehittynyt sellaiselle tasolle, että se tarjosi hyvän pohjan myynnin aloittamiselle (kuva 6).
- Outokummun oma raaka-ainepohja (kromi ja nikkeli) oli vahva.
- Outokummun oma teknologinen tausta oli vankka tällaisen hankkeen toteuttamiseksi, vaikka ruostumaton teräs sellaisenaan olikin uusi metalli.
- Käytettävissä oli innostunut ja suurelta osin vastaavan tyyppisissä tehtävissä kouluinutun toteutushenkilökunta.
- Hanketta varten solmittiin know-how- ja koulutus sopimus koneen ja luotettavan ruostumattoman teräksen tuottajan, Fried. Krupp Hüttenwerke AG:n, nykyisen Krupp Stahl AG:n kanssa.
- Toteutus- ja käyttöhenkilökunnalle annettiin suurimittainen ja perusteellinen koulutus.
- Outokummulla oli kokemusta ja valmiiksi avatut kanavat vientimarkkinoinnin aloittamiseksi heti toiminnan alusta alkaen.
- Toiminnan 10 ensimmäisen vuoden ajan oli kuumavalssausvaiheen suorittamiseksi mahdollisuus käyttää Rautaruukki Oy:n Raahen kuumavalssaamoja ns. vuokratavallisuuseräillä. Tällaisen mahdollisuuden olemassaolo oli erittäin tärkeä koko hankkeen kannalta, sillä tuotantomäärät olivat alkuvaiheessa niin pienet, että oman kalliin ja suurikapasiteettisen kuumavalssaamon rakentaminen ei toiminnan alussa olisi mitenkään voinut tulla kysymykseen. Vasta kun tuotantomäärät olivat kasvaneet riittävän suuriksi ja Tornion mittakaavaan sopivan kuumavalssausmenetelmän, ns. Steckel-valssauksen teknologia oli kehittynyt riittävän luotettavaksi, oltiin vuonna 1985 valmiita tekemään päätös oman kuumavalssaamon rakentamisesta Tornioon.
- Koko jalostusketju malmista kylmävalssatuksi ruostumattomaksi teräkseksi on voitu toteuttaa täydellisesti integroituna prosessina yhden ja saman yhtiön sisällä käytännöllisesti katsoen samalla paikalla.

Kemin ja Tornion alueella olevaan krominjalostusketjuun pohjautuva liiketoiminta lisättyä vuonna 1980 yritysostolla hankitulla Oy JA-RO Ab:llä muodostaa Outokumpu-konsernissa terästeollisuus-nimisen liiketoiminta-alueen, jonka emoyhtiönä toimii Torniossa sijaitseva Outokumpu Steel Oy. Vuonna 1990 oli terästeollisuuden osuus koko konsernin noin 11,3 miljardin markan liikevaihdosta noin 19 % ja noin 18 800 suuruudesta henkilöstöstä noin 11 %. Kun kannattavuuskin on jo ollut valtaosan 1980-lukua hyvä tai tyydyttävä, on selvää, että terästeollisuusliiketoiminta-alue on varsin lyhyessä ajassa kehittynyt oleelliseksi osaksi Outokumpu-konsernia. Kuvan 7 taulukossa on lyhyesti esitetty kromin jalostusketjun eri vaiheiden tämänhetkiset tuotannot ja nyt käynnissä olevien investointien jälkeiset kapasiteettitilanteet. Tässä taulukossa on myös verrattu yksikön arvoja koko maailman tai ns. läntisen maailman vastaaviin arvoihin niissä tapauksissa, joissa tällainen vertailu suinkin on mahdollista.

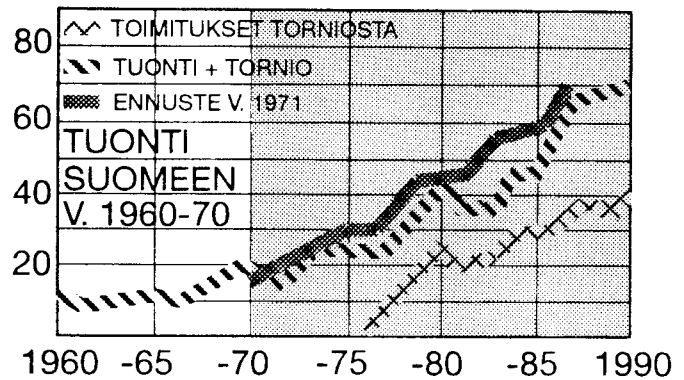
Nyt meneillään olevien investointien jälkeen Tornion ruostumattoman teräksen valmistusyksikkö on tekniikaltaan ja tehokkuudeltaan täysin vertailukelpoinen vastaavien parhaimpien tuotantoyksiköiden kanssa maailmassa. Kooltaan se on myös vähintään hyvää keskitasoa tällaisessa vertailussa.

TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Kemin-Tornion alueen tuotantoyksikkö on kannattavuudeltaan hyvä ja se on kooltaan niin suuri, että aivan valtaosa (noin 80 %) sen myyntituloista tulee vientimarkkinoilta. Yksikkö onkin saavuttanut aikoinaan vallinneista epäilyistä huolimatta vakiintuneen aseman maailmanmarkkinoilla ja todistanut näin olemassaolonsa oikeuden kansainvälisestikin.

Kun ajatellaan tämän liiketoimintayksikön menestymismahdollisuuksia jatkossa, on yhtäältä kiinnitettävä huomiota toiminnan kannattavuuden ylläpitämiseen, mutta toisaalta on paneuduttava

RUOSTUMATTOMAN TERÄSLEVYN JA -NAUHAN TOIMITUKSET SUOMEEN X1000 TONNIA



Kuva 6. Litteävalssatun ruostumattoman teräksen toimitukset Suomeen vuosina 1960-1990.

Fig. 6. Deliveries of stainless steel rolled flat products to Finland in 1960-1990.

tämän lisäksi niiden toimien suunnitteluun ja toteuttamiseen, joilla pyritään varmistamaan toiminnan jatkuvuus ja kasvu tulevaisuudessa.

Välittömästi kannattavuuteen ja kilpailukykyyn vaikuttavina tekijöinä joudutaan tietysti ottamaan huomioon ainakin seuraavanlaiset seikat ja hakemaan niille jatkuvasti mahdollisimman edulliset ratkaisut:

- Kemin-Tornion alueella toteutuneen tuotantoketjun integraation perusteellinen hyödyntäminen. Täällöin on jatkossakin kiinnitettävä huomiota sisäisiin kuljetuksiin, prosessissa olevan materiaalin määrään, läpimenoaikoihin, energian käytön tehokkuuteen, saateihin eri vaiheissa jne.
- Ulkopuolelta ostettavien raaka-aineiden, lähinnä teräsromun, nikkelin ja molybdeenin hankinta.
- Työvoimakustannukset. Tässä suhteessa ollaan tietenkin sidoksissa Suomessa yleensä harjoitettavaan politiikkaan ja sitä kautta korkeaan kustannustasoon. On kuitenkin todettava, että useimmat kilpailijoistamme toimivat myös varsin korkean kustannustason maissa.
- Energian, nimenomaan sähköenergian saatavuus ja hintakehitys. Tämä on avainkysymys etenkin ferrokromin tuotannon kannalta. Toivoo sopii, että lähitulevaisuudessa tehtävät energiapolitiittiset ratkaisut mahdollistavat kromin jalostamisen jatkamisen maassamme.
- Kapasiteetin käyttöaste on pyrittävä pitämään mahdollisimman korkeana, mikäli kulloinenkin markkinatilanne sen suinkin vain sallii.
- Tuotevalikoima on pyrittävä pitämään mahdollisimman lähellä optimia, ts. tehtaan on mahdollisimman tarkkaan tuotettava sellaisia teräslaatuja, leveyksiä ja paksuuksia, joiden valmistamiseen se on suunniteltu, mikäli kulloinenkin markkinatilanne sen suinkin vain sallii.
- Markkinoinnin suunnitteluun ja hoitamiseen mahdollisimman edullisesti ja tehokkaasti on kiinnitettävä suurta huomiota.
- Kuljetukset on hoidettava tehokkaasti. Tämä on tärkeä seikka siksi, että Tornio on pitkien ja osittain vaikeiden kuljetusmatkojen päässä päämarkkinoista.

Pitemmän aikavälin toimintalinjoja suunniteltaessa on kiinnitettävä huomiota edellä lueteltujen seikkojen lisäksi niihin maailmanlaajuisiin mahdollisuuksiin ja haasteisiin, joita on olemassa kromin ja ruostumattoman teräksen aloilla. Yleispiirteinä tässä on, että hyvin monenlaisia muutoksia on parhaillaan tapahtumassa. Tätä laajaa yleistäustaa vasten on sitten tarkasteltava Kemin ja Tornion yksiköiden mahdollisuuksia ja harkittava niitä toimenpiteitä, joilla

	MALMIVARAT		TUOTANTO		KAPASITEETTI	
	TONNIA	% MAAILMAN MALMIVAR.	1990 TONNIA/V.	% LÄNSIM. TUOTANNOSTA	1992 TONNIA/V.	% LÄNSIM. KAPASITEETISTA
KROMIKAIVOS KEMI	150 MILJ.	N. 5 - 6	MALMIN LOUHINTA N. 1,1 MILJ.		? SOPEUTETTAVISSA	
FERROKROMITEHD. TORNIO			FERROKROMIA N. 160 000	NOIN 6 - 7	FERROKROMIA N. 200 000	NOIN 5
TERÄSSULATTO TORNIO			TERÄSAIHIOITA N. 230 000	NOIN 2 - 3	TERÄSAIHIOITA N. 380 000	NOIN 3 - 4
KUUMAVALSSAAMO TORNIO			KUUMANAUHAA N. 290 000		KUUMANAUHAA N. 600 000	
KYLMÄVALSSAAMO TORNIO			KYLMÄVALSS. TUOTTEITA N. 150 000	NOIN 2 - 3	KYLMÄVALSS. TUOTTEITA N. 250 000	NOIN 4 - 5

Kuva 7. Tuotannot ja kapasiteetit Kemin kaivoksella ja Tornion tehtailla.
Fig. 7. Production and capacity figures at Kemi Mine and Tornio Works.

pyritään varmistamaan näiden yksiköiden asema tulevaisuudessa. Tällaisina maailmanlaajuisina mahdollisuuksina ja haasteina on mainittava ainakin seuraavat seikat:

- Ensinnäkin suurin mahdollisuus on siinä, että ruostumattoman teräksen käyttö edelleenkin monipuolistuu ja kulutus kasvaa jatkossakin. Maailmanlaajuisesti kulutus on kasvanut keskimäärin noin 6 % vuodessa viimeisen 15 vuoden aikana (kuva 3). Varsin yhtäpitävien arvioiden mukaan kulutus kasvaa jatkossakin vähintään noin 3-4 % vuodessa, mikä on selvästi enemmän kuin useimpien muiden metallien arvioitu kulutuksen kasvu. Kuparin kulutuksen kasvuksi arvioidaan noin 1-2 %, sinkin noin 2 % ja alumiinin noin 1,5-2,5 % vuodessa. Mainittu noin 3-4 % kasvunopeus vastaa maailmanlaajuisesti suunnilleen yhden Tornion yksikön kokoisien tehtaan vuosituotannon lisäystä joka vuosi. Koska Outokumpu on vakaasti ja peruuttamattomasti tullut mukaan tälle toimialalle, sen on pidettävä huoli kasvustaan myös tulevaisuudessa, muuten edessä on vähittäinen suhteellinen kuihtuminen.
- Muutkin ruostumattoman teräksen tuottajat ajattelevat tietysti samalla tavalla ja uusienkin tuottajien mukaantulo on täysin mahdollista. On varmaa, että jonkin asteinen ylikapasiteettitilanne tulee vallitsemaan jatkossakin. Kilpailu tulee pysymään kovana ja vain tehokkaimmat, kannattavimmat ja muuntautumiskykyisimmät yksiköt tulevat menestymään.
- Outokummun tapauksessa ruostumattoman teräksen tuotantoon erittäin läheisesti liittyvän ferrokromin tilanne on tällä hetkellä ja mahdollisesti myös jatkossa problemaattinen. Maailman kromivarat jakaantuvat hyvin epätasaisesti, sillä Etelä-Afrikan tasavallassa on noin 55 % maailman tunnetuista kromimalmivaroista. Tämän maan tuottajat ovat aivan viime vuosina lisänneet ferrokromin valmistuskapasiteettiaan erittäin voimakkaasti, niin että läntisen maailman ferrokromista valmistetaan jo tällä hetkellä yli 40 % Etelä-Afrikassa, jossa puolestaan ferrokromin kulutus on varsin vähäistä. Tällaisessa tilanteessa joutuu tietenkin pohtimaan, minkälaiset mahdollisuudet Tornion käsin on pitemmän päälle kilpailla etelä-afrikkalaisten tuottajien kanssa ferrokromimarkkinoilla.
- Todellisenä uhkana on nähtävä myös sellaiset mahdolliset kaup-

- papoliittiset ratkaisut, jotka jossain puolella maailmaa joko oleellisesti rajoittavat tai suorastaan estävät ruostumattoman teräksen markkinointia alueellisesti. On syytä vain toivoa, että ratkaisut ovat jatkossakin sellaiset, että vientitoimintaa voidaan järkevissä määrin harjoittaa kaikkialla.
- Erittäin silmiinpistävä piirteenä on 1980-luvun loppupuolella ollut niin ruostumattoman teräksen kuin muidenkin metallien kohdalla pyrkimys tuottajien ryhmittymiseen suuremmiksi ja iskukykyisemmiksi yksiköiksi joko yritysostojen, yhteisyritysten tai muunlaisten liittoutumien kautta. Tämä ryhmittyminen on yleensä tapahtunut yli valtakuntien rajojen, joten se on ollut yksi osa yleisempää kansainvälistymistä talouselämässä.
- Yksi hyvin yleinen ja maailmanlaajuinen haaste, johon koko teollisuuden, niin myös kromia jalostavan teollisuuden on täytynyt vastata entistä vastuuntuntoisemmin, ovat ympäristökysymykset. Tämä trendi tulee jatkumaan tulevaisuudessakin. Tämän alan teollisuus on ollut ja on valmis tekemään velvollisuutensa tässä suhteessa. Toivoa kuitenkin sopii, että vaatimuksia kiristettäessä pysyttäisiin realistisella linjalla, ja että vaatimukset eri maissa kehittyisivät tasatahtia.
- Mittavana haasteena on pidettävä myös sitä, että teknologia kehittyy tällä alalla niin kuin se kehittyy yleensäkin. Tämä kehittyminen ei koske yksin kromin ja ruostumattoman teräksen tuotantoteknologiaa, vaan myöskin näitä tuotteita käyttävän asiakasteollisuuden teknologioita. Tämän vuoksi on riittävällä tutkimus- ja kehityspanoksella pyrittävä varmistamaan se, että teknologian tasossa ei missään vaiheessa jäädä kilpailijoiden jalkoihin. Samoin on riittävällä yhteistyöllä asiakkaiden kanssa varmistettava se, että pystytään tyydyttämään heidän tarpeensa muuttuvissakin olosuhteissa.
- Myös se tosiasia, että asiakkaat ovat keskimäärin yhä kauempana Tornion tehtaista, on tunnustettava haasteeksi. Tämä merkitsee matkustamisen lisääntymistä, kulttuurierojen kasvua, kielitaidon tarpeen lisääntymistä, kuljetusten monimutkaistumista jne. Toiminnan kannattavuuteen välittömästi vaikuttavia tekijöitä ja muita Kemin ja Tornion olosuhteita yhtäältä ja maailmanlaajuisia mahdollisuuksia ja haasteita toisaalta keskenään punnittaessa joudutaan ennemmin tai myöhemmin ottamaan kantaa ainakin seura-



viin seikkoihin:

- Koska ruostumattoman teräksen kulutus näyttää maailmanlaajuisesti edelleenkin kasvavan useimpien muiden metallien kulutusta voimakkaammin ja koska kromia Kemissä riittää, niin ruostumattoman teräksen tuotantoa kannattanee edelleenkin suunnitella kasvatettavaksi.
- Pystymmekö jatkossa kilpailemaan kromimarkkinoita hallitsevan Etelä-Afrikan kanssa, vai olisiko järkevämpää rajoittaa ferrokromin tuotanto tasolle, joka vastaa oman ruostumattoman teräksen tuotantoa? Nyt toteutettavien investointien jälkeen (kuva 7) terässulatto on kapasiteetillaan noin 380 000 tonnia vuodessa Kemin-Tornion ketjussa tuotantokapeikko. Kuumavalssaamon kapasiteetti on luokkaa 600 000 tonnia vuodessa, joten välittömästi herää kysymys, miten kuumavalssaamon vapaa kapasiteetti voitaisiin hyödyntää. Jos terässulaton tuotantoa katsotaan voitavan lisätä, niin miten se teknillisesti olisi toteutettava? Muodostaako nauhavalu jatkossa todellisen teknologisen uhan valmistusketjulle jatkuvavalu — kuumanauhavalssaas? Asiakkaat ovat jo nyt valtaosaltaan muualla kuin lähimarkkinoilla ja mahdollisten lisämäärien myötä kaukomarkkinoiden osuus yhä vain kasvaa. Tämän vuoksi kannattanee harkita myös sellaista toimintamallia, että kylmävalssaamotoimintojen mahdolliset seuraavat laajennukset sijoitetaankin lähemmäksi markkinoita rakennettaviin tai ostettaviin yksiköihin, joihin lähtömateriaali, kuumanauha toimitettaisiin Tornion kuumavalssaamosta.
- Onko tarpeellista laajentaa nykyistä tuotevalikoimaa, joka muodostuu pääasiassa suhteellisen leveistä ja paksuista austeniittisistä levyistä ja nauhoista?
Valmiita vastauksia ja ratkaisuja edellä esitettyihin kysymyksiin ei tällä hetkellä ole olemassa, mutta ne muodostavat ytimen siinä pohdiskelussa, jota yhtiössä käydään. Joka tapauksessa Kemin kromin jalostaminen ruostumattomaksi teräkseksi Torniossa on kasvanut sekä volyymiltaan että kannattavuudeltaan siinä määrin oleelliseksi osaksi Outokumpu-konsernia, että konserni on valmis edelleenkin panostamaan sen kehittämiseen. Uusi piirre jatkossa saattaa kuitenkin olla tämänkin liiketoiminta-alueen kansainvälistyminen.

S U M M A R Y

HEIKKI MIEKK-OJA MEMORIAL LECTURE: PRODUCTION OF STAINLESS STEELS IN FINLAND

The first Finnish experiments on production of stainless steel were carried out as early as in 1926, when Lokomo Oy produced the first stainless steel castings in their steel foundry. Since then stainless steel has been included in the production programme of several steel foundries. The present production of stainless steel castings in Finland totals up to about 6000 - 7000 tons per year.

Rolled stainless steel was produced also quite early in Finland. Vuoksenniska Oy produced small quantities of rod and wire from austenitic stainless steel in the 1950's and the 1960's but gave up these products thereafter.

Finland became an important producer of stainless steels only when Outokumpu Oy started to produce stainless steel. The fully integrated production chain from chrome ore to rolled stainless steel in the Kemi and Tornio area in Northern Finland is a good example of a very rapid industrial exploitation of an ore deposit all the way to the manufacture of rolled metal products. The Kemi ore deposit was found in 1959 and 17 year later, in 1976, the production of stainless steel started. The growth of all the units — the

LOPPULAUSE

Outokumpu Oy:n Kemin ja Tornion alueella toteuttama kromimalmin jalostaminen valssatuksi ruostumattomaksi teräkseksi on hyvä esimerkki erittäin nopeasti tapahtuneesta malmiesiintymän teollisesta hyödyntämisestä pitkälle jalostetuiksi metallituotteiksi. Kemin kromiesiintymä löydettiin vuonna 1959 ja jo 17 vuotta myöhemmin, vuonna 1976 käynnistyi Torniossa sen varassa ruostumattoman teräksen valmistus. Kaikki tähän kokonaisuuteen kuuluvat yksiköt, kromikaivos, ferrokromitehdas ja terästehdas ovat kasvaneet ennako-odotuksia nopeammin. Myöskin kannattavuus on kehittynyt selvästi paremmaksi kuin mitä jaloterästedashankkeesta päätettäessä vuonna 1973 uskottiin.

Kun lisäksi ruostumattoman teräksen kulutus maailmanlaajuisesti kasvaa jatkossakin selvästi nopeammin kuin useimpien muiden suuressa määrin käytettävien metallien kulutus, niin Outokumpu Oy:n päätös ryhtyä valmistamaan ruostumatonta terästä Torniossa oli varmasti oikeaan osunut. Jo jonkin aikaa on terästeollisuusliiketoiminta-alue ollut tukijalka, joka omalta osaltaan on mahdollistanut Outokumpu-konsernin kasvun ja laajentumisen. Edelleen on käsitykseni mukaan vakuuttavasti käynyt ilmi, että ruostumattoman teräksen valmistus, joka on lähinnä kromin ja nikkelin jatkojalostusta, luontevasti sopii ja kuuluu Outokumpu-konsernin toimialaan.

Koska Kemi-Tornion toimintayksiköllä on eräistä puutteista huolimatta varsin paljon etuja puolellaan, niin se tulee myöskin jatkossa säilyttämään ja voimistamaan asemaansa maailman ruostumattoman teräksen valmistajien joukossa.

Hankkeen toteutuksessa on tähän asti tarvittu ja jatkossakin edelleen tarvitaan hyvin koulutettua ja asiansa osaavaa väkeä toiminnan kaikilla sektoreilla ja heidän sujuvaa yhteistyötään. Toisia osa-alueita ja muunlaisen erikoiskoulutuksen saaneita henkilöitä unohtamatta ja aliarvioimatta on tässä yhteydessä paikallaan todeta, että edesmennyt professori Heikki Miekko-oja tai hänen kouluttamansa opettajat ovat innostavalla opetuksellaan kasvattaneet huomattavan osan siitä insinöörikunnasta, joka on ollut mukana rakentamassa tätä teollisuuskokonaisuutta ja jonka vastuulla sen jatkokin on.

chromium mine, the ferro chrome plant and the stainless steel works — has been faster than anticipated. Also the profitability has proved to be considerably better than expected in 1973, when the decision to implement the stainless steel project was taken.

Outokumpu Oy's decision to start the production of stainless steel in Tornio proved to be right, especially as the consumption of stainless steel is increasing faster than that of other important metals all over the world.

Already for some time the stainless steel business segment has been the solid ground that has contributed to the growth and expansion of the Outokumpu Group. Further it has become convincingly evident that the production of stainless steel quite naturally fits in with the other business segments of the Outokumpu Group.

The many important advantages of the production unit in the Kemi-Tornio district outweigh the few disadvantages and make it possible for Outokumpu Oy to maintain and strengthen its position among the producers of stainless steel in the world.

Kaivoskoneteollisuutemme kansainvälistyminen ja tekninen kehitys

Johtaja, DI Matti Kilpinen, Repola-yhtymä, Nordberg Group, Helsinki

Yhden sukupolven, tämän nykyisen, aikana sekä maamme kaivos-teollisuus itse että Suomessa valmistettavat alan koneet ja laitteet ovat kokeneet valtavan muutoksen. Se aika, jolloin retka ja lotokka edustivat tekniikan viimeistä vaihetta, on jo kaukana takana. Muutos on ollut niin voimakas, ettei sellaista olisi 25 vuotta sitten kukaan pystynyt ennustamaan.

Tuo muutos ei koske yksin alan teknistä kehitystä. Olemme nimittäin vasta päässeet alkuun toisessa kaivoskoneteollisuuteen vaikuttavassa muutoksessa, jonka lopullisia vaikutuksia ei vielä kukaan tiedä eikä edes pysty ennustamaan. Se muutos on kansainvälistyminen.

Kun esimerkiksi Tamrockin ja Nordbergin tuotannosta jo yli puolet tapahtuu Suomen ulkopuolella, ei kyse ole enää suomalaisesta valmistuksesta, vaan pikemminkin suomalaisomisteisesta valmistuksesta. Sama kehitys koskee myös Outokumpua, jonka kaivostoiminnasta valtaosa tapahtuu Suomen ulkopuolella.

YRITYSOSTOIN MAAILMALLE

Kun kaivostoiminta kokonaisuudessaan on Suomessa vähentynyt, on selvää, että myös kaivoskone- ja laitevalmistajat ovat joutuneet suuntaamaan entistä enemmän katseitaan ulkomaille — myös muussa mielessä kuin perinteisessä vientitoiminnassa, joka sinänsä on jo pitkään ollut hyvin merkittävää. Luonnolliset syyt ovat siten johtaneet myös kaivoskoneteollisuuden siirtymiseen ulkomaille. Tosin sana ”siirtyminen” ei ole oikea, koska suomalaista valmistusta ei juuri lainkaan ole siirretty ulkomaille, vaan kansainvälistyminen on seurausta yritysostoista.

Tämä on itse asiassa hyvin ymmärrettävä kehityssuunta, sillä vaikka suomalaiset kaivoskonevalmistajat ovatkin monilla erikoisaloillaan maailman johtavia, ovat ne volyymiltaan kansainvälisessä mitassa yhä pieniä. Omien valmistusyritysten perustaminen muihin maihin ei olisi mahdollistanut riittävän nopeasti kannattavan markkinaosuuden saavuttamista.

Kun esimerkiksi entinen Rauma-Repola-yhtymä teki vajaa kymmenen vuotta sitten strategisen päätöksen tulla yhdeksi maailman johtavista murskainten valmistajista, oli alusta saakka selvää, ettei asemaan päästäisi pelkästään Lokomon murskaintehtaan omin resurssein. Vaihtoehtona olivat yritysostot, jotka toteutettiin vuosina 1987-89.

Nyt ryhmän toiminnasta 80 prosenttia tapahtuu Suomen ulkopuolella, sillä valmistusta ja kokoonpanoa on Suomen lisäksi seitsemässä muussa maassa. Henkilökuntaa on 1800, joista 1300 työskentelee ulkomailta. Perinteisten venttilukujen esittäminen tässä tilanteessa on täysin mahdotonta.

Samankaltainen tilanne koskee muitakin yrityksiä, mm. Outokumpua ja Tamrockia. Outokumpu-konsernin lähes 19.000 hengestä yli puolet toimii ulkomailta — ainakin 25 eri maassa. Sama koskee Tamrockia, jonka senkin henkilöstöstä — vajaa 4000 — yli puolet on ulkomailta. Todennäköistä on, että sama kehityssuunta aikanaan koskee yhä useampia suomalaisyrityksiä. Ja onhan lisäksi jo esimerkiksi Laroxilla valmistusta ja kokoonpanoa paitsi Lappeenrannassa myös Perussa, Chilässä, Yhdysvalloissa ja Australiassa.

LÄHELLE ASIAKASTA

Syy ulkomaisiin yritysostoihin ei suinkaan ole laajentumishalu sinänsä, vaan myös tarve olla lähellä asiakkaita. Monilla teollisuudenaloilla, ja hyvin merkittävästi esimerkiksi juuri murskaustoi-minnoissa, maakohtaiset työmenetelmät ja -käytännöt poikkeavat toisistaan niin paljon, ettei yhden maan kokemuksilla ole välttämättä mitään merkitystä jossakin toisessa maassa. Kysymys ei ole vain tiedon ja taidon tasoeroista, vaan nimenomaan paikallisten olojen erilaisuudesta.

Tarpeesta toimia asiakasläheisesti on toisena esimerkkinä Tamrock, joka vajaa kymmenen vuotta sitten päätti ryhtyä lähestymään toden teolla myös hiilikaivosasiakkaita ja perusti tätä varten oman organisaation — ei suinkaan Suomeen, vaan Keski-Eurooppaan. Ja syytkin ovat selvät: Suomessa ei kivihiilikaivoksia ole ja Keski-Euroopassa asiakkaat ovat lähellä.

Se oli jo silloin selvä osoitus tulevista toimintaviivoista eli lähestyttiin asiakasta asiakkaan omalla maaperällä. Alkuvaiheessa Tamrock Coal oli tosin vain markkinointiorganisaatio, mutta nyt Tamrockilla on Yhdysvalloissa ja Keski-Euroopassa myös kivihiilen louhintaan ja lastaukseen liittyvää konepajatoimintaa — yritys-kauppojen tuloksena.

VIENTI KASVANUT NOPEASSA TAHDISSA

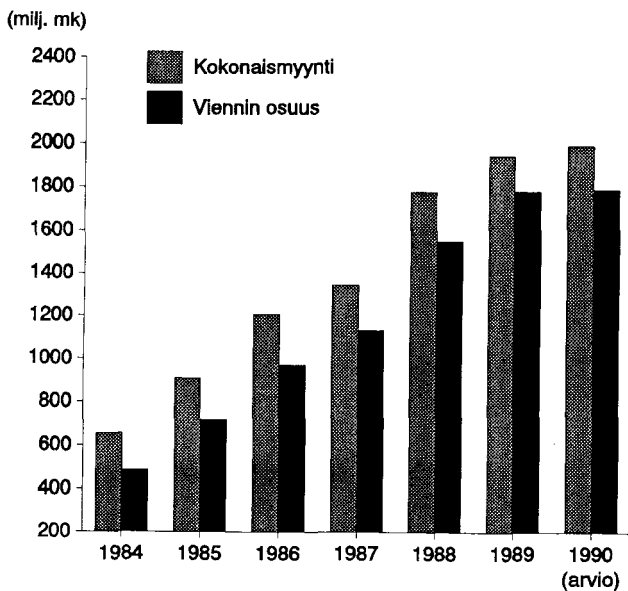
Kun ajatellaan, millaisilla laitteilla ja millaisissa oloissa kaivostoi-mintaa sotien jälkeen ja vielä pitkälle sen jälkeen — itse asiassa aina 60-luvun lopulle — harjoitettiin, on kehitys sekä kaivoskoneiden että kaivosmenetelmien suhteen ollut parissa vuosikymmenessä ällistytävän nopeaa. Yhtä ällistytävän nopeaa on ollut suomalaisen kaivoskone- ja laiteviennin kehitys.

Vielä vuonna 1978 suomalaisten kaivoskonevalmistajien koko myynti oli noin 450 miljoonaa markkaa, josta viennin osuus oli 60 %. Suomalaisomisteisten laitevalmistajien kokonaismyynniksi on viime vuodelta arvioitu noin viisi miljardia markkaa, josta kaivosteollisuudelle myytyjen laitteiden osuus oli 40 prosenttia. Viennin arvo Suomesta oli noin 1,8 miljardia markkaa.

Kokonaismyynnin ja -viennin kasvu oli siis erittäin voimakasta koko 80-luvun ajan. Toisaalta tarkkojen, kaivoskoneita ja -laitteita koskevien myynti- ja venttilukujen esittäminen ei enää viime aikoina ole ollut mahdollista. Useimmille laitevalmistajille nimittäin kaivosteollisuus on vain yksi asiakasryhmä, ja monet laitteet sovel-tuvat sellaisinaan käytettäväksi niin kaivoksissa kuin maan- ja kal-lionrakennuksessa. En usko monessakaan yrityksessä pidettävän tarkkaa lukua siitä, mikä nimenomainen laite on myyty kaivostoi-mintaan, mikä taas johonkin muuhun tarkoitukseen.

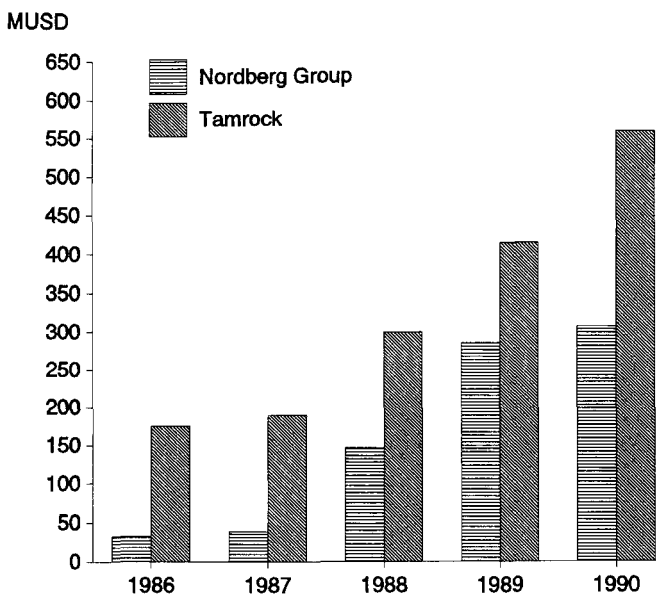
Tässä yhteydessä on paikallaan antaa erityinen tunnustus Finnminers-ryhmälle jo yksin sen vuoksi, että sen perustamisesta on tänä vuonna kulunut 20 vuotta. Finnminersin rooli suomalaisten kaivoskoneiden viennin edistäjänä on ollut keskeinen.

Vaikka taloudellinen tilanne heikentyikin voimakkaasti vuoden lopulla, ei se ehtinyt vaikuttaa merkittävästi vielä viime vuotta koskevaan myyntiin. Tämän artikkelin yhteydessä julkaistavat kaaviot kuvaavat viimeisimpiä tietoja kokonaismyynnistä sekä joittenkin yritysten viennistä erikseen (kuvat 1, 2 ja 3).



Kuva 1. Finminers-ryhmän myynnin ja viennin kehitys kaivosalalla.

Fig. 1. The development of sales and exports of the Finminers Group for the mining industry (left column — total sales; right column — export).



Kuva 2. Tamrockin ja Nordberg Groupin myynti.

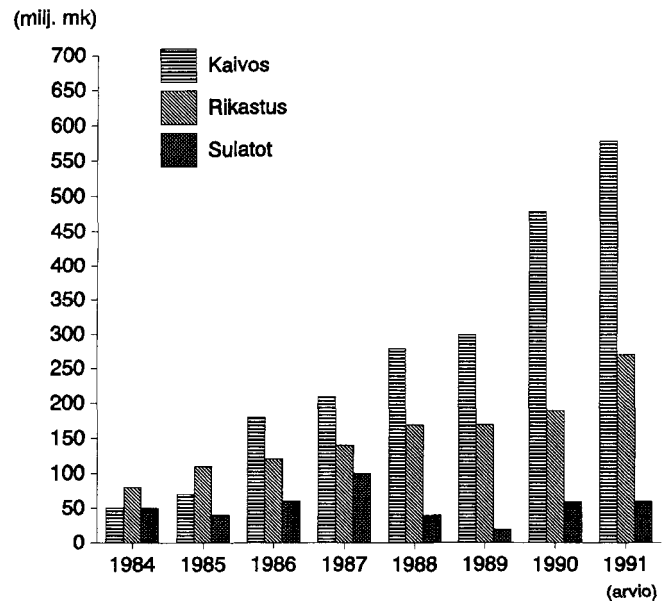
Fig. 2. The sales for Tamrock and Nordberg Group.

SUOMALAINEN KAIVOSKONE KANSAINVÄLINEN KÄSITTE

Suomalainen ja tietysti muukin pohjoismainen kaivoskoneiteollisuus on nykyään kansainvälinen käsite. Voi jopa sanoa, että me toimimme yhdellä harvoista aloista, joissa viittaus Suomeen on automaattisesti positiivinen referenssi.

Kehitys on tässäkin ollut nopeaa. Ei nimittäin ole kulunut kuin 20 vuotta ajasta, jolloin esimerkiksi maailman kaivoksilla kysyttiin: mikä ihmeen Suomi?

Yhden esimerkin voi ottaa vaikkapa Chilessä sijaitsevasta El Tenientestä, maailman suurimmasta maanalaisesta kaivoksesta. Siellä porauksesta vastaa Tamrock, lastauksesta Torot, latauksesta Normet ja murskauksesta Nordberg. Itse asiassa kaikista koneista ja laitteista yli puolet oli Pohjoismaista. Ei tarvitse enää selittää.



Kuva 3. Outokumpu Technology Oy:n vuoriteollisuuden koneiden, laitteiden ja teknologian (sis. lisenssitulot) myynnin kehitys. Viennin osuus koko ajan 80-90 %. Luvuissa myös konserniyhtiöiden ulkomailla syntynyt liikevaihto.

Fig. 3. The sales figures for the mining industry of the present Outokumpu Technology. Exports account to 80 through per cent. (Left column — mining; medium column — concentration; right column — smelting.)

TEKNINEN KEHITYS MAAILMAN KÄRKEÄ

Viennin lisäksi kaivuskoneitten tekninen kehitys on ollut nopeaa. Vaikka kaivoksissa eri työvaiheiden nimitykset ovat valtaosin säilyneet ennallaan, työt tehdään aivan erilaisilla koneilla kuin ennen. Teknisesti maailmasta ei parempia koneita löydy kuin Suomessa valmistetut.

Porauksessa on siirrytty polvisyöttöporakoneista ja nykymittakaavaan ajateltuna alkeellisista porausjumboista tietokoneistettuun poraukseen. Ensi vaiheen suurin muutos oli siirtyminen paineilmaista hydraulikkaan, mikä oli merkittävä edistysaskel sekä tehokkuuden että ergonomian kannalta. Se askel on tosin vieläkin ottamatta valtaosassa maapallon kaivoksista, mistä on ainakin se hyöty, että myyntipotentiaalia löytyy pitkälle tulevaisuuteen.

Tietokoneohjaus on porauksessa viimeisin, jo toteutunut kehitysvaihe. Sen avulla saadaan merkittävästi aikaisempaa parempi poraustarkkuus ja samalla ovat myös itse porakoneen käyttäjän työolot entisestään parantuneet. Tulevaisuudessa — ja todennäköisesti ennemmin kuin myöhemmin — ainakin osa porauksesta tehdään kauko-ohjauksella. Entistä automaattisemmat jumbot sekä videomonitorit tulevat olemaan lähes jokapäiväistä elämää.

Myös muut työvaiheet ovat kokeneet voimakkaan kehityksen. Rusnaus ja pulttaus sekä panostus hoidetaan nykyään yhä useammin koneellisesti eikä enää käsin — ainakin valtaosassa kehittyneitä maita.

Lastaus ja kuljetus ovat yhä yhtä olennaisia osia kaivostoiminnasta kuin ennenkin, onhan porattu ja räjäytetty kivi aina siirrettävä. Enää ne eivät tosin aina ole erillisiä työvaiheita, vaan tehokkaat LHD-lastauskoneet suorituvat molemmista vaiheista. Viimeisin, jo myös kaivoksissa käyttöön otettu lastaus-kuljetusjärjestelmä on sähkökäyttöinen — ja lisäksi kauko-ohjattu.

Murskauksessa viime vuosien kehitysaskeleita ovat hydraulikka ja automatiikka. Niiden avulla murskainten tehokkuutta pystytään



Kuva 4. Itseliikkuviin, tela-alustaisiin murskausyksiköihin perustuva Lokotrack-järjestelmä on viime vuosien harvoja todellisia uutuuksia murskausalalla. Lokotrack-esimurskain yhdistettynä liikkuviin kuljettimiin on tehokas ja sisäisiä kuljetuskustannuksia merkittävästi säästävä järjestelmä, joka soveltuu erinomaisesti esimerkiksi maanpäälliseen kaivostoimintaan.

Fig. 4. The Lokotrack crushing system is based on self-propelled track-mounted crushing units. They represent the latest trend towards complete mobility in many crushing operations and also in open pits and quarries. Some underground projects are under investigation.

nostamaan jopa kymmenillä prosenteilla samalla, kun murskeen laatu olennaisesti paranee. Automaatiikka nimittäin valvoo, että murskainta käytetään koko ajan kapasiteetin ylärajalla, mikä samalla on erittäin tärkeä tekijä murskeen laadun parantamisessa.

Itseliikkuvat, tela-alustaiset Lokotrack-murskaimet ovat edistyksen viimeisin aste ja itse asiassa harvoja ja todella merkittäviä murskausalalla viime aikoina aikaansaatuja kehitysaskelaita. Lokotrack kehitettiin Lokomolla Tampereella viime vuosikymmenen puolivälissä, ja niitä on myyty jo yli 150 (kuva 4).

Toistaiseksi Lokotrack-järjestelmän laajimmat käyttöalueet ovat maanrakennuksessa, avolouhoksissa ja uusiomurskauksessa, mutta kehitteillä on myös maanalaisia sovelluksia. Aikanaan tämäkin uusi menetelmä tulee osaksi normaalia kaivostoimintaa.

TULEVAISUUS RIIPPUU TUOTEKEHITYKSESTÄ

Suomen kaivoskoneteollisuus on kehittynyt nopeasti ja saavuttanut omilla erikoisaloillaan merkittävän sijan koko maailmassa. Tuleva kehitys riippuu monista eri tekijöistä, joista esimerkiksi maailmantalouteen emme itse pysty vaikuttamaan. Mutta seikka, johon pystymme vaikuttamaan, on tuotekehitys.

Ennakkoluuloton tuotekehitystyö on ollut ehkä merkittävin yksittäinen tekijä kaivoskoneteollisuutemme menestymisessä. Tässä asiassa ei ole edelleenkään oikotietä: me emme saa jäädä tyytyväisinä onnittelemaan toisiamme hyvästä menestyksestä, vaan päinvastoin, tuotekehitykseen on panostettava yhä enemmän. Vain siten pystymme varmistamaan asemamme myös tulevaisuudessa.

SUMMARY

THE INTERNATIONALIZATION AND THE TECHNICAL DEVELOPMENT OF FINNISH MINING EQUIPMENT MANUFACTURERS

The internationalization process of Finnish mining equipment manufacturers is a recent phenomenon characterizing more and more companies that traditionally were pure Finnish. Today, companies like Outokumpu, Tamrock, and Nordberg are not any more Finnish companies but rather Finnish-owned companies. They have become international through acquisitions and are operating all over the world through local manufacturing and marketing compa-

nies, and in many cases also under a completely different name.

Another feature characterizing the international Finnish-owned manufacturers in the strong technical development of the machines the companies have been able to accomplish. It is envisaged that to survive the companies must invest in research and development even more than what was done in the past.

Uuden sukupolven ”vesiseostetut” teräslevyt

DI Martti Finnilä, levyvalssaamon kehitysinsinööri, valssaamo
DI Lassi Myllykoski, tutkimuspäällikkö, tutkimuskeskus
Ins. Eero Parviainen, projektipäällikkö, suunnittelupalvelu
DI Olli Vähäkainu, asiakaspalveluinsinööri, tekninen asiakaspalvelu
Rautaruukki Oy, Teräsryhmä, Raahе

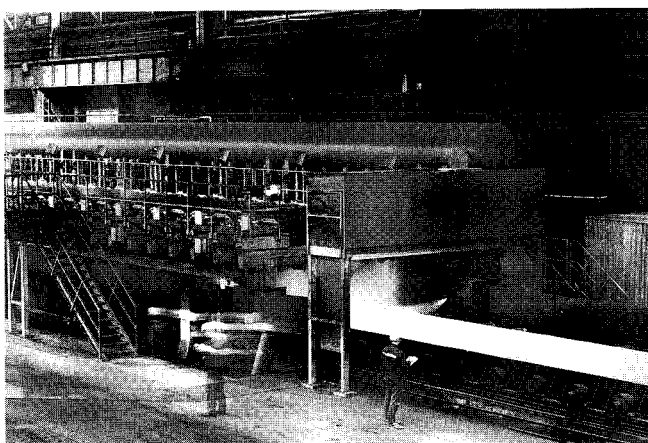
JOHDANTO

Lujien rakenneterästen käyttö hitsatuissa rakenteissa kasvoi viime vuosikymmenellä selvästi läntisissä teollisuusmaissa. Muutokseen vaikuttivat suunnittelijoiden ja käyttäjien lisääntynyt kyky hyödyntää lujien terästen käytöllä saavutettavia etuja sekä rakenteiden tarkastusmenetelmien kehittyminen. Toisaalta teräksen valmistajat ovat pystyneet tuottamaan entistä lujempia, sitkeämpiä ja helpommin hitsattavia teräslaatuja aiempaa matalammin seostettuina ja halvemmin tuotantokustannuksin.

Uusinta kehitystä Rautaruukin erikoislujuissa rakenneteräksissä edustavat termomekaanisen käsittelyn avulla valmistetut TM-levyteräkset, joissa on hyödynnetty kontrolloitua valssaustekniikkaa ja nopeutettua vesijäähdytystä. Vuonna 1985 otettiin Raahen terästehtaan strategiseen kehityssuunnitelmaan em. terästen valmistuksen aloitus 90-luvun alussa. Lopullinen päätös noin 60 milj. markkaa maksavan jäähdytyslaitteiston hankintaan tehtiin keväällä 1988. Tätä ennen oli jo päätetty kehittää ahiokuumennusuiemien ohjausjärjestelmää, valssaimen pistosarjajärjestelmää sekä hankkia uusi tehokas kuumaokaisukone. Nopeutetun jäähdytyksen laitteisto termomekaanisen levyteräksen valmistamiseksi asennettiin Raahen terästehtaalte elokuussa 1990 (kuva 1). Laitteiston, kuten myös uuden kuumaokaisukoneen, päätoimittaja on tunnettu saksalainen valssilaitoslaitevalmistaja MDS Mannesmann Demag Sack GmbH. Uusi valmistusprosessi mahdollistaa lujien, sitkeiden ja entistä niukkaseosteisempien teräslevyjen valmistuksen. Valmistus aloitetaan myötölujuusluokan 420 N/mm² teräksellä tämän vuoden aikana. Jatkossa tulee markkinoille myös tätä lujempia TM-teräksiä.

