

# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

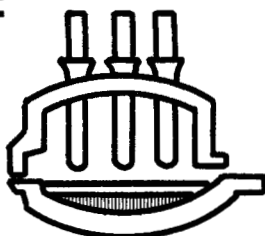


N:o 2 1981

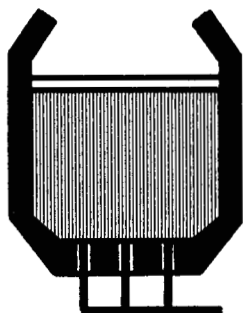
39. vuosikerta

Julkaisija: Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.

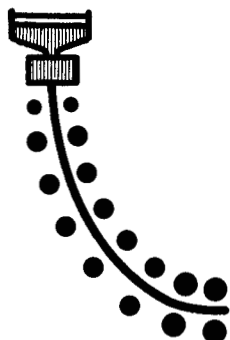
EF



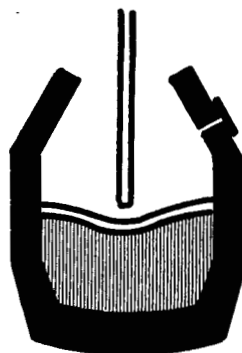
AOD



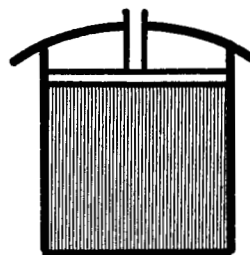
JV



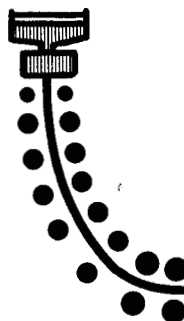
BOF



Senkkäkäsittelyt



JV



# RAUTARUUKKI TURVAA TERÄKSEN. JA PALJON MUUTA.

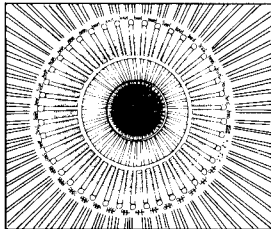
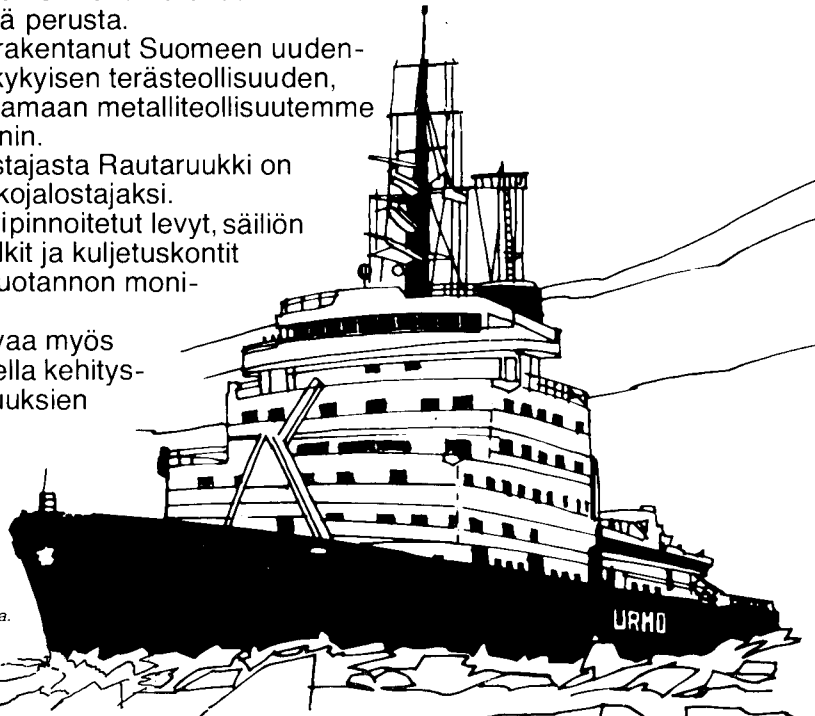
Teräs on ylivoimainen valtamateriaali maailmassa.  
Hyvinvoinnin tärkeä perusta.

Rautaruukki on rakentanut Suomeen uuden-  
aikaisen ja kilpailukykyisen terästeollisuuden,  
joka kykenee turvaamaan metalliteollisuutemme  
raaka-aineen saannin.

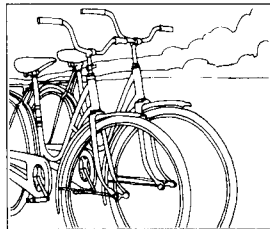
Teräksen valmistajasta Rautaruukki on  
kehittynyt myös jatkojalostajaksi.  
Teräsputket, muovipinnoitetut levyt, säiliön  
päädyt, hitsatut palkit ja kuljetuskontit  
ovat esimerkkejä tuotannon moni-  
puolisuudesta.

Rautaruukki turvaa myös  
huomisen. Aktiivisella kehitys-  
työllä ja mahdollisuuksien  
hyödyntämisellä  
varmistetaan  
tulevaisuutta.

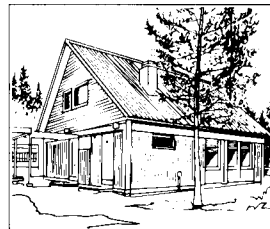
*Laivanrakennus on yksi Rauta-  
ruukin teräksen suuria tarvisijoita.*



*Vanadiini on Rautaruukin kaivosten  
päätuote. Sitä käytetään mm.  
avaruusteknologiassa.*



*Rautaruukin teräsputkilla on monia  
käyttöaloja. Esimerkiksi polkupyöri-  
en runkoina.*



*Omakotitalossakin tarvitaan Rauta-  
ruukin terästä. Katot ja seinät syn-  
tyvät muovipintaista teräksestä.*

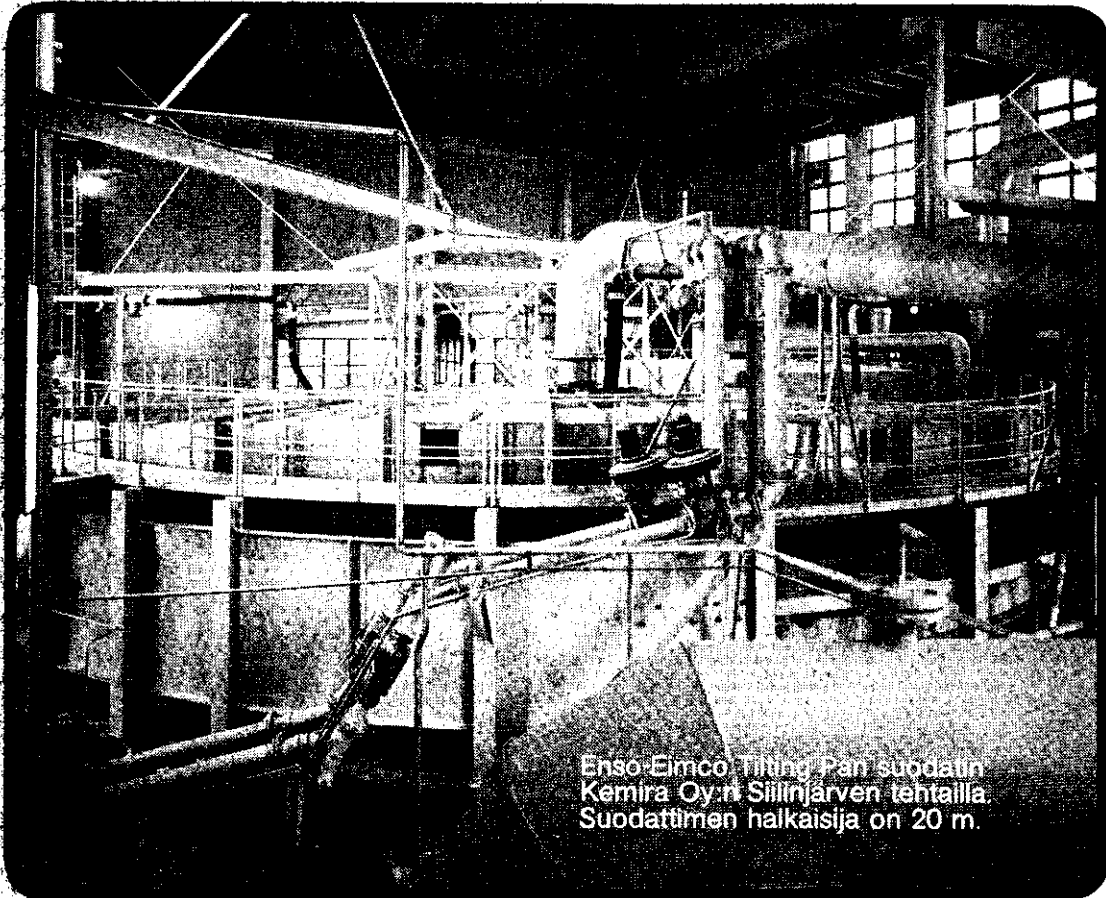


## RAUTARUUKKI OY

Henkilökuntaa yli 7 000  
Toimipaikkoja 15

Liikevaihto 1980 2 296 milj.mk  
Vienti 803 milj.mk

# suodattimia ja sakeuttimia kaivosteollisuudelle



Enso-Eimco Tilting Pan suodatin  
Kemira Oy:n Siilinjärven tehtailla.  
Suodattimen halkaisija on 20 m.

**ENSO-KONEPAJARYHMÄ** valmistaa Envirotech Corporationin lisenssillä erilaisia kaivosteollisuuden tarpeisiin suunniteltuja suodattimia ja sakeuttimia sekä muita laitteita kiinteiden aineiden erottamiseksi nesteistä.

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



**ENSO-GUTZEIT OY**

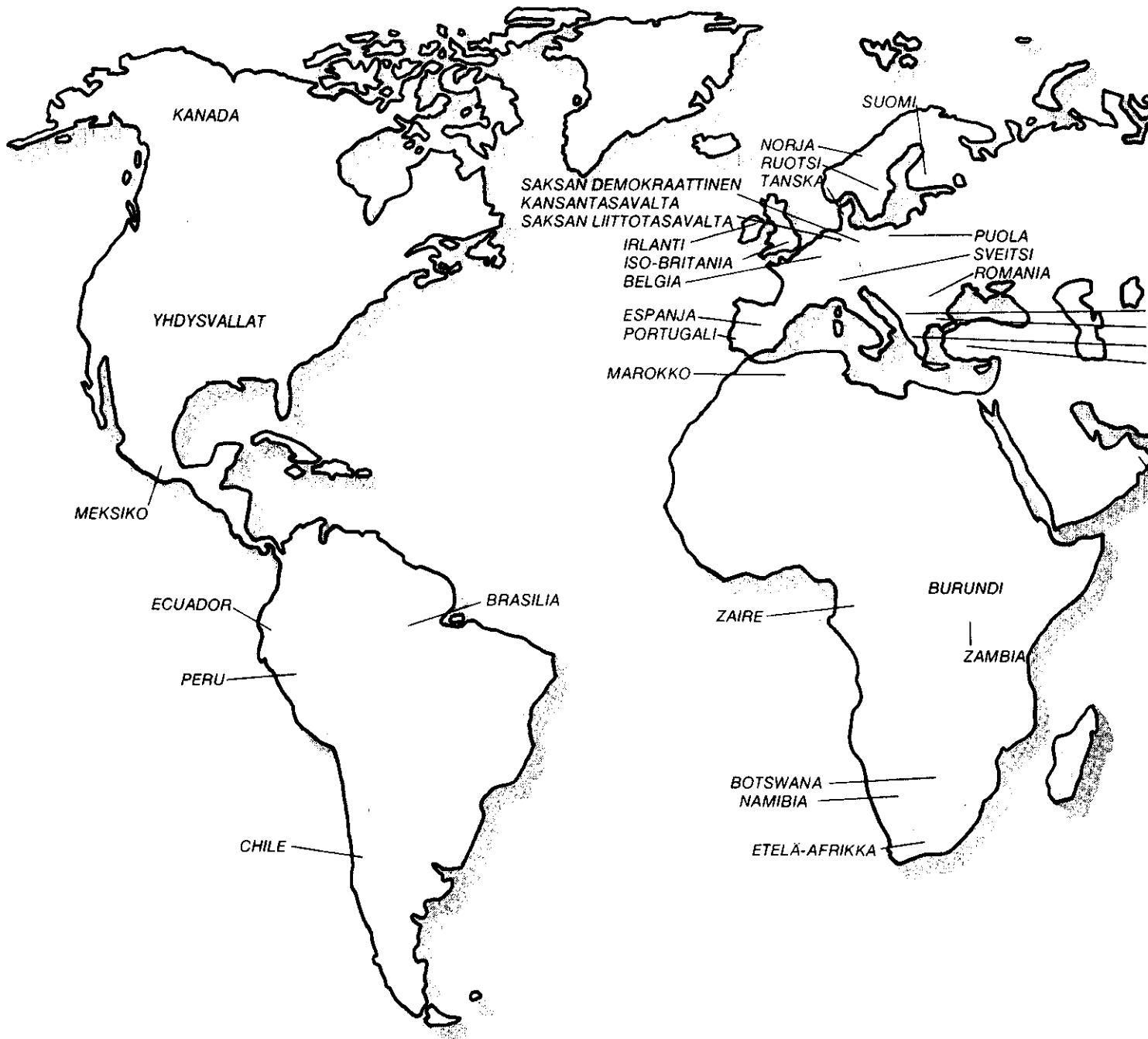
**KONEPAJARYHMÄ**

PL 34, 57101 SAVONLINNA 10

PUHELIN 957-21936, TELEX 5613 enso sf

# OUTOKUMPU. WH

# HERE



Outokumpu Oy – Sucursal  
del Peru  
Apartado 2946  
Lima 1  
Peru  
Tel. 40-0161  
Telex 25719 pe oklim

Outokumpu Australia Pty  
Ltd.  
c/o Dorr-Oliver Pty Ltd.  
28 Spring Street  
Chatswood NSW 2067  
Australia  
Tel. (02)412 1800  
Telex 21287 dorrco aa

Outokumpu Danmark A/S  
Hvissingevej 116  
2600 Glostrup  
Danmark  
Tel. (02)966 000  
Telex 33189 okda dk

Outokumpu Engineering, Inc.  
P.O. Box 16573  
Denver, Colorado 80216  
USA  
Tel. (393)893-5476  
Telex 4322041 okei dvr

Outokumpu Equipment  
Canada Ltd.  
6495 Northam Drive  
Mississauga,  
Ontario L4V 1J2  
Canada  
Tel. (416) 671-3304  
Telex 06-968777 oke can  
msga

Outokumpu Mexicana, S.A.  
de C.V.  
Taine 229 Piso 6  
Mexico 5, D.F. (Polanco)  
Mexico  
Tels. 531-96-76, 531-91-56  
Telex 1773235 okmxme



# ERE ON EARTH..?

## LISENSSI JA LAITETOIMITUKSET MAITAIN 1981 MENNESSÄ

### KAIVOS- JA RIKASTUSTEKNIikka METALLURGIAN TEOLLISUUS

- |  |   |
|--|---|
| G – Automaatio                                       | A – Liekkisulatus                         |
| H – Rikastamoprosessin<br>röntgenanalysointilaitteet | B – Ferroseosprosessit                    |
| I – Rikastamolaitteet                                | C – Muut prosessit                        |
| J – Rikastamot                                       | D – Metallurgian<br>teollisuuden laitteet |
| K – Konsultointi                                     | E – Automaatio                            |
|  | F – Konsultointi                          |

### MUUT

- L – Turvetekniikka  
M – Automaatio

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
AUSTRALIA	3	1						4	2				
BELGIA			3										
BOTSWANA	1	1											
BRASILIA	1	2	2					1	2				
BULGARIA	1	2											
BURUNDI												1	
CHILE	1	2	4	1			1						
ECUADOR										1	1		
ESPANJA	1	2					2						
ETELÄ-AFRIKKA		3	1				2	3	8				
ETELÄ-KOREA	1	2											
FILIPPIINIT	1	1							1	1			
INTIA	2	3	1										
IRAN				1			1						
IRLANTI								1	1				
ISO-BRITANIA		1	2						2		1		
ITALIA		1											
ITÄVALTA			1										
JAPANI	7	5	1										
JUGOSLAVIA		2	3	1			1			1			
KANADA		1	5				3	14	10				
KIINAN													
KANSANTASAVALTA	1		1				1	1					
KREIKKA		1	1	1	1				1		1		
MAROKKO						1							
MEKSIKO	1		6				2	2					
NAMIBIA									1				
NEUVOSTOLIITTO	2		5	1					1	3			
NORJA			1	1	1		1		1		1		
OMAN			2										
PAPUA									1				
PERU			1	1									
PORTUGALI												1	
PUOLA	1		1				1	2					
ROMANIA	1												
RUOTSI			2				1	1	1		3		
SAKSAN DEMOKRAATTINEN KANSANTASAVALTA						1							
SAKSAN LIITTOTASAVALTA	1		5						2		1		
SAMBIA			3						1	1			
SUOMI	2	1	4	1			9	9	7	10	2	6	13
SVEITSI				2									
TAIWAN				2									
TANSKA												1	
THAIMAA				1									
TURKKI	1	1	8						1	1			
YHDYSVALLAT	1		18	1			1	11	3				
ZAIRE	1												



**OTK OUTOKUMPU**

OUTOKUMPU ENGINEERING DIVISION:

Finland POB 27 SF-02201 Espoo 20 Tel. +358-0-4211 Telex 121053

Outokumpu Equipamentos Industriais e Participacoes Ltda.  
Av. Brig. Faria Lima, 1885/11  
CEP 01451 - Sao Paulo, S.P.  
Brazil  
Tel. 212-6922 PBX  
Telex 01133152 oeip br

Outokumpu Oy  
Regional Headquarters  
P.O. Box 1010 MCC  
Makati, Metro Manila 3117  
Philippines  
Tels. 818-1858/818-9347  
Telex 63447 okma pn

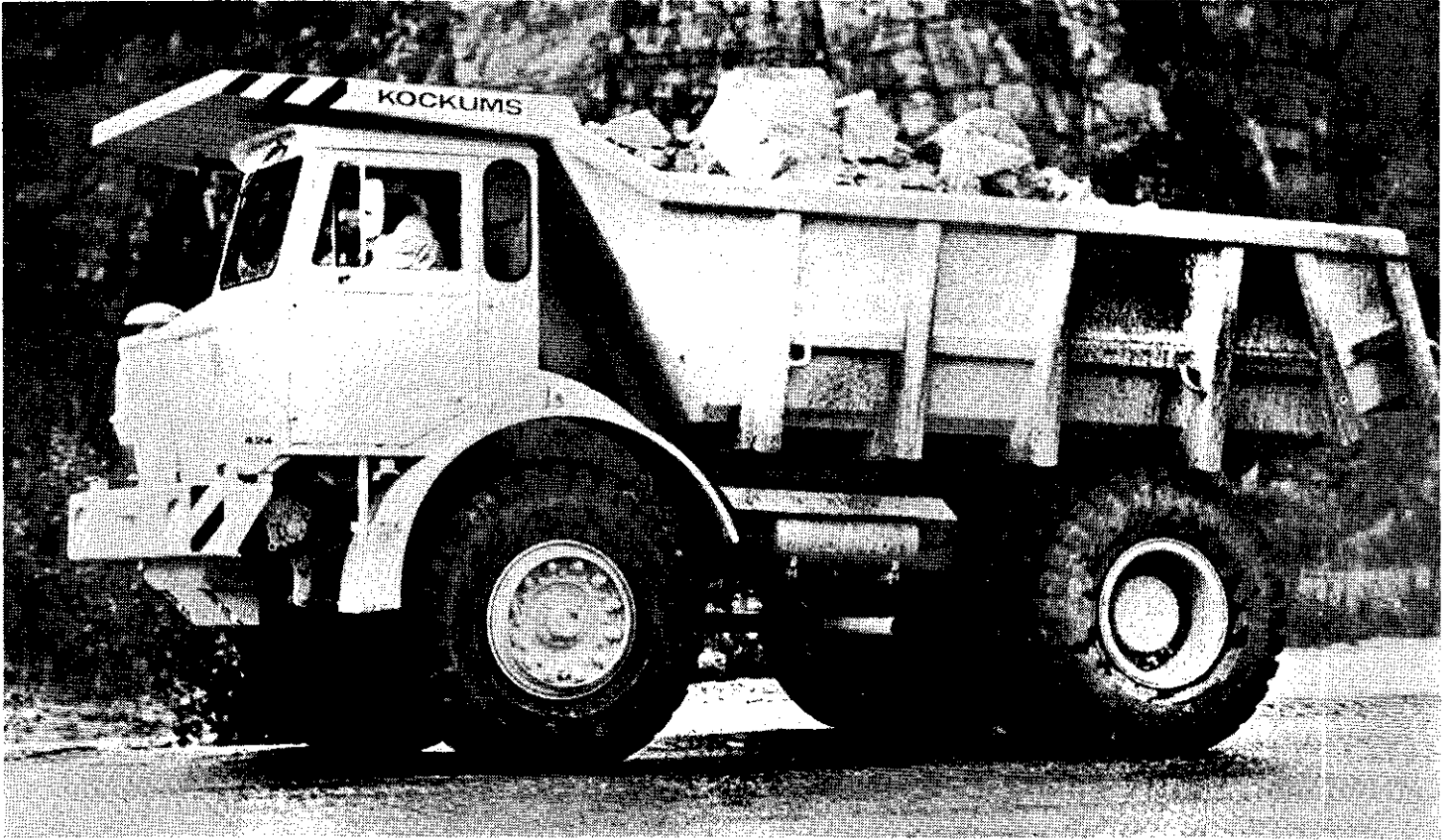
Reynolds European (London) Ltd.  
10 Grosvenor Gardens  
London SW1W 0DH  
England  
Tel. 44-1-730-7295  
Telex 912500 oklo g

F.K. Lurk KG GmbH & Co.  
Grafenberger Allee 68  
D-4000 Düsseldorf  
Fed. Republic of Germany  
Tel. 49-211-674 011  
Telex 08586766z fkl d

Finn-Kobber A/S  
Ovre Voldgatan 7  
Vika-Oslo 1  
Norway  
Tel. 47-2-416737  
Telex 18739 finko n

Outokumpu France S.A.  
46/52 rue Albert  
75013 Paris  
France  
Tel. 33-1-583-01  
Telex 201376 okparis

# 22.5 TONNIA KERRALLA YLÖS. KOCKUMSILLA.



**K**ockums 425B on erinomaisesti kaivosajoon soveltuva, jousittamaton louheensiirtoauto. Se on ulkomiitoiltaan pieni, kuormauskorkeuskin vain 2,7 metriä. Nopea 71° kippi vähentää kuormaus- ja purkaus-aikoja.

Pieni kääntösäde helpottaa auton liikkumista ahtaissa kaivostunneleissa.

Ulkomitoistaan huolimatta on Kockums 425B järeä työväline kovaan ajoon. Kokoteräksisen lavan muotoilulla on saavutettu 15 m<sup>3</sup> kuormatila ja 22.5 tonnin kantavuus. Kockums-louheensiirtoautojen vakiolavat soveltuvat sellaisinaan kiven ajoon. Lisävahvistuksia ei tarvita.

Ja louhe kulkee riuskasti, sillä Scanian 11-litrainen moottori ja täysautomaattinen Allison-vaihteisto tekevät ajamisen joustavaksi ja kuljettajalle mukavaksi.

### Suuri hyötykuorma on taloudellisuutta

Kockums 425B:n suurta hyötykuormaa kuvaa auton kuormakerroin, joka saadaan laskemalla kantavuuden suhde omapainoon.

425B:n kuormakerroin on 22.5 t/16.4 t = 1.37. Pieni omapaino merkitsee säästöä polttoainekustannuksissa ja alhaisempaa tonnikipometrihintaa.

### Nopea huolto – lyhyet seisokit

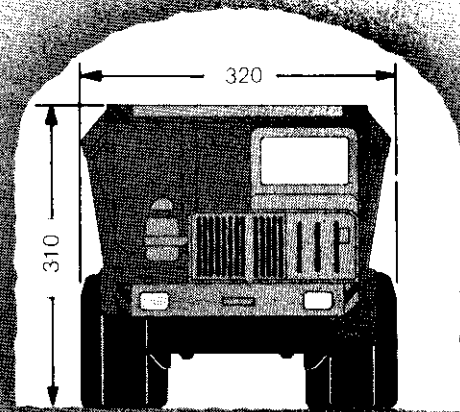
Kockumsin tunnetusta kestävydestä huolimatta tarvitsee 425B:kin joskus huoltoa tai pieniä korjauksia. Pitkälle kehitetty Kockumsin huolto-organisaatio on minimoinut työn keskeytykset tehokkaalla varaosa- ja huoltojärjestelmällä.

### Sopiva Kockums kaikkeen louheensiirtoon

425B:n lisäksi kuuluu Kockumsin valikoimaan kolme suurempaa louheensiirtoautoa, joiden käyttöalue on avolou-

hoksissa ja muissa maan ja kiven kuljetuksissa, sekä Kockums 414 dumpperi.

KOCKUMS	425B	442B	540	445	414
Kuormatila m <sup>3</sup>	15	20.6	23.5	27.6	12
Kantavuus t	22.5	32	36.3	40.5	20
Teho kW	213	295	335	377	155
Nopeus km/h	56	59	65	72	30



**KOCKUMS  
INDUSTRI**

Veromiehen teollisuusalue  
01510 Vantaa 51, Puh. 90-826 355

Näin  
Ovakon uudet M-teräkset  
säästävät selvää rahaa




# Case 1

Saab-Scania Södertäljessä säästi pelkästään työkalu-  
kustannuksissa 65% siirtymällä Ovakon paremmin  
lastuttavaan standarditeräkseen kuorma-autojen  
vetoakseleiden valmistuksessa.

Ovakon kehittämällä paremmin lastuttavilla standar-  
diteräksillä – M-teräksillä – saavutetaan ratkaisevia  
kustannussäästöjä. Lastuavassa työstössä teräpalat  
kestävät kaksinkertaisen – jopa kolminkertaisen ajan.  
Vaihtoehtoisesti leikkuunopeutta voidaan lisätä.

Hylättyjen kappaleiden määrä pienenee, koska asetus-  
säätöjä tarvitaan harvemmin.  
Saab-Scania on saavutettuihin tuloksiin erittäin  
tyytyväinen ja tutkii mahdollisuuksia käyttää Ovakon  
M-terästä muissakin komponenteissa.

Ovakon M-teräksiä saat nyt myös suoraan varastos-  
tamme Turengista. Lisätietoja antaa Juhani Nyrkiö,  
Tekninen asiakaspalvelu, puh. 90-61 621.  
Postita ohainen kuponki niin saat esitteen, jossa  
selkkaperäisesti kerromme Saab-Scanian kokemuksista.

 **OVAKO**  
SUOMALAISTA TERÄSTÄ

Haluan lisätietoja Ovakon uusista M-teräksistä

- Lähettäkää heti "Ovakon uudet M-teräkset säästävät selvää rahaa. Case 1"-esite  
 Ottakaa yhteys puhelimitse

Nimi \_\_\_\_\_ Yritys \_\_\_\_\_  
Osoite \_\_\_\_\_ puh. \_\_\_\_\_

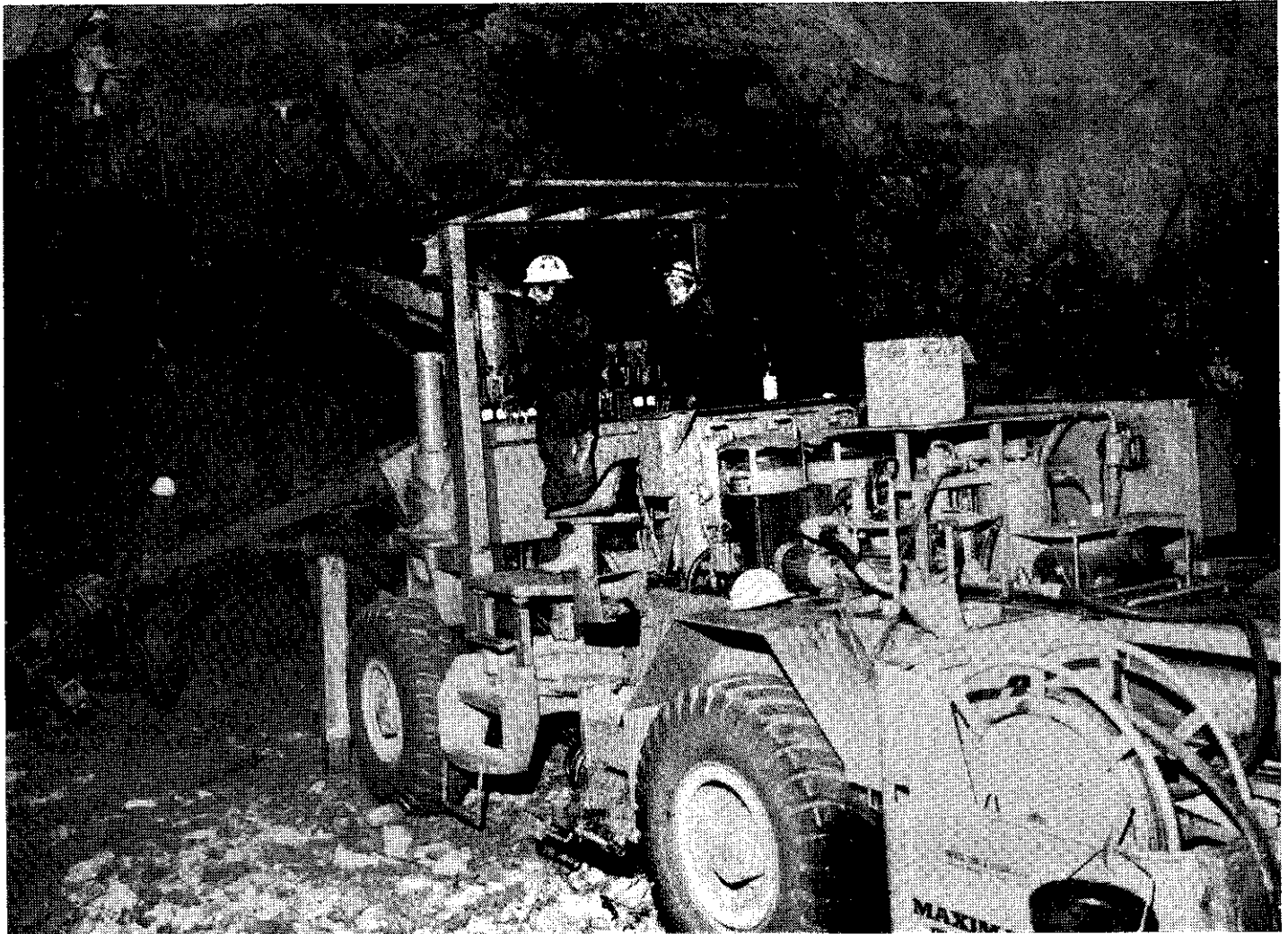
Palautusosoite: OVAKO Oy Ab  
Tekninen asiakaspalvelu" PL 790,  
SINKKI 10



# YHTEINEN TEKIJÄ

Greenex, Grönlanti  
Balfour Beatty Constr., Englanti  
Denison Mines, Kanada  
Zinc Corporation, Australia  
ABV, Ruotsi  
Impregilo, Italia  
Anglo American, Etelä-Afrikka  
Outokumpu, Suomi  
Furuholmen, Norja  
Sachtleben, Länsi-Saksa  
Losinger, Sveitsi  
Hierro Patagonico, Argentiina

Kautta maailman, niin kaivos- kuin urakointisektorilla, ovat yhteisenä tekijänä Tamrockin täyshydrauliset kallionporauslaitteet.  
Maan alla työskentelee yli 250 hydraulista tunnelinajolaitettamme.  
Grönlannista Tulimaahan.

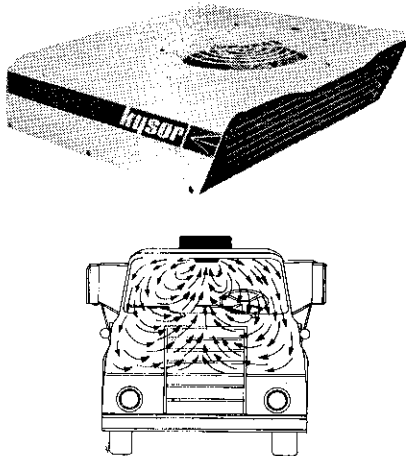


# TAMROCK

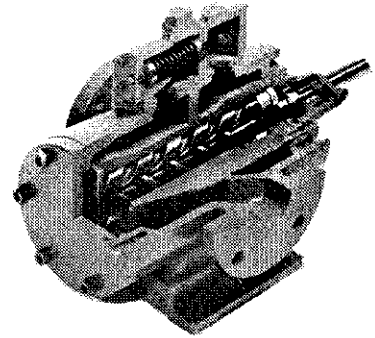
Tamrock, 33310 Tampere 31. Puh. 931-431 411  
Telex 22192 rock sf

# Knorring toimittaa

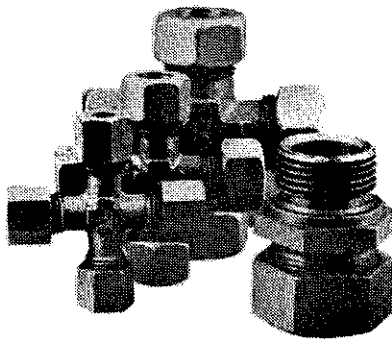
Knorring tarjoaa laajan ja monipuolisen valikoiman korkealaatuisia kone-tarvikkeita. Jokin seuraavista on varmasti avuksi Teidänkin pulmienne ratkaisussa.



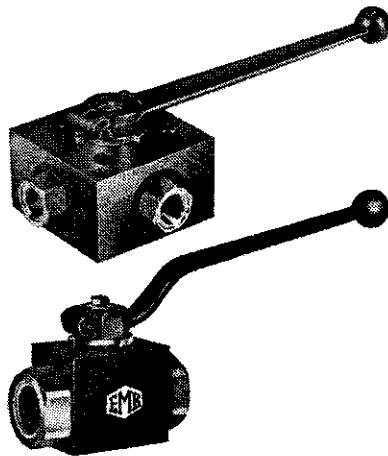
KYSOR - ilmastointilaitteita ja kaihtimia



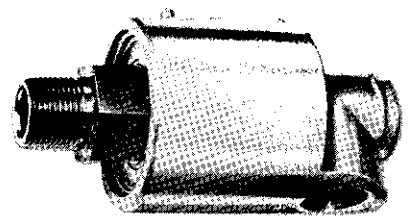
SIG - ruuvipumppuja, venttiilejä ja komponentteja servohydrauliikkaan



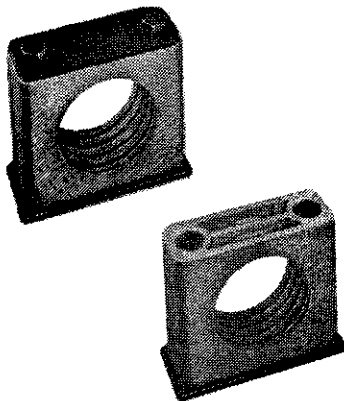
EMB - leikkuurengas-putki liittimiä teräksestä, messingistä ja haponkestävästä teräksestä



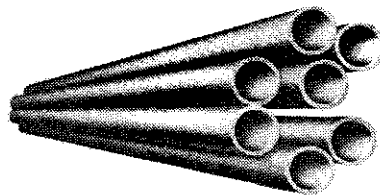
EMB - korkeapaine-kuulahanoja ja -venttiilejä teräksestä, messingistä ja haponkestävästä teräksestä.



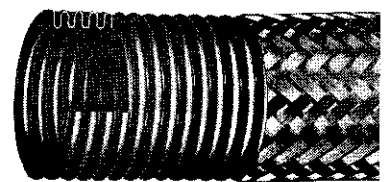
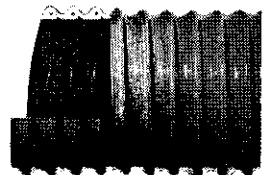
Pyöriviä liittimiä höyrylle, öljylle ym. aineille, myös kaksiterakenteella



STAUFF-putkikiinnittimiä



EMB - tarkkuusteräs- ja sylinteri-putkia DIN 2391/C mukaan



CHR. BERGHÖFER & CO-joustavia kokometalli- ja muoviletkuja kaikille teollisuusaloille



OY AXEL VON KNORRINGIN TEKNILLINEN TOIMISTO

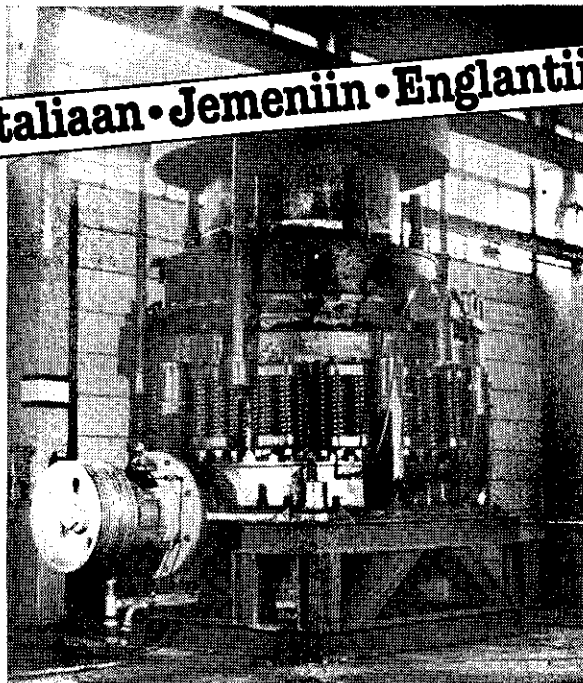
00380 HELSINKI 38, KARVAAMOKUJA 6, PUH. 90-55 44 88 • TURKU, PUH. 921-33 77 55  
OULU, PUH. 981-22 43 12 • JYVÄSKYLÄ, PUH. 941-14 100 • TAMPERE, PUH. 931-58 519



# Täydellisiä laitoksia - yksittäisiä koneita ja laitteita kaivosteollisuudelle

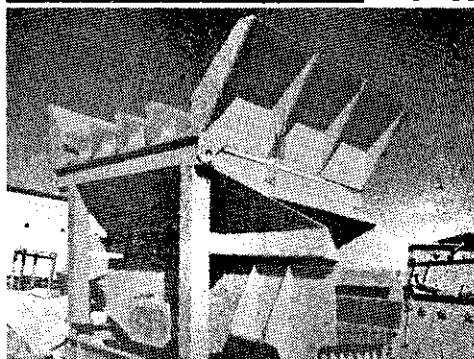
kkiiin • Filippiineille • Italiaan • Jemeniin • Englantiin • Ruotsiin • Kotimaahan

**ROXON** hydraulinen iskukone

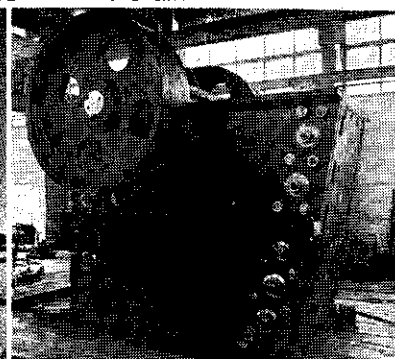


**ROXON** kartiomurskain

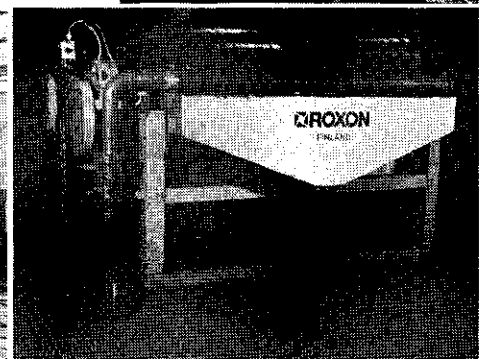
**ROXON** seuloja



**ROXON** tärysytin



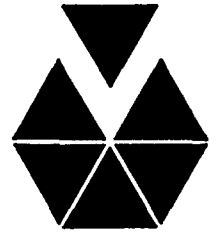
**ROXON** leukamurskain



**ROXON** magneettierotin

**KONE**

KONE OY  
Engineering division  
15870 Salpakangas  
Puh. 918-801 311  
Telex 16-180 konex sf



# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

N:o 2 1981

39. vuosikerta

Julkaisija:

**VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.**

Hallitus 27. 3. 1981

Prof. Aimo Mikkola puheenjohtaja Lönnrotinkatu 7 B 00120 Helsinki 12	90-605 133
TkT Krister Relander varapuheenjohtaja Esab Oy Kutomotie 13 00380 Helsinki 38	90-556 411
DI Caj-Erik Gustafsson Oy Lohja Ab 08700 Virkkala	912-41 511
DI Jorma Illi Rautaruukki Oy Otanmäen kaivos 88200 Otanmäki	986-86 256
DI Matti Kilpinen Rauma-Repola Oy Snellmaninkatu 13 00170 Helsinki 17	90-177 100
DI Lauri Koivikko Ruskealan Marmori Oy Louhen kaivos 58220 Louhi	957-54 151
DI Kristian Lobbas Oy Partek Ab 21600 Parainen	921-742 111
DI Matti Palperi Ovako Oy Ab Bulevardi 7 PL 790 00101 Helsinki 10	90-6162 713
FT Pentti Rouhunkoski Outokumpu Oy Malminetsintä PL 27 02201 Espoo 20	90-4 211
DI Antti Tuomala Outokumpu Oy Porin Tehtaat PL 60 28101 Pori 10	939-26 111
TkT Eino Uusitalo Kemira Oy Malminkatu 30 00100 Helsinki 10	90-6942 911
<b>Yhdistyksen sihteerit:</b> I TkT Matti Ketola Outokumpu Oy PL 27 02201 Espoo 20	90-4 211
II DI Erkki Tyni Rautaruukki Oy Keskuskonttori PL 217 90101 Oulu 10	981-327 711
<b>Yhdistyksen rahastonhoitaja:</b> TkL Heikki Aulanko Vuoriharjuntie 35 02320 Espoo 32	90-8014 316

## SISÄLTÖ ■ INNEHÄLL

<b>Eero Rauhamäki:</b> Malmiarviot — Kannattavuuslaskelmat	89
<b>Pentti Kerola, Klaus Tervilä, Teuvo Eronen:</b> Jäädettäminen kaivosteollisuudessa	94
<b>Krister Relander:</b> Suuntaukset teräslaatuojen kehitystyössä	97
<b>Raimo Pulkkinen, Martti Sulonen:</b> Metallien abraasio- ja eroosiokuluminen	105
<b>Ilo Kaislaniemi:</b> Laadunvalvonta Japanin terästeollisuudessa	111
<b>Andrzej Zablocki:</b> Puolan yli tuhatvuotinen kaivostraditio	117
<b>Heikki Aulanko:</b> Kairauksen historiaa ja nykyaikaa	122
Vuorimiesyhdistyksen kaivosjaoston syysretki Puolaan	128
Uusia jäseniä	132
Suoritettuja tutkintoja	133
Tiedotteita	

### Kansikuva:

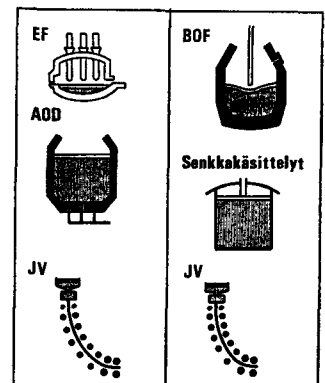
(K. Relander, kuva 2)

Uusilla laitoksilla teräs valmistetaan joko sulasta raakaraudasta happipuhalluskonverterterissa tai romusta sähköuunissa. Kuvassa tyypillisimmät linjat ruostumattoman teräksen ja niukkaseosteisten terästen valmistuksessa.

### Cover:

(K. Relander, fig. 2)

The typical production routes for stainless steels and for low carbon steels.



**Geologijaosto**

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

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

**Kaivosjaosto**

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

Bergsing. Nils-Ake Astermo, siht.  
Oy Partek Ab 921-742 111  
21600 Parainen

**Metallurgijaosto**

DI Jaakko Lautjärvi, pj. 982-301  
Rautaruukki Oy  
Raahen Rautatehdas  
92170 Raahensalo

TkT Jorma Rekola, siht. 982-301  
Rautaruukki Oy  
Raahen Rautatehdas  
92170 Raahensalo

**Rikastus- ja prosessiteknikan jaosto**

Prof. Toimi Lukkarinen, pj. 90-4566 199  
Teknillinen korkeakoulu  
Mineraalitekniikan laboratorio  
02150 Espoo 15

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

**Tutkimusvaltuuskunta**

Prof. Heikki Paarma, pj. 981-327 711  
Rautaruukki Oy  
Keskuskonttori  
PL 217  
90101 Oulu 10

**— Geologinen toimikunta:**

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

**— Kaivosteknillinen toimikunta:**

Prof. Raimo Matikainen, pj. 90-4566 206  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
Vuorimiehentie 2  
02150 Espoo 15

**— Rikastusteknillinen toimikunta:**

DI Risto Rinne, pj. 981-327 711  
Rautaruukki Oy  
Keskuskonttori  
PL 217  
90101 Oulu 10

Tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikun-  
tien sihteeri:

DI Antti Öhberg 90-4566 209  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
Vuorimiehentie 2  
02150 Espoo 15

**Vuoriteollisuus — Bergshanteringen:**

Päätoimittaja - Chief editor:  
Prof. Martti Sulonen 90-4566 147  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 Espoo 15

Toimittaja - Editor:  
TkT Pekka Särkkä 90-4566 207  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 Espoo 15

Toimitussihteeri - Editorial  
secretary and advertisements:  
Rouva Kaija Marmo 90-462 192  
Otakallio 2 B 19  
02150 Espoo 15

Toimitusneuvosto - Editorial  
board:

TkT Kalevi Kiukkola, pj. 90-440 231  
Kemira Oy  
Malminkatu 30  
00100 Helsinki 10

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

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

DI Matti Palperi 90-6162 713  
Ovako Oy Ab  
Bulevardi 7  
00100 Helsinki 10

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

TkL Heikki Aulanko hoitaa Vuorimiesyhdistyksen jäsenkortistoa. Mikäli osoite, tehtävä tai vakanssi on muuttunut, pyydämme lähettämään muutosilmoituksen mieluummin kirjallisena siinä muodossa, jossa haluatte sen "Uutta jäsenistä" palstalle.  
Os.: Vuoriharjuntie 35, 02320 Espoo 32, puh. 90-801 4316.

TkL Heikki Aulanko sköter om Bergsmannaföreningens medlemsregister. Om Er adress, arbetsuppgift eller tjänst har ändrats, anhåller vi om ändringsanmälan, helst skriftligt, i "Nytt om medlemmarna" spalten.

Adress: Bergåsvägen 35, 02320 Esbo 32. Tel. 90-801 4316.