TM—TERÄSTEN OMINAISUUDET JA KÄYTTÖKOHTEET

Rautaruukin termomekaanisesti valssatuilla teräksillä on teräksen-



Kuva 1. Levyjen vesijäähdytys.
Fig. 1. Water cooling of plates.

käyttäjälle useita selviä etuja verrattaessa perinteisiin rakenneteräksiin. Näistä tärkeimpiä ovat:

- suuri lujuus
- hyvä iskusitkeys
- hyvät käyttöominaisuudet

Suuri lujuus mahdollistaa korkeampien suunnittelujännitysten käytön vähentäen näin valmistustyön osuutta ja kokonaistyön kustannuksia. Nämä edut perustuvat ohuempiin ainevahvuuksiin, painon vähennykseen, rakenteiden yksinkertaistamiseen ja suurempiin hyötykuormiin. Ainepaksuuksien pienessä hitsaustyön määrä ja lisääntymisen tarve vähenevät. Hyvä iskusitkeys mahdollistaa teräksen turvallisen käyttämisen hitsatuissa rakenteissa matalissakin käyttölämpötiloissa.

TM-teräksen hyvien käyttöominaisuuksien ansiosta se soveltuu toisaalta tehokkaaseen, taloudelliseen konepajavalmistukseen ja toisaalta se on helposti ilman erityistoimenpiteitä käsiteltävissä vaikeissakin ympäristöolosuhteissa.

Koska termomekaaninen käsittely johtaa hienojakoiseen teräksen mikrorakenteeseen jo valssaustilassa, säästetään normalisoinnin aiheuttama lisäkustannus. Samalla saavutetaan normalisoituun levyyn verrattuna parempi pinnanlaatu. Teräksen valmistajalle tämä merkitsee parempaa tuottavuutta.

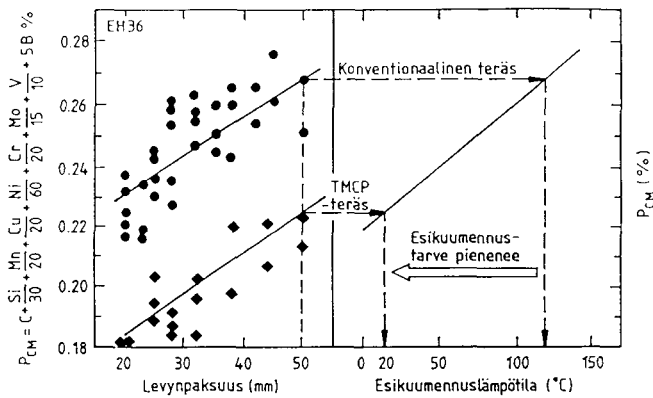
TM-teräkset tarjoavat hitsaukselle lukuisia etuja:

- pienempi vetyhalkeiluriski ja vähentynyt esikuumennustarve
- pienempi haurasmurtumariski
- pienempi lamellirepeilyvaara
- parempi suurtehohitsattavuus 1. hitsattavuus laajalla lämmöntuontialueella.

TM-teräkset ovat alhaisen hiilikvivalenttinsa ansiosta korkeasta lujuudesta huolimatta hyvin hitsattavia. Esikuumennusta ei normaaliolosuhteissa tarvita. Kuvasta 2 nähdään TM-teräksen esikuumennustarve verrattuna perinteisellä valssausprosessilla tuotettuun teräkseen eri levynpaksuuksilla ja hiilikvivalenttiarvoilla. Pieni esikuumennustarve on erityisen tärkeää korjaushitsauksessa ja asennusolosuhteissa. Paremman suurtehohitsattavuuden ansiosta hitsauksen tuottavuus lisääntyy, mikä puolestaan pienentää valmistuskustannuksia.

Vesijäähdytyksellä aikaansaatu teräksen hieno mikrorakenne on tietysti mielessä epästabiliimpi kuin perinteisten terästen normalisoitu mikrorakenne. Mikäli terästä kuumennetaan liikaa, saatetaan aiheuttaa mikrorakennemuutoksia ja siten mekaanisten ominaisuuksien heikkenemistä. Tämän takia lämpökäsittelyjä yli 700 °C:n lämpötiloissa tulee välttää. Tarvittaessa TM-teräkselle voidaan suorittaa jännityksenpoistohehkutus lämpötilassa 550–600 °C. Hitsauksen yhteydessä lämpötila lähellä liitosta nousee paljonkin 700 °C:n yläpuolelle ja aiheuttaa hitsin viereen pehmenneen vyöhykkeen. Tämän vyöhykkeen ei katsota kuitenkaan heikentävän rakenteen lujuutta, jos sen leveys jää alle puoleen levyn paksuudesta. Näille teräksille suoritetuissa hitsauskokeissa on todettu pehmeän vyöhykkeen leveyden jäävän paljon tämän alle.

Termomekaanisesti valssattu teräs on tarkoitettu käyttökohteisiin, joissa teräkselle asetetaan ankarat lujuus- ja iskusitkeysvaati-



Kuva 2. Termomekaanisella (TMCP) ja perinteisellä valssausprosessilla valmistetun EH 36-teräksen (myötölujuusluokka 355 MPa) esikuumennustarve eri levynpaksuuksilla ja hiilikvivalentti-arvoilla.

Fig. 2. Preheating of EH 36 steel (yield strength 355 MPa) made by thermomechanical (TMCP) and conventional rolling process.

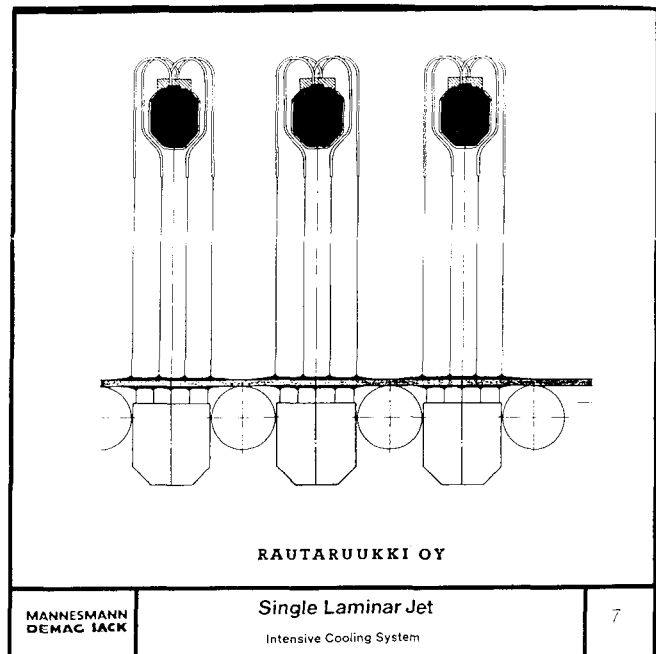
mukset yhdistettynä hyvään hitsattavuuteen. TM-terästen ensimmäiset käyttökohteet maailmalla ovat olleet laivanrakennus, offshore-rakenteet sekä öljy- ja kaasuputket. Euroopassa TM-teräksiä on käytetty etenkin offshore-rakentamiseen sekä öljy- ja kaasuputkina. Suurin TM-terästen käyttökohte Euroopassa on ollut Pohjanmeren öljykentät. Taulukossa 1 on esimerkkinä muutamia uusimpia TM-terästen käyttökohteita ja -määriä Pohjanmerellä. TM-terästen käyttö lisääntyy nopeasti raskaassa teräsrakentamisessa, kuten mm. silloissa sekä kerrostalojen ja teollisuusrakennusten runkorakenteissa.

TM-teräkset soveltuvat myös käyttökohteisiin, jotka edellyttävät lujuuden, iskutheyden ja hitsattavuuden lisäksi hyvää muovattavuutta. Teräksiä käytetään mm. liikkuvan kaluston kantaviin rakenteisiin, esimerkiksi maa- ja metsätalouskoneiden runkorakenteet ja kuljetusvälineet.

Taulukko 1. Termomekaanisesti valssattujen terästen käyttökohteita Pohjanmerellä.

Table 1. Applications of thermomechanically rolled steels on the North Sea.

Kenttä	Määrä	Käyttökohte
Gullfaks	500 tn	Modulien tukikehyksiä
Magnus	5000 tn	Pääkansirakenteita
Ula	2700 tn	Pilareita
	4000 tn	Pääkansirakenteita varustamomoduliin
Gyda	5000 tn	Pääkansirakenteita prosessimoduliin
Snorre	4800 tn	Haruksia
Sleipner	4240 tn	Modulien tukikehyksiä, kansilevyjä
Brage		Kansirakenteita



Kuva 3. Jäähdytysperiaate.

Fig. 3. Cooling principle.

TERÄSLEVYJEN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

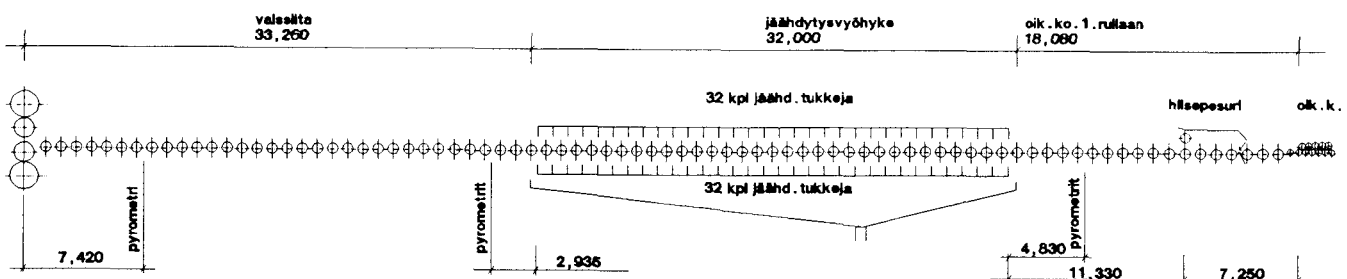
Jäähdytykseen käytetty vesi johdetaan laminaarisena virtauksena suutintukeista levyn ylä- ja alapinnalle oikeassa suhteessa tasaisen jäähtymisen aikaansaamiseksi (kuva 3). Jäähdytyksen aikana veden virtaus pidetään vakiona ja ohjaus tehdään levyn nopeutta säättämällä. Levyn poikkisuunnassa jäähdytystä ohjataan reunamaaskeilla, joilla estetään ylävesien suora tulo levyn pinnalle. Levy voidaan jäähdyttää suoraan laitteiston läpi ajamalla tai oskilloimalla laitteiston sisällä. Järjestelmää voidaan käyttää myös kontrolloidun valssauksen odotusvaiheen nopeuttajana jäähdyttämällä vielä aihiovaiheessa olevaa levyä.

Laitteisto

Jäähdytyslaitteisto muodostuu 32 ylä- ja alapuolisesta jäähdytysuutintukeista. Näissä 64 tukissa on yhteensä noin 9000 erillistä suutinta. Laitteisto on sijoitettu levyvalssaimen ja kuumaoikaisukoneen väliin (kuva 4) alkaen noin 33 m valssaimesta ja on pituudeltaan 32 m. Jäähdytykseen käytetty vesi on tässä järjestelmässä ns. "sisäkierrolla", ainoastaan haihtuvan veden tilalle ja tarvittaessa veden lämpötilan hallintaan otetaan lisävetä tehtaan makeanvedenaltaasta.

Pumppaamo on sijoitettu maan alle sellaiseen tasoon, että jääh-

NOPEUTETUSTI JÄÄHDY- TETYT KVARTTOLEVY



Kuva 4. Jäähdytysalueen lay-out.

Fig. 4. Lay-out of the cooling system.

dykkestä palaava vesi tulee paluualtaaseen painovoimalla ilman pumppausta. Paluualtaasta vesi menee karkean ritilän läpi pumppujen imualtaaseen. Jäähdytyksessä käytettävien pääpumppujen, 5 kpl, pumppausteho on maksimissaan 14000m³/h. Pääpumput on varustettu kierrosnopeussäädöllä.

Pääpumppujen jälkeen on veden hienosuodatus kahdeksalla automaattisesti puhdistuvalla verkkosuotimella.

Ohjausjärjestelmä

Jäähdytyksen ohjausjärjestelmä on jaettu kuvan 5 mukaisesti eri tasoihin. Ohjauksen tavoitteena on saavuttaa levyn haluttu jäähdytyksen loppulämpötila ja jäähtymisnopeus. Jäähdytystietokone laskee lähtötietojen (levyn dimensiot, analyysi ja jäähdytyksen tavoitteet) perusteella tarvittavat vesimäärät, jäähtymiskäyrät ja jäähdytysajan. Jäähdytysmalli on fysikaalinen, jossa otetaan huomioon teräksen ominaisuuksien muuttuminen lämpötilan mukana (ominaislämpö, lämmönjohtavuus ja tiheys). Mallissa levy jaetaan sekä paksuus- että pituussuunnassa osiin. Lasketut asetusarvot lähetetään prosessin ohjaus- ja valvontajärjestelmälle levyn ollessa valssauksessa. Prosessin tilannetta seurataan videovalvontajärjestelmän avulla.

Tarvittavan veden saamisesta vastaa logiikkaohjattu pumppaamo. Vesimäärän mittausta ja säätöä tehdään jäähdytystukkoitaisesti.

Levyn kulun seuranta varten on oma seurantaohjelma, joka määrittää levyn paikan. Levyn paikan tarkennukseen käytetään lämpötilanmittauspyrometreja ja gammasäteilijöitä (3 kpl). Levyn nopeus mitataan rullaradan rullissa olevilla pulssiantureilla (9 kpl).

Levyn lämpötila mitataan heti valssauksen jälkeen sekä ennen ja jälkeen vesijäähdytyksen kuituoptisilla pyrometreilla. Lisäksi jäähdytyksen molemmiin puoliin on lämpötilaprofiilipyrometri, jolla mitataan koko levyn lämpötilakartta.

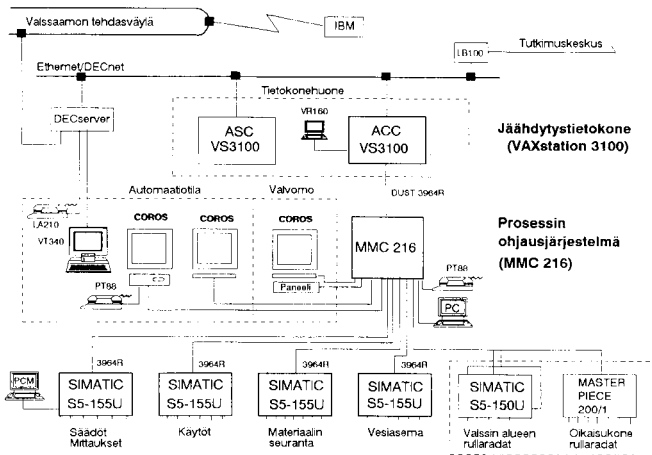
Lämpötilan säätö tehdään erittäin tarkalla levyn nopeuden säädöllä. Levy on jaettu ohjausjärjestelmässä pituussuuntaisiin osiin, joiden jäähtyminen ohjataan halutuksi.

Levyn jäähdytystiedoista, toteutuneesta jäähtytysajasta, lämpötiloista ja vesimäärästä jäähdytystietokone laskee takaisinkytkentänä korjauskertoimen seuraavalle samaan ryhmään kuuluvalle levyille. Tiedon tallennukseen käytetään mm. ORACLE-tietokantaa.

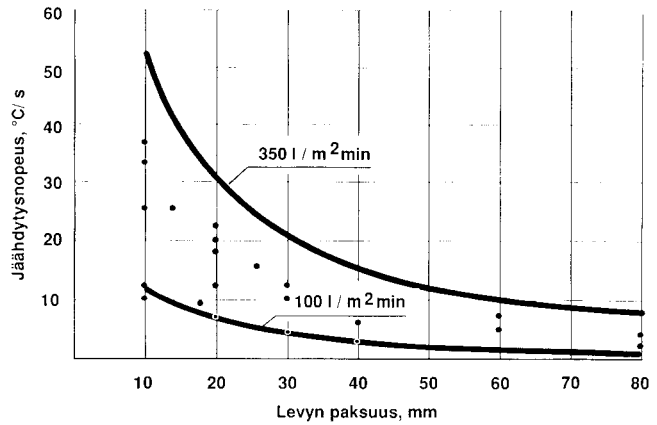
Suorituskyky

Kuvassa 6 on esitetty koetuotannossa käytettyjä jäähtymisnopeuksia eri levyepaksuuksilla. Levyn alkulämpötila on ollut 800–850 °C ja jäähdytyksen loppulämpötila 550–600 °C.

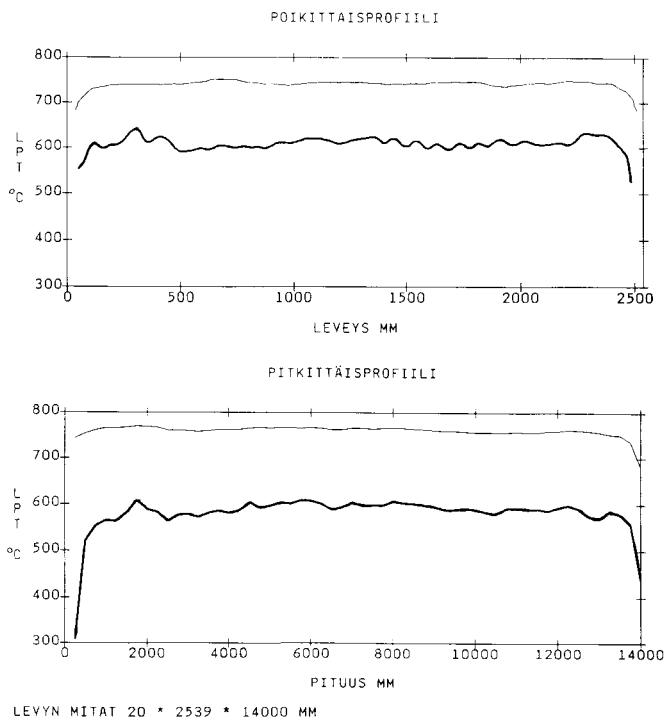
Levyille saavutetaan hyvät lämpötilatasaisuudet sekä levyn pituus- että poikittaissuunnassa (kuva 7).



Kuva 5. Jäähdytyksen ohjausjärjestelmä.
Fig. 5. Automation system of the cooling unit.



Kuva 6. Jäähtymisnopeusalue ja testatut jäähtymisnopeudet.
Fig. 6. Available range of cooling rates and tested cooling rates.

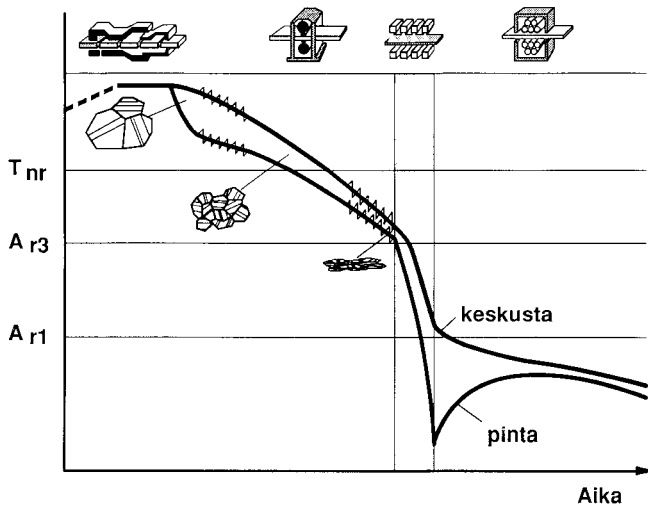


Kuva 7. Esimerkki lämpötilaprofiileista ennen ja jälkeen vesijäähdytyksen.
Fig. 7. Example of temperature profiles before and after water cooling.

NOPEASTI JÄÄHDYTETYN LEVYN VALMISTUSPROSESSI

TM-teräksiä valmistetaan kvarttolevyinä joko kontrolloidun valssauksen tai kontrolloidun valssauksen ja nopeutetun vesijäähdytyksen kautta. Ohuille levyille (alle 20 mm) vaadittaviin ominaisuuksiin päästään myös ilman nopeaa vesijäähdytystä. TMCP (Thermomechanically Controlled Process) -prosessissa valmistetun teräksen lämpöhistoria esitetään kuvassa 8. Valssauksen prosessivaiheet ovat ahion kuumennus, kuumavalssaus, kontrolloitu valssaus, vesijäähdytys ja oikaisu.

Nopeasti jäähdytettävien terästen valmistusprosessin kehitystyössä tärkeimpiä tutkimuskohteita ovat lämpötilat eri vaiheissa sekä jännönsäilytykset ja ominaisuuksien toistettavuus. Lämpötilahallinnan parantamiseksi ahiokuumennusohjauksen ohjaus automatisoitiin. Valssauksen pistosarjan laskentaa kehitettiin, jotta aikaisempaa matalammassa lämpötiloissa valssattavien levyjen tasomaisuus



Kuva 8. TMCP-valssausprosessi.
Fig. 8. The TMCP-rolling process.

voidaan varmistaa. Kuumennus ja valssaus optimoitiin myös sillä tavoin, että valmiin levyn keulasta tulee valssauksessa mahdollisimman suora. Itse jäähtytyksessä on lukuisia optimoituja asioita, joista tärkeimpiä ovat jäähdystehon jakaminen ylä- ja alapuolelle sekä levyn reunojen suojaaminen liialliselta jäähtymiseltä reunamaskien avulla. Jäähdytykseen tulevan levyn pinnanlaatu vaikuttaa lämmönsiirtoon ja sitä kautta jäähtymisnopeuteen ja loppulämpötilaan. Siksi myös pinnan hilseisyyden on oltava hallinnassa, siis samanlainen levyn joka kohdassa.

Jäähdytyksen jälkeen levyn tulee olla hyvin tasomainen. Oikaisun tarkoitus onkin enemmän sisäisten jäännösjännitysten laukaiseminen kuin tasomaisuusvirheiden korjaaminen. Oikaisukertojen lukumäärä on tärkeä jäännösjännityksiin vaikuttava parametri.

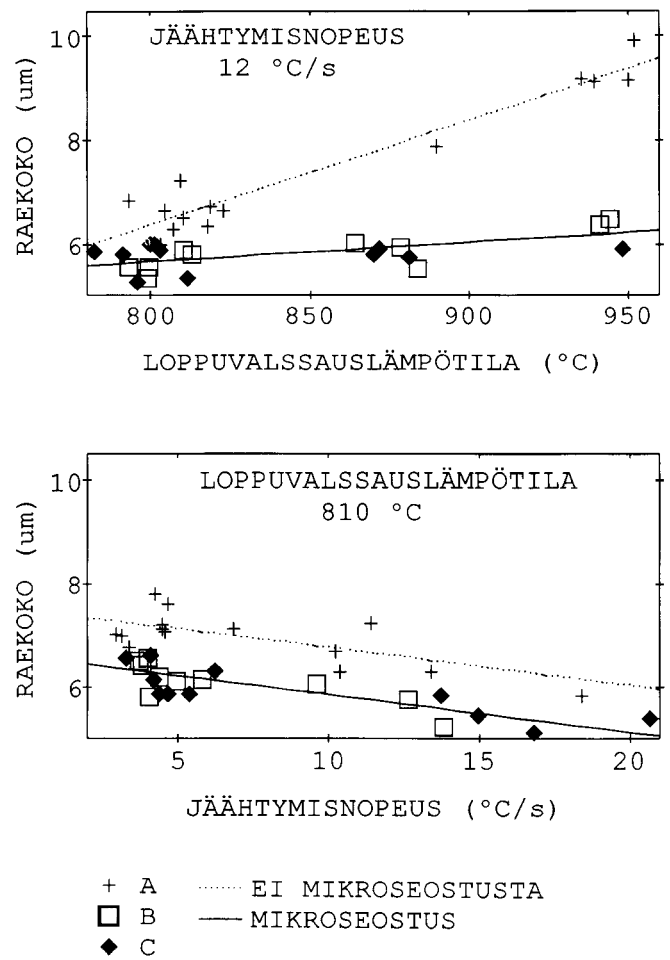
Normaalissa kuumavalssauksessa valssausolosuhteet voidaan määrätä puhtaasti tuottavuuden perusteella, teräksen metallurgia ei aseta vaatimuksia. TMCP-prosessissa sen sijaan lämpötilaa ohjataan tarkasti kuumennuksesta jäähdytyksen loppuun saakka.

Kuumavalssaukselta varten aihiot kuumennetaan yleensä 1200–1250 °C lämpötilaan. TMCP-prosessissa kuumennuslämpötila on usein hieman alempi, jolloin varmistetaan teräksen erinomainen iskukiteisyys. Kuumennuslämpötila on myös tuottavuuskysymys siinä mielessä, että valssausvaiheiden välinen odotusaika jää lyhyemmäksi kun kuumennuslämpötilaa alennetaan. Kuumennuslämpötila vaikuttaa mikroosainien erkaumien liukenemiseen, raekokoon, rekristallisaatioon, erkautumiseen ja karkenevuuteen.

Kuvan 8 mukaisesti teräksellä on valssauksen ohjauksen kannalta kolme kriittistä lämpötilaa: rekristallisaatiolämpötila (T_{nr}) sekä austeniitin hajaantumisen alku- ja loppulämpötilat (A_{r3} ja A_{r1}). Rekristallisaatio ja austeniitin hajaantuminen riippuvat voimakkaasti koostumuksesta ja siltä puolelta löytyy runsaasti kirjallisuutta. Austeniitin hajaantumiseen vaikuttaa myös edeltävä muokkaus oleellisesti, mutta ilmeisesti TMCP-prosessin nuoren iän takia tältä puolelta julkaisuja on niukalti.

Rekristallisaatiolämpötilan yläpuolella raerakenne uudelleenkiteytyy nopeasti valssauspistojen välillä. Tämä vaihe vaikuttaa loppulliseen lujuuteen ja sitkeyteen vain vähän. Rekristallisaatiolämpötilan alapuolella uudelleenkiteytymistä ei enää tapahdu, vaan muokkauksen vaikutuksesta rakeet venyvät pitkulaisiksi ja niiden sisään muodostuu liukunauhoja. Raerajat ja liukunauhat voivat toimia ferriitin ydintymiskohtina austeniitin hajaantumisen alkaessa. Sen ansiosta muokkaus rekristallisaatiolämpötilan alapuolella hienontaa tehokkaasti teräksen rakennetta ja raekokoa. Tämä on havaittavissa kuvasta 9. Tulokset ovat Rautaruukin koervalssauksista teräksillä, joiden analyysit on annettu taulukossa 2.

Mikroseostamattoman teräksen rekristallisaatiolämpötila on ma-



Kuva 9. Loppuvalssauslämpötilan ja jäähtymisnopeuden vaikutus ferriitin raekokoon teräksissä A–C.

Fig. 9. The effect of finish rolling temperature and cooling rate on the ferrite grain size of steels A–C.

Taulukko 2. Koeterästen A–D analyysit.

Table 2. Chemical composition of the experimental steels A–D.

	A	B	C	D
C	0.074	0.081	0.084	0.124
Si	0.28	0.26	0.23	0.22
Mn	1.42	1.43	1.40	1.31
P	0.013	0.014	0.013	0.02
S	0.003	0.003	0.002	0.009
Nb	0.002	0.03	0.031	0.024
Cu	0.48	0.28	0.01	0.01
Ni	0.25	0.27	0.04	0.06
N	0.078	0.052	0.063	0.047
Ti	0.002	0.003	0.018	0.001
C_{eq} (IIW)	0.37	0.36	0.33	0.36
P_{cm}	0.19	0.18	0.16	0.20

tala ($T_{nr} = 830–880$ °C), joten rekristallisoimaton muokkausaste kasvaa nopeasti valssauksen loppulämpötilan laskiessa. Mikro-seostetuilla teräksillä sen sijaan raekoko riippuu loppuvalssausläm-

pötilasta lievemmin, koska kontrolloitu valssaus mahtuu paremmin rekristallisaatiolämpötilan ($T_{nr} = 910-960\text{ °C}$) alapuolelle. Rae-rakenteen hienontaminen on yksi harvoista tavoista, joilla voidaan parantaa lujutta ja sitkeyttä samanaikaisesti.

Välittömästi T_{nr} -lämpötilan yläpuolella suoritettu muokkaus voi toisinaan johtaa rekristallisaatioon ja toisinaan olla johtamatta ja siten lisätä epävarmuutta ominaisuuksien saavuttamiseen. Siksi jälkimmäinen valssausvaihe tulee mitoittaa niin, että valssaus aloitetaan vasta sitten kun levyn keskustan lämpötila on rekristallisaatiolämpötilan alapuolella. Vastaavasta syystä valssaus tulee saada päätökseen ennen A_{r3} -lämpötilaa.

Nopeutetun jäähdetyksen tavoitteena voi olla ferriittinen, bainiittinen tai ferriittistä ja erilaisista karbidimuodostelmista koostuva mikrorakenne. Suurimmat lujuudet edellyttävät bainiittista rakennetta. Pehmeimmissä lujuusluokissa tyydytään usein ferriittis-perliittiseen rakenteeseen, jolloin jäähdetyksellä ensisijaisesti hienonetaan rakennetta ja hävitetään ilmassa jäähtyneelle teräkselle ominainen nauharakenne. Kuvassa 9 on esitetty jäähtymisnopeuden vaikutus raekokoon.

Vesijäähditys on erittäin monimutkainen tapahtuma ja prosessin vaikeimmin hallittava vaihe.

Analyyysi ja prosessiparametrit onkin optimoitava sellaisiksi, että tavoitteena olevat mekaaniset ominaisuudet saavutetaan mahdollisimman stabiilisti jäähtymisnopeuden ja jäähdetyksen loppulämpötilan vaihtelusta huolimatta. Myös itse jäähdetyslaitteen suunnittelun tärkein lähtökohta on tasaisen jäähdetyksen aikaansaaminen koko levyn alueelle.

SUMMARY

HIGH STRENGTH HEAVY STEEL PLATES MADE BY USING TMCP- PROCESS FROM RAUTARUUKKI RAAHE STEEL WORKS

The newest development among Rautaruukki's high-strength structural steels is represented by thermomechanically rolled heavy plate steels made by using controlled rolling and accelerated water cooling. The steel is suitable for applications with stringent strength and impact toughness requirements combined with a low degree of alloying and good weldability. The high strength and

Normalisoituun teräslevyyn verrattuna saadaan nopeasti jäähdetytty teräkselle myötölujuutta noin 100 MPa enemmän tai vaihtoehtoisesti hiilikvivalenttia voidaan laskea noin 0,1 %. Verrattuna samalla tavalla valssattuun, mutta sen jälkeen ilmassa jäähtyneeseen teräkseen, saadaan pelkällä vesijäähdetyksellä lisää myötölujuutta noin 50 MPa. Taulukossa 3 on esitetty tarkemmin muuttamien prosessiparametrien vaikutus lujuusluokan 420 MPa teräksen myötölujuuteen (R_{eH}), murtolujuuteen (R_m), murtovenymään (A_5) ja Charpy-V-kokeen transitiolämpötilaan ($E_{ATT} = 40\text{ J}$ iskuenergiaa ja $F_{ATT} = 85\%$ sitkeää murtumaa vastaava transitiolämpötila).

Taulukko 3. Valssausparametrien vaikutus teräksen D mekaanisiin ominaisuuksiin.

Table 3. The effect of rolling parameters on the mechanical properties of steel D.

Parametri	Muutos	R_{eH} MPa	R_m MPa	A_5 %	E_{ATT} °C	F_{ATT} °C
Kuumennuslämpötila, °C	1200 -1100	-20	-25	+2,5	-15	-30
Rekristallisoitumaton venymä kontrolloidussa valssauksessa	0.2 -1.0	+50	0	+1,5	-20	-30
Jäähtymisnopeus, °C/s	3 -10	+15	+15	-4,5	+5	0
Jäähdetyksen loppulämpötila, °C	650 -550	+20	+15	-2,0	-5	0

good formability of this steel enable lighter structures to be used giving weight savings and increased load-carrying capacity. The first applications of TM steels have been in shipbuilding, oil and gas pipelines and offshore constructions such as bridges and the frame structures of apartment and industrial buildings.

Cast and Roll – Uusi menetelmä saumattomien kupariputkien valmistamiseksi

DI Mauri Rantanen ja DI Kari Klemetti, Outokumpu Castform Oy, Metal Fabrication, Espoo

JOHDANTO

Saumattomien kupariputkien yleisin valmistusmenetelmä perustuu valettujen aihioiden eli pötkyjen kuumapursotukseen. Pursotuksen alussa sylinterimäisessä padassa oleva, lämpötilaan 900-950°C kuumennettu pötky lävistetään tuurnalla. Lävistetty kuparipötky painetaan painimella tuurnan ja pyöreän matriisin väliin jääneen rengasmaisen aukon lävitse usein suoraan jäähdytysvesialtaaseen. Näin syntyneen putkiaihion paino on tyypillisimmin 200-350 kg, riippuen pursottimen tehosta. Seuraava prosessivaihe on joko putkiaihion kylmävalssaus ns. Pilger-valssaimella tai aihion veto vetokelalla kiepiksi. Jotta yksittäisenä vaiheena suhteellisen kallis Pilger-valssaus voitaisiin välttää, tulee pursotetun putkiaihion seinämän olla tavallista ohuempi. Tämä puolestaan vaatii tehokkaan ja investoinniltaan kalliin pursottimen (ns. high-ratio press, HR). Kylmävalssattu putki, kuten HR-putkikin, vedetään loppumittaansa putkenvetokeloilla ja jatkuvatoimisilla vetokoneilla. Suurikalaisijaiset putket on mahdollista vetää vain suorina vetopenkeillä. Suorina toimitettavat putket sahataan määrämittäisiinsä ja kieppi-putket kiepitetään. Pehmeässä tilassa toimitettavat putket hehkutetaan ennen pakkaamista.

Myös muita valmistusmenetelmiä on käytössä, kuten kuumentun aihion lävistysvalssaus (piercing) ja saumallisten putkien hitsaus taivutetusta valssinauhasta.

Jotta valmistuksen romuprosentti ja käsittelykustannukset saataisiin mahdollisimman alhaisiksi, on käsiteltävän putkiaihion kappalepaino pidettävä suurena, mieluummin yli 300 kg. Tämä puolestaan vaatii suuritehoisen kuumapursottimen. Konventionaalisen valmistusmenetelmän epäkohtina ovatkin suuret investoinnit pursottimiin ja monimutkaisiin sekä käyttökustannuksiltaan kalliisiin Pilger-valssaimiin. Kuumapursotuksen epäkohtana on myös pursotetun putkiaihion epäkeskeisyys, mikä aiheutuu tuurnan taipumisesta pursotuksen alkuvaiheessa. Tämä on ongelmana etenkin HR-putkilla, joita ei voida käyttää ohutseinämäisten teollisuus- ja jäähdytysputkien valmistuksessa. HR-putkia käytetään tyypillisesti vesijohtoputkien valmistukseen.

Konventionaalisen prosessin vaatimat suuret investoinnit tehokkaisiin laitteisiin edellyttävät suurta vuosituotantoa, arviolta yli 20.000 tonnia vuodessa. Kasvava kupariputkien kysyntä lukuisilla pienillä teollistuvien maiden markkinoilla on antanut aiheen kehittää uusia menetelmiä, joilla pienien, hyvälaatuisten kupariputkia tuottavien yksiköiden perustaminen olisi teknistaloudellisesti järkevää.

Outokumpu Oy on jo 70-luvulla yrittänyt valmistaa kupariputkia jatkuvavaletuista, ns. near net-shape putkiaihioista. Valuaihioiden kylmäveto tai kylmävalssaus ei kuitenkaan ole osoittautunut teknisesti mahdolliseksi. Valurakente, jota ei voida hävittää kylmämuokkauksella, aiheuttaa vaikeuksia putkien loppuvetoissa. Toisaalta suurien putkikioppien hehkutus muokausvaiheiden välillä on liian kallis työvaihe. Kokeiden johtopäätöksenä oli, että hyvälaatuisten kupariputkien taloudellinen valmistaminen vaatii kuumamuokkauksen, jonka aikana tapahtuva dynaaminen rekristallisaatio hävittää haitallisen valurakenteen.

CAST AND ROLL-PROSESSI

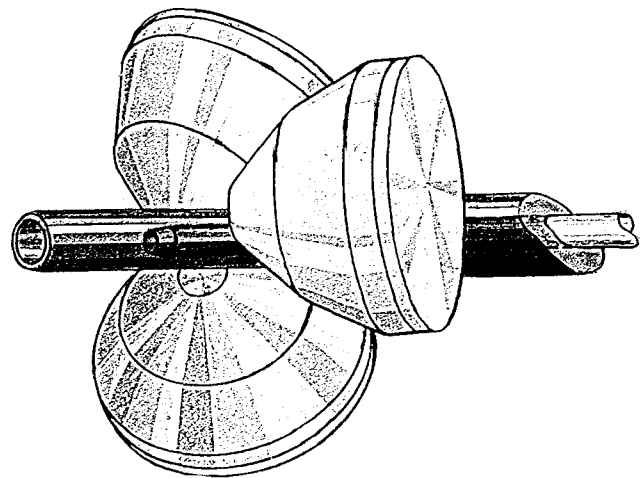
Perinteistä Pilger-valssauksista on muokkauksen hitauden vuoksi vaikea muuttaa kuumavalssaukseksi, sillä suhteellisen ohutseinämäinen aihio jäähtyy nopeasti. Ratkaisu lähelle lopullista muotoaan valetun aihion kuumamuokkaukselle löytyikin erittäin nopeasta ja suuresta kertareduktiosta, jolloin materiaalin sisäinen kitka aiheuttaa lämpötilannousun muokkaukskohdassa.

Pyöreän kappaleen suuri kertareduktio on mahdollista saavuttaa ns. planeettavalssauksella (planetary rolling), jossa kolme kartionmuotoista valssia pyörii muokattavan kappaleen ympäri (kuva 1). Saksalainen SMS Schloemann-Siemag AG on kehittänyt planeettavalssauksen kaupalliseksi prosessiksi teräsputkien kuumavalssaukseen, jossa lävistysvalssatut, esikuumentetut aihiot muokataan sopiviksi viimeistelevälle kylmävalssaukselle [1]. Outokumpu on soveltanut prosessin jatkuvavaletuille kupariputkiaihioille, jotka valssataan ilman esilämmitystä. Kertareduktio on yli 90 %, mikä riittää nostamaan muokattavan materiaalin lämpötilan kuparin rekristallisaatiolämpötilan (fosfori-deoksidoitulla kuparilla, DHP, noin 350°C) yläpuolelle. Menetelmää kutsutaan Cast and Roll-prosessiksi (C&R) ja se on jo patentoitu 30 maassa.

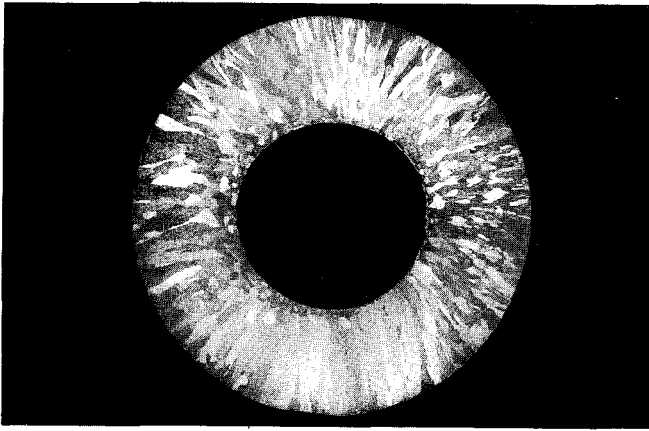
Putkiaihion jatkuvavalu

Putkimateriaalina yleisesti käytetty DHP-kupari (0.015-0.040 % P) sulatetaan katodeista ja hyvälaatuisesta romusta induktiuunissa hiilipeitosteen suojaamana. Deoksiantina käytettävää fosforikupariseosta lisätään tarpeen mukaan ja analyysin sekä lämpötilansäädön jälkeen sulaa kaadetaan suojattua ränniä pitkin valu-uuniin. Valu-uunissa sulan lämpötilaa säädetään induktorilla ja hapen pääsy sulaan estetään grafiittihiutaleitosteella.

Itse jatkuvavalu tapahtuu vaakasuoaraan valu-uunin seinämään



Kuva 1. Putken valssaus planeettavalssaimella.
Fig. 1. Planetary rolling of a tube.



Kuva 2. Jatkuvavaaletun putkiaihion ($\varnothing 80 \times 20$ mm) poikkeusleikkaushie.

Fig. 2. Cross section of a continuously cast tube shell.

kiinnitettyssä jäädyttimessä olevien grafiittisuulakkeiden läpi. Kupari jäähdytty putkenmuotoiseksi suulakkeessa, jossa on kartiomainen tuurna. Valmistu putkiaihiota vedetään vetorullilla ulos suulakkeesta nopeuden ollessa tyypillisesti noin 30 cm/min. Putkiaihiot katkaistaan määrämittoihinsa (10-13 m) liikkuvalla sahalla.

Putkiaihion mittojen valintaan vaikuttavat lopputuotteiden mitat ja määrät. Yleisesti ulkohalkaisija vaihtelee 80-90 mm välillä, seinämänpaksuuden ollessa 20-25 mm. Aihion mittoja, etenkin pituutta, muuttamalla voidaan käsiteltävä kappalepaino valita melko vapaasti: käytännössä paino on 300-500 kg. Samalla kertaa voidaan valaa useampia aihioita kapasiteettitarpeen mukaan, esimerkiksi 10.000 tonnia putkea vuodessa valmistava yksikkö tarvitsee kolme rinnakaista valusuulaketta.

Valuputkiaihion poikkileikkauksessa, kuva 2, näkyy tyypillinen karkea jäähdyttymisrakenne.

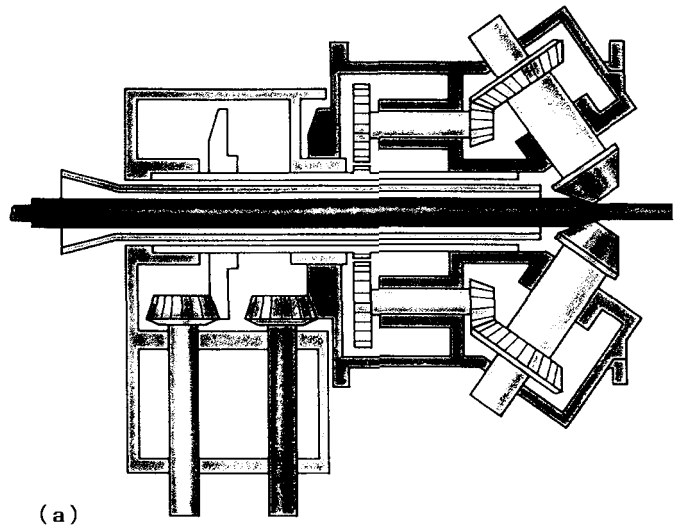
Planeettavalssaus

Planeettavalssaimen periaate on esitetty kuvassa 3. Kolme kartiomaisista valssia on asetettu roottoriin 120° kulmaan toisiinsa nähden siten, että valssien akselit ovat 50° kulmassa valssausuuntaan. Roottori valsseineen pyörii sisäpuolisella tuurnalla tuetun putkiaihion ympäri nopeudella 400 kierrosta/min. Myös itse valssit pyörivät akseliensa ympäri, ja säätämällä apukäytön avulla valssien nopeutta saadaan ulostulevan putken mahdollinen pyöriminen pysäytettyä. Tämä on tarpeen jotta valssattu putki voidaan kiepittää suoraan linjassa.

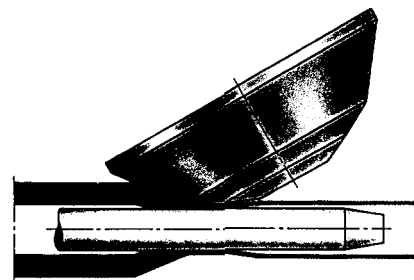
Valssausta aloitettaessa aihio ja tuurna työnnetään pyörivien valssien muodostamaan kapenevaan aukkoon. Pienen poikkeutuksen (noin $6-10^\circ$) ansiosta valssit vetävät aihion tuurnan ja valssien välisen aukon lävitse.

Muokkausaste on suuri, yli 90 %, ja koska prosessi tapahtuu hyvin nopeasti, noin 2-3 sekunnissa, lämpenee materiaali punaheikkiseksi muokkausvyöhykkeessä. Tällöin dynaaminen rekristallisaatio hävittää muokkaantuneen valurakenteen ja tuloksena on tasarakainen, pehmeä materiaali. Heti valssauksen jälkeen putki jäädytetään vesialtaassa hapettumisen välttämiseksi ja halutun raekoon saamiseksi. Itse muokkausvyöhykkeessä ei käytetä voitelua, ainoastaan valsseja jäädytetään vesisuihkulla.

Muokkausvyöhykkeen pitkittäisleikkaushie on esitetty kuvassa 4 ja poikkileikkaus kuvassa 5. Aihio muokkautuu valssien välissä kolmionmuotoiseksi ja vasta valssien ns. viimeistelyvyöhykke pyöristää ulostulevan putken. Putken sisähalkaisija kasvaa poikkittaisesta materiaalivirtauksesta johtuen suuremmaksi (kuva 3b),



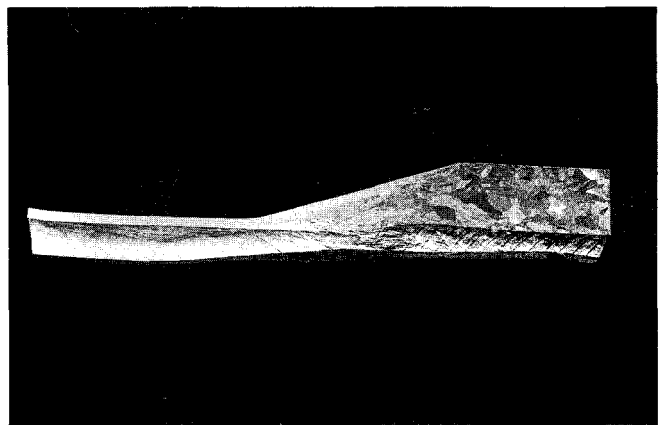
(a)



(b)

Kuva 3. Planeettavalssaimen periaate (a), sekä kaaviollinen esitys muokkausprosessista (b) /1/.

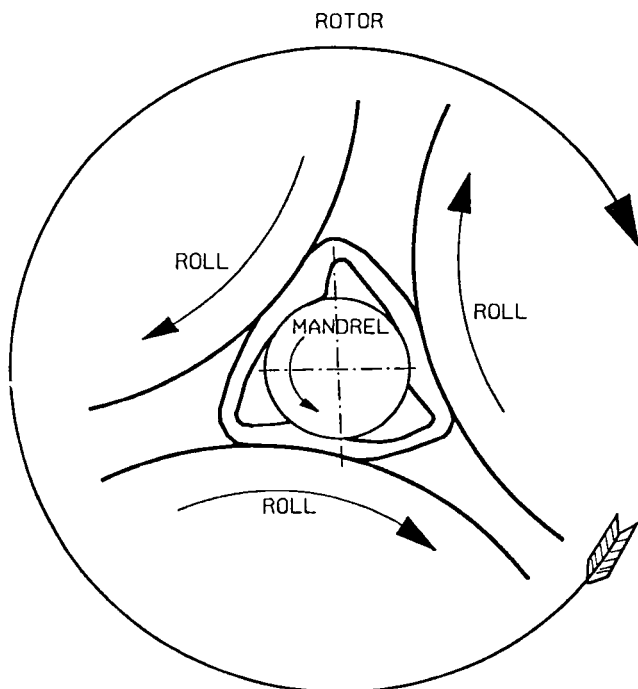
Fig. 3. Design of the three-roll planetary mill (a), and a schematic representation of the deformation process (b) /1/.



Kuva 4. Muokkausvyöhykkeen pitkittäisleikkaushie.
Fig. 4. A section of the deformation zone.

mikä juuri mahdollistaa pyöristymisen putken jättäessä valssien kärkiosan.

Valssatun putken kokoa voidaan säätää tietyissä rajoissa säätämällä valssien etäisyyttä tuurnasta; mitä ohuempi seinämä, sitä suurempi halkaisija. Yleensä on järkevintä valssata vain yhtä kokoa putkea ja käyttää erilaisia veto-ohjelmia erikokoisille lopputuotteille. Tyypillinen valssatun putken kokoalue on $\varnothing 44-48$ mm $\times 2-2.5$ mm.



Kuva 5. Kaaviollinen esitys muokkausvyöhykkeen poikkileikkauksesta.

Fig. 5. A schematic representation of the cross section of the deformation zone.

Vetäminen

Valssattu putki on pehmeäksi hehkutetussa tilassa ja sen pinnalla on pientä kierremäistä epätasaisuutta, eikä sille näinollen ole käytössä sellaisenaan: kiepitetty putket tarvitsevat kylmävetoja lopullisiin mittoihinsa.

SUMMARY

CAST AND ROLL – A NEW METHOD FOR THE FABRICATION OF SEAMLESS COPPER TUBES

A new method for the fabrication of seamless copper tubes has been developed by Outokumpu Oy. It is based on rapid deformation of continuously cast tube shells by planetary rolling. The degree of deformation is more than 90 %, and due to internal friction, the temperature of the material rises well above the recrystallization point. As a consequence, the cast structure is homogenized. The soft re-draw tube obtained this way can be drawn to any commercial tube size as customary on conventional spinner

Kuumamuokkauksen ansiosta putkia ei välihehkuteta, vaan ne voidaan vetää suoraan kiepiltä kiepille konventionaalisiin menetelmiin. Ulkopinnan epätasaisuudet häviävät jo ensimmäisessä vedossa.

KÄYTTÖKOKEMUKSIA

Outokumpu Oy aloitti koeajot tuotantomittakaavaisella C&R-koe-laitteistolla vuonna 1987. Menetelmällä on valmistettu vesijohtoputkia myyntiin sekä koe-eriä ohutseinäisiä teollisuusputkia.

Ensimmäinen putkitehdas perustuen C&R-menetelmään on myyty Etelä-Koreaan, ja sen tuotannon (10.000 tonnia/vuosi vesijohto- ja teollisuusputkia) on suunniteltu alkavan vuoden 1991 lopulla.

C&R-menetelmän käyttökustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin konventionaalisella putkenvalmistusmenetelmällä. Energiantarve on pienempi koska esilämmitystä ei tarvita ja koska muokkaus tapahtuu pyörivin liikkein, eikä edestakaisin liikkein kuten pursotuksessa ja Pilger-valssauksessa. Työkalu- ja kunnossapitokustannukset ovat selvästi pienemmät verrattaessa Pilger-valssaukseen. Helpon automatisoinnin ansiosta myös työvoimakustannuksissa voidaan säästää.

YHTEENVETO

Outokumpu Castform Oy:n kehittämä ja markkinoima uusi kupari-putkien valmistusmenetelmä soveltuu erityisesti pienimittakaavaiseen tuotantoon, minimivuosituotannon ollessa noin 3000-5000 tonnia, paikallisista olosuhteista riippuen. Tämä etu johtuu jatkuvalun ja planeettavalssauksen pienemmistä investointikustannuksista verrattuna konventionaaliseen kuumapursotusmenetelmään.

Lisäksi suurempi yksikköpaino sekä pienemmät käyttökustannukset antavat valmistajalle lisää kilpailuetuja ilman että tuotteiden laadusta tarvitsee tinkiä.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

1. *Bretschneider, E.*, Novel Tube-rolling Process Using the 3-roll Planetary Mill (PSW), Iron and Steel Engineer, October 1981, 51–54.

blocks.

The main advantages of the new process in comparison to conventional methods are:

- lower initial investment cost
- reduced energy consumption
- lower tooling and maintenance costs
- increased coil weights
- improved yield of material

kahden rinnalle.

Koksauksen aikana hiiliseoksesta poistuvat sen sisältämä vesi sekä kivihiilen haihtuvat komponentit. Syntyvä kaasu imetään sivutuotelaitokselle puhdistettavaksi.

SIVUTUOTELAITOS

Sivutuotelaitoksen tehtävänä on jäähdyttää ja puhdistaa koksikaasu käyttökelpoiseen koostumukseen ja ottaa sen sisältämät arvokkaat kemikaalit talteen.

Sivutuotelaitoksen prosessi käsittää nykyisin seuraavat alueet:

- Terva- ja kondenssiosasto
 - Ammoniakkilaitos
 - Naftaleenilaitos
 - Kiertovesipumppaamo
 - Biokemiallinen puhdistamo
- sekä laajennuksen jälkeen lisäksi:
- Rikinpoistolaitos
 - Bentseenilaitos

Terva- ja kondenssiosasto

Kivihiilestä erottuu koksauksen aikana kaasun joukkoon mm. tervaa. Tervasta suurin osa nesteytyy kaasun jäähtyessä n. 800°C → 80°C kaasun nousu- ja kokoojaputkiin suihkutettavan kiertohuuh- teluveden ansiosta.

Kokspatterilta tuleva kaasu on noin 80 asteista ja se jäähdytetään esijäähdyttimissä 22 asteeseen. Esijäähdyttimet ovat epäsuo- raa tyyppiä olevia putkijäähdyttimiä, joiden putkistoissa kiertää teknistä jäähdytysvettä. Esijäähdyttimien määrä lisääntyy laajen- nuksessa kolmella. Tämän jälkeen esijäähdyttimiä on kuusi kappa- lletta, joista kerrallaan käytössä on neljä ja varalla kaksi. Esijääh- dyttimiin suihkutaan myös kiertotervaa lämmönvaihtopinnoille härmistävän naftaleenin liuottamiseksi.

Esijäähdyttimien jälkeen kaasu puhdistetaan sumumaisesta ter- vasta, vedestä ja kiintoaineista sähkösuotimissa. Yhtä sähkösuoi- dinta käytetään patterin lämmitykseen menevän koksikaasun lisä- puhdistukseen. Sähkösuotimien määrää ei tarvitse lisätä laajennuk- sessa.

Patterilta tuleva kiertohuuh- teluvesi, johon koksikaasun sisältä- mä terva on liennut, käsitellään aluksi mekaanisissa selkeyttimis- sä, joissa ominaispainoeroon perustuen terva laskeutuu pohjalle ja vesi nousee pinnalle. Selkeytyvä vesi kierrätetään kokspatterille kaasun jäähdytykseen. Tästä kiertohuuh- teluvesipiiristä poistetaan jatkuvasti kertyvää ylimääräistä vettä, joka käsitellään edelleen ammoniakkilaitoksella. Laajennuksessa asennetaan yksi uusi me- kaaninen selkeytin nykyisten kahden lisäksi.

Mekaanisista selkeyttimistä saatava terva käsitellään edelleen tervaselkeyttimessä, jossa tervasta erotetaan vettä samalla tavalla kuin mekaanisissa selkeyttimissä. Tämän jälkeen terva pumpataan välisäiliön kautta varastosäiliöön, josta se kuljetetaan säiliöautolla sataman varastosäiliöön. Selkeyttimissä erottuu myös patterilta pe- räisin oleva hiilipöly ns. pikiliete. Pikiliete kuljetetaan hiilikentäl- le, jossa se sekoitetaan koksaukseen menevän kivihiilen joukkoon. Tuotettu terva myydään ulkomaille, jossa se jalostetaan kemian teollisuuden raaka-aineeksi. Myytävän tervan vesipitoisuus on 3–5 %.

Sähkösuotimien jälkeen kaasu tulee imurille, jonka avulla kaasu imetään patterilta ja toimitetaan puhdistusvaiheiden jälkeen teräs- tehtaan ja patterin käytettäväksi. Kaasuimureita on laajennuksen jälkeen neljä kappaletta (nykyisin kolme), joista kerrallaan käytös- sä on kaksi (nykyisin yksi). Laajennuksen yhteydessä asennetaan kaasu- linjaan myös kaksi paineenkorotuspuhallinta, terästehtaalle tarvittavan paineen aikaansaamiseksi. Puhaltimista toinen on käy- tössä ja toinen varalla.

Ammoniikki- ja rikinpoistolaitokset

Nykyinen prosessi sisältää vain ammoniakkilaitoksen. Ammoniak- kilaitoksella pestään koksikaasusta ammoniakkilaitoksen veteen, tislataan ammoniakkivesi höyryn avulla sekä hajotetaan syntynyt ammo- niakkihöyry alkuaineikseen krakkausreaktorissa nikkelikatalyytti- patjan avulla n. 1050°C:n lämpötilassa.

Laajennuksessa ammoniakkilaitoksen yhteyteen lisätään rikin- poistolaitos. Rikinpoistolaitos rakennetaan pääasiassa ympäristön- suojellullisista syistä. Sen avulla vähennetään Raahan terästehtaan rikkipäästöjä n. 40 %.

Ammoniikki- ja rikinpoistolaitoksella puhdistetaan koksikaasu- ta ammoniikki ja rikkivety. Lisäksi erotetaan tervaselkeyttimien ylittevedestä siihen liuennut vapaa ja kiinteä ammoniikki.

Puhdistamaton koksikaasu sisältää keskimäärin ammoniakkia 7,9 g/Nm³ ja rikkivetyä 5,7 g/Nm³. Puhdistuksen jälkeen kaasun ammoniakkipitoisuus on alle 0,03 g/Nm³ ja rikkivety pitoisuus alle 0,5 g/Nm³. Puhdistusprosessissa saadaan puhdasta (99,8 paino-%) nestemäistä rikkijä noin 2500 tonnia vuodessa, tuotettu rikki myy- dään ulkopuolisille asiakkaille.

Prosessi etenee siten, että ensin kaasuimureissa lämmennyt ka- su jäähdytetään noin 24°C:een. Tämän jälkeen kaasu johdetaan H₂S-pesuriin, jossa koksikaasun sisältämä rikkivety erotetaan pe- suliukseen. H₂S-pesurissa on kaksi kiertojäähdytyspiiriä, joiden tarkoituksena on poistaa rikkivedyn absorpoitumisessa syntyvä lämpöenergia ja näin estää pesuliuksen ja koksikaasun lämpene- minen pesurissa. Käytettävä pesuliuos on ammoniakkirikasta, kos- ka pesuliuksen sisältämä ammoniikki on edellytyksenä tehok- kaalle rikkivedyn absorptiolle.

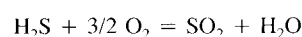
Rikkivedyn pesun jälkeen koksikaasu johdetaan ammoniakkipe- surille. Ammoniakin pesuun käytetään pehmenettyä vettä sekä ammoniakkitislaimen alitevettä. NH₃-pesurin alaosasta ammoniak- kipitoinen pesuvesi pumpataan osittain H₂S-pesurin huipulle ja osittain takaisin NH₃-pesurin alimmaiseen vaiheeseen. Pesuvaihei- den jälkeen saatava pesuliuos, joka sisältää koksikaasusta liuenneet komponentit (H₂S, NH₃, CO₂, HCN ja eräitä hiilivetyjä) kerätään välisäiliöihin ja pumpataan tislaukseen edelleen käsiteltäväksi.

Pesuliuos syötetään esilämmityksen jälkeen H₂S-tislaimen hui- pulle. H₂S-tislainta, kuten myös NH₃-tislainta, lämmitetään mata- lapaineisella höyryllä. H₂S-tislaimen alitteena saatava pesuliuos johdetaan osittain NH₃-tislaimelle ja osittain H₂S-pesurin pesu- liuokseksi.

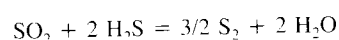
NH₃-tislaimella pesuliuksesta erotetaan sen sisältämä ammo- niikki. Tislaimen syötetään NaOH-liuosta kiinteiden ammonium- suolojen hajottamiseksi. Tislaimen alite syötetään osittain NH₃- pesurille ja osittain biokemialliseen jätevesien puhdistukseen. Ylit- teenä saatava ammoniakkihöyry johdetaan H₂S-tislaimen puolivä- liin, josta se joutuu H₂S-tislaimen ylittekaasujen joukkoon. Myös NH₃-tislaimen väliltä poistetaan ammoniakkihöyryvirtaus, joka johdetaan H₂S-tislaimen pohjalle.

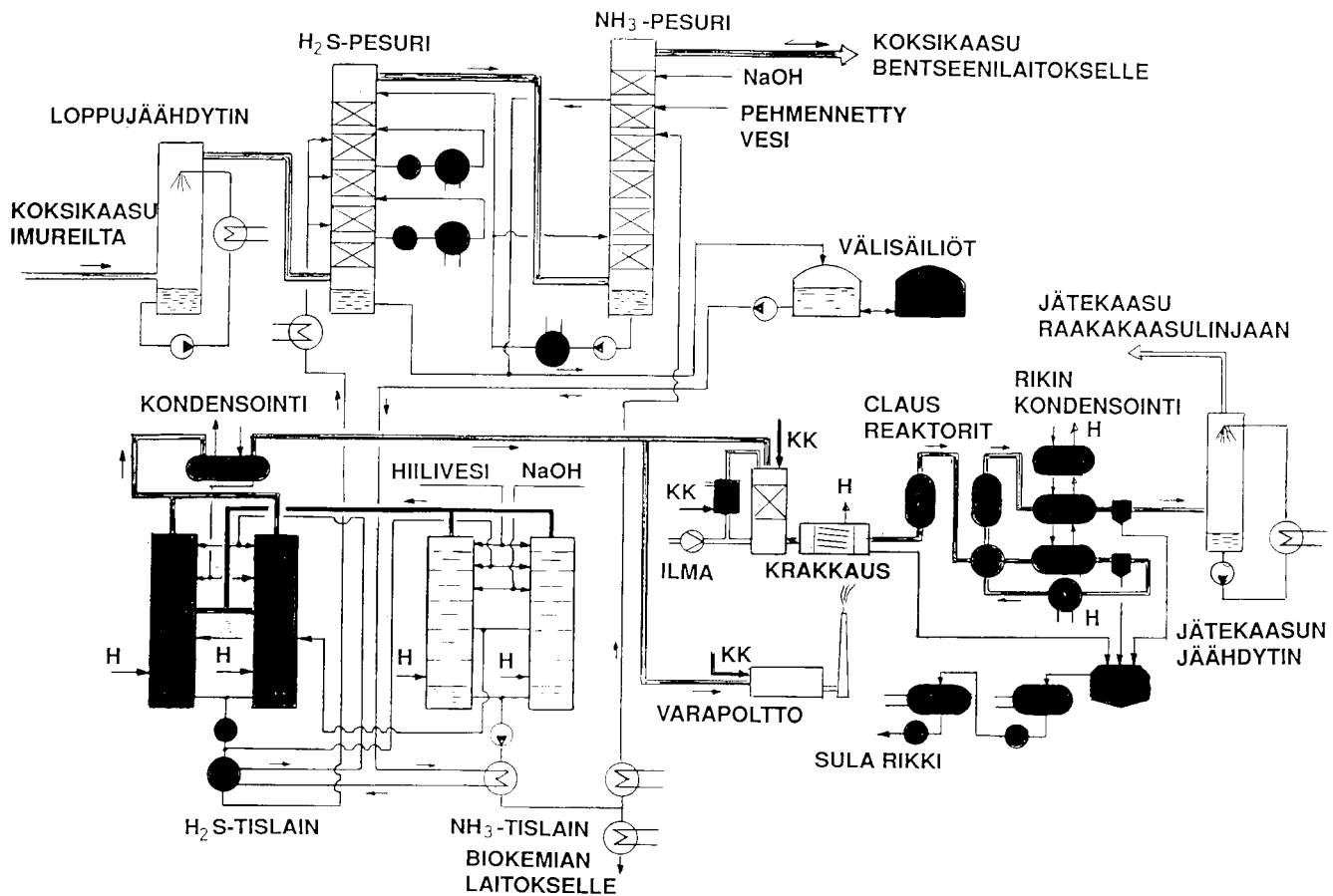
H₂S-tislaimen huipulta poistuvat höyryt sisältävät kaikki koksi- kaasusta liuenneet komponentit ja ne johdetaan titaanista raken- netun lämmönvaihtajan kautta krakkausreaktorin yläosaan. Krak- kausreaktorin yläosaan syötetään myös 350°C lämpötilaan lämmi- tettyä ilmaa. Reaktorissa tapahtuvassa reaktiossa vapautuva läm- pöenergia riittää ylläpitämään tarvittavan lämpötilan, joten erillistä lämmitystä ei tarvita.

Reaktorin katalyyttipatjassa ammoniikki ja syaanivety hajoavat ja reagoivat hapen kanssa, reaktiotuotteet ovat CO₂, CO, H₂, N₂ ja H₂O. Reaktorin alaosan katalyyttipatjan alapuolelle syötetään lisäilmaa, jolloin kaasujen sisältämä H₂S palaa osittain H₂O:ksi ja SO₂:ksi. Reaktioyhtälö on:



Samalla alkaa rikin pelkistymisreaktio





Kuva 2. Ammoniikki- ja rikinpoistolaitokset.
Fig. 2. The ammonium and desulfurization plants.

Nestemäistä rikkiä alkaa kondensoitua kaasun jäähtyessä reaktorin jätelämpökattilassa. Tämän jälkeen kaasu johdetaan ensimmäiseen Claus-reaktoriin, jossa rikin pelkistyminen jatkuu. Reaktorissa kaasu johdetaan lämmönvaihtimen kautta rikin kondensointiin. Nesterikki erottuu rikinerottimessa ja kaasu lämmitetään uudelleen höyryn ja reaktorista tulevan kaasun avulla ennen toista Claus-reaktoria. Seuraavat vaiheet ovat jälleen kaasun kondensointi ja rikinerotus. Tämän jälkeen kaasu jäähdetetään ja johdetaan patterilta tulevan koksikaasun joukkoon.

Nestemäinen rikki varastoidaan säiliöön, josta se kuljetetaan säiliöautolla asiakkaille.

Kuvassa 2 on esitetty ammoniikki- ja rikinpoistolaitosten prosessikaavio.

Bentseenilaitos

Toinen merkittävä ympäristönsuojelullinen investointi, joka toteutetaan kooksaamon laajennuksen yhteydessä, on bentseenilaitoksen rakentaminen. Bentseenilaitoksella puhdistetaan koksikaasu bentseenistä pitoisuudesta 27 g/Nm^3 pitoisuuteen 2.5 g/Nm^3 .

Bentseenin puhdistamiseksi koksikaasusta johdetaan NH_3 -pesurilta tuleva kaasu bentseenipesuriin. Pesurissa kaasu kulkee alhaalta ylöspäin vastavirtaan ylhäältä tulevan pesuöljyn kanssa. Pesurin sisältämät täyteritilät aikaansaavat riittävän kontaktin kaasun ja öljyn välillä.

Pesun jälkeen pesuöljy sisältää noin 1.6 % raakabentseeniä. Öljy pumpataan lämmönvaihtajan kautta bentseenin tislaimen yläosaan. Höyrynsyötön avulla bentseeni- ja naftaleenikomponentit strippautuvat öljystä. Tislauskolonnista saatavat höyryt käsitellään bentseenin, naftaleenin ja veden erottamiseksi.

Erotuskolonnissa naftaleeni saadaan kolonnin alaosasta ja se

johdetaan tervan joukkoon. Vesi erottuu kolonnin puolivälissä ja bentseeni saadaan kolonnin huipulta. Kolonnin yläosaan johdetaan palautusvirtauksena raakabentseeniä halutun raakabentseenin laadun saavuttamiseksi. Kolonnin huipulta tulevat höyryt jäähdetetään ja johdetaan vedenerottimeen, missä raakabentseeni erottuu vedestä erilaisen ominaispainonsa vuoksi. Raakabentseeni pumpataan osittain tislaukskolonnin palautukseen ja osittain varastosäiliöön.

Tislattu pesuöljy johdetaan takaisin bentseenipesuun, pesurille menevään öljyvirtaan syötetään myös noin 60–80 kg/h uutta pesuöljyä. Jotta pesuöljyn viskositeetti saadaan pysymään vakiona, käsitellään jatkuvasti osa kuumasta pesuöljystä pikikolonnissa.

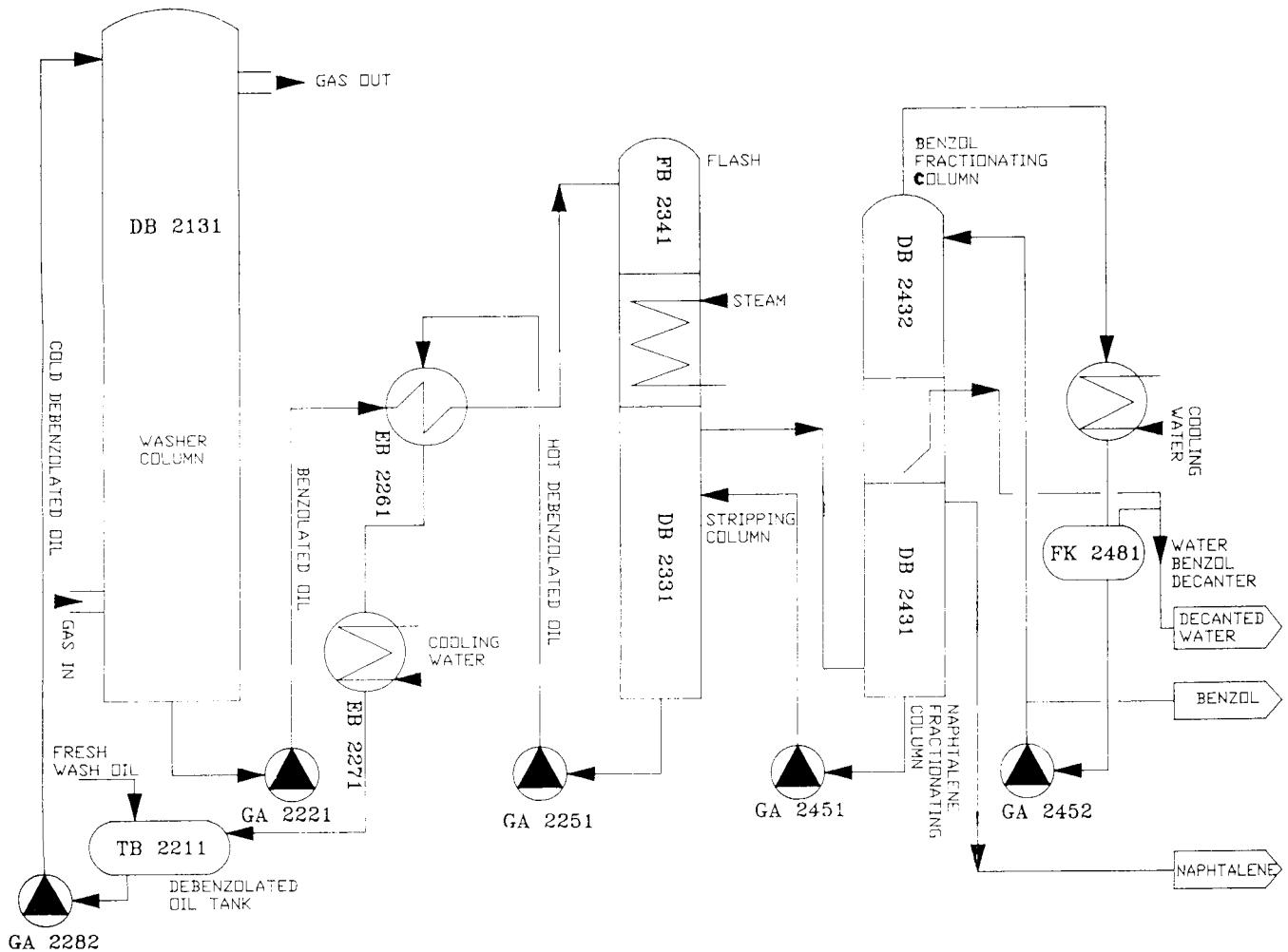
Raakabentseenin saanti on 90 % ja sen tuotanto vuodessa on noin 12400 tonnia.

Naftaleenilaitos

Naftaleenin erottaminen koksikaasusta tapahtuu pesutorneissa. Pesuaineena käytetään kevytöljytyyppistä mineraaliöljyä. Pesutorneja on kaksi kappaletta, joissa kummassakin öljy kiertää kahdessa piirissä, näinollen naftaleenin pesu tapahtuu neljässä sarjassa olevassa pesuvaiheessa. Kierrosta poistettava naftaleenia sisältävä öljy poltetaan voimalaitoksen kattiloissa.

Laajennuksen jälkeen saavutetaan naftaleenin osalta riittävä pesutulos jo bentseenipesurissa. Tästä syystä naftaleenilaitos jää varalaitokseksi, jota käytetään silloin, kun bentseenilaitos on huollon tai muun vastaavan syyn takia pois käytöstä. Lisääntyvän kaasumäärän takia muutetaan nykyiset naftaleenipesurit rinnan toimiviksi.

Puhdistetusta kaasusta osa menee patterin lämmitykseen ja loput terästehtaalte, lähinnä valssaamon ja voimalaitoksen käyttöön. Ti-



Kuva 3. Bentseenilaitos.
Fig. 3. The benzene plant.

lanteissa, joissa kaikkea koksikaasua ei voida käyttää, se poltetaan kaasufakkelissa. Kaasun kulutusvaihteluita ja painetta tasataan kaasukellon avulla. Taulukossa 1 on esitetty puhdistetun koksikaasun analyysi laajennuksen jälkeen.

Taulukko 1. Puhdistetun koksikaasun analyysi.
Table 1. The analysis of the cleaned coke gas.

H ₂ %	57.0
CH ₄ %	22.7
CO %	6.9
CO ₂ %	2.3
C ₂ H ₆ %	0.5
N ₂ %	9.8
O ₂ %	0.5
H ₂ S %	0.07
Naft. g/Nm ³	0.05
NH ₃ g/Nm ³	0.03
H ₂ S g/Nm ³	0.5
Bents. g/Nm ³	2.5

Koksikaasun lämpöarvo on 15.8 MJ/Nm³ ja tuotanto vuodessa on noin 517 milj.Nm³.

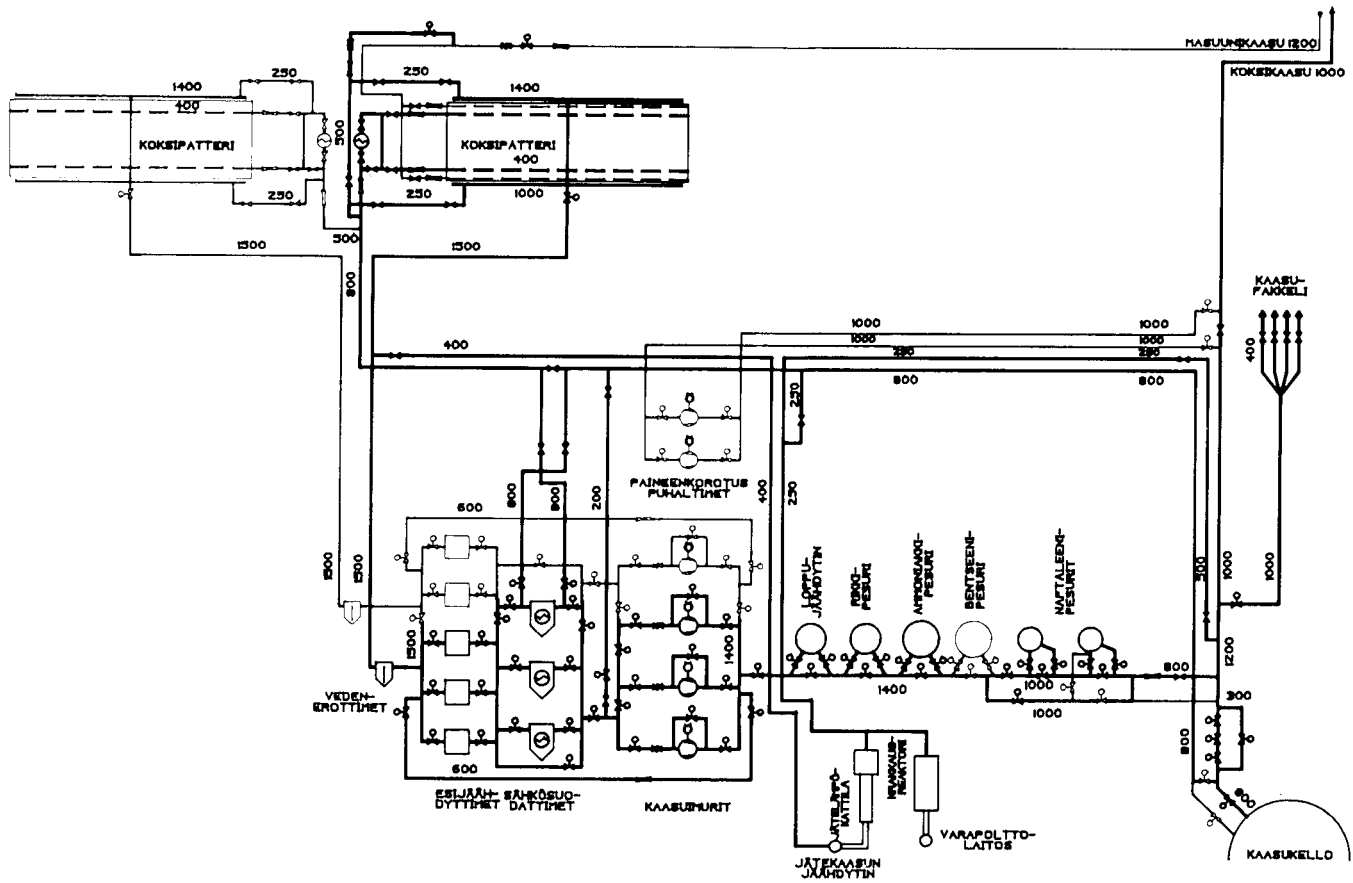
Kiertovesipumppaamo

Kiertovesipumppaamo käsittää teknisen veden jäähdytyksen sekä pumppauksen eri käyttökohteisiin. Jäähdytysvesi on suljetussa kierrossa ja sen kokonaismäärä tulee olemaan n. 3900 m³ (nykyisin n. 2000 m³). Suurimmat käyttökohteet ovat esijäähdyttimet sekä ammoniakki- ja rikinpoistolaitosten eri jäähdytyskohteet. Laajennuksessa jäähdytyskapasiteettia lisätään rakentamalla uusi kaksilohkoinen jäähdytystorni.

Biokemiallinen puhdistamo

Jätevesien biokemiallisella puhdistuslaitoksella käsitellään mekaanisesti, kemiallisesti ja biologisesti kaikki koksaaon jätevedet. Puhdistettavien vesien kokonaismäärä on laajennuksen jälkeen n. 60 m³/h (nykyisin n. 30 m³/h), josta pääosa tulee ammoniakki- ja rikinpoistolaitokselta NH₃-tislaimen alitteena. Jäteveden haitallisia aineita ovat terva, öljy, fenolit, rodanidit, syanidit, ammoniakki sekä sulfidit. Jätevedestä puhdistetaan ensin mekaanisesti selkeyttämällä ja vaahdottamalla terva, öljy ja kiintoaineet.

Tämän jälkeen vesi johdetaan ilmastuslaitosiin, joissa mikrobikannan avulla hajotetaan fenolit, rodanidit ja syanidit. Puhdistettu vesi pumpataan terästehtaan lietealtaaseen ja sieltä edelleen, keskimäärin puolen vuoden viipymäajan jälkeen, mereen. Nykyisellä biokemiallisella jätevesien puhdistuslaitoksella pystytään puhdistamaan myös laajennuksen jälkeen syntyvät jätevesimäärät, joten laitoksen osalta ei ole laajennustarvetta.



Kuva 4. Kaasun virtauskaavio koksaamolla.
Fig. 4. The gas flows in the coking plant.

SUMMARY

THE BY-PRODUCT PLANT OF THE COKING PLANT

Iron ore concentrate and coke are the basic raw materials for the manufacture of pig iron. Coke is produced by heating coal in a closed oven. The gas generated in the coking process is treated at the by-product plant to remove any tar, ammonia and naphthalene. In year 1992 also benzole and sulphur are removed from the gas.

Most of the tar separates out when the gas temperature is brought down from 800°C to less than 30°C. The tar produced is sold abroad. In order to remove the ammonia, the coke gas is washed with water in gas scrubbers. The ammonia fraction is separated from the ammonia-bearing water by distillation. The

ammonia vapour released is divided into its chemical elements at high temperature using a nickel catalyst.

The naphthalene fraction is also separated from the coke gas in the gas scrubbers, using a type of light fuel oil as a washing agent.

Some of the purified coke gas is used to heat the battery and the rest is used at the steel works, mostly in the rolling mill reheating furnaces.

After expansion benzene is produced 12400 tons/year and sulphur 2500 tons/year.

Användning av extraktion inom hydrometallurgi

TkD Erkki Paatero, Institutionen för teknisk kemi, Åbo Akademi, Åbo

INLEDNING

Extraktionsforskning påbörjades vid Åbo Akademi år 1967 under ledning av prof. Leif Hummelstedt /1-3/, som redan då insåg extraktionens potentiella möjligheter som en viktig separationsmetod inom processmetallurgin /4/. Under de gångna 23 åren har det runt om i världen i jämn takt tagits i bruk nya tillämpningar, på vilka några exempel ges i tabell 1. Extraktion är numera ett viktigt delsteg t.ex. i Outokumpu Chemical Oy:s process för framställning av kobolt- och nickelsalter (figur 1).

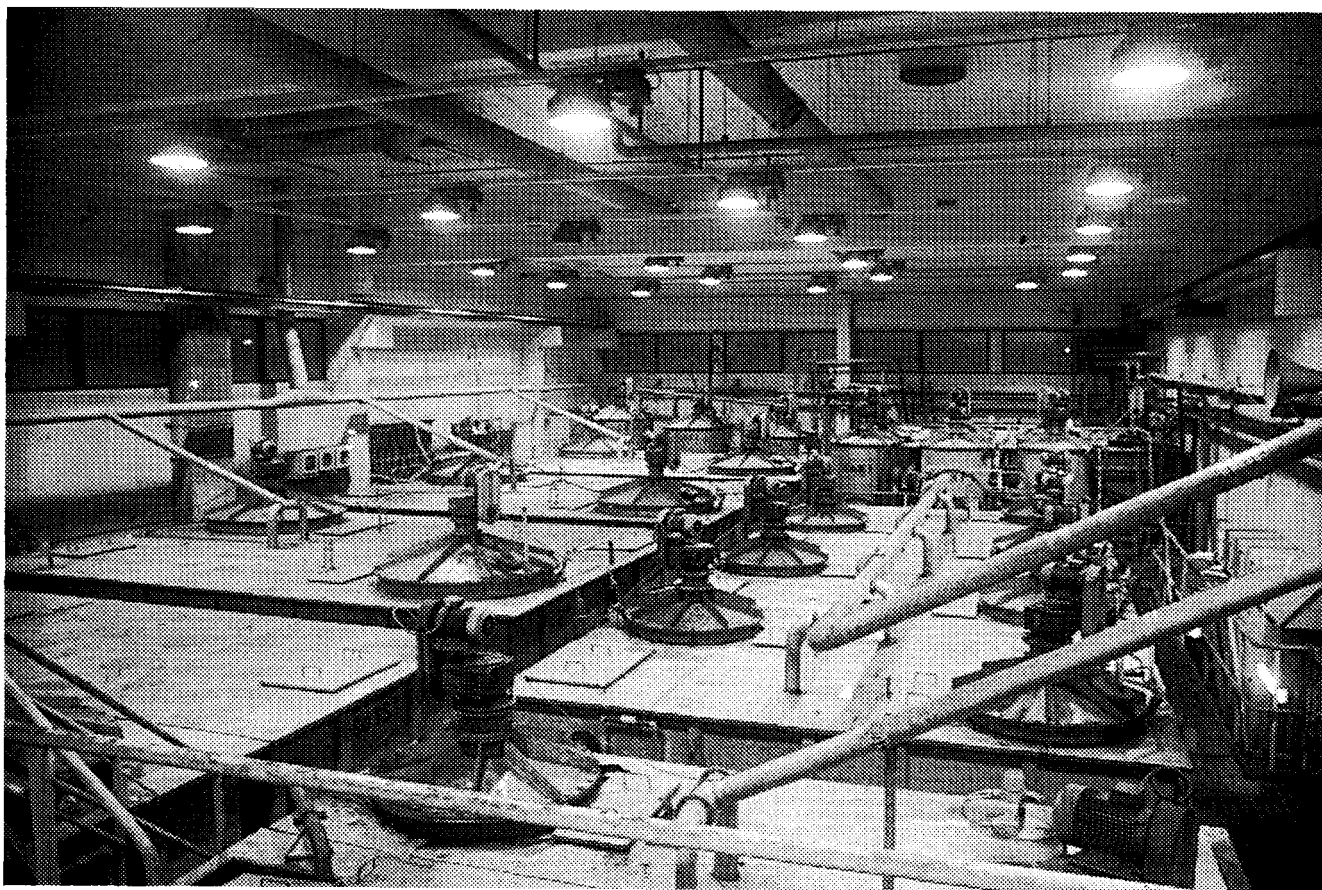
Extraktion används vid framställning av metaller utgående från primära råvaror, för tillvaratagning av metaller från olika sekundära källor (slagg, anodslam, förbränningsåterstod, använda katalysatorer, skrot m.m.) och för avlägsnande av störande joner vid rening av processlösningar. Fördelen med extraktionsförfarandet är, att man kan arbeta med nära nog slutna system i normala tempera-

tur- och tryckområden, att automationsgraden är hög och att samma utrustning kan modifieras för andra råvaror och separationsuppgifter.

I den föreliggande artikeln ges en översikt över aktuella kommersiella reagens samt deras existerande och potentiella tillämpningar inom hydrometallurgi. Litteraturhänvisningarna är även valda med tanke på praktiska tillämpningar.

PRINCIPEN FÖR EXTRAKTION

Extraktion eller mera bestämt sagt vätske-vätskeextraktion baserar sig på, att metallen, som finns i en vattenlösning i form av en hydratiserad jon eller ett jonkomplex, förs under omrörning i kontakt med en oljefas, som innehåller det aktiva extraktionsreagenset. Dylika organiska reagens är till sin karaktär amfifiler. De har en lipofil, oljelöslig del, som ofta består av två eller flere alkylgrup-



Figur 1. Vy från Outokumpu Chemical's extraktionsanläggning i Karleby.

Figure 1. View from the solvent extraction plant of Outokumpu Chemical in Kokkola (Karleby).

Tabell 1. Några milstolpar i tillämpningen av metallextraktion.
Table 1. Some landmarks in the history of metal extraction.

År	Process	Företag
1950-talet	Flera tillämpningar inom kämbränsleindustrin	
1963	Extraktion av niob och tantal med MIBK	Metallurgie Hoboken-Overpelt, Belgien
1965-72	Separering av lantanider	Typpi Oy (numera Kemira Oy) /25/
1968	Världens första koppar-extraktionsanläggning	Ranchers Exploration and Development Co Ltd, Bluebird Mine, Miami, Ariz., USA
1968	Avlägsning av Fe, Co och Cu från nickelhaltiga kloridlösningar	Falconbridge Nickelverk, Kristiansand
1974	Världens största kopparextraktionsanläggning, kapacitet 1990 ca 100000 ton/a Cu-katoder.	Tailings Leach Plant, NCCM (nu Nchanga Divison ZCCM), Zambia
1976	Utvinning av zink	Espindesa-processen i Bilbao
1978-86	Extraktion av molybden	Outokumpu Oy, Karleby
1981-86	Utvinning av renium	Outokumpu Oy, Karleby /26/
1985-	Tillverkning av kobolt- och nickelkemikalier	Outokumpu Chemical Oy, Karleby

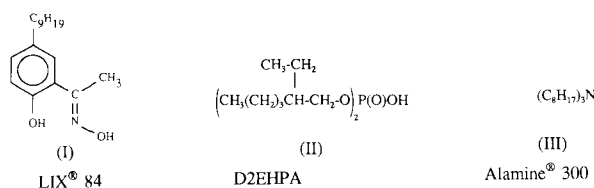
per. och en hydrofil, polar del, som koordinerar till metallen. Reagensets uppgift är att så selektivt som möjligt reagera med den aktuella metallen så att den överförs till oljefasen, varefter faserna får separeras. Inom hydrometallurgi används oftast mixer-settler apparater, vars enkla verkningsprincip framgår av figur 2 och vilka även kan ses i fotografiet (figur 1). Reagenset regenereras eller strippas i likadana mixer-settler celler, varvid metallen överförs från oljefasen till en ny vattenfas, som består av stripplösningen.

TEKNISKA EXTRAKTIONSREAGENS

I litteraturen har ett stort antal extraktanter föreslagits, men för att ett reagens skall framgångsrikt kunna användas i tekniska tillämpningar, bör det åtminstone uppfylla följande krav: reagenset och dess metallkomplex bör vara fullständigt lösliga i det organiska utspädningsmedlet och olösliga i vatten, reagenset skall vara termiskt och hydrolytiskt stabilt och det bör kunna tillverkas ekonomiskt i stora kvantiteter. I tabell 2 ges en förteckning över kommersiella extraktionsreagens, som för närvarande finns tillgängliga och som anses ha teknisk betydelse. Reagensen är indelade enligt den reaktionsmekanism, som vanligen är den dominerande för respektive reagens. I tabellen ges även exempel på tillämpningar.

Nedan visas molekylstrukturen för tre vanliga extraktionsreagens, dvs. 2-hydroxy-5-nonylaceto-fenonoxim (huvudkomponenten

i LIX® 84), di-(2-etylhexyl)fosforsyra (D2EHPA) och tri-n-oktylamin (huvudkomponenten bl.a. i Alamine® 300). I extraktanternas kolvätekedjor ingår ofta ca 8-10 kolatomer. De tekniska produkterna är ofta blandningar av molekyler, i vilka kolvätekedjornas struktur varierar och består av olika homologer och isomerer.