**Ilmoitushinnat:**

Kansisivut 2 100:—, muut sivut 1 700:—

1/2 s. 1 150:—, 1/4 s. 750:—, väri 600:—

Vuosikerta 20:—, ulkomaille 30:—

Irtonumero 10:—



# Malmiarviot — Kannattavuuslaskelmat

Fil.lis. Eero Rauhamäki, Outokumpu Oy, Kaivosteknillinen ryhmä

Lyhennelmä esitelmästä Geologisessa Seurassa 23. 4. 1981

## JOHDANTO

1950- ja 1960-luvuilla aina 1970-luvun lamavuosiin saakka oli kaivosteollisuudessa suuntauksena siirtyä louhimaan yhä köyhempiä ja köyhempiä malmeja. Kaivostekniikan mekanisoinnin ja rikastustekniikan kehittymisen myötä voitiin metallien cut off -rajoja edullisissa tapauksissa laskea esim. kuparin kohdalla alle 0,5 % Cu ja nikkelin kohdalla jopa aina 0,2—0,3 % Ni. Energian hinnan nousu viime vuosikymmenellä on nostanut tuotantokustannuksia ilman että samanaikaisesti metallien maailmanmarkkinahinnat olisivat nousseet vastaavasti. Tämä yleinen kustannustason nousu on aiheuttanut sen, että ekonominen louhinta on käynyt monien kaivosten osa-alueilta aika ajoin kyseenalaiseksi.

Edellä olevasta johtuen mm. käsitteet malmiarvio ja kannattavuuslaskenta tulivat jokapäiväiseen kielenkäyttöön kaivosprojektien ja jo toiminnassa olevien kaivosten taloudellisuutta tarkasteltaessa, koska niiden avulla oli määrättävissä louhinnassa kulloinkin vaadittava ekonominen pitoisuuden cut off -raja-arvo.

## MALMIARVIOT

Lähtökohtana malmiesiintymän hyväksikäytön suunnittelulle on tutkimusmateriaalin perusteella tehty malmiarvio, "virallinen asiakirja", johon esim. kannattavuuslaskelmat, tuotantotason määrittäminen ja kaivos-rikastamo-suunnittelu pohjaavat. Toimivalla kaivoksella malmiarviot saatetaan ajan tasalle kerran vuodessa. Tällöin kirjataan edellisen vuoden tapahtumat: inventoidut lisämalmi ja mahdolliset malmitappiot.

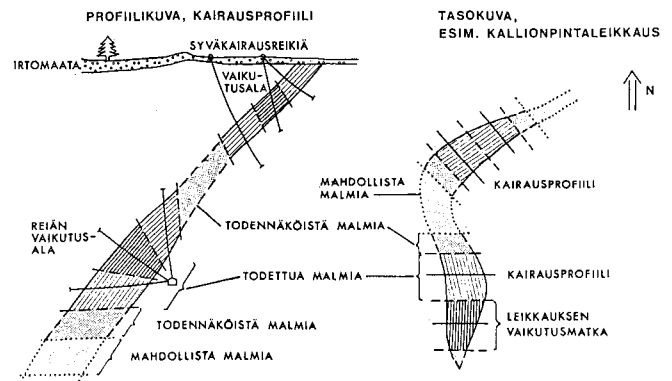
Malmiarvioiden laskutavan mukaan malmiarviot voidaan jakaa kahteen pääryhmään:

- I konventionaaliset eli manuaaliset
- II ATK-pohjaiset.

### I Konventionaaliset malmiarviot

Konventionaalisten malmiarvioiden jakoperusteet ovat useimmiten esiintymäkohtaisia esim. seuraavasti:

- malmityyppiluokitus (mm. kupari-, sinkki-, rikki- ym. malmit)
- taloudellinen luokitus (mm. malmi, pirotemalmi, rajamalmi, mineralisoitunut kivi ym.)
- rikastustekninen luokitus (mm. kompaktimalmi, pirotemalmi, kova malmi, pehmeä malmi, hapettunut malmi ym.)
- varmuusasteluokitus: todetut malmit (arviointivirhe  $\pm 10\%$ ), todennäköiset malmit (arviointivirhe  $\pm 30\%$ ), mahdolliset malmit.



Kuva 1. Geologinen in situ -malmiarvio.

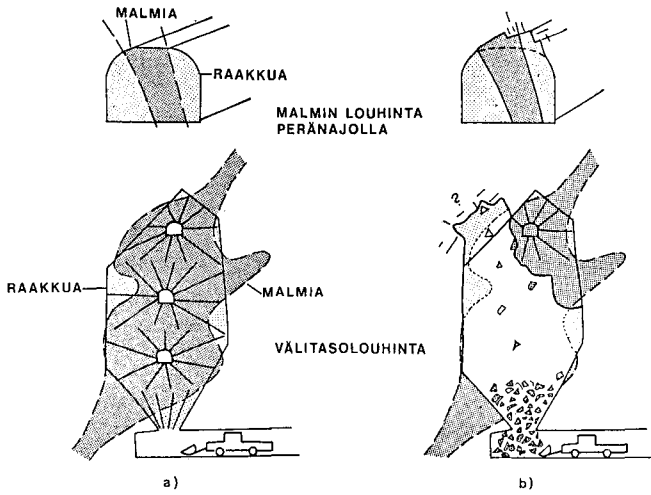
Fig. 1. Geological in situ ore inventory.

## Geologinen in situ -malmiarvio

Tavallisin tutkimuskairaustapa Suomessa on ns. profiilikairausta, mikä johtaa automaattisesti jo tutkimusvaiheessa tehtävään malmin arviointiin profiileittain (kuva 1). Profiilien pinta-alojen ja vaikutusmatkojen perusteella määrätään malmin tilavuus ja edelleen malmin ominaispainon kautta malmimäärät. Viimemainitusta saadaan lasketuksi pitoisuuksien avulla metallisisällöt.

Varmuusasteluokitus (todetut, todennäköiset ja mahdolliset malmit) perustuu kairaustiheyteen ja on arvioitava esiintymäkohtaisesti. Malmista suoritettu näytteenotto on harvoin tasavälistä ja siksi malmiarviossa eri kairauslävistyksillä on eri suuret vaikutusalat. Malmin muodon ja laadun vaihteluista riippuu, mikä merkitys näytetiheydellä on malmiarvion luotettavuuteen. Tarpeellinen näytetiheys on siten malmiesiintymäkohtainen. Suhteellisen luotettavuuden osoittamiseksi voidaan laskea esim. vaikutuspainoindexejä jakamalla arviolohkojen tonnimäärät malmilävistysten yhteenlasketulla pituudella.

Geologinen in situ -malmiarvio pitää sisällään kaiken malmiutuneen kiven, millä tulevaisuudessa voidaan ajatella olevan taloudellista merkitystä. Arvio ei ota huomioon louhinnan asettamia vaatimuksia, mutta jo sen antama informaatio on lähtökohtana jatkossa tehtäville kannattavuuslaskelmille ja sen vaatimille malmiarviomodifikaatioille esim. avolouhintaa ja erilaisia maanalaisia louhintamenetelmiä valittaessa. Tästä syystä geologiselle in situ -malmiarviolle asetetaan korkeat tarkkuus- ja luotettavuusvaatimukset.



Kuva 2. a) Louhintatekninen malmiarvio.  
b) Tuotantotekninen malmiarvio.

Fig. 2. a) Stopping-technical ore inventory.  
b) Production-technical ore inventory.

### Louhoskohtaiset, louhintatekniset ja tuotantotekniset malmiarviot

Kaivoksen siirtyessä tuotantovaiheeseen tulee saada louhoskohtaista malmiarvotietoa lähinnä tuotantosuunnitelmia varten. Lähinnä louhintamenetelmä yksilöi sen, millä rutiinitavalla arviointia toteutetaan. Avolouhosille on vakiintunut malmiarviointi louhintapenkeittäin ja maanalaiset louhintamenetelmät määräävät tapaus tapaukselta erikseen, minkä kokoisiin yksiköihin malmiarvio louhoksien mukaisesti jaetaan.

Louhoskohtaiset malmiarviot voidaan laskea joko in situ -arvioina tai louhintateknisinä arvioina. Viime mainittu pitää sisällään louhintarajojen sisälle jäävän raakkulaimennuksen väliraakuista tai louhintamenetelmän mukaisista "reunaoikaisuista" (kuva 2). Louhintarajoja määrättäessä on oltava tietoisia cut off -pitoisuuksista. Louhosrajojen ulkopuolelle jäävä malmi kirjataan malmitappioksi.

Tuotantoteknisellä malmiarviolla tarkoitetaan viime kädessä tuotantoarviota eli rikastamolle tulevan malmin määrää ja laatua. Tämä ns. rikastamon syöte sisältää louhintateknisen arvion mukaisen raakkulaimennuksen lisäksi myös louhintarajojen ulkopuolelta tulevan laimennuksen (kuva 2) sekä tuotantolinjoilla tapahtuneet mahdolliset sekoittumiset eri malmityyppien kesken.

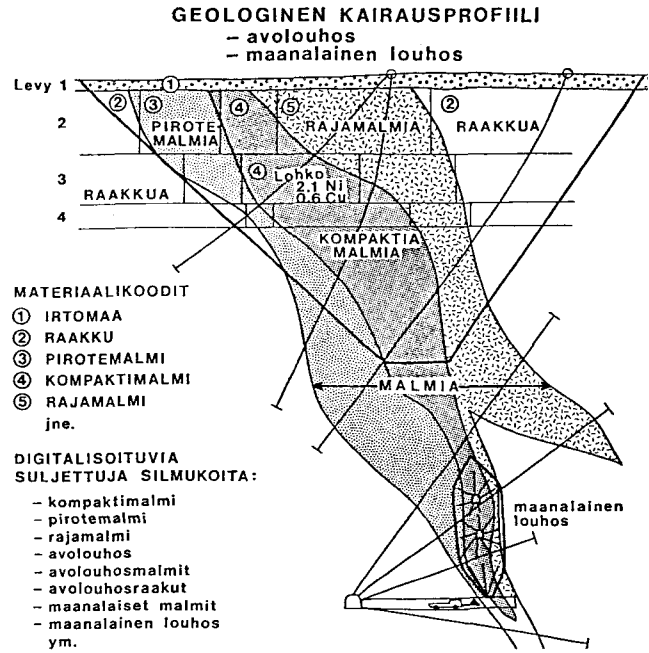
### Kaivostekninen malmiarvioluokittelu

Kaikki edellä mainitut malmiarviomenetelmät saavat tietonsa samasta geologisesta in situ -profiilimalmiarviosta. Malmiarvotieto vain pakataan "pienempiin ja tarkemmin punnittuihin pusseihin" kulloistakin käyttötartveta varten. Näin syntyneet eri kaivosten malmiarviot eivät ole keskenään yhteismitallisia eikä kaikilla käyttäjätasolla vertailukelpoisia. Tätä puutetta korjaa ns. kaivostekninen malmiarvioluokittelu. Sen pääpaino on asetettu malmivarojen käyttöasteen mukaiseen ryhmittelyyn seuraavasti:

- 1 Käytössä olevat louhokset
- 2 Suunnitellut louhokset

- 1—2 Aktivoidut malmivarat yhteensä
- 3 Hylätty malmi
- 4 Pilarit
- 5 Muut lohkot

- 1—5 Malmivarat yhteensä



Kuva 3. Lohko-silmukkamalmiarvio.

Fig. 3. Block-basin ore inventory.

Malmiesiintymän ensimmäinen malmiarvio on yleensä geologinen in situ -malmiarvio, jonka kaikki lohkot kuuluvat aluksi kaivosteknisessä luokittelussa alimpaan "Muut lohkot" -ryhmään. Sieltä niitä siirretään vähitellen louhos (lohko) kerrallaan kaivoksen suunnittelun ja louhinnan edistytessä otsikoiden 1—4 mukaisiin luokkiin, kunnes kaivosta suljettaessa on malmitunneen kiven lohkoja vain luokissa "Hylätty malmi", "Muut lohkot" ja mahdollisesti jätetyissä pilareissa. Aktivoidut malmivarat osoittavat varmuudella louhintakelpoisten malmireservien määrän ja ilmentävät samalla, kuinka paljon louhinnan suunnittelu on edellä toteutusta.

### II ATK-pohjaiset malmiarviosovellutukset

Lohko-silmukkamalmiarvio ja pitoisuuden kannattavuusrajan (cut offin) määrittäminen

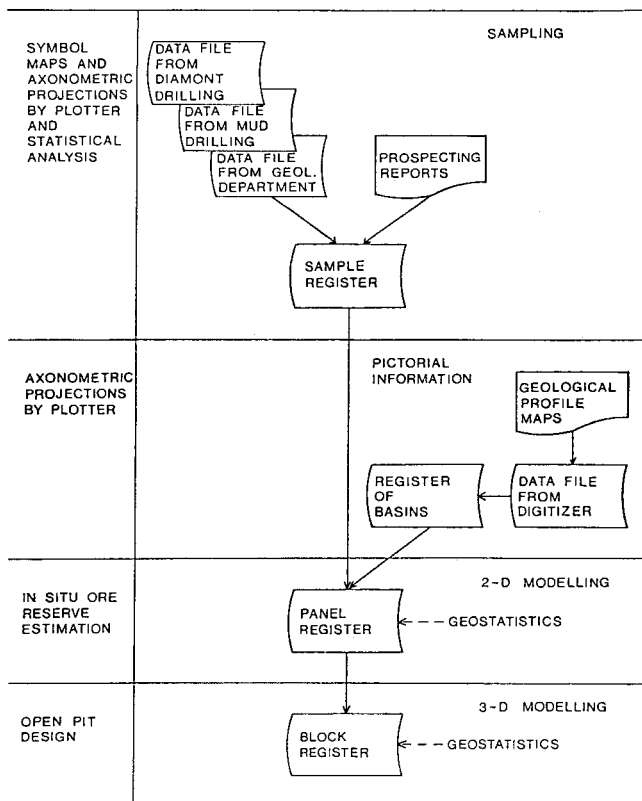
Lohkomalmiarviotjärjestelmään annetaan tiedot geologisten vertikaalileikkausten muodossa (kuva 3). Leikkaus jaetaan manuaalisesti pitoisuuksien, kivilajien ja esim. rikastusominaisuuksien perusteella vakioina pysyviin lohkoihin, jotka koordinaattien perusteella viedään ATK-lohkomalmiarviorekisteriin. Tuloksena on malmiesiintymän muodon ja laadun kuvaus kaksidimensionaalisen profiilirekisterinä. Kolmas dimensio otetaan huomioon leikkausten vaikutusmatkana. Rekisteristä voidaan tulostaa in situ -malmiarvioita erilaisin perustein kuten: cut off, tasosyvyyksittäin, leikkauksittain, leikkausryhmittäin, kivilajikoodein, materiaalikodein ja pitoisuusjakaumin ym.

Jo in situ -malmiarvion perusteella on kyettävä suorittamaan hyväksikäyttöön liittyviä kannattavuuslaskelmia erilaisille tuotantovaihtoehdoille. Manuaalisesti laskutoimitukset ovat työläitä. Muokkaamalla lohkomalmiarviorekisteri kolmedimensionaaliseksi kuutiorekisteriksi voidaan laskentatehtävät sopivilla ATK-ohjelmilla automatisoida. Tällaisista sovellutuksista mainittakoon mm. avolouhoksen optimointi, jonka sijoittuminen kaivosgeologisessa tiedonkulkukaaviossa käy ilmi kuvasta 4.

Digitaalitekniikka on mahdollistanut lohkomalmiarviojärjestelmän yksinkertaistamisen niin, että lohkot saavat olla mielivaltaisia suljettuja silmukoita (kuva 3), joiden koordinaatit luetaan jatkuvina koordinaattijonoina. Tarpeelliset tiedot kutakin silmukkaa varten saadaan suoraan kairaustietojen rekisteristä. Digitaalitekniikka yhdessä interpolointiohjelmien kanssa mahdollistaa automaattisten mielivaltaisten (väli)leikkausten piirtämisen.

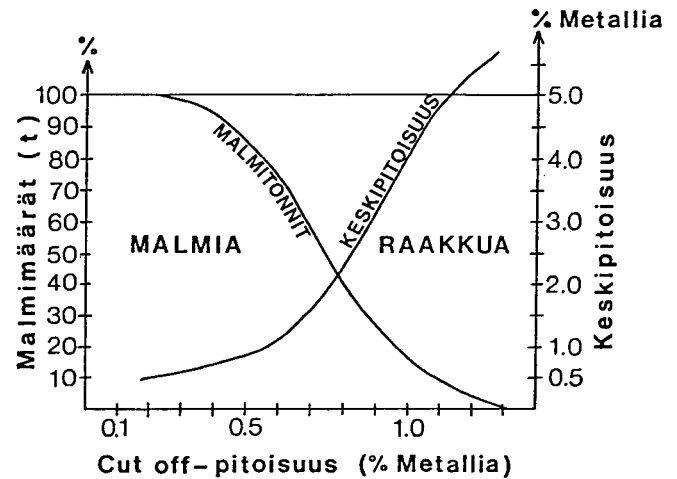
Malmiesiintymien kannattavuus on riippuvainen talouselämän ja metallien hintojen vaihtelusta, mitkä puolestaan vaikuttavat louhinnan cut off -rajoihin. Jotta malmien arviointi voisi seurata taloudellisten tekijöiden vaihtelua, malmiarvioita pitäisi olla laskettuna useilla erilaisilla cut off -pitoisuuksilla. ATK:lla on helppo tulostaa malmimäärät ja vastaavat keskipitoisuudet cut off'in funktiona ja esittää riippuvuus ns. malmiarviodiagrammilla (kuva 5).

Tulostamalla kaivoksen malmivarat kaivosteknisen malmiarvioluokituksen mukaisesti ja ryhmittämällä ne vastaamaan ATK-kaivosmallin tuotantokaavion mukaista kustannuspaikkahierarkiaa, mahdollistetaan kutakin louhintaja- ja taloudellista tilannetta vastaavat kannattavuuslaskelmat louhostasolle saakka. Näin menetellen päästään määräämään todellisia louhoskohtaisia cut off -raja-arvoja, kun vastaavat louhoskohtaiset kustannukset ovat käytettävissä. ATK-pohjaisen kaivosmallin toisena päätavoitteena on toimia koko tuotantoketjun: malmiarvio, louhintaja (raakkulaimennus), rikastamo (syöte), seuranta- ja säätöjärjestelmänä.



Kuva 4. Kaivosgeologisen ATK-systeemin tiedonkulukaavio.

Fig. 4. Data flowsheet and software support for ADP-systems of mining geology.



Kuva 5. Malmiarviodiagrammi, malmimäärä ja keskipitoisuus taloudellisen cut off'in funktiona.

Fig. 5. Ore estimation diagram, tonnages and mean assays as a function of the economical cut off -grade.

#### Geostatistiset malmiarviot

Geologiset muodostumat, jollaisiin myös malmit kuuluvat, ovat ominaisuuksiltaan, mm. pitoisuusvaihteluiltaan, anisotrooppisia. Manuaalisessa malmiarviotekniikassa geologi ottaa interpoloidessaan anisotrooppiset riippuvuudet huomioon. Geostatistiikassa on päätavoitteena saattaa edellä mainittu anisotropia numeeriseen muotoon käyttäen hyväksi ATK-pohjaisia geologisia, esim. kairanreikärekistereitä.

Lähtökohdiana on siis malmiesiintymästä otettujen näytteiden analyysien keskinäinen korrelaatio etäisyyden funktiona. Tulosta kutsutaan pitoisuuden vaihtelukäyräksi eli variogrammiksi, joka kuvaa kolmiulotteisen "ellipsoidin" tavoin pitoisuuksien vaikutussädettä eli malmion pitoisuusrakennetta.

Geostatistiikka siis huomioi variogrammien muodossa näytteiden väliset etäisyydet ja keskinäiset suhteet. Anisotropian lisäksi myös itse näytteen koko ja muoto huomioidaan. Esim. kairanreiän pitoisuudet "laajennetaan" edustamaan koko louhosta variogrammin antaman anisotropian mukaisesti huomioiden myös ympäristössä vaikutussäteeseen etäisyydellä olevat näytteet. Tällä ns. kriging-menetelmällä saadaan lasketuksi pitoisuudet ja tonnimäärät halutuille yksiköille kuten louhoksille. Geostatistiikan avulla voidaan tulostaa myös edellä mainituille virherajat numeerisessa muodossa. Virhettä kutsutaan arviovarianssiksi. Arviovarianssin ja krigingin käyttöönotto on erittäin tärkeimmistä geostatistiikan tuomista innovaatioista. Mm. ne yhdessä auttavat geologiaa vastaamaan kysymyksiin: "Missä on välttämättömin paikka lisäkairauksille?" tai "Miten suunnitellut lisäkairaukset vaikuttavat jo olevien pitoisuusarvioiden virherajoihin?"

Kansainvälinen kehitys on siirtymässä malmiarviotekniikassa yhä enemmän ja enemmän ATK-keskeiseksi, mikä mahdollistaa yhä monimuotoisemmat laskentamenetelmät, kuten (geostatistiset) malmiarviot, grade-control-kysymykset, louhosten optimoinnit ja kannattavuuslaskelmat. Perusedellytyksenä on kaikissa, että lähtömateriaali on saatettu ATK-rekisterimuotoon. Geostatistiikka sinänsä on vain yksi osa malmiarviotekniikkaa, ATK-pohjainen laskentamenetelmä, jota voidaan käyttää esim. louhosten optimoinnissa ja kannattavuuslaskelmissa tarvittavien yksiköiden malmimäärien ja pitoisuuksien määrittämiseen.

## KANNATTAVUUSLASKENTA

1970-luvun lamakausi osoitti kouriintuntuvasti, että kaivosten jo suunnitelluissakin osissa oli valmisteltuja louhosyksiköitä, jotka eivät täyttäneet taloudellisia vaatimuksia. Tämän tosiasian edessä oli tartuttava toden teolla kannattavuuden tarkasteluun kaivoksen sisällä eli määriteltävä todelliset ekonomiset louhinnan cut off -raja-arvot malmityyppi- ja louhoskohtaisesti. Tämä kävi päinsä vain siten, että kustannusten seuranta toteutettiin louhoskohtaisesti. Vastaavasti samoissa yksikkökokonaisuuksissa täytyi pystyä määrittelemään malmiesiintymän arvo (mk/malmitonni) huomioiden kaivos-, rikastus- ja metallurgiset kustannukset markkinahintakaavan mukaisesti.

### I Okkala (= Outokumpu-kaivos-laskenta)

Metallien hintojen ja kustannusten vaihteluista sekä näiden molempien muihin laskentaparametreihin vaikuttamisesta johtuen kannattavuuslaskut kävivät työläiksi. Tästä syystä Outokumpu Oy:ssä kehitettiin ja otettiin käyttöön teknis-taloudellinen tietokoneohjelma OKKALA (Outokumpu-kaivos-laskenta), joka laskee kaivoksen taloudellisia tunnuslukuja annettujen teknisten ja taloudellisten lähtötietojen pohjalta. Ohjelma on tehty pääte-käyttöiseksi ja keskustelevalaksi. Kaiken ohjelman tarvitseman parametritiedon antaa käyttäjä päätteeltä.

### Teknis-taloudelliset muuttujat

Projektin kannattavuuslaskennassa tarvittavat lähtötiedot:

- Perustiedot
  - geologiset tiedot, mm. malmimäärät ja pitoisuudet
  - projektin elinikä
  - korkokanta, verokanta, royalty (% tuotannon arvosta)
- Vuosittaiset tiedot
  - malmin (= rikastamon syöttö) ja raakun louhintamäärät
  - louhinta- ja rikastuskustannukset
  - rikasteiden määrät, saannit, pitoisuudet, rahat (mk/t), kosteudet, kuivatuslisät, jalostus- ja sulatuspalkkiot
  - metallien markkinahinnat
- Investointitiedot
  - vuosi, määrä, poisto (menoajämäpoisto-%/o, tasa-poisto mk, 1. kehitysalue, 2. kehitysalue)
  - jäännösarvo

Lähtötiedot voidaan tallettaa muistiin ja niitä voidaan myöhemmin muuttaa ja suorittaa uusia laskelmia ilman lähtötietojen uudelleensyöttöä.

### Tulostustiedot

- Vuosittaiset arvot
  - rikasteiden määrät ja arvot, koko tuotannon arvo
  - käyttökustannukset
  - poistot ja verot
  - käyttökate, kassavirta ja kumulatiivinen kassavirta ennen veroja ja verojen jälkeen

Projektin kokonaisarvot (ennen veroja ja verojen jälkeen)

- käyttökateen nykyarvo
- kassavirran nykyarvo
- sisäinen korko (= SSKO)
- takaisinmaksuaika

### Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysillä voidaan tutkia lähtötiedoissa tapahtuvien muutosten vaikutusta kannattavuuteen. Samanaikaisesti voidaan herkistää yhtä tai kahta muut-

tujaa. Herkistettävälle muuttujalle annetaan suoritettavien muutosten rajat ja askel prosentteina. Tuloksena saadaan ennen veroja ja/tai jälkeen verojen

- sisäinen korko (= SSKO)
- käyttöasteen nykyarvo
- kassavirran nykyarvo.

Tulokset saadaan havainnollisemmiksi esittämällä ne graafisesti.

Yleispiirteensä herkkyysanalyysin tuloksista voidaan todeta, että mikäli laskelmat perustuvat tyydyttävään geologiseen ja tekniseen tietoon, on tulos herkin yleensä metallien hintojen vaihteluille ja malmiarviotarkkuudelle. Tästä syystä malmiarvioiden pitäisi sisältää tarkkuusarviot. Taloudellisen riskin minimoimiseksi pyritäänkin malmin louhinta aloittamaan rikkaimmista kohdista. Selvästi vähämerkityksellisempiä ovat käyttö- ja investointikustannusten ja saantien vaikutus, kun vain kertaluokkavirheitä ei ole tehty.

### Louhintakapasiteetin vaikutus

Kapasiteetin oikea valinta on yksi tärkeimmistä tekijöistä, joka vaikuttaa kaivosprojektin taloudellisen tuloksen optimointiin. Jotta optimikapasiteetti voidaan määrätä, täytyy olla tiedossa koko projektin ajalta

- malmimäärät ja pitoisuudet
- cut off -rajan vaikutus edellisiin
- kustannukset
- kustannusten kapasiteettiherkkyys
- tuotannon arvo.

H.K. Taylor on tutkinut kapasiteetin valintaa useissa erilaisissa projekteissa, joissa malmivarat on tunnettu riittävän tarkasti, ja löytänyt malmivarojen ja kapasiteetin välille yhteyden

### Kapasiteetti

$$(10^6t/v) = 0,15 \times (\text{malmivarat } 10^6t)^{3/4}$$

josta edelleen voidaan laskea kaivoksen ikä

$$(v) = 6,5 \times \sqrt[4]{\text{malmivarat } (10^6t)}$$

Käytännön vaihtelurajoiksi on Taylor saanut  $\pm 20\%$ .

### Projektin kannattavuus, malmiarviot, investoinnit

Kun käyttökustannukset on selvitetty, niitä verrataan malmiarvion cut off -rajan arvoon. Mikäli kustannukset menevät yli, on cut off -pitoisuutta nostettava ja laskettava malmiarvio uudestaan. Kapasiteetti on tarkistettava myöskin, mikä puolestaan johtaa kustannusten tarkistamiseen.

Kun käyttökustannuksiin lisätään investointikustannukset, saadaan kokonaiskustannukset, joiden on peityttävä keskipitoisuutta vastaavalla malmin arvolla.

Koska pääomapula on kova, tuotto prosentille asetetaan korkeat tavoitteet. Kassavirtatarkastelulla saadaan selville projektiin sidottu kokonaispääoma. SSKO ja takaisinmaksuaika taas vuorostaan kuvaavat projektin kannattavuutta.

Kassavirtakysymykset ja rahoitusjärjestelyt pakottavat nykyään varsin usein aloittamaan tuotannon pienessä skaalassa jo ennenkuin malmia kunnolla tunnetaankaan.

Pääoman laskentakorko on yleensä välillä 10–15 %. SSKO-vaatimus on kaivosprojekteissa riskiasteesta riippuen 20–30 %.

### YHTEENVETO

Malmiesiintymän hyödyntämisen pitää olla tuottavaa ja kannattavaa taloudellista toimintaa. Kun puhutaan malmiesiintymän kannattavuudesta, tarkastellaan yleensä

koko tuotantoketjun kannattavuutta. Tuotantoketjuun mahtuu useita eri intressiryhmiä kuten geologit, kaivosmiehet, rikastajat, metallurgit, talousmiehet ja "yhteiskunta".

Uuden esiintymän ajo malmin löytymisestä lopulliseen tuotantoon edellyttää monia tieteellisiä, teknisiä ja taloudellisia selvityksiä em. ammattiryhmien välillä. Työ etenee asteittain haarukoiden lopulliseen vaihtoehtoon. Yleensä tämä haarukointi ja selvitysvaihe kestää 5—20 v. Vain harvoissa tapauksissa voidaan tuotanto käynnistää tätä lyhyemmässä ajassa. Korkea pitoisuus ja tunnettu jatkoprosessi luonnollisesti nopeuttavat selvitystyötä.

Alusta alkaen on syytä korostaa "step by step" -työkentelyä edettäessä malmin löytymisestä eteenpäin, jotta geologiseen jatkotutkimukseen ja tekniseen työhön käytettävät varat ja resurssit olisivat oikein suhteutetut lopullisen tuloksen kannalta. Jo varsin varhaisessa vaiheessa on pyrittävä näkemään ja selvittämään, onko jollakin esiintymällä mitään mahdollisuuksia tulla kannattavaksi. Jos tulos on täysin negatiivinen, muuttaa tämä heti jatkotutkimuksen sävyä. Riippuu suuresti projektin kypsyyssasteesta, kuinka laajoja teknisiä ja taloudellisia selvityksiä on jouduttu tekemään ja kannattaa suorittaa päätöksen tekoon tarvittavien parametrien saamiseksi.

#### KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Airas, K., (1981) Geologinen malmiarvioraportti ja sen laatiminen, Rautaruukki Oy.
2. Matikainen, R., (1978) Malmiesiintymien kannattavuuteen vaikuttavat tekijät. Luentorunko Geo RR-OK-78/Pohto.
3. Niskanen, P., (1977) Uusi kaivoksen tarpeisiin sovellettu lyhyen aikavälin suunnittelu ja valvontajärjestelmä. Vuoriteollisuuslehti n:o 1, 1977.
4. Peltola, E., Kupias, P. & Voutilainen, P., (1971) How a computer was used in evaluating the Vuonos nickel deposit in Finland. World Mining 24 (11), 58—61.

5. Rauhamaäki, E., (1980) Energiakustannusten vaikutus sulfidimalmivaroihin (esitelmä Vuorimiespäivillä 1980) Lyhennelmä Outokummun Sanomat n:o 3, 1980.
6. Rauhamaäki, E., Koivistoinen, P., Kerola, P. (1981) Malmiesiintymän kannattavuus. Outokumpu Oy:n informaatio GTL/Malmiosastolle 12.—13.1.1981.
7. Rauhamaäki, E., (1981), Kaivosmiehen käsikirja, Geologia, Malmiarviot, painossa.

#### SUMMARY ORE INVENTORIES — FEASIBILITY STUDIES

Demands on the accuracy of the ore inventories and the feasibility studies increased during the period of the economic depression in the 1970's when the cost level of production rose faster than the price level of metals. Because of that the operation in certain areas of even active mines didn't meet the economic requirements.

The inventories can be divided into the conventional and the ADP-based ones. One has to be able to make preliminary stoping and feasibility studies already on the grounds of the conventional ore inventories. That's why very great reliability and accuracy demands are made on them. The so called mining-technical inventory classification is presented separately with particular emphasis on the grouping according to the operational degree.

From the ADP-based inventory applications the ore inventory is presented and the use of geostatistics (kriging) is seen suitable while the ore reserves and the grade estimates for blocks and stopes are being calculated. ADP-based registers enable the application of various calculation methods on ore inventory, grade-control and stope optimizing. Taking along price and cost information, it is possible to calculate the feasibility and the real cut-off values up to the stope stage.

A computer programme OKKALA (Outokumpu-mine-calculation) has been developed in the Outokumpu Oy. The programme supplies the economical parameters for the decision making (among other things: operation margin, cash flow, internal rate of return, pay back period) on the grounds of given technical and economical figures. The programme includes the examinations of sensitivity analysis to various starting figures and it can be used by interactive remote communications terminal.

## EERO MÄKINEN -ANSIOMITALI

Vuosikokouksessaan v. 1954 Vuorimiesyhdistys r.y. päätti lyöttää mitalin kunnioittaakseen vuorineuvos Eero Mäkinen muistoa. Mitalihanke, josta on kerrottu Vuoriteollisuuslehdessä n:o 1, 1956, toteutettiin lyöttämällä hopeinen Eero Mäkinen -ansiomitali ja pronssinen muistomitali. Molempiin mitaleihin tarvittava metalli saatiin Outokummun kaivoksesta, jonka hyväksi vuorineuvos Mäkinen suoritti elämäntyönsä.

Eero Mäkinen (1886—1953) oli Suomen vuoriteollisuuden uranuurtaja ja toimi Outokumpu Oy:n toimitusjohtajana vuosina 1921—1953. Hän oli koulutukseltaan sekä geologi että vuori-insinööri. Hänen väitöskirjansa aihe oli geologinen. Vuorineuvoksen arvon Eero Mäkinen sai v. 1936. Hän oli kansanedustaja vuosina 1945—1951 ja toimi v. 1953 kulkulaitosten ja yleisten töiden ministerinä. Eero Mäkinen oli Vuorimiesyhdistyksen perustajajäsen ja sen ensimmäinen puheenjohtaja vuodesta 1943 kuolemaansa saakka. Vuorineuvos Eero Mäkinen elämänvaiheita on prof. Pentti Eskola kuvannut Vuoriteollisuuslehdessä n:o 2, 1953.

Vuorimiesyhdistyksen hallitus on kokouksessaan 1.10.1981 käsitellyt Eero Mäkinen -ansiomitalin jakoperusteita ja täsmentänyt mitalia koskevat säännöt seuraavaan muotoon:

#### "Eero Mäkinen -ansiomitali

Säilyttääkseen pysyvällä ja näkyvällä tavalla Suomen vuoriteollisuuden kehittäjän Eero Mäkinen muiston on Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y. vuonna 1955 perustanut hänen nimeänsä kantavan hopeisen ansiomitalin. Mitali voidaan antaa yhdistyksen jäsenelle tai yhdistykseen kuulumattomalle henkilölle

— suurista ansioista yhdistyksen toiminnassa tai sen tarkoituksien tukemisessa

— ansiokkaasta toiminnasta vuoriteollisuudessa ja siihen liittyvän tutkimuksen alalla.

Mitalin ja sitä seuraavan kunniakirjan jaosta päättää yhdistyksen hallitus. Sitä jaetaan — paitsi virallisina juhluvuosina — korkeintaan yksi vuodessa. Kuhunkin mitaliin kaiverretaan saajan nimi, mitalin numero, luovutuspäivämäärä sekä Vuorimiesyhdistyksen nimi ja se luovutetaan saajalle yleensä vain yhdistyksen vuosikokouksessa.

Ansioimitalit kannetaan

VMY:n vuosikokouksessa ja juhlatilaisuuksissa sekä muissa tilaisuuksissa, joissa kannetaan ansiomerkkejä."

Matti Ketola

# Jäädyttäminen kaivosteollisuudessa

Dipl.ins. Pentti Kerola, Outokumpu Oy Kaivosteknillinen ryhmä,

Dipl.ins. Klaus Tervilä, dipl.ins. Teuvo Eronen, Lemminkäinen Oy.

## JOHDANTO

Viime vuonna julkaistiin artikkeli maan jäädyttämisestä /1/ erityisesti Kluuvin ruhjeen onnistuneen läpäisyn innostamana.

Vaikka menetelmää on kaivoskuilujen aloituksessa käytetty jo vuosikymmeniä, ei Suomen kaivoksissa ole kivilajien lujuuden vuoksi ilmennyt suurempaa tarvetta menetelmän käyttöön. Suurin este on ollut kustannuksissa, mutta tekniikan kehittyminen on tässäkin tulossa avuksi.

## YLEISTÄ

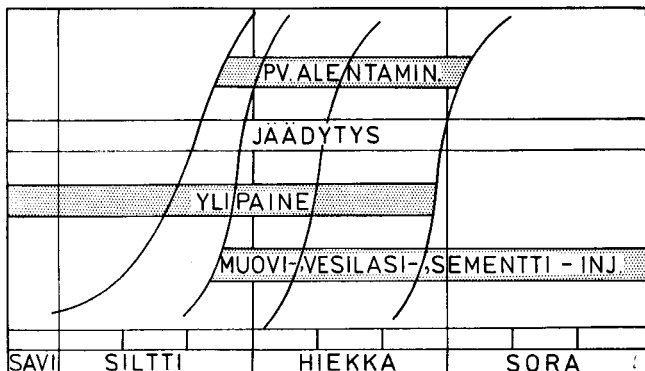
Jäädytysmenetelmää on käytetty 1800-luvulta lähtien syvien kaivoskuilujen rakentamiseen vesipitoisten ja löyhien maa- ja kalliokerrosten läpi. Sadoista jäädyttämällä tehdyistä kuiluista syvin ulottuu jopa 620 m maanpinnan alapuolelle. Ruotsissa on 70-luvulla tutkittu myös täyttölouhintaa jään avulla /2/.

Nykyään jäädytysmenetelmää on alettu käyttää yhä enemmän myös avokaivantojen seinämien tukemiseen ja tiivistämiseen sekä tunnelin rakennuksessa pahojen ruhjevyöhykkeiden läpäisemiseen.

Perustan jäädytysmenetelmän laajemmalle käytölle ovat luoneet jäätyneen maaholvin lujuuteen ja muodostumiseen kohdistunut tutkimustoiminta ja nykyaikaiset jäädytyslaitteistot.

Jäädytysmenetelmä tarjoaa seuraavia etuja:

- jäätyneen maan lujuudesta johtuen muut tilapäiset tukirakenteet ovat tarpeettomia
- jäätyneet maakerros on vettä läpäisemätön ja liittyy saumattomasti kiinteään kallioon, joten kaivannot pysyvät kuivina ja pohjaveden pinnan aleneminen vältetään
- jäädytystä voidaan käyttää millaisessa maaperässä tahansa (kuva 1)



Kuva 1. Jäädytysmenetelmän käyttöalue.

Fig. 1. Soil types in which freezing method can be used.

- jäädytyksellä ei ole haitallisia vaikutuksia maaperään tai pohjaveteen
- laitteisto ei aiheuta melua eikä tärinää
- jäätyneitä maata voidaan käyttää muottina, jota vasten lopullinen betonirakenne ruiskutetaan tai valetaan.

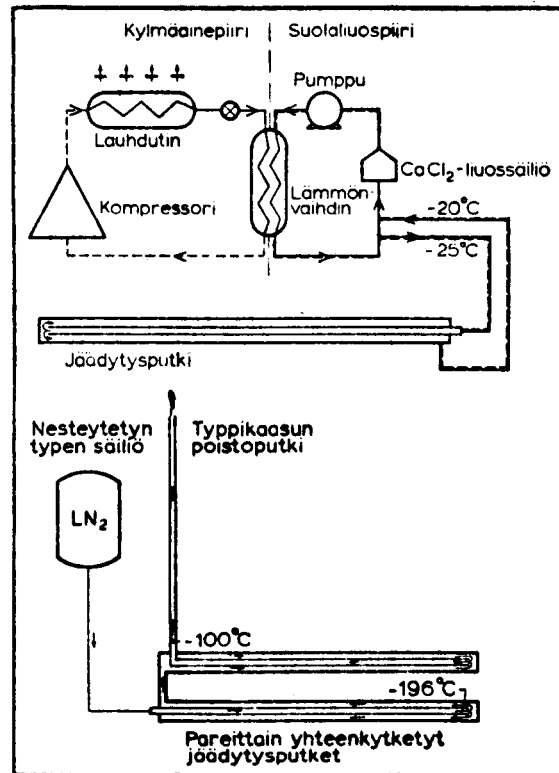
## JÄÄDYTYSMENETELMÄT

Maaperän jäädytys suoritetaan pääasiassa seuraavin menetelmin:

- suolaliuosjääditys
- suora freon-jäädytys
- tyyppijäädytys

Menetelmille ovat yhteistä kahdesta sisäkkäisestä putkesta muodostuvat jäädytysputket.

Pienempää sisäputkea pitkin tullut jäädytysaine pääsee putken loppupäässä purkautumaan isompaan ulkoputkeen. Jäädytysaine palaa ulkoputkea pitkin kokoojaputkistoon



Kuva 2. Jäädytysmenetelmän virtauskaavio.

Fig. 2. Flowsheet used in freezing method.

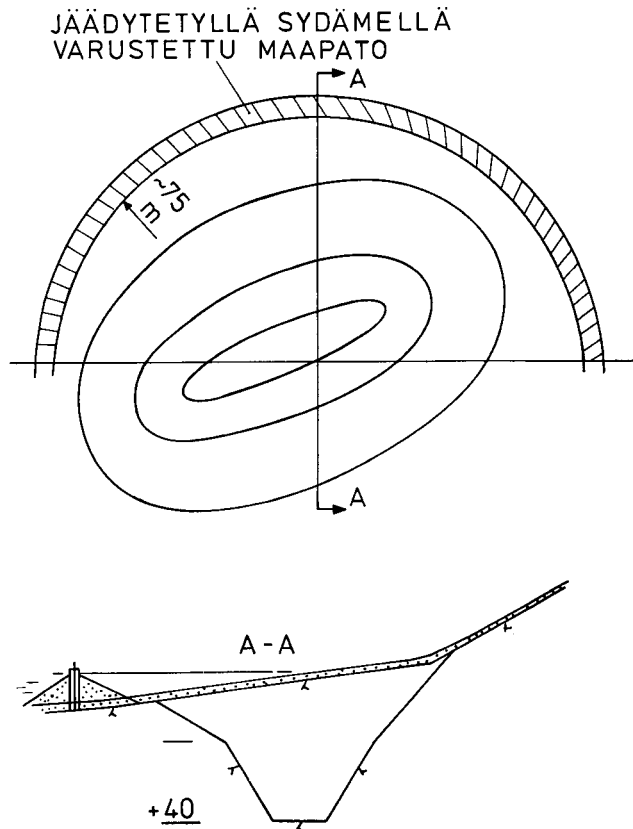
ottaen lämpöä ympäröivästä maaperästä putken seinämien välityksellä. Täten jäädytysputkien ympärille muodostuvat jäätyneet maasyliinterit, jotka jäätyksen edistyessä kasvavat yhteen muodostaen lujan, yhtenäisen ja täysin vesitiiviin routaseinämän (kuva 2).

Suolaliuosjäädylaitteisto muodostuu normaalista kylmäkoneistosta, joka jäädyttää erillisessä maanjäädylämpöpiirissä kiertävän  $\text{CaCl}_2$ -liuoksen  $-20 \dots -30^\circ\text{C}$  lämpötilaan.

Suora freonjäädylaitteisto vastaa suolaliuosjäädylaitteiston kylmäainepiiriä, joka suolaliuoksen sijasta jäädyttää suoraan maaperää höyrystämällä nestemäistä freonia ( $\text{R}_{22}$ ) maassa olevissa jäädytysputkissa. Menetelmä soveltuu kohteisiin, joissa voidaan käyttää vaakasuuria jäädytysputkia.

Tyypijäädylaitteistoa käytettäessä ei tarvita erillistä kylmäkoneistoa. Nesteytetty typpi tuodaan säiliöautoilla työmaan varastosäiliöön. Säiliöstä typpi päästetään venttiilien kautta purkautumaan jäädytysputkiin. Syöttöputkista ulommaiseen jäädytysputkeen purkautuva  $-196^\circ\text{C}$  nestemäinen typpi  $\text{LN}_2$  alkaa kiehua, ottaen höyrystymiseen tarvitsemansa lämmön ympäröivästä maaperästä.

Tyypijäädylaitteiston etuna on matalasta lämpötilasta johtuva lyhyt jäädytysaika, joka on vain muutamia vuorokausia. Suolaliuosjäädylaitteistoa käytettäessä jäädytysaika on useita viikkoja. Tyypijäädylaitteiston pahimpana varjopuolena ovat nestemäisen tyypin korkea hinta sekä putkiston säätövaikeudet.



Kuva 3. Jäädytetyllä sydämellä varustettu maapato.

Fig. 3. Earth dam with frozen core.

## VESISTÖN ALLA OLEVA MALMIESIINTYMÄ

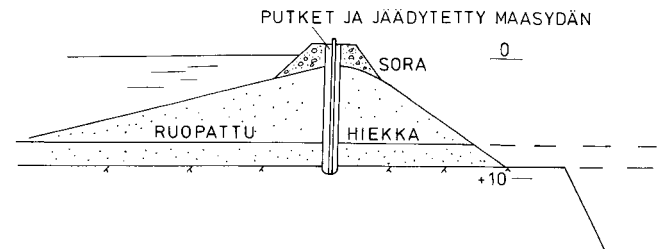
Malmiesiintymän sijaitessa vesistön alla voidaan louhinta suorittaa kuivatyönä rakentamalla moreenilla tiivistetty louhospato. Patoon rakentaminen ja mahdollinen purkaminen tällä perinteisellä menetelmällä aiheuttavat veden samentumista, jonka lisäksi louhe- tai maapatoon alusta on vaikeasti tiivistettävissä.

Jäädytyksellä saavutettavat edut:

- patomateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi paikalta saatavaa pohjahiekkaa, jolloin veden samentuminen vältetään
- jäädyttämällä saadaan aikaan yhtenäinen ja täysin vesitiivis tiivistyssydän, joka voidaan ulottaa vesitiiviiseen kallioon asti, jolloin padon alle ei jää vuotavaa hiekkakerrosta tai rikkiäistä kalliota (kuva 3).

Oheisessa esimerkissä on esitetty noin 120 m pitkän, puolittain järven alapuolelle ulottuvan ja 40 m syvän avolouhoksen avaaminen jääseinämän suojassa. Koska jäädytettävä pato voidaan rakentaa lähelle kaivettavaa aluetta, pienenevät patoon tarvittavat maamassat huomattavasti moreenipatoon nähden.

Jäädytyspato muodostetaan joko ruoppaamalla pohjahiekkaa tulevalta louhosalueelta kaarevaksi, lähes vedenpintaan ulottuvaksi valliksi tai rakentamalla esim. aaltopellistä kevytrakenteinen kehikko, johon ruoppausmassat läjitetään (kuvat 4, 5, 6).

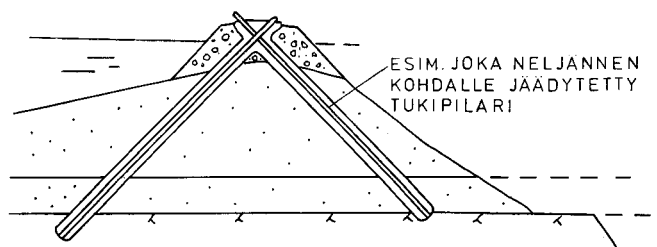


Kuva 4. Ruoppaamalla tehty pato.

Fig. 4. Earth dam made by dredging.

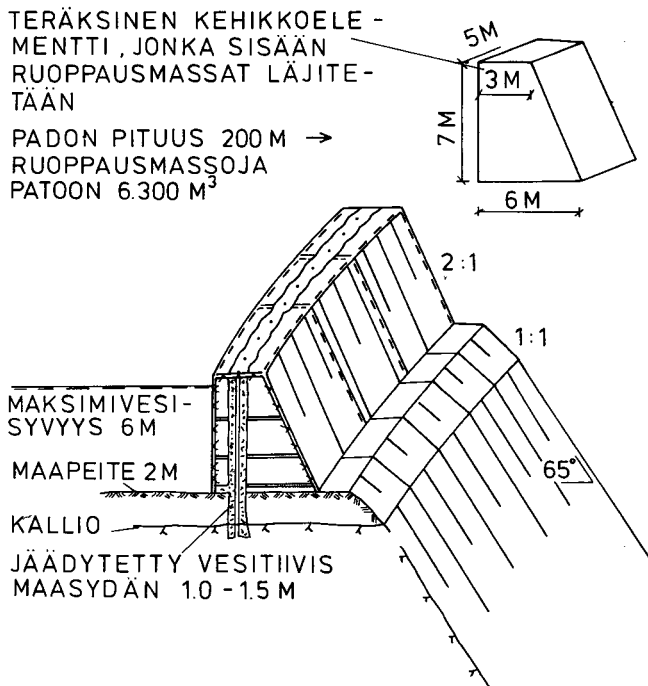
Jäädytysreikien poraus suoritetaan joko hiekkavallille penngerretyltä sorapatjalta, kehikon päältä tai lautalta. Reikiä porataan noin metrin välein, jolloin kuukauden kestäväällä jäädytyksellä saadaan syntymään yhtenäinen jäätyneestä maasta muodostuva tiivistyssydän.

Jäädytys kytketään pois päältä vasta sitten, kun padon



Kuva 5. Tukipilarin rakenne.

Fig. 5. Structure of a support pillar.



Kuva 6. Elementeistä tehty maapato.

Fig. 6. Earth dam made in elements.

suojassa suoritettava louhintatyö on tullut tehdyksi ja kaivanto on täytetty vedellä. Vedenpintojen ollessa samalla tasolla voidaan jäädytysputket turvallisesti poistaa.

Jäädytyskustannukset ovat esimerkkitapauksessa (kuva 3) noin 1,5 milj. mk. Jäädytysreikien poraukseen, laitteistoasennuksiin ja tiivistysydämen jäädytykseen kuluva aika on noin kolme kuukautta.

Esimerkkimalmio on oletettu louhittavaksi yhden talvikauden aikana.

## MUTASUON AVAAMINEN

Malmin sijaitessa mutasuon alla voidaan louhoksen avaamisessa käytetty moreenipato pienten malmioiden yhteydessä korvata jäädytetyllä turve- ja liejuseinämällä. Jäätynyt turve tai lieju ei muodosta yhtä lujaa seinämää kuin jäädytetty hiekka tai moreeni, joten lisätuenta saattaa olla tarpeen. Jäaseinämän etuna on ehdoton vesitiivisyys sekä se, että suo palautuu seinämän osalta luonnomukaiseen tilaansa jäädytyksen jälkeen.

Avokaivanto voidaan tukea joko suoralla, massiivirakenteisella tai kaarevalla jääseinämällä. Massiivinen jääseinämä mitoitetaan sekä kaatumista että liukumista vastaan. Massiivinen seinämä voidaan jäädyttää vastaamaan malmion muotoa. Varjopuolena on paksusta rakenteesta johdettu suuri jäädytettävä massamäärä.

Käytettäessä kaarevaa seinämää voidaan jäätyneen maan puristuslujuus käyttää hyväksi, jolloin kaivannon tukeminen voidaan suorittaa massiivista seinämää ohuemmalla jääseinämällä. Ympyränmuotoinen jääseinä-

mä on rakenteellisesti edullisin. Useimmiten kaivanto on kuitenkin muodoltaan pitkulainen, jolloin on edullisempaa jäädyttää ellipsin muotoinen jääseinämä. Jotta ellipsinmuotoinen jääseinämä toimisi puristettuna rakenteena, saa ellipsin pitempi akseli olla korkeintaan kaksinkertainen lyhyeen akseliin nähden.

## KUSTANNUKSET

Jäädytystyön kustannukset muodostuvat pääasiassa seuraavista kohteista:

- jäädytysputkireikien poraus
- putkisto- ja laitteistoasennukset
- laitteistovuokrat
- kylmäaine ja energia

Poraus-kustannukset vaihtelevat suuresti riippuen vaadittavasta putkikoosta, porauspituudesta sekä siitä, onko kysymyksessä vaaka- vai pystyporaus. Hankalat porausolosuhteet sekä mahdollinen tiivisteiden käyttö pohjavesivuotojen estämiseksi voivat kohottaa porauskustannukset huomattavastikin normaalia korkeammiksi.

Laitteistovuokrat riippuvat laitteiston käyttöajasta, joka muodostuu koekäytöstä, jäädytysajasta sekä jäädytyksen ylläpitoajasta.

Typpijäädytyksen laitteistovuokrat jäävät vaatimattomiksi muodostuen lähinnä typpisäiliön vuokrasta. Typpijäädytyksen suurimman menoerän muodostaa nestemäinen typpi. Jokainen kahden viikon pituinen jäädytyksen ylläpitojakso vaatii perusjäädystä vastaavan typpiannoksen. Täten menetelmän kustannukset kasvavat huomattavasti rakennusajan pidentyessä. Typpijäädytyksen taloudelliseksi käyttöalueeksi jäävät työt, joissa jäädyttäminen on suoritettava mahdollisimman nopeasti sekä pienet muutaman sadan kuutiometrin jäädytystyöt, joissa kompressorijäädytys ei ole hinnaltaan kilpailukykyinen.

Suolaliuosjäädätyksen kustannukset ovat olleet suorite-  
tuissa jäädytystöissä 300—1000 mk/m<sup>3</sup> luokkaa, typpijäädytyksen 900—1500 mk/m<sup>3</sup> luokkaa.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. K. Tervilä, T. Eronen: Maanjäädytys — kilpailukykyinen pohjarakennusmenetelmä. Maansiirto n:o 6/1980, s. 48—63.
2. M. Mudjadi: "True hydraulic backfilling". Granges International Mining. Pat. hak. 770. 121 93.

## SUMMARY FREEZING IN MINING INDUSTRY

Different soil freezing methods, their advantages and drawbacks are presented. Their possible uses in mine development under lakes or sloughs are described and coarse cost estimates are given.



# Suuntaukset teräslaatuojen kehitystyössä

Tekn.tri Krister Relander, Rautaruukki Oy \*)

Esitelmä Vuorimiespäivillä 27. 3. 1981

Länsimaista terästeollisuutta viime vuosina koetelleista kriiseistä huolimatta teräs on ja tulee edelleenkin olemaan tärkeimpiä teollisuustuotteita.

Teräs on ylivoimaisesti eniten käytetty raaka-aine metalliteollisuudessa. Samalla se on laajentamassa osuuttaan rakennusteollisuudessa mm. betonin ja puun kustannuksella. Lähinnä vain sellaisissa käyttökohteissa, kuten kuljetusvälineissä, joissa keveydellä on merkitystä, alumiini ja muovi ovat jossakin määrin korvanneet terästä. Tämä korvautumisprosessi on jo päättymässä ja taloudelliset käyttöalat eri materiaaleille ovat vakiintumassa. Teräksen valta-asemaa eivät muut materiaalit käytännössä pysty horjuttamaan pitkälläkään tähtäyksellä.

Teräksen tuotanto koko maailmassa on tasolla 700 miljoonaa tonnia. Kulutuksen kasvun odotetaan jatkuvan 80-luvulla keskimäärin 2 % vuodessa. Teräksen tuotanto ja kulutus kasvavat nopeimmin teollistuvissa kehitysmaissa. Perinteisissä teräksen tuottajamaissa tuotannon määrällinen kasvu on pysähtynyt. Näissä maissa kehitystyö tähtää kilpailukyvyyn säilyttämiseen. Tuotantotekniikka parannetaan edelleen, samalla kuin suuntaus jalostusteen nostamiseen, uuden teknologian kehittämiseen ja teknisen osaamisen hyödyntämiseen vahvistuu.

Teräksen valmistuksen taloudellisuus ei yksin ratkaise selviämistä kansainvälisessä kilpailussa. Vähintään yhtä tärkeätä on, että tuotteiden laatutaso on korkea ja että tuotteet täyttävät hyvin käyttäjien muuttuvat ja kasvavat laatuvaatimukset. Tämä luo hyvää pohjaa myös terästä käyttävän teollisuuden kehittymiselle kotimaassa ja varmistaa terästeollisuudelle tärkeitä kotimaan markkinoita. Uusia vaatimuksia terästen kehitystyölle asettavat ennen kaikkea energian huolto: atomivoimalat, kaasuputket, lämmöntalteenotto ja laajamittainen merien hyödyntäminen.

Pyrin tässä valoittamaan sitä, miten terästeollisuudessa tehty kehitystyö on osaltaan vastannut haasteisiin. Käsitellen aihepiiriä yleisesti, ottaen mukaan myös teräslajit, joita Suomessa ei valmisteta. Painopiste on kuitenkin kotimaassa tehdyissä teräslajeissa.

Meillä Suomessa tässä työssä on hyvät lähtökohdat siinä suhteessa, että voimavaroja ei tarvitse tuhjata keskinäiseen kilpailuun, vaan voimme tehdä yhteistyötä. Työnjako on karkeasti se, että Rautaruukki tekee seostamattomia ja niukkaseosteisia levytuotteita ja putkia, Ovako tekee tanko- ja lankatuotteita, kun taas Outokumpu tekee ruostumattomia teräksiä.

\*) Nyk. ESAB Oy Helsinki

**Taulukko 1.** Suomen terästeollisuuden tuotanto vuonna 1980. Raakaterästuotanto yhteensä 2,5 milj. tonnia.

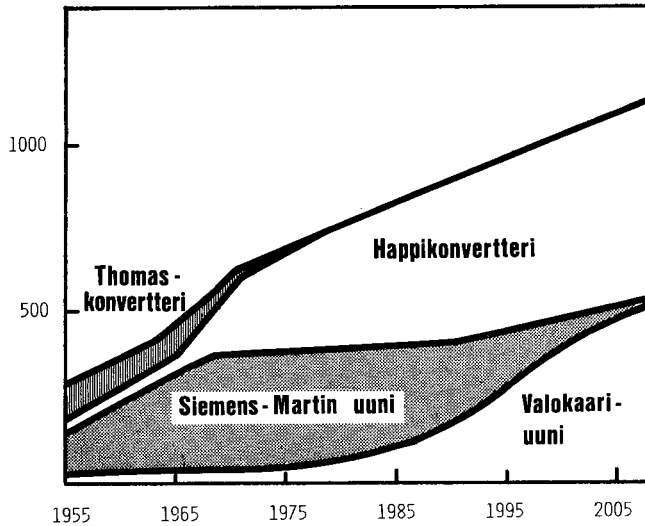
**Table 1.** Output by the Finnish steel industry in 1980. Crude steel production in total 2.5 million tonnes.

<b>Outokumpu Oy</b>	
Ruostumaton teräs	
Levy ja nauha	80 000 t
<b>Ovako Oy</b>	
Niukkaseosteinen kauppa- ja erikoisteräs	
Teelmät	140 000 t
Tangot	37 000 t
Langat	130 000 t
<b>Rautaruukki Oy</b>	
Seostamaton ja niukkaseosteinen teräs	
Kuumavalssattu levy ja nauha	780 000 t
Kylmävalssattu levy ja nauha	430 000 t
Hitsatut putket	130 000 t

## TUOTANTOTEKNIIKAN KEHITYS JA TUOTETRENDIT

Terästeollisuudessa prosessimuutokset tapahtuvat verrattain hitaasti. Syynä tähän on toisaalta tälle alalle ominainen raskasrakenteisuus, so. suuri laitoskoko, suuret sidotut pääomat, ja toisaalta se, että teräs on kauan tunnettu materiaali ja on jo saavuttanut kypsän kehitystason. Näennäisestä hitaudesta huolimatta on alalla toisen maailmansodan jälkeisenä aikana tapahtunut suuri muutos. Happipuhallusmenetelmät ovat syrjäyttäneet aikaisemmat menetelmät malmipohjaisessa teräksen valmistuksessa. Happikonvertterit ovat myös perusyksikkönä 10—20 viimeisen vuoden aikana syntyneillä suurtuotantolaitoksilla. Romupohjaisessa tuotannossa sähköuuni on lisännyt osuuttaan ja syrjäyttää vähitellen Siemens-Martin uunin. Jatkuvavalumenetelmä on saanut lopullisen läpimurron. Vuosikymmenen lopulla todennäköisesti noin 2/3 teräksestä valmistetaan happikonverttereissa, noin 1/3 sähköuunissa ja valtaosa teräksestä jatkuvaletaan. Tämän valmistustekniikan perusrakenteen odotetaan säilyvän ainakin pitkälle 90-luvulle.

10<sup>6</sup> TONNIA



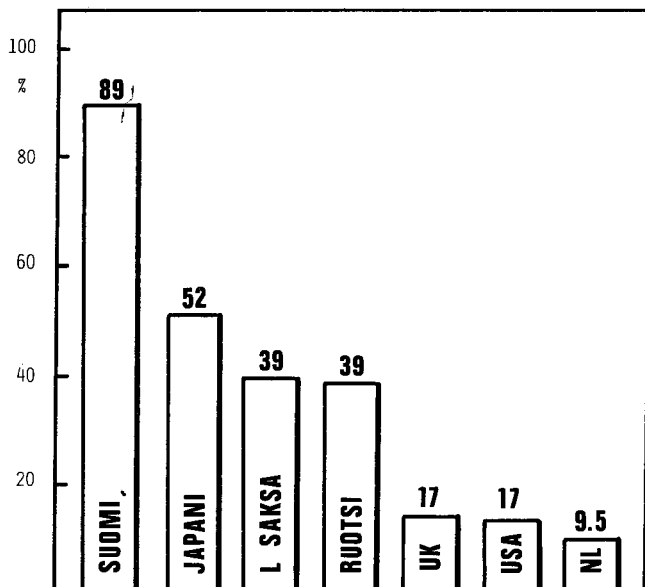
**Kuva 1.** Eri valmistusmenetelmien osuudet maailman terästuotannossa.

**Fig. 1.** World steel production by process.

**Kuva 2** = kansikuva

**Fig. 2** = cover

Teknologian muutokset ovat heijastuneet monella tavalla myös teräslaatuihin. Suomessa, jossa jatkuvavaletun teräksen osuus on pitkään ollut maailman korkein, tiedämme hyvin, että kytkenäjä laatuksymyksiin on paljon uutta teknologiaa käyttöön otettaessa. Esimerkkinä on mm. ohutlevyn käyttötottumuksissa jatkuvavaletun teräksen yleistyessä tapahtuva suuri muutos. Tähän asti hallitseva laatu, tiivistämätön vanheneva teräs on korvautumassa alumiiniitiivistetyllä teräksellä etuineen ja haittoineen.



**Kuva 3.** Jatkuvavaletun teräksen osuus raakaterästuotannosta eräissä maissa. IISI World Steel in Figures 1980.

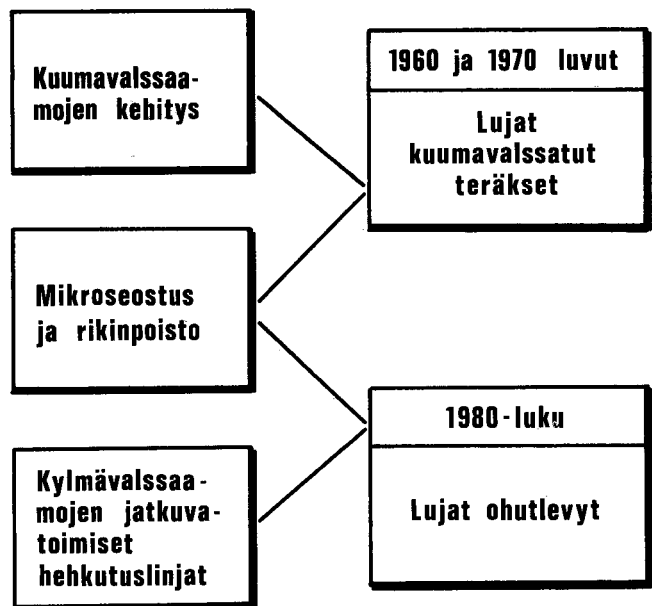
**Fig. 3.** The percentage of continuously cast steel of the crude steel output in selected countries. IISI, World Steel in Figures 1980.

Perusteknologian asettamissa puitteissa on luonnollisesti tapahtunut monenlaista kehitystyötä. Ennenkaikkeaa teräsuunin ulkopuolella tapahtuvat senkkäkäsittelyt ovat nopeasti yleistyneet. Näin on alennettu teräksen valmistuskustannuksia tai poistettu perusprosessin rajoituksia erikoisterästen valmistuksessa. Esimerkiksi AOD-konvertterilla on ollut koko ruostumattoman teräksen valmistukselle perustuvaa laatua oleva taloudellinen merkitys. Tämän lisäksi AOD-konvertteri on mahdollistanut uusien ferriittisten ruostumattomien terästen kehittämisen.

Injektio menetelmä rikinpoistolle, joka on käytössä Imatralla, Koverharissa ja Raahessa parantaa taloudellisia edellytyksiä valmistaa vähärikkisiä teräksiä ja mahdollistaa rikkipitoisuuden alentamisen tasolle, joka oli ennen saavuttamattomissa. Menetelmä on ollut kynnyksiasiana uusien kylmäsitkeiden ja lujien muovattavien teräslaatuojen valmistukselle happipuhallusteräksistä.

Vakuumikäsittely on jo pitkään tunnettu senkkäkäsittelymenetelmä. Menetelmä on kuitenkin kallis ja sen käyttö rajoittuu sellaisiin tehtäviin, missä muu menetelmä ei sitä voi korvata, kuten esim. vetypitoisuuden alentaminen eräissä erikoisteräksissä ja hiilivapaiden terästen tai erikoispuhtaiden terästen valmistus.

Kuumavalssaamoilla valssaimen tehon kasvu ja ohjauksen voimakas kehittyminen ovat mahdollistaneet ns. kontrolloidun valssauksen ja termomekaanisen käsittelyn ja samalla lujien levy-, kuumanauha-, tanko- ja lankalaatuojen valmistuksen ilman erillistä lämpökäsittelyä. Taloudelliseen suurtuotantoon soveltuvan valmistustavan löytäminen on laajentanut "massateräs"-käsittelyä ja edistänyt siirtymistä lujempiin laatuoihin. Tekniikkaa on kehitetty myös pehmeiden lankojen valmistamiseksi ilman erillistä lämpökäsittelyä.



**Kuva 4.** Valssaustekniikan kehitys ja mikroseostus ovat mahdollistaneet valssaustuotteiden valmistuksen ilman lämpökäsittelyä ja samalla näiden terästen valmistuksen suurtuotantolaitoksilla. Lujien ohutlevyjen odotetaan yleistyvän 1980-luvulla.

**Fig. 4.** Thanks to the development of rolling mill technology and microalloying high tensile steels can today be produced in large scale.

Levyn kylmävalssaamoilla on hiljattain otettu käyttöön ensimmäiset jatkuvatoimiset hehkutusuunit, jotka mahdollistavat lujan ja samalla kuitenkin hyvin muovattavan kylmävalssatun levyn valmistuksen suurtuotantona. Linjan korkeat investointikustannukset ja suuri kapasiteetti viivytävät tuotannon aloittamista laitoksilla, jotka palvelevat suppeita markkinoita. Ruotsiin on tällainen linja rakennettu.

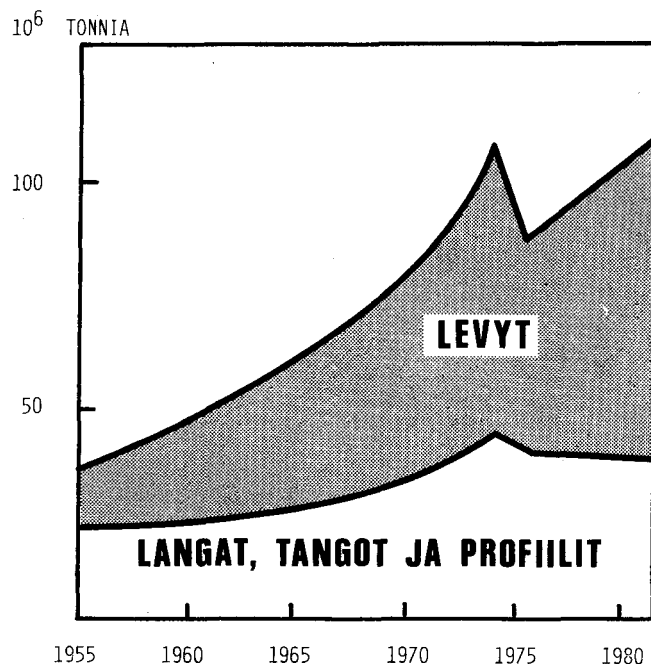
Tekniikan yleinen kehitys on johtanut siirtymiseen entistä suurempiin toimitusyksiköihin, tämä koskee lähes kaikkia tuoteryhmiä, kuten levyt, kelat, kiepit ja myös jatkojalostustuotteet kuten putket, palkit ja kiskot. Tämäkin on antanut haasteita myös laatuja kehitystyölle.

### YLEISET SUUNTAUKSET LAATUJEN KEHITYKSESSÄ

Edellä kuvattu teknologia antaa lähtökohdat laatuja kehitykselle. Yleisiä suuntauksia tässä voidaan luonnehtia seuraavasti:

Levytuotteiden osuus terästuotannossa kasvaa jatkuvasti ja on tällä hetkellä teollisuusmaissa 60–70 %. Enenevä osa tuotannosta tulee markkinoille valmiiksi pinnoitettuna tai puolivalmisteksi jalostettuna. Teräsrühmistä eräät erikoisteräksset ja ruostumattomat teräksset kasvattavat nopeimmin osuuttaan.

Varsinaisessa terästen kehitystyössä on kaksi selvästi vastakkaista suuntausta. Toisaalta kehitetään uusia ominaisuuksiltaan entistä parempia lajeja vastaamaan käyttäjien osittain hyvinkin erikoistuneita vaatimuksia. Toisaalta pyritään valmistamaan nykyisiä lajeja halvemmalla, tarvittaessa tinkimällä hieman ominaisuuksistakin, esimerkiksi seostuskustannuksia pienentämällä. Tämä kaksijakoisuus on havainnollistettu kuvassa. Laatukehitystä ohjaavana tekijänä tältä kannalta on, mitä käyttäjän kannattaa laadusta maksaa ottaen huomioon tuotteen valmistuksen ja lopulliselle tuotteelle asetetut vaatimukset.



Kuva 5. Valssaustuotteet EEC-maissa.

Fig. 5. Rolled products in the EEC countries.

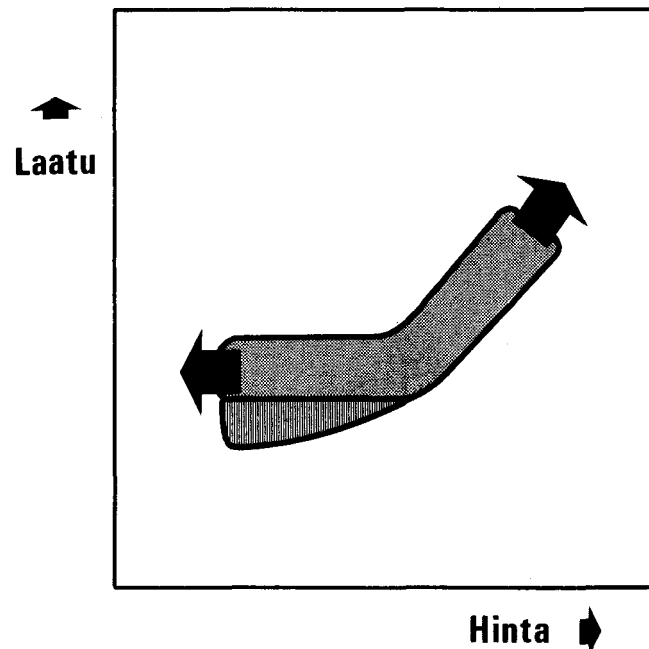
Terästen ominaisuuksista lujuuksia tultaneen lähivuosina tuskin paljoakaan nostamaan. Poikkeuksen muodostavat teräksset autoteollisuudelle, samoin kuin putkiteräksset, joiden lujuusvaatimuksissa katto on vielä saavuttamatta. Yhä tärkeämpiä ovat ominaisuudet, jotka varmistavat rakenteiden turvallisuutta ja pidentävät niiden elinikää. Näitä ominaisuuksia ovat ennenkaikkea sitkeys, väsymiskestävyys, korroosionkestävyys ja kuumalujuus.

Yleinen suuntaus on myös nykyistä puhtaampiin teräksiin ja tasaisempaan tuotteiden laatuun. Taustalla tässä on teräksen käyttäjien soveltamien valmistusmenetelmien materiaaleille asettamat kiristyvät vaatimukset. Nopeasti kehittyvä valmistusprosessien ohjaus antaa tälle hyvät edellytykset.

Terästen käyttöominaisuuksia, kuten hitsattavuutta, muovattavuutta ja lastuttavuutta pyritään parantamaan niin, että tuotteet soveltuisivat mahdollisimman hyvin jatkojalostuksen eri työvaiheisiin. Levytuotteista kyseenallisen hitsattavuus ja muovattavuus ovat tärkeitä, ei yksin käyttäjän välittömien työkustannusten kannalta vaan myös siksi, että usein nämä ominaisuudet asettavat esteen lujempiin teräslajeihin siirtymiselle siinäkin tapauksessa, että tämä muuten olisi edullista.

### RAKENNETERÄKSET — KARKEALEVYT

Laivanrakennusterästen jo markkinoilla olevat lujuusluokat tyydyttävät yleensä tarpeen. Levyn hitsattavuus on käyttäjän kannalta tärkeä kustannustekijä. Sen parantamiseksi työskennellään jatkuvasti. Yleistyvä suurenergiahitsaus rajoittuu toistaiseksi tavanomaisiin pehmeisiin laivanrakennusteräksiin, mutta markkinoille on tulossa myös tähän soveltuvia erikoislajeja laivalevyjä. Rautaruukki ja Ovako sekä eräät neuvostoliittolaiset instituutit ovat yhdessä aloittaneet tutkimusprojektin koskien väestävien teräslajien suurenergiahitsausta.

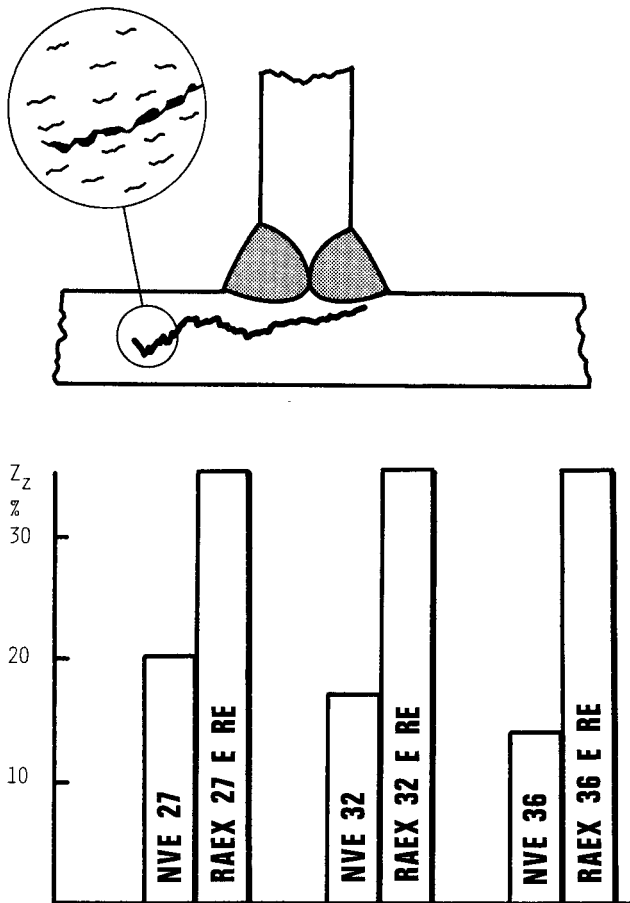


Kuva 6. Teräslajin kehitykseen vaikuttavat tekijät, mukailtu esityksestä Nippon Steel News 1979:10.

Fig. 6. Changes in markets needs: tendency to a high quality and to a low price. In accordance with Nippon Steel News 1979:10.

Erikoisalukset, Suomessa erityisesti jäänmurtajat, ovat myös antaneet uusia haasteita terästeollisuudelle. Laajan kotimaisen yhteistyön tuloksena on kehitetty jäänmurtaajien laidotukseen jo menestyksellisesti yli 10 vuotta käytettyjä erikoisteräksiä, joissa ei hitsisaumassa esiinny haitallisia korroosioilmiöitä. Teräksiä pyritään edelleen parantamaan hitsattavuuden ja lujuuden suhteen kasvavien vaatimusten mukaisesti. Nesteytettyjen kaasujen kuljetuksessa tarvittavien kylmänsitkeiden säiliö- ja laivanrakennusterästen hyväksi tehdään runsaasti tutkimustyötä. Tavoitteena on lisätä näiden hyvin vaativien terästen valmistuksen taloudellisuutta teknologisin keinoin ja seosainesäästöin.

Valtamerialueiden hyödyntäminen on teknisesti vaikeimpia uusia käyttöalueita rakenneteräksille, kun otetaan huomioon vaadittu käyttövarmuus, rakenteiden jäveys ja vaikeudet kunnossapidossa. Porauslauttoja varten on kehitetty erikoisteräksiä, joilla on hyvät ominaisuudet levyn paksuussuunnassa. Täten estetään pintatason suuntainen lamellirepeily rakenteiden solmukohtissa. Valmistustekniikan kehittäminen on hyödyttänyt laajasti terästen kehitystyötä yleensä.



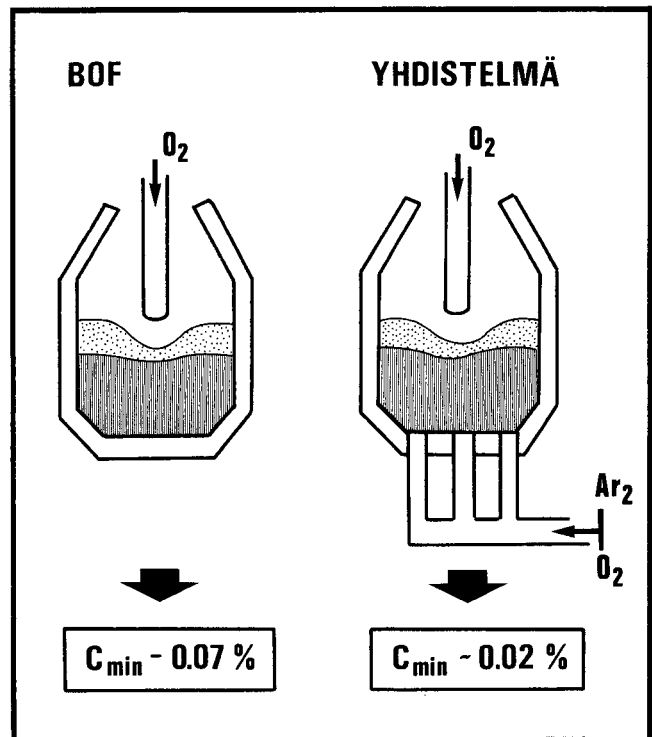
**Kuva 7.** Vähärikkisissä teräslajeissa, joita mm. Rautaruukin RAEX RE -teräkset edustavat, murtokurouma levyn paksuussuunnassa mitattuna on yli 30 %. Näitä teräksiä käytettäessä vältetään kuvan esittämä lamellirepeily.

**Fig. 7.** The reduction in area of the tensile test specimen in the through thickness direction of plate is improved by the calcium treatment of steel. Consequently the lamellar tearing is prevented.

Off-shore rakentamisessa myös korroosionesto on keskeinen kysymys. Vaikea ja vielä etäällä oleva tavoite on teräs, joka kestäisi merivesikorroosiota paremmin kuin tavanomaiset rakenneteräkset, samaan tapaan kuin klassinen COR-TEN teräs kestäää ilmastokorroosiota. Japanissa on ehkä päästy pisimmälle. Sieltä on tuotu markkinoille lähinnä paalutuksia ja pontteja varten teräksiä, joilla vesirajakorroosio on hidastunut.

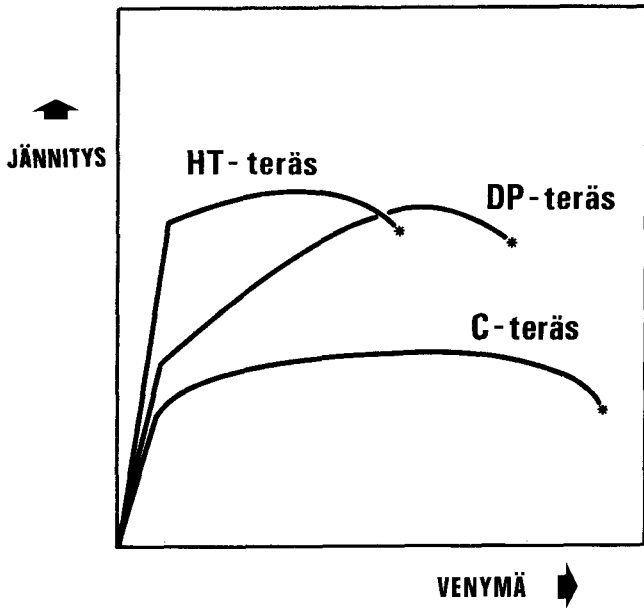
Vaativissa käyttökohteissa ovat yleistymässä vähähiiliset teräkset, joiden valmistus edellyttää usein jo uutta valmistustekniikkaa. Näillä teräksillä on erinomaiset sitkeys- ja hitsattavuusominaisuudet. Lujuuden lisäämiseksi käytetään niobi- tai vanadiinimikrooseostusta. Jos todella vaativissa olosuhteissa käytetyltä teräkseltä vaaditaan suurta lujuutta, tulevat edelleenkin vain nuorrutetut teräkset käytännössä kyseeseen.

Konepajateollisuudessa mutta myös rakennusteollisuudessa on kylmänä muovattavien ja siten hyvät särmättävyys-, taivutettavuus-, veto- tai venymäominaisuudet omaavien teräslajien tarve voimakkaasti lisääntymässä. Tässä on kyse suurtuotannossa kuumanauhajoina valmistettavista teräksistä. Kehityssuuntaus on hyvin selvä. Teräs valmistetaan vähähiilisenä. Rikkipitoisuus ym. epäpuhtauksien taso pidetään mahdollisimman alhaisena. Mahdollisesti tarvittava lisälujuus aikaansaadaan mikrooseostuksella ja oikealla valssaustekniikalla.



**Kuva 8.** Happipuhalluskonvertterissa ei yleensä valmisteta teräksiä, joissa hiilipitoisuus olisi alle 0,07 %. Konvertterin pohjasta tapahtuvalla lisäpuhalluksella varustetuissa konverttereissa päästään tätä alempiin hiilipitoisuuksiin. Ko. uusi puhallustekniikka mahdollistaa hiiliköyhien, erikoissitkeiden ja hyvin hitsattavien terästen valmistuksen suurtuotantolaitoksilla.

**Fig. 8.** New developments in basic oxygen steelmaking will make it possible to produce extra low carbon steels without special equipment and in large scale.



Kuva 9. Ohutlevyjen myötökäyrät.

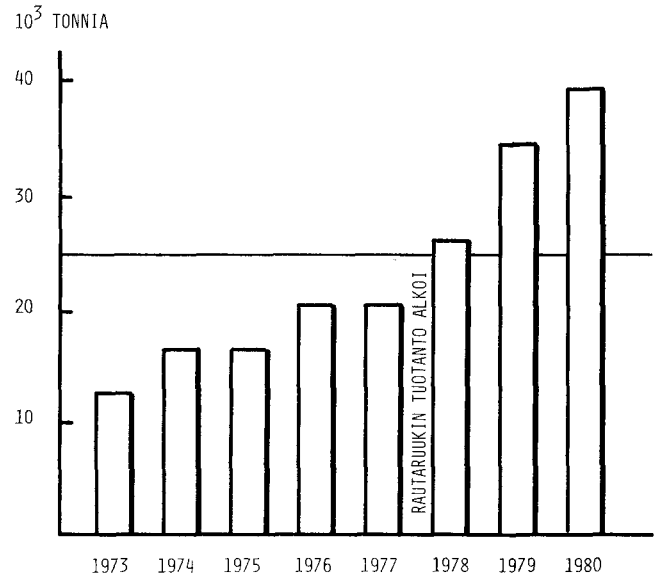
Fig. 9. Stress-strain curves for cold rolled thin plate of dual-phase steel, microalloyed high-tensile steel and ordinary mild steel.

#### OHUTLEVYT

Autoteollisuus on suurin ohutlevyn käyttäjä. Viime vuosikymmenellä tapahtunut polttoainekustannusten nousu on herättänyt vakavan kiinnostuksen erikoislujuin teräksiin. Nimenomaan Yhdysvalloissa ja Japanissa tehty laajamittainen työ on johtanut kahden periaatteessa eri tyyppisen autokoriteräksen kehittämiseen. Toinen edustaa tavanomaisin menetelmin valmistettuja levylajeja, joissa lujuutta nostetaan mikrooseostuksella. Toisessa tyyppissä, jota nimitetään kaksi-faasi- tai dual-phase(DP)-teräksiksi, teräs on toimitustilassa pehmeää ja lujittuu vasta muovauksessa. Lujien terästen käyttö rajoittuu autoteollisuudessa vielä 5—10 %:iin, mutta saattaa rohkeimpien ennusteiden mukaan nousta pitkällä tähtäyksellä jopa tasolle 50 %. Tästä ehkä puolet olisi kaksi-faasi-teräksiä varsinaisiin syvävetosovellutuksiin. Puolet olisi mikrooseostuksella lujitettuja lajeja. Kaksi-faasi-teräkset, jotka edustavat uutta innovaatiota, ovat lujien putkiterästen rinnalla ehkä tärkein kehitystyön kohteena oleva teräsryhmä juuri nyt. Käytännön kannalta on tärkeää, että nämä uudet teräkset alkupehmeytensä vuoksi sallivat olemassaolevien työkalujen käytön.

Ohutlevyn pinnoitustekniikka ja valmiiksi pinnoitetun tuotteen käyttö on kehittynyt nopeasti. Muovipinnoitettu levy on eräs suurista voittajista 1970-luvun teräsmarkkinoilla. Tähän mennessä levyä on käytetty etupäässä rakennusteollisuuteen, mutta tällä vuosikymmenellä valmiiksi kalvoilla päällystetyt, maalatut ym. tavoilla pintakäsitellyt hyvin muovattavat levyt saavuttavat ilmeisesti tärkeän aseman myös konepaja-, laite- ja autoteollisuudessa.

Sinkin korvaaminen alumiinilla osittain tai kokonaan on uusi vaihtoehto tavanomaiselle kuumasinkitykselle. Esimerkiksi Ruotsissa on otettu käyttöön uusi sinkki-alumiini-pinnoituslinja. Alumiini parantaa kestävyttä korotetuissa lämpötiloissa ja voimakkaasti syövyttävissä



Kuva 10. Muovipinnoitetun ohutlevyn kulutus Suomessa.

Fig. 10. Consumption of colour coated sheet in Finland.

ilmasto-olosuhteissa ja erityisesti lauhkeilla kosteilla alueilla. Suomen ilmasto-olosuhteissa kuumasinkitty levy kestää hyvin ja on ilmeisestikin vielä pitkään edullisin.

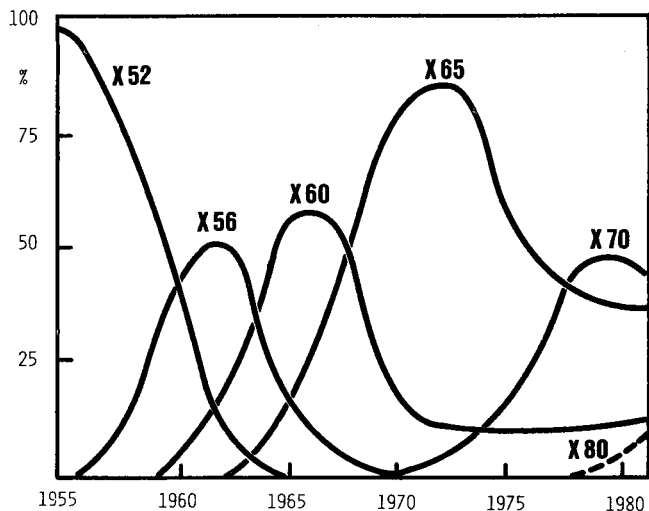
Ennen kaikkea autoteollisuus odottaa levyiltä entistä parempaa korroosionsuojausta. Kuumasinkitys, joka on täysin hallitseva pinnoitusmenetelmä, antaa hyvän suojan, mutta levyn maalattavuus ja sinkin kiinnipitävyys muovauksessa eivät aina täytä vaatimuksia. Useita menetelmiä on kehitetty levyn yksipuoliseen sinkitykseen, jolloin sinkki suojaa maalaamatta jäävän sisäpinnan eikä haittaa ulkopinnan maalattavuutta. Myös on kehitetty uudentyyppisiä, hyvin maalattavia sinkkipinnoitteita. Vielä ei tiedetä, mikä ratkaisu kokonaistuloksen huomioonottaen osoittautuu edullisimmaksi.

#### PUTKET JA PUTKITERÄKSET

Putkien kulutuksen ennustetaan kasvavan nopeasti. Putkia tullaan käyttämään enenevässä määrin erilaisina profiileina ja palkkeina esimerkiksi teräsrakentamisessa. Virtausputkien käyttö kaasujen, nesteiden, lämmön ja myös kiinteiden aineiden siirtoon on lisääntymässä.

Saumattomien putkien korvaamiseen hitsatuilla on hitsaustekniikan kehittyminen vaikuttanut ratkaisevasti. Nykyään yli 60 % kaikista putkista on hitsattuja ja näiden markkinoiden ennustetaan edelleen kasvavan. Yleensä suuriläpimittaiset putket tehdään nykyisin hitsaamalla, kun taas paksuseinäiset putket ja pienet putket ovat tyyppillisiä saumattomien putkien alueita.

Nimenomaan kaasua- ja öljyputkilinjojen rakentaminen on asettanut terästen kehitystyölle ehkä suurimmat vaatimukset viimeisen 10—15 vuoden aikana. Vielä viitisentoista vuotta sitten rakennettiin suuret putkilinjat American Petroleum Institutin luokan X56 ja X60 teräksistä, tänään ne tehdään luokan X65 ja X70 teräksistä. Tämä merkitsee terästen myötörajan nousua alueelta 390—420 N/mm<sup>2</sup> alueelle 460—500 N/mm<sup>2</sup>. Nyt kaavillaan



Kuva 11. American Petroleum Institute'n lujuusluokat uusissa putkilinjoissa käytetyissä teräksissä.

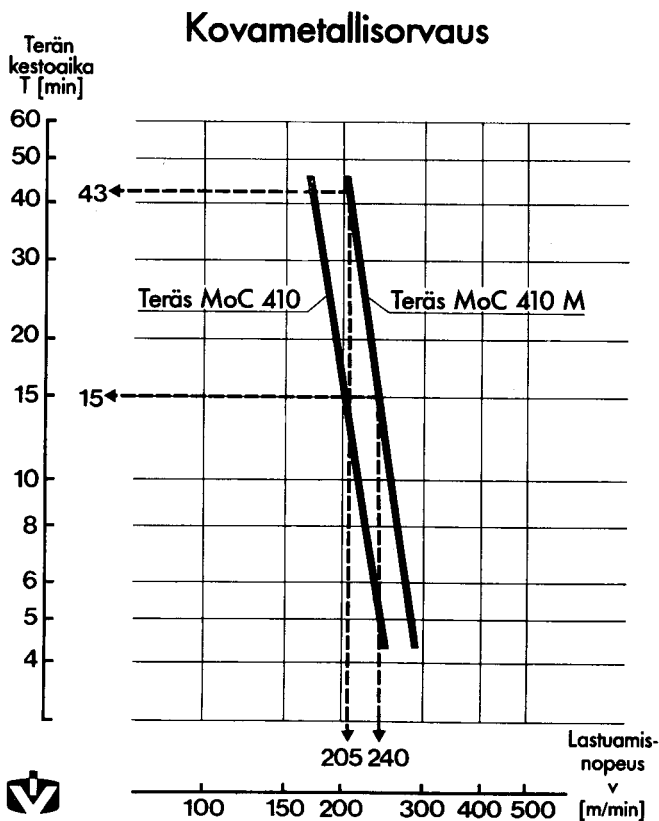
Fig. 11. API grades used in pipe lines.

jo putkilinjoja X80-teräksestä minimimyytörajalalla 560 N/mm<sup>2</sup>. Kehitystyössä on jouduttu etsimään koostumusratkaisuja, parantamaan valmistusmenetelmiä teräksen puhtauden ja levyaihion laadun nostamiseksi sekä ennenkaikkea kehittämään valssausmenetelmiä yleensä, valssauksen ohjausta ja termomekaanista käsittelyä. Lujouden edelleennostamiseen, josta jo keskustellaan, ei enää todennäköisestikään termomekaaninen käsittely riitä, vaan nuorutus on välttämätön.

Putkiterästen rinnalla on kehitetty myös kylmämuovattujen profiilien ja putkipalkkien valmistukseen soveltuvia lujia muovattavia teräksiä, jotka ovat nopeasti kasvava laaturyhmä.

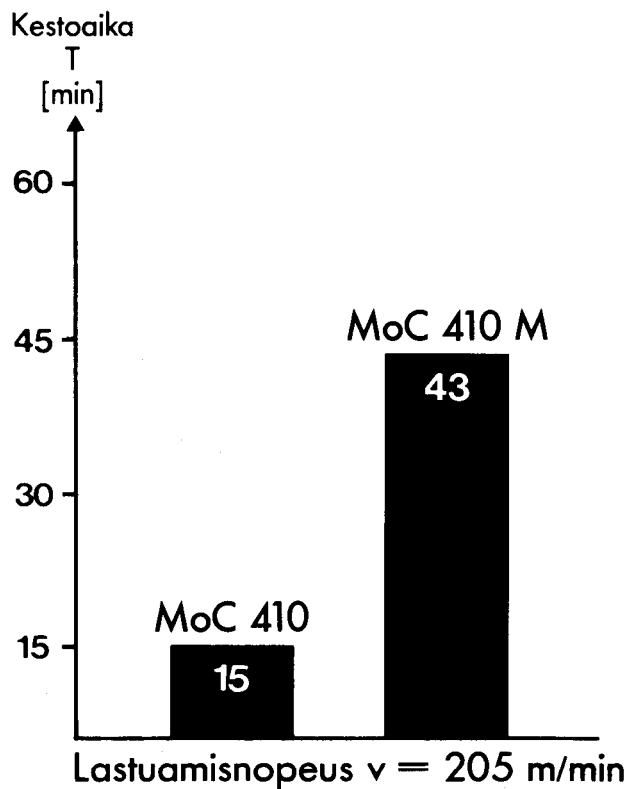
#### PITKÄT TUOTTEET

Pitkien terästuotteiden kehityskohteista on varsin mielenkiintoinen ratakiskojen lujouden ja kulumiskestävyyden parantaminen, minkä avulla pyritään pitempään elinikään ja suurempaan kuormitettavuuteen. Yhdysvalloissa on kehitetty hyvin hitsattava ja luja ratakiskoteräs, jonka ominaisuudet perustuvat kromi-molybdeeni-seostukseen. Japanissa taas on tuotu markkinoille induktiokarkaistuja ratakiskoja, jotka on tarkoitettu suurille junanopeuksille.