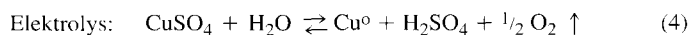
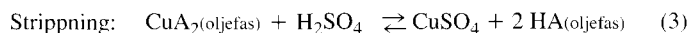
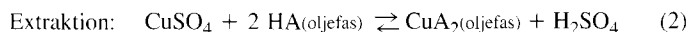
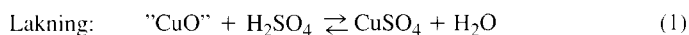


Man kan fästa uppmärksamhet vid att extraktanternas molekylstrukturer påminner mycket om strukturerna av de samlarreagens, som används för mineralflotation. De flesta av de i tabell 2 uppräknade extraktanternas har en motsvarighet bland samlarreagensen. Den funktionella gruppen kan vara densamma i bägge reagensstyperna, men eftersom samlarreagensen bör vara vattenlösliga har de oftast endast en lång kolvätekedja (ca C₅-C₈). Dessutom används samlarreagensen i saltform.

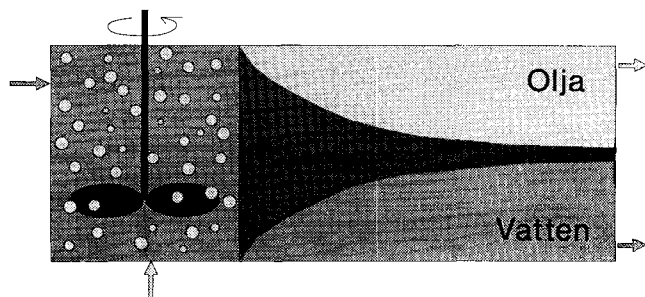
Flytande katjonbytare

Flytande katjonbytare är sura reagens, som reagerar med metallkatjoner eller med metalloxokatjoner, såsom t.ex. UO₂²⁺ och MoO₃²⁺. Utvinning av Cu²⁺ ur svavelsura laktlösningar är vid sidan av uranextraktion den mest omfattande tillämpningen av extraktion inom hydrometallurgin. Enligt en artikel från 1990 /5/ fanns det i användning 1989 i de icke-socialistiska länderna 25 kopparextraktionsprocesser, som ansvarade för ca 13 % av dessa länders primära kopparproduktion. Extraktion ingår i processen som ett renings- och koncentreringssteg. Det följs av elektrolys, varvid som produkt erhålles kopparkatoder av hög kvalitet. I engelskan används för processen förkortningen SX-EW, som kommer från orden solvent extraction-electrowinning.

Processen baserar sig på följande reaktioner:



I de flesta processerna består råmaterialet av oxidiska mineraler (t.ex. azurit, malakit och krysokolla), vilkas kopparhalt varierar mellan 0,2 och 2 %. Lakningen sker med utspädd svavelsyra vid pH 1,8-2,0, varvid man erhåller en laktlösning vars kopparhalt är ca 2-5 g/l. Extraktanten, som betecknas i reaktionerna (2) och (3) med HA är i alla allmänt kända processer en aromatisk β-hydroxi-oxim (struktur I), vars sura fenoliska hydroxylgrupp avger en väteatom under katjonbytesreaktionen och reagenset bildar mycket selektivt ett oljelöst 2:1-komplex med koppars. Strippningen sker med koncentrerad syra (ca 180 g H₂SO₄/l) varvid katjonbytesreaktionen sker i den motsatta riktningen jämfört med extraktionen. Kopparhalten i strippsyran som leds till elektrolysen är typiskt ca 40-50 g/l. I processen ingick tidigare oftast fem motströmssteg av mixer-settler typ, av vilka tre steg utnyttjades för extraktion och två för strippning. På grund av att extraktanternas har utvecklats består de nyaste processerna av endast två extraktionssteg plus två strippsteg eller t.o.m. av två extraktionssteg plus ett strippsteg /5/. Stora SX-EW-processer finns i Chile, Peru, Mexico, USA, Zambia och Australien.



Figur 2. Schematisk bild av en mixer-settler apparat.
Figure 2. Schematic illustration of a mixer-settler apparatus.

Tabell 2. Kommersiella extraktanter använda i hydrometallurgi.
Table 2. Commercial solvent extraction reagents used in hydrometallurgy.

Reagenstyp	Handelsnamn	Teknisk tillämpning
<i>Flytande katjonbytare</i>		
Hydroxioximer	LIX [®] 84 [4] LIX [®] 860 [4] Acorga [®] P.50 [6]	Cu från H ₂ SO ₄ -laklösningar; Pd från klorid
β-diketoner	LIX [®] 54 [4]	Cu från ammoniakaliska lösningar
8-hydroxikinoliner	Kelex [®] 100 [7], LIX [®] 26 [4]	Ge; Ga
Fosforsyradialkylestrar	DEHPA [®] [1], DP-8R [3], Hostarex [®] PA216 [5] Ionquest [®] OPAP [1] TR-83 [3]	Zn; Mo; U; V; RE-separationer U från H ₃ PO ₄ Fe, In
Alkylfosforsyramonoestrar	Ionquest [®] 801 [1], PC-88A [3]	Co/Ni-separation
Dialkylfosfinsyror	Cyanex [®] 272 [2]	Co/Ni-separation
Monotiofosforsyradialkylestrar	Hoe F 3787 [5]	Zn/Ca-separation vid lågt pH
Dialkylditiofosfinsyror	Cyanex [®] 301 [2]	Zn/Ca-separation vid lågt pH
Karboxylsyror	Versatic 10 [8]	Zn; Ni; Y; Ni/Co-separation
<i>Flytande anjonbytare</i>		
Sek. aminer	Adogen [®] 283 [7]	
Tert. aminer	Alamine [®] 336 [4] Hostarex [®] A327 [5]	många tillämpningar, t.ex. Co/Ni-separation från klorid; V; W; Cr; Pt; Re
Kvat. ammoniumklorider	Aliquat [®] 336 [4]	V; RE-separationer; PGM-separationer
<i>Solvatiserande reagens</i>		
Trialkylfosfater	TBP [3], Ionquest [®] TBPO ₄ [1]	U/Pu i Purex-processen; RE-separationer; H ₂ CrO ₄ från H ₂ SO ₄ ; Pt
Trialkylfosfinoxider	TOPO [3], Cyanex [®] 921 [2], Hostarex [®] PX324 [5]	Används tillsammans med D2EHPA för U; Nb och Ta
Dialkylsulfider	SFI-6 [3]	Pd/Pt-separation; Au, Ag, Hg
Fosfinsulfider	Cyanex [®] 471X [2]	Separation av Au från Zn och Cu; Pd/Pt-separation; Hg från HCl
Pyridinkarboxylsyraestrar	Acorga CLX20 [6]	CuCl ₂ i Cuprex-processen /27/; Pd

Tillverkare: 1) Albright & Wilson Americas Inc., 2) American Cyanamid Co., 3) Daihachi Chemical Industry Co., 4) Henkel Corp., 5) Hoechst AG, 6) ICI Specialty Chemicals, 7) Schering AG, 8) Shell Chemical Co.

I tabell 2 nämns tre kommersiella hydroxioximreagens LIX 84, LIX860 och Acorga P.50, vilka skiljer sig från varandra endast beträffande alkylgrupperna. Dessutom används LIX984, som är en 1:1 blandning av LIX84 och LIX860, och Acorga PT.5050, Acorga M.5640, Acorga M.5615, Acorga M.5397 och LIX622, som färdigt innehåller vissa tillsatssämnen. Dyliga tillsatssämnen eller

modifierare är t.ex. nonylfenol och långkedjade alkoholer, som effektiviserar strippningen och förhindrar problem förorsakade av ackumulering av bl.a. silikat- eller gipsfällningar i extraktions-systemet. Reagensen används utspädda (5-30 vol-%) i något tekniskt alifatiskt utspädningsmedel såsom t.ex. Escaid 100, Phillips SX-7 och Shellsol 2046.

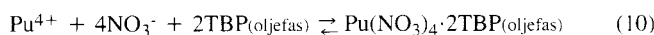
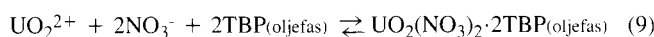
Metallen extraheras som en anjon (betecknas ovan med B^{n-}), som vanligen är i form av en kloroanjon (t.ex. $CoCl_4^{2-}$, $FeCl_4^{2-}$ och $ZnCl_4^{2-}$) eller en oxoanjon (t.ex. MoO_4^{2-} och ReO_4^-). I oljefasen bildar reagenset och metallanjonen ett jonpar.

Aminextraktanter kan strippas antingen genom att påverka reaktion (7) eller (8). I de flesta fallen uppnås den effektivaste strippningen genom att vända aminprotoneringsreaktionens riktning med en alkalisk vattenlösning. Anjonbytesreaktionens jämvikt (8) kan påverkas t.ex. genom att strippa den organiska fasen med vatten eller utspädd $NaCl$ -lösning.

Den viktigaste kommersiella tillämpningen av tertiära aminer har varit utvinning av uran samt separation av kobolt och nickel i kloridmiljö. Den senare processen baserar sig på, att i koncentrerade kloridmiljöer förekommer kobolt i form av en kobolttetrakloroanjon, medan nickeln har en svagare tendens att bilda kloroanjoner. Detta framgår även av figur 4, som visar Alamine 336:s förmåga att extrahera olika metaller som funktion av kloridkoncentrationen. Existerande extraktionsprocesser för separation av Co från Ni har blivit väl dokumenterade i litteraturen /16,17/.

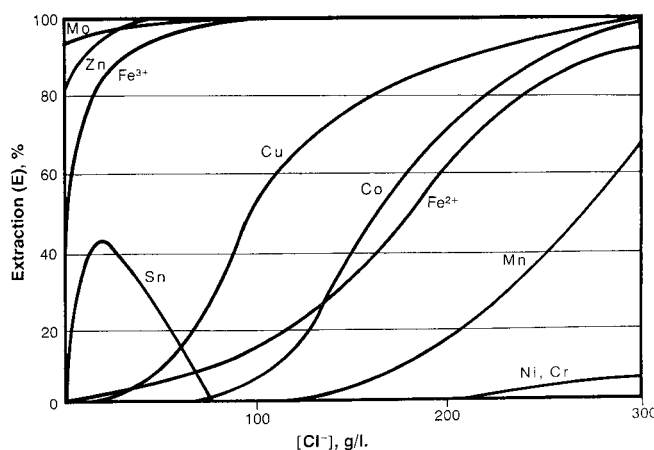
Solvatiserande reagens

Solvatiserande reagens är neutrala molekyler som förmår solvatisera den centrala metallatomen i ett metallkomplex. Ett klassiskt exempel är den s.k. Purex-processen /18/, i vilken uran och plutonium separeras med tributylfosfat (TBP) från fissionprodukterna enligt reaktionerna



De fosforhaltiga neutrala extraktanterna används även för extraktion av syror (t.ex. HNO_3 , CH_3COOH , H_2CrO_4) från vattenlösningar. Denna egenskap kan i vissa metallextraktionstillämpningar även vara en nackdel på grund av medextraktion av syra. Med solvatiserande reagens har man dessutom oftast svårt att uppnå lika hög kapacitet som med de flytande katjonbytarna.

De svavelhaltiga solvatiserande extraktanterna, i vilka den elektrondonerande atomen är svavel, är till sin natur s.k. mjuka Lewis-baser. De bildar lätt komplex med metaller, som betar sig som s.k. mjuka Lewis-syror (t.ex. Ag^+ , Au^+ , Pt^{2+} , Pd^{2+} och Hg^{2+}). Det är därför naturligt t.ex. att dialkylsulfider finner sin tillämpning i tillvaratagning och separation av ädelmetaller /19/.



Figur 4. Extraktion av olika metaller från kloridlösningar med Alamine 336 vid 40°C och pH 2. /28/.

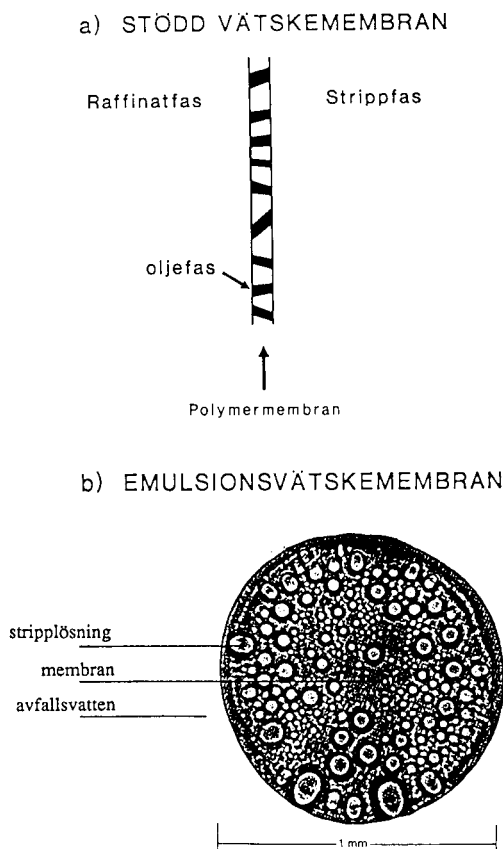
Figure 4. Extraction of metals from chloride solutions with Alamine 336 at 40°C and pH 2. /28/.

VÄTSKEMEMBRANEXTRAKTION

Vätskemembranextraktion är en modifikation av den konventionella vätskeextraktionen, som har behandlats i de föregående avsnitten. Det finns två huvudtyper av vätskemembraner, nämligen s.k. stödda vätskemembraner och s.k. emulsionsvätskemembraner.

De stödda vätskemembranerna består av en porös polymermembran impregnerad med den reagenshaltiga oljefasen (figur 5a). Membranen ligger mellan den vattenfas som skall behandlas och den vattenfas som innehåller strippsyran. I vätskemembranextraktion sker både extraktion och strippning simultant i ett och samma steg, varvid membranerna fungerar som en jonbärare mellan de två vattenfaserna /20/. För att maximera membranytan används i tekniska tillämpningar ihålliga fibrer (hollow fibres). På grund av att denna teknik är dyr och har låg kapacitet kan den tänkas komma ifråga endast i några specialtillämpningar såsom rening av radioaktiva lösningar, dyra specialkemikalier osv. Man kan tydligt märka avtagande intresse för denna metod.

Uppkomsten av en emulsionsvätskemembran framgår av figur 5b. I bilden visas en emulsionsdropp, som är dispergerad i den metallhaltiga vattenfasen, som skall behandlas. Strippsyran är i sin tur emulgerad inne i emulsionsdroppen och därmed bildar oljefasen med extraktanten en vätskefilm mellan den yttre och den inre vattenfasen. Den kontinuerliga processen bygger på följande fem delsteg: 1) tillverkning av en vatten-i-olja emulsion med hjälp av emulgatorer, 2) dispergering av emulsionsfasen i den yttre vattenfasen, 3) avskiljning av den yttre vattenfasen och emulsionsfasen efter att strippsyran har blivit mättad med metall, 4) spjälkning av emulsionsfasen och 5) separation av oljefasen och den inre vattenfasen. Emulsionsvätskemembraner har med framgång använts en



Figur 5. a) Stödd vätskemembran; b) En emulsionsdropp, där oljefasen bildar en vätskemembran mellan den yttre kontinuerliga vattenfasen och de små inre strippfasdropparna.

Figure 5. a) Supported liquid membrane; b) Emulsion droplet in which the oil phase acts as a liquid membrane between the outer continuous aqueous phase and the inner stripping phase droplets.

tid i fullstor skala för återvinning av zink från en viskosfabriks avfallsvatten vid Lenzing AG i Österrike. Processen startades 1986, men den förstördes sedermera olyckligtvis i en brand. För närvarande anses processen inte vara lönsam /21/. Denna process utvecklades vid Technische Universität i Graz, där man under prof. Marr's ledning även har gjort omfattande experiment i pilot-skala för rening av andra avfallsvattenlösningar /14,21/.

FRAMTIDSPERSPEKTIV

Övergång från högvärdiga till lågvärdiga och mer komplexa malmer, *in situ*-bioläkning av malmer samt obligatorisk tillvaratagning

LITTERATUR – REFERENCES

1. *Bäck, E.*, Användning av Alamine 336 som flytande jonbytare vid separering av kobolt och nickel, Diplomarbete, Åbo Akademi 1968.
2. *Paatero, J.*, Användning av Aliquat 336 som flytande jonbytare vid separering av Co och Ni. Diplomarbete, Åbo Akademi 1968.
3. *Nyman, B.*, Separering av järn och aluminium med flytande jonbytare, Diplomarbete, Åbo Akademi 1969.
4. *Hummelstedt, L.*, Användningsmöjligheter för extraktionsmetoder i kemisk och metallurgisk industri, *Kemian Teollisuus* 27(1970) 753-759.
5. *Townsend, B. and Severs, K.J.*, *Mining Magazine*, January 1990, 26-35.
6. *Rickelton, W.A. and Boyle, R.J.*, Solvent extraction with organophosphines — commercial & potential applications, *Sep. Sci. Technol.* 23(1988) 1227-1250.
7. *Johnston, B.E.*, Commercial applications of phosphorus-based solvent extractants, *Chemistry and Industry*, 17 October 1988, 656-660.
8. *Nyman, B., Hultholm, S-E. and Jansson, L.*, The development of the Outokumpu solvent extraction process for molybdenum, *Proc. Oslo Symposium 1982, Society of Chemical Industry, London 1982*, s. V15-V35.
9. *Ritcey, G.M.*, Commercial processes for nickel and cobalt, *Handbook of Solvent Extraction* (Red. T.C.Lo, M.H.I. Baird och C. Hanson), Wiley, New York 1983, s. 673-687.
10. *Marcus, Y. and Kertes, A.S.*, Ion exchange and solvent extraction of metal complexes, *J. Wiley & Sons*, 1969.
11. *Danesi, P.R., Reichler-Yinger, L., Mason, G., Kaplan, L., Horwitz, E.P. and Diamond, H.*, Selectivity-structure trends in the extraction of Co(II) and Ni(II) by dialkyl phosphoric, alkyl alkylphosphonic and dialkylphosphinic acids, *Solvent Extr. Ion Exch.* 3(4) (1985) 435-452.
12. *Björkqvist, U.*, Metallextaktion ur sura sulfatlösningar, Diplomarbete, Åbo Akademi 1981.
13. *Nyman, B.G. and Hummelstedt, L.E.I.*, Extraction process for removing and recovering metals from aqueous solutions, *Can. Pat.* 1,244,246, 1988.
14. *Bart, H.-J., Marr, R., Draxler, J. and Hartl, J.*, Heavy metal recovery by extraction and permeation in incineration processes, *Chem. Eng. Technol.* 13(1990) 313-318.

SUMMARY

USE OF SOLVENT EXTRACTION IN HYDROMETALLURGY

Solvent extraction is an established separation method in hydrometallurgy. The most common commercial extractants are reviewed giving emphasis on their existing and potential industrial applications. The most important applications of solvent extraction are in the nuclear fuel industry, the extraction of copper from sulphuric acid leach liquors, cobalt and nickel separation, and the separation of rare earth elements as well as platinum group metals.

av metaller från avfall är alla faktorer, som talar för en ökad tillämpning av extraktion i framtiden. Dessutom kan man räkna med att många högteknologiprodukter såsom nya metallkompositer, metallegeringar, magneter, supraledare, katalysatorer, batterier och ackumulatörer tillsammans med elektronikindustrins övriga specialmetaller (t.ex. In, Ga, Gd, Ge, Te, Eu, Sm m.fl.) kommer att behövas i större mängder, men de förekommer i låga halter som biprodukter i basmetaller. Dyliga separationsbehov har redan under de senaste åren reflekterats i en ökad forskningsaktivitet inom extraktion, speciellt i Japan och Kina /22,23/. I detta sammanhang har man också kunnat observera trenden att försöka kombinera extraktion och kristallisation för tillverkning av metallpulver /23,24/.

15. *Paatero, E., and Sjöblom, J.*, Phase behaviour in metal extraction systems, *Hydrometallurgy* 25(1990) 231-256.
16. *Ono, N., Itasako, S. and Fukui, I.*, Sumitomo's cobalt refining process, *Proc. of International Conference on Cobalt, Brussels, Nov. 10-13, 1981, vol. 1, s. 63-71.*
17. *Ritcey, G.M. and Ashbrook, A.W.*, *Solvent extraction — Principles and application to process metallurgy, Part II*, Elsevier 1979.
18. *Eccles, H., and Naylor, A.*, Solvent extraction in the nuclear fuel cycle, *Chemistry and Industry*, 16 March 1987, 174-181.
19. *Barnes, J.E., and Edwards, J.D.*, Solvent extraction at Inco's Acton precious metal refinery, *Chemistry and Industry*, 6 March 1982, 151-155.
20. *Paatero, E. och Nordling, U.*, Separering av metaller med stödda vätskemembraner, *Kemia-Kemi* 14(1987) 146-148.
21. *Draxler, J., and Marr, R.*, Emulsion liquid membranes for waste water treatment, *Proc. International Solvent Extraction Conference, Kyoto, Japan, July 16-21 (1990)*(Preprint).
22. *Inoue, K., Baba, Y. and Yoshizuka, K.*, Equilibria in the solvent extraction of indium (III) from nitric acid with organophosphorus compounds, *Hydrometallurgy* 19(1988) 393-399.
23. Abstracts of International Solvent Extraction Conference 1990, Kyoto, Japan, July 16-21 (1990).
24. *Demopoulos, G.P., and Pouskoulaki, G.*, Hydrochemical preparation of fine precious metal powders, *Journal of Metals* (40)6 (1988) 46-50.
25. *Judin, V.-P. and Sund, H.-E.*, Recovery of rare earths from secondary sources by solvent extraction, *Hydrometallurgy* 81, *Proc. of a Society of Chemical Industry Symposium*, paper f4, p. 1-14.
26. *Lorenz, R. und Schubert, G.*, Rheniumgewinnung aus Mansfelder Ofensau, *TM/MK* 1990, 13-17.
27. *Dalton, R.F., Hermana, E., Hoffmann, B. and Price, R.*, Cuprex — new chloride based hydrometallurgy to recover copper from sulphide ores, *Mining Engineering*, January 1988.
28. *Kordosky, G.A.*, The chemistry of metals recovery using LIX reagents, *Henkel Corporation, Minerals Industry Division, Tucson, Arizona* 1987.

It is anticipated that in the future factors such as the utilization of more complex and lower grade ores, the *in situ* bioleaching of ores, the compulsory recovery of metals from wastes, new high-tech materials and the special demands of the electronic industry require separations which will increase the use of solvent extraction.

Terästuotteiden kehitystoiminnan haasteet 90-luvulla

TkT Kari Tähtinen ja TkT Vesa Ollilainen, OVAKO METECH Finland, Imatra

90-LUVUN TERÄSTUOTE

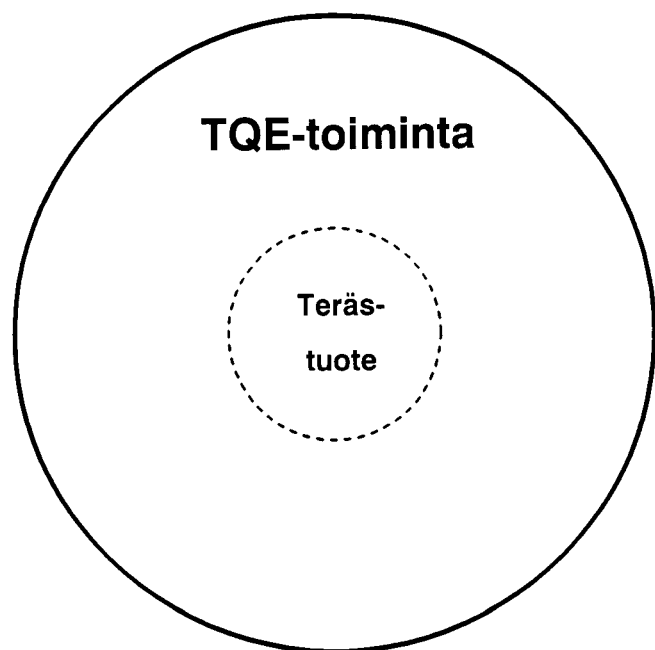
90-luvulla myytävä terästuote on muuttumassa paitsi perinteisiltä ominaisuuksiltaan, kuten koostumukseltaan, mekaanisilta ominaisuuksiltaan jne., myös luonteeltaan. Varsinaisen ”kovon” teräsytimen ohella kaupankäyntiin suurten asiakkaiden, erityisesti autoteollisuuden ja tämän alihankkijoiden kanssa, liittyy yhä enemmän myös ”pehmeä” kuoriosia, nk. TQE-toiminta, kuva 1. Viimeksi mainittu pitää sisällään asiakkaan kanssa käytävän laaja-alaisen yhteistoiminnan monilla osaamisen alueilla.

Terästeollisuudelle tärkeitä arvoja on tuotu esille kuvassa 2. Onnistunut TQE-toiminta edellyttää paitsi osaamista myös korkeata toiminnan laatua. Seuraavassa tullaan keskittymään TQE-toimintaan lähinnä autoteollisuuden kanssa tapahtuvana yhteistyönä.

AUTOTEOLLISUUDEN RAKENNUMUUTOS

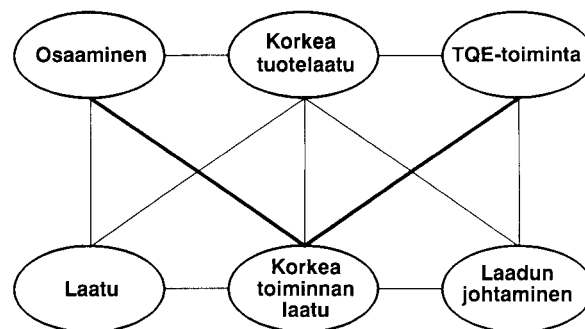
Teräksen kulku sen valmistajalta lopulliselle käyttäjälle on yleensä varsin pitkä. Esimerkiksi autoteollisuus ja tämän alihankkijat ovat toiminnallisesti strukturoituneet seuraaviin valmistustasoihin, kuva 3; sivulla 46.

1. Auton valmistus
2. Komponentin valmistus
3. Osan valmistus
4. Muovaus
5. Teräksen valmistus



Kuva 1. 90-luvun tuote.
Figure 1. The product of the 90's.

Menestystekijät Tuotearvot Kulttuuriarvot



Kuva 2. Terästeollisuuden arvoja 90-luvulla.
Figure 2. Values of steel industry in the 90's.

Komponentilla ymmärretään tässä osien muodostamaa järjestelmää, mikä kykenee suorittamaan jonkin toiminnan. Usein puhutaan myös järjestelmän tai systeemin valmistajista. Auton komponentteja ovat esimerkiksi moottori, vaihdelaatikko, akselisto, ohjaus ja pyörän ripustus.

Autoteollisuudessa on tapahtumassa selvä ja voimakas muutos, jossa autoteollisuus vähentää ”vertikaalista” integroitumistaan (kuva 3). Se pyrkii keskittymään auton valmistuksen tasolle, mikä sisältää auton suunnittelun, kehityksen, kokoonpanon ja markkinoinnin.

Autoteollisuus vähentää myös alihankkijoittensa lukumäärää. Suoria toimituksia autoteollisuudelle hoitavatkin tulevaisuudessa entistä enemmän lähinnä komponentin valmistajat.

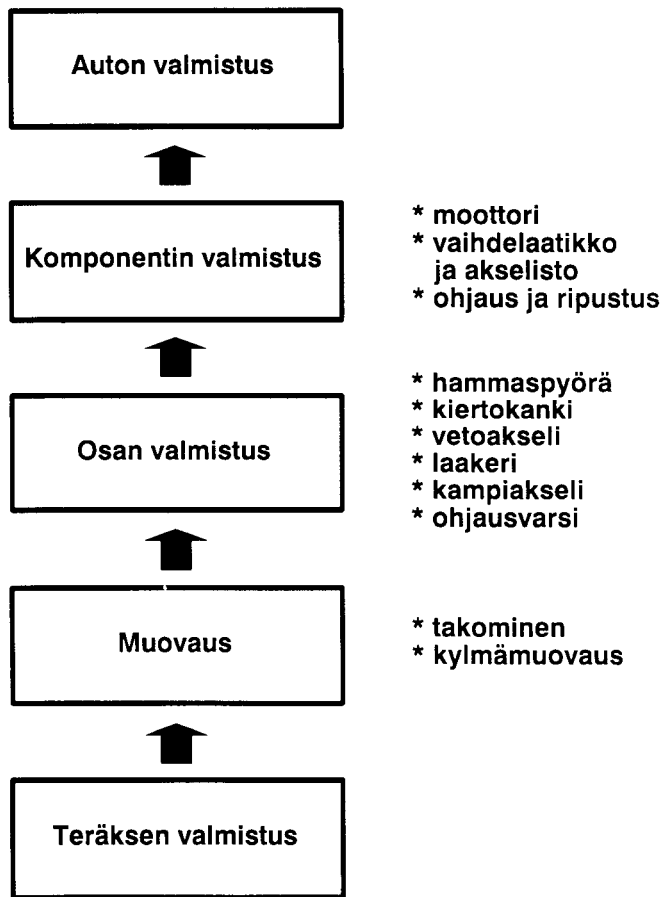
Autoteollisuus vähentää omaa kehityspanostaan varsinaisen alueensa ulkopuolella, jolloin komponentin valmistajat hoitavat entistä itsenäisemmin omien tuotteittensa suunnittelun ja kehityksen. Samalla autoteollisuus edellyttää alihankkijoiltaan entistä tiiviimpää keskinäistä yhteistyötä.

Mainittu kehitys, jossa autoteollisuus hankkii yhä enemmän valmiita komponentteja, merkitsee mm. materiaalin valinnan vastuun siirtymistä auton valmistuksen tasolta komponentin valmistuksen tasolle. Viimeksi mainittu on näin teräksen valmistajan kannalta entistä tärkeämpi.

Toisaalta terästeollisuus on levittäytymässä takomoalalle, ja lisäksi takomot ovat siirtymässä osan valmistukseen hankkimalla koneistus- ja lämpökäsittelykapasiteettia.

Kaiken aikaa vallitsee vaatimus osien halventamiseksi. Eräs mahdollisuus osien halventamiseksi on, että osan valmistus, takominen ja teräksen valmistus muodostavat tiiviin toiminnallisen kokonaisuuden ainakin siten, että tiedonkulku on esteetöntä mainittujen tasojen välillä. Teräksen valmistajien onkin kyettävä kehitystyöhön yhdessä takomoiden ja osan valmistajien kanssa.

Rinnan mainitun rakennemuutoksen kanssa myös ylikansallinen, ”horizontaalinen” integraatio etenee kaiken aikaa kaikilla valmistuksen tasoilla mutta erityisesti auton ja komponentin valmistuksessa.



Kuva 3. Autoteollisuuden toimittajaketju.
Figure 3. The supplier chain of automotive industry.

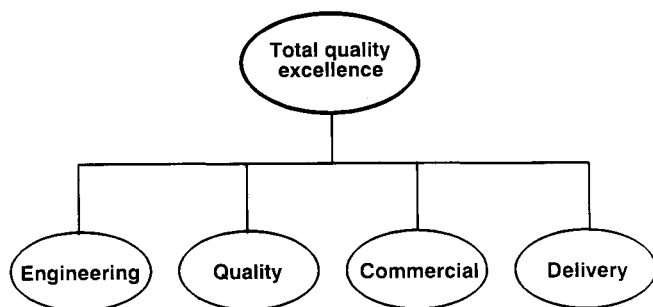
TQE-TOIMINTA

TQE-toiminnan lähempi tarkastelu voidaan aloittaa Fordin esittämistä vaatimuksista toimittajalle. Ford nimittäin arvioi toimittajat neljällä TQE- (Total Quality Excellence) kriteerillä, kuva 4:

- tekniikka (engineering)
- laatu (quality)
- kaupallinen toiminta (commercial)
- toimitukset (delivery)

Toimittajan tulee täyttää TQE-vaatimukset.

Lisäksi toimittajalta edellytetään panosta auton valmistajan menossa olevaan tuotekehitykseen materiaali- ja prosessi-T&K:n kautta. Toimittajalla on oltava säännöllisiä keskusteluja osto-, tekniikka- ja laatualueiden kanssa.



Kuva 4. Fordin odotukset toimittajaltaan. Lähde: Ovako Steel Technical Seminar for Ford, Basildon, 28.9.1989.
Figure 4. Ford's expectations to their suppliers.

KRAV PÅ LEVERANTÖRER

- GOD KÄNNEDOM OM BILINDUSTRIN
- EFFEKTIV LEDNING
- KVALITET
- TILLFÖRLITLIG PRODUKTIONSPROCESS
- GOD EKONOMI
- KOSTNADSEFFEKTIVITET
- ANPASSAD PRODUKTUTVECKLING
- GOD ADMINISTRATION

Kuva 5. Volvon odotukset toimittajaltaan. Lähde: Det Stora Genombrottet — konferens, Göteborg, 10-11.5.1990, Svenska Fordons Komponent Gruppen AB.

Figure 5. Volvo's expectations to their suppliers.

Tällaista laaja-alaista (sisältäen yllä mainittujen kriteerien määrittelemät toiminta-alueet) ja säännöllistä yhteistyötä, mikä tapahtuu auton valmistajan tai tämän alihankkijan kanssa, kutsumme Ovakossa yleisesti TQE-toiminnaksi.

Vaikka lähtökohdana oli Fordin vaatimukset, useimmat muutkin auton valmistajat edellyttävät lähes identtisesti, että teräksen toimittajat ovat kykeneviä yllä kuvailtuun toimintaan. Esimerkiksi Volvon toimittajilleen asettamat vaatimukset, kuva 5, ovat helposti ryhmiteltävissä Fordin esittämiin pääluokkiin (kuva 4).

TQE-tyyppisen toiminnan merkitys kasvaa tulevaisuudessa mutta siten, että teräksen valmistajien varsinaiset yhteistyökumppanit löytyvät takomisen ja osan valmistuksen tasoilta. Samalla on luonnollisesti hoidettava suhteet läpi koko ketjun aina auton valmistajaan saakka. Koko teknillis-kaupallisen toiminnan onkin seurattava autoteollisuuden yleistä rakennetta, jolloin se muuttuu maakohtaisesta yhä enemmän yli rajojen tapahtuvaksi.

ESIMERKKEJÄ 1990-LUVUN TUOTTEISTA

Vaikka terästuotteiden pehmeä osa on entistä tärkeämpi, terästen kilpailukyvyyn perustana ovat monet sen hyvät perusominaisuudet. Näitä ovat mm. korkea lujuus/hintasuhde, korkea jäykkyys/hintasuhde, hyvä energiatehokkuus ja toimiva raaka-aineen talteenotto- ja kierrätysjärjestelmä. TQE-toimintaa sisältäviä kilpailukeinoja ovat mm. jatkuva asiakaslähtöinen kehitystoiminta, jatkuva ominaisuuksien parantaminen ja jatkuva laadun kehittäminen.

Kun halutaan laajoilla markkinoilla differentioitua, on jollakin tavalla luotava asiakkaille ainutlaatuisia etuja. Näitä voivat olla asiakkaan kustannussäästöt tai asiakkaan parempi tuote heidän omilla markkinoillaan. Sopivalla teräksellä voidaan periaatteessa vaikuttaa asiakkaan jo olemassa olevaan tuotteeseen, mutta tämä edellyttää yleensä erinomaista omaa tuotetta tai sitten paljon onnea.

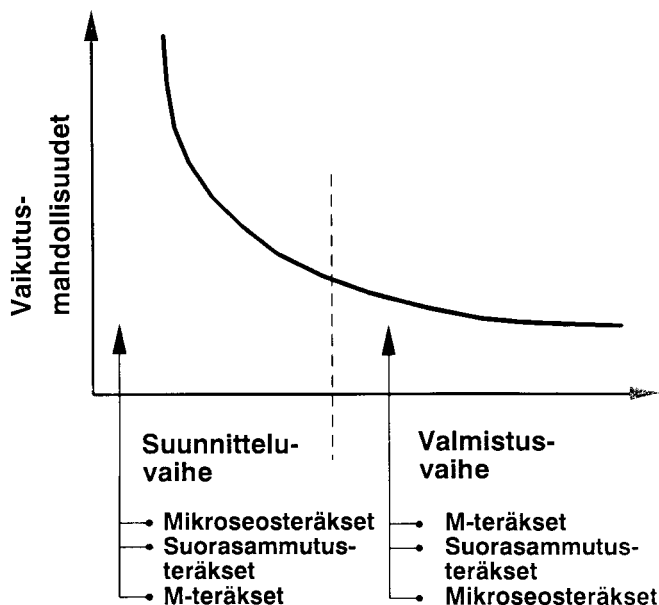
Huomattavasti tehokkaammin voidaan vaikuttaa asiakkaan saamaan etuun silloin, kun päästään mukaan tämän uuden tuotteen suunnitteluun, kuva 6. Edellytyksenä mukaan pääsemiseen on toimiva TQE-toimintasuhde. Asiakkaan on tunnettava toimittaja, tämän osaaminen ja uskallettava luottaa siihen. Esimerkiksi auton valmistaja toimii yhden tuotteen suunnittelussa yhteistyössä yleensä vain yhden materiaalitoimittajan kanssa.

Esimerkkeinä yhteistyöllä saavutettavista eduista tarkastellaan seuraavassa M-teräksiä ja suorasammutettavia takoteräksiä.

M-TERÄS

Valmiin auton tai koneen osan valmistuksessa useimmissa tapauksissa suurin yksittäinen kustannustekijä on lastaaminen. Markkinoilla on selvä tarve sellaisesta työkalupaleen materiaalista, minkä avulla lastaamiskustannuksia voidaan merkittävästi alentaa.

M-teräs on paremmin lastuttava standarditeräs, joka täyttää



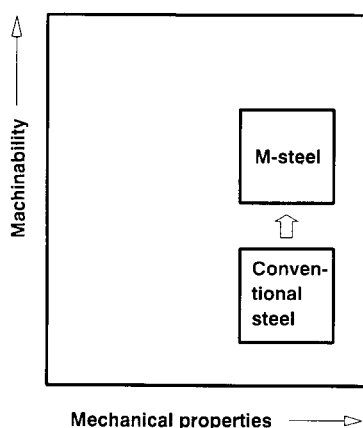
Kuva 6. Vaikutusmahdollisuudet kustannuksiin.
Figure 6. Possibilities to influence cost.

kaikki standardeissa spesifioidut ominaisvaatimukset esimerkiksi koostumuksen ja mekaanisten ominaisuuksien suhteen mutta on samalla paremmin lastuttava, kuva 7. Asiakkaan on helppo siirtyä M-teräkseen olemassa olevissakin tuotteissa, koska tämä ei sisällä riskejä vaan säästöjä. Tähän mennessä valtaosa sovellutuksista onkin tapahtunut olemassa oleviin tuotteisiin.

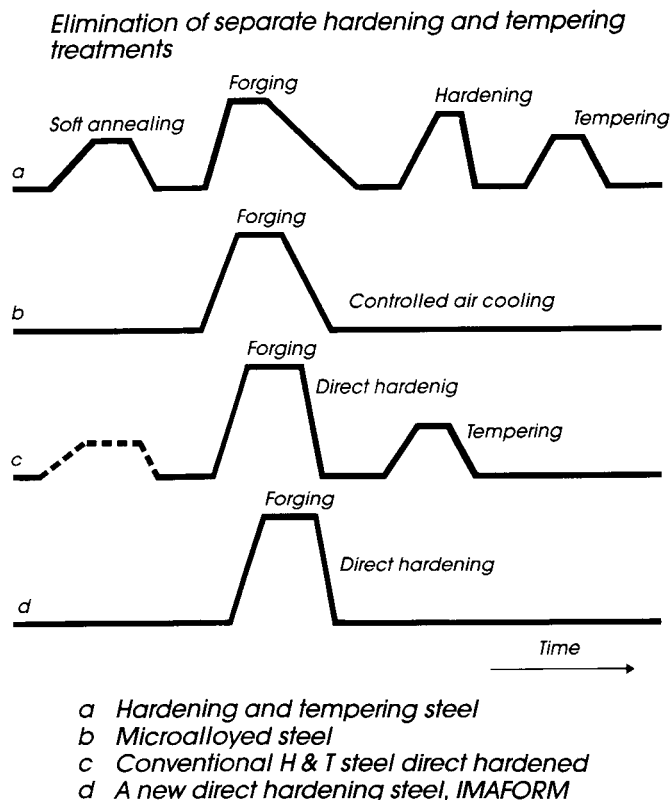
M-teräkseen edut voidaan kuitenkin hyödyntää parhaiten, kun se otetaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Asiakkaan tuote on alunperin kilpailukyisempi jo siitä syystä, että sen lastuamiskustannukset ovat pienemmät. Esimerkiksi tavallisen nuorrutetun, tai peräti pehmeäksi hehkutetun, lähtöaineen sijasta voidaan lastuta tavallista huomattavasti lujemmaksi nuorrutettua terästä, mikä helpottaa suunnittelijaa kilpailukyisemmän tuotteen luomisessa. Tietyissä tapauksissa myös parantunut koneistetun pinnan laatu voi vähentää lastuamistyyppivaiheita tai parantaa suoraan tuotteen laatua.

UUSI SUORASAMMUTETTAVA TAKOTERÄS

Taentalämmön hyväksikäyttö on yleistymässä kuumataonnassa. Näin voidaan välttää esimerkiksi nuorrutukseen sisältyvät austeniointi- ja päästöhehkutukset, jolloin säästetään energiaa, vältetään investoinneilta, yksinkertaistetaan ja nopeutetaan materiaalin käsittelyä jne. Kun taentalämpöä halutaan käyttää tehokkaimmin hy-



Kuva 7. M-teräkseen tuoteprofiili.
Figure 7. The product profile of M-steel.



Kuva 8. Taentalämmön hyväksikäyttö.
Figure 8. Utilization of forging heat.

väksi, se edellyttää varta vasten tähän kehitettyjä teräksiä, kuten mikroseosteräksiä tai uuden tyyppisiä suorasammutusteräksiä, kuva 8.

IMAFORM on erityisesti suorasammutukseen kehitetty takoteräs, jonka koostumus poikkeaa selvästi tavanomaisista nuorrutusteräksistä. Teräksen alhaisen hiilipitoisuuden (alle 0.1 %) ansiosta takeita ei tarvitse päästää suorasammutuksen jälkeen, ja teräs on myös helposti hitsattavissa ja nitrattavissa. On selvää, että tällaisissa tapauksissa tuotteen lanseeraus on lähes poikkeuksetta aloitettava suunnittelupöydältä. Ennen tätä vaihetta voidaan tarvittaessa tehdä ensin laboriometriittakaavan esikokeita käyttäjän materiaali-asiantuntijoiden kanssa. Varsinaisen tuotantomittakaavan kehitystyön onnistumisen kannalta on tärkeää, että kaikki asiaan kytkeytyvät tahot, asiakkaan suunnittelun ohella myös koko tuotantoketju (teräksen valmistaja, takomo, osan valmistaja) on samanaikaisesti mukana kokeiluissa.

SUMMARY

CHALLENGES TO THE DEVELOPMENT OF STEEL PRODUCTS IN THE 90'S

The steel product of 90's is changing, not only by its traditional properties, such as chemical composition or mechanical properties, but also by its nature. In addition to the "hard" steel core, the commerce with big customers, especially automotive industry and its subcontractors, includes more and more a "soft" shell part, so called TQE co-operation. The prevailing demand for cheaper automotive parts requires that the part production, forging and steel production form a compact wholeness of co-operation. Differentiating in a large market supposes that unique advantages for the customer are created, e.g. cost savings or a better product for the customer. Examples of such products are M-steel for improved machinability and a new direct hardening forging steel, IMAFORM.

Kaivosten ja louhintatöiden kiviaineksen käyttö kiinnosti monia

DI Olavi Paatsola, Kemira Oy, Siilinjärven tehtaat ja kaivos, Siilinjärvi

Lehden toimitus ilmoittaa että oli tarkoitus julkaista tämä artikkeli jo edellisessä numerossamme joulukuussa 1990. Kuitenkin artikkelin käsikirjoitus hävisi silloin tietymättömiin joten tuli tämä ylimääräinen ajallinen viive seminaarin ja julkaisemisen välille.

Vuorimiesyhdistyksen kaivosjaoston järjestämä "Kaivosten ja louhintatöiden käyttö" -seminaari pidettiin 27.9.1990 Siilinjärven Kuntoutumiskeskusella Vuorelassa. Teema kokosi lyhyestä, noin kuukauden mittaisesta markkinoinnista huolimatta osanottajia yli 100 henkeä noin 60:stä organisaatiosta. Edustettuina olivat oppilaitokset, tiepiirit, kaupungit, VR, laiteoimittajat, kiven ja murskeen tuottajat ja jalostajat. Seminaarikansioita on vielä joitakin saatavissa, mutta kysynnän mukaan harkitaan seminaaritekstin julkaisemista. Esitelmät antavat hyvän ja tiivistetyn läpileikkauksen kiviainemarkkinoista kaivostuottajien kannalta tarkasteltuna.

SIVUKIVIAINEKSEN MERKITYS

Seminaarin tarkoituksena oli korostaa kaivos- ja rakennustöissä siivuun jäävän kiven käyttömahdollisuuksia. Siinä tarkoituksessa tuotiin esiin oikeaa tietoa kaivosten sivukiven ominaisuuksista ja laadusta. Tunnetustihan niitä väheksytään soratuotteiden markkinoiden piirissä. Avauksessa kaivosjaoston puheenjohtaja Kimmo Kekki esitteli kiviaineksen tuotantomääriä ja kaivos- ja louhostoimintapaikkakuntien sijaintia.

Seminaarin pääesitelmässä ylitarkastaja Markus Alapassi ympäristöministeriöstä toi esiin kaivos- ja louhostöiden paikallisesti suuren merkityksen kiviaineksen tuottajana. Toisaalta hän korosti, että tietoa sivukiven saatavuudesta, määristä ja laadusta on hyvin niukasti. Ympäristöministeriön toimeksiannosta Geologian tutkimuskeskuksen kyselymenetelmällä toteuttaman selvityksen yhteenvedosta tulevat esiin nykyisten kiviainestuottajien näkemykset.

Niissä todettiin mm:

- Kaivosten sivukivi on usein liian pehmeää.
- Usein kaukana mahdollisesta käyttökohteesta.
- Hintatiedot puuttuvat.
- Hinnaltaan paikallisesti kilpailukykyisiä.
- Tienpitotarkoituksiin sivukiven käyttö edellyttää niiden rapautumisominaisuuksien tarkkaa selvitystä.

Alapassi näki positiivisena mahdollisuudet maisemoida sivukivikasvoja niiden hyötykäytöllä. Lopuksi hän valotti myös maa-aineslain ja kaivoslain ympäristövaatimusten eroja.

KIVIAINEKSEN KÄYTTÖMÄÄRÄT VUODESSA

Esitelmässä "Kiviaineksen jalostus ja käyttö Suomessa" toimitusjohtaja Esko Suntio käsitteli kiviaineksen käyttömääriä.

Maa-aineslaki astui voimaan vuoden 1982 alusta ja tällä hetkellä maa-ainesten ottolupia on koko maassa voimassa n. 11 000 kpl. Niiden yhteinen ottomäärä on n. 1 miljardi m³, mikä riittäisi koko maan tarpeisiin ainakin 20 vuodeksi. Toisaalta on laskettu, että kun laadukkaan soran kuljetusmatka kasvaa 50 kilometriin, alkaa 10 km:n etäisyydellä oleva kalliopaikka kilpailla murskeen valmistuksessa. Pisin tiedossa oleva kuljetus tapahtuu Pudasjärveltä Ouluun n. 100 km puhtaaksi betonisoraksi.

Omissa arvioissaan Esko Suntio on päätenyt seuraaviin käyttömääriin Suomessa jalostettujen kiviainestuotteiden osalta:

- luonnonhiekat ja sorat 24 milj. m³itd

- murskatut ja seulotut harjusrorat 18 milj. m³itd
- moreenimurskeet 1 milj. m³itd
- murskattu kallioliouhe 14 milj. m³itd
- jalostetut kiviainestuotteet yhteensä 33 milj. m³itd

Käytöstä Tielaitoksen osuus on noin kolmannes, betonituotannon osuus n. 20 % ja yhdyskuntarakentamisen osuus n. 20 %. Käytössä on tapahtunut n. 20 %:n lisäys vuodesta 1985 vuoteen 1989. Kun jalostettujen kiviainesten markkinat ovat n. 1,2 miljardia mk/a, on karkea arvio kiviainesten kokonaismarkkinoista n. 2 miljardia mk.

Jalostustoimintaa harjoittaa n. 70 urakoitsijaa. Murskauslaitoksia on käytössä n. 280 kpl, joista puolet on mobilelaitoksia.

KIVIAINEKSEN LAATUVAATIMUKSET

Kiviaineksen laatuvaatimuksia tarkasteltiin kahdessa esitelmässä. Tutkimusprofessori Asko Saarela VTT:ltä toi esiin näkemyksiä päällystekiviaineksen laatuvaatimuksesta Asto-projektin valossa. Betoniteollisuuden laatuvaatimuksia murskeen laadulle esitteli projektipäällikkö Klaus Juvas Oy Partek Ab:stä.

Saarela valotti esityksessään päällysteluokan, päällysteen kulumisen ja käytettävän massatyypin välisiä riippuvuuksia. Uudistuvissa, ehdotusvaiheessa olevissa päällystekiviaineksen laatuvaatimuseissa seurataan pistekuormitusindeksiä ja hioutuvuuslukuja.

Siten esim. luokan I päällyste (keskimääräinen vuorokausiliikenne yli 10 000 ajoneuvoa /vrk) edellyttää crittäin hyvää kiveä sekä erikoismassatyyppejä. SMA-massatyypillä tulee pistekuormitusindeksin olla yli 13 ja hioutuvuusarvon alle 1,7. Samaa SMA-massatyyppeä käyttämällä voidaan kolmannen päällysteluokan vaatimukset (keskimääräinen vuorokausiliikenne 1 500 — 5 000 ajoneuvoa/vrk) täyttää murskeella, jonka pistekuormitusindeksi on alle 10 ja hioutuvuusluku yli 2,8. Toisaalta tähän samaan päällysteluokkaan päästään AB-massalla, kun murskeen pistekuormitusindeksi on 12-14 ja hioutuvuusluku 2 — 2,4. Päällysteluokkien 4 ja 5 vaatimusten tutkimukset ovat vielä kesken.

Taustatiedoksi betoniteollisuudesta Klaus Juvas kertoi, että betonia valmistettiin Suomessa vuonna 1989 n. 7 milj. m³. Kun kiviaineksen osuus betonin tilavuudesta on 70-80 %, on helppo ymmärtää kuinka keskeinen vaikutus kiviaineksen ominaisuuksilla on betonin ominaisuuksiin.

Muut raaka-aineet ovat tarkasti valvottuja, mutta kiviaines tulee usein suoraan luonnosta ja sen laatu voi vaihdella hyvin paljon. Betonin kiviaineksen laadunvalvontaa varten ovat olemassa standardikokeet: humuskoe, lietekoe, kosteudenmäärityskoe, seulonta, kiintoteiheys, vedenimukyky. Siten erityisesti murskeiden ominaisuuksiin liittyviä kokeita ei ole yhtään.

Suurin ero murskeen ja luonnon muovaaman kiviaineksen välillä on raemuodossa. Murskeen kulmikas muoto vaikuttaa sekä tuoreen että kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Kun pyöreisiin luonnonmuovaamiin kiviaineksiin sekoitetaan osa murskattua karkeaa kiviainesta, paranee betonin koossapysyvyys sekä mekaaninen tartunta. Jos taas murskatun kiviaineksen osuus kasvaa yli 50 %, heikentyy betonin työstettävyys.

Suomalainen kiviaines on yleensä riittävän lujaa betonin valmistukseen. Yleisimmistä mineraaleista haurain on kiille, jonka esiintyminen heikentää selvästi betonin. Kiviaineksen lujuus tulee ratkaisevaksi vasta korkealujuusbetoneja valmistettaessa. Käytettäessä kaivosten sivukiveä runkoaineena on ennakkokokein varmistauduttava kyseisen malmin vaikutuksista betonin ominaisuuksiin.

Karkealajitteen raumuodolla ei normaaleissa valubetoneissa ole suurta merkitystä. Korkealujuusbetoneissa ja betonin pumppauksessa saattaa raumuodon merkitys korostua. Suuntaus on lisätä betoniasemien kiviaineslajitteiden lukumäärää niin, että kullekin betonityypille löytyisi oikea runkoaine. Betonin tärkeimpänä osaineena tullaan kiviainekseen kiinnittämään entistä suurempaa huomiota.

LAADUKKAAN MURSKKEEN TEKEMINEN

Murskeen laadun tekemistä käsiteltiin kahdelta näkökannalta. Yliassistentti Pertti Heikkilä kertoi, miten murskauslaatu toteutetaan ja projektipäällikkö Veli Suominen esitteli murskeen mineraalogisia vaatimuksia.

Heikkilän mukaan Asto-projektin kiviainestyöryhmän osatutkimuksen "Louhinta- ja murskaustavan vaikutus päällystekiviaineksen laatuun" lopputulokset voidaan tiivistää kahteen pääkohtaan:

1. Päällystekiviainesten valmistuksessa tulee huonomuotoinen ja mekaaniselta lujuudeltaan heikko kiviaines seuloa eroon esimurskaimen jälkeen. Käytettävän seula-aukon tulee olla vähintään 20 mm.
2. Vaativissa päällystystöissä käytettävä kiviaines tulee valmistaa murskaimella, jonka asetus on lähellä tehtävän kiviaineksen raekokoaluetta tai sen sisäpuolella.

Toisaalta todettiin, että lopputuotteen laatuun vaikuttaa merkittävästi tuotantoon valittu kalliolaue. Kullakin kivilaadulla on tietty laatu- ja valmistustekniikka määrää, kuinka lähelle saavutettavissa olevaa laatua päästään. Kiviaineksen kubisointia iskumurskaimella tutkittaessa todettiin, että menetelmä soveltuu ainoastaan heikkolaatuisten kiviainesten laadun parantamiseen.

Ensimmäisen murskausvaiheen hienoimman osan erottamisella saavutettiin lujuuden parannus 1-3 haurausarvoyksikköä. Murskaimen sopivalla asetuksen valinnalla siten, että pelkkä jälkimurskaimen tuote hyödynnetään päällystekiviainekseksi, saavutettiin lujuuden parannus 2-5 haurausarvoyksikköä. Tutkimuksissa ei voitu tarkastella lisääntyneiden valmistuskustannusten korvautumista parantuneen laadun tuottamalla taloudellisella hyödyllä. Se riippuu hyvin paljon tilanteesta ja myös siitä, onko erotettu heikompi aines todella hukkatuotetta vai saadaanko se kaupaksi.

Veli Suominen piti erittäin mielenkiintoisen, dioihin perustuvan havaintoesityksen mineralogian vaikutuksesta kiviaineksen lujuuteen.

Tässä tarkastelussa on aina huomioitava:

1. mineraalikoostumus
2. raekoko
3. kiven mikrorakenne
4. kiven muuttuneisuus

Siten esim. hienorakeinen graniitti voi olla ensimmäisen luokan murskemateriaalia, mutta karkearakeinen ja etenkin rakenteeltaan yksinkertainen graniitti jää luokattomaksi. On myös muistettava, että kalliorakentamisen aikana irrotettava louhe on aina seos useista erilaatuisista kivistä. Toisaalta rakennuskivilouhokset ja kaivokset sijaitsevat hyvän raaka-aineen kohdalla, mutta eivät yleensä kulutuskohteen lähellä.

Yleisten kivilajeja muodostavien mineraalien kestolle on ratkaisevaa, kuinka suurina rakeina ne kivessä esiintyvät ja kuinka raakeet ovat yhteydessä toisiinsa. Tällaisia mineraaleja ovat kvartsi, sarvivälke, maasälvät ja kiilteet. Kiven rakennetta lujittavia mineraaleja ovat yleensä pyrokseeni, epidootti ja oliviini. Yleensä muuttuneet mineraalit ja rapautuvat kiisut ovat haitallisia.

KAIVOSTEN SIVUKIVIAINEKSEN KÄYTTÖKOKEMUKSIA

Kaivosten sivukiviaineksen käyttökokemuksia ja ominaisuuksia käsiteltiin kahdessa esitelmässä. Johtaja Arto Hakola kertoi Kemian kaivoksen kokemuksia ja tulevaisuuden näkymiä ja projektipäällikkö Olavi Paatsola kertoi Siilinjärven kaivoksen sivukiven käyttökokemuksista ja -mahdollisuuksista.

Kemian kaivoksella kyse on kokonaisuutena määrättyä 170 milj. m³, josta 140 milj. m³ on sivukiveä. Sivukivistä n. 80 % on talkki-karbonaattikiveä, n. 10 % peridotiittia ja n. 5 % graniittia sekä kestävämpää serpentiniittia.

Murskeen käytöstä on mainintoja toimintakertomuksessa jo vuonna 1972. 1970-luvun kokemuksista voidaan tehdä ainakin kolme johtopäätöstä:

1. Raaka-aineen tuottajan pitää olla kiinnostunut siitä, mitä louheesta tehdään.
2. Kenellekään ei pidä antaa murskemonopolia ilman tiettyjä myyntimääriä.
3. Toimitusten laadun suhteen pitää tehdä tutkimuksia laboratoriomittakaavassa tai pienimittakaavaisia käyttökokeiluja.

Myöhemmin Outokumpu Oy aloitti uudelleen oman toimintana Kemian kaivoksen sivukivien markkinoinnin murskeiksi. Siten seipelin myynti Kemian kaivoksella on kohonnut vuoden 1987 25 000 tonnista vuoden 1990 seitsemän kuukauden myyntiin n. 120 000 t. Raaka-aineen laadun ja toimituspisteen edullisen sijainnin perusteella murskemarkkinoiden Kemistä uskotaan laajenevan voimakkaasti.

Siilinjärven sivukiven käyttökokemuksissa korostettiin apatiittimalmin ja sivukivien olennaista eroa. Apatiittimalmi on mineraalikoostumukseltaan voimakkaasti vaihteleva karbonaattikivi, jossa päämineraalit ovat flogopiitti, kiille, karbonaatti, apatiitti ja richteiriitti. Sivukivet taas ovat koostumukseltaan täysin malmista poikkeavia. Yleisimmin esiintyvät sivukivet ovat diabaasi, feniitti ja dioriitti. Näistä yleisimmän eli diabaasin koostumus on sarvivälkettä 50-70 % ja plagioklaasia 25-40 %.

Siilinjärven sivukivi sai vuosien 1985-1986 viitostien pinnoituksesta negatiivisen imagon. Julkisuudessa viitostien voimakas kuluminen laskettiin täysin sivukiven syyksi, vaikka kulumamittauksissa myöhemmin todettiin, että se kesti paremmin kuin vertailukiviaines ja paremmin kuin teoreettinen kuluma edellytti.

Tästä negatiivisesta imagoista huolimatta kiveä on käytetty pengerrystarkoituksiin, raskaasti liikennöityjen louheenajoteiden rakenteisiin sekä katu- ja viemäri- ja rakennusmateriaalina. Näissä ei ole negatiivisia kokemuksia havaittu.

Kaivosten sivukivistä puhuttaessa pelätään usein malmin sekoitumista joukkoon. Siilinjärven tapauksessa päästään vähintään alle 10 %:n malmisekoitukseen ja tarvittaessa jopa huomattavasti pienempiin määriin. Tällä sekoituksellakin tehtyinä testit antavat riittävän hyvät tulokset moniin käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi 8 % malmia sisältävän murskeen parannettu haurausarvo on 12,8, muotoarvo 2,97/1,81, hioutuvuusarvo 2,8, Los Angeles -luku 18,7 ja kiintotiheys 3,0. Myös raekokojakautuma on vaaditun säännöllinen.

Koska malmista ei ole muuta heikkoutta kuin sen pehmeys, se ei tee sivukivestä tehtyä mursketta huonolaatuiseksi. On muistettava, että myöskin sora- ja murske sisältää heikkoja kiviaineksia mahdollisesti jopa enemmän.

Sekä Kemian että Siilinjärven kokemuksista on nähtävissä, että tuotannossa joudutaan lähtemään laadun takaamisesta ja yhteistyöstä loppukäyttäjän kanssa. Myöskin vahvuudet Siilinjärvellä ovat samat kuin Kemissä eli runsaasti materiaalia ja hyvät liikenneyhteydet.

MUUT MATERIAALILÄHTEET

Gustaf Mickos oli lähettänyt kirjallisen yhteenvedon graniittilouhimoiden sivukivestä ja tekn. tri Pekka Särkkä esitteli Neste Oy:n kalliorakentamisen materiaalin hyödyntämistä.

Johtaja Mickosin mukaan Suomen graniittituotannon bruttomäärä on n. 1 milj. m³/a ja nettotuotanto n. 100 000 m³/a. Tämä louhitetaan n. 50-70 louhokselta. Syntyvästä sivukivestä pienlouhetta (alle 1 m³) on n. 30 %. Erityisesti tulisi pyrkiä diabaasiin ja dioriittien käyttämiseen kovuutta vastaaviin erikoistarkoituksiin. Myös suurten lohkeiden pienentämiseksi tulisi kehittää tehokkaita menetelmiä.

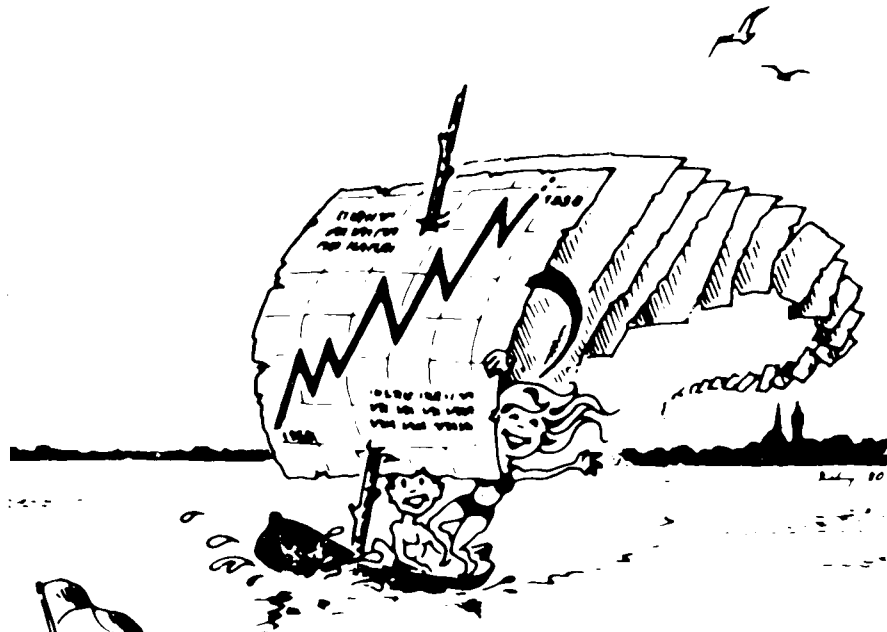
Neste Oy:n rakennuttamat maanalaiset kalliotilat vuodesta 1966 alkaen ovat n. 6,6 milj. m³. Tästä pääosa on rakennettu vuosien 1966 ja 1975 välissä. Alkuvaiheessa syntyvää louhetta pidettiin välttämättömänä pahana ja sitä käytettiin lähinnä pohjien tasaukseen, sataman täyttöihin ja tehdasalueen pohjustamiseen. Myö-

hemmin osa louheesta läjitettiin odottamaan mahdollista murskausta ja myöhempää käyttöä. Kokonaisuutena Sköldvikin alueen louheen käytölle on ollut tyypillistä pyrkimys mahdollisimman pienien ajomatkojen puitteissa maisemoida louhekasat.

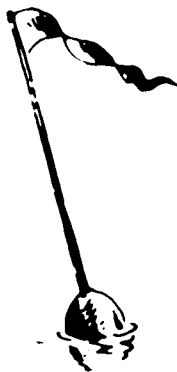
Ainoa Nesteen oma ulkomainen kalliovarasto on Sundsvallissa Pohjois-Ruotsissa. Tämän 60 000 m³ louhe myytiin kunnalle sataman rakentamiseen. Suunniteltu maakaasuvarasto Mäntsälän alueella merkitsisi uutta nousua Nesteen louhintamäärissä. Alustavasta kiinnostuksesta päätellen myös kalliomateriaalista olisi ollut varsin helppo päästä eroon. Hankkeen toteuttamisesta ei toistaiseksi ole tehty päätöstä.

TÄYDEN PALVELUN PAINOTALO

Lehdet, kirjat, julisteet, esitteet...
nopeasti ja huolellisesti nyky-
aikaisella tekniikalla.



Myötätuulta Sinunkin painotuotteillesi
Ota yhteyttä



Hangon Kirjapaino Oy
Vuorikatu 15-17, PL 2
10901 HANKO
☎ 911/84531

Helsingin myyntikonttori
Korppaanmäentie 17 C L 4
00300 HELSINKI
☎ 90/4361 011

Kalliotilojen käyttö teollisuusjätteiden sijoitukseen

TkL Ari Simonen, Teknillinen korkeakoulu, Kalliotekniikan laboratorio, Espoo

JOHDANTO

Tausta

Suurivolyymiset ja laadultaan erikoiskaatopaikkakäsittelyä vaativat teollisuusjätteet sijoitetaan yleisesti teollisuuslaitoksen omalle, lähistöllä olevalle sijoitusalueelle. Tilastokeskuksen tietojen mukaan noin 41 % teollisuuden kiinteistä jätteistä saadaan hyötykäyttöön, noin 55 % menee kaatopaikalle, varastoon sekä viemäriin ja vesistöön ja 3 % on muunlaista sijoittamista (kuva 1). Teollisuuden jätemääräksi vuonna 1987 arvioidaan noin 35 miljoonaa tonnia, josta kaivostoiminnan osuus on 21.5 miljoonaa tonnia. Malmin rikastuksessa syntyvä rikastushiekka muodostaa tästä suuren osan ja sivukiven 7.9 Mt määrästä 17 % käytettiin uudelleen. Muun teollisuuden tuottamista jätteistä 45 % oli mineraaliperäistä, jota syntyi lähinnä metalliteollisuudessa /9/.

Kolme prosenttia teollisuuden jätteistä viedään valtakunnallisen ongelmajätelaitoksen Ekokem Oy Ab:n käsiteltäviksi tai maanalaiseen sijoitukseen. Usein teollisuuslaitoksen kaatopaikka sijaitsee lähellä asutusta ja sillä saattaa olla määräaikainen täyttölupa. Teolliseen jatkokäsittelyyn sopimattomien jätteiden sijoittaminen kaatopaikalle voi jätteen laadusta riippuen olla ongelmallista ja lopullista sijoitusratkaisua ei ole aina tehty. Esimerkiksi metallien valmistuksessa ja kemian perusteollisuudessa syntyy raskasmetallipitoisia jätteitä, jotka vaativat erikoiskaatopaikkakäsittelyä.

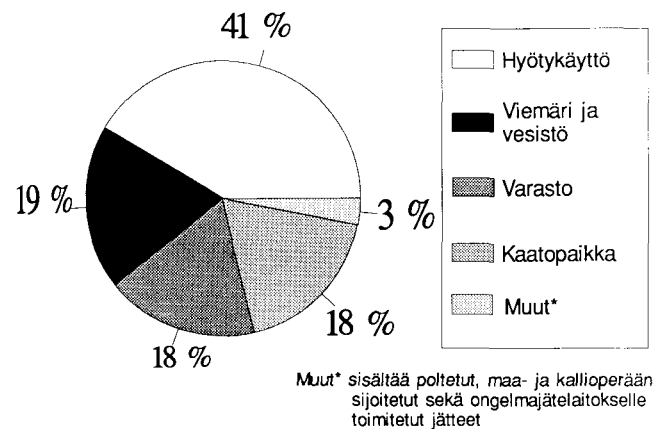
Suurin osa raskasmetalleista esiintyy luonnonympäristössä litosfääriin sitoutuneena ja ne eivät kulkeudu haitallisessa määrin biosfääriin. Kaivos- ja metalliteollisuudessa litosfääriin sitoutuneita aineita nostetaan biosfääriin ja jalostetaan, minkä seurauksena voi jäädä ympäristöhaittoja aiheuttavia aineita. Tämän tyyppiset jätteenaineet olisi luonnollista palauttaa alkuperäiseen ympäristöönsä. Koska aineiden olomuoto ja ominaisuudet ovat usein luonnon mineraaliesiintymistä poikkeavia, edellyttää maanalainen sijoitus huolellista tutkimusta ja suunnittelua.

Keski-Euroopassa on sijoitettu ongelmajätettä maanalaiseen suolakavokseen /1/. Norjassa sijoitetaan metalliteollisuuden jätettä erikseen louhittaviin kalliotiloihin /5/. Suomessa on tutkittu laajalti ydinvoimaloiden jätteiden sijoitusta kallioperään ja matala-aktiivisen voimalaitosjätteen sijoitustilat Olkiluodon kallioperään ovat rakenteilla. Lohja Oy Ab:n Tytyrin kaivoksella on toteutettu pienimuotoista kaukolämpölaitoksen tuhkan ja kipsin käyttöä louhostäytteenä. Japanissa ja Keski-Euroopassa jätteenpolto on tullut kaatopaikkakäsittelyn vaihtoehdoksi. Polttaminen pienentää jätetilavuuksia, mutta polttolaitoksen usein korkeita haitta-ainepitoisuuksia sisältävän kuonan lopputuotteen käsittely voi aiheuttaa ongelmia /2/. Jätteenpolttolaitoksen luona on myös eräs potentiaalinen kaivos- tai kalliosijoituksen sopiva tuote.

Suomalainen kallioperä tarjoaa hyvät mahdollisuudet maanalaisen tilojen louhintaan ja louheen hyväksikäyttöön. Kaivos- ja louhintateknikka on lisäksi kansainvälisesti katsottuna kehittynyttä, mikä mahdollistaa teknisesti korkeatasoisten sekä tehokkaan ja edullisten kalliotilojen louhinnan ja hyväksikäytön.

Jätehuollon yleistä vaatimustasoa kohotetaan asteittain ja jätte-

TEOLLISUUDEN JÄTTEIDEN SIOJITTAMINEN



Kuva 1. Teollisuuden jätteiden sijoittaminen vuonna 1987, yhteensä noin 35 miljoonaa tonnia, /9/.

Fig. 1. Disposal of industrial waste in Finland 1987 about 35 millions tons, /9/.

huollon toteuttaminen vaaditaan tehtäväksi siten, että jätteet voidaan käyttää uudelleen tai siten hyödyksi ettei jätteistä aiheudu haittaa ympäristölle. Nämä vaatimukset edellyttävät uusien sijoitus- ja varastointimahdollisuuksien etsimistä ja tutkimista.

Tavoitteet

Kaivosten soveltuvuutta teollisuusjätteiden sijoitukseen alettiin tutkia vuonna 1986 ympäristöministeriön rahoittamana esitutkimuksena. Tutkimuksen tulokset julkaistiin ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston julkaisuna vuonna 1988 /6/. Esitutkimusta jatkettiin tutkimalla tarkemmin Vihannin kaivoksen soveltuvuutta teollisuusjätteiden sijoitukseen Outokumpu Oy:n ja Oulun lääninhallituksen rahoittamalla jatkotutkimuksella. Molemmat työt tehtiin Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy:ssä ja tutkijoina toimivat FL, ins. Esko Rossi ja DI Ari Simonen. Tutkimusryhmän johtajana toimi TkT Matti Ettala. Edellä mainittujen tutkimusten pohjalta on TTK:n Kalliotekniikan laboratoriossa viimeistelyä aiheutta käsittelevä lisensiaatintyö /7/. Työssä on aiheen käsittelyä laajennettu siten, että myös erikseen louhittavien kalliotilojen soveltuvuutta on tarkasteltu.

Tässä artikkelissa on tavoitteena esittää edellä mainittujen tutkimusten johtopäätökset koskien teollisuusjätteiden maanalaisista sijoitusta sekä arvioida mahdollisuutta sijoittaa teollisuusjätteitä olemassa olevaan kaivokseen tai vastaavasti erikseen louhittavaan kalliotilaan.

Yllämainitun esitutkimuksen tavoitteena oli selvittää erityiskaatopaikkatilan tarvetta Suomessa sekä olemassa olevien kaivos- tai louhostilojen soveltuvuutta ongelmallisten jätteiden sijoitukseen. Jatkotutkimuksessa tavoitetta kohdennettiin teknisten, taloudellisten

ten ja ympäristönsuojellisten perusteiden etsimiseen teollisuusjätteiden kaivossijoitukselle. Erikseen louhittavan tilan tarkastelun tavoitteena oli selvittää yleiset reunachdot ja esimerkkitaapauksen avulla tutkia tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet louhittavan tilan sijoituskäyttöön. Lisäksi vertailtiin kumpaakin maanalaista sijoitusvaihtoehtoa keskenään sekä niiden kustannuksia erikoiskaatopaikkakäsittelyn kustannuksiin.

Menetelmät

Maanalaisen sijoituksen yleisiä vaatimuksia ja rajoituksia tutkittiin kirjallisuusselvityksellä sekä Länsi-Saksaan suuntautuneella tutkimuskäynnillä. Kaivosten yleistä soveltuvuutta tutkittiin kaivosinventoinnin avulla, jossa kirjallisuustutkimuksen perusteella määritettyjen kriteerien avulla arvioitiin eri kaivosten soveltuvuutta sijoitustoimintaan. Erikseen louhittavien tilojen soveltuvuuden reunachdoja selvitettiin edelleen kirjallisuustutkimuksella ja erityisesti käytettiin hyväksi soveltuvin osin ydinjätteiden sijoitustutkimusten tuloksia.

Kaivossijoituksen esimerkkikohteeksi valitun Vihannin kaivoksen soveltuvuutta tutkittiin yksityiskohtaisemmin käyttäen esimerkkijätteitä ja niiden laboratoriotestejä sekä kaivokselta saatua materiaalia ja kaivostyöntejä sekä haastatteluja. Louhittavan tilan tarkastelu perustuu kuviteltuun kohteeseen suunnitellun esimerkkisijoitustilan arvioimiseen.

Rajaukset

Tutkimuksissa tarkastelun ulkopuolelle on jätetty avoluohokset ja niiden soveltuvuus jätteiden sijoitukseen. Teollisuusjätteillä tarkoitetaan tässä epäorgaanisia, massamaisia ja suurivolyymisia jätteitä, jotka eivät laatu- tai määrän- vuoksi sovellu ongelmajätelaitoskäsittelyyn. Tällaisiksi jätteiksi on katsottu myös voimalaitosten rikinpoistojätteet ja tuhka määrän- vuoksi sekä saastuneet maamassat sekä määrän- vuoksi. Yhdyskuntajätteen tai orgaanisten ja ydinvoimaloiden jätteiden maanalaista sijoittamista ei ole käsitelty lainkaan niiden erilaisen luonteen vuoksi. Öljyn maanalaisen varastoinnin on myös katsottu eroavan teollisuusjätteiden sijoituksesta niin paljon, ettei sitä ole otettu tarkastelujen pohjaksi.

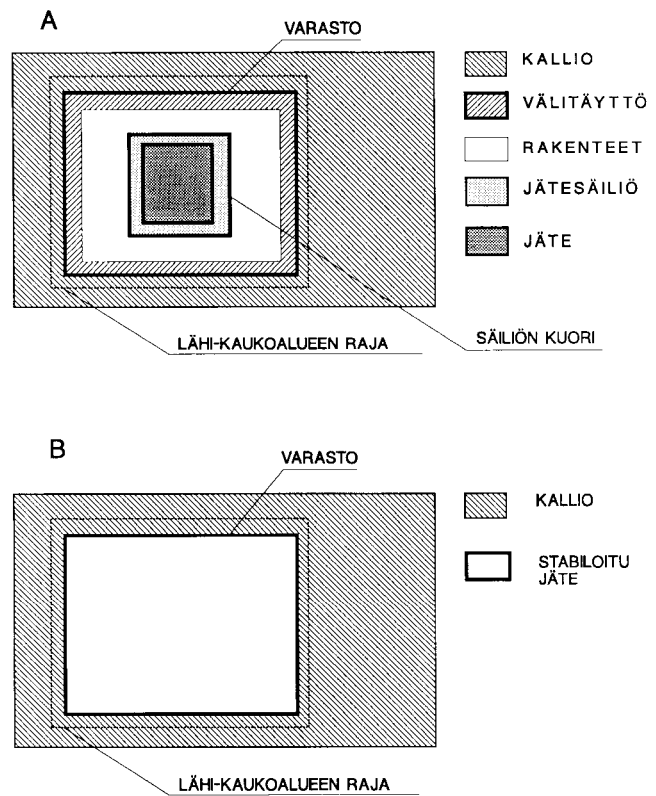
Hydrogeologisia ja kalliomekaanisia tarkasteluja ei tutkimuksiin ole varsinaisesti sisällytetty, vaikka niitä onkin yleisellä tasolla sivuttu. Muutenkin tutkimuksissa on pyritty aiheen yleiseen tarkasteluun. Tämä perustuu siihen, että aiheita ei läpikäydyn materiaalin mukaan ole periaateratkaisuna Suomessa aiemmin laajemmin käsitelty.

PERIAATTEET

Maanalaisen teollisuusjätteen sijoituksen periaate on eristäminen biosfääristä pohjavedenalaiseen kalliotilaan. Eristeenä toimii tiivis kallio ja lisäksi eristeenä mahdollinen jätteen stabilointi, kuva 2. Kyseessä on ns. moninkertaisten vapautumisesteiden periaate. Kaatopaikkasijoituksessa jätteet sijoitetaan biosfääriin pohjaveden pinnan yläpuolelle ja ympäristöhaittojen syntymistä pyritään ehkäisemään teknisin eristein tai tiiviillä maakerroksilla, kuva 3. Maanalaisen tilan paksun kallioeristyskerroksen kestoikää voidaan pitää käytännössä rajoittamattomana ja haitta-aineiden kulkeutuminen biosfääriin voi tapahtua vain kallion rakosteemissa pohjaveden mukana. Maanalaisesta sijoitustilasta jäte on myöhemmin tarvittaessa saatavissa uudelleen käsittelyyn.

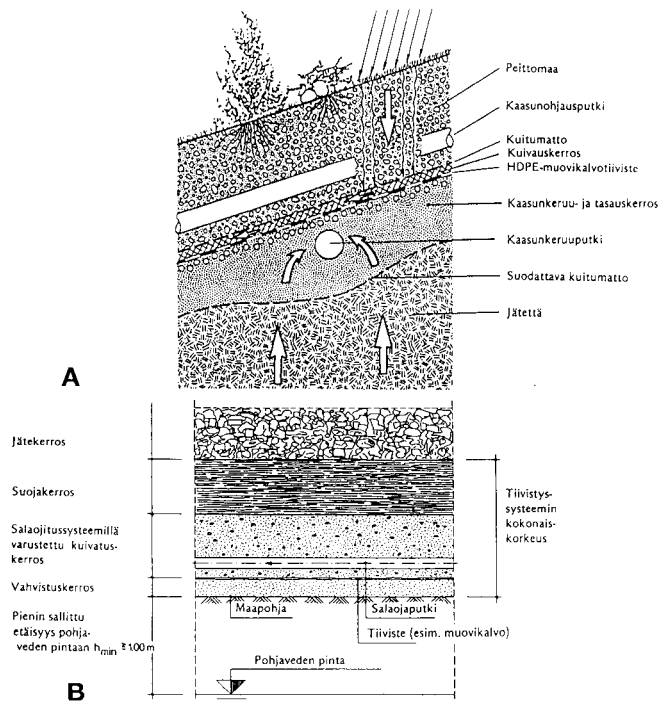
JÄTTEET

Kalliotiloihin sijoitettaville jätteille tulee asettaa eräitä rajoituksia. Jätteen tulee olla palamaton, räjähtämätön ja se ei saa kehittää vaarallisia kaasuja. Nestemäisiä jätteitä ei myöskään tulisi ottaa maanalaiseen sijoitukseen. Orgaanisia jätteitä ei tässä yhteydessä ole tarkasteltu. Jätteiden haitta-aineiden tulee olla mahdollisimman



Kuva 2. Moninkertaisten vapautumisesteiden periaate. A) Ydinjätteiden loppusijoitus. /4/. B) Teollisuusjätteen sijoitus. /7/.

Fig. 2. Principle of multiple barrier disposal system. A) Disposal of nuclear waste. /4/. B) Disposal of industrial waste. /7/.



Kuva 3. Kaatopaikan tiivistäminen. /2/. A) Kaatopaikan yläpinnan tiivistäminen HDPE-kalvolla, B) Kaatopaikan perustan tiivistys.

Fig. 3. Sealing of a landfill disposal site. /2/. A) Sealing of the top of the site. B) Sealing of the basement.

niukkaliukoisessa muodossa tai jätteet tulee käsitellä niin, että haitta-aineliukoisuus on riittävän pieni.

Jäte voidaan sijoittaa joko siirrettävänä massana tai pakattuna esimerkiksi tynnyreihin. Pakkauksissa olevien jätteiden sijoittaminen vaatii laajoja kulkukelpoisia tiloja, joita Suomen kaivoksissa ovat vain peräyhteydet. Erikseen louhittavat tilat voidaan tehdä tarvittaessa kauttaaltaan kulkukelpoisiksi. Stabiloituid, "irtotavaran" sijoitettavat jätteet voidaan sijoittaa joustavammin tilan laadusta tai muodosta riippumatta ja tilan täyttöaste saadaan korkeaksi. Stabiloitu, tiivis ja siten huonosti vettäjohtava täyttö hidastaa pohjaveden virtausta ja haitta-aineiden liukenemisnopeus ja kulkeutumismahdollisuus on pienempi pakattuihin jätteisiin verrattuna.

YMPÄRISTÖ

Sijoitustoiminnan ympäristövaikutuksia voidaan tutkia ydinjätteiden loppusijoituksen vaikutusten tarkastelussa käytettyjä turvallisuusanalyysimenetelmiä käyttäen. Tyypilliset sijoitettavaksi sopivat jätteet sisältävät raskasmetalleja. Raskasmetallien ja uraanin sekä sen hajoamistuotteiden ominaisuudet ovat radioaktiivisuutta lukuunottamatta kemiallisesti samankaltaiset. Teollisuusjätteiden sijoituksen vaikutusanalyysi, kuva 4, voi toimia sekä sijoituspaikkojen vertailuperusteena että sijoitettavien jätteiden hyväksymiskriteerin osana.

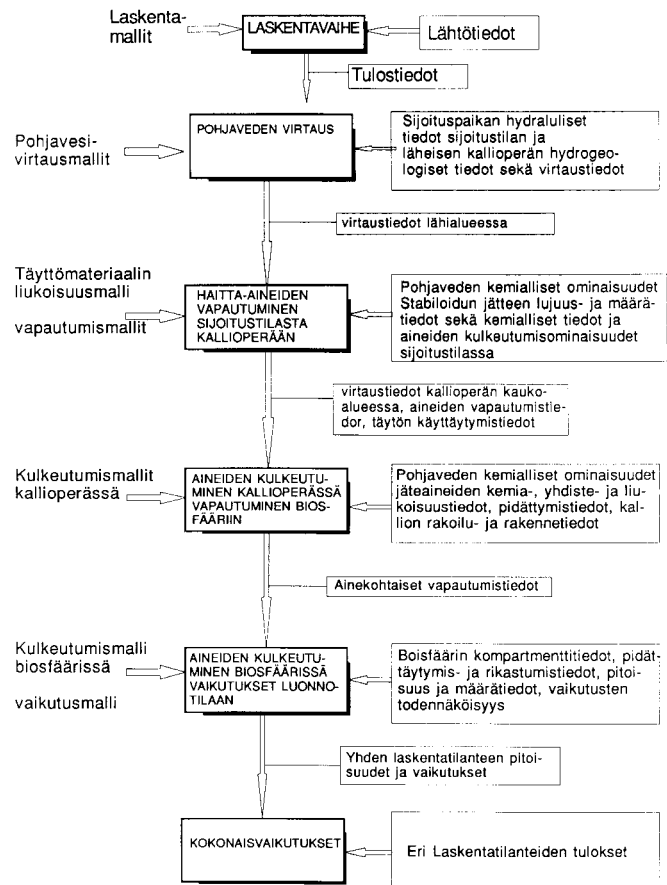
Stabiloinnin vaikutusta eräisiin jätteisiin tutkittiin koemenetellyllä. Jäte, sideaineena käytetty kuona, lisäaineet ja vesi sekoitettiin ja seos valettiin betoninkoestuslieriöön. Kovettunut täyte puristettiin rikki puristusmurtolujuuden määrittämistä varten ja rikotut näyttekappaleet otettiin ravisteluteistiin liukoisuuden määrittämistä varten. Käytetty menetelmä on suhteellisen yksinkertainen eikä se vaadi erityisvälineistöä.

Jätteiden käsittely stabiloimalla vähentää monissa tapauksissa haitta-aineiden liukoisuutta riittävästi siten, että pitoisuus jätteen läpi suotautuvassa vedessä on alle tavoitteeksi asetetun juomavesinormin. Esimerkkinä tutkituista jätteistä Harjavallan arseenipitoisen sakan arseenin liukoisuus putosi sopivalla käsittelyllä käsittelemättömästä pitoisuudesta 2 mg/l lähelle juomavesinormin mukaista pitoisuutta 0.05 mg/l, kuva 5. Kaikilla jätteillä sideainestabilointi ei ole riittävä käsittely liukoisuuden kannalta, jolloin on harkittava mahdollista lisäkäsittelyä tai maanalaisesta sijoittamisesta luopumista. Kunkin jätteen sopivuus maanalaisesta sijoitukseen tulee tutkia ennakkoon.

KAIVOSIJOITUS

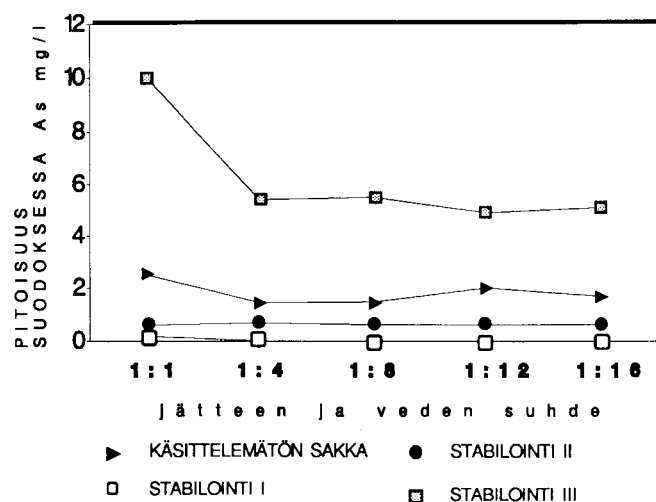
Kaivostilojen inventoinnissa valittujen kriteerien perusteella Tytyrin kalkkikivikaivos ja Vihannin sinkki-, kupari-lyijyikaivos osoittautuivat muita kaivoksia paremmin sijoitustoimintaan sopiviksi. Avolouhokset ja kokonaan vedentäyttämät vanhat kaivokset jätettiin inventoinnin ulkopuolelle. Rajoittaviksi tekijöiksi osoittautuivat kaivoksen sijainti, kulkuyhteydet kaivokselle ja kaivoksessa sekä kaivoksen olosuhteet ja tyhjien tilojen laatu sekä määrä. Sijoitustoiminta kaivokseen tulisi aloittaa pääsääntöisesti ennen kaivostoiminnan loppumista, koska kaivostilojen pumppaus tyhjäksi ja myöhempi kunnostus on kallista ja kaivosten toimivat laitteet on poistettu.

Vihannin kaivoksessa arvioitiin olevan noin 530.000 m³ tyhjäksi jäävää tilaa, josta osa on sijainniltaan tai laadultaan sellaista, että sijoituskäyttö on epävarmaa. 20.000m³ vuosittaisella sijoituskapasiteetilla mahdollinen toiminta-aika olisi n. 20 vuotta. Sijoitusmenetelminä kyseeseen tulevat lähinnä stabiloitu täyttö pumppaamalla tai kuljettamalla. Kaivoksen laitteita ja koneita voitaisiin käyttää sijoitustoiminnassa hyväksi osin sellaisinaan ja osin muutettuna. Tuuletuksen, vedenpumppauksen sekä kuilun laitteet ja koneet ovat välttämättömät sijoitustoiminnassa. Sijoitustoiminnan työvoiman tarpeeksi arvioitiin 11 henkilöä. Sijoitustoiminnan vaikutusta



Kuva 4. Vaikutusanalyysin eri vaiheisiin liittyvät tärkeimmät lähtö- ja tulostiedot sekä laskentamallit, /7/.

Fig. 4. The main input and output data and calculation models of the analysis of the possible environmental effects, /7/.



Kuva 5. Arseenin liukeneminen sakasta eri jätteen ja veden funktiona, /7/.

Fig. 5. The leachability of arsenic as a function of different waste and water ratio, /7/.

pohjaveden laatuun tulisi valvoa useasta pisteestä. Alpuanharjun noin 2 km päässä sijaitsevan pohjavesiesiintymän suunta olisi tärkein valvontakohde.