Kuva 12. Kalsiumkäsittelyn vaikutus teräksen lastuttavuuteen. Vasemmanpuoleinen suora kuvaa normaalia nuorutusterästä, oikeanpuoleinen kalsiumkäsitteltyä.

Fig. 12. The effect of calcium treatment on the machinability. Tool life vs. cutting speed. An ordinary QT steel, the line at the left, the same steel with calcium treatment, the line at the right.



Kuva 13. Käytettäessä samaa lastautumisnopeutta kovametallisorvauksessa terän kestoikä kasvaa lähes kolminkertaiseksi teräksen kalsiumkäsittelyn ansiosta.

Fig. 13. The tool life at a constant cutting speed. Steel with and without calcium treatment.

Koneteräksillä lastuttavuus on keskeisiä kysymyksiä. Kontrolloimalla sulkeumien määrää ja jakaumaa tavanomaisin menetelmin, päästään tyydyttäviin tuloksiin. Injektioimenetelmät ovat parantaneet mahdollisuuksia vaikuttaa entistä tehokkaammin näihin ominaisuuksiin sekä lisäksi sulkeumien koostumukseen ja rakenteeseen. Haluttaessa voidaan sulkeumat modifioida sopivan muotoiseksi ja alemmissa lämpötiloissa sulaviksi, jolloin ne lastuavassa työstössä muodostavat leikkuuterän pinnalle voitelevan kalvon. Lastuamisnopeutta voidaan nostaa tai vastaavasti pidentää terän kestoaikaa.

Betoniteräksellä on sulahitsattavuuden rinnalla korroosionkestävyyteen jouduttu kiinnittämään lisääntyvää huomiota. Korroosio-ongelmia on esiintynyt toisaalta suolattujen moottoriteiden betonipinnoissa, toisaalta satamarakenteissa ja muissa betonikonstruktioiden, kun merivettä on jouduttu käyttämään betonin teossa. Japanissa on kehitetty betoniteräksiä, joilla on todettu hyvä korroosionkestävyys meri-ilmastossa ja merivedessä.

On ilmeistä, että tankoterästen ominaisuuksia voidaan parantaa ja tehdä ne samalla halvemmalla yhdistämällä lämpökäsittely valssausprosessiin. Tämän tekniikan kehittäminen avaa tulevaisuudessa mahdollisuuksia aivan uuden sukupolven tankoteräksille. Eräänä välttämättömänä edellytyksenä tälle on kansainvälisten standardisointiperusteiden muuttaminen.

## ERIKOISTERÄKSET

Erikoisteräksistä ruostumattomat teräkset muodostavat suurimman ryhmän. Näistä tärkeimmät ovat austeniittiset kromi-nikkeli- tai kromi-nikkeli-molybdeeni-teräkset. Nikkelin korkean hinnan vuoksi on etsitty halvempia ratkaisuja korvaamaan kromi-nikkeli-terästä. Pitkään on tutkittu mahdollisuutta korvata osa nikkelistä mangaanilla ja typellä. Markkinoilla on tältä pohjalta kehitettyjä austeniittisiä teräksiä. Uutta innovaatiota edustavat hiiliköyhät, täysin ferriittiset kromiteräkset, joissa ei nikkeliä ole lainkaan. AOD-menetelmä on antanut teknisen ja taloudellisen mahdollisuuden näiden terästen valmistukselle. Teräksillä alkaa monissa teollisuusmaissa olla vakiintunut käyttö. Suomessa ja pohjoismaissa käyttötottumukset ja ehkä nikkelin sittenkin ennakoitua alhaisempana säilynyt hintataso ovat hidastaneet terästen yleistymistä.

Ruostumattomien terästen käyttöä pyritään laajentamaan alueilla, joissa nykyisten laatujen korroosiokestävyys ei ole riittävä. Uudet teräkset korvaisivat tällöin kalliita erikoisoseoksia. Käyttökohteita olisivat mm. makean veden tuotanto merivedestä (suolanpoistolaitokset) ja atomivoimaloiden merivesilämmönvaihtimet.

Runsasseosteiset kuumalujat ja korkean lämpötilan hapettumista kestävät teräkset ovat jatkuvasti tärkeä tutkimuksen kohde. Taustalla ovat materiaaliprobleemat, joihin usein on törmätty pyrittäessä nostamaan energian hyväksikäytön astetta tai kehitettäessä jätelämmön käyttöä. Tavoitteena on parantaa terästen ominaisuuksia ja luoda käyttömahdollisuuksia ehkä 1000°C:een saakka. Kasvava käyttökohde olisi mm. autojen pakokaasujen puhdistus.

Sähkön hinnan noustessa on sähkölaitteissa, muuntajissa, dynamoissa jne. ollut siirtymää runsaasti piitä sisäl-

täviin laatuuihin, joissa tehohäviöt vastaavasti ovat pienemmät. Ennenkaikkea on pyritty parantamaan parhaiden ns. kidesuunnattujen terästen ominaisuuksia. Japanissa on kehitetty uusia ns. superkidesuunnattuja teräksiä. Vaikean teknologian takia näiden valmistuskustannukset ovat korkeat, mikä on rajoittanut käytön leviämistä.

Työkaluteräksillä keskeisenä kysymyksenä on pitkään ollut työkalujen käyttöiän lisääminen, mikä edellyttää pikateräksissä kalliiden seosaineiden, kuten koboltin, molybdeenin, volframin ja vanadiinin runsasta käyttöä. Seosaineiden, erityisesti koboltin ja molybdeenin nopean kallistumisen vuoksi tämä ajatustapa on osittain asetettu kyseenalaiseksi. Tämän vuoksi pyritään kehittämään seostuksen suhteen halvempia teräksiä mahdollisesti tinkimällä käyttöiästä.

## KEHITYSTYÖ TÄRKEÄÄ

Haluaisiin lopuksi esittää muutamia henkilökohtaisia näkemyksiä terästen kehittämistoiminnastamme.

Meillä terästeollisuutta 1960- ja 1970-luvulla rakennettaessa valitut teknologiset ratkaisut samoinkuin aktiivinen tutkimus- ja kehitystyö ovat luoneet terveen pohjan Suomen terästuotannolle. Teknologia kehittyy kuitenkin nopeasti ja meidän on oltava valppaina, jotta emme jäisi jälkeen. Meidän on ajoissa ryhdyttävä modernisoimaan tuotantolaitoksiamme. Prosessinohjausta ja automatiikkaa on kehitettävä. Tuotteiden laatutasoa on nostettava.

Teknologian kehittäminen ei ole meillä mahdollista ilman lisenssien ja know-how:n ostoa. Harjoittamalla omaa tutkimustoimintaa voimme ratkaista osan kysymyksistä, mutta vähintään yhtä tärkeätä on hankkia laaja asiantuntemus ja valmius, jotta ulkopuolisesta avusta on saatavissa kaikki hyöty.

Terästen kehitystyössä näkyvien tulosten saavuttaminen on vaikeutumassa. Lähestymme jo rajoja, joita nykyiset tuotantolaitokset asettavat. Samalla volyymiltaan merkittävien uusien teräslajien tarve kotimarkkinoilla on jo harvinaista. Toisaalta investointeja laatuohjelman laajentamiseksi ei pitäisi pelätä silloin, kun selvä kotimaan metalliteollisuutta hyödyttävä tarve on nähtävissä.

Kehitystyö kohdistuu enenevässä määrin laatutason parantamiseen tai kustannusten alentamiseen. Tämä työ on osittain rutiininomaisempaa ja tavoitteeltaan vaikeammin rajattavissa kuin uusien tuotteiden kehittäminen. Perusedellytys tällaisen työn onnistumiselle on harmoninen työympäristö, jossa tutkija tietää, että työ on tärkeää ja arvostettua. Korostan, että tutkija, joka tekee luovaa työtä, tarvitsee enemmän motivaatiota ja tukea kuin hänen kollegansa tehtaalla täyttääkseen tehtävänsä.

Parhaat tulokset uusien laatujen kehittämisessä saavutamme läheisellä yhteistyöllä teräksen valmistajan ja käyttäjän, ja tuotteen kehittäjän ja käyttäjän välillä. Suorat kontaktit elävöittävät työtä ja tieto työn merkityksestä kannustaa uusiin ponnisteluihin. Uskon, että esimerkiksi arktisten projektien kohdalla meillä terästen kehittäjillä tulee olemaan paljon haasteellisia tehtäviä,

joita meidän innolla pitäisi ottaa vastaan. Meillä pitäisi olla kaikki edellytykset ratkaista tehtävät ja siten omalta osaltamme myötävaikuttaa Suomen metalliteollisuuden kilpailukyvyn parantamiseen.

#### **YHTEENVETO**

Teräksen valmistajan kannalta tärkeimmät teräksen laatu-kriteerit kehitystyössä ovat:

1. Laadun tasaisuus, tärkeä sekä valmistajalle että käyttäjälle.
2. Teräksen soveltuvuus tuotteen valmistukseen. Tätä kontrolloivat mm. sellaiset teräksen ominaisuudet kuin lujuus, hitsattavuus, muovattavuus ja lastuttavuus.
3. Lopputuotteen käyttöominaisuudet, turvallisuus ja käyttöikä. Näitä kontrolloivat mm. sellaiset teräksen ominaisuudet kuin sitkeys, väsymiskestävyys, korroosionkestävyys ja kuumalujuus.

Tärkeimpinä kehityskohteina olevat teräsryhmät ovat:

1. Vähähiiliset rakenneteräkset. Kehitystarvetta aiheuttavat mm. rakenteet kylmille alueille, rakenteet merien hyödyntämisessä, kaasuputket ja kylmämuovatu lujat palkit ja profiilit.
2. Lujat kylmävalssatut levyt ennen kaikkea kuljetusvälineisiin.
3. Ferriittiset ruostumattomat teräkset, joiden kehityksen käynnistäjinä ovat olleet nikkelin hinnan nousu ja myös austeniittisten terästen jännityskorroosio.

Tekniikan kehittämisessä tärkeimmät kohteet ovat:

1. Yhdistelmäkonverterit, tekniikka vähähiilisten teräsen valmistuksessa
2. Senkkakäsittelyt, teräksen puhtauden ja koostumus-tarkkuuden parantaminen

3. Jatkuvalu
4. Termomekaaninen käsittely
5. Jatkuvatoiniset hehkutuslinjat
6. Prosessin ohjaus ja automaatio.

#### **SUMMARY** **OUTLINES IN THE STEEL DEVELOPMENT**

The paper was presented at the annual meeting of the Finnish Association of Mining and Metallurgical Engineers in March 1981. The paper outlines the general trends in steel development. The background and main objectives of the work carried out is illustrated by examples. The product groups essential for the Finnish steel industry, i.e. mild steel and low alloy steel, both flat rolled and long products, welded pipes and stainless steel, are covered. Interaction between steel product development and process development is also considered.

Steel product development is generally controlled by properties required for the fabrication of the final products, i.e. weldability, formability and machinability on the one hand and by requirements on the final products regarding economy in use, durability and safety on the other. Work is continuously carried out also in order to further improve steel quality in respect to homogeneity.

In a small country like Finland development work in the first place aims at maintaining a high and competitive quality in the products. As to the development of new steel grades the use of efforts is primarily dictated by the specific needs of the domestic metal working industry. A typical example from this sector are special steel plates developed for icebreakers. Qualified research activities also back up the general technical knowledge and provide efficient means to acquire new technology and know-how from outside.

---

## **PROJEKTITIEDOTE**

### **TEKNILLINEN KORKEAKOULU, Espoo**

#### **Louhintatekniikan laboratorio**

#### **KAIVOSTILOJEN LUJUUSLASKENTAPROJEKTI**

Olemassaolevien kaivosten louhinnan siirtyessä yhä syvemmälle vaikeutuvat kalliomekaaniset olosuhteet. Toisaalta mahdollisesti löydettävien uusien malmiesiintymien louhinnan suunnittelu on alusta alkaen kyettävä tekemään tulevaisuuden teknis-taloudellisia vaatimuksia vastaavaksi. Elementtimenetelmät (finiitti-elementti-menetelmä ja reunaelementtimenetelmä) tarjoavat käyttökelpoisen työkalun kalliomekaanisten tutkimustulosten hyväksikäytölle kaivostilojen suunnittelussa. Elementtilaskennan tulosten luotettavuus riippuu elementteihin jaon onnistumisesta, reunaehtojen toteutumisesta ja lähtöparametrien oikeellisuudesta. Kaksi ensin mainittua tekijää ovat menetelmätekniisesti hallittavissa, mutta kalliomassivien ominaisuudet ja primäärijännitystilaa on johdettava hyvin pienestä havaintomäärästä.

Tutkimus käynnistyi Teknillisen korkeakoulun louhintatekniikan laboratoriossa 1. 6. 1980 ja sen on määrä valmistua vuoden 1982 loppuun mennessä. Projekti toteutetaan läheisessä yhteistyössä Outokumpu Oy:n, Rautaruukki Oy:n, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen, Suomen Akatemian ja Imatran Voima Oy:n kesken. Tutkimuksessa pyritään kehittämään elementtimenetelmiin perustuva tietokoneohjelmisto, joka soveltuu kaivostilojen lujuuslaskentaan Suomen kallioperäolosuhteissa. Lisäksi selvitetään menetelmät elementtilaskennan vaatimien

lähtötietojen hankkimiseksi. Projektin kuluessa kehitettävää ohjelmistoa voidaan käyttää sortumien kannalta kriittisten alueiden paikantamiseen, louhoskoon optimointiin, louhintajärjestyksen valintaan ja seurantamittausjärjestelmän suunnitteluun.

Tutkimuksen rahoittaa Kauppa- ja teollisuusministeriö yhdessä edellämainittujen organisaatioiden kanssa. Projektin edistymistä seuraa valvontaryhmä, johon kuuluvat prof. Heikki Paarma (Vuorimiesyhdistys r.y.), FM Harry Laine (Imatran Voima Oy), FM Ole Lindholm (Rautaruukki Oy), joht. Mikko Palviainen (Outokumpu Oy) ja prof. Markku Tammirinne (Valtion teknillinen tutkimuskeskus).

Läheisessä yhteistyössä Kaivostilojen lujuuslaskenta-projektin kanssa toimii Avolouhoksen seinämän kaltevuuden optimointi-projekti, jonka rahoittaa Kauppa- ja teollisuusministeriö.

Lisätietoja projekteista saa projektien vastuulliselta johtajalta prof. **Raimo Matikaiselta** osoitteesta Teknillinen korkeakoulu, louhintatekniikan laboratorio, 02150 Espoo 15, puh. 90-456 6205 sekä tutkija **Pekka Lovénilta**, puh. 456 6208 (Kaivostilojen lujuuslaskenta-projekti) ja tutkija **Antti Öhbergiltä** puh. 456 6209 (Avolouhoksen seinämän kaltevuuden optimointi-projekti).



# Metallien abraasio- ja eroosiokuluminen

Tekn.lis. Raimo Pulkkinen, prof. Martti Sulonen, Teknillinen korkeakoulu, Vuoriteollisuusosasto, Metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, Otaniemi

Kuluminen on aineen jatkuvaa irtoamista kiinteän kappaleen pinnasta mekaanisten voimien vaikutuksesta. Kulumiselle on ominaista kuluvan pinnan ja kuluttavan aineen liike toisiinsa nähden. Kuluttava aine voi olla kaasu, neste tai kiinteä.

Kulumista on jaoteltu eri tavoin. Kulumismekanismin fysikaalisen ja kemiallisen luonteen perusteella puhutaan yleisesti adhesiivisesta, abrasiivisesta ja tribokemiallisesta sekä pinnan väsymisestä aiheutuvasta kulumisesta.

Adheesio- eli tartuntakulumisen aiheuttaa materiaalin siirtyminen liikkuvasta pinnasta toiseen pinnankarheuden huippujen hetkellisten yhteentarttumien murtuessa. Abraasio- eli hiontakulumisessa materiaalia irtoaa toistensa suhteen liikkuvista pinnoista joko pinnan kovien ulokkeiden tai pintojen välissä olevien tai pintaan upoutuneiden kovien partikkeleiden eli abrasiivien vaikutuksesta. Tribokemiallisessa kulumisessa pinta reagoi ympäristönsä kanssa, jolloin siihen muodostuu kemiallinen reaktiotuotekerros. Tämä kerros irtoaa pinnasta joko murtamalla tai muuten kulumalla, jolloin puhdas pinta reagoi jälleen ympäristönsä kanssa kulumisen näin jatkuessa. Toistuvien pintaan kohdistuvien jännitysvaihtelujen alaisena pinta saattaa väsyä, minkä seurauksena siitä irtoaa partikkeleita. Tätä kutsutaan pinnan väsymisestä aiheutuvaksi kulumiseksi. Määritelmän mukaan korroosiota ei lasketa kulumiseen kuuluvaksi, koska siinä ma-

teriaalin poistumiseen ei oleellisena liity kuluvan ja kuluttavan materiaalin liike toisiinsa nähden.

Myös abrasiivista kulumista on jaoteltu eri tavoin. Jaotellulla on pyritty kuvaamaan kulumisen voimakkuutta, abrasiivin ja kuluvan materiaalin suhteellisia ominaisuuksia tai niiden liikettä toistensa suhteen.

Jaoteltaessa abrasiivista kulumista kaksikappale- ja kolmikappalekulumiseen tarkoitetaan edellisellä kulumista, jossa abrasiivit tai kuluttava kappale liikkuu kuluvan kappaleen pinnalla. Jälkimmäisessä abrasiivit ovat puristettuina kahden toistensa suhteen liikkuvan pinnan välissä. Abrasiivisen kulumisen voimakkuuden mukaan puhutaan kovertavasta, jauhavasta ja naarmuttavasta abraasiokulumisesta. Näistä lievimpään, naarmuttavaan abraasiokulumiseen, lasketaan usein kuuluvan myös eroosiivinen kuluminen, jossa kuluminen aiheutuu etupäässä kuluvaan pintaan kohdistuvista abrasiivien aiheuttamista iskuista.

## ABRASIIVISET KULUMISMEKANISMIT

Kuluttava aine voi abraasiossa irrottaa materiaalia kuluvasta pinnasta kolmella tavalla (kuva 1):

- kyntämällä
- leikkaamalla ja
- hauraasti murtamalla.



Kyntämällä

Leikkautumalla

Hauraasti murtamalla

**Kuva 1.** Kuluminen eri abraasiomekanismeilla /1/. **Fig. 1.** Abrasion by ploughing, microchipping and fracturing /1/.

Abrasiivien tai kuluttavan materiaalin pinnan ulokkeiden kyntävästä vaikutuksesta sitkeät ja myös suhteellisen hauraat materiaalit muokkautuvat plastisesti vallitsevan suuren hydrostaattisen puristuksen ansiosta. Kynnössä suurin osa, noin 60...90 prosenttia plastisoituneesta materiaalista aurautuu muodostuvan uurteen sivuille /2/. Varsinaista kulumista esiintyy vasta sitten, kun uurteen reunat kuroutuvat tai leikkaantuvat irti. Kynnön aikana muodonmuutos materiaalin pinnassa saattaa olla kymmenkertainen niihin muodonmuutoksiin verrattuna, joita esiintyy tavanomaisissa muokkausprosesseissa.

Koska pinta muokkautuu sangen lyhyessä ajassa, saattaa kuluvan pinnan lämpötila nousta lähelle sen sulamispistettä, jolloin myös sen rakenne muuttuu /3/.

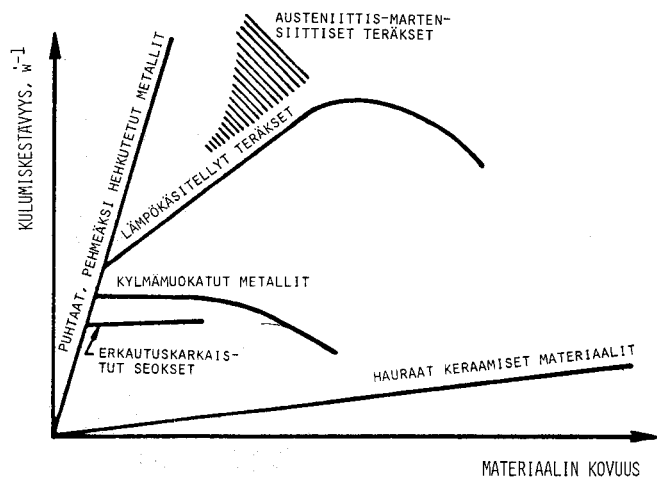
Puhtaasti leikkautumalla irtoavat lastut ovat tilavuudeltaan niiden uurteiden suuruisia, joista ne ovat irronneet. Abrasiivin tai kuluttavan pinnan ulokkeen rinnan ja kuluvan materiaalin pinnan välinen kulma vaikuttaa siihen, muodostuuko uurre kuluvaan pintaan kyntämällä vai leikkautumalla /4/. Suurilla kulman arvoilla leikkautuminen on voimakkaampaa. Kulman ollessa pieni kuluvaan pintaan muodostuu puristusjännitystila, jolloin uurteen aurautuminen on vallalla. Se kulman arvo, jolla siirtyminen kyntämisestä leikkaantumiseen tapahtuu, pienenee kuluvan materiaalin sitkeyden vähetessä.

Hauraista materiaaleista saattaa abraasiossa murtua palasia. Näin voi käydä varsinkin silloin, kun kuluvaan pintaan kohdistuu iskuja, kuten juuri eroosiossa tapahtuu. Palasten irtoaminen on seurauksena säröjen muodostumisesta ja kasvusta materiaalin pinnassa. Irronneitten palasten tilavuus on huomattavasti suurempi kuin mitä pintaan jääneistä jäljistä voisi päätellä.

## ABRAASIOLIUKUMINEN

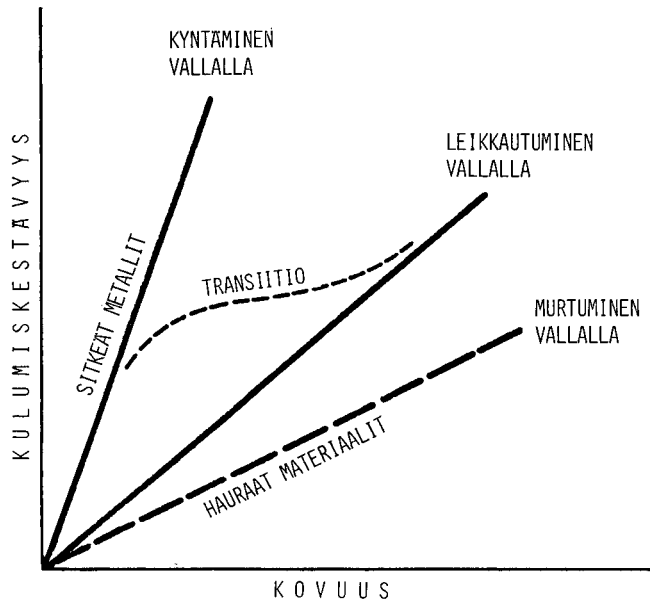
Abrasioliukumiseksi voitaisiin kutsua sitä osaa abraasiokulumisesta, jossa kuluva materiaali liikkuu samassa tasossa kuluttavan aineen kanssa. Tällöin eroosio ja abraasioliukuminen olisivat abraasiokulumisen kaksi muotoa, joissa vallitsevat lainalaisuudet poikkeavat hieman toisistaan.

Jos abraasioliukumisessa materiaalia irtoaa vain kyntämällä ja leikkautumalla, kulunut tilavuus liukumatkaa



Kuva 2. Erilaisten materiaalien abraasionkestävyys kovuuden funktiona skemaattisesti esitettynä /5 s. 59/.

Fig. 2. Schematic survey of abrasive wear resistance of various materials /5 p. 59/.



Kuva 3. Eri abraasiomekanismien asymptootit /4/.

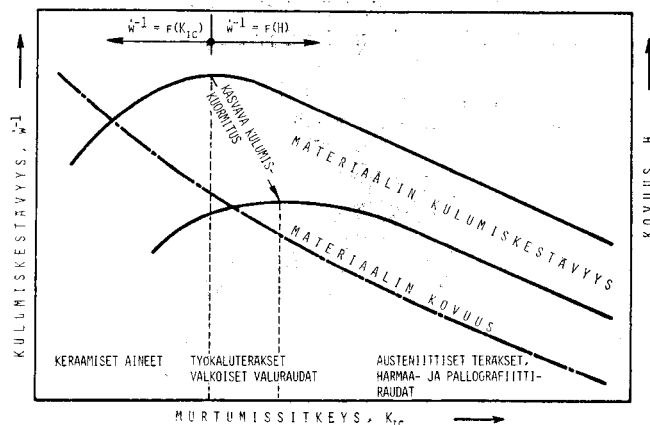
Fig. 3. Three possible relationships between hardness and wear resistance predicted by considerations of abrasion mechanisms /4/.

kohden  $\dot{w}_V$  on suoraan verrannollinen abraasiivien tai kuluttavan materiaalin pinnan ulokkeiden aiheuttamaan puristuspaineeseen  $p$  ja kääntäen verrannollinen kuluvan materiaalin kovuuteen  $H$  eli

$$\dot{w}_V \propto \frac{P}{H} \quad (1)$$

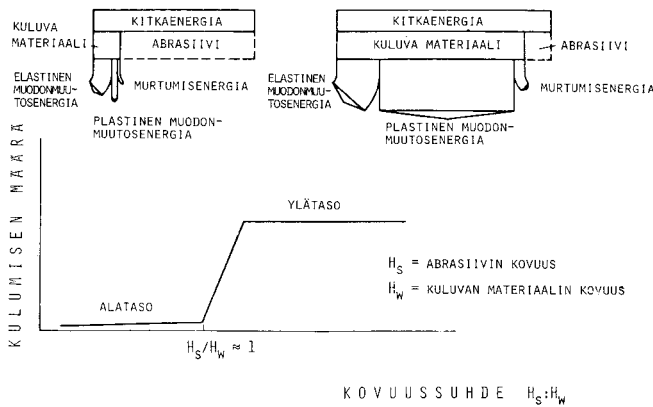
Kulumiskestävyys määritellään kulumisen määrän käänteisarvoksi.

Materiaalin rakenne vaikuttaa yhtälön (1) verrannollisuuskertoimeen (kuva 2). On otaksuttu, että eri abraasiomekanismien verrannollisuuskertoimet poikkeavat toisistaan (kuva 3). Materiaalin sitkeyden tai kulumisgeomet-



Kuva 4. Kulumiskestävyuden riippuvuus pinnan kovudesta ja murtumissitkeydestä sekä vallitsevasta pintapaineesta /6/. Kuvan tapauksessa abraasiivien ja kuluvan pinnan kovuuden suhde on yli 1,2.

Fig. 4. Schematic relationship between fracture toughness, hardness, loading intensity and wear resistance /6/. Ratio of abrasive hardness to worn surface hardness is greater than 1.2.



**Kuva 5.** Abraasioliukuminen ja Khrushchovin diagrammi kitkaenergian muuntumisen kannalta tarkasteltuna /7/.

**Fig. 5.** Abrasive sliding wear and the Khrushchov's diagram from the energy point of view /7/.

rian muuttuessa saattaa materiaalin abraasiomekanismi myös muuttua kovuuden lisäyksen myötä. Tällöin verrannollisuuskertoimen ei ole vakio, vaan muuttuu vähitellen. Tällainen transiitio on tyypillistä lämpökäsitellyille teräksille.

Yhtälö (1) ei kuvaa materiaalien käyttäytymistä silloin, kun niiden kovuuden kasvaessa taipumus hauraaseen murtumiseen oleellisesti voimistuu. Kulumisolosuhteissa vallitsevan pintapaineen mukaan määräytyy sen murtumissitkeyden arvo, jota pienemmällä arvoilla kuluminen riippuu kuluvan pinnan murtumissitkeydestä ja jota suuremmilla arvoilla sen kovuudesta (kuva 4).

Abraasiivien tai kuluttavan pinnan ulokkeiden suhteellinen kovuus on niiden absoluuttista kovuutta tärkeämpi. Siksi abraasiiveja, joiden kovuus on pienempi kuin kuluneen materiaalin pinnan, kutsutaan usein pehmeiksi abraasiiveiksi. Jos niiden kovuus on kuluneen pinnan kovuutta suurempi, puhutaan kovista abraasiiveista. Kulumisnopeuden riippuvuutta abraasiivin ja kuluneen pinnan kovuuden suhteesta esitetään ns. Khrushchovin diagrammilla (kuva 5). Siinä ns. ylä- ja alatason asemat riippuvat tarkasteltavan materiaalin kulumiskestävydestä.

Materiaalin abraasiivinen kuluminen riippuu hyvin paljon siitä, miten kulumiseen sitoutunut kitkaenergia jakautuu. Kuvassa 5 on esitetty kaaviollisesti kitkaenergian jakautuminen abraasiivisessa liukumisessa abraasiivin ja kuluvan materiaalin kovuuden suhteen funktiona. Mikäli tämä suhde on yhtä pienempi, suurin osa kitkaenergiasta sitoutuu abraasiivien murskaantumiseen ja kulumiseen, jolloin metallipinnan kuluminen on vähäistä. Suhteen ollessa suurempi kuin yksi, sitoutuu suurin osa kitkaenergiasta kuluvan pinnan muokkautumiseen, lastuuntumiseen ja murtumiseen. Kuluminen on vähäistä silloin, kun käyttöolosuhteet, konstruktio ja kuluva materiaali valitaan siten, että kuluvaan pintaan sitoutuu mahdollisimman vähän kitkaenergiaa ja siitä suurin osa sitoutuu elastiseen ja plastiseen muodonmuutokseen, jolloin mahdollisimman vähän energiaa jää murtamaan partikkeleita kuluvasta pinnasta. Kuluneen pinnan ulkonäöstä ja mikrorakenteesta voidaan kitkaenergian jakautuminen arvioida.

Kiinteät ulokkeet ja pehmeään pintaan uppoutuneet abraasiivit kuluttavat huomattavasti enemmän kuin vas-

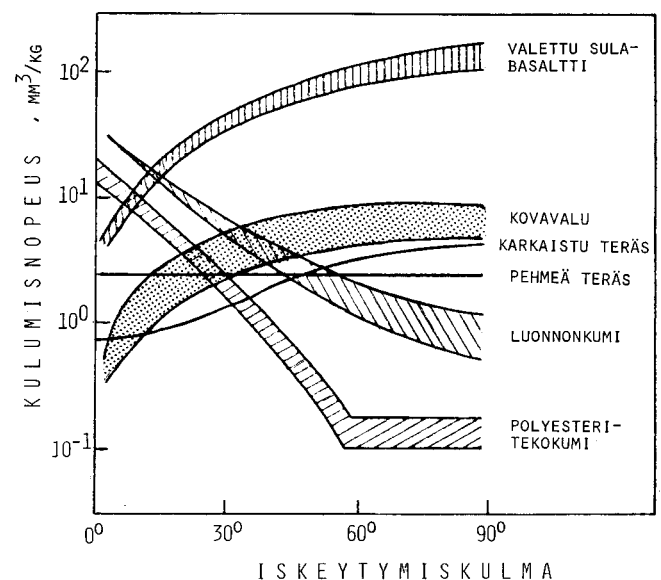
taavanlaiset irtonaiset abraasiivit /8/. Irtonaisista abraasiiveista noin 90 prosenttia pyörii kahden toistensa suhteen liikkuvan tason välissä, jolloin niiden kuluttavuus on vähäistä. Teräväsärmäiset abraasiivit kuluttavat enemmän kuin pyöreäkulmaiset. Jos abraasiivien särmät pyörivät kulumisen aikana, niiden kuluttavuus vähenee. Suurikokoiset ja hauraat abraasiivit murskautuvat kulumisen yhteydessä helposti, jolloin ne pysyvät pitkään teräväsärmäisinä ja kuluttavina.

## PARTIKKELIEROOSIO

Kuluttavan aineen liike-energiasta aiheutuvaa abraasiokulumista kutsutaan eroosioksi. Eroosio jakautuu partikkelieroosiin ja kavitaatioon. Partikkelieroosiossa kiinteä kappale kuluu neste- tai kaasuvirrassa olevien kiinteiden tai nestemäisten partikkelien vaikutuksesta. Kavitaatioissa kiinteän kappaleen pinta kuluu nestevirrassa höyrystyneiden kaasukuplien romahtamisen aiheuttamien paineiskujen vaikutuksesta. Tässä yhteydessä käsitellään vain partikkelieroosiota.

Mikäli materiaalivirta eroosiossa kohdistuu suoraan kulumaa pintaa vasten, ei abraasiivin ja kuluvan materiaalin kovuuden suhteella ole suurta merkitystä materiaalin kulumisen kannalta. Tällöin tärkein tekijä kulumiskestävyuden kannalta on kuluvan materiaalin kyky sitoa pintaan iskeytyvien partikkeleiden liike-energia elastiseksi ja plastiseksi muodonmuutokseksi. Karkais- tuilla teräksillä tämä kyky on pieni. Lisäksi niistä kohtisuorassa partikkelieroosiossa irtoaa suhteellisen suuria kulumistuotteita, jolloin niiden muodostumiseen ei sitoudu paljon murtumis- eli pintaenergiaa. Näiden seikkojen perusteella on ymmärrettävissä karkaistun teräksen pehmeäksi hehkutettua terästä heikompi kulumiskestävyys pintaa vasten kohtisuorassa eroosiossa (kuva 6).

Iskeytymiskulman pienentyessä vähenee plastiseen deformaatioon sitoutuva energia. Tämän vuoksi muokkautuvien materiaalien kulumiskestävyys vähenee. Kuluminen tulee abraasiivisen liukumisen kaltaiseksi (kuva 6).



**Kuva 6.** Eräiden materiaalien kuluminen eroosiossa kvartsihiekan vaikutuksesta /9 s. 29/.

**Fig. 6.** Erosion rate of some materials against quartz sand /9 p. 29/.

Iskeytyvien partikkeleiden nopeus  $v_p$  vaikuttaa eroosion määrään lausekkeen

$$\dot{w}_v \propto v_p^n \quad (2)$$

mukaisesti. Eksponentti  $n$  kasvaa materiaalin haurauden lisääntyessä. Muokkautuvilla materiaaleilla se on 2–3, useimmiten 2,3 tai 2,4. Haurailta materiaaleilla se on 2,5–4,4 /10 s. 7/. Pienten iskeytyvien partikkeleiden koko  $d_p$  vaikuttaa kulumisen määrään eroosiossa lausekkeen

$$\dot{w}_v \propto d_p^b \quad (3)$$

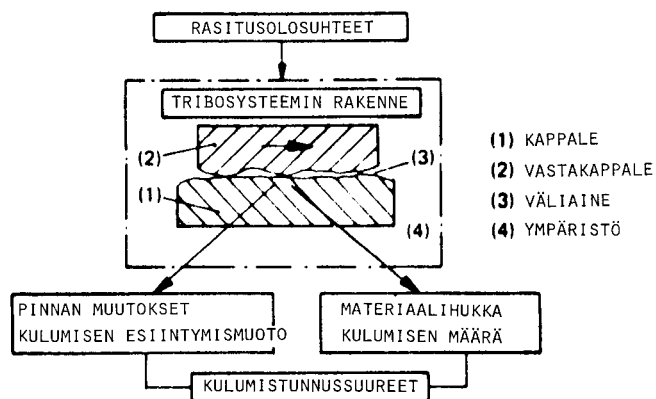
mukaisesti. Sitkeillä materiaaleilla eksponentti  $b$  on 3, haurailta materiaaleilla se on 3–5 /10 s. 9/. Partikkelikoko ei enää vaikuta eroosion määrään silloin kun partikkeleiden keskimääräinen raekoko ylittää 0,1 mm. Sekä haurailta että sitkeillä materiaaleilla kulumisen vähenee partikkelikonsentraation lisääntyessä /10 s. 14/. Kumin kulumisen taas lisääntyy partikkelikonsentraation mukana. Materiaalin kulumisen vähenee kovuuden lisääntyessä myös partikkelieroosiossa mikäli materiaalin sitkeys ei samalla olennaisesti muutu.

### ABRAASIOKULUMISEN TUTKIMINEN

Kulumiseen vaikuttavat kuluttavan ja kulumisen materiaalin ominaisuuksien lisäksi myös ne olosuhteet, joissa kuluva materiaali on. Kulumiskestävyys ei siis ole yksikäsitteinen materiaaliominaisuus, joka voitaisiin määrittää jollain yksinkertaisella standardikokeella /11, 12/. Kulumiseen vaikuttavien syiden selvittämiseksi olisikin kulumista-pahtumaan liittyvä tribosysteemi analysoitava mahdollisimman tarkasti (kuva 7).

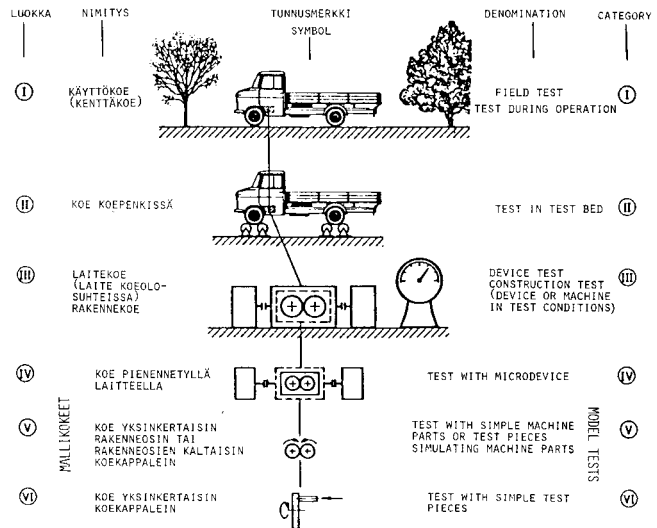
Usein ei ole järkevää eikä edes mahdollista tutkia abraasiokulumista pelkästään käytännön kulumisolosuhteissa. Laboratoriossa suoritetuissa mallikokeissa on useita etuja kenttäkokeisiin verrattuna: lyhyt koestusaika, yksinkertaiset ja halvat koekappaleet, runsaat mahdollisuudet kulumismuuttujien hallittuun vaihteluun, kulumisolosuhteiden helppo analysointi ja seuranta sekä tutkimustulosten laaja-alainen hyödynnettävyys. Kuvassa 8 on esitetty eräs kulumiskoestuksen jaottelu.

Koska mallikokeen tribosysteemi poikkeaa aina tutkitavan kulumisen tribosysteemistä, on vaarana se, etteivät laboratoriokokeessa olekaan vallitsevana samat kulumisen mekanismit kuin käytännön olosuhteissa. Tämän virheen välttämiseksi tulisikin kenttä- ja laboratoriokokei-



Kuva 7. Kulumiseen vaikuttava tribosysteemi /13/.

Fig. 7. Wear as a tribosystem /13/.



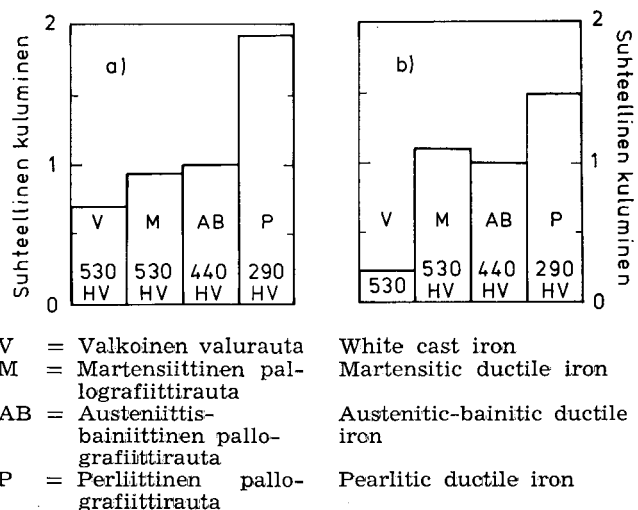
Kuva 8. Esimerkki kulumiskoestuksen jaottelusta /12/.

Fig. 8. An example of classification of wear testing /12/.

ta tehdä rinnan ja varmistua siitä, että kummassakin tapauksessa molemmat kulumisen tunnusuurat, kulumisen määrä ja kulumisen pinnan ominaisuuksien muutokset ovat verrannollisia keskenään.

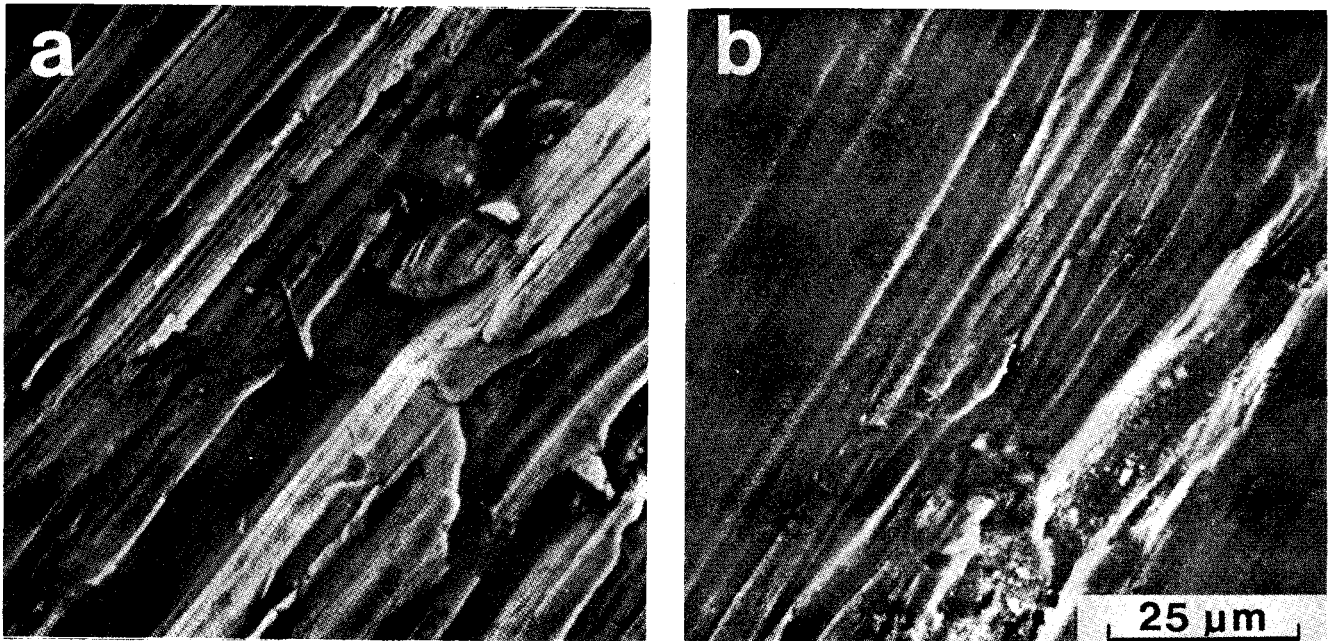
### ESIMERKKEJÄ ABRAASIOTUTKIMUKSISTA

Erilaisten valurautojen kulumista tutkittiin betonin pakkosekoittajan lapioina. Kokeissa havaittiin lapioiden asennuksen ja sekoittajan päivittäisen huollon vaikuttavan lapioiden kulumiseen lähes yhtä paljon kuin lapiomateriaalin. Kokeiden luotettavuus ei siksi ollut tyydyttävä. Kokeiden kulumistulokset on esitetty kuvassa 9a.



Kuva 9. Valurautojen suhteellinen kuluminen a) betonin pakkosekoittajan lapioina ja b) kumipyöräkokeessa.

Fig. 9. Relative wear rates of cast irons as a shovel of a concrete agitator (a) and in a rubber wheel test (b).

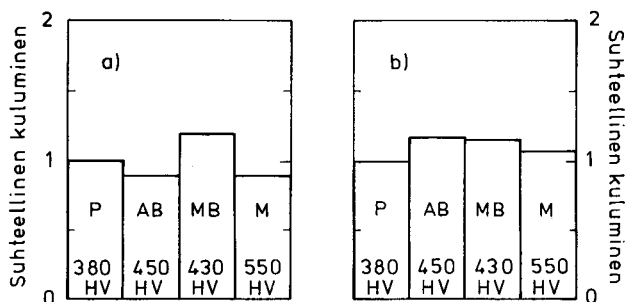


Kuva 10. Austeniittis-bainiittisen sekoitinlapion (a) ja kumipyöräkokeen koekappaleen (b) kulunutta pintaa.

Fig. 10. Surfaces of austenitic-bainitic ductile iron worn as a shovel of a concrete agitator (a) and in a rubber wheel test (b).

Samoja koemateriaaleja kulutettiin erilaisilla mallikoelaitteilla tarkoituksena löytää samanlainen pinnan ulkonäkö kuin mitä pakkosekoittajan lapioiden kuluneissa pinnoissa esiintyi /14/. Ns. kumipyöräkokeen havaittiin täyttävän tämän vaatimuksen (kuva 10). Kokeessa pyörivän kumipyörän ja sitä vastaan painetun koekappaleen väliin syötettiin abrasiivina toimivaa kvartsilietettä. Mallikoekella määritetyt suhteelliset kulumisarvot on esitetty kuvassa 9b. Näitä arvoja voidaan käyttää lapiomateriaalin valinnan apuna.

Mahdollisimman hyvä kulumiskestävyys on tärkeimpänä vaatimuksena valittaessa mineraalien jauhatuksessa käytettävien jauhintankojen materiaaleja. Tangoilta vaaditaan kulumiskestävyuden lisäksi myös oikaistavuutta, minkä vuoksi niiden keskiosan kovuus voi olla korkeintaan 400 HV. Valssaustilaisten jauhintankojen kovuutta ei siten voida nykyisestä paljon nostaa. Sen sijaan lämpökäsittelmällä voidaan jauhintankojen pinnan kovuutta ja siten ehkä myös niiden kulumiskestävyttä lisätä. Mikrorakenteen vaikutusta jauhintankojen kulumiskestävyteen käsittelee toinen esimerkki /15/.



P = Perliittinen teräs      Pearlitic steel  
 AB = Austeniittis-bainiittinen teräs      Austenitic-bainitic steel  
 MB = Martensiittis-bainiittinen teräs      Martensitic-bainitic steel  
 M = Martensiittinen teräs      Martensitic steel

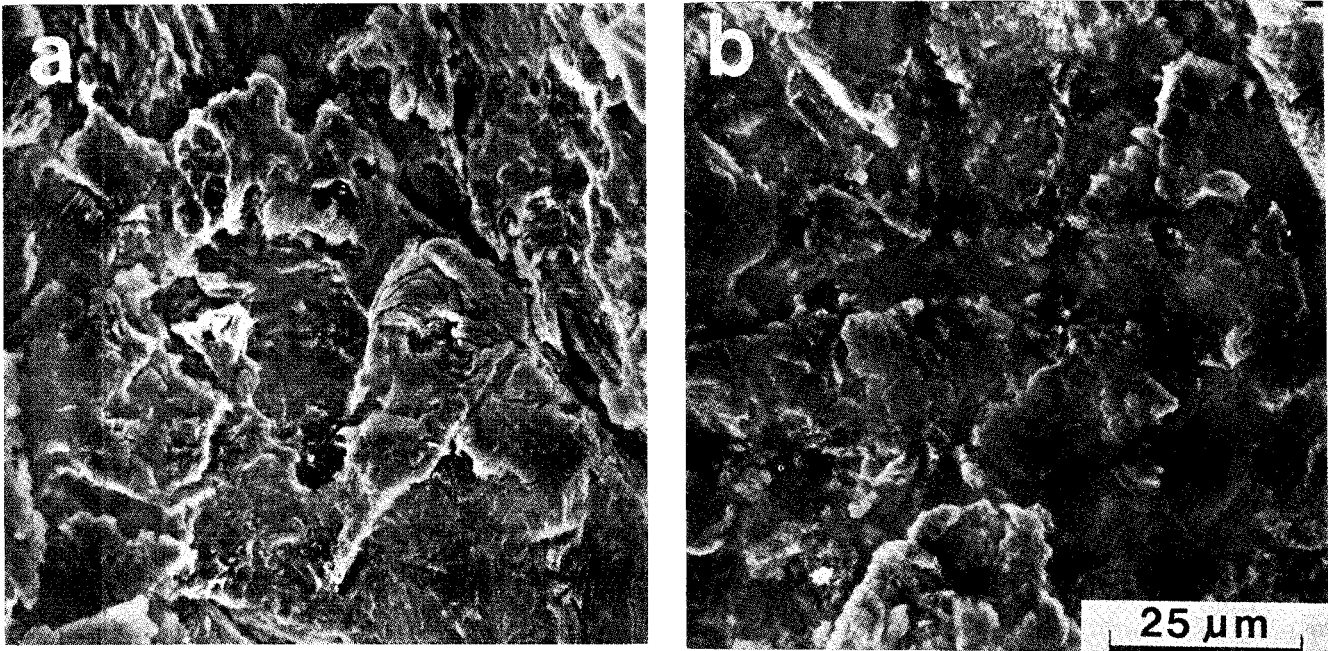
Kuva 11. Jauhintankomateriaalien suhteellinen kuluminen a) jauhettaessa wollastoniittipitoista kiveä ja b) jauhamista jäljittelevässä teräspyöräkokeessa.

Fig. 11. Relative wear rates of grinding rod materials in wollastonite milling (a) and in a steel wheel test (b).

Kuvassa 11a on esitetty neljän mikrorakenteeltaan erilaisen jauhintankomateriaalin suhteellinen kuluminen. Tangot olivat mukana viikon kestäneessä wollastoniittipitoisen kiven jauhatuksessa. Kuluneiden jauhintankojen pinnan ulkonäön havaittiin SEM-tutkimuksissa olevan samanlainen tankojen mikrorakenteesta riippumatta.

Koska luotettavan tiedon saaminen eri materiaalien kulumisesta jauhatuksessa veisi arviolta runsaat kaksi vuotta, ei lyhytaikaisen jauhatuskokeen tulokseen luotettu. Tämän vuoksi materiaaleja tutkittiin erilaisilla mallikoekella tarkoituksena aikaansaada samanlainen pintarakenne kuin mitä kuluneissa jauhintangoissakin oli. Lähes tällainen pintarakenne saatiin aikaan kokeessa, jossa kuivaa kvartsihiekkää syötettiin pyörivän teräspyörän ja sitä vastaan painettavan koekappaleen väliin (kuva 12). Jauhintankojen pinnalla havaittiin paikoitellen haurasta raerajamurtumaa, jota ei mallikoekappaleissa huomattu. Tämän vuoksi on todennäköistä, ettei mallikoe korostanut tarpeeksi tutkittavien materiaalien murtumissitkeyttä.

Saadut mallikoetulokset (kuva 11b) ovat kuitenkin materiaalinvalinnassa suuntaa-antavia.



Kuva 12. Martensiittis-bainiittisen jauhintangon (a) ja teräspyöräkokeen koekappaleen (b) kulunutta pintaa.

Fig. 12. Surfaces of martensitic-bainitic steel worn as a grinding rod (a) and in a steel wheel test (b).

#### KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Zum Gahr, K.-H., Werkstoffgefüge und abrasives Verschleissverhalten metallischer Werkstoffe. *Härt.-Tech.Mitt.* 35 (1980) 4, s. 182—191.
2. Suh, N. P. Sin, H.-C. & Saka, N., *Fundamental aspects of abrasive wear. Fundamentals of Tribology* (toim. Suh, N. P. & Saka, N.), MIT Press, Cambridge 1980, s. 519—540.
3. Moore, M. A., *Abrasive wear. Treatise on materials science and technology*, vol. 13, Wear (toim. Scott, D.), Academic Press, New York 1979, s. 217—257.
4. Murray, M. J., Mutton, P. J. & Watson, J. D., *Abrasive wear mechanism in steels. Wear of Materials 1979*. ASME, New York 1979 s. 257—265.
5. Hornbogen, E., *Metallurgical aspects of wear. Fortschr.-Ber. VDI-Z.* 5 (1976) 24, 73 s.
6. Zum Gahr, K.-H., *How microstructure affects abrasive wear resistance. Met. Progr.* 116 (1979) 4 s. 46—52.
7. Uetz, H. & Föhl, J., *Wear as an energy transformation process. Wear* 49 (1978), s. 253—264.
8. Rabinowicz, E., Dunn, L. A. & Russel, P. G., *A study of abrasive wear under three-body conditions. Wear* 4 (1961) s. 345—355.
9. Wellinger, K. & Uetz, H., *Gleitverschleiss, Spülverschleiss, Strahlverschleiss unter der Wirkung von körnigen Stoffen. VDI-Forsch.* 449 (1955) 40 s.
10. Söderberg, S., *Erosiv nötning — en litteraturstudie. Uppsala Universitet, UPTEC 7918R, Uppsala 1979.* 41 s.
11. Czichos, H., *A System analysis data sheet for friction and wear tests and an outline for simulative testing. Wear* 41 (1977) s. 45—55.
12. Uetz, H., Sommer, K. & Khosrawi, M. A., *Übertragbarkeit von Versuchs- und Prüfergebnissen bei abrasiver Verschleissbeanspruchung auf Bauteile. VDI-Ber.* 354 (1979) s. 107—124.
13. Czichos, H., *Systemtechnische Analyse und Beschreibung von Verschleissvorgängen. Z. Metallkd.* 71 (1980) 7, s. 421—426.
14. Valli, J., *Valurautojen abrasiivinen kuluminen. Diplomityö, TKK Vuoriteollisuusosasto, Espoo 1981.* 88 s.
15. Rauta, V., *Boori-, kromimangaani- ja piiteräksen abrasiivinen kuluminen jauhintankomateriaalina. Diplomityö. TKK Vuoriteollisuusosasto, Espoo 1981.* 88 s.

#### SUMMARY

##### ABRASIVE AND EROSIVE WEAR OF METALS

Hard particles or surface asperities, which are forced to move across a softer metal surface, form in abrasive sliding wear grooves by ploughing, microchipping and fracturing. Abrasion rate depends on solid state cohesion of the worn surface, loading intensity and the ratio of abrasive hardness to worn surface hardness. Erosion is the wear of a surface, which is hit by a stream of particles. Ductile materials wear more by microchipping at low impact angles, brittle materials, on the contrary, wear more by fracturing at high impact angles. When abrasion problems are to be solved, both field and model tests are required. The scanning electron microscope is the most important instrument in the abrasion and erosion research.

# Laadunvalvonta Japanin terästeollisuudessa

Dipl.ins. Ilpo Kaislaniemi, Oy Wärtsilä Ab, Helsinki

Japanin laadunvalvontaliike on eräs japanilaisten tuotteiden korkean laadun ja kohtuullisen hintatason tärkeimpiä tekijöitä. Japanin terästeollisuus on alan kansainvälisestä lamasta huolimatta onnistuneesti sekä leikannut tuotantokapasiteettiaan että kasvattanut tuottavuutta. Tässä kehityksessä on tärkeänä tekijänä ollut laadunvalvontaliike.

Taulukko 1. Japanin terästeollisuus 1980.

Table 1. Japanese steel industry 1980

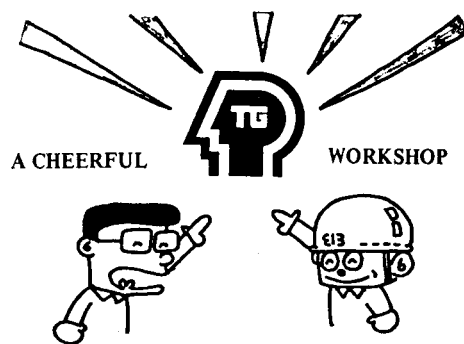
Crude steel production	111.4 million tons	
of which		
— BOF steel	75.5 %	
— Electric furnace steel	24.5 %	
Steel export, totally	30.3	„
Iron ore import	133.7	„
Coking coal import	58.3	„
Number of member companies of the Japan		
Iron and Steel Federation	48	
Number of employees	320 000	
Number of blast furnaces	66	
— of which over 4000 m <sup>3</sup>	15	
Number of BOFs	94	„
Number of electric furnaces	627	
Coke rate	450 kg/t	
Fuel rate	460	„

## JAPANILAISTEN YRITYSTEN JOHTAMISEN MENETELMÄT

Japanin pinta-ala on hieman Suomea suurempi, mutta vain vajaa viidennes maasta soveltuu asutukseen, viljelyyn tai teollisuuden käyttöön. Japanissa asuu 117 miljoonaa ihmistä. Japanin ilmasto- ja luonnonolosuhteet ovat taifuuneineen ja maanjäristyksineen ankarat. Japani on riippuvainen tuontiraaka-aineista ja tuontien energiasta.

Japani on kuitenkin onnistunut voittamaan vaikeutensa. Se on yhdistämällä perinteen ja lähihistorian opetukset onnistunut kehittymään hyvinvointiyhteiskunnaksi, jonka korkealaatuiset teollisuustuotteet valloittavat maailmaa. Tähän ovat ennenkaikkea vaikuttaneet viime sodan jälkeen kehitetyt yritysten johtamismenetelmät.

Japanilaisyrityksessä painotetaan ihmissuhteiden tärkeyttä ja inhimillisyyttä. Päätökset tehdään alhaisella tasolla ja niin, että ne kaikki, joihin päätös tulee vaikuttamaan, saavat osallistua sen tekemiseen. Yrityksessä tiedon kulku on avointa, tavoitteista ja niihin pääsemisestä keskustellaan päivittäisissä kokouksissa. Elinikäinen työsuhteet takaa yrityksille työvoimaa ja työntekijöille työtä. Palkka nousee pääasiassa iän mukaan; kokemusta arvostetaan.



Kuva 1. Kawasaki Steel'in TG-tunnus.

Fig. 1. Kawasaki Steel's TG-slogan.

tetaan. Koulutustaso on korkea. Työntekijöitä kierrätetään eri osastoilla ja koulutetaan hoitamaan eri tehtäviä, mikä lisää joustavuutta ja pienentää eri osastojen välistä kitkaa. Suunnittelu on pitkäjänteistä ja tavoitteellista. Linjaorganisaatio on hyvin vahva. Työnjohtaja, joksi nimitetään yleensä pitkään työssä ollut, työvaiheet tunteva ja työterehtänsä kunnioitusta nauttiva työntekijä, on monessa suhteessa avainasemassa.

Japanilaisten mielestä heidän johtamismenetelmänsä vastaavat paremmin nykyaikaa kuin länsimaissa käytettävät menetelmät.

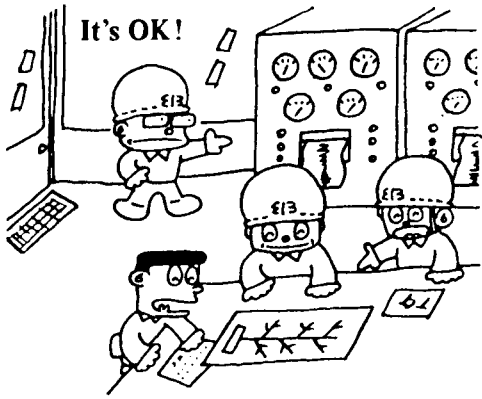
## JAPANIN LAADUNVALVONTALIIKE

Japanilainen laatuliike on itse asiassa koko yrityksen läpi ulottuva johtamisjärjestelmä, josta yleisimmin käytetään nimeä Total Quality Control, TQC ja joskus myös Company Wide Quality Control, CWQC. Puhuttaessa laadunvalvonnasta yleensä käytetään yleisesti lyhennystä QC (Quality Control, laadunvalvonta). Tästä on johdettu muita termejä ja lyhennyksiä, kuten laatupiiri (QC Circle, QCC).

Tärkein osa laatuliikettä on yritysjohdon kannustava osallistuminen, näkyvin osa ns. laatupiiritoiminta, jossa työntekijät osallistuvat laadun kehittämiseen.

Laatu-käsite on näissä yhteyksissä laava: tuotteen laatu, työympäristön laatu, tuottavuus, työturvallisuus, ympäristönsuojelu, henkilösuhteet. Laadunvalvontaa sovelletaan yrityksen kaikilla osastoilla: tuotekehittely, myynti, hallinto, tuotanto.





**Kuva 2.** TG-kokous voidaan pitää myös työaikana tehtävien niin salliessa.

**Fig. 2.** The meeting may be held even during the working hours, by selecting a proper place for it.

Laatupiiri on pieni ryhmä, joka vapaaehtoisesti suorittaa laadunvalvontatyötä. Japanissa yleisesti käytössä olevan määritelmän mukaan tämä pieni ryhmä suorittaa laadunvalvontatyötä

- jatkuvasti
- totaalisen laadunvalvonnan osana
- itseään kehittäen ja edistäen keskinäistä kehittymistä
- valvoen ja parantaen
- omalla työpaikallaan
- käyttäen laadunvalvontamenetelmiä.

Valmistavassa teollisuudessa, toimistoissa jne., laatupiireistä käytetään yleensä nimeä QC Circles, terästeollisuudessa Jishu Kanri Group eli vapaaehtoisryhmät, Kawasaki Steel'illä TG Groups eli ajatteluryhmät (Think Groups) jne. vaihdellen yrityksestä riippuen.

Japanissa vuonna 1951 alkanut laadunvalvontatyö keskittyi aluksi tilastollisten menetelmien käyttöön tuotteiden laadun parantamisessa. Japanilaiset kehittivät edelleen USA:sta tuotuja ideoita ja laadunvalvonta kehittyi TQC-suuntaan. Tämän osana syntyi 1960-luvun alussa laatupiiritoiminta, joka nykyään on levinnyt koko valmistavan teollisuuden lisäksi rakennusteollisuuteen, pankkeihin, ravintoloihin jne. Samalla laadun määrittely on laajentunut kattamaan edellä esitetyt käsitteet aina elämisen laatuun saakka.

Laadunvalvontaliikkeen kehitykseen ja menestykseen on luonnollisesti vaikuttanut useita seikkoja, joista ehkä tärkeimmät ovat seuraavat.

- Teollisuuden ylin johto kiinnostui laatuliikkeestä etsiessään menetelmiä Japanin teollisuuden valtaviin ongelmien ratkaisemiseksi 1950-luvulla. Laatuliike on sen jälkeenkin kehittynyt erityisesti vaikeina aikoina, jolloin on ollut pakko etsiä keinoja yritysten pystyessä pysyttämiseksi. Eräs esimerkki on ensimmäisen öljykriisin jälkeinen aika.
- Maanlaajuinen organisaatio Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE) on järjestänyt ja järjestää kursseja, konferensseja, palkintojenjakotilaisuuksia jne. sekä toimii laatupiirien keskusorganisaationa.

#### TERÄSTEOLLISUUDEN LAADUNVALVONTALIIKE

Koko yrityksen kattava laadunvalvontaliike laatupiireineen käynnistyi Japanin terästeollisuudessa 1960-luvun puolivälissä. Kehitys noudatti muun teollisuuden

mallia; paikallisista oloista riippuen pienryhmää kutsuttiin joko laatupiiriksi (Quality Control Circle, QC-Circle) tai nolllavika-työryhmäksi (Zero Defect, ZD). Nykyisin yleisimmin käytetty nimitys Jishu Kanri-toiminta tai -ryhmä (JK-ryhmä) vakiintui 1969, jolloin Japan Iron and Steel Federation perusti JK-toimintaa koordinoivan komitean.

#### Jishu Kanri

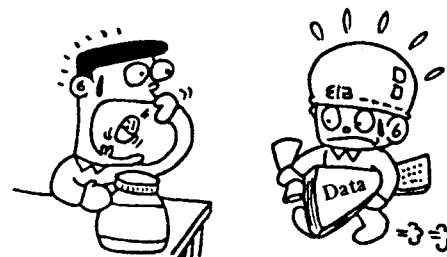
Japanin terästeollisuuden Jishu Kanri- (JK-)toiminnalla tarkoitetaan toimintaa, missä saman työpaikan työntekijät tai muuten samanlaista työtä tekevät vapaaehtoisesti muodostavat pienryhmän, valitsevat keskuudestaan ryhmänjohtajan sekä yhteisten keskustelujen pohjalta asettavat päämäärän ja yhdessä tekevät työtä tuon päämäärän saavuttamiseksi.

Tuolle pienryhmälle käytetään JK-ryhmän ohella yleisesti ja yrityskohtaisesti myös muita nimityksiä, kuten laatupiiri, ZD-ryhmä tai niinkuin Kawasaki Steelillä TG-ryhmä (Think Group).

#### JK-toiminnan tavoitteet

JK-ryhmätoiminta antaa työntekijöille mahdollisuuden ja keinon osallistua omalla työpaikallaan koko yrityksen laajuiseen laadunvalvontaliikkeeseen. JK-toiminnalla katsotaan saatavan sekä aineetonta että aineellista hyötyä, mikä sitten jakaantuu työntekijöille, yritykselle ja yhteiskunnalle. JK-ryhmät puuttuvat työpaikkatason asioihin, kuten tuotteiden laadun parantamiseen, tuottavuuden lisäämiseen, kustannusten alentamiseen ja työturvallisuuteen. Eräitä yleisiä tavoitteita, joilla saavutettavaa hyötyä on kuitenkin vaikea mitata, ovat mm. seuraavat.

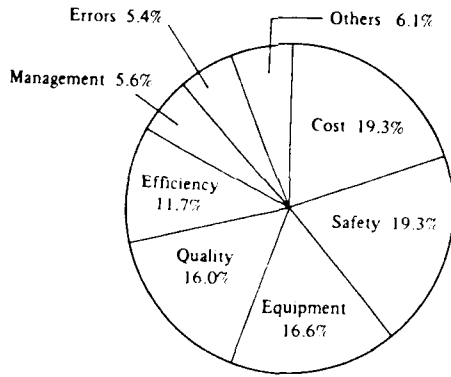
- JK-toiminta auttaa siihen osallistuvia työntekijöitä, työnjohtajia ja apulaistyönjohtajia parantamaan ja kehittämään henkilökohtaisia kykyjään ja taipumuksiaan kasvattaen heitä yksilönä sekä kehittäen heidän johtajaominaisuuksiaan vaihtuvan ryhmänjohtajajärjestelmän ansiosta.
- Vapaaehtoinen osallistuminen parantaa ryhmähenkeä, ryhmätyötekniikkaa ja ihmisten välisiä suhteita sekä auttaa löytämään työlle ja elämälle tarkoitusta ja sisältöä.
- JK-toiminta tarjoaa mahdollisuuden kehittää omaa työtään mielenkiintoisemmaksi ja motivoitummaksi mm. sillä, että kokonainen työjakso voidaan tehdä alusta päätökseen ja että työn tulokset ovat suhteellisen välittömästi nähtävillä.
- Ylhäältäpäin tuleviin käskyihin perustuva konventionaalinen yritysorganisaatio on muutettu JK-toiminnan avulla aktiiviseksi ja luovaksi yhteistyöhaluiseksi ja -kykyiseksi työyhteiseksi.



**Kuva 3.** Laadunvalvonnan hallitsemiseksi ei ole mitään oikotietä tai patenttilääkettä, vain tekemällä oppii.

**Fig. 3.** TG cannot be mastered by sitting in a chair and by swallowing TG medicine.





**Kuva 4.** Aiheluokitus:

— kustannukset	19,3 %
— turvallisuus	19,3
— laitteet	16,6
— laatu	16,0
— tehokkuus	11,7
— johto	5,6
— virheet, viat	5,4
— muut	6,1

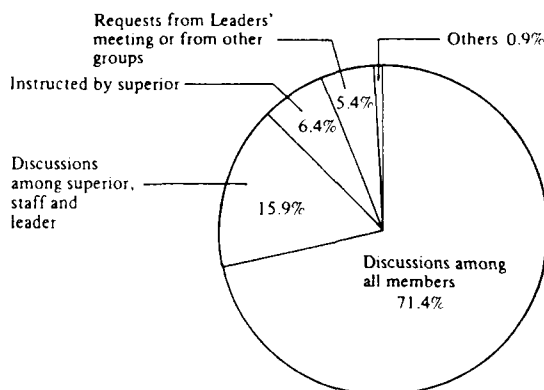
**Fig. 4.** Classification of subjects

#### JK-ryhmien organisaatio

JK-ryhmä muodostetaan työpaikalla vapaaehtoisesti; jatkuvassa kolmivuorotyössä luonnollinen pienryhmä on vuoromiehistö. Ryhmän johtajuus kiertää; yleisimmin vetotehtävään valitaan apulaistyönjohtaja (junior foreman). Ryhmässä on yleensä 6—10 jäsentä. Ryhmät rekisteröidään tehtaan konttoriin sekä yhtiön pääkonttoriin. Isoimmista yrityksistä nimetään yhtiötasolle JK-koordinaattori.

JK-toimintaan osallistuu:

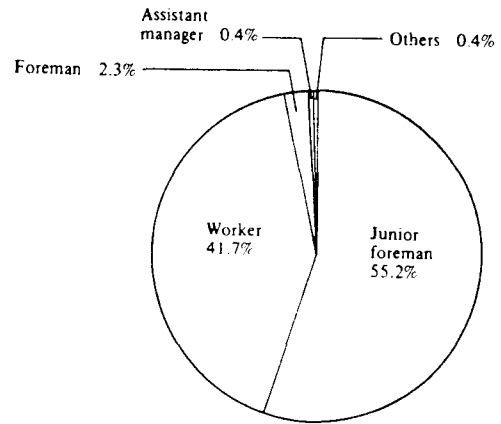
- 46 yhtiön
- 164 tehtaalla
- noin 30 000 JK-ryhmää, joiden työskentelyyn osallistuu
- noin 200 000 työntekijää.



**Kuva 5.** Aiheen valinta:

— ryhmän keskinäisten keskustelujen perusteella	71,4 %
— esimiesten kanssa käydyissä keskusteluissa	15,9
— esimiesten antamia aiheita	6,4
— toisilta ryhmiltä saatuja aiheita tai ryhmänvetäjien kokouksessa saatuja	5,4
— muut	0,9

**Fig. 5.** Selection of subject



**Kuva 6.** JK-ryhmän vetäjän asema

— apulaistyönjohtaja	55,2 %
— työntekijä	41,7
— työnjohtaja	2,3
— apulaistyönjohtaja tai apulaistosastopäällikkö	0,4
— muu	0,4

**Fig. 6.** Position of the leader of JK-group

JK-ryhmät eri osastoilla:

Osasto	JK-ryhmää
Tuotanto	27 000
Suunnittelu	200
Myynti	200
Tutkimus	1 300
Konttori	1 200
Muut	100

Yhteensä 30 000

Japanin terästeollisuusyhdistyksen JK-komitea johtaa ja koordinoi JK-toiminnan kehitystyötä mm. järjestämällä presentaatioita, kouluttamalla kouluttajia, järjestämällä ulkomaan opintomatkoja jne.

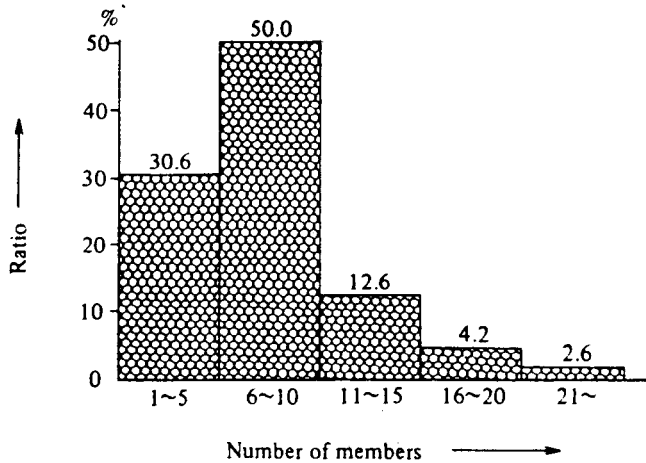
#### JK-ryhmien aihevalinnat

Suurin osa, noin 3/4 aiheista kehitellään JK-ryhmän sisäisissä keskusteluissa.

Yli puolet aiheista liittyy suoraan ko. työpaikan ongelmiin. Mikäli ryhmä ei itse keksi käsiteltäviä aiheita, se voi pyytää esim. työnjohtajaa antamaan sopivan aiheen.

Aiheiden suosituimmuus Japan Iron and Steel Federationin tekemän selvityksen mukaan:

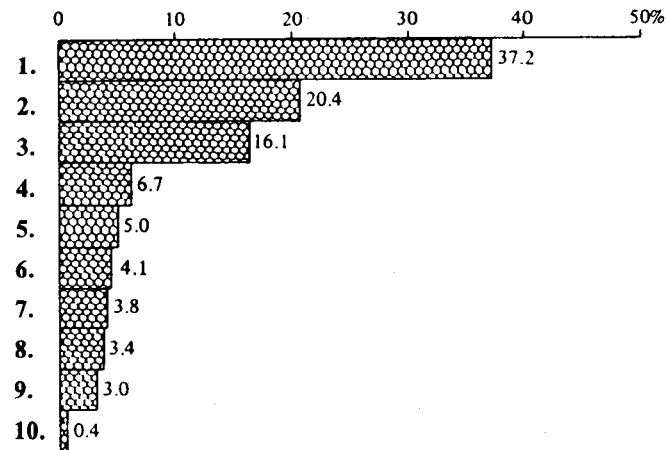
1. Kustannusten alentaminen: kulujen vähentäminen, prosessin yksinkertaistaminen, tehokkaampi ajankäyttö, ajan lyhentäminen, raaka-aineiden ja energian säästö.
2. Turvallisuus: rasiusten esto, työpaikan järjestys, turvallisuus ja hygienia, siivous.
3. Koneiden käyttö ja kunnossapito: mekaanisten vikojen esto, automaatio, työkalujen parantaminen, työnjärjestelyjen parantaminen.
4. Tuotteen laadun parantaminen: viallisten tuotteiden vähentäminen, laadun parantaminen, reklamaatioiden ennalta ehkäisy, standardoimattomien tuotteiden vähentäminen, toiminnan stabilointi.
5. Tehokkuuden parantaminen: tuotos, aika, prosessin valvonta, toimitukset, prosessin suunnittelu, kuljetukset.
6. Tarkastuksen optimointi: standardointi, prosessin tarkistus, tarkastuskohdat, toistuvien ongelmien esto, tarkastuksen parantaminen.
7. Eri asia: onnettomuuksien, tarkastusvirheiden ja tiedonkulun virheiden poistaminen.
8. Muut: opiskelu, ympäristönsuojelu, moraalien parantaminen.



**Kuva 7.** JK-ryhmän jäsenmäärä

jäseniä	%
1 ... 5	30,6
6 ... 10	50,0
11 ... 15	12,6
16 ... 20	4,2
21 ...	2,6

**Fig. 7.** Number of JK-group members



**Kuva 8.** Kokoon-tumisajankohta:

1. työajan ulkopuolella	37,2 %
2. odotusajalla	20,4
3. kun työ on pysähdyksissä	16,1
4. työaikana	6,7
5. aamukokouksissa	5,0
6. tauon aikana	4,1
7. ennen työajan alkua	3,8
8. lomalla	3,4
9. vuoroa vaihdettaessa	3,0
10. muulloin	0,4

**Fig. 8.** When is a meeting held? (Time ratio)

1. Outside regular working hours	37,2 %
2. Waiting time	20,4
3. Work stoppage	16,1
4. During regular working hours	6,7
5. Morning gathering time	5,0
6. During break	4,1
7. Before start of regular working hours	3,8
8. Holiday	3,4
9. Change of shift	3,0
10. Others	0,4

### Kokoukset, ongelmien ratkaisu

JK-ryhmä käsittelee yhtä aihetta yleensä verrattain kauan, ehkä noin puolen vuoden ajan. Kuukaudessa pidetään useita kokouksia, joista pitemmät yleensä työajan ulkopuolella, lyhyet työajalla, tauoilla, vuoron vaihtuessa jne.

JK-ryhmän jäsenet osaavat itse käyttää yksinkertaisia tilastollisia menetelmiä, kuten pylväsdiagrammia, syy- ja seuraus- eli kalanruoto- tai Ishikawa-diagrammia, valvontakorttia tms. Kokeneet "pitkän linjan" työnjohtajat sekä tehtaan laadunvalvonnan, operaatioanalyysin jne. asiantuntijat avustavat tarvittaessa.

### JK-ryhmätyön tulokset

Ryhmä saa aikaan konkreettisia tuloksia ongelmansa ratkaisuksi.

Onnistuneesti päättyneen projektin myötä sekä ryhmän itseluottamus että luottamus ryhmätyön keinoihin kasvavat. Ryhmän jäsenet saavat tyydytystä voidessaan osallistua yhteisten asioiden käsittelyyn ja saadessaan projektin päätökseen.

Ryhmä valmistele työstään ja sen tuloksesta raportin ja kalvoesityksen, mikä esitetään yleensä kaksi kertaa vuodessa järjestettävässä tehtaan JK-ryhmätöiden presentaatiotilaisuudessa. Parhaat esitykset pääsevät yhtiön vuotuisiin JK-ryhmätyöpresentaatioihin, joissa kuulijana on myöskin yhtiön ylin johto. Edelleen parhaat esitykset voidaan lähettää alueellisiin tai koko Japanin presentaatiotilaisuuksiin.

Tavanomaisia aloitepalkintoja lukuunottamatta JK-ryhmien jäsenet eivät yleensä saa palkkiota toiminnastaan. Joissakin yrityksissä on käytössä pieni kokouspalkkio, joka on tarkoitettu ryhmän käyttöön. Mahdollisuus päästä esittämään omaa projektiaan arvovaltaiseen presentaatiotilaisuuteen tai tulla valituksi ulkomaan opintomatkalta lähtevään ryhmään, ovat yksilöön kohdistuvat palkitsemistavat.

### YRITYSKOHTAISIA ESIMERKKEJÄ

#### Nippon Kokan K.K., Keihin Works

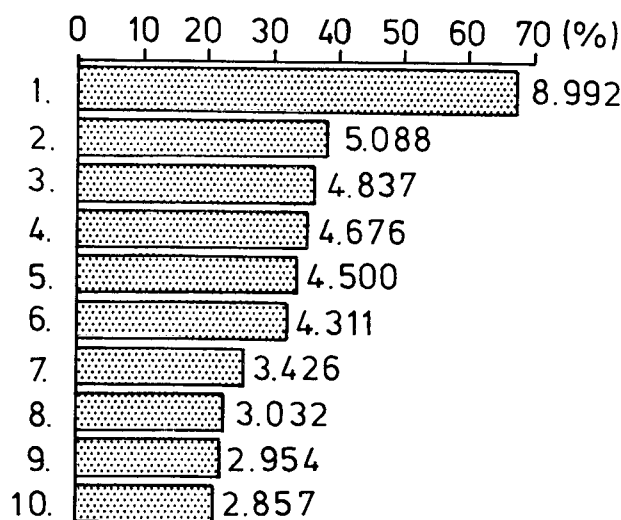
NKK:n Keihin Works'iin kuuluu Ogishiman huippumoderni integroitu terästehdas (kapasiteetti n. 8 milj. tonnia vuodessa) ja joitain vanhempia yksiköitä. Tehtaiden 1320 laatupiiriin kuuluu yhteensä 8000 työntekijää ja työnjohtajaa. Ensimmäinen laatupiiri aloitti jo 1963. Naispuolisen toimistohenkilökunnan laatupiiritöiminta alkoi 1979. Nyt yhteensä 36 piiriin kuuluu 235 toimistotyöntekijää.

Tehtaiden alueella työskentelee lisäksi 42 alihankkija-yhtiön 4500 työntekijää, joista 3800 kuuluu yhteensä 400 laatupiiriin. Nämä käynnistyivät vuonna 1977.

Ryhmät käsittelevät eri aiheita ja sen lisäksi tekevät aloitteita: vuonna 1980 niitä tehtiin 60 000. Hyväksytystä aloitteesta maksetaan 20 mk:n palkkio, tuloksiin johtaneesta aloitteesta saa sen tekijä, joka siis yleensä on ryhmä, 100...2000 mk.

Nippon Kokan in Keihin Works'in laatupiiripresentaation 9.5.1981 aiheita:

- Kuonarännien putoamisen estäminen
- Jäähdytystornien energiansäästö talvella
- Kuumasaha n:o 1 työnjärjestelyjen parantaminen



**Kuva 9.** Mikä parani JK-toiminnan avulla ? (Kyselyn tuloksia)

1. Ryhmän vetäjä sai tärkeätä kokemusta
2. Kriittiset kyvyt paranivat
3. Kommunikaatio työntekijöiltä esimiehiin päin parani
4. Työolosuhteet paranivat
5. Paransi tietoisuutta työsuorituksen parantamiseksi
6. Paransi ryhmätöitä
7. Paransi turvallisuutta
8. Kustannuksia alennettiin
9. Kommunikaatio esimiehiltä työntekijöihin päin parani
10. Paransi ihmissuhteita

**Fig. 9.** What is improved by JK Activities? (questionnaire survey)

1. Leader received an important experience
2. Improved critical abilities
3. Improved communication from workers to supervisor
4. Established more desirable working conditions
5. Improved consciousness of job performance betterment
6. Improved team-work
7. Improved safety
8. Cost reduction achieved
9. Improved communication from supervisor to workers
10. Improved human relations

- Nopeakäyntisen harkkosahan leikkuuterän tehokkuuden lisääminen
- Kustannusten alentaminen Quantovac-analyysissä
- Kustannusten alentaminen koksivarastossa
- Ylijäämäkaasun johtaminen putkitekhtaalle ajettaessa masuunia pelkästään koksilla (all-coke operation).

### Kawasaki Steel, Chiba Works

Kawasaki Steelin Chiban terästehdas käynnistyi 1951. Tällä hetkellä tehtaalla viiden masuunin kapasiteetti on 8,5 milj. tonnia vuodessa. Työntekijöitä on 12 800. Päätuotteet ovat kuuma- ja kylmävalssatut sekä tinatut tai galvanoidut levyt sekä suuriläpimittaiset putket mm. arktisia öljyjohtolinjoja varten

Chiban tehtaalla toimii 3500 TG-ryhmää (Think Group), joissa on keskimäärin 8 jäsentä. Ryhmät käyttävät kokouksiin aikaa keskimäärin kaksi tuntia kuukaudessa, mistä vajeat puolet työaikana. Lisäksi lyhytaikaisia neu-

votteluja pidetään silloin tällöin työn lomassa. Ryhmät ratkaisevat keskimäärin 1,7 ongelmaa vuodessa/ryhmä. Kawasaki Steel antaa ryhmien käyttöön n. 40 mk/jäsen vuodessa. Raha käytetään aineiston hankintaan, matkavastuksiin jne.

TG-ryhmien käsittelemät aiheet liittyivät vuonna 1980:

- työturvallisuuteen 77,3 %
- laatuun 3,4 %
- suorituskäyttöön 4,3 %
- kustannuksiin 12,5 %
- toimituksiin 2,5 %

Kawasaki Steelin TG-toiminta on "kaksipyöräinen vauhu", jonka toinen pyörä on TG-ryhmien toiminta ja toinen työntekijöiden aloitetoiminta. Vuonna 1980 yhtiön 35 900 työntekijää tekivät yhteensä 265 500 aloitetta, joista Chiban tehtaalla 132 000. Aloitteista hylättiin 2,4 %; loput saivat palkkion, jonka suuruus voi vaihdella 6...2000 markkaan.

Aloitteita jaettiin n. 2 milj. mk. Aloitetoiminnan katsotaan tuottavan yhtiölle rahallista hyötyä 200...240 milj. mk vuodessa. Aloitteista neljännes tulee TG-ryhmiltä.

### Kawasaki Steelin tutkimuskeskuksen laatupiiri-presentaatio 31. 3. 1981

Koko päivän mittaisesta presentaatiosta tämän kirjoittajalla oli tilaisuus seurata kolmea, joista kukin kesti n. 20 min.

#### 1. Virumiskoelaitteiden maanjäristyskestävyyden parantaminen

Korkeissa lämpötiloissa käytettäväksi tarkoitettujen ohutlevyjen virumisominaisuuksia testataan laitteistolla, johon kuuluu mm. 185 vastapainoa ripustusjärjestelyineen. Pienikin maanjäristys aikaansaa helposti värähtelyjä, jotka huonontavat mittauksien tarkkuutta. TG-ryhmä (5 henkilöä) analysoi ongelmat; vastatoimenpiteenä asennettiin mm. erityiset iskun- ja värähtelyvaimentimet.

#### 2. Teräksen magneettisten ominaisuuksien (mm. hysteresishäviö) mittauksen automatisointi

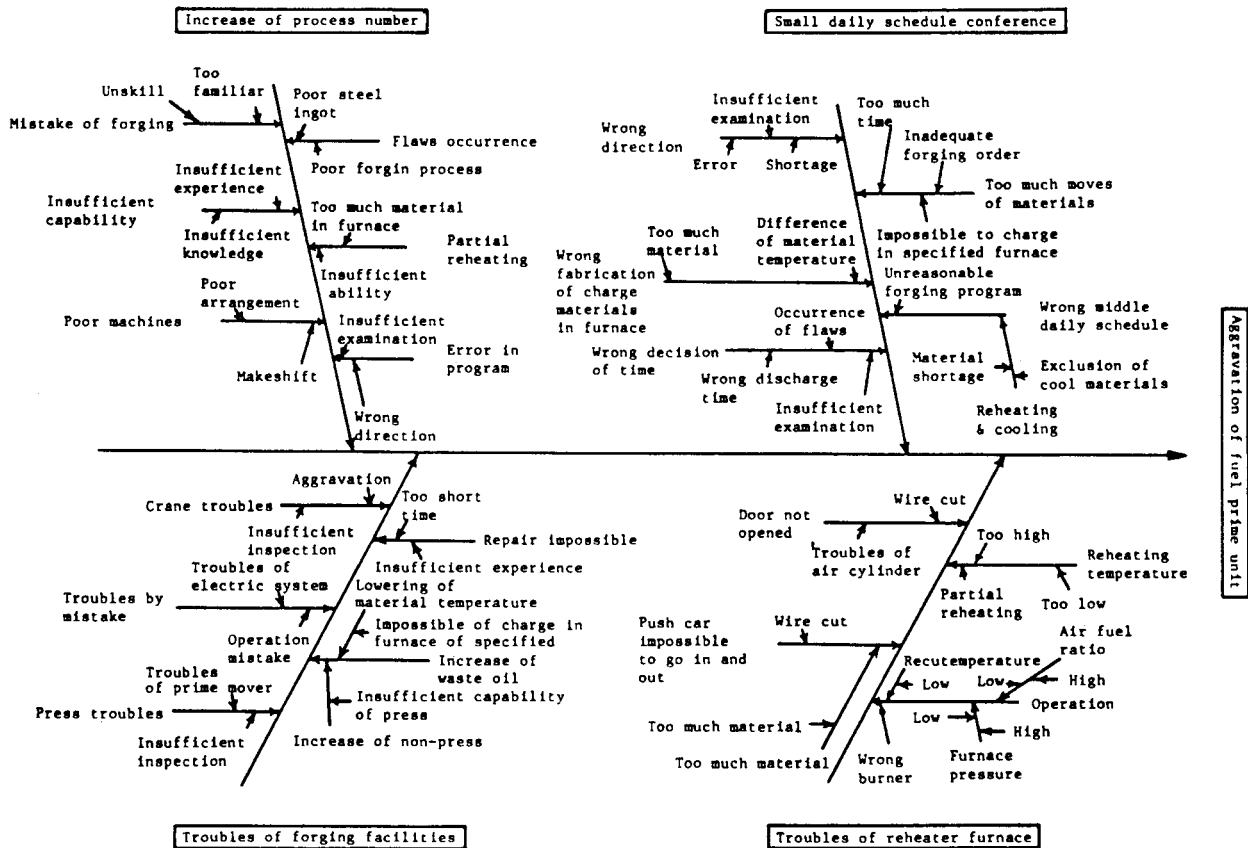
TG-ryhmän (3 jäsentä) työn tuloksena mittaukseen käytettävä aika lyheni 50:stä 15:een minuuttiin. Saavutetut säästöt ovat n. 40 000 mk vuodessa.

#### 3. Pintakäsittelykoelaitoksen bonderoimisprosessin parantaminen

TG-ryhmän (10 jäsentä) työn tuloksena bonderoimiseen aikaisemmin tarvittu kolmen työntekijän sijasta tuli mahdolliseksi hoitaa tehtävä kahdella työntekijällä, joiden työolosuhteet ja työturvallisuus samalla ratkaisevasti paranivat. Tästä aiheutuva säästö on noin 7500 mk vuodessa.

### Kawasaki Steelin "TG Activities Manual"

Kawasaki Steel on kääntänyt ryhmätööhjekirjansa myös englanniksi. 60-sivuinen kirja esittelee TG-ryhmätöiminnan perusfilosofiaa usealta kannalta. Oppaassa annetaan myös työkalut ryhmätöön suorittamiseksi; raportointilomake, check- sekä tilastolliset apuvälineet (Pareto-syy- ja seuraus- sekä hajontadiagrammit, histogrammi, valvontakortti jne.).



**Kuva 10.** Esimerkki syy- ja seuraus- eli kalanruoto- eli Ishikawa-diagrammista.

**Fig. 10.** Example of cause-and-effect diagram (other names fishbone- and Ishikawa-diagram).

**TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT**

Jishu Kanri-ryhmätyö pohjautuu työntekijöiden vapaaehtoiseen, spontaaniin toimintaan. Toiminnallaan nämä parantavat työympäristöään ja ihmissuhteita, kehittävät henkilökohtaisia kykyjään ja luovuuttaan. Taloudellisen tilanteen huonontuessa sekä energian ja raaka-aineiden saannin vaikeutuessa on JK-ryhmän toiminta olennaisesti auttanut Japanin terästeollisuutta säilyttämään kilpailukyönsä ja jopa kohottamaan tuottavuuttaan.

Japanilainen yritys asettaa nykyisin yleisesti liiketoimintansa tavoitteiksi yhteiskunnan palvelemisen parhain mahdollisin tuottein sekä luovan edistyksen ja kehityksen. Johdon toimintapolitiikkana näihin tavoitteisiin pääsemiseksi on luoda edellytykset yrityksen ja siinä työskentelevien jatkuvalle hyvinvoinnille ja turvallisuudelle.

Tämä toteutetaan edistämällä totaalista laadunvalvontaa ja laadunvarmistusta, toteuttamalla kokonaisvaltaista johtamispolitiikkaa yhtiöissä sekä kehittämällä luovuutta ja henkisiä voimavaroja.

Ei ole epäilystäkään, etteikö myös Japanin terästeollisuus jatkaisi menestyksestä toimintaansa tältä pohjalta.

**SUMMARY**

**QUALITY MANAGEMENT IN JAPANESE STEEL INDUSTRY**

Products manufactured in Japan have won a worldwide reputation for value and dependability. Seeking the reason for this success, industrialists in other countries first studied the process and equipments used in Japanese plants. But much interest is now focused on Japan's factory workers themselves. A leading aspect of Japanese workers' contribution to the production of quality goods is quality control activities (QC): the positive attitude of the top management and the participation of workers in voluntary groups whose aim is to boost productivity and to improve product quality.

In the Japanese steel industry these QC-activities are called Jishu Kanri activities (JK), which have a history of more than ten years with results that are worthy of study even overseas.

This article is a brief introduction to the JK-activities with some practical examples of JK-groups' work and results at Nippon Kokan and Kawasaki Steel.

# Puolan yli tuhatvuotinen kaivostraditio

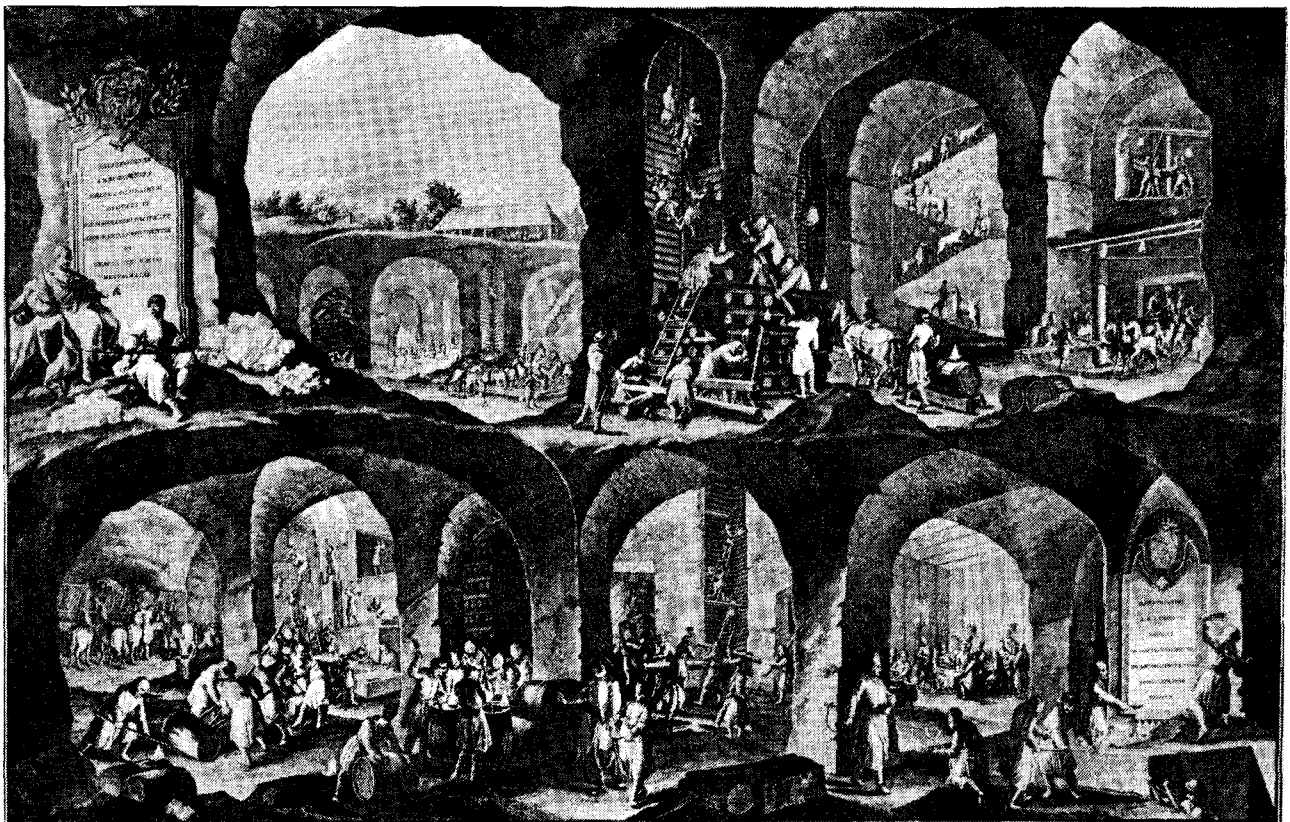
Dipl.ins. Andrzej Zablocki, Oy Julius Tallberg Ab, Atlas Copco

Puolan kaivosteollisuus on eräs Euroopan vanhimmista. Vanhimmat Puolasta löydetyt työkalut on valmistettu kvartsista, eräästä varhaisimmasta louhitusta mineraalista.