KAIVOSTÄYTTÖ

Lohja Oy Ab:n Tytyrin kaivoksella on käytetty kaukolämpölaitosten tuhkaa ja kipsiä kovettuvana kaivostäytteenä. Menetelmänä on kuivan täyttömateriaalin puhaltaminen maanpinnalta olevan reiän kautta suoraan louhokseen. Johon samanaikaisesti suihkutetaan erikseen kovettumisen vaatima vesi, kuva 6. Ennen louhoksen täyttöä avoimet aukot ja peräyhteydet tukitaan. Harkoista muuratujen seinien taustat on täytetty suotavilla louhe-, betoni- tai tuhka-betonitulpilla. Täytettäväksi louhoksiksi on aluksi valittu kuivimmat louhokset.

Sijoitettava materiaali tuodaan välivarastosiilosta sementinkuljetusautolla. Sideaineena käytettävä sementti on otettu auton säiliöihin jo aiemmin, ja se sekoittuu täyttömateriaaliin säiliöitä täytettäessä. Autossa on kompressori tarvittavan paineilman tuottamiseen. Käytettävän sementin määrä on 5-10 % tuhkan määrästä, /3/. Täyttömateriaali puhalletaan paineilmalla autosta täyttöreiän kautta louhokseen. Samanaikaisesti sumutetaan louhokseen vettä ns. kostutusvedenä kovettumisreaktion nopeuttamiseksi. Veden määrä on noin 15 m³ 100 kuiva-ainetta kohden. Veden pumppaus ohjataan maanpinnalta siten, että sitä pumpataan vain täytön aikana. Veden määrää seurataan vesimittarilla.

Täytön edistymistä ja täyttölouhoksesta tulevan suotoveden määrää ja laatua seurataan erillisistä rei'istä ja patojen suotovesirei'istä. Louhokset ovat olleet kuivia ja vain vähäistä veden tiikkuista patojen suotovesirei'istä on ollut havaittavissa. Louhoksesta kairatun täyttömateriaalinäytteen yksiaksiaalinen puristusmurtolujuus oli 4 MPa, mikä on riittävä täytön itsekantavuuden kannalta, /3/.

Edellä kuvattu menetelmä sopii erinomaisesti kuivien ja rakeisuudeltaan hienojen materiaalien kaivostäyttöön. Täyttömateriaalin puhallus kuivana ja kostutusveden hallittu ja optimoitu lisäys estää hydraulisen paineen syntyminen ja poistaa rössivaaran patojen kautta muihin kaivostiloihin. Lisäksi suotovesien pumppaus- ja käsittelytarpeelta säästytään. Suotovesistä ei myöskään näin ollen synny vaikutuksia ympäristöön.

SIJOITUS LOUHITTAVAAN TILAAN

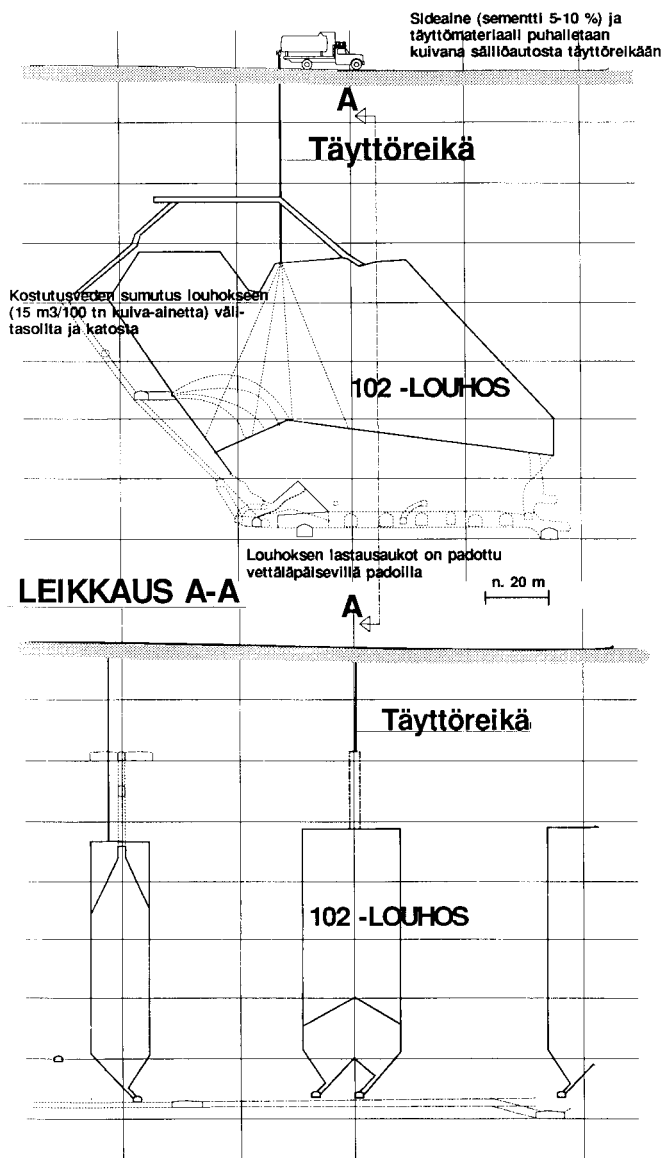
Sijoitustoimintaa varten erikseen louhittavalla tilalla on kaivossijoitukseen verrattuna eräitä etuja. Sijoitustilat voidaan tehdä sijainniltaan sopivaan paikkaan ja tilat sijoittelultaan sekä kooltaan sijoitustoimintaan sopiviksi. Lisäksi tilojen pysyvyys ja veden virtausolosuhteet ovat edullisemmat. Erikseen louhittavien tilojen haittana on suuremmat alkuinvestoinnit sekä koneisiin ja laitteisiin että varsinaisiin sijoitustiloihin. Tilojen louhinnasta saatava louhe voidaan käyttää hyväksi harjusoraa korvaavana materiaalina.

Sijoitustilojen sijainti on valittava siten, että sekä jätteiden syntypaikat että kiviaineksen kulutuskohteet ovat sopivalla etäisyydellä. Valittavan alueen tulee olla pinta-alaltaan vähintään 50 hehtaarin suuruinen mieluiten yhden omistajan hallussa oleva metsäinen ja kallioinen alue. Teollisuusjätteiden sijoituksen vaikutusanalyysiä voidaan käyttää alueiden vertailussa hyväksi. Merenrannikon läheisyys mahdollistaa edullisten proomukuljetusten käytön. Sijoituskapasiteetti on suhteellisten suurten alkuinvestointikustannusten vuoksi valittava riittävän suureksi, esimerkissä se on 100.000 m³/vuosi 20 vuoden ajan. Suuri kapasiteetti merkitsee keskitettyä sijoittamista.

Sijoitustilat

Kaikki teollisuusjätteiden maanalaisessa sijoituksessa tarvittavat tilat voidaan sijoittaa maan alle. Maan päälle jäävät vain murskatun kiviaineksen varastokasat, tuuletusasemat ja kuivatusvesien varastoallas. Työntekijöiden sosiaalitilat on myös syytä sijoittaa maanpinnalle. Maanalaista tilaa tarvitsevat sijoitustilojen lisäksi jätteiden välivarastosiilot, sideainesiilot, stabilointi- ja täytön pumppausasema, kaluston huoltopaikka ja räjähdysaineväestö.

Sijoitustilojen louhinnassa on edullista käyttää kaivoksilla kehi-



Kuva 6. Esimerkki kovettuvan tuhkan sijoittamisesta kaivostäytteenä Tytyrin kaivoksella, /3/.

Fig. 6. The backfilling of hardening ashes into Tytyri limestone mine, /3/.

tettyjä louhinta- ja täyttömenetelmiä. Tilat on suunniteltava pystysuuntaisiksi, jotta niiden täytöstä saadaan suureksi. Tilojen koko ja määrä on valittava siten, että erityyppisten jätteiden sijoitus voidaan tehdä samanaikaisesti omiin tiloihinsa. Täyttöalueiden väliset yhteydet tulee voida eristää toisistaan.

Sijoitustapa

Edullisin sijoitustapa on jätteen stabilointi kovettuvaksi ja niukka-liukoiseksi massaksi, joka pumpataan, puhalletaan tai kuljetetaan sijoitustilaan. Massa on tehtävä vesipitoisuudeltaan sellaiseksi, että siitä ei erotu vettä sijoitustilaan. Tarvittaessa pumppavuutta voidaan parantaa notkistimilla.

Sijoitustoiminnan vaikutusten seurannassa on huomioitava päästöt ympäristöön (ilmaan ja pohjaveteen), työhygieniä ja työturvallisuus sekä muut ympäristövaikutukset. Maisemalliset ja maankäyttöön liittyvät vaikutukset on huomioitava jo paikan valinnassa.

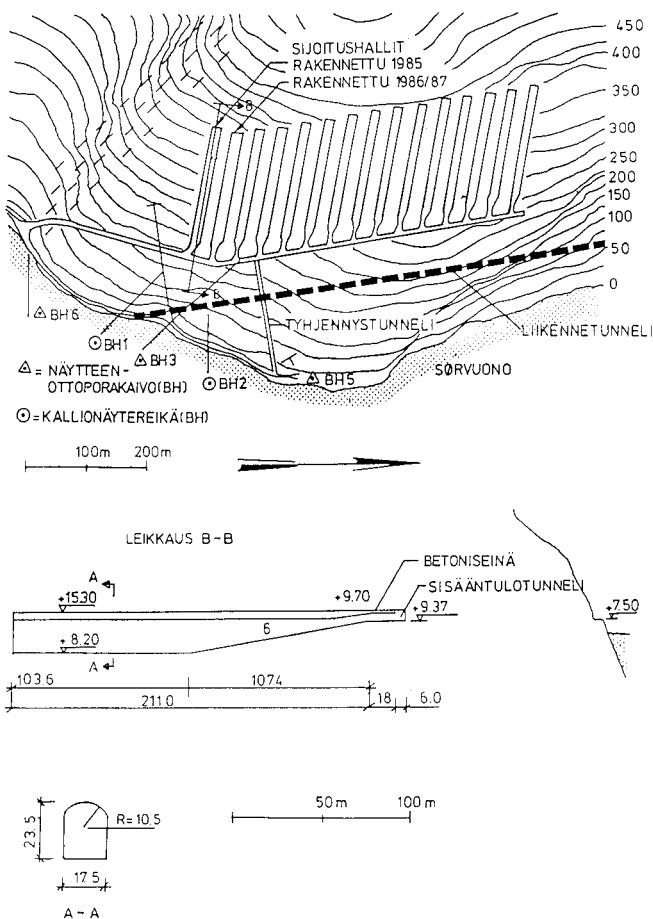
Esimerkki kalliosijoituksesta

Esimerkkinä louhituksen tilan käytöstä on Nordzink Ab:n jarosiittijätteen sijoitus vuonon rinteeseen louhittuihin kalliotiloihin. Nordzink AB tuottaa elektrolyyttistä sinkkiä noin 120.000 t/v Norjan länsiosassa Oddassa Sörfjordenin vuonon rannalla. Prosessin jätteenä syntyvä jarosiittijäte pumpattiin vuoden 1986 kesään asti Sörfjordenin vuonoon. Vaihtoehtoiseksi sijoitusmahdollisuudeksi tuli maanalainen sijoittaminen, joka valittiin ja sijoituspaikkatutkimukset johtivat tilojen sijoittamiseen 2 kilometriä pohjoiseen tehdaslueesta.

Tilat on sijoitettu vuonosta kohoavaan karkearakeiseen graniitti-gneissi vuorenrinteeseen. Tilaratkaisuksi valittiin kustannusyistä 211 m pitkä, 17,5 m leveä ja 23,5 m korkea halli, johon on pääsy hallin toisesta päästä sen ylätasolle. Tilojen lay-out ja hallin muoto on esitetty kuvassa 7. Tilat on suunniteltu tehtäväksi kahteen tasoon, jossa kummassakin olisi 15 hallia. Vaakapilarin paksuudeksi on suunniteltu 30 m ja hallien välisen pilarin paksuudeksi 20 m. /5/.

Jarosiittijäte sisältää seuraavia aineita:

SO ₄	30 %	Cu	} yht. alle 1 %
Fe	20-28 %	CaO	
Zn	3-5 %	MgO	
SiO ₂	2-6 %	As	
Pb	2-3 %	Sb	
		Cd	
		Ag	



Kuva 7. Esimerkki norjalaisesta teollisuusjätteen kalliosijoituksesta. /5/.

Fig. 7. Industrial waste disposal to the excavated openings in Norway. /5/.

Jäte pumpataan 20 %:n kuiva-ainepitoisuudessa halkaisijaltaan 125 mm:n putkea pitkin sijoitustilaan. Tilassa vesi erottuu ja se ohjataan sisäntulotunnelin varressa olevalle pumppaamolle takaisinpumppausta varten. Vesi kiertää siten suljetussa kierrossa. Mahdolliset ylivuotovedet käsitellään ennen vuonoon laskemista /5/.

Tiloihin ei sallita merivesivuotoja eikä tiloista saa päästä erottuvaa vettä ympäristöön tai mereen. Tiloihin tuleva pohjavesi, 70-90 m³/päivä/tila, on myös pumpattava takaisin tehtaalle. Tilojen ja vuonon väliin on tehty 3 tarkkailureikää pohjaveden tarkkailua varten. Tarkkailuohjelman mukaisesti analysoitavia näytteitä otetaan kahdesti vuodessa. Muutoksia pohjaveden laadussa ei ole havaittu, /5/.

Yhden hallin tilavuus, 64.000...70.000 m³, vastaa vuoden sijoitustarvetta. Ensimmäinen tila valmistui v. 1985, toinen 1986/87 ja kolmas v. 1989. Hallien rakentaja on valittu urakkakilpailun perusteella ja ensimmäisen ja kolmannen urakoitsija oli sama. Hallien lujitustarve on ollut pieni; 125-915 puuttia ja 34-61 m³ ruiskubetonina hallia kohden. Louhinta- ja lujituskustannukset ovat olleet 176...234 NOK/m³, eli n. 105...140 mk/m³. Käyttökustannuksiksi ilmoitetaan 1.000.000 NOK/vuosi (noin 8,5 mk sijoitettavaa m³ kohden), mikä sisältää pumppujen ja putkistojen ylläpidon, pump-pausenergian ja vesien selkeytyksen. /5/.

KUSTANNUKSET

Jätehuollollisesti maanalainen sijoittaminen on monilta osin normaalia maanpäällistä sijoittamista parempi ratkaisu. Maanalaisen sijoittamisen kustannukset ovat sen vuoksi ratkaisevat päätettäessä sijoitustavasta. Vaihtoehtona maanalaiselle sijoitukselle on erikoiskaatopaikkasijoitus. Erikoiskaatopaikalle asetettavia vaatimuksia ovat mm.:

- pohjan tiivistys, esimerkiksi kaksi muovikalvoa
- suotovesien keräily- ja tarkkailujärjestelmä
- täytönaikainen katos
- viimeistelyvaiheessa muotoilu ja pinnan tiivistys-, salaojitus- ja maisemointikerrokset

Investointikustannukset tilavuudeltaan 400.000 m³ olevalle erikoiskaatopaikalle ovat tässä 50 Mmk. Käyttökustannuksia muodostuu jätteen vastaanotosta, läjityksestä, ylläpidosta sekä valvonnasta ja tarkkailusta.

Seuraavassa taulukossa on vertailtu kaivokseen, louhittuun tilaan ja erityiskaatopaikkaan sijoitettavan jätteen sijoituskustannuksia.

Taulukko 1. Teollisuusjätteen maanalaisen sijoituksen ja erikoiskaatopaikkasijoituksen kustannukset. Kaivossijoituksen kapasiteetti ja kaatopaikkasijoituksen 20.000 m³/vuosi, louhittuun tilaan sijoittamisen kapasiteetti 100.000 m³/vuosi. /7/.

Table 1. The costs of disposal: a) mine disposal, b) disposal to excavated opening, c) industrial non hazardous waste landfill disposal. Mine and landfill disposal capacity 20.000 m³/a, capacity of disposal to excavated opening 100.000 m³/a. /7/.

kustannuslaji	a) kaivos mk/m ³	b) louhittu tila mk/m ³	c) erikoiskaatop. mk/m ³
investoinnit	80	100	400
20 v. 15 % kuljetukset ja väli- varastointi	75	80	35 ¹⁾
tilojen louhinta, pudot		140	
täyttö	88	100	32 ²⁾
ylläpito	150	32	26
valvonta	25	10	13
ytteensä	418	462	506

1) Kuljetusmatka 20 km, muilla kuljetus 70 mk/m³

2) Ei stabilointia



Kaivossijoituksen pienempi vuosikapasiteetti johtuu rajoitetusta sijoitustilasta. Erikoiskaatopaikan osalta on myös perusteltua käyttää pienempää vuosikapasiteettia, koska kaatopaikka on yleensä tarkoitettu vain yhden teollisuuslaitoksen käyttöön. Mikäli kapasiteetti olisi 100.000 m³/a ja investointiajanjakso 20 a, olisivat erikoiskaatopaikan kustannukset 281 mk/m³.

Kustannuksiltaan kaivossijoitus ja louhittuun tilaan sijoitus eroavat alkuinvestoinneiltaan eniten. Toisaalta louhittuun tilaan sijoittamiselle on laskettu samat kuljetuskustannukset kuin kaivossijoitukseen, vaikka sijoituspaikka voi sijaita lähempänä jätteen syntyäpaikkaa. Erikseen louhittavan sijoitustilan edut kaivossijoitukseen ovat:

- mahdollisuus edulliseen sijaintiin jätteen syntyäpaikan ja louheen käyttökohteiden suhteen
- käyttökelpoisemmat tilaratkaisut
- joustavuus kapasiteetin suhteen
- sora korvaavan materiaalin tuottaminen

Kustannuksiltaan erikoiskaatopaikkakäsittely ja maanalainen sijoittaminen eivät edellä esitettyjen laskelmien perusteella poikkea merkittävästi toisistaan. Kustannusvertailussa ei ole mitenkään huomioitu esimerkiksi maanalaisen sijoituksen maankäyttöisiä tai maisemallisia etuja eikä louheen hyväksikäyttöä. Erikoiskaatopaikkasijoituksessa ei ole huomioitu jätteiden mahdollista stabilointi- ja käsittelytarvetta.

Norjalaisessa jarosiittijätteen kalliosijoituksessa jätettä ei stabiloida, vaan se laskeutetaan pitkien hallien pohjalle ja ylijäämävesi pumpataan takaisin tehtaalle. Ratkaisu on edellä esitettyä esimerkiksi selvästi halvempi ja se soveltuu yksittäisen tuotantolaitoksen ominaisuuksiltaan sopivan jätteen sijoitusratkaisuksi.

YHTEENVETO

Tausta ja tavoitteet

Jätehuollon vaatimustasoa kohotetaan asteittain. Pyrkimyksenä on hoitaa jätehuoltoa siten, että jätteet voidaan käyttää uudelleen tai siten hyödyksi, ettei niistä aiheudu haittaa ympäristölle. Tämä pakottaa uusien sijoitusratkaisujen etsimiseen ja tutkimiseen.

Suomalainen kallioperä tarjoaa hyvät mahdollisuudet maanalaisen sijoitus- ja varastointitilojen louhintaan ja samalla syntyvän louheen hyväksikäyttöön. Kehittyntä kaivos- ja louhintatekniikka voidaan tehokkaasti hyödyntää edullisten tilojen louhinnassa ja täytössä sekä louheen jalostuksessa.

Maanalaisen kaivostilojen soveltuvuutta teollisuusjätteiden sijoitukseen on tutkittu vuonna 1986 alkanella esitutkimuksella, jota jatkettiin tutkimalla tarkemmin Vihannin kaivoksen soveltuvuutta teollisuusjätteiden sijoitukseen. Edellisten tutkimusten pohjalta tehdyn lisensiaatintyön tavoitteena oli selvittää em. tutkimuksia täydentäen yleisiä edellytyksiä ja rajoituksia teollisuusjätteiden maanalaiseen sijoitukseen. Kaksi edellä mainittua tutkimusta yhdistettiin ja työtä laajennettiin erikseen louhittavan tilan tarkastelulla.

Jätteet

Tutkimuksissa jätteet rajattiin siten, että sijoitettavaksi jätteeksi oletettiin epäorgaaninen, massamainen teollisuusjäte. Maanalaisiin tiloihin sijoitettaville jätteille tulee asettaa eräitä rajoituksia; jätteen tulee olla palamaton, räjähtämätön eikä se saa kehittää vaarallisia kaasuja. Jätteiden haitta-aineliukoisuuden tulee olla riittävän pieni tai jätteet tulee käsitellä liukoisuuden vähentämiseksi.

Sijoitettavaksi aiottavat jätteet tulee testata sekä kemiallisilta että sijoitusteknisiltä ominaisuuksiltaan. Ravistelutestillä määritetyk-

si liukoisuusrajaksi otettiin lääkintöhallituksen juomavesinormien mukainen pitoisuus sijoitustilasta tulevassa vedessä. Sijoitusteknisistä ominaisuuksista tärkeimmät ovat pumpattavuus tai puhallettavuus, vesipitoisuus ja kovettuvuus. Pumpaus tai puhallus on edullisin jätteen siirtotapa. Jätteestä ei tulisi erottua vettä sijoitustilaan ja jätteen tulisi kovettua itsekantavaksi. Jätteiden sijoittaminen pakattuina esimerkiksi tynnyreihin, on myös mahdollinen, mutta sitä ei voida kalleutensa vuoksi soveltaa suuriin jätemääriin.

Kaivokset

Kaivoksia voidaan käyttää teollisuusjätteiden sijoitukseen. Esimerkkinä käytettiin Vihannin kaivosta. Kaivosten käyttöä rajoittaviksi tekijöiksi osoittautuivat kaivoksen sijainti, kulkuyhteydet kaivokselle ja kaivoksessa sekä kaivoksen olosuhteet ja tyhjen tilojen laatu sekä määrä. Kaivoksen käyttö tulisi aloittaa ennen kuin se täytyy vedellä. Lopettavan kaivoksen laitteista osaa voidaan käyttää sellaisinaan ja osia voidaan muuttaa sijoitustoimintaan sopiviksi. Olemassa olevien laitteiden käyttö ja valmiit peräyhteydet ja tilat vähentävät tarvittavia investointeja.

Kalliotilat

Erikseen sijoitustoimintaa varten louhittavat tilat voidaan sijoittaa sekä jätteiden syntyäpaikkojen että louheen käyttökohteiden osalta edullisesti. Sijoitustilat voidaan suunnitella sijoittelultaan ja kooltaan jätteensijoitukseen sopiviksi. Lisäksi tilojen pysyvyys ja veden virtausolosuhteet ovat ja jäävät edullisimmaksi kuin kaivoksissa. Vaikka erikseen louhittavien tilojen alkuinvestoinnit ovatkin kaivossijoitusta suuremmat, tekevät edellä luetellut seikat erikseen louhittavien tilojen käytön kaivossijoitusta paremmaksi ratkaisuksi. Kaivossijoituksen kustannuksiksi arvioitiin 418 mk/m³ Vihannin kaivoksen tapauksessa (20.000 m³/a) ja louhittavan tilan kustannuksiksi 462 mk/m³ (100.000 m³/a). Erikoiskaatopaikkakäsittelyn kustannuksiksi arvioitiin vuosikapasiteetista riippuen 281...505 mk/m³.

Vaikutukset

Sijoitustoiminnan päästövaikutuksia voidaan tutkia vaikutusanalyysillä, jossa sovelletaan ydinjätteiden loppusijoituksen ympäristövaikutusten turvallisuusanalyysimenetelmää. Vaikutusanalyysillä arvioitaisiin sijoitustoiminnan aiheuttamat muutokset ympäristön pohja- ja pintavesissä sekä maaperässä, ja muutoksia verrattaisiin annettuihin raja-arvoihin. Teollisuusjätteiden maanalaisen sijoituksen vaikutusanalyysi voisi toimia eri sijoituspaikkojen vertailupisteinä ja sijoitettavien jätteiden hyväksymismenetelyn osana.

Tiivistelmä

Teollisuusjätteiden sijoittaminen kaivos- tai kalliotilaan on teknisesti mahdollinen ja ympäristönsuojellisesti hyvä jätehuoltoratkaisu. Maanalaisessa sijoituksessa jätteet käsitellään tarvittaessa ennen sijoitusta niukkaliukoisiksi ja kovettuvaksi täyteeiksi. Jäte eristetään biosfääristä ja pintapohjavesistä kulutusta käytännöllisesti katsoen loppottomasti kestäväan kallioperään. Teollisuusjätteen myöhempi hyötykäyttömahdollisuus säilytetään pitkäaikaisena. Maanalainen sijoittaminen on myös maankäyttöään kaatopaikkasijoitusta parempi. Erikseen louhittavan sijoitustilan edut kaivos-sijoitukseen verrattuna ovat selvät, mutta kaivoksen sijoituskäyttömahdollisuudet on aina syytä tutkia ennen kaivoksen loppumista. Louhittava, maanalainen jätteensijoitusratkaisu tuottaa lisäksi maisemaa ja ympäristöä muuttamatta uusiutumaton kiviainesta rakentamisen raaka-aineeksi.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Johnsson, G.*, 1983. Underground disposal at Herfa-Neurode. — *Lehman, J. P.*, (ed): Hazardous Waste Disposal. NATO Challenges of Modern Society. Vol. 4. Plenum Press. N.Y.
2. *Laitinen, L.*, *Assmuth, T.*, 1988. Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden arviointi ulkomailla. Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, sarja D 50/1988.
3. *Latva, H.*, 1990. Henkilökohtainen tiedonanto Lohja Oy Ab Tytyrin kaivoksen täyttömenetelmästä.
4. *Peltonen, E.*, *Vuori, S.*, *Anttila, M.*, *Hillebrand, K.*, *Meling, K.*, *Rasilainen, K.*, *Salminen, P.*, *Suolanen, V.*, *Winberg, M.*, 1985. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuusanalyysi. Perustapaus. Raportti YJT-86-02. Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta.
5. *Rohde, J.G.G.*, ym. 1989. Bergrom for lagring av miljöfarlig industriavfall. Bergsprängningskommittén. Diskussionsmöte BK -89, Tukholma.
6. *Rossi, E.*, *Simonen, A.*, *Ettala, M.*, 1988. Kaivosten soveltuvuus teollisuusjätteiden sijoitukseen tai varastointiin. Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, sarja A 69/1988.
7. *Simonen, A.*, 1990. Kaivos- ja kalliotilojen soveltuvuus teollisuusjätteiden sijoitukseen. Lisensiaatintyö. TKK, Kalliotekniikan laboratorio, Espoo.
8. Tilastokeskus, 1990. Teollisuuden jätteet toimialoittain 1987. Tilastokeskus, Ympäristö 1990:3.

SUMMARY

SUITABILITY OF MINES AND EXCAVATED OPENINGS FOR DISPOSAL OF INDUSTRIAL WASTE

Although the possibilities to utilize industrial waste increase with technical development, a part of the waste must, however, be disposed. Normal landfill disposal has not appeared an environmentally sound solution e.g. heavy metals, mercury or halogen containing discharge. This study deals with the underground disposal of harmful solid and inorganic industrial waste.

To be acceptable wastes for underground disposal, wastes should be non-flammable, unexplosive, and they should not produce gases. Either the leachability of harmful elements should be low or the waste should be stabilized to prevent leaching. Leachability, and chemical and other disposal properties must be tested before disposal.

Most underground mines are suitable for disposal of industrial wastes. Restrictive factors can be the location of the mine, transportation connections to and in the mine, and the underground conditions. Also the size, the amount and the quality of open stopes can restrict disposal. Closed, water-filled mines are economically unsuitable because of the high costs of pumping and investing on new equipment. Before a mine is permanently closed, its suitability for disposal should be examined.

Underground openings, which are specially planned and exca-

vated for waste disposal have several advantages compared to the mines. It is possible to choose to locate the disposal site near the waste producing industry and near the rock consuming cities or towns. As to their size and form the disposal openings are designed and excavated to be suitable for different kind of waste. Disposing can be a long-term operation, if a large, suitable rock-massive has been chosen. To minimize the environmental burden, the entire space needed for temporary storing and handling of waste and crushing and maintenance may be built underground.

The Finnish bedrock provides good opportunities to excavate underground disposal and storage sites for industrial wastes. Highly advanced Finnish mining and drilling technology can be applied for excavation and backfilling of waste and the produced rock can be used as a substitute for natural gravel.

This study has shown that the underground disposal of industrial waste is a technically and environmentally practicable solution. The costs for disposal of stabilized wastes are estimated as 400-500 FIM/m³. Underground disposal should be concentrated in a few facilities so that the amounts of disposed waste are large enough. When the capacity to dispose is 80.000-100.000 m³ or more, the capital and maintenance costs should be acceptable.

Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.

TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1990

Vuosikokous

Vuorimiesyhdistyksen sääntömääräinen 47. vuosikokous pidettiin Messu-keskuksessa Helsingissä 16.3.1990. Puheenjohtaja Pertti Voutilainen avasi kokouksen ja esitti katsauksen maamme vuoriteollisuuden kehitykseen 1989. Yhdistyksen puheenjohtajaksi valittiin DI, KTK Pertti Voutilainen ja varapuheenjohtajaksi prof. Raimo Matikainen.

— Petter Forsström pris — Petter Forsström palkinto jaettiin TkL Eugen Autereelle hänen ansioistaan kirjan "Petsamon Nikkeli — Taistelu strategisesta metallista" toimitustyöstä ja tähän liittyvästä artikkelista Vuoriteollisuuslehden numerossa 2/1989.

Virallisten kokousasioiden jälkeen pidettiin seuraavat esitykset:

- Toimitusjohtaja Mikko Kivimäki, Rautaruukki Oy: Terästeollisuuden kehitys ja henkilöstö
- Rehtori Jussi Hyyppä, Teknillinen korkeakoulu: Mistä vuorimiehet 1990-luvulla?
- Puheenjohtaja Pertti Viinanen, SAK: Mistä tekijät teollisuudelle 1990-luvulla?

Jaostot kokoontuivat iltopäivällä omien erikoisalojensa merkeissä.

Illallistanssiaisissa ravintola Kalastajatorpalla vastasi isännyydestä Rautaruukki Oy.

Toimihenkilöt

- Puheenjohtaja: DI, KTK Pertti Voutilainen
- Varapuheenjohtaja: Prof. Raimo Matikainen
- Hallituksen jäsenet:
 - DI Jan Owren
 - Prof. Heikki Papunen
 - DI Raimo Rantanen
 - DI Heikki Rusila
 - DI Lauri Siirama
 - DI Ismo Suominen
 - DI Esko Ulvelin
 - DI Veijo Vartiainen
 - DI Timo Väilttilä
- Rahastonhoitaja: LuK Marjatta Parkkinen
- Sihteerit: DI Erkki Pimiä
DI Martti Järvenpää 21.8.1990 asti.
TKT Heikki Laapas 21.8.1990 alkaen.

Yhdistyksen toiminta

Hallitus kokoontui toimintakauden aikana neljä kertaa. Kokouksissa ovat olleet läsnä myös jaostojen puheenjohtajat, rahastonhoitaja ja tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtaja.

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

Jaostot

Pääosan yhdistyksen jäsenoiminnasta on muodostanut jaostojen aktiivinen toiminta eri muodoissa.

Jaostot ovat järjestäneet koulutus- ja esitelmätilaisuuksia sekä ammatillisia retkiä jäsenistönsä alalta. Tarkemmin jaostojen toiminta on esitetty kunakin omassa toimintakertomuksessa.

Jaostojen toimihenkilöt ovat olleet:

Geologijaosto: puheenjohtaja, FL Elias Ekdahl; sihteeri, FK Sirkku Halonen.

Kaivosjaosto: puheenjohtaja, DI Kimmo Kekki; sihteeri, DI, KTM Antti Pihko.

Metallurgijaosto: puheenjohtaja, DI Matti Ketolainen; sihteeri, Ins. Eero Parviainen.

Rikastus- ja prosessiteknikan jaosto: puheenjohtaja, Prof. Kari Heiskanen; sihteeri, DI Jukka Karhunen.

Yhdistyksen ja jaostojen jäsenmäärät

Yhdistyksen jäsenmäärä 31.12.1990 oli 1949 jossa lisäystä edellisvuodesta on 22. Uusia jäseniä hyväksyttiin 54. Kuoleman kautta poistui 7 ja erosi 25.

Jaostojen jäsenmäärät olivat seuraavat: Geologijaosto 420, Kaivosjaosto 418, Metallurgijaosto 1053, Rikastus- ja prosessiteknikan jaosto 280.

Tutkimusvaltuuskunta

Tutkimusvaltuuskunnan sääntömääräinen vuosikokous oli 22.2.1990. Tutkimusjohtokunta kokoontui vuoden 1990 aikana neljä kertaa.

Tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtajana toimi FL Tom Bröckl. Varapuheenjohtajana toimi DI Esko Alopaeus 31.3.1990 saakka ja ins. Eero Soinen siitä eteenpäin. FT Jyrki Parkkinen toimi valtuuskunnan ja sen toimikuntien sihteerinä.

Toimikuntien puheenjohtajina toimivat:

- Geloginen toimikunta: Prof. Heikki Niini.

- Kaivosteknillinen toimikunta: DI Pekka Lappalainen.
- Rikastusteknillinen toimikunta: DI Paavo Eerola 28.2.1990 asti. DI Jarro Aaltonen 1.3.1990 alkaen.

Suoraan tutkimusjohtokunnan valvonnassa olivat seuraavat projektit:

- Edunvalvonta.
- Työryhmä laati lausunnon Työterveyslaitoksen asbestitoimikunnan raportista ja toimitettiin Sosiaali- ja terveysministeriölle.
- Kaivosten jälkihoito.
- Kaivosten ympäristöasiat.
- Tuotantomineralogia.
- Kiven fragmentointi.
- Malmgränsbestämning med borrhälsmätningar i gruvor. Toteutetaan yhteispohjoismaisena projektina. Toimikunnilla oli käynnissä yhteensä 25 tutkimusta ja selvitystä. Valmisteltavana on ollut 16 projektia.
- Pohjoismaisessa yhteistyössä on osallistuttu seuraaviin kokouksiin:
 - Geomöte Huippuvuorilla 20.-23.8.1990.
 - Nordiskt Gruvforskningsmöte Kiirunassa 13.-14.11.1990.
 - Samnordiskt Mineraltekniskt Möte Kiirunassa 21.-22.8.1990.

Muista Pohjoismaista on saatu 19 raporttia.

Espoossa 15. helmikuuta 1991

VUORIMIESYHDISTYS

— BERGSMANNAFÖRENINGEN R.Y.:n

HALLITUS

Pertti Voutilainen

puheenjohtaja

Erkki Pimiä

sihtööri

TULOSLASKELMA 1.1.90–31.12.90

VARSINAINEN TOIMINTA

VMYN hallinto

Tuotot	Jaostot	48.538,30	+ 48.538,30	
Kulut	Palkat	28.954,00		
	Muut kul.	49.474,30		
	Vuosik.	41.773,69		
	Avust.	4.300,00	-124.501,99	- 75.963,69

Tutkimusvaltuuskunta

Tuotot	Toimik.	197.566,28	+197.566,28	
Kulut	Hallinto	68.990,00		
	Matkat	23.234,80		
	Muut kul.	6.940,00	- 99.164,80	+ 98.401,48

Julkaisut

Tuotot	B-sarja	1.020,00		
	Muut tuott.	4.045,00		
	Pets.Ni.	37.282,10	+ 42.347,10	
Kulut	A-sarja	4.341,90	- 4.341,90	+ 38.005,20

Vuoriteollisuuslehti

Kulut		20.619,25	- 20.619,25	
-------	--	-----------	-------------	--

Kalliomekaniikkatoimikunta

Tuotot		18.859,59	- 18.859,59	
--------	--	-----------	-------------	--

Muut tuotot ja kulut

Tuotot	Korkotul.	13.987,01		
	Vakuutus.	1.125,05	+ 15.112,06	
Kulut	Muut kul.	5.121,97	- 5.121,97	+ 9.990,09
				+ 68.673,42

VARAINHANKINTA

Jäsenmaksut		139.042,16		
Tutk. valt.k.kannatusm.		277.500,00		
Lahjoitukset		5.000,00	+421.542,16	

TILIKAUDEN YLI-/ALIJÄÄMÄ

+490.215,58

TASE 1.1.90–31.12.90

Vastaavaa

Rahoitusomaisuus			
Rahat ja pankkisaamiset	303.002,32		
Tilisaamiset	84.301,58		
Siirtosaamiset	65.707,00		
Muut rahoitusvarat	116.000,00		
			569.010,90

Vastattavaa

Lyhytaikainen vieras pääoma			
Tilivelat	16.407,53		
Oma pääoma			
Ylijäämä edell. vuodelta	62.387,79		
Ylijäämä tilikaudelta	490.215,58		
			569.010,90

SALDOT 31.12.1990

Tutkimusvaltuuskunta

Saldo 31.12.1989	– 80.079,09		
v. 1990 ylijäämä	+ 380.901,48		
			+ 300.822,39

Yhdistyksen toiminta

Saldo 31.12.1989	+ 142.466,88		
v. 1990 ylijäämä	+ 109.314,10		
			+ 251.780,98

Koko yhdistyksen saldo

31.12.1990			+ 552.603,37
------------	--	--	--------------

TALOUSARVIO VUODELLE 1991

Talousarvio perustuu jäsenmaksujen ja tutkimusjäsenten kannatusmaksujen säilyttämiseen vuoden 1990 tasolla.

VMYN hallinto

TUOTOT

Jaostot	–		
---------	---	--	--

KULUT

Hallinto	85.000		
Vuosikokous	50.000		
Avustukset	10.000		
Jaostot	30.000		
Tsto tarv.	50.000	– 225.000	– 225.000

Tutkimusvaltuuskunta

TUOTOT

Osall.tutk.	–		
-------------	---	--	--

KULUT

Hall. & johtok.	140.000		
Tutk. & esiselv.	108.000		
Suunnit.proj.	210.000		
Edunvalvonta	30.000	– 488.000	– 488.000

Julkaisut

TUOTOT

A-sarja	5.000		
B-sarja	4.000		
Pets. Nikkeli	9.000	+ 18.000	

KULUT

A-sarja	43.000		
Jäsenluettelo	25.000		
Pets. Nikkeli	25.500	– 93.500	– 75.500

Vuoriteollisuuslehti

TUOTOT

Ilmoit.myynti	160.000		
Tilausmaks.	7.600	+ 167.600	

KULUT

	190.000	– 190.000	– 22.400
--	---------	-----------	----------

Muut tuotot ja kulut

TUOTOT

Korkotulot	35.000	+ 35.000	
------------	--------	----------	--

KULUT

Pankkipalv.m.	8.000		
Tulotappiot	8.600	– 16.600	+ 18.400
			– 792.500

Varainhankinta

Jäsenmaksut	135.000		
Tutk.jäs.v.m.	277.500		
Lahjoitukset	5.000		
			+ 417.500

TILIKAUDEN ALIJÄÄMÄ

	– 375.000
--	-----------

GEOLOGIJAOSTON TOIMINTAKEROMUS 1990

Toiminta

Geologijaoston päätapahtumat toimintavuonna 1990 ovat olleet vuosikokous, rakennuskivipäivät, eckskursio ja geokemian päivät. Jaoston johtokunta kokoontui 5 kertaa.

Geologijaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiespäivien yhteydessä 16.3.1990 Messukeskuksessa Helsingissä. Kokouksessa oli läsnä 88 jaoston jäsentä. Kokouksen jälkeen kuultiin seuraavat esitelmät:

– Johtaja Timo Väyttäjä, Outokumpu Metals & Resources Oy, Mining Services -yksikkö aiheesta "Onko suomalaisilla geologeilla kysyntää kansainvälistyvässä maailmassa"

– Professori Heikki Papunen, Turun yliopisto aiheesta "Geologikoulutuksen näkymiä 1990-luvulla"

– Puheenjohtaja Jukka Marmo, Geologiliitto r.y. aiheesta "Geologit 1990-luvulla – ammattiyhdistysliikkeen näkökulma"

Rakennuspäivät olivat 26.–27.4.1990 Oulussa aiheena "Suomalainen kivi". Päiville osallistui noin 120 henkilöä. Päivien toteutuksesta vastasi työryhmä: Elias Ekdahl ja Marjatta Virkkunen, Geologian tutkimuskeskus, arkkitehti Mikko Karjanoja, Helsingin kaupunki, ja toiminnanjohtaja Pekka Jauhiainen, Kiviteollisuusliitto r.y.

Syyskursuksen aiheena oli teemavuoteen liittyen rakennuskivet. Eckskursiolla tutustuttiin Lounais-Suomen rakennuskivikohteisiin 26 jaostolaisen voimin. Järjestelyistä vastasivat Kari Pääkkönen ja Sirkku Halonen, Geologian tutkimuskeskus.

Geokemian päivät pidettiin Oulussa 28.–29.11.1990. Päivien aikana pidettiin 16 esitelmää teemoista "Ympäristögeokemia" ja "Malmintähtä-geokemia ja geokemiallisen kartoituksen tulkinta". Päiville osallistui noin 90 henkilöä. Päivien toteutuksesta vastasi työryhmä: Reijo Salminen, Geologian tutkimuskeskus, Risto Aario ja Vesa Peuraniemi, Oulun yliopisto ja Timo Kopperoinen, Yhtyneet Paperitehtaat Oy.

Perustettiin työryhmä valmistelemaan vuoden 1991 aikana pidettäviä Kairauspäiviä. Tapahtuman suunnittelusta on vastannut työryhmä: Esko With, Suomen Malmi Oy, Esko Räisänen, Geologian tutkimuskeskus, Kurt Karlsson, Myllykoski Oy ja Martti Liimatainen, Outokumpu Finmines Oy.

Toimihenkilöt

Toimintavuonna 1990 vuosikokouksesta lähtien on johtokunnan kokoonpano ollut seuraava: puheenjohtajana FL Elias Ekdahl, sihteerinä FK Sirkku Halonen ja muina jäseninä FM Timo Kopperoinen, FM Tuomo Korkalo, DI Timo Rekola ja FT Heikki Vartiainen.

Jäsenmäärä

Geologijaoston jäsenmäärä oli vuoden 1990 lopussa 420. Uusia jäseniä liittyi 13.

Elias Ekdahl

puheenjohtaja

Sirkku Halonen

sihteerinä

KAIVOSJAOSTON TOIMINTAKEROMUS VUODELTA 1990

Toiminta

Kaivosjaosto on kokoontunut toimintavuoden aikana kaksi ja jaoston johtokunta viisi kertaa.

Kaivosjaoston vuosikokous pidettiin Messukeskuksessa, Helsingissä 16.3.1990 kello 14.00 alkaen. Läsnä oli n. 60 jäsentä. Kokouksen jälkeen pidettiin yhteispaneeli kaivos- ja rikastusjaostojen kesken. Paneelin aihepiiri käsittelee vuori-insinöörien koulutus- ja työnäkymiä sekä kotimaassa että ulkomailla. Paneelin alustajina toimivat Juhani Tanila, Timo Niitti, Timo Salovaara, Gösta Diehl, Jussi Hyyppä ja Raimo Matikainen.

Syyskokous pidettiin syysretken yhteydessä Siilinjärvellä 26.9.1990. Läsnä oli 44 jäsentä. Syysretken kohteena oli Kemira Oy:n Siilinjärven kaivos. Iltaohjelmasta vastasivat Kemira Oy Vihtavuori ja Tamrock.

27.9.1990 järjestettiin Siilinjärvellä "Kaivosten ja louhintatöiden kiviaineksen käyttö"-seminaari. Osallistujia oli noin sata henkilöä.

Kaivosjaoston puheenjohtaja on toiminut Bergsprängningkommitténin, Svenska Gruvföreningenin, BEFO:n ja NIF:n yhdysmiehenä.

Kalliomekaniikan toimikunnan johtokunnassa ovat toimineet FL Lennart Laurén ja DI Pekka Lovén.

TkT Pekka Särkkä on toiminut ISRM:n yhdysmiehenä.

FL Lennart Laurén on toiminut VMY:n edustajana ISM:ssä ja pohjoismaisessa kaivosmittauskomiteassa.

Toimihenkilöt

Toimintavuonna 1990 on jaoston puheenjohtajana toiminut DI Kimmo Kekki, varapuheenjohtajana DI Olavi Paatsola ja johtokunnan muina jäseninä DI Bjarne Liljestränd, DI Juhani Pulkkinen, TkL Timo Soikkeli ja TkL Seija Sundholm. Sihteerinä on toiminut DI, KTM Antti Pihko.

Jäsenet

Jaoston jäsenmäärä oli vuoden 1990 lopussa 418 henkilöä, vähennystä edellisvuodesta yhdeksän henkilöä.

Uusia jäseniä hyväksyttiin vuoden aikana 10 kappaletta.

Kimmo Kekki

puheenjohtaja

Antti Pihko

sihteerinä

METALLURGIJAOSTON TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1990

Toiminta

Metallurgijaosto on kokoontunut toimintakauden aikana vuosikokoukseen ja syyskokoukseen.

Metallurgijaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksen yhteydessä 16.3.1990 Helsingissä Messukeskuksessa. Läsä oli parhaimmillaan 160 jäsentä.