Vanhat, tähän päivään saakka hyvin säilyneet 4–10 m syvät kuilut sijaitsevat Swietokrzyskie vuoristossa lähellä Radomia. Kivikausi kesti n. vuoteen 4000 eKr. ja nämä kaivokset kuuluvat tälle aikakaudelle. Vanhin kuilu on n. vudelta 15000 eKr.

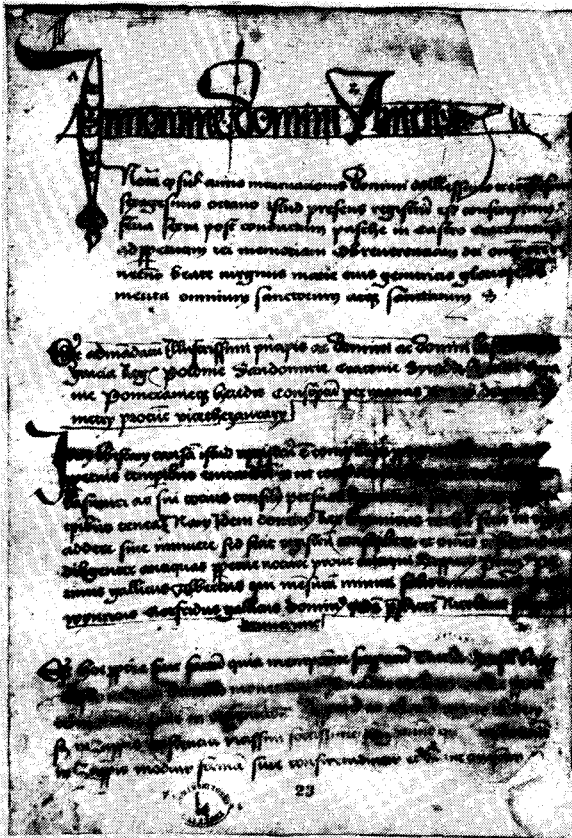
Kuparituotteet — pronssikausi — ilmestyivät Puolan alueelle v. 2200–2000 eKr. Puolan pohjoisilla alueilla on kaivosmenetelmillä louhittu meripihkaa v. 3000–2000 eKr. Rautamalmin louhinta Puolassa on aloitettu n. vuonna 700 eKr. Swietokrzyskie vuoristossa. Puolan kaivosteollisuutta koskevat ensimmäiset historialliset maininnat koskevat Wieliczkan suolakaivosta. Jo 11. vuosisadalla siellä on louhittu suolaa ja se mainitaan asiakirjassa, jonka prinssi Kazimierz Odnowiciel on julkaissut.

Suola on siitä lähtien ollut merkittävä Puolan vientiartikkeli ja suolakaivokset sen kaivosteollisuuden ylpeys. Tällöin perustettiin myös vuorimiesyhteisö, joka on ollut etuoikeutetussa asemassa. Wieliczkan vuorimiesten ammattitaito on koko Euroopassa ollut hyvin kysyttyä. Maailmalla hyvin tunnetuksi on Wieliczkan kaivoksen tehnyt ruotsalainen mittaja Martin German, joka 7 vuoden ajan teki kaivoksesta ja kaupungista karttoja. Ne ovat ensimmäiset niin suurella tarkkuudella tehdyt kaivoskartat maailmassa ja ne valmistuivat vuonna 1638. Vuonna 1645 tunnettu gdanskilainen kaivertaja teki kuningas Wladislaw IV:n tilauksesta karttojen pohjalta kuparipiirroksia ja lisäsi niihin kuvia, jotka esittävät suolakaivoksessa tehtyjä erilaisia töitä työkaluineen. Myös 1800-luvulla tehtiin hienoja kaivosta esittäviä kuparipiirroksia (kuva 1). Nykyisin osa Wieliczkan kaivoksesta toimii museona, joka on maailmankuulu sekä kaivostekniikan että kauneutensa vuoksi.



Kuva 1. Wieliczkan kaivos. J. E. Nilsonin kuparipiirros vuodelta 1760.

Fig. 1. Wieliczka mine. Copperplate by J. E. Nilson from 1760.



Kuva 2. Kuningas Kazimierz Wielkin kirjoittama suola-kaivoksien peruskirja vuodelta 1568.

Fig. 2. Charter of the salt mines written by King Kazimierz Wielki in 1568.

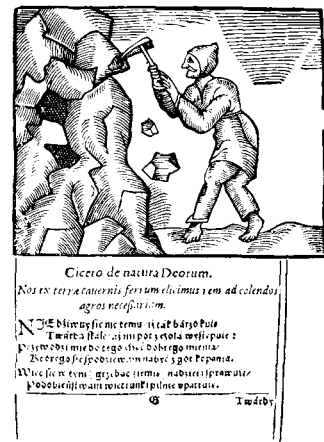
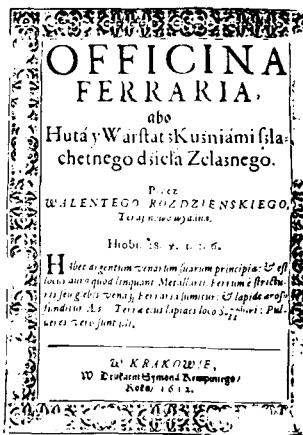
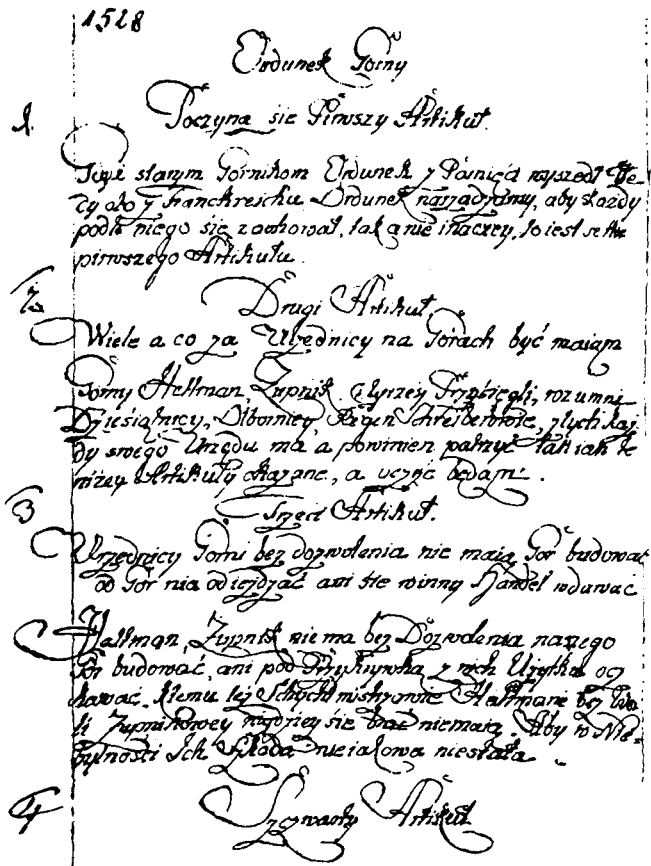
Muiden mineraalien osalta vanhimmat Ala-Sleesian kullalouhintaa koskevat maininnat ovat vuodelta 125. Kuparimalmin louhintaa on todennäköisesti alkanut 15. vuosisadalla Kielcen, Olkusz'n, Bytomin ja Tarnowskie Goryn alueilla. Lyijymalmin louhinta alkoi kehittyä Ylä-Sleesiassa 16. vuosisadalla, samoin rikin louhinta Swoszowicessa lähellä Krakovaa.

Kivihillen louhinta Puolassa on alkanut 16. vuosisadalla. Sen merkittävä kehitys ajoittuu kuitenkin 18. vuosisadan toiselle puoliskolle, jolloin kivihiltä ensimmäisen kerran käytettiin metallurgisissa tehtaissa.

Ensimmäinen nykyaikainen kivihilikaivos on perustettu vuonna 1760 Rudkin ja Murckin seuduille Ylä-Sleesiaan ja vuonna 1764 myös Ala-Sleesiaan. Vuonna 1880 on toiminnassa ollut jo 24 kivihilikaivosta Ylä-Sleesian alueella. Ne ovat yhteensä työllistäneet 950 kaivosmiehtä ja tuotanto on ollut 162000 tonnia vuodessa. Vertailun vuoksi mainittakoon, että tämän päivän Puolassa toimii 80 kivihilikaivosta ja niiden tuotanto on yhteensä yli 0,6 milj. tonnia päivässä.

Puolan kaivosteollisuuden perinteet ja kaivosalan saavutukset ovat useita satoja vuosia vanhoja. Sen lisäksi traditio kaivoslakien ja kaivosmiesten työn ja ammatin suojelemiseksi on maailman vanhimpia.

Kaivoslaki on ensimmäistä kertaa Puolassa rekisteröity kuningas Kazimierz Wielkin (Suuri) hallitessa Wieliczkan ja Bochnian kaupunkien asukkaille luovutetussa peruskirjassa. Se koski suola-kaivosten järjestelyä ja joitakin kaivosmiesten suojelemismuotoja, mikä niinä aikoina oli vieraansa vailla ollut teko (kuva 2).



Kuva 3. Puolan kaivostradition kaksi tunnetuinta todistusta: maailman ensimmäinen kaivoslakikokoelma vuodelta 1528 ja runomuotoinen kertomus vuodelta 1612.

Fig. 3. The most famous documentary evidences of the Polish mining tradition: The Mining Order from 1528 and a poetic tale from 1612.

Siitä lähtien sairailta kaivosmiehillä, kaivosmiesten leskillä ja orpolapsilla on ollut laillinen oikeus avunsaantiin ja suojaan. Kuningas määräsi perustettavaksi sairaalan kaivosmiehille ja velvoitti heitä maksamaan osan palkastaan yhteiseen apurahastoon.

Kuitenkin Puolan kaivosperinteen tärkeimpänä tapah- tumana voidaan pitää sitä, että juuri Puolassa on julkaistu ensimmäinen "kaivoslakikokoelma" nimeltään "Ordu- nek Gorny" (kaivosjärjestys, kuva 3). Sen julkaisi puo-

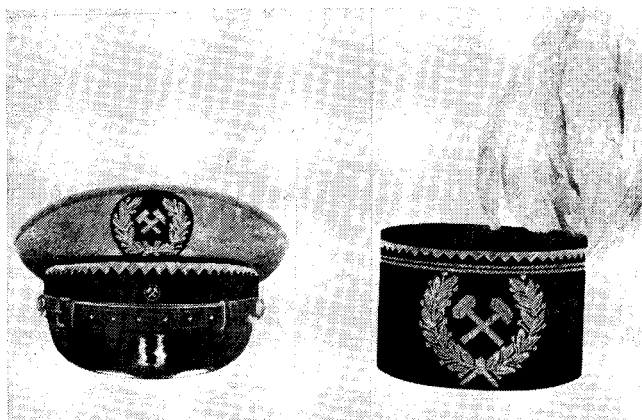
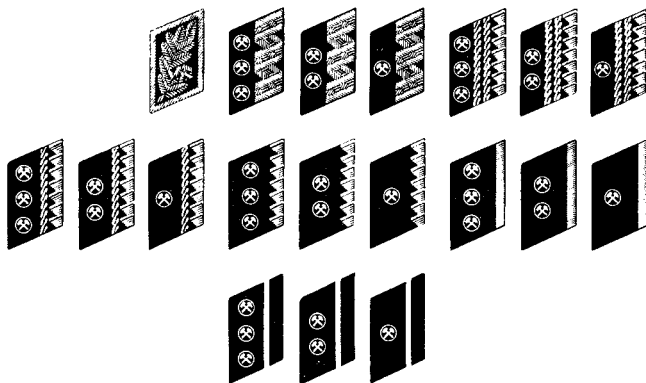
laksi marraskuun 8. päivänä 1528 Opole'n prinssi Jan. Tämä asiakirja on samalla yksi todistus siitä, että silloinkin Oder-joen ranta-alueet kuuluivat Puolalle.

Myös nykyisin Puola kuuluu kaivoslainsäädännön alalla johtaviin maihin. Puolan Kaivoslaki on vuodelta 1953, aikaisemmin on julkaistu Kaivosturvallisuusmääräykset (v. 1949). Geologinen laki (v. 1960) ja myös moni muu Puolan lakikokoelma on ollut toisten teollisuusmaiden mallina.

Myös Puolan kaivosturvallisuus ja pelastustoiminta ovat maailman parhaimpiin kuuluvia. "Vuorimieskortti", joka on ollut voimassa vuodesta 1949 lähtien, takaa vuorimiehille poikkeuksellisia oikeuksia ja etuja ja on puolalaisien ylpeys. Erikoisetuus ja erikoisasema koskee palkkaa, kunnioitusta, sosiaalihoitoa, lääkintähoitoa, eläkettä ja lomaviettoa. Neljännesvuosittain vuorimiehille maksetaan erikoispalkkio ja hyvästä monen vuoden työstä saa myös valtion ansiomerkkejä.

Juhlauniformu sai alkunsa vuonna 1817, jolloin Puolan kuningaskunnassa perustettiin vuorimiesten armeijakunta. Jotta ylläpidettäisiin traditionaalista hierarkiaa ja korostettaisiin kaivosammattin arvoa, on perustettu ns. ar-

#### A THOUSAND YEAR OLD MINING TRADITION



**Kuva 4.** Vuorimiesarvot ylhäältä: pääjohtaja, kaivoksen pääjohtajat, kaivoksen johtaja, kaivosinsinööri, kaivosteknikko, kaivosmies, kaivosmieheksi pyrkivä, kaikki I:n, II:n ja III:n asteen. Alhaalla vas. teräksenharmaan arkipuvun ja oikealla mustan juhlavirkapuvun päähineet.

**Fig. 4.** Mining distinctions from top: The General Director, the General Director of Mining, the Director of Mining, the mining engineer, the mining technician, the miner and the mining aspirant, all 1st, 2nd and 3rd grade. Below left the hat of the steel gray service uniform, right of the black full-dress uniform.



**Kuva 5.** Nuori kaivosmies juhlapuvussa. Kuva R. S. W. "PRASA", Warsova.

**Fig. 5.** Young Polish miner in full-dress uniform. Photo R. S. W. "PRASA", Warszawa.

voasteikkolista (kuva 4). Vuorimiesarvoja pidetään nykyisin sekä teräksenharmaassa työpuvussa että juhlauniformussa. Opiskelijat ja korkeakoulussa työskentelevät tiedemiehet erottaa siitä, että arvot ovat vihreää eikä mustaa taustaa vasten. Juhlauniformun hattuun kuuluu sulka, jonka värillä on myös oma merkityksensä: kaivosmiehillä musta, teknikoista kaivoksen johtajiin valkoinen, pääjohtajilla vihreä ja kaivosorkesterin jäsenillä punainen. Juhlauniformua pidetään (kuva 5) yllä erilaisissa juhlissa, joista tunnetuin on pyhän Barbaran päivänä.

Vuorimiehillä on erillinen yhteisö, jolla on erilaiset tavat kuin muilla. Nämä traditiot ovat peräisin keskiajan ammattikunnista. Kaivospuku on sen ulkoinen merkki, kuten myös nahan yli hyppääminen (vuorimiesyhteisöön hyväksymisen merkki), tai kaivosmiekan ojentaminen (vaatii vähintään 5 vuoden maanalaisen työnjohtokokemuksen). Oleellista tässä kaikessa on erilaisuuden tunne, joka on samanaikaisesti merkinä yhteenkuuluvuudesta. On vaikeaa sanoa mihin se perustuu. Se on kuitenkin jotakin, johon kaikki kiinnittävät huomiota. Tällä ammattikunnalla on myös oma kaivoshymni.

Stanislaw Staszic (1755—1826) on Puolan kaivoshistoriassa erittäin tunnettu henkilö. Hänen työnsä on ollut hyvin tärkeä Puolan kaivosteollisuuden ja geologian kehitykselle. Hän suunnitteli Puolan alueen geologisen kartan, mikä on silloisessa Euroopassa ollut poikkeuksellista. Kartta on piirretty 2000 maaperätutkimuksen ja



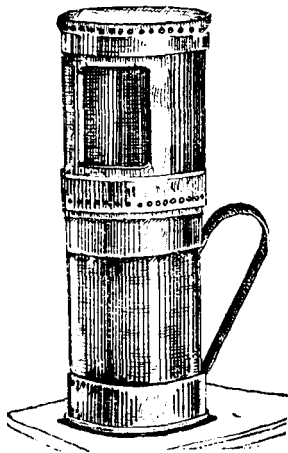
hänen omien havaintojensa perusteella. Vuonna 1815 hän julkaisi elämäntyönsä, joka koski Puolan geologisia ongelmia. Tunnettuna poliitikkona ja talousmiehenä hän vaikutti suuresti kaivosteollisuuden kasvuun. Hänen ansiostaan Puolaan perustettiin vuonna 1816 ensimmäinen kaivosakatemia Kielceen. Se oli kuudes akatemia maailmassa (ensimmäinen kaivosakatemia perustettiin vuonna 1765 Freibergiin). Se suljettiin kuitenkin vuonna 1827. Puolalaiset ovat opiskelleet Petersburgissa (kaivosinstituutti perustettiin sinne vuonna 1773), Leobenissa Itävallassa (perustettu vuonna 1849), kunnes oma kaivosakatemia perustettiin Krakovaan vuonna 1919. Sen nimi muutettiin vuonna 1949 Krakovan kaivos- ja metallurgiseksi akatemiaksi.

Tällä hetkellä voi Krakovan lisäksi valmistua kaivosinsinööriksi Puolassa Wrocławin, Gliwicen ja Katowicen Teknisissä korkeakouluissa.

Nykyisin vain harvat tietävät, että juuri Puolan mineraaliöljyn louhinta on vauhdittanut maailman öljyteollisuutta. Mineraaliöljy on tunnettu tuhansia vuosia, mutta teollisuusarvoa se sai vasta silloin kun puolalainen Ignacy Lukaszewicz keksi kerosenilampun vuonna 1853 (kuva 6). Jo vuonna 1864 perustettiin ensimmäinen mineraaliöljykaivos ja samana vuonna Lukaszewicz perusti öljyjäljestämön Polankaan lähelle Krosnoa.

Kuten tiedetään, pyhä Barbara on vuorimiesten suojeleja. Pyhä Barbara ei kuitenkaan ole aivan alusta alkaen huolehtinut kaivosmiehistä. Esim. Harzin vuoriston kaivosmiehet apua tarvitessaan pyysivät avuksi pyhää Wolfgangia, Mansfeldissa pyydettiin avuksi pyhää Yrjöä, Salzburgissa pyhää Rubertia ja tsekeillä oli pyhä Nikolaus. Wieliczkaassa kaivosmiehistä huolehti pyhä Kinga (unkarilainen prinsessa), joka legendan mukaan löysi suojaesiintymän.

Kaivosmiesten suojeleijaksi Puolassa pyhä Barbara (kuva 7) tuli todennäköisesti vasta 17. vuosisadan alussa. Merkkinä siitä on kaksi patsasta: toinen vuonna 1689 suolasta veistetty sijaitsee Wieliczka-kaivoksessa, ja toinen, Kielcen kaivosmiesten veistämä lyijypatsas, joka on sijoitettu myöhemmin Karczowka-luostariin. Myöhemmin tsekkiläiset ja itävaltalaiset kaivosmiehet ovat tehneet suojeeluspyhimyksensä Barbaran tunnetuksi lähes koko maassa. Joulukuun 4. päivää on vuodesta 1822 lähtien monessa paikassa pidetty pyhän Barbaran päivänä, jolloin vie-



**Kuva 6.** Puolalaisen Ignacy Lukaszewiczin keksimä kerosenilamppu v. 1853.

**Fig. 6.** Ignacy Lukaszewicz — a Pole — invented the first kerosene lamp in 1853.



**Kuva 7.** Pyhän Barbaran patsas Lubin'in kirkossa. Kuva M. Pulkkinen.

**Fig. 7.** St. Barbara memorial in Lubin church. Photo M. Pulkkinen.

tetään suuria kaivosmiesten juhlia. Myöhemmin puolalaisten kaivosmiesten mukana tämä traditio on tullut myös Westfaliaan.

Kuka pyhä Barbara todella oli? Vanhojen kirjoitusten mukaan hän oli ylhäisaateliston kuuluvan Nikodemiasta kotoisin olevan Dioskuran tytär. Hän syntyi vuonna 216 ja tapettiin isänsä käskystä 20-vuotiaana kristinuskon takia. Pakonsa aikana hän etsi suojaa kallioluolasta, jossa oleskeli jonkin aikaa. Legendan mukaan luola oli ilmestynyt ihmeen kautta piilottaen Barbaran sisälleen. Tämä Barbaran yhteys luolaan selittää sen, miksi kaivosmiehet pitävät häntä omana suojeeluspyhimyksenään. Oli pa asia niin tai näin, oliko Barbaraa edes koskaan olemassa, sillä ei ole suurta merkitystä. Tärkeää on se, että hän elää ihmisten mielissä. Tämä seikka ja se että hänestä tuli hyvin universaalinen, uskonnollislakin rajoja ylittävä symboli, on merkityksellistä. Oleellinen osa on myös traditio: kaivosseremoniat, pyhä Barbara (Barborka), kaivosmiesten päivä — päivä joka on omistettu kaivostyölle jne.

Tämä päivä on kaivosväen vapaapäivä. Vuorimiespäivän aattona nuoret ja vanhat vuorimiehet tapaavat illalla ja viettävät hetken kaljakolpakoiden ääressä. (Naisia ei kutsuta, koska silloin on hyvin "suolaistenkin" vitsien kertominen sallittua.) Ilta on pääasiassa tilaisuus, jolloin



nuorilla ja varsinkin opiskelijoilla on mahdollisuus harjoitella erilaisia vuorimieslauluja, kuulla vanhoja tarinoita ja legendoja ja oppia perinteisiä tapoja. Seuraava päivä on sitten varattu virallisille tapahtumille: konserteille, kokouksille ja illalla tanssiaisille.

Vuori(kaivos)teollisuuden tunnusluvuna on keskiajalta lähtien ollut kaksi ristikkäin olevaa vasaraa (moukari ja kiila; vanhimpia kaivostyökaluja, ks. kuva 8). Tämä traditio on lähtöisin kaivosmiesten tavasta jättää työkalut työpaikallensa. Ristin tarkoituksena oli suojata louhinta-alue pahoilta hengiltä. Sitä ennen kaivossymbolissa oli mukana myös kaivoslamppu.



**Kuva 8.** Kaivosteollisuuden ja Puolan Vuorimiesyhdistyksen tunnusmerkit.

**Fig. 8.** The emblems of the mining industry and of the Polish Mining Association.

Puolan Vuorimiesyhdistyksellä on oma tunnuksensa (kuva 8). Siinä ovat vasaroiden lisäksi Vuorimiesyhdistyksen nimen ensimmäiset kirjaimet (Stowarzyszenie Inżynierow i Technikow Gornictwa). Yhdistykseen voivat liittyä kaikki insinöörit ja teknikot, jotka työskentelevät kaivosteollisuudessa. Jäseniä on noin 500.000 eli puolet työllistetyistä.

Puolan kaivostraditioon ja historiaan kuuluu paljon muitakin tapahtumia ja seremonioita, joista voisi kirjoittaa kokonaisen kirjan. Tässä olivat kuitenkin mielestäni ehkä tärkeimmät ja muuallakin maailmassa tunnetut asiat.

Muista tärkeimmistä tapahtumista mainittakoon seuraavat:

Vuonna	1136	Ensimmäinen hopeakaivoksia koskeva maininta
„	1265	Ensimmäinen suolan vientiä koskeva maininta
„	1397	Ensimmäinen rautapajaa (lähellä Katowicea) koskeva maininta
„	1434	Krakovan kaupunkiin perustettiin kaivostarkastuskonttori
„	1454	Ensimmäisten vedenpoistolaitteiden asennus maan alle lyijykaivoksissa
„	1494	Ensimmäisen kansainvälisen osakeyhtiön perustaminen kuparikauppaa varten Krakovassa
„	1547	Puolan vanhimman vinotunnelin valmistus Tarnowskie Goryssa
„	1561	Vanhin kivihiilen louhintaa koskeva maininta Puolassa (Walbrzych)
„	1594	Rikkaiden kupariesiintymien löytyminen Miedziana Gorassa
„	1657	Ensimmäistä kertaa käytettiin Puolassa kivihiltä rautapajassa
„	1769	Ensimmäinen kaivostarkastuskonttorille tullut virallinen ilmoitus, joka koski kivihii- kaivoksen avaamista

„	1782	Kuningas Stanislaw August perusti kaivannaiskomission (vastaa nykyistä kaivosministeriötä)
„	1788	Asennettiin höyrykoneisto — toinen Euroopan mantereella — veden poistamiseksi Fryderyk kaivoksesta
„	1791	Perustettiin silloisen maailman suurin öljykaivos
„	1796	Perustettiin Euroopan mantereen ensimmäiset terästehtaat, jotka käyttivät koksia raudan sulatukseen
„	1803	Avattiin ensimmäinen Keski-Euroopan kaivostyönjohtajakoulu Tarnowskie Goryssa
„	1814	Höyrynostokoneiden asennus Sleesian kaivoksilla
„	1839	Ruskohiilen louhinnan aloittaminen
„	1860	Paineilmakallioporakoneiden käyttöönotto Sleesian kaivoksissa
„	1867	Carl Emanuel kaivoksessa käytettiin dynamiittia
„	1875	Matylda kaivoksessa otettiin käyttöön sähkövalaistus
„	1880	Ensimmäinen sähköjuna Paulus-Hohenzollern kaivoksessa
„	1882	Teräskypärien käyttö Laura-kaivoksessa
„	1901	Ensimmäistä kertaa maailmassa käytettiin Myslowice kaivoksessa hydraulista täyttöä
„	1914	Euroopan ensimmäinen gasoliinitehdas perustettiin Boryslawiin
„	1923	Suurin kaivosonnettomuus Rozbark kaivoksessa vaati 145 kaivosmiehen kuoleman.

Viime vuosikymmeninä on Puolan kaivosteollisuus voimakkaasti kasvanut. Perinteellisen suolan ja kivihiilen lisäksi Puolassa on merkittävät kupari-, sinkki- lyijy-, ruskohiili- ja rikkihiilesiintymät sekä lukuisia toimivia mineraalikaivoksia.

Vuoden 1979 päämineraalilouhinta on ollut:

Kivihiihi	201 milj. tonnia
Ruskohiili	38 „ „
Sinkki ja lyijymalmi	5,5 „ „
Kuparimalmi	25,5 „ „
Rikki (100 %)	4,8 „ „
Suola (jossa 1,5 milj. tonnia kivisuolaa)	4,5 „ „
Öljy	0,35 „ „
Maakaasu	7,335 milj. m <sup>3</sup>

Sittemmin on selvinnyt että entinen hallitus on "kautnistanut" varsinkin kivihiilen louhintaa koskevia tilastotietoja. Tänä vuonna saavutetaan ehkä noin 160 milj. tonnin vuosituotanto.

Lisäksi uudet geologiset etsinnät antavat optimistisia tuloksia tulevaisuutta ajatellen.

Tuntuu jollain tavalla oudolta, että näin vanhan kaivosteollisuusmaan — joka lisäksi on naapurimaitamme — kanssa on niin vähän yhteistyötä. Puolassa on rikkaita malmi- ja mineraaliesiintymiä ja vanha kaivostraditio. Lähempi yhteistyö varmasti hyödyttäisi molempia maita ja tässä asiassa voisi myös Vuorimiesyhdistyksellä olla vaikuttamismahdollisuuksia.

#### KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Groch z kapusta Stig Poltegor, Wroclaw 1972
2. A l f o n s D l u g o s z, Muzeum zup Krakowskich- Wieliczka, Krakow 1975
3. Polish Mining Industry — Slask Publishers, Katowice
4. J a n S a j k i e w i c — Stan i rozwoj polskiego gorniotwa, Politechnika Wroclaw 1973

Summary → 127

# Kairauksen historiaa ja nykyaikaa

Tekn.lis. Heikki Aulanko, Espoo

## "VARHAISHISTORIAA"

Syvien reikien teko lienee saanut alkunsa Kiinassa, jossa jo 2 000 vuotta sitten porattiin iskuporauksella vesikaivoja, joiden syvyys oli 500—600 m, syvin jopa 1 242 metriä. Kairaus tapahtui iskuporauksena, jolloin vipujen ja pyörien avulla saatiin bambuköyteen ripustettu kädenmuotoinen rautaterä nykyvään liikkeeseen. Euroopassa suoritettiin ensimmäiset iskuporaukset 1700-luvulla. Täälläkin ne palvelivat etupäässä vedensaantitarkoituksia. Ruotsissa tehtiin kuitenkin jo v. 1737 Skoonessa ensimmäinen tankoporaus kivihiilen etsintätarkoituksessa.

Euroopassa ja Amerikassa kehittyi koneellinen köysiporaus 1800-luvun puolivälissä, voimakoneena höyrykone. Iskuporausmenetelmä on kehittynyt köysiporauksena erikoisesti öljytutkimusten yhteydessä. Siinä on käytetty hyvinkin suuria läpimittoja aina 20—60 cm asti, jolloin meisselin paino on ollut satoja kiloja ja reikien syvyydet tuhansissa metreissä.

Kiertoporaus eli kairauksen voidaan myös katsoa juontuvan vanhoihin aikoihin, sillä pyramiidiin rakentamisen yhteydessä on egyptiläisten oletettu käyttäneen putkimaisia poria lyhyiden reikien tekoon ja heidän on myös arveltu käyttäneen niissä timantteja.

## TIMANTTIKAIKAUKSEN KEHITYMINEN

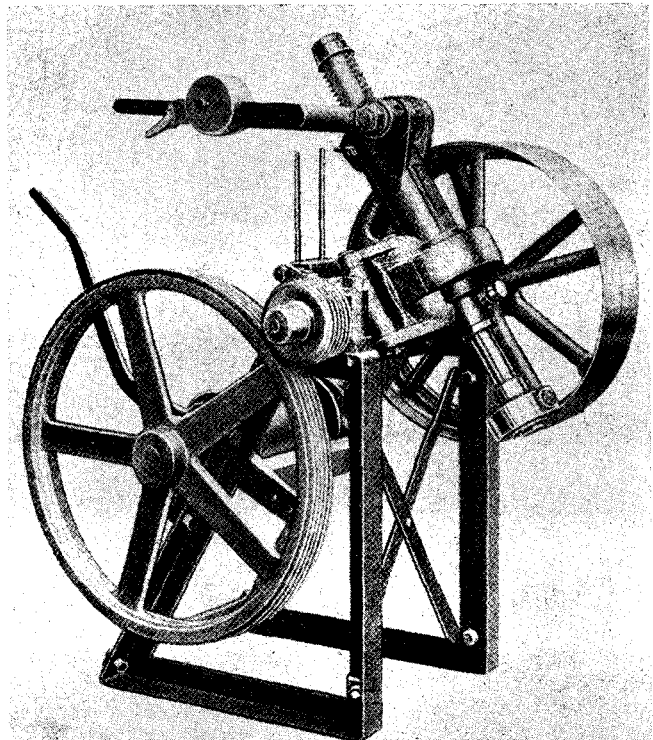
Nykyinen kiertokairaus on alkanut Mont Cenis-tunnelin louhinnassa, kun sveitsiläinen insinööri Rudolf Leschot rakensi v. 1862—63 ensimmäisen kairauskoneen. Leikkaavana työkaluna oli ontto, pyörivä terä, johon oli kiinnitetty mustia carbonitimantteja. Kone oli kiinnitetty rautapilariin. Pyörivä liike ja syöttö saatiin aikaan kahden miehen pyörittämän kampilaitteen ja hammaspyörien avulla.

Pariisin maailmannäyttelyyn Leschot valmisti höyrykonekäyttöisen kairauskoneen, jonka kierrosluku oli jo 250 kierr./min. Amerikkalaiset ostivat patentin ja tästä alkoi Amerikassa nopea kehitys, joka johti helposti kuljetettavien, kovissa kivissä tutkimuskairauksiin pystyvien koneiden valmistukseen. Euroopassa pyrittiin samaan aikaan koneisiin, joilla voitiin pehmeissä kivilajeissa kairata suuria ja syviä reikiä.

Ruotsalaiset insinöörit Craelius ja Granström perustivat v. 1885—86 Svenska Diamantbergborrnings Ab nimisen yhtiön, joka aloitti v. 1886 kairaukset Amerikasta hankitulla koneella Kolningsbergin kaivoksessa Ruotsissa. Samana vuonna kairattiin jo ensimmäisen kerran Suomessakin Pitkärannan kaivosalueella, missä kairattiin kaikkiaan 173.3 m. Kairauskoneetta voitiin käyttää jo höyryllä tai paineilmalla. Siinä oli hydraulinen syöttö syöttövoiman ollessa 500—600 kp. Timanttiterän ulkoläpimitta oli 50 mm ja sisämitta 38 mm. Kierrosluku oli 300—400 kierr./min. Kun kone oli hyvin raskas, vaati höyryä käyttövoimaksi ja kierrosluvun katsottiin olevan poh-

joismaisiiin, koviin kiviin nähden liian suuren, josta johtui korkea timanttikulutus, alkoi Craelius suunnitella skandinaavisia olosuhteita vastaavaa kairauskoneetta.

Craeliuksen kairauskone oli käsikäyttöinen. Timanttiterän läpimitat pienennettiin 35/24 mm:ksi. Syöttö tapahtui mekaanisesti vipuvarren avulla. Kierrosluku oli vain 60—70 kierr./min. Kairausnopeus oli luonnollisesti paljon pienempi kuin raskaammilla amer. koneilla. Timanttikulutus oli myös pieni, koska syöttöpainetta voitiin hyvin säätää kivilajin kovuuden mukaan. Vuorossa tarvittiin kuitenkin 3—5 miestä. Kun työpalkat alkoivat kovasti nousta, muutti Craelius yhden koneen polttomootorikäyttöiseksi. Tällaisia Craelius AB- ja B-koneita käytettiin vielä 1930-luvulla ja 1940-luvun alkupuolella mm. Outokummussa (kuva 1).



Kuva 1. Svenska Diamantbergborrnings Ab:n kairauskone Craelius AB.

Fig. 1. Drilling machine Craelius AB, manufactured by Svenska Diamantbergborrnings Ab.

## KAIRAUSTEN ALKUJAT SUOMESSA

Suomessakin ymmärrettiin kairausten tarjoamat suuret mahdollisuudet malminetsinnässä ja -tutkimuksissa. Geologisen Toimikunnan ensimmäinen suurempi tutkimustyömaa oli Outokumpu, missä tri Otto Trüstedtin johtamien kairausten kolmas reikä 17.3.1910 lävisti Outokummun malmin. Kairausten kriittisistä vaiheista on kerrottu hyvin Annalan kirjoittamassa Outokumpu Oy:n historiassa. Craelius-kone oli käsikäyttöinen ja sillä kairattiin v. 1919 loppuun mennessä 1950 metriä. V. 1918 alussa hankki Geologinen Toimikunta toisen koneensa, jota käytettiin konekäyttöisenä, ensin vuokratulla höyrykoneella ja sitten pienellä naftamoottorilla. Outokummun lisäksi kairattiin näillä koneilla Kontiolahden Paiholassa, Suistamon Jalonvaarassa ja Suojärvellä. Suuri kairaustyömaa muodostui Petsamon alueesta, missä kairaukset alkoivat v. 1926, taas käsikäyttöisinä.

Kun molemmat kairauskoneet olivat käytössä Petsamossa, hankki Geol. Toimikunta v. 1932 teräshaulikairauskoneen, jolla kairattiin kaksi reikää Luikonlahdessa, toinen 50.5 ja toinen 30 m syvä. Keskimääräinen tulos oli 90 cm vuorokaudessa kolmivuorotyössä, joten se oli timanttikairausta paljon hitaampi, mutta kustannukset eivät olleet korkeampia.

## KOTIMAISET KAIRAUSKONEET

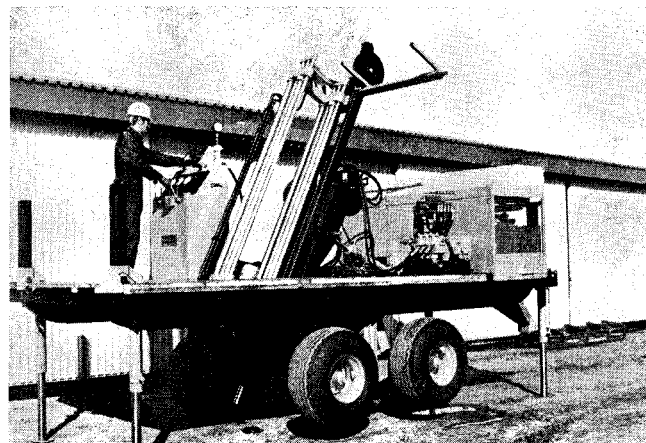
V. 1933 rakennettiin ensimmäinen kotimainen kairauskone. Sen suunnitteli ins. Lauri A. Levanto amerikkalaisten esikuvien mukaan erikoisesti Petsamoa varten ja siinä olivat moottori, kairausvesipumppu ja kone samalla alustalla. Karapäänä oli Craelius-karapää ja koneen valmisti Suomen Konetehtas. Sillä kairattiin v. 1934 Petsamossa, mutta tulokset eivät olleet kehuttavia.

Amerikassa kehitys oli tänä aikana jatkunut pitkälle. Siellä oli kehitetty erilaisia pikakairauskoneita, joissa moottorina käytettiin autonmoottoreita, jolloin kierros-luku oli suuri 1000—2000 kierr./min. Geol.Toimikunnan ensimmäinen amer. kairauskone oli Longyear UG-Straitline kone, jota käytettiin v. 1935 Pitkärannan kairauksissa. Amer. pikakairauskoneiden hankinta ja kotimainen valmistus merkitsivät käännekohtaa kairausten kehityksessä Suomessa.

V. 1936 suunnitteli ja valmisti kaivosmestari Sture Wallenius Työkalu- ja hammaspyöritehtaan kanssa kotimaisen kairauskoneen amer. Smith and Travers-kairauskone esikuvanaan. Koneetta käytti Vuoksenniska Oy Mätäsvaaran kairauksissa. Seuraavana vuonna rakensi Lauri A. Levanto saman valmistajan kanssa uuden kairauskoneen tyypin Explorento 380, jossa oli 50 hv 4-sylinterinen Ford-moottori. Näitä tuli 2 kpl Nivalan malmitutkimuksiin v. 1938 ja ne olivat kauan käytössä eri puolilla maamme. Sama tehdas rakensi vielä pienemmän kairauskoneen Austin-moottorilla varustettuna. Kotimainen kairauskonevalmistus on jäänyt näihin yrityksiin ennen talvisotaa.

## KAIRAUSKONEIDEN MYÖHEMPI KEHITYMINEN

Kairauksen koneteknillinen puoli kehittyi 1940—1960-luvuilla verrattain hitaasti. Craelius, Longyear, Joy ja Smith rakensivat uusia, suurempia ja tehokkaampia koneita, mutta ratkaisevaa muutosta ei tapahtunut hydrau-



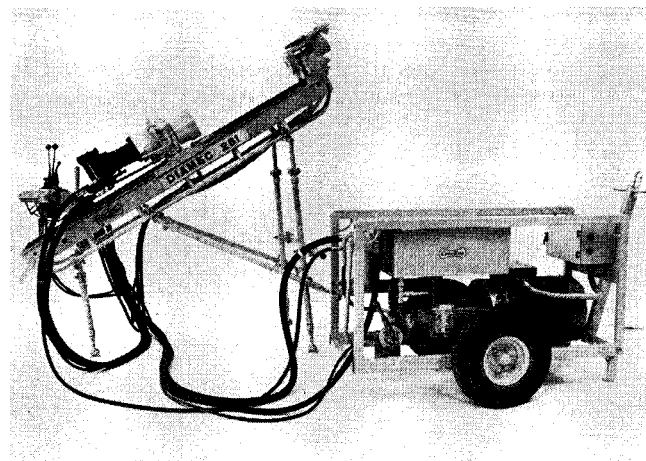
Kuva 2. Hagby Bruk Ab:n Toram II kairauskone pyöräalustalla ilman koppia. Oikealla voimayksikkö, vas. ohjauspöytä.

Fig. 2. Toram II drilling machine of Hagby Bruk Ab on wheel chassis without cab. On the right power pack, on the left control pulpet.

lista karapäästä lukuun ottamatta. Vasta täyshydrauliset kairauskoneet merkitsivät suurta edistysaskelta.

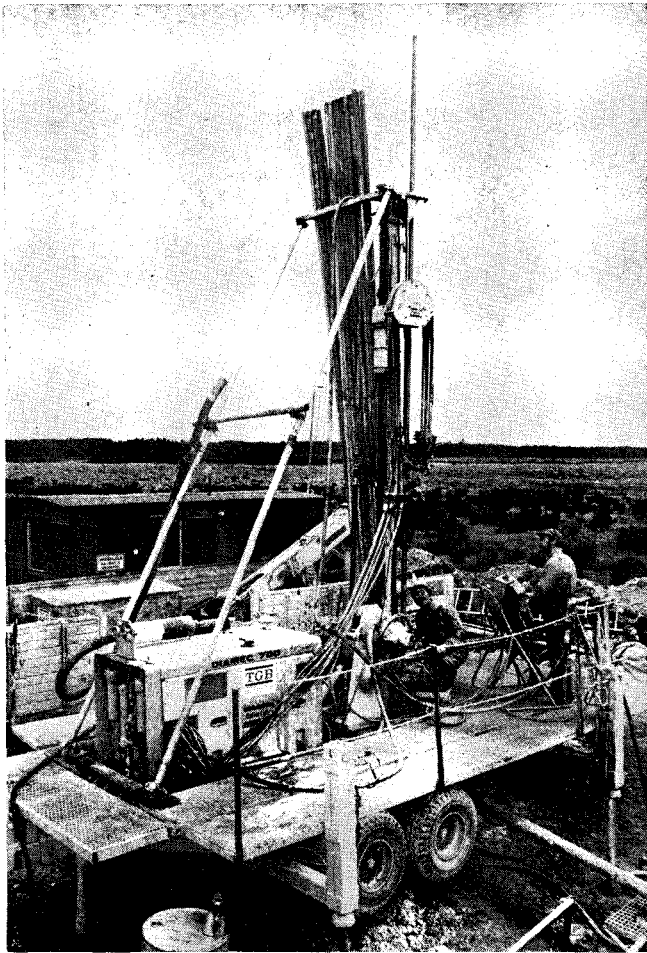
Maanpäälliskoneiden edelläkävijä oli ruotsalainen Hagby Bruk Ab, jonka Toram 2x20-kairauskone tuli markkinoille v. 1968. Prototyypisarjaa seuraavasta valmistuserästä tilattiin Suomeen kone Geotek Oy:lle, joka asensi sen Dinosaurius-kaivinkonealustalle, ja toinen kone Outokumpu Oy:lle (kuva 2).

Hydraulisella kaivoskairauskoneella oli ensimmäisenä markkinoilla Atlas Copco Ab Diamec 250-koneellaan, joka on melkein yksinomainen kaivoskairauskone kaivok-sissamme. Uusimman mallin tyyppimerkki on Diamec 251 (kuva 3). Koneessa on erillinen voimayksikkö, jota käyt-



Kuva 3. Atlas Copco Ab:n Diamec 251-kaivoskairauskone kairaussuunta kuvassa viistoon ylöspäin oikealle. Syöttönä hydraulimoottorin käyttämä ketjusyöttö.

Fig. 3. Underground drilling machine Diamec 251 of Atlas Copco Ab, drilling direction right upwards. Feed is a chain feed powered by a hydraulic motor.



**Kuva 4.** Atlas Copco Ab:n Diamec 700 kairauskone pystyreikä kairauksessa ilman koppia. Kone seisoo hydraulijalkojen varassa.

**Fig. 4.** Diamec 700 drilling machine of Atlas Copco Ab without cab drilling a vertical hole. The machine is standing on hydraulic legs.

tää joko sähkö- tai dieselmotori. Putkien auki- ja kiinnikierto tapahtuu myös hydraulisesti. Atlas Copco Ab:llä valmistui myös maanpäälliskäyttöön suuri, 1000 m kairausvyöteen ulottuva, täshydraulinen kairauskone Diamec 1000, joita on jo useampiakin Suomessa. Atlas Copco on valmistanut myös pienemmän, pyöräalustalle rakennetun kairauskoneen, Diamec 700 (kuva 4). Myös Diamec 250-kairauskonetta on alettu käyttää maanpäällä kevyenä tunnustelukairauskoneena, jolloin kuitenkin suhteellisen pieni vääntömomentti haittaa sen käyttöä maapeitteen ollessa paksumman.

Hagby Bruk Ab kehitti myös toisen hydraulikoneen, Onram-koneen, lähinnä maanalaisia kairauksia varten, mutta on soveltanut sen myös maanpäälliskäyttöön. Sellaisena on yksi kone hyvin tehokkaasti toiminut Outokumpu Oy:n Malminetsinnällä Pohjois-Karjalassa. Kone on rakennettu pyöräalustalle "pakettikoneeksi" joka on verrattain helposti liikuteltavissa maastossa (kuva 5).

Koneiden alustana on aikaisemmin käytetty parrupetiä, johon kone kiinnitettiin pulteilla ja jonka päälle rakennettiin levyrakenteinen koppa tai pressuteltta. Tällainen laitteisto oli hitaasti muutettavissa kairauspaikalta toiselle. Sen vuoksi on jo yli 10 vuoden aikana kokeiltu erilaisia liikkuvalla tai helposti liikuteltavalla alustalla sijoitettuja kairauskoneyksiköitä. Kairauskonevalmista-

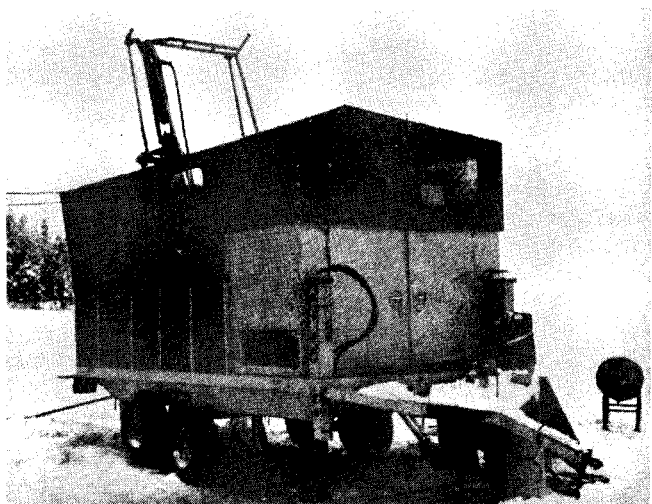
jien ja käyttäjien yhteistoiminnan tuloksena ovat nyt valmiina edellä kuvatut liikuteltavat "pakettikoneet".

Hydraulisten pakettikoneiden etuina on mainittava mm. huomattavasti paremmat työolosuhteet: tehokas lämmitys ja valaistus, alhainen melutaso 80–90 dBA, tärinöiden väheneminen ja työn keventyminen sekä pienempi tapaturmavaara putkien automaattisen auki- ja kiinnikiertämisen takia. Eräissä koneissa on pitkä, hydraulinen sylinterisyöttö, joka on ehdottomasti paras ratkaisu timanttiterää ja putkistoa ajatellen. Vaihtelevissa kivistä ei tapahdu putkiston "syöksyilemistä" ja pitkä syöttö auttaa sydänsaannissa ja nopeuttaa työtä. Koneiden ympäristö pysyy siistimpänä. Koneiden kairaus-teho on hyvä ja kierrosluku korkea ja säädettävissä. Haittapuolina on mainittava suurehko paino, Onram 5,5 t, Toram 6,5 t ja Diamec 1000 7,5 t. Maastovahingot ovat suurempia. Asennus kairauslinjan suuntaan on hankalampi. Maakairauksessa ei sylinterissä ole nostovaiheessa riittävää nostovoimaa, joten maaputket on usein nostettava jälkeensä toisella koneella juntaamalla tai raskailla tunkeilla.

#### KAIRAUSTEN TEHOT

Tein aikoinaan v. 1939–1940 diplomityöni timanttikairauksista, niiden teknillisistä tiedoista ja käyttökustannuksista. Tutkin tarkemmin silloin Pitkärannan, Kemiön, Kärvasvaaran, Nivalan Makolan ja Ylöjärven kairaus-tuloksia. On mielenkiintoista verrata kehityksen kulkua tämän kuluneen 40 vuoden aikana.

Suomen Malmi Oy:n Pitkärannan kairauksissa vuosina 1935–1937 olivat vuorotehot Craelius AB-koneilla, joiden kierrosluku oli aluksi 80 ja korotettiin sitten 125 kierr./min., keskimäärin 1.41 m/vuoro, vaihdellen 0.75–2.5 m/vuoro. Huipputulokset olivat eri kivilajeissa jopa 4.5 m/vuoro kierrosluvun nostamisen jälkeen. Longyear UG-koneella päästiin jo maksimissa 7.5 m/vuoro keskiarvon ollessa 2.73 m/vuoro. Arvot olivat nettokairausarvoja 8:lle kairautunnille. Ilman muuttoa ja maakairaus-ta oli nettokairausaika 85 %, 15 % kului sementointiin, konekorjauksiin, vesilinjatöihin sekä muihin sekalaisiin töihin.



**Kuva 5.** Hagby Bruk Ab:n Onram-kairausyksikkö "pakettikoneena" kairaamassa jäällä. Etualalla äänieristetty diesikäyttöinen voimayksikkö.

**Fig. 5.** Onram drilling unit of Hagby Bruk Ab drilling on ice with cab. In front of chassis silenced diesel power pack.



**Kuva 6.** Maakairaus käsijunttauksella v. 1939 Nivalan Hiturassa nykyisen Hituran kaivoksen kohdalla.

**Fig. 6.** Soil drilling with manual ramming in 1939 at Hitura, Nivala at the site of the present Hitura mine.

Geologisen tutkimuslaitoksen kairauksissa Ylöjärvellä vuosina 1938—1939 saatiin jo melko hyviä tuloksia alempana olevan taulukon mukaisesti:

Konetyyppi	kairattu m	keskiarvotulos
Longyear Junior	475	6.15 m/vuoro
Austin	505	5.70 „
Longyear UG	853	6.04 „

Ehjässä tuffissa saatiin kuitenkin jo silloin erinomaisia vuorotuloksia, ennätys 29.43 m/vuoro. Terät olivat käsin tehtyjä borttiteriä ja kokeilukäytössä olevia Koebelitelamelliteriä.

Nykytilanteeseen verrattuna on todettava, että muutosten ja maakairauksen prosentuaalinen osuus oli suurempi kuin nyt. Ylöjärvellä muutot ja maakairaus olivat 24.5 % kokonaisajasta, reiän sorvaus ja sementointi 8.1 %, konekorjaukset 8.3 % ja varsinaiselle kairaukselle jäi 59.1 %. Nivalassa oli maakairauksen teho 1—2 m/vuoro juntaamalla ja räjäyttämällä. Kuvassa 6 näkyy maakairausta käsijunttauksella, jolloin junnan nosto tapahtui painamalla 5 miehen voimalla junttaköyteen kiinnitettyä riukua alas. Kun riuku päästettiin irti, iski 100 kg painoinen juntta maaputken lyöntilaippaan ja riuku nousi ylös. Maakairausta tehtiin myös koneella, jolloin junttaa nostettiin kairauskoneessa olevan junttauserummun avulla. Nykyisin maapeitteet lävistetään aina kairaamalla murske- tai jauheterillä.

Kairausten määrä ja tehot vuosina 1976 ja 1980 ilmevät taulukosta I. Tehot ovat nousseet uusien täyshydraulisten kairauskoneiden tultua käyttöön. Kairaustyö on selvästi helpottunut ja se on ilmeisesti osaltaan vaikuttanut siihen, että aikaisempi, tavanmukainen 8 m/vuoro "kattotulos" on jäänyt tai jäämässä muistojen joukkoon.

Uusilla hydraulikoneilla on vuorojen kesken ja ehkä myös kairausorganisaatioiden kesken syntynyt ennätystehtailua, joka selvästi näkyy parhaissa vuoro-, kuukausi- ja vuosituloksissa. Soklilla on kairattu Diamec 700-koneella v. 1979 Rautaruukki Oy:n vuoroennätys 63.3 m, joka on samalla paras saavutus Suomessa. Kairaus alkoi 83 m syvyydessä karbonaattitissa ja koneen kolmivuoromiehien vuosisaavutus oli 10.100 m. Kolarissa on Rautaruukin Diamec 1000-koneen vuoroennätys 57.6 m montsoniitissa v. 1977 ajon alkaessa 120 m syvyydessä.

Outokumpu Oy:n kairauksissa on paras vuorotulos ollut Diamec 1000 koneella 53.8 m v. 1977 ja Onram-koneella

54.7 m tänä vuonna. Vuonna 1980 oli Onramin vuosien näytys 8 942 metriä. V. 1981 helmikuussa saavutti Onram-kone 1 132.6 m kuukausiennätyksen, joka on erinomainen tulos huomioon ottaen, että muuttoja oli 6 kpl eli reiät olivat lyhyitä. Vanhojen Craelius- ja Longyear-koneiden parhaat tulokset ovat olleet 35—39 m/vuoro ja kuukausitulokset 760—814 m.

#### TIMANTTITERÄT JA KUSTANNUKSET

Timanttiterinä käytettiin ennen sotia käsin tehtyjä teriä, joissa teräaiheeseen porattuihin reikiin sijoitettiin suhteellisen suuria timantteja, 5—8 kpl/karaatti tai 1/4 kar. bortteja, jotka tihtaamalla kiinnitettiin terään. Timantteina käytettiin Selected Congo Rounds- tai länsiafrikkalaisia Mixed Grey and Brown-bortteja — teollisuustimantteja. Aikaisemmin käytettiin myös isoja yhden karaatin mustia carboneja, joita silloin oli terässä tavallisesti 8 kpl. Terän tylsymisen jälkeen carbonit irrotettiin, käännettiin terävä särmä leikkaamaan ja niin niitä käytettiin terissä kymmeniä kertoja. Borttiterissä oli timantteja useimmiten 34—40 kpl ja karaattimäärä oli 7—9.

Timanttiterien kohdalla tapahtui jatkuvasti kehitystä. Ruotsissa oli v. 1938 tehty sintraamalla Koebeliteliteriä, joissa oli pieniä, 0.02 karaatin timantteja sintrattuina segmenttilamellien pintaan. Terässä oli yleensä 200 timanttia. 1940-luvulla kehitettiin Ruotsissa impregnoitu jauheterä. Suomessa alkoi L. A. Levannon Vuoriteknillinen toimisto kehittää koneellista valmistusta 1940-luvun alussa ja onnistui siinä 1945—1946. Levanto kehitteli lähinnä pintatimanttiteriä, kun taas ruotsalaiset kehittivät jauheteriä. Hyvin kauan oli suomalaisten ja ruotsalaisten kairaajien välillä mielipide-eroja hitaasti leikkaavien jauheterien ja nopeampien pintatimanttiterien edullisuudesta toisiinsa verrattuna. Outokumpu Oy:nkin koneellisessa terävalmistuksessa 1950—1960 luvuilla olivat pintatimanttiterät pääasiana. Varsinkin loppuaikoina kehitettiin vahvasti myös jauheteriä, ensin timanttimurskasta ja sitten pienistä, kokonaisista timanteista "Sandista".

Kustannuksissa olivat teräkustannukset ennen sotia yleensä suuremmat kuin palkkakustannukset. Makolassa v. 1939 kairausmetri maksoi 100.—, josta palkat olivat 37.2 %, voima ja tarvikkeet 12.6 % ja timanttiterät 48.9 %. Ylöjärvellä olivat vastaavasti palkat 34.3 %, voima ja tarvikkeet 10 % ja terät 55.7 % metrihinnan ollessa 127.—. Timanttien hinta oli silloin nykyhintaan verrattuna erittäin korkea, koska halvimmat laadut maksoivat 215.—/kar., normaalilaadut 300.— — 400.—/kar. ja carbonit 700.— — 2 000.—/kar.

Nykyisin on vastaavankokoisten kalvainliittimissä käytettyjen pyöristettyjen luonnontimanttien (30—40 kpl/kar.) hinta noin 80.—/kar. eli 1/5—1/8 sotien edellisestä hinnasta. Pintatimanttiteriä käytetään enää vain erikoistapauksissa pehmeissä serpentiini- ja talkkivilajeissa. Jauheterät, joissa timanttimateriaalina ovat pienet, syntetiset timantit Ø 0.3—0.6 mm (1000—2000 kpl/kar.) ovat syrjäyttäneet nyt myös Suomessa pintatimanttiterät. Koneiden kierrosluvun nousu ja terävalmistustekniikan kehittyminen meikäläisiin kivilajeihin sopivaksi ovat siirtäneet käytön melkein kokonaisuudessaan jauheteriin. Synteettisten timanttien hinta on 38.— — 45.—/kar. Jauheterien kestoikä on kasvanut, keskiarvo lienee jo yli 100 m/terä.

Kairauskustannukset ovat tällä hetkellä 150.— — 250.—/metri riippuen kairaustyömaan laajuudesta, reikäsyvyyksistä sekä siitä mitä yleis- ja yhteiskustannuksia kairausmetrihintaan otetaan mukaan. Timanttiterien ja kalvain-

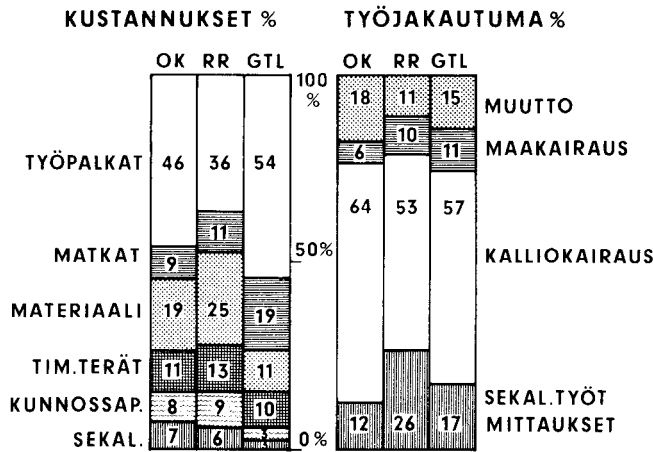
Suomen kairaus tilasto vuosilta 1976 ja 1980.

Diamond drilling statistics in Finland in 1976 and 1980.

Taulukko I  
Table I

Toiminimi tai laitos	Vuosi	Kairattu metriä			Käytetty vuoroja						Teho m/vuoro		
		Maakairaus	Kalliokair.	Kairattu yhteensä	Muutto	Maakairaus	Kalliokair.	Sekal.työt	Yhteensä	Maakairaus	Kalliokair.	Kokoa kairaus	
<b>Maanpäälliset kairaukset:</b> Geologinen tutkimuslaitos Imatran Voima Oy Maa ja Vesi Oy " Kalajoen Timanttikairaus Ky Myllykoski Oy " Outokumpu Oy, Malmineitsintä Oy Partek Ab " Rautaruukki Oy, Malmineitsintä Geotek Oy	1976	945	12 475	13 420	301	145	1 099	409	1 954	6.52	11.35	6.84	
	1980	1 066	12 963	14 029	271	204	1 067	313	1 855	5.23	12.15	7.56	
	1976	100	380	480	25	17	55	9	106	5.88	6.91	4.52	
	1980	150	961	1 111	27	19	30	20	234	5.30	5.70	4.70	
	1976	100	171	271	74	39	212	65	390	7.90	11.00	2.80	
	1980	307	2 327	2 634	74	39	345	30	437	10.40	15.40	6.75	
	1976	281	5 316	5 597	35	27	596	253	1 166	5.12	8.82	12.80	
	1980	338	5 256	5 594	251	64	796	368	1 499	6.25	8.95	4.80	
	1976	400	7 120	7 520	271	64	2 252	246	3 132	5.93	10.45	7.99	
	1980	1 116	23 536	25 044	380	254	2 339	446	3 629	5.52	12.32	8.25	
	1976	509	5 060	5 569	484	138	591	92	1 305	3.69	8.56	4.27	
	1980	381	8 186	8 567	219	53	502	536	1 310	7.18	16.30	6.53	
	1976	1 300	8 850	10 150	228	125	533	454	1 340	10.30	16.60	7.60	
1980	1 500	11 950	13 450	128	125	650	321	1 224	12.00	18.40	11.00		
1980	1 200	11 660	12 860					1 200			10.70		
Suomen Malmi Oy	1976	4 800	55 728	60 528	1 696	764	5 156	1 483	9 099	6.28	10.81	6.65	
	1980	6 401	89 353	95 574	1 641	713	5 911	2 079	10 344	7.08	12.98	7.91	
Maanpäälliset kairaukset yht.	1976	1 084	15 683	16 767									
	1980	2 688	37 132	39 820									
<b>Maanalaiset kairaukset:</b> Outokumpu Oy, kaivokset " Rautaruukki Oy, kaivokset " Myllykoski Oy, Luikonlahti " Oy Lohja Ab " Maanalaiset kairaukset yht. " Kaikki kairaukset yhteensä	1976	5 884	71 411	77 295									
	1980	9 089	126 485	135 574									
	1976			19 729	145		1 853	449	2 447		10.65	8.06	
	1980			18 231	173		1 385	445	2 003		13.15	9.10	
	1976			15 689					1 210			13.00	
	1980			14 211					621			22.90	
	1976			4 866	100		386	257	743		12.60	6.55	
	1980			1 352	56		135	61	250		10.00	5.40	
	1976			655	24		99	12	135		6.62	4.85	
	1980			316									
	1976			40 989									
	1980			34 110									
	1976			118 234									
1980			169 684										





Kuva 7. Kairauskustannusten ja työvaiheiden jakautuminen eri organisaatioissa vuonna 1980.

Fig. 7. Distribution of drilling costs and working time in different organisations in 1980.

liittimien kustannukset ovat enää 7—15 % kokonaiskustannuksista. Sensijaan työpalkkojen ja niihin liittyvien matkustus- ja sosiaalikulusten osuus on kasvanut ratkaisevaksi tekijäksi.

Kairauskustannusten ja työvaiheiden prosentuaalista jakautumista v. 1980 suurimmissa kairausorganisaatioissa esittää kuva 7. Siinä merkitsee OK = Outokumpu Oy:n Malminetsintää ja sen omia maanpäällisiä kairauksia, RR = Rautaruukki Oy:n vastaavaa toimintaa ja GTL = Geologinen tutkimuslaitos.

Suomessa kairataan nykyisin maan päällä ja kaivoksissa yhteensä 120—170 000 metriä vuodessa. Vuosittaiset vaihtelut riippuvat suurempien tutkimustyömaiden toimin-

nasta. V. 1966 oli kairausmäärä 160 000 m ja kairausyksiköitä oli runsaasti, yhteensä 67 kpl. Kairausyksiköiden määrä on huomattavasti vähentynyt koneiden tehon lisääntyttyä. Vuosittaiset kairauskustannukset ovat n. 25—30 milj. mk.

Kairauksen kehittämiseen olisi syytä kiinnittää entistä enemmän huomiota. Samoin olisi tutkittava tehokkaasti reikien suuntaamista, suunnan mittausta ja erilaisten geofysikaalisten mittausten suorittamista, jotta kaikki kairausreikien antama informaatio saataisiin hyödyttämään geologista ja malminetsinnällistä tutkimusta.

#### YHTEENVETO

Kairauksen historian katsotaan alkaneen yli 100 vuotta sitten Rudolf Leschot'in kairauskoneesta. Koneet ja kairausvälineet kehittyivät hiljalleen, kunnes noin 10 vuotta sitten tulivat markkinoille täyshydrauliset kairauskoneet. Näiden ansiosta ovat tehot huomattavasti nousseet ja työolosuhteet parantuneet. Kustannuksissa ovat aikaisemmin suurimpien timanttiteräkustannusten tilalle nousseet työpalkat matkakustannuksineen. Suomen kairausmäärä on vuosittain 120—170 000 m ja kustannukset 25—30 mmk.

#### SUMMARY HISTORY AND MODERN TIME IN DRILLING

The history of drilling is considered to have started over 100 years ago when Rudolf Leschot invented his drilling machine. Drilling machinery developed gradually until about ten years ago the first fully hydraulic machines appeared on the market.

Thanks to them capacity has conspicuously increased and working conditions improved. The main expence, which used to be the diamond bit, is nowadays made up of salaries and travel allowances. In Finland 120 000 to 170 000 m are drilled annually at a cost of 25 to 30 million marks.

Sivulta 121 →

#### SUMMARY OVER ONE THOUSAND YEAR OLD MINING TRADITION IN POLAND

The Polish mining industry is one of the oldest in Europe. The oldest implements excavated in Poland were made of flint — the earliest mined mineral dated back to about 20,000 years found in the Swietokrzyskie Mountains where mining pits in a good state of preservation, some more than 20 meters deep, exist up till our days. The Stone Age lasted till about the year 4000 B.C. to which the mentioned flint mines date back.

The copper products — the Bronze Age — appeared on the Polish territory in the period between 2200 and 2000 B.C.

Iron mining originated in the Swietokrzyskie Mountains about the year 700 B.C.

Already in the 11th century rock salt was exploited in a salt mine at Wieliczka (near Cracow) as it has been attested by references in a charter granted in 1044 by Prince Kazimierz Odnowiciel. The mine is still existing and the underground museum is today one of the most interesting and probably the most beautiful in the world. The copper ore mining has probably developed in the 15th century. In the 16th century a substantial development of lead ore mining in the province of Upper Silesia took place and sulphur mining originated near Cracow.

The coal mining in Poland dates back to the middle of the 16th century. Its distinct development originated, however, in the second half of the 18th century when the hard coal was first used in the works of ferrous and non-ferrous metallurgy.

The Polish mining industry has got the traditions and achievements in the field of mining engineering that are many hundred years old; moreover its traditions in mining legislation and protection of the miner's work and profession are the oldest. Mining laws became first codi-

field in Poland during the reign of King Kazimierz Wielki, who in the statutes granted to people of the towns Wieliczka and Bochnia systemized the work in the salt mines and established some forms of the protection of miners. First and foremost, however, the stress should be laid on the fact that it was in Poland where the first "Mining Code" — named "Ordunek Gorny" (The Mining Order) and issued in Polish language — was granted in November, 8th, 1528, by Prince Jan of Opole.

Stanislaw Staszic (1755—1826) — an active statesman and political writer, scientist and philosopher, one of the most prominent Polish personalities from the turn of the 18th and 19th centuries — originated and developed in Poland a wide geologic scientific activity. He was also a prominent organizer of the Academic Mining School in Kielce in 1819, the 5th in the world (the oldest one founded in Freiberg in 1765).

The mankind has been familiar with the mineral oil for many thousand years. Very few people know however, that it became of industrial value only since a Pole — Ignacy Lukasiewicz — lit the first kerosene lamp in 1853. It was in Poland where the world's mineral oil industry has originated. Its cradle was a place near Krosno where already in 1854 the first mineral oil mine of industrial value was established.

To maintain the traditional hierarchy and to accentuate the dignity of the miner profession, a list of miner ranks has been established and two kind of uniforms have been introduced — the ceremonial one (the black gala uniform — originated in 1817 when Mining Corps in the Kingdom of Poland were founded) — with the insignia of miner ranks. Still today the 4th of December, the St. Barbara day, remains as a big festival for all miners and the old mining traditios are continued.

# Vuorimiesyhdistyksen kaivosjaoston syysretki Puolaan

13.—20.9.1981 oli 42 vuorimiehen matkareitti Puolassa: Varsova — Wroclaw — Lubin — Katowice — Krakova — Varsova

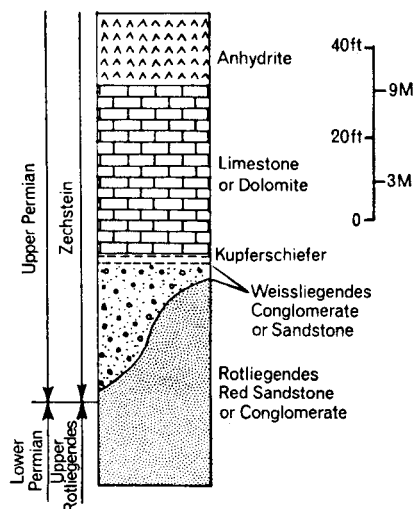
Tutustuminen Puolan kaivosteollisuuteen aloitettiin Wroclawista, jossa sijaitsee kuparikaivos-sulattamo-kombinaattiin kuuluva "Cuprum"-niminen tutkimus- ja suunnittelulaitos. Laitoksen tehtäviin kuuluu tieteellisten ja tutkimustöiden suorittaminen geologian, louhintamenetelmien, luonnonvaarojen estämisen, rikastustekniikan mekanisoinnin ja automatisoinnin sekä ympäristönsuojelun aloilla. Laitos suunnittelee värimetallisia kaivoksia ja rikastuslaitoksia, kaivos- ja rikastuslaitteita. Se julkaisee myös omaa tieteellisteknistä lehteä, jonka nimi on Cuprum.

Laitos palvelee kaikkia malmikaivoksia, mutta erityisesti omaan kombinaattiin kuuluvaa viittä kaivosta.

Konrad-kaivos on ainoa, joka ei sijaitse uudella kupari-alueella ja sen toiminta alkoi jo toisen maailmansodan aikana. Uuden alueen kupariesiintymä löydettiin vuonna 1957 ja siellä toimii Lubin, Rudna, Polkowice sekä viimeksi avattu Sieroszowice kaivos. Viimeksi mainitusta on tulossa suurin eurooppalainen kuparikaivos (tavoite 15 milj. tonnia/vuosi).

Malmi sijaitsee alueella, jonka suuruus on noin 400 km<sup>2</sup>, dokumentoidun malmin syvyys on 600—1200 m ja paksuus keskimäärin 4,5 m; prosentuaalisesti se vaihtelee < 3 m 19 %, 3—5 m 50 %, 5—12 m 21 % ja > 12 m 10 %.

Kaikki kuilut (noin 36 kpl) on ajettu jäädyttämismenetelmällä, jopa 600 m saakka. Niiden läpimitta on 6 ja 7,5 m; viimeksi ajetut syvimmillä alueilla halkaisijaltaan 9 m. Tämän hetken tuotannon suuruus on ilmoitettu



Kuva 1. Skemaattinen Zechstein -alueen profiili.

Fig. 1. A schematic profile of Zechstein area.

80.000 tonniksi malmia päivässä eli noin 340.000 tonnia kuparia vuodessa. Cut-off -rajana on 0,7 % Cu. Noin 40 % kombinaatin liikevaihdosta on hopeaa, jota malmissa on merkittävä määrä (30—80 g/tonni) Keskimääräinen kuparipitoisuus on noin 2 %.

Koko kombinaatin palveluksessa on 40.000 henkeä. Tähän kuuluu Cuprumin ja kaivosten sekä rikastamoiden lisäksi kaksi sulattamoa, valssitehdas, rakennusyhtiöitä ja kuljetusliikkeitä.

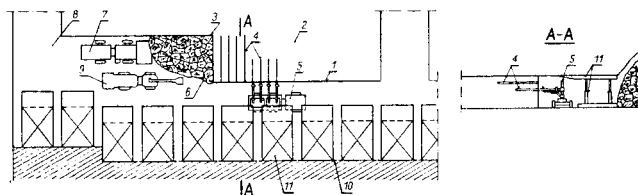
Laitoksen edustajat kertoivat lähemmin myös alueen geologiasta (kuva 1). Malmi esiintyy kolmessa erityyppisessä kivisarjassa: hiekkakivi-, liuskekivi- ja dolomiittisarjassa.

Liuskekivisarja on rikkain (Cu 5 % saakka), mutta sen paksuus vaihtelee vain muutamasta senttimetristä puoleen metriin. Malmin raja on hyvin epäselvä ja jatkuvat pitoisuuksien mittaukset sitovat paljon työvoimaa. Malmin päämineraaleina ovat kalkosiitti, borniitti ja kalkopyriitti. Vesitiiviys on hyvä, mutta koska maanpinnassa on 40 m paksuinen hiekkakerros, joka sisältää erittäin runsaasti vettä ja myös kallioperässä on erilaisia pohjavesikerrostumia, katon vesitiiviys on tärkeää. Siirrosten, ruhjeiden ja porareikien kautta tosin vesi pääsee kaivokseen ja veden tulvimisvaara on olemassa.

Louhintamenetelmien soveltamista varten malmi on jaettu eri vahvuusluokkiin:

- malmin paksuus < 3 m
- " " " 3—5 m
- " " " > 5 m

Erilaiset mekanisoidut pilarimenetelmän (room & pillar) versiot ovat käytössä. Ohuessa malmissa on käytössä myös ns. lyhytseinälouhinta (kuva 2), jossa käytetään hydraulisia tukipilareita ja malmin louhintaa seuraa katon sortaminen. Sortaminen on korvannut melkein täydellisesti aikaisemmin käytetyn hiekkatäytön ohuissa malmeissa. Puhtaampaa pilarilouhintaa käytetään kun malmin paksuus on 3—5 m (kuva 3).



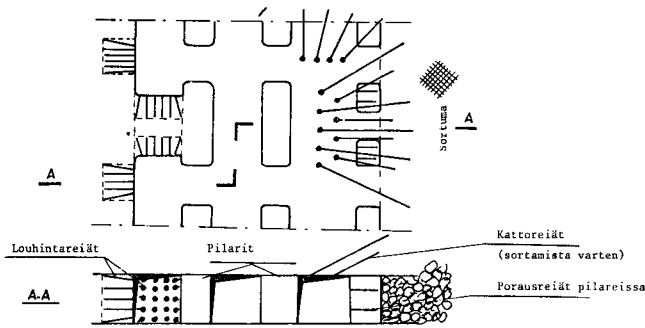
Kuva 2. Lyhytseinälouhintamenetelmä sortamalla.

1. Seinä, 2. Louhinta-alue, 3. Seinän pääty, 4. Louhintareikä, 5. Porauslaite, 6. Louhe, 7. Dumpperi, 8. Kuljetusperä, 9. Pultitusjumbo, 11. Sortuman raja, 11. Tukipilarit.

Fig. 2. Shortwall mining with caving.

1. Wall, 2. Stopping area, 3. Wall end, 4. Blasthole, 5. Drilling unit, 6. Muck, 7. Dumper, 8. Transport drift, 9. Bolting jumbo, 10. Caving limit, 11. Supports.





**Kuva 3.** Porareikien sijoitus pilarilouhinnan yhteydessä.

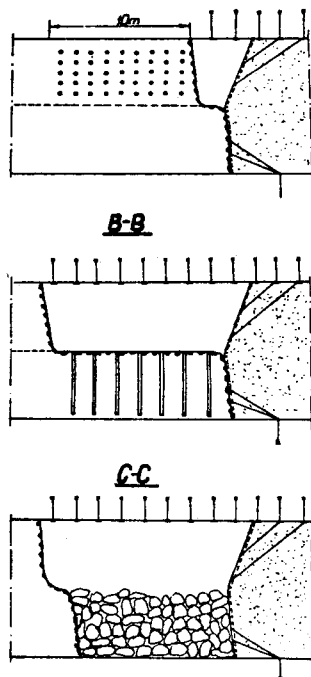
**Fig. 3.** Location of drill holes in room and pillar mining.

Suuret vuoripaineen äkilliset purkautumiset (rock burst) estetään pakottamalla louhitun alueen katto sortumaan pitkäreikäporauksella. Siitä huolimatta on tapahtunut äkillisiä sortumia ennen varsinaista louhinta-alueita, tämä ilmenee perän "häviämisenä" (vaakasuoja sortuma). Kokemusten perusteella on näitä sortumia pystytty estämään sekä räjäytyksellä että sopivalla louhintanopeudella. Perien muoto on myös tavallisesta poikkeava — katon puolella leveämpi kuin jalkapuolella seinäkomujen puuttamisen estämiseksi.

Paksun, yli 5 m malmikerrostuman louhinta tapahtuu kahdessa tai kolmessa vaiheessa (kuva 4) täyttämällä. Siinä esiintyy vielä joitakin vaikeuksia ja uusia vaihtoehtoja kokeillaan parhaillaan. Yli 12 m paksuisia kerrostumia ei vielä louhita.

Retken jäsenet jaettiin kaivoskäynnin ajaksi kolmeen ryhmään. Jokainen kävi eri kohteissa Lubinin, Polkowicen ja Rudnan kaivoksissa.

Yleisvaikutelmaksi jäi tehokkaan tuntuinen louhinta. Kivi louhinta-alueella näytti heikolta, jopa vaaralliselta. Katon vajoamista seurattiin puupilarien avulla. Peränajossa ja pultituksessa (paisuntakuoripultit) käytettiin po-



**Kuva 4.** Paksun malmin louhinta täyttämällä.

**Fig. 4.** Stopping thick ore with filling.

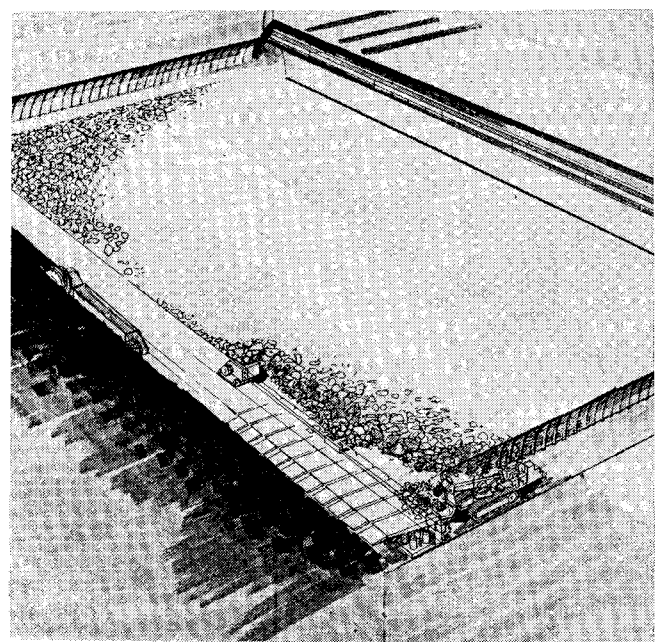
rausjumboja, joissa on ollut yleisesti puolalainen Fadroma kumipyöräalusta ja eri länsimaalaisten tehtaiden (Secoma, Atlas Copco) puomeja, syöttölaitteita ja porakoneita.

Kuormaus ja kuljetus tapahtuu myös kumipyöräkalustolla. Yleisesti käytössä ovat olleet LK1—2 m<sup>3</sup> ja LK2—4,2 m<sup>3</sup> kauhalla varustetut puolalaiset kuormurit. Kuljetus murskausasemalle tapahtui erilaisia dumppereita käyttäen (yleensä Joy, 35 tonniin saakka). Kuljetus murskausasemilta pääperille tapahtuu hihnakuljettimilla (puolalainen Legmet) ja sen jälkeen nostokuiluun sähköjunilla. Suomalaista konetekniikkaa edusti Roxonin iskuvasara, joka nähtiin kiinteästi asennettuna murskausasemalla. Kivi on ollut erittäin helppoa rikottaa. Koneiden käyttöasteeksi on ilmoitettu 60—70 %.

Malmitappio yritetään pitää alle 15 %:n. Louhinta-alueen (2000—3500 tonnia/päivä) miesvuoroteho on noin 30 tonnia ja kaikkia maan alla työskenteleviä kohden 11 tonnia/mv. Yleensä työskentelyaika on 8 tuntia 5 päivänä viikossa. Lämpötilan noustessa yli 28°C työaika laskee 6 tuntiin.

Seuraavana käyntikohteena oli Ylä-Sleesian kivihiili-alue. Tällä kertaa meidät oli jaettu neljään ryhmään. Kolmella ryhmällä oli tilaisuus tutustua kivihiilikaivokseen, kuten aikaisemminkin jokaisella eri kaivokseen: Wiczorek, Gottwald ja Siemianowice. Neljäs ryhmä tutustui Puolan kaivospelastuspääasemaan.

Kaikki mainitut kaivokset olivat hyvin samantapaisia, joskin esim. Wiczorek kaivos on 175 vuotta vanha. Louhinta siinä on noin 7 milj. tonnia hiiltä vuodessa. Kaivoksessa on 9 kuilua ja 2 vinotunnelia. Hiilikerrostumat olivat eri tasoilla 700 m saakka. Kerrostumien kaade oli 6—10°. Kivihiilen paksuus vaihteli 1,3—12 metriin. Tässä kaivoksessa kävimme katsomassa 1,6 m paksuisen kerrostuman louhinta. Menetelmänä oli mekanisoitu pitkäseinälouhinta (kuva 5) sortamalla. Seinän pituus on ollut 200 m. Täydelliseen louhinta-alueen kalustoon kuuluvat kolakuljetin ja hydrauliset pilarit suojakatoksineen sekä



**Kuva 5.** Kivihiilen pitkäseinälouhinta sortamalla.

**Fig. 5.** Longwall stope with caving in coal.



Kuva 6. Jyrsintälaitteiston porauspää.

Fig. 6. The cutting head of a shearer.

jyrsintälaitte, jossa on kaksi porauspää. Koko järjestelmä siirtyy mekaanisesti. Järjestelmän etenemä on noin 70—80 m/kk. Kalliin ja raskaan laitteiston asentamisen taloudellisena rajana pidettiin louhittavan alueen pituutta, minimi 700 m. Perä ajetaan joko paineilmajumboilla tai teleketjuaustaisilla jyrsintälaitteilla ja ne tuetaan eri menetelmillä. Vaikka itse seinän alueella jyrsintälaitteisto (kuva 6) tekee raskaimman työn ja tukipilarien alla oleskelu tuntuu olevan turvallista, on työskentely silti raskasta ja monessa suhteessa vaarallista. Työturvallisuutta vaarantavia seikkoja ovat metaani, äkilliset sortumat, vesi ja kivihiilipöly. Sortumia seurataan seismisillä mittauksilla ja metaanikaasun pitoisuutta automaattisilla analysaattoreilla.

Kaivoskäynnin jälkeen kivihiilen louhijoita kohtaan tuntemamme arvostus on varmasti kaikilla noussut suuresti. Työteho louhinta-alueella on 30—35 tonnia/mv ja koko laitoksessa jalkapallojoukkue ja lomakeskuksen henkilökunta mukaan lukien 3 tonnia/mv.

Matkan ohjelmaan kuului myös tutustuminen Krakovan kaivosakatemiaan, josta on tähän mennessä valmistunut noin 40.000 diplomi-insinööriä. Akatemiassa on 12 osastoa, joista kaivososasto on yksi sen neljästä instituutista. Olimme kaivos- ja kaivospelastusinstituutin vieraina. Instituutissa opiskeleville myönnetään noin 100 diploma vuodessa.

Saimme tutustua myös kahteen mielenkiintoiseen laboratorioon. Toinen näistä oli kaivostäyttölaboratorio, jossa tutkitaan kaikki kaivostäyttömateriaalit, joita käytetään Puolassa sekä joitakin ulkomailta käytettäviä. Laboratorioon kuuluu mielenkiintoinen simulointipienois malli, jolla selvitettiin hydraulisen kaivostäytön virtausta ja pumppausominaisuuksia, sekä materiaalien sekoittamista ja suhteuttamista. Lisäksi on kehitteillä patenttivaiheessa lentotuhkan granulointi ja poltto kaivostäyttömateriaaliksi. 20 % kaikista Puolan kaivoksista käyttää erilaisia täyttölouhintamenetelmiä.

Toinen laboratorioista oli kaivosten pelastus-, palo- ja työhygienialaitelaboratorio, johon Puolassa kiinnitetään paljon huomiota luonnonvaarojen esiintymisen takia.

Viimeisenä kaivosaiheisena tutustumiskohteena oli Wieliczkan kaivosmuseo (kuva 7), jota monet väittävät



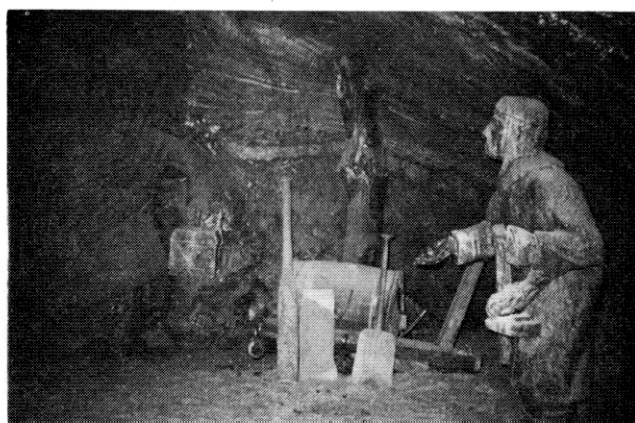
Kuva 7. Retkikunnan jäsenet Wieliczkan kaivoksen pääkUILUN edessä. Lisäksi ylärivissä vasemmalla S. Studnicki ja oikealla B. Burnat, Puolan vuorimiesyhdistyksen edustajat, sekä alhaalla viehättävä Orbiksen opas Beata Oleńska.

Fig. 7. The members of excursion in front of the Wieliczka main shaft.

maailman kauneimmaksi. Wieliczassa suolan louhinta jatkuu tänä päivänäkin. Sen suolakaisos on Euroopan vanhin. Ensimmäiset historialliset asiakirjat, jotka kertovat kaivostoiminnasta Wieliczassa, ovat vuodelta 1044. Wieliczkan suola on tunnettu aine erilaisiin lääkkeisiin. Siellä toimii myös astmaparantola. Viime aikoina lääkärit ja biologit ovat olleet kiinnostuneita Wieliczkan vihreästä suolasta, joka monen terveydelle tärkeän bioelementin lisäksi sisältää poikkeuksellisen suuren määrän seleniumia.

Itse Wieliczkan museon kauneutta lisäävät monen kaivosmiesten kivisuolasta tekemät veistokset (kuva 8). Eräs tyhjä louhos muutettiin kirkoksi, joka kaikkine koristeineen, suolakristallilamppuineen ja patsaineen on aivan "fantastinen" näky. Museossa on paljon vanhoja työkaluja ja koneita, jotka säilyvät suolailmastossa erittäin hyvin. Sodan jälkeen museo on ollut suljettuna ja se avattiin uudelleen vuonna 1963.

Tänä päivänä museossa käy vuosittain noin 800.000 henkilöä, eikä ihme. Ei-asiantuntijoillekin käynti jää iki-



Kuva 8. Wieliczkan kaivoksen eräs louhos, jossa on suolaveistoksia ja vanhoja työvälineitä.

Fig. 8. A stope of the Wieliczka mine with salt sculptures and pieces of old mining equipment.



**Kuva 9.** Rolf Söderström ojentamassa puheenjohtaja Kazimierz Orzechowskille Vuorimiesyhdistyksen solmiota.

**Fig. 9.** Rolf Söderström giving the Finnish Association of Mining and Metallurgical Engineers- tie to chairman Kazimierz Orzechowski.

muistoiseksi kokemukseksi. Tuhansien vieraskirjassa olevien nimien joukosta löytyy tunnettuja henkilöitä, kuten Goethe, Chopin, rouva de Gaulle, kosmonautti Tjerrishkova sekä myös presidentti Kekkonen. Tunnettu ranskalainen matkaja Le Laboureur on sanonut Wieliczassa käyntinsä jälkeen: "Wieliczkan suolakaiivos ei ole vähemmän merkittävä kuin Egyptin pyramidit, mutta käytännöllisempi. Se on kunnioitettava puolalaisen teollisuuden muisto, kun taas pyramidit ovat Egyptin kansan tyrannian ja turhamaisuuden todistuksia."

## TUTKIMUSVALTUUSKUNNAN TOIMIKUNTIEN TYÖSARALTA

Vuodenvaihteen lähestyessä palaavat ajatukset totunnaisesti kuluneeseen kauteen. Vanhan tavan mukaan toiminta puserretaan toimintakertomuksiin, jotka kuuluvat vuoden vaihteen ohjelmaan yhtä lailla kuin toimintasuunnitelmat seuraavalle vuodelle. Varsinaisesti VMY:n eri instanssien toimintakertomukset julkaistaan vuoden ensimmäisessä Vuoriteollisuus-lehdessä. Toimikunnat kokoontuvat keskimäärin neljästä viiteen kertaan vuodessa toiminnan jäädessä monelle lukijalle toimintakertomuksen lukemisen varaan. En voi olla käyttämättä tilaisuutta hyväkseni kertoakseni hieman eri toimikuntien aloilta toimeenpannuista tutkimuksista.

Geologisen toimikunnan puolella esiselvityksiä on tehty viimeisen vuoden aikana aiheista: "Malmin rajan määrittäminen geofysikaalisiin menetelmin porarei'issä", "Lito-geokemiallisten malminetsintämenetelmien merkitys Suomen oloissa" ja "Lohkaretietojen hyväksikäyttö malminetsinnässä". Näiden tutkimusten pohjalta on jo käynnistetty joitakin lisätutkimuksia. Geologisen toimikunnan ATK-yhteistyöryhmä valmistelee alkuvuodeksi -82 seminaaria aiheista: "Valtakunnallisen tietojenkäsittelyn kehittäminen". Seminaaria varten tutkimusvaltuuskunta on myöntänyt apurahan. Samaisessa kokouksessa tutkimusvaltuuskunta myönsi rahaa myös tutkimukselle "Sähkömagneettiset porareikämittaukset". Geologisella puolella on ollut toiminnassa yksi kollektiiviprojekti: "Näytteenottoyksikön kehittäminen". Geologinen toimikunta oli isäntänä keväällä Nilsin Tahkavuorella pidetyssä yhteispohjoismaisessa geologisten toimikuntien kokouksessa. Kokouksen yhteydessä oli tutustumiskäynti Kemira Oy:n Siilinjärven kaivokselle ja tehtaille.

Kaivosteknillisen toimikunnan aloitteesta käynnistettiin kesällä -81 tutkimus "Pohjavesikysymys kallioliolisissa". Tutkimusvaltuuskunta osallistuu tämän vuoden rahoitukseen 10 000 mk:lla. Muita toiminnassa olevia tutki-

Kaivoskäyntien lisäksi meillä oli kahdesti mahdollisuus yksityiseen keskusteluun ja yhteiseen lauluiltaan. Lubinissa tapasimme Lubinin alueen louhijoita ja Katowicessa vuorimiesyhdistyksen päämajassa tapasimme SITG:n (Puolan vuorimiesyhdistys) pääsihteerin Kazimierz Orzechowskin (kuva 9) ja kaksi varapuheenjohtajaa, joilla oli sinä iltana komeat puolalaiset juhlauniformut. Keskustelimme myös mahdollisesta yhteistyöstä.

Koko Puolan matkan ajan piti meille seurata kaksi vuorimiesyhdistyksen Lubinin osaston edustajaa, tekn.lis. B Burnat ja DI S Studnicki, jotka huolehtivat myös matkan järjestelyistä. Wrocławista Varsovaan kuluneuvona oli Lubinin osaston järjestämä bussi. Kaiken kaikkiaan matka oli erittäin hyvin järjestetty ja olemme kaikki olleet yllättyneitä puolalaisten suuresta ystävällisyydestä ja vieraanvaraisuudesta sekä avoimuudesta.

Retkikunnan puolesta

**Andrzej Zablocki**

### SUMMARY EXCURSION TO POLAND

42 mining engineers, members of The Finnish Association of Mining and Metallurgical Engineers (Vuorimiesyhdistys) were visiting Poland in September 1981 as guests of the Lubin division of the Polish Mining Association. They had an opportunity to visit one of the largest underground copper mines in Europe (Lubin, Polkowice and Rudna mine) and Research and Design Establishment of the Copper Mining Industry (Cuprum) in Wrocław. Hard coal mines were visited in the Upper Silesia province (one of them Gottwald mine, 175 years old).

An interesting mine filling and rescue laboratories of the Mining and Metallurgical Academy in Cracow (the school established in 1919) were also in the program.

The wonderful world famous Wieliczka mining museum was visited. There were also some meetings with Polish mining engineers giving the change to discuss the subjects of common interest to get better knowledge of the old mining history, traditions as well as today's development.

muksia ovat: yhteispohjoismainen yhteisprojekti "Reikäseisminen tutkimus" sekä kollektiiviprojektit "Avolouhoksen seinämän kaltevuuden optimointi" ja "Kaivostilojen lujuslaskenta". Alkukysyntä alkoi TKK:lla jatkokoulutuskurssi "Elementtimenetelmät kallioliolien suunnittelussa". Kurssin tavoitteena on perehdyttää suunnitteluporaa väkeä elementtimenetelmän periaatteisiin. Kurssin osanottajamäärä on ollut ilahduttavan suuri.

Rikastusteknillisten toimikuntien yhteispohjoismainen kokous pidettiin elokuussa Kristiansandissa, Norjassa. Kokouksen yhteydessä oli tutustumiskäynti Norfloatin teollisuusmineraalilaitokseen. Toiminnassa ovat olleet työkomitea "Murskaus- ja rikastusprosessien tekniset olosuhdevaatimukset" ja esiselvitys "Kiintoaineen ja veden erotus". Viimeksi mainitusta aiheesta aloitetaan jatko-tutkimus ensi vuoden alussa. Tutkimusvaltuuskunta on rahoituksessa mukana 10 000 mk:lla. Kollektiiviprojekti "Kuivauksen automaatio" päättyy kuluvan vuoden lopussa.

Kaikkien toimikuntien piirissä on suoritettu tutkimustarpeen analyysi. Geologinen toimikunta piti aiheesta seminaarin, johon osallistui joitakin toimikunnan ulkopuolisia henkilöitä. Muut toimikunnat laativat aiheesta kyselylomakkeen, joka lähetettiin tutkimusvaltuuskunnan kannattajajäsenille. Analyysi auttaa tutkimuksen luotsaamisessa tärkeimmille linjoille.

Vuorimiesyhdistyksen tutkimusvaltuuskunnan puitteissa tehdyistä tutkimuslosteista on listaus lehden keltaisilla sivuilla kohdassa "Tutkimuslosteet sarja A". Lisätietoja toimikunnan työsarjalta antavat toimikuntien puheenjohtajat ja allekirjoittanut (puh. 90-456 6209).