- Vuosikokouksessa kuultiin seuraavat esitelmat:
- PR-mies Petri Keskitalo, Rautaruukki Oy: "Nuoriso ja teollisuus"
— Kokemuksia Rautaruukin nuorisokontakteista
 - Professori Lauri Holappa ja apul.prof. Heikki Jalkanen, HTKK: "Uudistuuko metallurgia uuden vuosituhanen alkaessa"
 - DI Pentti Ylijoki, Ovako Steel Oy Ab: "Laadun johtaminen menestystekijänä"

Lauantain ekskursio tehtiin yhdessä muiden jaostojen kanssa Tiedekeskus Heurekaan.

Jaoston kesäretki tehtiin 24.8.1990 Ovako Oy Ab:n Imatran trästehtaalle. Retkelle osallistui 61 jäsentä.

Syyskokous pidettiin 30.10.1990 VTT:llä Espoossa. Syyskokoukseen osallistui 13 jäsentä.

- Syyskokouksen esitelmä:
- Tutkimusjohtaja Heikki Kleemola esitteli VTT:n Valmistustekniikan tutkimusosastoa ja sen toimintaa. Lopuksi tutustuttiin osaston laboratorioihin.

Koulutustoiminta

Koulutustoiminta on hoidettu Metallurgian Valtakunnallisen Asiantuntija-toimikunnan (metallurgian VAT) kautta. Puheenjohtajana on toiminut TKT Veikko Heikkinen.

Yhteistoiminnassa INSKO:n kanssa järjestettiin seuraavat koulutustilaisuudet:

- "Senkkametallurgia" keväällä 1990. Läsä oli 47 osanottajaa.
- "Uudistuva lämpökäsittelytekniikka" syksyllä 1990. Jouduttiin peruuttamaan osanottajapulan takia.
- "Senkkametallurgia" syksyllä 1990. Läsä oli 14 osanottajaa.

Metallurgijaoston Korkeakoulu yhteistyöelin kokoontui vuosikokouksen yhteydessä sekä kokosi koulutuskalenterin, joka julkaistiin jaoston tiedotuslehdessä keväällä ja syksyllä 1990.

Tiedotus

Jaoston lehti "Metallurgijaosto tiedottaa" on ilmestynyt kolme kertaa.

Toimihenkilöt

Toimintavuoden aikana jaoston puheenjohtajana on toiminut DI Matti Ketolainen, varapuheenjohtajana TKT Kalevi Nikkilä, sihteerinä ins. Eero Parviainen ja jäseninä DI Mikko Häkämies, apul.prof. Heikki Jalkanen, DI Timo Kekkonen, DI Ilpo Saastamoinen ja DI Ville Sipilä.

Jäsenet

Metallurgijaoston jäsenmäärä oli vuoden 1990 lopussa 1053. Vuoden 1990 aikana hyväksyttiin uusiksi jäseniksi 22 henkilöä, joista 21 varsinaista ja 1 nuori jäsen.

Matti Ketolainen
puheenjohtaja

Eero Parviainen
sihtööri

RIKASTUS- JA PROSESSITEKNIIKAN JAOSTON TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1990

Toiminta

Rikastus- ja prosessitekniikan jaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksen yhteydessä 16.03.1990 Messukeskuksessa Helsingissä. Syysretki tehtiin 10.-13.09.1990 Kuolan niemimaalle, Kirovskiin ja Apatiittiin. Apatiit-kombinaatin vastavierailu Suomeen tapahtui 19.-23.11.1990. Syysseminaari pidettiin 7.-8.11.1990 Tampereella. Seminaarin aiheena oli teoreettinen tarkastelu murskauksen ja jauhatuksen nykyisestä ja tulevaisuuden kehityksestä.

Vuosikokouksessa 16.03.1990 valittiin johtokunnan uusiksi jäseniksi DI Jouko Olkkonen ja DI Jukka Karhunen.

Kokouksessa oli läsnä 55 osanottajaa.

Vuosikokouksen jälkeen oli kaivosjaoston kanssa yhteinen panelikeskustelu koulutuksesta ja vuorimiesalan tarpeista.

Toimihenkilöt

Jaoston johtokunnan kokoonpano on 16.03.1990 lähtien ollut seuraava:
Kari Heiskanen, puheenjohtaja
Raimo Bergström
Jouko Kallioinen
Alpo Maksimainen
Jouko Olkkonen
Jukka Karhunen, sihteeri

Jäsenet

Jaoston jäsenmäärä 31.12.1990 oli 280 jäsentä, vähennystä edelliseen vuoteen verrattuna 8 jäsentä.

Jaoston johtokunta kokoontui toimintavuoden aikana viisi kertaa.

Kari Heiskanen
puheenjohtaja

Jukka Karhunen
sihtööri

OTTEITA TUTKIMUSVALTUUSKUNNAN TOIMINTAKERTOMUKSESTA VUODELTA 1990

Tutkimusvaltuuskunta (TVK)

Tutkimusvaltuuskunnan sääntömääräinen vuosikokous pidettiin 22.2.1990 Helsingissä. Valtuuskuntaan kuului toimintakauden aikana tutkimusjäseninä 24 yritystä, kukin yhdellä edustajalla, sekä Outokumpu Oy kahdella edustajalla. Tutkimusvaltuuskuntaan kuuluivat lisäksi VMY:n hallituksen nimitämä asiantuntijajäsen ja VMY:n neljän jaoston puheenjohtajat.

Tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtajana toimi FL Tom Bröckl, varapuheenjohtajana DI Esko Alopaeus 31.3.90 saakka ja ins. Eero Soiminen siitä eteenpäin. FT Jyrki Parkkinen toimi valtuuskunnan ja sen toimikuntien sihteerinä.

Tutkimusvaltuuskunnan kokoonpano:

**Tutkimusjäsen, sen varsinainen edustaja ja tämän varamies;
toimikaudet.**

Ara Oy	DI Harri Hursti -91	Ins Pentti Kallio -91
Vibrometric Oy	MSc Calin Cosma -92	DI Reijo Korhonen -92
Finnminerals Oy	DI Hannu Haveri -92	DI Jouko Olkkonen -92
Oy Forcit Ab	Ins Kalle Ylätalo -91	FM Rolf Strandberg -92
Oy Förby Ab	DI Harri Eronen -91	DI Jarmo Suvio -91
Kemira Oy	DI Antti Mikkonen -90	DI Lauri Siirama -90
Larox Oy	Ins Tapio Keskisaari -91	DI Mikko Häkämies -90
Lemminkäinen Oy	Ins Seppo Kupila -90	DI Bjarne Liljestränd -90
Oy Lohja Ab	FM Heikki Latva -90	DI Tom Lindeberg -90
Myllykoski Oy	FM Matti Tyni -91	FM J-P Perttula -91
Orion-Yhtymä Oy, Normet	DI Matti Koskinen -92	
Oulaisten Kivi Oy	FM Reijo Suonvieri -91	
Outokumpu Oy	DI Eero Soiminen -90	DI Paavo Eerola -90
Outokumpu Oy	DI Pentti Seppänen -91	DI Pekka Lappalainen -91
Oy Partek Ab	FL Tom Bröckl -90	FM Esko Lundén -90
Rammer Oy	DI Pekka Heikkinen -90	DI Timo Sippus -90
Rauma-Repola Oy	DI Veikko Linnola -90	DI Jouko Suominen -90
Rautaruukki Oy	DI Esko Pöyliö -90	FT Aimo Hiltunen -90
Roxon Oy	DI Alpo Maksimainen -92	Ins Rauno Ihatsu -90
Ruskealan Marmori Oy	DI Kimmo Kekki -91	DI Christer Sundström -91
Suomen Malmi Oy	DI Pekka Mikkola -91	FM Esko With -91
Suomen Vuolukivi Oy	Ins Reijo Vauhkonen -90	
Oy Tampella Ab, Tamrock	DI Rolf Ström -90	DI Pertti Koivunen -91
Teollisuuden Voima Oy	FM Timo Äikäs -90	DI Mauri Toivanen -90
Terraplan Oy	FM Paavo Taanila -92	Ins Kalevi Hytti -92
YIT-Yhtymä Oy	DI Pekka Liisanantti -92	Tkl Tuomo Tahvanainen -92

VMY:n hallituksen valitsema asiantuntijajäsen: DI Urpo Salo, KTM

VMY:n jaostojen puheenjohtajat:

Geologiajaosto, FL Eljas Ekdahl

Kaivosjaosto, DI Kimmo Kekki

Rikastus- ja prosessijaosto, Prof Kari Heiskanen

Metallurgijaosto, DI Matti Ketolainen

Tutkimusvaltuuskunnan toimintaan ovat tutkimusjäsenien lisäksi kertomusvuoden aikana aktiivisesti osallistuneet seuraavien laitosten tai virastojen edustajat:

- Helsingin teknillinen korkeakoulu
- Helsingin yliopisto
- Oulun yliopisto
- Geologian tutkimuskeskus
- Valtion teknillinen tutkimuskeskus
- Kauppa- ja teollisuusministeriö

Tutkimusjohtokunta

Tutkimusjohtokunta kokoontui kertomuskauden aikana neljä kertaa: 7.-8.2. Kuopiossa, 22.2. Helsingissä, 26.4. Espoossa, 11.10. Paraisilla.

Tutkimusjohtokunnan kokoonpano oli seuraava:

- FL Tom Bröckl, Oy Partek Ab, puheenjohtaja
- DI Esko Alopaeus, Outokumpu Oy, vpj 1.1.-31.3.1990
- Ins Eero Soininen, Outokumpu MS Oy, vpj alkaen 1.4.1990
- DI Antti Mikkonen, Kemira Oy
- Prof Heikki Niimi, TKK
- DI Pekka Lappalainen, Viscaria AB — Outokumpu M.S.
- DI Jarmo Aaltonen, Kemira Oy
- DI Urpo Salo, KTM (asiantuntijajäsen)
- FM Ole Lindholm, (asiantuntijajäsen)

Tutkimustoimikunnat

- Geologinen toimikunta (pj. prof. Heikki Niimi)
- Kaivosteknillinen toimikunta (pj. DI Pekka Lappalainen)
- Rikastusteknillinen toimikunta (pj. DI Jarmo Aaltonen)

Tutkimukset

Käynnissä olleet tutkimukset ja selvitykset

Suoraan tutkimusjohtokunnan valvonnassa olivat projektit:

- Edunvalvonta
- Kaivosten jälkihoito
- Kaivosten ympäristöasiat
- Tuotantomineralogia
- Kiven fragmentointi
- Malmgränsbestämning med borhålsmätningar i gruvor

Geologisen toimikunnan valvonnassa olivat seuraavat projektit ja selvitykset:

- Malmivara-arvion laatimissuositus
- Lämpökuvaus geologisessa tutkimuksessa
- Mineraalipölyt
- Atmogeokemia
- Teknillisen geologian terminologia

Geologinen toimikunta seurasi seuraavien projektien edistymistä:

- Geologinen raakkulaimennus
- Kalliorakentamisen geologiset edellytykset

Kaivosteknillisen toimikunnan valvonnassa olivat seuraavat esiselvitykset ja projektit:

- Mining in Finland
- Louhintalaatu
- Panostustyön mekanisointi ja automatisointi

Kaivosteknillinen toimikunta seurasi seuraavien projektien edistymistä:

- Maanalaisen lastauksen tehokkuuteen vaikuttavat tekijät
- Kapeiden malmien louhinta korkeissa jännitystiloissa
- Kiven hiipumailmiöt
- Kalliorakentaminen 2000 teknologiahanke
- Kauko-ohjattu rikotus
- Geologinen raakkulaimennus
- Kaivossuunnittelun atk-ohjelmistot
- Kaivosten kannattavuusanalyysi
- Pultituksen korroosio

Rikastusteknillisen toimikunnan valvonnassa olivat seuraavat esiselvitykset ja projektit:

- Rikastamoiden miehitys
- Tietokonemallit
- Näytteenoton standardointi
- Kuva-analyysi rikastusmineralogiassa
- Mineraalitekniikan tutkimuksen valtakunnallinen kehittämissuositus

Rikastusteknillinen toimikunta on seurannut seuraavan projektin edistymistä:

- Mikrojuuheet

Pohjoismainen yhteistyö

Tutkimusjohtokunta

Tutkimusjohtokunta ja eri toimikunnat ovat pitäneet yhteyttä pohjoismaisiin veljesjärjestöihin.

Geologinen toimikunta

Geologisten toimikuntien yhteispohjoismainen kokous Geomöte pidettiin Huippuvuorilla 20.-23.8.1990. Suomesta matkasi kolme osanottajaa.

Kokouksessa Niimi esitteli tutkimustilanteen Suomessa sekä ehdotti yhteispohjoismaisen tutkimusaiheen: "Analys i borhåll". Lundén selosti kuitumineraalitutkimuksia ja Haapala atmogeokemian tutkimusta.

Kaivosteknillinen toimikunta

Pohjoismaiset kaivosteknillisten toimikuntien Nordiskt Gruvforskningsmöte pidettiin Kiirunassa 13.-14.11.1990. Suomesta oli neljä osanottajaa. Ruotsista kuusi ja Norjasta neljä.

Kokous keskittyi pohjoismaiseen yhteistyöhön. Yksi yhteisprojekti (1) päätettiin käynnistää ja kaksi muuta valmistella:

1. Malmgränsbestämning med borhålsmätningar i gruvor.
2. Ventilation.

3. Praktisk virkemåte og bestandighet av bergsökningsmetoden.

Kokouksessa esiteltiin Ruotsin uusi tutkimusorganisaatio MITU, jonka taustalla ovat Bofiden AB, LKAB, Vieille Montagne Sverige ja Viscaria AB. Ohjelmaan sisältyivät tutustumiskäynnit Malmbergetin, Kiirunan ja Viscarian kaivoksilla, minkä lisäksi suomalaiset vierailivat Aitikissa.

Pohjoismainen kaivosmittauskomitea ja

Pohjoismainen poranreikäseisämiikkakomitea kokoontuivat vuoden aikana.

Rikastusteknillinen toimikunta

Pohjoismainen rikastusteknillisten toimikuntien Samnordiskt Mineraltekniskt Möte pidettiin 21.-22.8.90 Kiirunassa. Suomesta tuli kuusi osanottajaa, Ruotsista yksitoista ja Norjasta kuusi.

Jarmo Aaltonen esitteli tutkimustilanteen Suomessa ja Kalevi Leskinen rikastamoiden miehitysohjelman tulokset. Teemana oli "Tulevaisuuden rikastamo".

Yhteispohjoismaisia projekti-ideoita esiteltiin lukuisia. Valmisteltaviksi valittiin:

- Kolonniflotation, vetäjä Knut Sandvik, suomalainen jäsen Risto Rinne;
- Processmineralogi, vetäjä Kari Heiskanen.

Raportit ja tiedottaminen

Tutkimusten raportointi:

Vuosien 1990/1991 vaihteessa julkaistiin tutkimusvaltuuskunnan tukemista tutkimuksista seuraavat raportit:

- A90 Rikastamoiden miehitys
- A91 Panostustyön mekanisointi ja automatisointi
- A92 Painevalsimurskain
Geological waste rock dilution
- A93 Kallioperän atmogeokemiallinen tutkimus,
testiprojekti 1989-1990
- A95 Mineraalipölyt
Mining in Finland (TKK:n julkaisusarjassa)

Pohjoismaista saadut raportit

Seuraavia kertomusvuoden aikana saapuneita julkaisuja saattoi lainata sihteeriltä vuoden aikana.

Stiftelsen Bergteknisk Forskning BeFo:

- Nedätgående igensättningsbrytning — med tillämpning på gruvan i Garpenberg.
- Bultars beständighet — undersökning vid Kvarntorps sandstensgruva.
- Draft Technical Specifications for Underground Work, BeFo Report 175:1/90.
- INFO Nr 2, April 1990, Liite 1.
- Bergmekanikdagur 1965-1989, Register.
- Ras i kraftverkstunnel, Norränge (/Heiner-Stille).
- Nedätgående igensättningsbrytning — med tillämpning på gruvan i Garpenberg (/Hässler-Håkansson-Stille).
- Datorteknik för brytningsplanering GEOCAD. Pilotprojekt (/From-Nordqvist-Ränham-Sandström).
- Bultars beständighet — undersökning vid Kvarntorps sandstensgruva (/Helfrich-Finkel).
- Annual Report 1989.
- Ljunggren & Bjarnason: A comparison of hydraulic Measuring Techniques for Borehole Rock Stress Measurements.
- Tenberg & Triumf: Försök med reflektionsseismik i Slöinge, Halland.

Muut:

- BLVI: Rui: Deformasjon og remobilisering av malmer. Teknisk rapport 76.
- BLVI: Karlström: Edelmetaller i norske kaledonske sulfidforekomster. Teknisk rapport Nr 77.
- Protokoll från Samnordiskt Mineraltekniskt Möte 21 och 22 augusti 1990 i Kiruna.
- Protokoll för Nordiskt Gruvforskningsmöte i Kiruna 13-14 nov. 1990.
- Trelleborg AB: Annual report 1989.
- SveDeFo: Verksamheten 1989.
- SGU: Bergverksstatistik 1988-1989.

TKK:n Materiaali- ja kalliotekniikan laitoksen kirjaston kanssa on sovittu, että pohjoismaiset raportit toimitetaan kirjastolle toimikunta- ja johtokuntaesittelyn jälkeen.

Tutkimusvaltuuskunnan puolesta

Tom Bröckl
puheenjohtaja

Jyrki Parkkinen
sihteeri

UUSIA JÄSENIÄ — NYA MEDLEMMAR

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

Kokouksessa 09.01.1991

- Aario, Risto** Tapani, FT, s. 03.11.1937, maaperägeologian professori, Oulun yliopisto, Os.: Kraaselantie 21, 90580 OULU. Jaosto: geo.
- Anttila, Pekka** Tapio, FT, s. 29.06.1948, pääsuunnittelija, rakennusgeologia ja ydinjätetutkimukset, Imatran Voima Oy, Os.: Vapaalantie 48 A, 01650 VANTAA. Jaosto: geo.
- Finnilä, Martti** Valtteri, DI, s. 09.12.1962, kehitysinsinööri, Rautaruukki Oy Raahen terästehdas, Os.: Pajuniityntie 1 F 52, 92120 RAAHE. Jaosto: met.
- Heikel, Lars** Björn Edvard, ins., s. 12.12.1924, toimitussihteeri ja ilmoituspäällikkö/Vuoriteollisuus-lehti, T:mi L. Heikel F:ma, Os.: Punahilkantie 5 A 6, 00820 HELSINKI. Jaosto: geo kai rik met.
- Jaako, Mikko**, FK, s. 15.06.1947, hydrogeologi, Vesi- ja ympäristöhallinto, Os.: Kuovitie 1 B 1, 90540 OULU. Jaosto: geo.
- Järvensivu, Jukka** Erik, DI, s. 12.03.1945, osastopäällikkö, koulutustilaisuuksien suunnittelu, INSKO Oy, Os.: Ilmarisentie 37 B, 04230 KERA-VÄ. Jaosto: met.
- Järvinen, Olli** Tauno, TkL, s. 12.10.1957, tuotepäällikkö, Outomec Oy., Os.: Oravamäentie 2 E 15, 02700 KAUNIAINEN. Jaosto: met.
- Karhusaari, Ahti** Antero, DI, s. 26.05.1935, järjestelmäpäällikkö, Outokumpu Copper Oy, Os.: Saarelantie 12, 28370 PORI. Jaosto: met.
- Kaynar, Mehmet Bilgin**, B. Eng, M.Sc, s. 28.09.1941, Deputy General Manager, Ab Etiproducts Oy, Os.: Vilpunkatu 2 F 37, 02230 ESPOO. Jaosto: rik.
- Kiiveri, Kari** Antero, DI, s. 04.04.1951, tuotepäällikkö, Lokomo Oy Tampere, Os.: Vikkulankatu 37 B 8, 37150 NOKIA. Jaosto: rik.
- Knuutinen, Veli** Tapio, DI, s. 04.01.1961, tutkija, VTT Mineraalitekniikan laboratorio, Os.: Kauppakatu 9 B 15, 83500 OUTOKUMPU. Jaosto: rik.
- Lantto, Tarja** Matilda, DI, s. 07.04.1964, prosessimetallurgi, Outokumpu Engineering Contractors Oy, Os.: Puustellinrinne 3 H 56, 00410 HELSINKI. Jaosto: met.
- Leinonen, Ossi** Antero, FK, s. 21.04.1965, kaivosgeologi, Outokumpu Chrome Oy, Os.: Ulkosaaarentie 1 C 8, 94450 KEMINMAA 2. Jaosto: geo kai.
- Lilja, Jarmo** Tapani, DI, s. 24.11.1963, tutkimusinsinööri, Rautaruukki Oy Raahen terästehdas, Os.: Ravikatu 1 A 1, 92150 RAAHE. Jaosto: met.
- Luodes, Hannu** Tapani, FK, s. 27.02.1963, geologi, rakennuskivitutkimukset, GTK Kuopio, Os.: Luodespohja, 34800 VIRRAT. Jaosto: geo.
- Mickos, Gustaf** Herman, DI, s. 12.07.1932, toimitusjohtaja, Oy Scandia Granite Ab, Os.: Akatemiantie 7, 02700 KAUNIAINEN. Jaosto: geo.
- Nurmela, Pirkko** Anneli, FK, s. 11.05.1955, geologi, GTK Espoo, Os.: Uittamontie 7 E, 00940 HELSINKI. Jaosto: geo.
- Oikarinen, Jouni** Simo Petteri, DI, s. 12.04.1958, yritysuunnittelija, Outokumpu Oy Pääkonttori, Os.: Vermonpolku 3 C 9, 00370 HELSINKI. Jaosto: kai.
- Penttilä, Perttu** Antero, DI, s. 13.06.1960, projekti-insinööri, Outokumpu Engineering Contractors Oy, Os.: Tiistilantie 6 C 22, 02230 ESPOO. Jaosto: met.

- Porter, David**, PhD, s. 21.04.1951, tutkimuspäällikkö, Rautaruukki Oy Raahen, Os.: Metsätie 10, 92120 RAAHE. Jaosto: met.
- Puusti, Markku**, ins., s. 17.08.1944, vastaava opettaja, Rautaruukin Teollisuusoppilaitos, Rautaruukki Oy Raahen terästehdas, Os.: Veijolankuja 2 A 3, 90160 OULU. Jaosto: met.
- Pöyhönen, Ohto** Lauri Olavi, DI, s. 27.04.1959, markkinointiasistentti, Suomalais-ruotsalainen kauppakamari, Os.: Lahnaruohtontie 4 A 11, 00200 HELSINKI. Jaosto: met.
- Roman, Seija** Sinikka, FK, s. 01.04.1961, geologi, pohjavesialueiden kartoitus, Oulun vesi- ja ympäristöpiiri, Os.: Välkkylä 4 B 23, 90100 OULU. Jaosto: geo.
- Taxell, Lars Evald Christoffer**, jur.kand., s. 14.02.1948, verkställande direktör, Oy Partek Ab, Os.: Svartmunkegränd 2 A 2, 20700 ÅBO. Jaosto: kai.
- Urpinen, Jaakko** Juhani, ins., s. 08.04.1943, spektrometrianalytiikasta vastaava insinööri, Outokumpu Kokkola Zinc Oy, Os.: Fregatti 4, 67300 KOKKOLA. Jaosto: met.
- Vartiainen, Risto** Kalevi, FK, s. 05.11.1955, geologi, rakennuskivi- ja teoll.mineraalitutk., GTK Rovaniemi, Os.: Taamotuntie 5, 96440 ROVANIEMI. Jaosto: geo.
- Voutilainen, Jari**, tekn.yo., s. 05.01.1966, opiskelija, TKK, Os.: Ulvilantie 9 B 14, 00350 HELSINKI. Jaosto: met.

Kokouksessa 14.03.1991

- Edén, Peter**, FL, s. 08.02.1952, assistent, Åbo Akademi, Institution för geologi och mineralogi, Os.: Österlånggatan 10 B 31, 20520 ÅBO. Jaosto: geo.
- Jakobsen, Ole** Eusebius, s. 18.04.1939, Verksällande direktör, Tamrock Oy, Os.: Isolähteenkatu 18, 33250 TAMPERE. Jaosto: kai.
- Korvuo, Erkki** Johannes, LuK, s. 19.05.1947, geologi/kaivosgeologi, Outokumpu Finnmines Oy Saattoporan kaivos, Os.: Kellokastie 3 F 3, 96440 ROVANIEMI. Jaosto: geo.
- Kärkkäinen, Mikko** Juhani, tekn.yo., s. 04.06.1965, opiskelija/tutkimusapulainen, TKK, materiaalien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, Os.: Messeniuksenkatu 6 A 16, 00250 HELSINKI. Jaosto: met.
- Nurmi, Heikki** Kalevi, FK, s. 05.04.1955, geologi, kiviainestutkimukset, GTK, Espoo, Os.: Puutarhakatu 18 C 82, 20100 TURKU. Jaosto: geo.

UUTTA JÄSENIÄ —

NYTT OM MEDLEMMARNA

- Eskelinen, Eelis**, DI, Oy Partek Ab Mineraaliteollisuuden johtaja, Lappeenrannan tehtaiden paikallisjohtaja, Os.: Kuhatie 25, 54915 SAIMAANHARJU.
- Hermonen, Olli**, DI, Rautaruukki Oy, Oulun keskuskonttori, hallintojohtaja.
- Huhta, Pekka**, Os.: Ukkohautentie 2 C 25, 02170 ESPOO.
- Karhunen, Jukka**, DI, Kemira Oy, Agrokemikaalit, rikastuskemikaalien tuotepäällikkö.
- Karstunen, Erkki**, Os.: 112 Stevens Drive, SCHAUMBURG, IL 60173, USA.
- McNiven (s. Mäkelä), Ulla**, DI, Imatran Voima Oy, tutkimus- ja kehitysyksikkö, projektipäällikkö, Os.: Nuumentie 5 A 3, 02710 ESPOO.
- Marjonen, Reino**, Outokumpu Southern Africa Ltd, toimitusjohtaja, Os.: 2 Kinross Road, ALEXANDRA PARK, HARARE, ZIMBABWE.
- Mäkipirtti, Simo**, TkT, J.W.Suomenen/Lassila-Tikanoja-ryhmä, tutkimus- ja kehitysjohtaja (1987-), Os.: Kurulantie 20, 29250 NAKKILA.
- Nelson, John**, Iossaa-Britanniassa käynnistetyn Finnpower energia-alan projektin johtaja, Os.: Stag House, Lowlands Crescent, Great Kingshill, HIGH WYCOMBE, Bucks HP15 6EG, ENGLAND.
- Paju, Martti**, TkT, Outokumpu Invest Oy Pori, kehityspäällikkö, ferriittimateriaalit.
- Polvi, Veikko**, Os.: Mäntyä 23, 29600 NOORMARKKU.
- Rantala, Pertti**, DI, Outomec Oy, myyntipäällikkö.
- Saastamoinen, Ilpo**, DI, Oy Tampella Ab, valimon johtaja.
- Strand, Kari**, Os.: Kohotie 1 C 14, 90810 KIVINIEMI.
- Vesanto, Jarmo**, Outokumpu Exploration Australia Pty. Ltd., Senior Exploration Geologist, Os.: Outokumpu Exploration Australia Pty. Ltd., 141 Burswood Road, VICTORIA PARK, WA 6100, AUSTRALIA.
- Öhberg, Antti**, DI, Saario & Riekkola Oy, toimialapäällikkö (kalliotutkimus), Os.: Solkulla, 02430 MASALA.

SUORITETTUJA TUTKINTOJA – AVLAGDA EXAMINA

OULUN YLIOPISTO

Geofysiikan laitos

Filosofian tohtori:

Filosofian lisensiaatti **Toivo Korjan** väitöskirja "Electrical Conductivity of the Lithosphere: Magnetotelluric Studies in the Fennoscandian Shield, Finland" tarkastettiin julkisesti Oulun yliopistossa 23.11.1990. Vastaväittäjänä toimi professori Laust Børsting Pedersen Uppsalan yliopistosta ja kustosena professori Sven-Erik Hjelt Oulun yliopistosta.

Tutkimuksessa selvitetään litosfäärin sähkönjohtavuutta Fennoskandian (Baltian) kilvellä Suomessa. Työssä on tutkittu pääasiassa maan kuoren rakennetta, mutta Keski-Suomen granitoidilohkon alueella on selvitetty myös vaipan yläosan sähkönjohtavuutta ja tutkittu mahdollisuutta havaita sähköä hyvin johtava kerros, ns. sähköinen astenosfääri litosfäärin alapuolelta.

Tutkimuksessa on käytetty pääasiassa magnetotelluurista menetelmää. Menetelmässä havainnoidaan yhdessä pisteessä maapallon sähkö- ja magneettikentän ajallisia muutoksia. Tutkimussyvyys määräytyy maan kamaran sähkönjohtavuudesta ja mittauksissa havaittujen vaihteluiden periodeista. Mitä pitempiä periodeja havaitaan sitä syvemmältä saadaan tietoa. Havainnoimalla useita periodeja saadaan tietoa johtavuuden pystyvaihteluista. Käytetyt periodit ovat vaihdelleet välillä 0.1-3600 s, jolloin tutkimussyvyys on suurimmillaan ollut satoja kilometrejä. Toistamalla mittaus useissa pistessä maanpinnalla saadaan tietoa johtavuuden vaakasuuntaisesta jakaumasta. Tässä työssä mittauspisteiden väli on vaihdellut kilometristä kahdeksankymmeneen kilometriin. Pisin mittauslinja on noin 500 km:n mittainen Kuhmosta Keuruun kautta Hämeenlinnaan ulottuva SVEKA-linja. Kaikkiaan magnetotelluurisia luotauksia on Suomessa tehty yli 300 pisteessä.

Työssä on tutkittu magnetotelluurista aineistoa Lapin granuliittikaaren alueelta (POLAR-linjat), Oulun ja Pohjanmaan sähkönjohtavuusanomalian alueelta (Oulu-linjat) sekä SVEKA-linjan alueelta. Mittauksista saaduista näennäisen ominaisvastuksen ja vaiheen aineistosta on laadittu maan kamaran sähkönjohtavuuden kaksijulotteista jakumaa kuvaavat mallit (pystyvaihtelu ja mittauslinjan suuntainen vaakasuuntainen vaihtelu).

Tutkimus on osoittanut, että maan kuoren sähkönjohtavuus vaihtelee erittäin laajalla välillä Fennoskandian kilven alueella. Maan kamaran geologisten muodostumien ominaisvastus (johtavuuden käänteisluku) vaihtelee välillä 0.1-100000 ohm m. Proterotsooisien Keski-Suomen granitoidilohkon alueella sekä arkeisen kuoren alueella erityisesti Kuhmon liuskejaksosta itään päin kuoren ylin kymmenen kilometriä on erittäin eristävä (>20 000 ohm m) pääasiassa sen vuoksi, että kallioiperän raot ja huokoset täyttävä vesi on poikkeuksellisen huonosti sähköä johtavaa ja ei siten laske maan kamaran keskimääräistä ominaisvastusta kovin alhaiseksi. Toisaalta Keski-Suomen granitoidilohkon alueella on kuoren alaosasta havaittu sähköä hyvin johtava kerros. Kerroksen yläpinnan syvyys on etelässä. Mäntän alla noin 28 km ja pohjoisessa, Pihtiputaan tienoilla noin 35 km. Johteen ominaisvastus on luokkaa 20-100 ohm m ja paksuus noin 10 km. Vastavanlaisia alakuoren johteita on havaittu eripuolelta maapalloa, mutta varmaa selitystä johteen olemassaololle ei ole toistaiseksi löytynyt. Kaksi todennäköisintä selitystä ovat kuoren syntyvaiheissa sen alaosan kertynyt grafiitti (Keski-Suomessa noin 1850 miljoonaa vuotta sitten) tai kuoren alaosan joko vettä läpäisemättömien kerrosten alle vähitellen kertynyt, esim. vaipasta tai subduktioprosesseista peräisin oleva vapaa vesi (fluidi) tai alakuoren kivilejeistä peräisin ja ympäristönsä kanssa tasapainossa oleva vapaa vesi (fluidi). Grafiittia tai vettä tarvitaan tilavuudeltaan vain prosentin kymmenyksiä aiheuttamaan havaittu alakuoren johtavuusanomalia.

Maan kuoren kaikkein johtavimmat muodostumat (0.1-10 ohm m) sijaitsevat Tampereen ja Kainuun liuskejaksoiden alla, Lapin granuliittikaaren alla ja ns. Oulun johtavuusanomalian alueella Oulun ja Kokkolan välissä. Tampereen (Etelä-Suomen) ja Kainuun pitkät ja kapeahkot johteet aiheutuvat luultavimmin grafiittipitoisista metasedimenteistä, joita on voinut kertyä kuoreen vanhojen geologisten prosessien aikana. Esim. Etelä-Suomen johde liittyy todennäköisesti noin 1800 miljoonaa vuotta sitten tapahtuneeseen saarikaaren ja vanhemman mantereiden törmäykseen. Lapin granuliittikaaren alla koilliseen kaatuva johde on todennäköisesti grafiittipitoinen kerros, jota pitkin granuliitti työntyi keskikuoresta yläkuoreen noin 1800 miljoonaa vuotta sitten. Kaikkein johtavimmat, pitkänomaiset muodostumat näyttäivät siten liittyvän maan kuoren muinoin aktiivisiin vyöhykkeisiin.

Keski-Suomen granitoidilohkon alueella tehdyissä tutkimuksissa ei havaittu sähköä hyvin johtavaa kerrosta ylimmän neljänsadan kilometrin mat-

kalla. Siten Fennoskandian kilven keskiosista ei voida havaita sähköä hyvin johtavaa astenosfääriä. Kuoressa olevien johteiden varjostavan vaikutuksen takia sähköinen astenosfääri voi jäädä havaitsematta jos sen johtokyky on reilusti pienempi kuin 500 S (100 Ω m ja 50 km paksu), mutta tällöin astenosfääri on heikosti kehittynyt.

Fennoskandian kilvellä tehdyt sähköiset tutkimukset ovat osoittaneet, että kuoren sähkönjohtavuusrakenne on monimuotoinen heijastaen kilven pitkää tektonista kehitystä nykyisen kaltaiseksi vakaaksi kilpialueeksi. Kallioiperää muovanneet prosessit ovat kukin vuoronperään jättäneet oman merkkinsä maan kamaran sähköiseen rakenteeseen. Tulokset tuovat uutta tietoa maan kuoren ja ylävaipan tämänhetkisestä fysikaalisesta tilasta ja auttavat, yhdistettynä muuhun geologiseen ja geofysikaaliseen tietoon, laa- timaan malleja Fennoskandian kilven geologis-tektonisesta rakenteesta, kilven pitkästä historiasta ja kilpeä muovanneista prosesseista.

TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

Sähkötekniikan osasto

Tekniikan tohtori:

Tekn.lis. **Sirkka-Liisa Jämsä-Jounelan** väitöskirja "Modern Approaches to Control of Mineral Processing" tarkastettiin perjantaina 24.8.1990 Teknillisen korkeakoulun sähkötekniikan osastossa. Virallisina vastaväittäjinä toimivat professori Daniel Hodouin (Université Laval, Quebec, Canada) ja professori Paavo Uronen (Teknillinen korkeakoulu) sekä valvojana professori Antti Niemi.

Applications of modern control to mineral processing are studied in the thesis. The paper also comprises a survey of the dynamic, phenomenological models which have been developed and applied for the simulation of the grinding and flotation processes.

Two industrial applications of the multivariable control theory for the grinding process control are presented. Process modelling, parameter estimation and the control system design using the inverse Nyquist array method are described. Expert control system which consists of a supervisory program and two alternative control strategies, i.e. the multivariable control and the control system involving a combination of the conventional PI-controllers, is also described with an emphasis on practical performance and industrial implementation.

The dynamic, phenomenological model developed for the flotation process and the simulation results using sulphide ore data are presented. The process experiments for the determination of the model parameters using the phosphate ore are also described and the results of rougher flotation bank simulations are presented. The results of simulation studies using expert control and various self-tuning regulators for flotation are described and evaluated. Based on these simulation results the use of the flotation process simulator for the industrial expert system development is outlined.

Materiaali- ja kalliotekniikan laitos

Tekniikan tohtorit:

Tekniikan lisensiaatti **Pertti Heikkilän** tekniikan tohtorin tutkinnon suorittamiseksi julkaisema väitöskirja "Improving the Quality of Crushed Rock Aggregate" esitettiin julkisesti tarkastettavaksi Teknillisessä korkeakoulussa Otaniemessä, materiaali- ja kalliotekniikan laitoksella, perjantaina 15. päivänä helmikuuta 1991. Virallisina vastaväittäjinä toimivat professori Kari Heiskanen ja dosentti Pekka Särkkä. Valvojana toimi professori Raimo Matikainen.

ASTO-projekti on asfalttipäällysteiden kehittämissuunnitelma, joka kattaa kaikki päällystetekniikan osa-alueet. Vuosina 1987–1989 Teknillisen korkeakoulun Kalliotekniikan laboratoriossa toteutettiin ASTO-projektin kiviainestyöryhmän osatutkimus "Louhinta- ja murskaustavan vaikutus päällystekiviaineksen laatuun".

Osatutkimuksessa selvitettiin valmistustekniikan vaikutusta kiviainesten mekaanisiin lujuusominaisuuksiin ja mahdollisuuksia parantaa päällystekiviaineksen laatua louhinta- ja murskaustekniikkaa kehittämällä. Tutkimuksen perusteella laadittiin murskaustapasuositus päällystekiviainesten tuotan-

toa varten.

Tutkimusprojektin kenttäkokeissa vertailtiin erilaisia laadunparannuskeinoja. Kokeet tehtiin päälystekiiviä tuottavilla murskaamoilla tuotantomittakaavassa. Tutkimuksissa saatujen tulosten perusteella päälystekiiviäneksen laatua voidaan parantaa sekä räjäytystä murskaustekniikan keinoilla.

Kullakin kivilaadulla on tietty saavutettavissa oleva murskeen lujuustaso, ja siten tärkein yksittäinen tekijä murskaamon lopputuotteen laadun määrittämisessä on tuotantoon valittu kalliolaue.

Suomen murskaamoilla käytettävissä tuotantoprosesseissa lopputuote sisältää hyvälaatuisen välituotteen. Varmin tapa parantaa merkittävästi murskeen laatua on estää näiden heikkolaatuisten välituotteiden pääsy lopputuotteeseen. Samalla erottuvat syötteeseen sisältämät epäpuhtaudet. Myös kalliion rapautuneet ja rikkonaiset osuudet erottuvat prosessista ja siten tämä menetelmä mahdollistaa aiemmin marginaalisina pidettyjen esiintymien hyödyntämisen.

Tekniikan lisensiaatti **Raimo Vuolion** tekniikan tohtorin tutkinnon suorittamista varten julkaisema väitöskirja "Blast Vibration: Threshold Values and Vibration Control" esitettiin julkisesti tarkastettavaksi Teknillisessä korkeakoulussa materiaali- ja kalliotekniikan laitoksella perjantaina huhtikuun 27. päivänä 1990. Virallisina vastaväittäjinä toimivat Dr. Ing. Tore By ja apulaisprofessori Markku Peltoniemi. Valvojana tilaisuudessa toimi professori Raimo Matikainen.

Pohjoismaissa on viime vuosikymmenien aikana kehitetty yhtenäinen käytäntö arvioitaessa räjäytysten aiheuttaman värinän vahinkovaikutusmahdollisuuksia.

Viime vuosina on keskusteltu kansainvälisten ja keskieurooppalaisten standardien käytöstä vaurioarvioinnissa. Nämä standardit eivät sovi käytettäväksi Suomessa. Maissa, joissa ne on kehitetty ovat rakennustavat ja perustamisolosuhteet erilaisia kuin meillä. Standardiarvot ovat liian varovaisia ja ne nostaisivat tarpeettomasti louhintakustannuksia sekä keskeyttäisivät eräiden käynnissä ja suunnitteilla olevien kalliorakennusprojektien toteuttamisen.

Koska vaurioarviointi perustuu käytännön kokemuksiin, on viranomaisen ja riitapauksissa tuomioistuimen vaikea ymmärtää sen oikeellisuutta. Väitöskirjassa esitetään vuosina 1971–1989 lähes miljoonasta mittausluoksesta kerättyyn tilastolliseen tietoon perustuen raja-arvot räjäytystärinälle ja ohjeet tärinävalvontaa varten. Tekijän omia tutkimustuloksia on täydennetty kansainvälisillä, kirjallisuudesta saaduilla tutkimustuloksilla.

Väitöskirjassa esitettyjä raja-arvoja ja valvontaohjeita noudattaen voidaan räjäytystyöt tehdä ilman vaurioita ja taloudellisesti.

— *Toimitus huomauttaa että y.o. tekniikan tohtori Raimo Vuolion suorittama tutkinto julkaistiin lehdessämme N:o 1/1990 vahingossa väärällä, Raimo Vuorio, nimellä.* —

Tekniikan lisensiaatti:

Helle, L.W.: "Sekundäärimetallurgia teräksen valmistuksessa".

Sekundäärimetallurgisten laitteistojen määrän nopea kasvu osoittaa, että niiden tarjoamat mahdollisuudet käytetään täysimääräisesti hyväksi asiakkaiden alati kasvavien tarpeiden täyttämiseksi. Tämän päivän tavoitteena on hyödyntää primääriunit ainoastaan raakateräksen valmistukseen ja suorittaa koko teräksen käsittely sekundäärimetallurgiayksikössä. Prosessin kehitys ja käyttö tulee nyt ja jatkossa räätälöidä vastaamaan lukuisia vaatimuksia, joita käsiteltävästä sulasta valmistettaville lopputuotteille asetetaan.

Hyödyntäessämme sekundäärimetallurgian tarjoamat moninaiset mahdollisuudet meidän on samalla ymmärrettävä se, että kaikilla prosesseilla on etunsa, rajoituksensa ja omat erikoisalueensa, joilla niiden suorituskyky on parhaimmillaan. Tässä työssä luodaan katsaus ja verrataan keskenään niitä eri prosesseja, joita käytetään Suomessa jo nyt tai mahdollisesti myöhemmin tulevaisuudessa.

Jokinen, Juha: "Mikrorakoilu kalliomurskeessa".

Tutkimuksessa on kirjallisuuteen perustuen selvitetty mikrorakokäsite, mikrorakojen syntymekanismit, merkitys aineen murtumiskäyttäytymisessä ja mikrorakojen välittömät ja välilliset tutkimusmenetelmät.

Työn tarkoituksena on ollut selvittää mikrorakoilun syntyä ja esiintymistä kalliion räjäytyslouhinnassa ja louheesta murskatussa maantien päällystekiiviäneksessä. Räjäytystavan merkitystä mikrorakoilun kannalta tutkitaan vertailemalla varovaisella eli kevennetyllä louhintatavalla irroitettua louheäineksen mikrorakotiheyksiä normaalilla tavalla irroitettuun materiaaliin.

Mikrorakohavaintoja on tehty sekä räjäyttyksessä jäljellejääneestä penkereestä että murskeesta otetusta aineksestä. Näyteaineistona on ollut keskira-

keinen, hauras graniitti ja hienorakeinen, hauras plagioklaasiporfyyriitti. Tutkimusmenetelminä ovat olleet ns. ultraviolettihiartsilla impregnoituidut ohutlehdet, joita tarkastellaan polarisaatiomikroskoopin läpi kulkevassa ultravioletti-valossa sekä pistekuormituskokeet.

Tulokset osoittavat, että räjäytystavan muuttaminen on tarpeellista lähinnä karkearakeisilla kivilaaduilla. Hienorakeinen kivi on tutkimustulosten mukaan lujempaa, vaikka siinä olisi tiheämpi mikrorakoilu kuin karkeampirakeisessa kivessä. Murskausprosessi synnyttää alkuvaiheessa lisää mikrorakoja, mutta heikot, rakoilleet fragmentit hajoavat ja karsituvat myöhemmissä murskausvaiheissa pois.

Kauppinen, Pentti: "Keraamien ja keraami-metalliliitosten ominaisuuksien määrittäminen ultraäänimenetelmillä".

Tutkimuksessa selvitettiin rikkomattomien aineenkuoetusmenetelmien käyttöä keraamien ja keraami-metalliliitosten karakterisointiin. Erityisesti tutkittiin keraamien pintavikojen, huokoisuuden ja kimmoisten ominaisuuksien määrittäystä korkeataajuusultraäänimenetelmällä. Fokusoituilla korkeataajuusluotaimilla (>30 MHz) havaittiin fokusointitavasta riippuen sekä pintaan avautuvia mikrosäröjä (pituus n. 500 µm) että materiaalin sisäisiä epäjatkuvuuskohtia, joiden halkaisijat olivat alle 100 µm. Alumiinioksidin, sirkonioksidin ja piinitridin kimmokertoimiksi saatiin ultraäänien etenemisnopeuden perusteella 344 GPa, 185 GPa ja 374 GPa.

Korkeataajuusultraäänimenetelmällä tutkittiin myös juotettujen ja liimatujen keraami-metalliliitosten laatua. Puutteellisen liittymisen ohella liitoksissa havaittiin termisten jännitysten aiheuttamia laminaarisia säröjä keraamisissa.

Ruiskutetun keraamipinnoitteen tutkimiseen käytettiin alhaista (5 MHz) taajuutta, jolla kyettiin seuraamaan pinnoitteen vaurioitumista taivutuksessa ja termisissä kuormituksissa. Vaurioitumisen todettiin taivutuksessa usein alkavan pinnoitteeseen valmistuksen yhteydessä muodostuneesta epäjatkuvuuskohdasta. Termisten kuormitusten aiheuttama mikrosäröily havaittiin selvänä ultraäänien vaimennuksen kasvuna jo ennen makroskooppisten vau-

Tutkimustulokset osoittavat heijastusperiaatteella toimivan akustisten mikroskoopin soveltuvan keraamien ja keraami-metalliliitosten ominaisuuksien määrittämiseen. Keraamien materiaalivikojen tutkimiseen saavutetaan useimmiten riittävä erotuskyky käyttämällä yli 50 MHz:n taajuudella toimivia luotaimia. Keraamien kimmo-ominaisuuksien määrittäminen ultraäänimenetelmällä edellyttää äänen etenemisnopeuden mittausta materiaalissa. Etenkin huokoisten keraamien ja pinnoitteiden kimmo-ominaisuuksien määrittämiseen on kehitettävä tarkempia menetelmiä äänennopeuden mittaukseen.

Partinen, Seija: "Tietokoneavusteinen levynmuovaustyökalujen suunnittelu".

Tässä lisensiaattityössä selvitettiin tietokoneavusteisen suunnittelun soveltuvuutta levynmuovaustyökalujen suunnitteluun. Työn kirjallisuusosassa esitetään erilaisia levyn muovaukseen käytettyjä toimenpiteitä, kuten leikkaustapahtuma, taivutus ja syväveto, niiden perustaa, mahdollisia virheitä ja huomioon otettavia seikkoja. Lisäksi esitetään erilaisissa menetelmissä käytettyjä työkaluja ja niiden suunnittelussa huomioitavia seikkoja.

Kirjallisuusosassa on lisäksi käsitelty tietokoneavusteista suunnittelua, tarvittavia laitteistoja ja ohjelmistoja, ohjelmistoille asetettavia vaatimuksia, erilaisia mallinnustapoja sekä CAD/CAM -menetelmällä saavutettavia etuja.

Työkalujen tietokoneavusteiseen suunnitteluun käytettiin Auto-trol-nimistä CAD-järjestelmää. Ohjelmisto sisältää sekä aukilevitystoiminnon että työkalujen suunnitteluohjelmiston.

Levynmuovaustyökalujen suunnittelu aloitetaan valmiista tuotteesta, joka taivutetaan auki. Käytettäessä tuotteen valmistukseen jonotyökaluja, seuraavassa työvaiheessa suunnitellaan rainapiirustus, josta itse työkalu suunnitellaan. Suunnitteluprosessissa huomioidaan monia kokemusperäisiä ja taulukkotietoihin perustuvia suunnitteluohjeita. Tavallisissa vuorovaikutuksessa CAD-suunnittelussa työn kulku ei poikkea perinteisestä suunnittelusta, mutta CAD-järjestelmän avulla työ voidaan suorittaa paljon nopeammin ja virheettömämmin.

Työkalun suunnittelu Die Design -ohjelmalla aloitetaan määrittelemällä jokainen työvaihe erikseen. Valitaan lävistyspistimet sekä taivutus- ja muovaustyökalut, istukkalevyt, painelevyt, pistimen kiinnityslevyt, irrottaja ja tyyny. Lopuksi valitaan työkalun tarvitsemat muut osat, kuten esim. jouset, ruuvit, mutterit, hakutapit, ohjaukset ja rainanohjaimet.

Tietokoneavusteista suunnittelua voidaan nopeuttaa automaatisoimalla suunnittelutyötä. Auto-trol-järjestelmässä tämä käy fortran-liitännän avulla. Työssä kehitettiin ns. makroja työkalun suunnittelun helpottamiseksi. Ohjelmat käyttävät lähtötietoina aukilevitettyä geometriaa, taulukkotietoja sekä matemaattisia yhtälöitä. Ohjelmien avulla voidaan määrittellä rainassa olevien kappaleiden väliin jäävän kannaksen leveys, rainan leveys, kappaleen lävistämisen ja taivuttamiseen tarvittavat voimat ja voimaksepiste. Lisäksi voidaan ennustaa taivutuksessa tapahtuvaa takaisinjoustoja.

Pöllö, Jukka: "Ruiskubetonin ja sen käyttö kalliion lujittamisessa".

Tutkimustyössä on tutkittu kuivaseosmenetelmällä ja märkäseosmenetelmällä tehdyn ruiskubetonin ominaisuuksia ja käyttöä kalliion lujittamisessa. Tutkimus perustuu kirjallisuustutkimukseen ja Suomessa tehtyihin koeruis-

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaförening ry:n tutkimuslustoet, kirjat ja julkaisut

Tutkimuslustoet: sarja A

A 9	"Rikastamoiden jätealueiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"	20,—
A 10	"Kuulurakenteet"	20,—
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 32	"Seulonta"	40,—
A 34	"Geologisten joukkonäytteiden 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 elementtiyhdistyksistä"	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 kallioliitoissa"	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 raeluokkien 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 84	"Näytteenotto ja havainnointi kaivosteknisten kalliominisuuksien selvityksessä"	50,—
A 85	"Mineralisaatioiden luokittelu taajuusalueen spektri-IP-mittauksia käyttämällä"	100,—
A 86	"Kalliokaivojen paikantaminen"	30,—
A 87	"Syvässähköiset malminetsintämenetelmät"	100,—
A 88	"Suomen nikkelimalmien petrofysikaaliset ominaisuudet."	150,—
A 89/I	"Näytteenotto jauheista"	70,—
A 89/II	"Näytteenotto jauheista"	70,—
A 91	"Pannostuksen mekanisointi ja automatisointi"	70,—
A 92	"Painevalssimurskain — kirjallisuusselvitys"	70,—
A 93	"Kallioperän atmoogeokemiallinen tutkimus Testiprojekti 1989-90"	80,—
A 95	"Mineraalipölyt"	80,—
A 96	"Pohjoismainen datamalliprojekti"	80,—

Koulutus- ja seminaarimonistot, kalliomekaniikan päivien esitelmämonistot sekä muut julkaisut: sarja B

hintaa	B	"Kalliomekaniikan päivät 1967-78, 1983-84"	50,—
	B 12	"Kalliomekaniikan sanastoa"	10,—
	B 14	"Kaivossanasto"	8,—
	B 16	INSKO 106-73 "Terästen lämpökäsittelyn erikoiskysymyksiä"	45,—
	B 17	INSKO 49-74 "Skänkmetallurgi-Senkkametallurgin"	45,—
	B 18	INSKO 90-74 "Investoinnit ja käyttöläskenta metallurgisen teollisuuden toiminnan ohjauksessa"	45,—
	B 19	INSKO 45-75 "Materiaalitoimitusten laadunvalvontakysymyksiä metalliteollisuudessa"	45,—
	B 23	"Laatokan-Perämeren malmivyöhyke"	40,—
	B 25	"Raakkulaimennus ja sen taloudellinen merkitys kaivostoiminnassa"	50,—
	B 27	"Uraaniraaka-ainesymposiumi"	50,—
	B 29	"Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja"	90,—
	B 30	"Teollisuusmineraalisesinaari"	50,—
	B 32	"Valtakunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämisesinaari"	50,—
	B 37	"Kaivoskohteiden urakasopimusjärjestelmä"	50,—
	B 38	"Tuotantominaeralogian seminaari 16.1.1986"	60,—
	B 39	"Maanalaisen louhintatyömaan sähköistys ja automaatio"	100,—
	B 40	"Vuorimiesyhdistyksen tutkimuslustoen kirjoitusohjeet"	—
	B 41	"Mineraalitekniikan tutkimuksen valtakunnallinen kehittämissuohjelma 1988"	50,—
	B 42	"Malminetsinnän tehtävä ja tarkoituksenmukainen organisointi Suomessa yhteiskunnan ja vuoriteollisuuden kannalta"	30,—
	B 43	"Mineraalisten raaka-aineiden tarve ja saatavuus Suomessa"	50,—
	B 44	"Kalliotekniikan tutkimus- ja kehitysohjelma"	50,—
	B 45	"Kairaus -89 koulutuspäivät"	100,—
	B 46	"Kalliomekaniikan päivä 89"	80,—
	B 47	"Suomalainen kivi — rakennuskivipäivät Oulussa 26.-27.4.90"	100,—
	B 48	"Kalliomekaniikan päivä 1990"	120,—
	VMY:n solmio	{ sininen, 100% silkki viinipunainen, —"	70,— 70,—
	"PETSAMON NIKKELI — Taistelu metallista"		loppuunmyyty
	toimittajat Eugen Autere ja Jaakko Liede		
	ISBN 951-95999-7-5		
	Vuoriteollisuus — Bergshanteringen lehti		
	vuosikerta Suomessa		95,—
	vuosikerta ulkomaille		130,—
	Eero Mäkinen-mitali		200,—

Vuoriteollisuus — Bergshanteringen-lehden vanhempiä numeroita myytävänä vuosikertojen täydennykseksi jäsenille hintaan 2,50/numero.

Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta kirjallisesti osoitteella:

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PL 280, 02101 ESPOO
tai telefax 90-4213888

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

Os.: Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PL 280, 02101 ESPOO
tai telefax 90-4213888

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

Adr.: Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PB 280, 02101 ESBO
eller telefax 90-4213888

ILMOITTAJAT — ANNONSÖRER

- Oy ATLAS COPCO Ab
- DALSBROK Oy Ab
- Oy FORCIT Ab
- HANGON KIRJAPAINO Oy
- LAROX Oy
- MACHINERY Oy, Louhintä ja kivenjalostus
- OUTOKUMPU CASTFORM Oy
- OUTOKUMPU MINING Oy
- OVAKO Oy Ab
- Oy PARTEK Ab
- RAUTARUUKKI Oy
- REPOLA-Yhtymä, Nordberg Group
- Insinööritoimisto SAANIO & RIEKKOLA Oy
- TAMROCK Oy
- Oy TRELLEX Ab
- VIHTAVUORI Oy

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 kirjallisuusviitteineen** on 5 painosivua. Toimituksen mielestä lyhennettäviksi mahdolliset käsikirjoitukset palautetaan kirjoittajille korjausta varten. 3 konekirjoitusarkkia = noin 1 sivu.

Pääotsikot ja alaotsikot erotetaan toisistaan selkeästi.

Kuvat ja taulukot numeroidaan jatkuvasti ja niiden tekstit sekä näiden **englanninkieliset käännökset** kirjoitetaan erilliselle arkkile. 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 merkien ja vieraiden kirjainten käyttöä. On käytettävä SI-yksiköitä.

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

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

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

Palauttaa **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**.

kutuksiin. Tutkimuksessa on esitetty kummassakin menetelmässä käytetty- ja massakoostumuksia ja laitteistoja. Ruiskubetonien lujuuksia ja tartuntaa kallion pintaan on tutkittu sekä koeruiskutusten ja kirjallisuuden pohjalta.

Ruiskubetonoinnin suoritusta on käsitelty sekä käytännön toteutukseen että työturvallisuuden kannalta. Laadunvalvonnan osalta on esitetty yleisimpiä syitä huonoon laatuun. Hukkaroiskeen muodostumista ja määrää on tutkittu koeruiskutusten ja kirjallisuuden perusteella.

Kuivaseosmenetelmällä tehdyn ruiskubetonin laatu on yleensä märkäseosmenetelmällä tehtyä parempaa. Tutkimuksessa on osoitettu, että märkäruiskutusmenetelmällä tehdyn ruiskubetonin lujusominaisuudet ovat riittävät kallion lujitukseen. Erityistä huomiota on kiinnitettävä kiihdytinli- säaineen käyttöön. Liian suuri annostus huonontaa ruiskubetonin ominai- suuksia ratkaisevasti.

Märkäseosmenetelmässä käytettävien teräskuitujen vaikutusta on tarkas- teltu teoreettisesti ja verrattu tuloksia ulkomaisiin koetuloksiin. Nykyisin käytössä oleva teräsverkko voidaan korvata teräskuiduilla.

Ruiskubetonin mitoitusta on tutkittu ruotsalaisten ja yhdysvaltalaisen kokeiden pohjalta. Ruiskubetonin mitoitus kovassa kalliossa tulisi tehdä ensisijaisesti tartuntalajuuden perusteella.

Simonen, Ari: "Kaivos- ja kalliotilojen soveltuvuus teollisuusjätteiden sijoitukseen".

Teollisuusjätteiden hyötykäyttämömahdollisuudet lisääntyvät tekniikan kehityksen myötä. Jätteistä jää kuitenkin osa sijoitettavaksi. Maanpäällinen kaatopaikkasijoitus ei ole osoittautunut nykyisellään tyydyttäväksi ratkai- suksi sellaisten teollisuusjätteiden sijoitukseen, joista voi päästä haitta- aineita ympäristöön.

Sijoitettaville teollisuusjätteille esitetään asetettavaksi palamattomuus- ja räjähtämättömyysvaatimus eikä niistä saa vapautua vaarallisia kaasuja. Jät- teiden haitta-aineliukoisuuden tulee olla pieni tai jäte on käsiteltävä esimer- kiksi stabiloimalla liukoisuuden vähentämiseksi. Jätteet tulee tutkia ennen sijoitusta sekä kemiallisilta että sijoitusteknisiltä ominaisuuksiltaan. Tutki- muksessa on käsitelty vain epäorgaanisia, kiinteitä teollisuusjätteitä.

Kaivoksia voidaan käyttää teollisuusjätteiden sijoitukseen. Käyttöä rajoittavia tekijöitä ovat kaivoksen sijainti, kuljetusyhteydet kaivokselle ja kaivoksessa sekä kaivoksen olosuhteet ja tyhjien tilojen laatu sekä määrä. Veden täyttämien vanhojen kaivosten käyttö ei ole käytännössä mahdollis- ta, koska pumppaus, kunnostus ja investoinnit laitteisiin ovat liian kalliita. Kaivoksen käyttö sijoitustoimintaan tulisi arvioida ennen kaivostoiminnan loppumista.

Erikseen sijoitustoimintaa varten louhittavilla tiloilla on useita etuja kai- vossijoitukseen verrattuna. Sijoituspaikka voidaan valita jätteiden syntypai- kan ja louheen käyttökohteiden sekä sijoitustoiminnan vaikutusten kannalta edulliseksi. Sijoitustilat louhitaan kooltaan ja muodoltaan sijoitukseen sopi- viksi. Sijoitustoimintaa voidaan jatkaa samalla alueella kauan, kun valitaan riittävän suuri, ominaisuuksiltaan sopiva kalliomassaiivi. Toimintaa varten tarvittavat välivarastointi-, käsittely-, murskaus- ja huoltoilat voidaan kaikki sijoittaa kallioon, jolloin niiden aiheuttamat ympäristövaikutukset ovat mahdollisimman pienet.

Suomalainen kallioopera tarjoaa hyvät mahdollisuudet maanalaisten sijoit- tus- ja varastointitilojen louhintaan. Louhinnassa voidaan soveltaa kehitty- nyttä kotimaista kaivos- ja louhintatekniikkaa. Tilojen louhinnassa syntyvä louhe korvaa rakentamisessa tarvittavaa harjusoraa.

Tällä tutkimuksella on voitu osoittaa, että kaivos- ja kalliotilat ovat tek- nisesti soveltuva ratkaisu määrältään suurien ja sellaisinaan kaatopaikalle

sijoitettuna haitallisten, kiinteiden teollisuusjätteiden sijoitukseen. Stabiloit- tujen jätteiden kalliosijoitus on tämän työn perusteella myös ympäristön kannalta hyväksyttävä ratkaisu. Erikseen louhittava kalliotila on yleensä sijoituksen kannalta edullisempi kuin kaivos.

Diplomi-insinöörit:

Alander, Tom: "Tutkimus vetyhajotuksen käytöstä NEO-magneettien val- mistuksessa".

Eskelinen, Pekka: "Runsasseosteisten passivoituvien terästen korroosiovä- symiskäyttäytyminen kloridipitoisissa liuksissa".

Haimi, Eero Johannes: "Rauta-neodyymi-boori-kestomagneettiseoksen tasapainopiirroksen termodynaaminen analyysi".

Heiskanen, Hannu: "Työvalseihin hiottavien mykkyvyksien määrittäminen Crownoff-ohjelmistolla".

Kankkunen, Jouni: "Jännityksenpäästö poraus- ja räjäytystekniikalla".

Kapanen, Jaakko: "Metallisen välikerron vaikutus titaanitridipinnoi- tetun teräsmateriaalin korroosionkestävyyteen".

Keyzer, Pieter L.: "Normalisointi-valssaus — erikoistapaus kontrolloidus- ta valssauksesta".

Lehtola, Timo: "Soodakattilan compound-putkien hitsausliitosten ainetta- rikkoman tarkastus Barkhausen-kohinaan perustuvilla mittauksilla".

Lilja, Jarmo Tapani: "Makrokuonaisuus teräksen laatuongelmana".

Loikala, Antti: "Osahankintajärjestelmän kehittäminen".

Montonen, Mikko: "Puolijohdemetallurginen tutkimus: Sahausparamet- rien optimointi suurten piikiekkujen tuotannossa".

Pajunen, Markku: "Ti-Si-O-systeemin termodynaaminen kuvaus ja titaan- isiliidien kinetiikka".

Parviainen, Tuomas: "Piikiekkon getteroinnin termodynamiikkaa".

Paulasto, Mervi: "Al- ja Cu-juotteiden aktiivointi Al₂O₃/Ti-liitoksissa".

Pekkarinen, Heikki Juhani: "Ultrahieron titaanidioksidin ja kalsiitin shear-flokkulaatio".

Pohjanne, Pekka: "Syvänmeren olosuhteiden vaikutus rakennemateriaa- lien korroosionkestävyyteen".

Puhakka, Risto: "Geologinen raakkulaimennus".

Romu, Jyrki: "Yksiaksaalisesti puristettujen NEO-magneettien valmis- tus".

Rouhiainen, Jari Paavo: "Kemin kromiittiäsiintymän erityyppisten mal- mien jauhatustutkimus".

Schauman, Sten: "Polymerointireaktoreiden pinnanlaatu".

Siltari, Tapio: "Eriään valssausmallin soveltuvuus austeniittisten ruostu- mattomien terästen kylmävalssaukseen Sendzimir-valssaimella".

Taivainen, Minna: "Ruostumattoman 17 Cr teräksen kontrolloitu valssaus ja kuumanauhahehkutus".

Tiitola, Maria: "Maakaasuvaraston tutkimusalueiden mallintaminen ja kal- liotekninen analyysi".

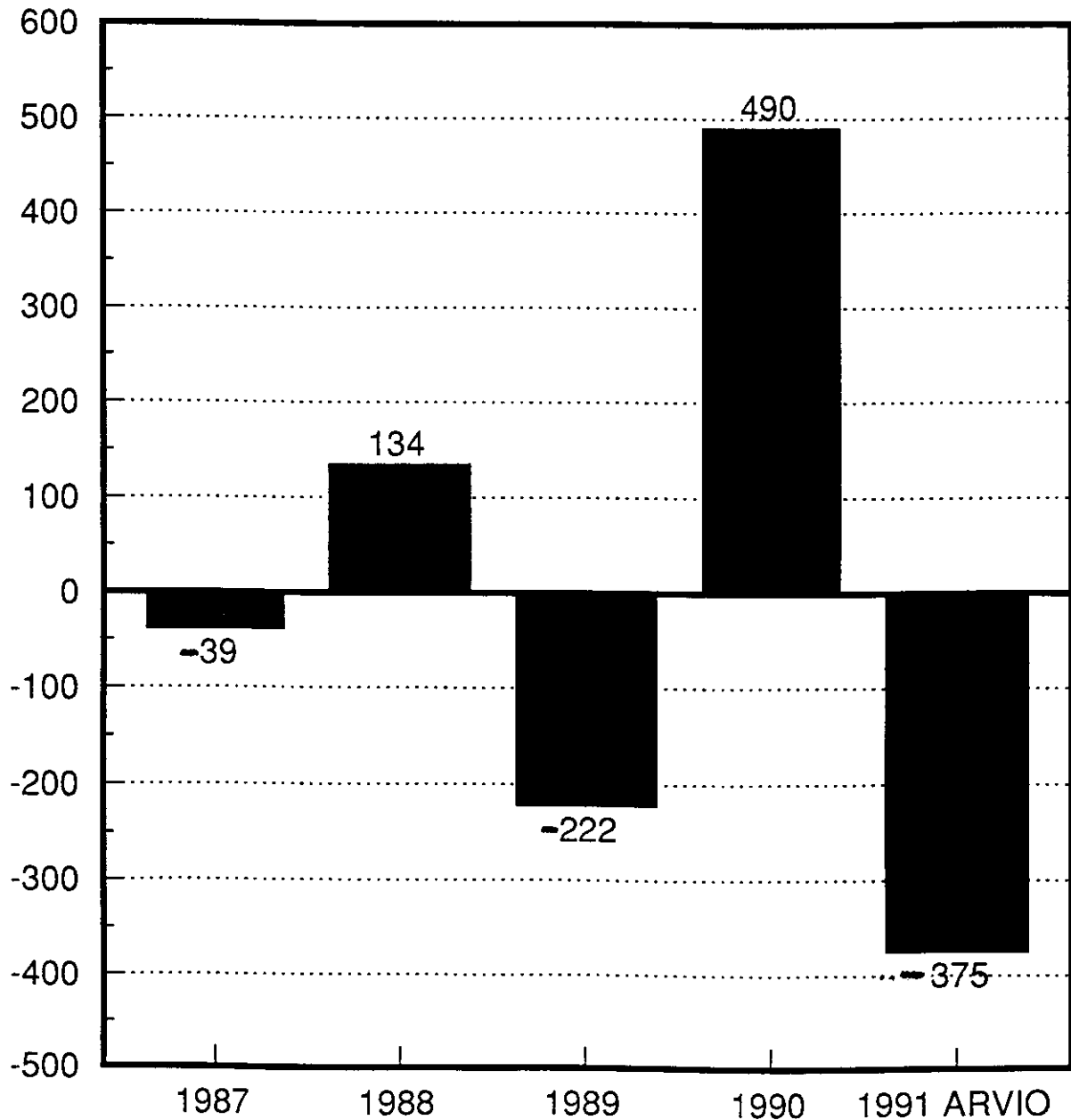
Vuolle, Pasi: "Nd-Fe-B-magneettien valmistus ruiskupuristamalla".

Öni, Juha: "AIN/Cu-liitosten valmistus, testaus ja rikkoman tarkastus".

VUORIMIESTYHDISTYS - BERGSMANNAFÖRENINGEN R.Y.

TULOSKEHITYS 1987-1991

TMK yli/alijäämä



ARVIO 1991

PETTER FORSSTRÖM PRIS – PETTER FORSSTRÖM PALKINTO PERTTI HEIKKILÄLLE

Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksen yhteydessä 22.3.1991 jaettiin Oy LOHJA Ab:n lahjoittama 5.000,- suuruinen palkinto tunnustuksena VUORITEOLLISUUS-lehden numeroissa 1/1989 ja 2/1990 julkaistuista artikkeleista koskien kalliomurskeen laatua.

VUORITEOLLISUUS-lehden toimitusneuvoston ja toimituksen esittämän ehdotuksen perusteella oli yhdistyksen hallitus päättänyt myöntää palkinnon tekn.lis. (väitellyt) Pertti Heikkilälle.

Artikkeleissaan "KALLIOMURSKEIDEN LAATU JA SEN PARANTAMINEN"; Osat I ja II, TKL Heikkilä esittää kaksivuotisen tutkimusprojektin ja oman väitöskirjatyönsä tuloksia. Tutkimuksessa selvitettiin valmistustekniikan vaikutusta kiviaineksen mekaanisiin lujuusominaisuuksiin ja mahdollisuuksia parantaa päällystekiviaineksen laatua louhinta- ja murskaustekniikkaa kehittämällä. Erilaisia laadunparannuskeinoja kokeiltiin päällystekiviainesta tuottavilla murskaamoilla tuotantomittakaavassa. Saatujen tulosten mukaan päällystekiviaineksen laatua voidaan parantaa sekä räjäytys- että murskaustekniikan keinoilla. Tutkimuksen perusteella laadittiin murskaustapasuositus päällystekiviainesten tuotantoa varten. Artikkelien taso on sekä sisällön että toimitustyön osalta erittäin hyvä ja viimeistelty.



Tekn.tri Pertti Heikkilä vastaanottaa hänelle myönnetyn Petter Forsström-palkinnon yhdistyksemme puheenjohtajalta Pertti Voutilaiselta.

Rouva Karin Stigzelius kutsuttiin yhdistyksemme kunniajäseneksi

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y. päätti vuosikokouksessaan 22. maaliskuuta 1991 kutsua rouva Karin Stigzeliuksen yhdistyksen kunniajäseneksi.

Yhdistyksemme hallitus esitti Vuosikokoukselle seuraavat perustelut ehdotuksensa johdosta:

Karin Stigzelius edustaa niitä vuorinaisia, jotka ovat merkittäväällä tavalla osallistuneet Vuorimiesyhdistyksen toimintaan työskentelemällä yhdistyksen hyväksi monin eri tavoin. Hän on toiminut Vuoriteollisuuslehden toimitussihteerinä vuosien 1950-1968 välisenä aikana kehittämällä lehteä ja aktivoimalla vuorimiehiä kirjoittamaan. Lisäksi hänen harteillaan on ollut useaan otteeseen jäsenre-

kisterin ylläpito. Hän on kasvattanut uusia vuorimiehiä omasta perheestään sekä toivottanut uusia vuorimiehiä tervetulleiksi yhdistykseen ja sen toimintaan. Esimerkillinen kyky yhteistyöhön eri ikäpolvien välillä sekä kotimaassa että kansainvälisellä tasolla kuuluu olennaisena osana hänen henkilökohtaisiin ominaisuuksiinsa. Yhteistyö yhdistyksen kanssa on ollut jatkuvaa ja jatkuu edelleen.

Kutsun myötä hallitus kohdistaa kiitoksensa sekä Karin Stigzeliukselle että myös muille vuorinaisille, joiden osuus on merkittävä — jopa korvaamaton — sekä vuoriteollisuus-toimialalle että vuorimieshengelle.



Vuorinaisia koolla Karin Stigzeliuksen merkkipäivänä vuonna 1988.

Kuvassa vasemmalta seuraavat "vuorinaiset":
Ines "Ixi" Laatio
Marja-Terttu Saksela
Anja Aurola
Kaija Marmo
Sonja Kilpinen
Irja Huhta
Mirja "Miiru" Hakapää
Raii Voutilainen
Karin Stigzelius

Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1990
Ylitarkastaja Urpo J. Salo

Kaivos	Kunta	Tärkeimmät arvoaineet	Haltija	Yhteensä nostettu tn	Malmia tai hyötykiveä tn	Kaivostyöntekijöitä keskimäärin v. 1990			Kaivoksessa suoritettuja työaunteja	
						avolouhos	maan alla	yht.		
Malmikaivokset										
1. Kemi	Keminmaa	Cr	Outokumpu Chrome Oy	5 132 085	1 056 445	64	—	64	109 464	
2. Pyhäsalmi	Pyhäjärvi	Cu, Zn, S	Outokumpu Finnmines Oy	1 474 118	1 026 816	2	107	109	185 365	
3. Saattopora	Kittilä	Au	Outokumpu Finnmines Oy	1 380 356	288 977	38	—	38	70 224	
4. Vihanti	Vihanti	Zn, Cu, Pb	Outokumpu Finnmines Oy	1 088 478	1 056 661	—	88	88	124 822	
5. Enonkoski	Enonkoski, Savonlinna	Ni, Cu	Outokumpu Finnmines Oy	750 329	651 355	—	51	51	84 750	
6. Hitura	Nivala	Ni, Cu	Outokumpu Finnmines Oy	675 272	437 966	23	23	46	78 770	
7. Vammala	Vammala	Ni, Cu	Outokumpu Finnmines Oy	551 591	498 806	—	63	63	106 737	
8. Laurinoja ¹⁾	Kolari	Cu, Au, Fe	Outokumpu Finnmines Oy	370 594	200 098	—	—	0	—	
9. Telkkälä	Taipalsaari	Ni	Outokumpu Finnmines Oy	181 083	151 113	—	15	15	24 023	
10. Mullikkoräme	Pyhäjärvi	Zn, Cu, S	Outokumpu Finnmines Oy	168 998	97 748	2	16	18	30 770	
11. Hälvälä ¹⁾	Kerimäki	Ni	Outokumpu Finnmines Oy	108 152	58 185	—	10	10	16 896	
12. Sere ²⁾	Orivesi	Au	Outokumpu Finnmines Oy	9 847	7 926	—	—	0	—	
Malmikaivokset 12 kpl				Yhteensä	11 890 903	5 532 096	129	373	502	831 821
Kalkkikaivokset										
1. Parainen	Parainen	Klk	Oy Partek Ab	1 792 192	1 728 519	23	4	27	47 645	
2. Ihalainen	Lappeenranta	Klk, Wol	Oy Partek Ab	1 346 033	1 161 859	16	—	16	27 940	
3. Tytyri	Lohja	Klk	Lohja Oy Ab	790 050	790 050	—	49	49	79 984	
4. Mustio	Karjaa	Klk	Lohja Oy Ab	564 565	411 725	11	—	11	19 090	
5. Ryytimaa	Vimpeli	Dol	Oy Partek Ab	371 195	292 778	5	—	5	8 694	
6. Vampula	Vampula	Dol	Oy Partek Ab	354 976	192 014	5	—	5	8 816	
7. Ruokojärvi	Kerimäki	Klk, Dol	Ruskealan Marmori Oy	321 203	312 038	1	17	18	30 145	
8. Siikainen	Siikainen	Dol	Oy Partek Ab	257 766	231 245	5	—	5	8 757	
9. Sipoo	Sipoo	Klk, Dol	Lohja Oy Ab	191 080	191 080	—	16	16	27 526	
10. Kalkkimaa	Tornio	Dol, Kv	Saxo Oy	170 018	170 018	1.5	—	1.5	2 925	
11. Förby	Särkisalo	Klk	K. Forsström Ab	143 983	136 831	—	16	16	27 286	
12. Siivakkala	Vampula	Dol	Oy Partek Ab	84 864	72 103	0.5	—	0.5	765	
13. Juuka	Juuka	Dol	Juuan Dolomiittikalkki Oy	13 000	12 700	1	—	1	2 000	
14. Paltamo	Paltamo	Dol	Juuan Dolomiittikalkki Oy	12 900	12 400	1	—	1	1 500	
Kalkkikaivokset 14 kpl				Yhteensä	6 413 825	5 715 360	70	102	172	293 073
Mineraalikaivokset										
1. Siilinjärvi	Siilinjärvi	P, Klk	Kemira Oy	8 251 644	6 762 598	78	—	78	142 614	
2. Lahnaslampi	Sotkamo	Tlk, Ni	Finnminerals Oy	1 143 990	511 082	10	—	10	16 720	
3. Horsmanaho	Polvijärvi	Tlk, Ni	Finnminerals Oy	443 098	261 086	2	—	2	6 037	
4. Kinahmi	Nilsjä	Kv	Lohja Oy Ab	318 975	308 442	4	—	4	7 500	
5. Lipasvaara	Polvijärvi	Tlk, Ni	*Oy Partek Ab	206 505	133 764	6	—	6	10 247	
6. Tulkikivi	Juuka	Vuolukivi	Suomen Vuolukivi Oy	192 150	44 460	23	—	23	39 010	
7. Kemiö	Kemiö	Ms, Kv	Lohja Oy Ab	159 048	147 213	6	—	6	11 320	
8. Nunnanlahti	Juuka	Vuolukivi	Nunnanlahden Uuni Oy	140 727	33 230	16	—	16	28 400	
9. Repovaara	Polvijärvi	Tlk, Ni	*Oy Partek Ab	39 945	33 046	1	—	1	1 901	
10. Haapaluoma	Peräseinäjoki	Ms	Lohja Oy Ab	13 000	13 000	—	—	0	—	
11. Mönkkölä	Savonranta	Vuolukivi	Top-Stone Oy	13 100	6 550	3	—	3	5 500	
12. Vartsila	Nilsjä	Kv	Lohja Oy Ab	10 577	10 577	—	—	0	120	
Mineraalikaivokset 12 kpl				Yhteensä	10 932 759	8 265 048	149	0	149	269 369
Muut kaivokset: Vuorivillan ja Sementinvalmistuksen kiviaineisia										
1. Näträmälä	Imatra	Al, Fe, Mg	Oy Partek Ab	64 383	64 383	—	—	—	550	
2. Ybbernas	Parainen	Al, Fe, Mg	Oy Partek Ab	36 670	36 670	—	—	—	—	
3. Sallittu	Suomusjärvi	Al, Fe, Mg	Oy Partek Ab	29 578	29 578	—	—	—	1 230	
4. Kuurmanpohja	Joutseno	Al, Fe	Oy Partek Ab	23 819	23 619	—	—	—	550	
5. Mustamäki	Lemi	Al, Fe	Oy Partek Ab	18 730	17 350	—	—	—	—	
Muut kaivokset 5 kpl				173.180	171.600	2	—	2	2 330	
Kaikki kaivokset 43 kpl				29 410 667	19 684 104	350	475	825	1 396 593	

* 1.1.1991 lähtien Finnminerals Oy

¹⁾ toiminta päättyi

²⁾ koelouhinta

Rikasteiden, metallien, mineraalien ja sementin tuotanto

	1988	1989	1990
Rikasteet tonnia			
Rikkirikaste	614 940	737 796	671 661
Kromirikaste, palarikaste ja valuhiekka	619 723	498 572	489 265
Fe-pasute, Siilinjärvi ei käyttöä, varastoitu	258 600	267 700	233 000
Nikkelirikaste	128 762	130 552	135 397
Sinkkirikaste	124 306	112 787	99 084
Rautarikaste	555 550	—	69 000
Kuparirikaste	86 378	56 746	52 449
Lyijyrikaste	4 863	4 868	4 104
Metallit ja metallurgisia tuotteita tonnia			
Raakateräs	2 798 000	2 921 281	2 860 500
Raakarauta	2 174 000	2 284 032	2 283 000
Jaloteräs (aihiot)	206 100	192 212	226 017
Sinkki	156 076	162 508	174 923
Ferrokromi	155 800	169 084	156 518
Katodikupari	53 939	55 689	65 103
Katodinikkeli	15 721	13 355	16 882
Kadmium	705	612	569
Koboltti	222	292	333
Elohopea/kg	130 024	158 679	140 972
Hopea/kg	31 373	31 127	28 508
Seleen/kg	25 073	27 969	31 160
Kulta/kg	2 035	2 510	2 813
Mineraalit tonnia			
Kalkkikivi yhteensä	4 094 800	4 338 073	4 753 600
Kalkkikiven käyttö			
– Sementin valmistus	2 149 700	2 107 245	2 397 000
– Maanparannuskalkki	1 072 300	1 187 852	1 269 000
– Kalkinpoltto	417 500	464 044	439 000
– Rouheet, tekn.jauheet ym.	455 300	578 932	648 600
Apatiitti	583 542	579 690	546 134
Talkki	378 843	397 835	385 207
Kvartsi	271 800	273 935	276 373
Vuorivillakivi	152 200	184 100	153 000
Maasälpä	56 200	54 581	52 630
Vuolukivituotteita	20 225	31 857	33 570
Wollastoniitti	26 040	31 436	29 844
Sementinvalmistuksen lisäkiveä	22 600	25 200	17 350
Baryytti	10 993	1 614	—
Sementti tonnia	1 503 683	1 596 100	1 666 600

**VUORIMIESYHDISTYS-BERGMANNAFÖRENINGEN r.y.****Jäsenrekisterin henkilötietojen tarkastus**

Ilmoitan itsestäni seuraavat tiedot jäsenrekisteriin. Antamiani tietoja voidaan käyttää Vuorimiesyhdistyksen toimialoihin liittyvään suoramarkkinointiin kyllä ei.
Täytetään kirjoituskoneella tai selvästi tekstaten.

Sukunimi		Etunimet (kutsumanimi alleviivataan)	
Tutkinto ja vuosi			
Syntymäaika		Jaosto	
Nykyinen virka-asema ja tehtävät			
Työnantaja ja toimipaikka			
Puhelin kotiin	toimeen	telefax	
Kotiosoite/lähiosoite		Postinumero	Postitoimipaikka
Päiväys ja allekirjoitus			
_____ / _____ 19_____			

**OVATKO JÄSENREKISTERITIEETOSI OIKEIN?
SAAKO TIEETOSI JULKAISTA JÄSENLUETTELOSSA?**
 Tietojani ei saa julkaista jäsenluettelossa.

Osoite:
Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PL 280, 02101 ESPOO
Tiedot voi lähettää myös fax'illa 90-4213888.

**VUORIMIESYHDISTYS-BERGMANNAFÖRENINGEN r.y.****Granskning av personalier i medlemsregistret**

Meddelar följande uppgifter om mig själv till medlemsregistret.
Uppgifterna kan användas för direktmarknadsföring när den ansluter sig till Bergsmannaföreningens verksamhet ja nej.
Ifylles med skrivmaskin eller textas tydligt.

Släktnamn		Förnamn (tilltalsnamnet understreckas)	
Examen och år			
Födelseid		Sektion	
Nuvarande tjänsteställning och befattning			
Arbetsgivare och tjänsteort			
Telefon hem	Till tjänsten	Fax	
Utdelningsadress		Postnummer	Postanstalt
Datum och underskrift			
_____ / _____ 19_____			

**ÄR DINA UPPGIFTER I MEDLEMSREGISTRET RIKTIGA?
FÄR MAN PUBLICERA DINA UPPGIFTER I
MEDLEMSFÖRTECKNINGEN?**
 Uppgifterna får ej publiceras i medlemsförteckningen.

Adress:
Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PB 280, 02101 ESBOO
Uppgifterna kan även sändas per Fax 90-4213888

PALVELUHAKEMISTO

KONSULTTITOIMISTOJA

SKOL ry:n jäsen
INSINÖÖRITOIMISTO

SAANIO & RIEKKOLA OY

Laulukuja 4, 00420 HELSINKI Puh. 90-5666500 fax 90-5663354
Ylistönmäentie 24, 40500 JYVÄSKYLÄ Puh. 941-650150 Fax 941-650120

- Kalliotilojen yleissuunnittelu
- Rakennesuunnittelu
- Kalliorakennussuunnittelu ja rakennusgeologia
- Kalliotutkimusten ohjelmointi ja tulokäsittely
- Kalliomekaniikka ja atk-palvelut

First Announcement Call for Papers

IFAC WORKSHOP ON EXPERT SYSTEMS IN MINERAL AND METAL PROCESSING



August 26 - 28, 1991

Helsinki University of Technology
Espoo, Finland

International Programme Committee

A. Niemi (FIN), Chairman
M. Aubrun, (FRA)
Z. Chen (CHN)
H. Cohen (GBR)
B. Cronhjort (SWE)
P. Duncan (ZAF)
M. Hadjiski (BUL)
J. Heidepriem (FRG)
A Herbst (USA)
H. Koivo (FIN)
J. Meech (CAN)
J. Paiuk (ARG)
P. Uronen (FIN)
Y. Yoshitani (JPN)

Location

The Workshop will take place in Helsinki University of Technology in Otaniemi, Espoo. Otaniemi is a modern campus area about 10 kilometres from the centre of Helsinki.

Hotel rooms will be available in two hotels within a walking distance from the symposium site. Hotel Dipoli is a first class hotel situated on the seashore and summer hotel (student dormitory) provides a modest alternative accommodation.

Secretariat

All correspondence related to the Workshop shall be addressed to:

Expert Systems in Mineral and Metal Processing
Finnish Society of Automatic Control
Hämeentie 6 A 15
SF-00530 HELSINKI, Finland

Phone: Int. + 358 0 701 5657

Fax: Int. + 358 0 773 1570

Organizer



Finnish Society of Automatic Control

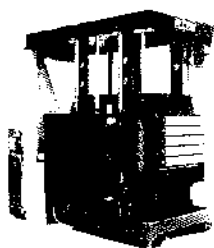
Sponsored by



International Federation of Automatic Control (IFAC)
Application Committee
Mining, Mineral and Metal Working Group

PAINESUODATUS

**Larox-menetelmä
alentaa kustannuksia
jopa 70 prosenttia.**



tuottavat kuivaa kakkua, täysin automaattisesti. Larox-menetelmä antaa jopa 94 %:n kuiva-ainepitoisuuden.

Larox — korkeata teknologiaa

Laroxin PF-painesuodattimia käytetään eri puolilla maailmaa. Aika on testannut ja koetellut niitä maapallon rankimmissa olosuhteissa. Larox PF-suodattimet toimivat luotettavasti viidessä maanosassa. Ne on suunniteltu ja rakennettu kestävästi. Prosessin jokainen vaihe: suodatus, kalvopuristus, kakun pesu, ilmaisuus,

kakun poisto sekä kankaan pesu tapahtuu nopeasti ja automaattisesti.

Suodatuskoe todistaa Larox-painesuodatuksen edut

Vallankumouksellinen Larox PF -suodatin alentaa huomattavasti energiakustannuksia, antaa poikkeuksellisen kirkkaan suodoksen ja tuottaa jatkuvasti puhtaamman tuotteen. Joka päivä, vuodesta vuoteen. Kun haluat varmistua Larox-suodatusmenetelmän eduista, ota yhteyttä! Soita ja kysy lisätietoja koesuodatusarjoksestamme, lähetämme samalla esitteemme.

LAROX®

PL 29, 53101 Lappeenranta
Puhelin (953) 5881, telefax (953) 588 277, telex 58 233

Vahva ote raudoittamiseen

• Betoniteräkset • Betoniteräsverkot • Raudoituksen erikoistuotteet



Suomalainen teräksen tekijä ja jalostaja



DALSBRUK

Dalsbruk Oy Ab

Raatihuoneentori

PL 66, 10601 Tammisaari Puh. (911) 62 400
Telefax (911) 15 053 Telex 13190 dbruk sf

Raudoitustuoteyksikkö:

Juvan teollisuuskatu 19 PL 24, 02921 Espoo
Puh. (90) 84 901 Telefax (90) 853 1957

FRANKRESERVEIN THE UNITED STATES OF AMERICA



STEEL-CAP VUORAUS LEIKKAA SUUREN OSAN KUSTANNUKSISTA

Trellex steel-cap on vuoraus autogeeni- ja semiautogeenimyllyjä varten, siinä yhdistyvät kumin ja teräksen kulutuskestävyys. Se on erikoiskehitetty, kulutuskestävä valuteräs, joka antaa parhaan jauhatuksen.

Moduulinen steel cap vuoraus on kevyt ja helppo käsitellä. Se kestää vähintään yhtä kauan kuin koko teräsvuoraus sekä pienentää käyttö- ja huoltokustannuksia.

MARKKINOIDEN KUSTANNUSSÄÄSTÄVIN VUORAUS!

Verratessa Trellex steel-cap vuorasta tavalliseen teräsvuoraukseen voidaan mainita seuraavat edut.

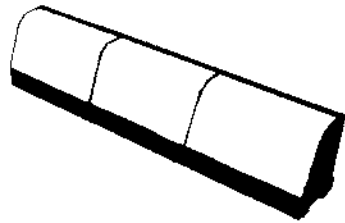
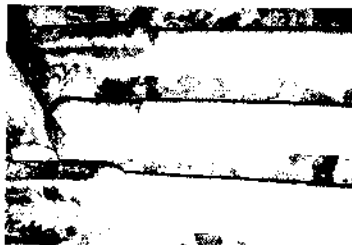
- Yksinkertaisempi ja nopeampi vuorauksen vaihto

- Pienemmät asennuskustannukset
- Pidemmät huoltovälit
- Yksinkertaisempi ja nopeampi huolto
- Vähemmän odottamattomia seisokkeja
- Parannetut työolosuhteet

Kaikki edut huomioiden vuoraus on kustannuksia säästävä.

Trellex steel-cap vuoraus autogeeni- ja semiautogeenimyllyjä varten perustuu teräksen ja kumin optimaaliseen yhdistelmään. Moduulijärjestelmä varmistaa sen, että kaikki elementit ovat täysin samanlaisia kuin muut Trellex-myllyn vuorausosat.

Soita meille, niin kerromme lisää. Säästämisen aika on nyt!



TRELLEBORG
Trellex

Pääkonttori:
Kolmihaarankatu 3-5
33330 TAMPERE
Puh. 931-2818111
Telefax 931-430 122
Telex 22118

**Helsingin alueen
myyntikonttori:**
Salmitie 4
02430 MASALA
Puh. 90-297 6122
Telefax 90-297 5587

**Oulun alueen
myyntikonttori:**
Toivoniementie 9
90500 OULU
Puh. 981-227 847
Telefax 981-223 849