**Antti Öhberg**

Tutkimusvaltuuskunnan sihteeri

## UUSIA JÄSENIÄ — NYA MEDLEMMAR

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

### Kokouksessa 21.5.1981

**Andtbacka, Hans-Erik**, DI, s. 10.10.1942. Outokumpu Oy, Karleby fabriker, forskningsingenjör vid koboltfabriken. Adr.: PBB 1, 68500 Kronoby.

**Anttila, Markku**, DI, s. 28.2.1953. Outokumpu Oy, Kokolan tehtaas, kobolttitehdas, projekti-insinööri. Os.: Kustaa Adolfinkatu 2 C 24, 67100 Kakkola 10.

**Grönqvist, Peter** Harald, DI, s. 13.4.1953. Outokumpu Oy, Harjavalta fabriker, driftsingenjör vid nickelfabriken. Os.: Hällinkatu 12 as 1. 29200 Harjavalta.

**Hintikka, Seppo**, DI, s. 24.1.1948. Rautaruukki Oy, Raahen Rautatehdas, tutkimusinsinööri vanadiiniryhmässä. Os.: Koulukuja 4 E 52, 92120 Raaha 2.

**Hänninen, Esa** Ensio, Ins., kauppat.maist., s. 7.10.1939. Geofinn Oy, toimitusjohtaja. Os.: Kauppalantie 32 A 6, 00320 Helsinki 32.

**Junttila, Ari** Olavi, DI, s. 5.10.1955. Outokumpu Oy, Metallurginen tutkimuslaitos, Pori, tutkimusinsinööri prosessiluonteisissa tehtävissä. Os.: Valtakatu 30 A 28, 28100 Pori 10.

**Jäfs, Gustav** Alec, DI, s. 24.8.1955. Outokumpu Oy, Metallurginen tutkimuslaitos, Pori, tutkimusinsinööri projektiluonteisissa tutkimuksissa. Os.: Päkintie 9, 28360 Pori 16.

**Kallio, Jarmo** Juhani, FM, s. 15.8.1952. Geologinen tutkimuslaitos, Väli-Suomen aluetuomisto, kallioperäosaston geologi. Os.: Sammakkolammentie 1 A 37, 70200 Kuopio 20.

**Krekula, Jukka**, Ins. s. 12.12.1950. Outokumpu Oy, Porin tehtaas, suolatehtaan käyttöinsinööri. Os.: Mattilantie 3 C 20, 28400 Ulvila.

**Kullberg, Hans** Christian Evert, DI, s. 16.1.1954. Ovako Oy Ab, Imatra, tutkimusinsinööri teräksen valmistuksessa ja valussa. Os.: Imatrankoskentie 24 A 6, 55610 Imatra 61.

**Lindqvist, Ralf** Arvid, DI, s. 12.5.1948. Oy Suomen Bofors Ab, metallurg, tekn. frågor betr. värmebehandling. Adr.: Linnanpelto, 04130 Nickby.

**Louhenkilpi, Seppo**, DI, s. 7.1.1953. MEFOS = Metallurgiska Forskningstation, Luleå, tutkimusinsinööri. Os.: Tunastigen 52, S-951 27, Luleå, Sverige.

**Marjamäki, Simo** Antero, DI, s. 25.1.1947. Outokumpu Oy, Tornion tehtaas, käyttöinsinööri kylmävalssaamossa. Os.: Ahotie 11 B 5, 95420 Tornio 2.

**Oittinen, Kari** Juhani, DI, s. 29.10.1952. Outokumpu Oy, Porin tehtaas, insinööriharjoittelija valimossa. Os.: Vaontie 7, 28370 Pori 37.

**Salervo, Taneli**, DI, s. 4.10.1954. Outokumpu Oy, Metallurginen tutkimuslaitos, tutkimusinsinööri. Os.: Valtakatu 30 A 28, 28100 Pori 10.

**Santala, Pekka** Sakari, DI, 26.9.1954. Outokumpu Oy, Tornion tehtaas, metallurgisen lab. tutkimusinsinööri ja loterässulaton prosessitutkimuksissa. Os.: Untolantie 3 D 3, 95420 Tornio 2.

**Somerkoski, Jukka** Veli Antero, DI, s. 27.5.1954. Outokumpu Oy, Porin tehtaas, tutkimusinsinööri metallilaboratoriossa. Os.: Katariinankatu 5 C 27, 28100 Pori 10.

**Vehviläinen, Harri** Tapio, DI, s. 26.11.1952. Outokumpu Oy, Tornion tehtaas, myynti-insinööri. Os.: Ahotie 11 B 2, 95420 Tornio 2.

**Virta, Eero**, DI, 21.5.1952. Ovako Oy Ab, Dalsbruk, valimotuotteiden laadunohjausinsinööri. Os.: Dalberga B 12, 25900 Taalintehtas.

### Kokouksessa 1.10.1981

**Aaltonen, Jarmo** A., DI, s. 17.9.1954. Kemira Oy, Siilinjärven kaivos, tutkimus- ja kehitysinsinööri. Os.: Siilinpääntie 10 as. 12, 71800 Siilinjärvi.

**Ahkola-Lehtinen, Anne**, DI, s. 9.4.1956. Ovako Oy Ab, Dalsbruk, KTM yhteistyöprojekti hitsauslisäaineiden tuotekehityksessä. Os.: Torsklippan E 29, 25900 Taalintehtas.

**Björkqvist, Lars-Göran**, DI, s. 21.10.1950. Outokumpu Oy, Huvudkontoret, Helsingfors, råmaterial-inköpare. Adr.: Filipsgatan 2 B 12, 02230 Esbo 23.

**Fröberg, Per** Johan, DI, s. 9.8.1946. Rauma-Repola Oy, Lokomo division, försäljningschef för stålexport. Adr.: Aleksanterinkatu 6 C, 33100 Tammerfors 10.

**Häkkinen, Asko**, Ins., s. 28.6.1946. Outokumpu Oy, Metalliteollisuusryhmä, vientimyyjä, vetämön tekniset kuperituotteet. Os.: Onkipolku 5 A 7, 28330 Pori 33.

**Kankaanpää, Asko**, DI, s. 5.8.1952. Kone Oy, Engineering Division, projekti-insinööri. Os.: Hedelmätarhantie 1 A 20, 15860 Kartano.

**Lehtinen, Veikko** Ilmari, varatuomari, oikeust.kand., s. 4.7.1936. Outokumpu Oy, johtaja, hallituksen jäsen. Os.: Elontie 96—98 C, 00660 Helsinki 66.

**Maksimainen, Alpo**, DI, s. 7.8.1947. Kone Oy, Engineering Division, kaivos- ja mineraalijaoksen suunnittelupäällikkö. Os.: Tervatie 5, 15870 Salpakangas.

**Narko, Antti**, DI, s. 20.8.1949. Outokumpu Oy, Teknillinen vienti, kaivos- ja rikastamolaitteiden suunnitteluinsinööri. Os.: Ukonvaaja 2 E 123, 02130 Espoo 13.

**Pietilä, Pentti** Kalervo, DI, s. 23.9.1943. Rauma-Repola Oy, Lokomon tehtaas, projektitarjousinsinööri — murskauslaitosten tekninen määrittely. Os.: Venekatu 23, 33410 Tampere 41.

**Pöntinen, Hannu**, DI, s. 22.7.1952. Ovako Oy Ab Tutkimuskeskus, Imatra, tuotekehitysosaston tankotuotejaoksen tutkimusinsinööri. Os.: Terästehtas B 99 as. 4, 55610 Imatra 61.

**Roitto, Klaus** Lennart, DI, s. 24.4.1954. Statens tekniska forskningscentral, metallurgiska laboratoriet, forskare. Adr.: Skådespelarvägen 16 H 82, 00400 Helsingfors 40.

**Salonen, Jorma** Kalevi, DI, s. 24.4.1950. VTT, metallurgian laboratorio, tutkija metallografian jaostossa. Os.: Anjankuja 3 B 94, 02230 Espoo 23.

**Savolainen, Heikki** Olavi, Ins. s. 1.9.1943. Outokumpu Oy, Teknillinen vienti, projektitutkimusjaoksen päällikkö. Os.: Kuusikallionkuja 4 C 20, 02210 Espoo 21.

## Vuorimiesyhdistys - Bergsmannaföreningen ry:n toiminnan tehostaminen

Vuorimiesyhdistyksen hallitus on kokouksessaan 1.10.1981 käsitellyt eri mahdollisuuksia yhdistyksen toiminnan tehostamiseksi. Keskusteluissa on tullut alustavasti esille pääsihteerin toimen perustaminen. Pääsihteerin toimeen tulisi kuulumaan mm. yhdistyksen ja tutkimusvaltuuskunnan sihteerien tehtäviä, rahastonhoitajan toimen hoito sekä Vuoriteollisuus-lehden toimitussihteerin tehtävät.

Pääsihteerin tehtävä olisi todennäköisesti kokopäivätoimi. Hallitus on kiinnostunut kuulemaan jäsenistön mielipiteitä mahdollisesti perustettavasta pääsihteerin toimesta. Niitä henkilöitä, jotka haluavat esittää mielipiteensä asiasta tai ovat kiinnostuneita pääsihteerin toimesta, pyydetään ottamaan yhteyttä yhdistyksen puheenjohtajaan prof. Aimo Mikkolaan tai sihteerin TkT Matti Ketolaan.

Osoitteet ja puhelinnumerot ensimmäisellä ruskealla sivulla.

## PROJEKTITIEDOTE

### OULUN YLIOPISTO

#### Prosessiteknikan osasto

### KUIVAUKSEN AUTOMAATIO

Oulun yliopiston prosessiteknikan osastolla on käynnistynyt lokakuussa 1979 kahden vuoden tutkimusprojekti "Kuivauksen automaatio (RIKU)". Tutkimusta rahoittavat Kauppa- ja teollisuusministeriö, Oulun yliopisto ja seuraavat Vuorimiesyhdistys r.y:n tutkimusvaltuuskunnan jäsenrytykset: Oy Förby Ab (ent. Karl Forsström Ab), Kemira Oy, Oy Lohja Ab, Outokumpu Oy, Oy Partek Ab, Rautaruukki Oy.

Projektin tarkoituksena on ollut kehittää kuivauksessa käytettävien laitteiden toimintaa ja ohjausta suunnitelmalla tietokonepohjainen ohjausjärjestelmä tavoitteena säästää energiaa ja parantaa prosessin ohjattavuutta pitäen tuotantovauhti ja tuotteen kosteus haluttuina. Kehitetyn säätöstrategian perusajatuksena on se, että kuivaimen aine- ja energiataseista lasketaan kuivauksessa tarvittava energiämäärä, josta edelleen lasketaan tarvittava polttoainemäärä ja palamisilmamäärä. Tuotteen kosteustavoitteen ja mitatun kosteuden perusteella suoritetaan lisäksi polttoainemäärän tarkistus. Savukaasuanalyysiä (O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>) käytetään polton tehokkuuden valvonnassa. Projektiin liittyvät säätökokeet on suoritettu Oulun yliopiston prosessiteknikan osaston pilot-plant rumpukui-vaimella. Kuivattavina materiaaleina on käytetty magneettiä ja kalsiittia. Projektin aikana tehdyissä tutkimuksissa on lisäksi kiinnitetty erityistä huomiota rakeisen materiaalin kosteuden mittaukseen, koska se on kehitetyn ohjausjärjestelmän perusmittauksia ja toisaalta sitä ei teollisuuden kuivaimissa ole vielä laajemmalti käytössä. Projekti päättyy vuoden 1981 lopussa ja loppuraportti on valmis helmikuun -82 lopussa.

Lisätietoja projektista saa projektipäälliköltä - **TkL Leena Yliniemi** - ja sen vastuulliselta johtajalta - **prof. Paavo Uronen** - osoitteesta **Oulun yliopisto, prosessiteknikan osasto, Linnanmaa, 90570 OULU 57 tai puh. 981-345411.**

### GEOFYSIIKAN III NEUVOTTELUPÄIVÄT

Geofysiikan III neuvottelupäivät järjestettiin 10.—11. 11. 1981 Rovaniemellä Vuorimiesyhdistyksen geologijaoston toimesta.

Päivillä oli osanottajia liki sata. Kokous alkoi geofysiikkaisia tutkimuksia suorittavien yhtiöiden ja laitosten virallisilla puheenvuoroilla. Näillä valotettiin geofysiikan viimeaikaista kehitystä ja toimintaa ao. yhtiöissä sekä laite-toksissa.

Puheenvuorojen jälkeen pidettiin kaksikymmentäviisi esitelmää, mitkä käsittelivät geofysiikkaa sekä käytännössä että teorian osalta. Malminetsintä eri muodoissa tuli korostetusti esiin päivillä.

Päivien yhteyteen oli järjestetty laite-esittely, missä Suomen Malmi Oy, Rautaruukki Oy, Outokumpu Oy ja Geoinstruments Ky esittelivät geofysiikan laitepuolta. Uutuuksina nähtiin Rautaruukki Oy:n rakentama korkeuseromittari, Outokumpu Oy:n kehittämä latauspotentiaalityöntekniikka sekä Scintrex LTD:n kehittämä uusi laajakaista-IP-laitteisto, mistä kuultiin myös esitelmä.

**Timo Rekola**

## SUORITETTUJA TUTKINTOJA —

### AVLAGDA EXAMINA

### HELSINGIN YLIOPISTO

#### Geologian laitos

#### Geologian ja mineralogian osasto

#### Filosofian lisensiaatti:

**Kähkönen, Yrjö:** "Oriveden ja Ylöjärven proterotsooiset vulkaaniset vyöhykkeet; erityisesti niiden geokemia."

Tutkimuksessa tarkastellaan aluksi vulkaanisten kivien kemialliseen koostumukseen perustuvia luokitteluja sekä kuvataan eri-ikäisten vulkaanisten seurueiden kemiallisia piirteitä. Nuorista vulkaanisista seurueista tarkastellaan erityisesti orogeenisten vulkaanisten kaarten seurueita ja havaitaan, että poikkeukset niissä esiintyvissä ehdote-tuista säännönmukaisuuksista ovat yleisiä.

Oriveden ja Ylöjärven vulkaanisista vyöhykkeistä kerättiin yhteensä 294 näytettä. Niistä määritettyjen pääal-kuainepitoisuuksien (koko kivi) sekä Co-, Ni-, Cu- ja Zn-pitoisuuksien perusteella tarkastellaan vyöhykkeiden ja niiden osien kemiallisia piirteitä.

Vyöhykkeiden vulkaaniset kivet ovat yleensä laava-kiviä tai pyroklastisia sekä paikoin subvulkaanisia. Tyy-nylaavoja ei tavattu. Vyöhykkeet jaetaan osiin, joissa ki-villä on yhteisiä petrografisia ja kemiallisia piirteitä. Ylöjärvellä erotetaan alempi (AVM) ja ylempi (YVM) vul-kaaninen muodostuma, joiden välissä stratigrafiassa on Veittijärven konglomeraatti. Oriveden vyöhyke kuuluu AVM:ään. Mineraaliseurueet vastaavat yleensä alhaisen amfiboliittifasieksen seurueita, mutta paikoin tavattiin vihreäliuskefasieista vastaavia seurueita.

Vyöhykkeissä on runsaasti intermediaarisia kiviä. Basal-ttien TiO<sub>2</sub>-pitoisuudet ovat melko alhaisia. Siten vyö-hykkeiden seurueet muistuttavat useiden nuorten vul-kaanisten kaarten seurueita. K<sub>2</sub>O-pitoisuus vaihtelee pal-jon ja on keskimäärin melko korkea. Basaltit ovat yleensä Al-rikkaita. Ryoliittiset kivet ovat useammin K-val-taisia kuin Na-valtaisia.

YVM:ssä seurueet ovat yleensä tholeiittisia. AVM:ssä ne ovat usein kalkkialkalisia, mutta osin alkalisia ja osin tholeiittisia. YVM on keskimäärin emäksisempi kuin AVM. YVM:ssä ovat K-köyhät kivet yleisempiä kuin AVM:ssä. Basal-ttien ja basalttien andesiittien Zn-pitoisuudet ovat YVM:ssä suurempia kuin AVM:ssä.

Orivedellä intermediaariset kivet ovat yleensä Ni-köy-hempinä kuin Ylöjärvellä. K<sub>2</sub>O-pitoisuudet ovat Orivedel-lä hyvin usein suurempia kuin Ylöjärven AVM:ssä ja YVM:ssä. K<sub>2</sub>O-pitoisuuden tiheet vaihtelut korostavat vyöhykkeiden eri osien yksilöllisiä piirteitä.

#### Filosofian kandidaatit:

**Front, Kai:** "Hämeenkyrön batoliitin litogeokemia, kivi-lajit ja suhde ympäröiviin liuskeisiin."

Hämeenkyrön batoliitti on litistyneen ympyrän muo-toinen ja sen pinta-ala on noin 150 km<sup>2</sup>. Se on tunkeutu-nut monivaiheisena intrusiona ympäröiviin liuskeisiin.

Batoliitin kontaktit liuskeisiin ovat terävät ja breksioi-vat. Kontaktimetamorfoosia ei voi kentällä havaita. Bato-liitti on alueellista hallitsevaa F<sub>2</sub>-poimutusta nuorempi. Avoimempaan F<sub>3</sub>-poimutukseen nähden se on synkine-maattinen ja tämän poimutuksen ja varsinkin batoliitin myöhäiskehityksen välillä on hyvin intiimi suhde. F<sub>3</sub>-poimutuksen akselitasoliuskeisuus kontrolloi Ylöjärven turmaliniinibrekksiamalmin asettumista.

Batoliitti on intrudoitunut useana peräkkäisenä pulssi-na paikoilleen ja differentioitunut fraktioivan kiteytymi-sen kautta. Batoliitti on kauniisti vyöhykkeinen happa-mien kivien ollessa keskellä ja emäksisempien reunoilla. Vyöhykkeisyys näkyy pääalkuaineoksien ja eräiden hi-



venaineiden sekä normi- että modaalikivilajien säännöllisenä muutoksena.

Batoliitin itäreunalla lähellä Ylöjärven liuskealuetta on selvä ja voimakas hydrotermisen muuttumisen vyöhyke, joka on rajattavissa kenttä- ja ohutiehavainnoin. Muuttuminen voidaan jakaa turmalinisaatioon, skapolitisaatioon ja karbonaattiutumiseen, jotka kuitenkin ovat myös päällekkäisiä ilmiöitä. Hydrotermisen muuttumisen vyöhykkeeseen liittyy anomalia korkeita kuparin, arsenin, rikin, tinan ja sinkin pitoisuuksia. Voimakas hydrotermisen muuttumisen on osoitus batoliitin malmintuotajaluonteesta.

**Karhu, Juha:** "Mafisten ja ultramafisten nikkeli-kupari-lohkareiden ja paljastumanäytteiden vertailu Ahlaisten alueella."

Ahlaisten alueelta tunnetaan runsaasti mafisia ja ultramafisia tuntemattomasta lähteestä peräisin olevia malmilohkareita. Tutkimuksessa selvitetään lohkaraiden alkuperää vertaamalla niiden koostumusta samalta alueelta kerättyjen paljastumanäytteiden koostumukseen numeeristen luokittelumenetelmien avulla.

Lohkareinäytteet ryhmitellään luokkiin, jotka eroavat kooltaan, koostumukseltaan ja maantieteelliseltä tiiviydeltään. Tämän jälkeen paljastuma-aineistosta tunnistetaan koostumukseltaan lohkareryhmien kaltaisia näytteitä. Tuloksen mielekkyyttä testataan lohkareryhmien ja niihin tunnistettujen paljastumanäytteiden maantieteellisen sijainnin perusteella. Keskeyttämällä nikkeli- ja kuparipitoisuukseltaan parhaisiin lohkareryhmiin, pystytään tutkimusalueelle rajaamaan malminetsinnällisiä kohteita.

**Kontinen, Asko:** "Kittilän vihreäkivialueen itäreunalla Nolppiossa sijaitsevan pienehkön serpentiniittipahkun petrografia ja petrologia."

Työssä tarkasteltu Nolppion serpentiniittipahku on yksi lukuisista Kittilän vihreäkivialueen itäreunalla n. 35 km pitkänä ketjuna (Karkeantuore-Nuttio vyöhyke) esiintyvistä pienehköistä serpentiniittipahkuista, joiden esiintyminen alueella on selvästi tektoniikan kontrolloimaa.

Nolppion pahkun keskiosissa esiintyy oliiviini-lizardiittiserpentiniittejä, jotka pahkun reunoilla ja ruhjeisissa osissa vaihettuvat antigoriittiserpentiniiteiksi ja edelleen karbonaatti-serpentiniitiksi kautta talkkikarbonaattikiviksi. Sivukiviä vasten esiintyy liki monomineraalisten talkki-, aktinoliitti- ja kloriittikivien muodostama kapea metamorfinen reaktiovyöhyke. Sivukivinä esiintyy voimakkaasti ruhjoutuneita kvartsi-albiittikiviä ja metabrooa sekä intermedääristä metavulkaniittia. Pahkua leikkaa terävästi useampi massamainen epidootti-amfiboliivihreäkivi juoni.

Muiden Karkeantuore-Nuttio vyöhykkeen serpentiniittien tavoin Nolppion serpentiniitti on kemiallisen koostumuksensa ja reliktisen mineralogiansa perusteella ollut alunperin duniitti. Vyöhykkeen serpentiniittien protoliittiset duniitit ovat todennäköisimmin alkuperältään manttelista tektoniittisina intrusioina mobiloitunutta residuaalista materiaalia ja ovat genesikseltään todennäköisesti läheisessä suhteessa alueen ultramafisiin metavulkaniitteihin.

Nolppion serpentiniitin protoliitti näyttää tunkeutuneen paikalleen liki anhydriksenä kylmänä jäykkänä kappaleena. Sivukivet ovat kontakteissa voimakkaasti hierittyneitä eikä niissä esiinny merkkejä lämpömetamorfoosista. Paikalleenasettumisesta seuranneita liikuntoja indikoi pahkun siirrostuminen ja ruhjoutuminen sekä pahkun kontakteissa esiintyvien reaktiovyöhykkeiden kivien poistuminen.

Paikalleenasettumisensa jälkeen Nolppion serpentiniitin protoliittinen duniitti on läpikäynyt monivaiheisen metamorfoosi-metasomatoosikehityksen, jossa on erotettavissa kolme huomattavampaa vaihetta. Alueellisen metamorfoosikehityksen päävaiheen yhteydessä protoliittinen duniitti uudelleen kiteytyi hapettavissa vihreäliuskefasieksen olosuhteissa ja samalla serpentiniityi osittain. Alueellista päämetamorfoosivaihetta on seurannut retrogressiivinen serpentiniitymisvaihe (lizardiittiutumisen), jonka aikana lämpötilat Nolppion alueella laskivat alle vihreäliuskefasieksen olosuhteiden. Retrogressiivista vaihetta on seurannut vihreäliuskefasieksen alaosan olosuhteissa tapahtunut progressiivinen metaserpentiniitymisvaihe (antigoritiittuminen), johon liittyi samanaikainen talkkikarbonaattimuuttuminen (CO<sub>2</sub>-metasomatoosi) pahkun reunoilla ja ruhjeisissa osissa.

**Korhonen, Pirjo:** "Enontekiön Sarvisoavin nikkelietsintymän petrologiasta, mineralogiasta ja geokemiasta."

Sarvisoavin ultramafiitit vastaavat kemialliselta koostumukseltaan arkeisia komatiitteja ja niihin liittyviä duniitteja. Suurin osa ultramafiiteista on koostumukseltaan peridotiitteja tai duniitteja, joiden MgO-pitoisuudet ovat yleensä yli 32 p %, TiO<sub>2</sub> alle 1 p % ja CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ≈ 0,8. Komatiiteille tyypillisiä rakenteita (spinifex, quench) ei ole todettu johtuen osittain korkeasta magneesiumpitoisuudesta, osittain amfiboliittifasieksen metamorfisista olosuhteista.

Nikkelipitoisuudet ovat yleensä alle 1 p %. Malmimineeraaleina ovat magneettikiisu, pentlandiitti, rikkikiisu, kuparikiisu sekä ferrokromiitti.

Tecreettisesti ultramafiitit ovat osoittautuneet malmikriittisiksi. Oliiviinin forsteriitti- ja nikkeliipitoisuuden perusteella sula on ollut sulfidikylläinen. Sulfideja on myös runsaasti sivukivissä, joten sulfurisaatio on ollut mahdollista ja paikallisesti myös todettu. Nikkeli-sulfidimalmiin mahdolliseen esiintymiseen viittaavat lisäksi kromiitin korkea Zn-pitoisuus (yli 0,5 atomi %) alueellisesti ja oliiviinin korkea fosteriitti- ja nikkeliipitoisuus paikallisesti.

## Geologian ja paleontologian osasto

Filosofian lisensiaatin tutkinto:

**Salmi, Martti:** "Pohjavesiolosuhteiden riippuvuus kallioperän topografiasta ja rikkonaisuudesta sekä sen hyväksikäyttömahdollisuudet vedenhankinnassa ja ydinjätteidensä sijoituksessa." Osa 1: Yhteenvedo ja työt I—VIII, osa 2: Työt IX—X.

Filosofian kandidaatin tutkinnot:

**Kokko, Jouko:** "Eräiden metallien esiintymisestä moreenissa, humuksessa ja turpeessa Lutsokurun alueella Kittilässä."

Kittilän pohjoisosassa, Lutsokurun alueella Puljun liuskejaksoon liittyvissä serpentiniiteissa on nikkelimineralisaatioita. Alueen maaperä on vaihtelevaa topografian, maapöytien paksuuden, moreenistratigrafian ja moreenimuodostumien suhteen. Tutkimuksessa selvitetään maaperätekijöiden vaikutusta geokemialliseen malminetsintään sekä vertaillaan pohjamoreeni-, pintamoreeni- ja humus/turvenäytteiden soveltuvuutta alueen malmimineralisaatioiden paikantamiseen.

Pohjamoreeniäytteiden metallipitoisuudet osoittautuivat parhaimmiksi mineralisaatioiden paikantajiksi. Näytteiden korkeat Ni/Zn- ja matalat Cr/Ni-suhteet heijastavat parhaiten nikkelimineralisaatioiden sijaintia. Krominikkeli-faktorin korkeilla pistemäärillä serpentiniitit erottuivat muista kivilajeista.

Humus- ja pintamoreeniäytteiden metallipitoisuudet eivät kuvasta alla olevaa kallioperää kumpumoreeni-alueella eivätkä jyrkillä rinteillä. Lähellä maanpintaa olevat mineralisaatiot heijastuvat myös korkeina humus- ja turvenäytteiden metallipitoisuuksina.

**Korhonen, Riitta:** "Geologisen tutkimuslaitoksen turvetutkimustietojen käsittelyjärjestelmä."

Geologisen tutkimuslaitoksen turvetutkimusten käsittelyjärjestelmää lähdettiin kehittämään tutkimusten käytännön tarpeita palvelevaksi systeemiksi. Atk-sovellutuksissa on pyritty ottamaan huomioon, että atk on apukeino eikä itsetarkoitus.

Tutkimusmateriaalin käsittelyn automatisoinnilla on ollut selvästi täsmentävä vaikutus tutkimusmenetelmiin. Tästä johtuen eri kentätutkimusryhmien tekemät tutkimushavainnot ovat keskenään vertailukelpoisia ja tiedot ovat helposti käsiteltävissä muodossa. Käsittelyjärjestelmän edellyttämä tutkimushavaintojen säännönmukainen esittäminen on yleensä omaksuttu kohtalaisen nopeasti.

Turveohjelmilla on vuodesta 1975 lähtien käsitelty 1770 suon tiedot ja saatujen kokemusten perusteella atk näyttää soveltuvan varsin hyvin turvetutkimustietojen tulkintaan. Turvetutkimusten edelleen laajentuessa suotietoja kertyy vuosittain jo niin paljon (n. 30 000 lomaketta), että manuaalinen käsittely ei tulisi enää kysymykseen.

Käsittelyjärjestelmällä näyttää olevan varsin runsaasti kehittelymahdollisuuksia. Turvetutkimustietojen käsittelyn nopeuttaminen ja monipuolistaminen tulee mahdolliseksi uuden tietokoneen ansiosta.

**Nuorteva, Jouko:** "Näytteiden otto merenpohjan lustosavista sekä niiden käyttö lustosavikronologian laadinnassa."

Tutkielman aineisto on kerätty Geologisen tutkimuslaitoksen avustamana Suomenlahdelta, Pohjois-Itämereltä ja Saaristomereltä. Näytteenotossa on käytetty mäntäluotainta ja tärykairaa. Kerätyistä yhdestätoista näytteestä yhdeksää voitiin käyttää tutkimuksissa. Lustojen laskemisessa ja savinäytteiden käsittelemisessä yritettiin löytää käyttökelpoisin menetelmä. Käsittelyn yhteydessä kokeiltiin myös erilaisia peelmanetelmiä määrän saivinnan kovettamiseksi.

Lustodiagrammit tehtiin yli 3000 lustosta. Niiden rinnastaminen onnistui hyvin tai kohtalaisesti lähellä toisiaan sijainneiden paikkojen välillä, mutta ei onnistunut näytepaikkojen välisen etäisyyden ollessa suuri (kymmeniä kilometrejä). Kronologisista tuloksista merkittävin on jäätikön perääntymisnopeuden saaminen Dragsfjärdin alueella 160 m:ksi vuodessa.

## TAMPEREEN TEKNILLINEN KORKEAKOULU

### Konetekniikan osasto

Tekniikan lisensiaatit:

**Jormalainen, Toivo:** "Alumiiniseoksen myötäminen suurella nopeudella".

Metallien käyttö rakenneaineena edellyttää niiden ominaisuuksien tuntemista käyttöolosuhteissa, kuten erilaisissa kuormitustapauksissa, lämpötiloissa jne. Tietoa tarvitaan valmistustekniikassa esineitä muovattaessa sekä muovausmenetelmiä kehitettäessä. Metallien käyttäytymistä tunnetaan jo suhteellisen hyvin, kun kuormitus on pitkäaikaista ja myötäminen on hidasta. Tekniikan vaatimukset ovat lisääntyessään laajentaneet metallien käyttöaluetta myös olosuhteisiin, joissa kuormitus on lyhytaikainen ja myötönopeus on suuri. Oleellisen tärkeää on selvittää muuttuneissa olosuhteissa mm. seuraavia asioita:

- myötönopeuden vaikutus myötölujuuteen ja jännitysvenymäkäyrään sekä muokkauslujittumiseen
- myötömekanismien muuttuminen kuormitusnopeuden mukana ja erilaisten kiderakenteiden vaikutus niihin.

Myötönopeuden ollessa suuri atomit joutuvat suureen kiihtyvään liikkeeseen ja energiaa kuluu silloin myös hitausvoimien voittamiseen yhä lisääntyvässä määrin hilan potentiaalienergian ohella. Kuormitus ei myöskään jakaudu aina tasaisena kappaleeseen vaan se etenee kappaleen osasta toiseen elastisena tai plastisena häiriöaaltona. Kuormituksen vaikutusaika saattaa olla vain n.  $10^{-2}$ — $10^{-4}$  s tai, kuten shokkiaallossa räjähdysten yhteydessä, ainoastaan n.  $10^{-6}$ — $10^{-9}$ .

Häiriöaallon etenemisnopeus metallissa riippuu eräiden ainevakioiden lisäksi siitä, onko aallon luonne elastinen vai aiheuttaako se metallissa plastista myötämistä. Elastisen aallon eteneminen esim. tangossa riippuu aineen kimmokertoimesta E ja tiheydestä p seuraavasti:

$$\bar{c}_1 = \left(\frac{E}{p}\right)^{1/2}$$

Kun aineen myötölujuus on ylitetty, aalto etenee jakautuen elastista hitaammin. Plastisen aallon nopeus riippuu nyt "plastisesta kimmokertoimesta" ts. jännitys-venymäkäyrän plastisen osan kaltevuudesta ja aineen tiheydestä seuraavasti:

$$\bar{c}_2 = \left(\frac{1}{p} \frac{d\sigma}{d\epsilon}\right)^{1/2}$$

Koska myötämisen hallitseminen ja mittaaminen suurella myötönopeudella vaatii erikoisia laitteita, sen tutkiminen on vaikeampaa kuin hitaan myötämisen tapauksessa. Tämä ilmenee mm. tietojen vähyytenä verrattuna muuhun metalleja koskevaan tietomäärään. Eniten tietoja ja tutkimusaineistoa on olemassa puhtailla pkk-metalleilla, Al:lla, Cu:lla ja Pb:lla sekä tkk-metalleista Fe:lla.

Yleisenä piirteenä kaikilla metalleilla on se, että myötönopeuden kasvu merkitsee niiden käyttäytymiseen samaa kuin lämpötilan lasku ts. myötölujuus nousee ja muodonmuutoskyky laskee. Nämä piirteet ovat pkk-metalleilla yleensä lievempiä kuin tkk-metalleilla.

**Kuokkala, Veli-Tapani:** "Tietokoneohjatun väsytyскоemenetelmän kehittäminen".

Työssä kehitetyn tietokoneohjatun väsytyскоemenetelmän avulla voidaan suorittaa kokeita sekä plastisella vakioamplitudilla että vakiojännitysamplitudilla. Amplitudin kontrolloimisessa käytetään jatkuvasti todellista vertailusuureta, jonka arvo lasketaan vähintään 400 pisteessä jokaisen väsytyскоjakson aikana. Assembler-kie-liset ohjausohjelmat sisältävät erilaisia ohjaus-, valvontaja säätöproseduureja, joiden avulla ohjauksesta saadaan erittäin tarkka myös pienillä amplitudeilla ja suhteellisen suurilla taajuuksilla.

Koejärjestelmä on testattu käyttäen monirakeisesta kuparista sekä [011]- ja [111]-orientaation kuparierilliskeiteistä valmistettuja koesauvoja. Työn tärkeimpänä materiaaliopillisenä tuloksena voidaan pitää monirakeisen kuparin sykliässä jännitysmyötymä-käyrässä esiintyvän ta-sannealueen kokeellista osoittamista.

Kehitetty ohjausjärjestelmä on tarkoitettu ensisijaisesti väsymiseen liittyvän perustutkimuksen tarpeisiin, mutta sitä voidaan vähäisin muutoksin käyttää myös suoraan käytännön tarpeita palvelevassa tutkimustyössä.

Diplomi-insinöörit:

**Grönblom, Timo:** "Erikoisluja nostokettinki".

Työssä tutkittiin Ovako Oy:n valmistamien terästen SAE 8620 ja IB 20Ni:n soveltuvuutta luokan 8 leimuhitsat-taviksi nostokettingeiksi. Edellinen on CrMnNi-teräs ja jälkimmäinen booriteräs.

Kettingit hitsattiin Loimaan Ovakon tehtailla olevalla leimuhitsauskoneella. Leimuhitsaukselle on ominaista suuri määrä parametreja, joiden arvot vaihtelevat mm. hitsattavan aineen mukaan. Optimihiitsausarvojt pyrittiin löytämään niin, että aluksi muuteltiin kaikkia hitsausarvoja, kunnes lenkit kestivät taivutuskokeessa. Lopuliset hitsausarvojt määriteltiin muuttamalla tyssäysmat-kaa ja virranvoimakkuuksia.

Lujuudet testattiin kettingin vetokokeella. Molemmille teräksille löydettiin hitsausarvojt, joilla lenkit eivät mur-tuneet hitsista, vaan päästä. Karkaistuna 920°C:sta ja päästettynä 380°C:ssa kettingit eivät kuitenkaan täyttä-neet normien lujuusvaatimuksia. Teräs SAE 8620 täytti normit 360°C:ssa päästettynä ja teräs IB 20Ni vastaavasti 200°C:ssa päästettynä.

Hitsatuista lenkeistä mitattiin kovuudet ja niiden rakennetta tutkittiin sekä optisella että scanning elektroni-mikroskoopiilla.

**Heikinheimo, Petri:** "Pulssi-MIG/MAG-hitsauksen pa-rametrien valinta".

**Hynnä, Antti:** "Vertaileva tutkimus mittarilaakerin voiteluaineista".

**Koskinen, Päivi:** "Hydraulimoottorin nokkarullan laake-ripinta".

**Lempiäinen, Esa:** "Sputterointi erikoistuulilasin valmis-tuksessa".

**Lepistö, Tapio:** "Sulkeumien ja myötövanhenemisen vaikutus austeniittisen rakenteen lastuttavuuteen."

**Sartjärvi, Timo:** "Ainetta rikkomattomien testausmene-telmien mahdollisuuksista juotossauman laadunvalvon-nassa".

Työn teoreettisessa osassa esitetään aluksi juotossa-uman tyyppilliset virheet. Seuraavaksi kartoitetaan makros-kooppisten kappaleiden ainetta rikkomattomat testaus-menetelmät. Kaikkiaan menetelmiä on 29. Näistä muutamia yhdistellen esitellään kahdeksan menetelmää tar-kemmin, jolloin myös niiden perusteita ja ominaisuuksia selvitetään.

Työn kokeellisessa osassa tarkastellaan viiden eri me-netelmän mahdollisuuksia kallioporanterän kovametallil-palan juotossauman testaamisessa. Erityisesti tarkastel-laan menetelmien mahdollisuuksia pohjasauman virhei-den löytämisessä.

Tehdyissä kokeissa röntgenmenetelmä osoittautui ero-tuskyvyiltään tyydyttäväksi myös pohjasauman osalta.

Virheiden koon tarkka selvittäminen on kuitenkin vaikeaa. Ultraäänimenetelmän suorituskyvyllä asettivat suuria vaatimuksia kappaleen muoto ja materiaalit. Tulokset olivatkin melko heikkoja, ja varsinkin tulostusmenetelmät olivat epätydyttävää.

Akustisen emissioanalyysi on vaikeaa. Signaalin lähtökohdan ja syyn selvittäminen on tässä kokeessa käytetyn poranterän kaltaisilla kappaleilla lähes mahdotonta. Pohjasauaman virheen aiheuttaman sähkövastuksen muutoksen laskemiseksi laadittiin tietokoneohjelma. Sen antamista tuloksista päätellen virheen aiheuttama indikaatio on liian pieni mitattavaksi ainakin tuotantolinjassa.

Sauaman virheen vaikutus ominaistajuuteen on pienempi kuin terän mittavaihteluiden aiheuttama taajuuden muutos. Tämä tulos saatiin tietokoneohjelmalla SAP IV.

**Silén, Jukka:** "Konvertterin puhalluskaasujen jäähdystornin väsymisalttius".

## TEKNILLINEN KORKEAKOULU, ESPOO

### Vuoriteollisuusosasto

10. 4. 1981 tarkastettiin tekn.lis. **Juhani Johanssonin** väitöskirja: "Studies of Vacancy-Type Defects in Metals". Vastaväittäjänä toimi prof. T. Hakkarainen ja kustoksena prof. V. Lindroos.

Väitöskirja käsittelee mm. metallien säteilyvaurioita, joita on tutkittu suomalais-ranskalaisena yhteistyönä. Tärkeimpänä tutkimusmenetelmänä on käytetty positroniannihilaatiota. Työssä on havaittu puhtaan raudan vakanssien liikkuvan ja aglomeroituvan yllättävän matalassa,  $-70^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa. Hiiltä sisältävässä raudassa vakanssien on puolestaan todettu muodostavan stabiileja vakanssi-hiiliatomi-pareja.

22. 5. 1981 tarkastettiin tekn.lis. **Pekka Taskinen** väitöskirja: "Liquidus Equilibria and Solution Thermodynamics in Copper-Rich Copper-Nickel-Oxygen Alloys". Vastaväittäjänä oli prof. L.-I. Staffansson, KTH, sekä kustoksena prof. Lauri Holappa.

Työssä on tutkittu ternärisysteemin Cu-Ni-O tasapainopiirrosta pitoisuuksilla 5 p $\%$ (Ni) max ja 2 p $\%$ (O) max lämpötila-alueella 1060–1220 $^{\circ}\text{C}$  ja määritetty liquiduspintojen kulku Cu $_2$ O:n, NiO:n ja metallisen kupronikkelin ollessa erkautuvana faasina. Ternärisen eutektisen pisteen sijainniksi saatiin 0.47 p $\%$ (O) ja 0.32 p $\%$ (Ni) lämpötilassa 1065.5 $^{\circ}\text{C}$ . Työssä määritettiin myös hapen liukenemisenergia puhtaaseen kuparisulaan lämpötiloissa 1066–1450 $^{\circ}\text{C}$  pitoisuusalueella aina 2.5 p $\%$ (O) saakka sekä tarkennettiin binärisen Cu-O tasapainopiirroksen kulkua lämpötiloissa 1066–1220 $^{\circ}\text{C}$ .

27. 5. 1981 tarkastettiin tekn.lis. **Antti S. Korhosen** väitöskirja "Necking, fracture and localization of plastic flow in metals". Vastaväittäjänä toimi prof. T. Wanheim, DTH, sekä kustoksena prof. Martti Sulonen.

Väitöskirja käsittelee plastisen muodonmuutoksen paikallistumiseen, kuroutumiseen ja sitkeään murtumaan metalleissa liittyviä kysymyksiä. Se koostuu kuudesta erillisestä artikkelista ja lyhyestä johdanto-osasta, jossa tarkastellaan työssä saavutettuja tuloksia ja selvitetään lähemmin käsittelyn pohjana olevaa plastisuusteoreettista perustaa. Hillin esittämää matemaattista kuroutumisteoriaa ja sen sovellutuksia lähinnä metallilevyjen muovattavuutta koskeissa kysymyksissä tarkasteltiin työssä yksityiskohtaisesti. Kuroutumistarkasteluihin liittyen havaittiin venymänopeudella ja muokkauslämpenemisellä olevan tuloksiin vaikutusta ja suoritettujen numeeriset tarkastelut antoivat kokeellisten tulosten kanssa hyvin yhteensopivia tuloksia. Edelleen työssä tarkasteltiin muovattavuuden rajoja ja ns. venymäpolun vaikutusta niihin. Kuroutumisteorian sovellutuksena kehitettiin lisäksi yksinkertainen syvävedon voiman arviointimenetelmä ja tutkittiin plastisen muodonmuutoksen paikallistumisen ja sitkeään murtuman suuntia tasojännitys- ja tasomuodonmuutostilassa sekä akselisymmetrisessä muovauksessa.

Tekniikan lisensiaatit:

**Rintamaa, Rauno:** "Stabiilisuuden vaikutus austeniittisten ruostumattomien ohutlevyterästen muovattavuuteen".

Työssä on tutkittu austeniittisten ruostumattomien AISI 304 ja 316 tyyppisten ohutlevyterästen koostumuk-

sen, austeniitin stabiilisuuden ja muovattavuuden välisiä riippuvuuksia.

Kaikkiaan tutkimuksessa käytettiin 23 kpl kaupallisia eri valmistajilta hankittuja teräksiä. Muovattavuuden ja austeniitin stabiilisuuden määrittämiseksi mitattiin murto- ja tasavenymät, myötö- ja murtolujuudet, anisotropiaparametrit, martensiittipitoisuudet sekä määritettiin rajamuovattavuuspiirrokset.

Tulosten mukaan austeniitin stabiilisuuteen vaikuttavat terästen koostumus, lämpötila ja muodonmuutosnopeus. Terästen stabiilisuuden ja koostumuksen riippuvuutta voidaan kuvata tässä työssä määritetyllä  $T'_{\alpha 20}$  -lämpötilalla (lämpötila, jossa vetokokeessa murtuneen sauvan kurouman ulkopuolelta mitattu martensiittipitoisuus on 20 %). Regressioanalyysin pohjalta saatiin  $T'_{\alpha 20}$  -lämpötilan ja seosainien väliseksi riippuvuudeksi tutkituilla teräksillä.

$T'_{\alpha 20}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) = 415.1–179.88 (N $_2$ ) + 17.83 (Si)–8.89 (Mn)–9.5 (Cr)–20.79 (Ni) –2.66 (raekoko), missä seosainepitoisuudet ovat painoprosenteina ja raekoko ASTM-lukuna.

Kaikilla AISI 304-tyyppisillä teräksillä esiintyi optimi muovauslämpötila  $T'_{\epsilon gmax}$ , jossa teräksen tasavenymät olivat suurimmat. Stabiilisuutta kuvaavan suureen ja venymämaksimia vastaavan lämpötilan välille saatiin riippuvuus.

$$T'_{\epsilon gmax} (^{\circ}\text{C}) = 1.14 T'_{\alpha 20} + 2.8$$

Optimiolosuhteissa austeniitti on lievästi epästabiili, jolloin martensiitin vaikutus muokkauslujuutumiseen on venytysmuovattavuuden kannalta edullista. Ratkaisevinta on, missä vaiheessa muovausta martensiittiä muodostuu, miten paljon sitä muodostuu ja mikä on muodostuneen martensiitin lujuus.

Austeniitin stabiilisuudella ei ole suurta vaikutusta ruostumattomien terästen syvävedettävyyteen (rajaveto-utukseen) eikä anisotrooppisuuteen (tekstuuriin). Rajaveto-utusteiden ja anisotropiaparametrien arvot ovat lähellä isotrooppisten metallien arvoja. Sen sijaan AISI 304-tyyppisten terästen syvävedettävyyttä voidaan huomattavasti parantaa käyttämällä hyväksi terästen lujuuden voimakasta lämpötilariippuvuutta erikoisvalmisteisissa työkaluissa.

Diplomi-insinöörit:

**Ala-Kohtamäki, Kaija Katariina:** "Nikkelin ja kobolttin poisto raakakuparista rautasilikaattikuonan ja kalsiumferriittikuonan avulla."

Kirjallisuusosassa käsiteltiin FeO-Fe $_2$ O $_3$ -SiO $_2$ - ja FeO-Fe $_2$ O $_3$ -CaO-kuonasysteemin teoreettista taustaa sekä nikkelin ja kobolttin jakaantumista metallisen kuparin ja kuonien välillä. Teoriaosaan sisältyi myös tarkastelu raffinaatiotasapainojen laskemiseksi.

Kokeellisessa osassa määrättiin raakakuparin ja kuonien väliset jakautumistasapainot nikkelille ja koboltille. Metallin tasapainohapenpaine vaikutti ratkaisevasti kuparin, nikkelin ja kobolttin kuonautumiseen. Hapenpaineen kohotessa 10 $^{-8}$  atm kuonautuminen kalsiumferriittikuonaan kasvoi voimakkaasti, samoin rautasilikaattikuonalla lähestyttäessä magnetiittikyllästystä hapenpaineessa 10 $^{-7}$  atm.

Kalsiumferriittinen kuona osoittautui rautasilikaattikuonaa tehokkaammaksi raffinoitaessa nikkeliä raakakuparista kuparihäviöiden jäädessä samalla pienemmiksi. Pienillä hapenpaineilla nikkelin kuonautuminen oli vähäistä. Koboltti kuonautui nikkeliä voimakkaammin ja jo hapettamisen alkuvaiheessa. Jakaantumiskertoimet koboltille olivat vakiohapenpaineessa lähes yhtä suuret molemmilla kuonatyypeillä. Tulokset olivat ristiriidassa aktiivisuuslaskelmien kanssa, jotka osoittivat, että kobolttin liukoisuus kalsiumferriittikuonaan on suurempi kuin silikaattikuonaan.

Nikkeli ja koboltti liukenivat rautasilikaattikuonaan oksidissa muodossa, sen sijaan tulokset antoivat viitteitä siitä, että kalsiumferriittikuonassa esiintyisi myös metallista liukoisuutta.

**Carpén, Leena:** "Hiilikalvojen merkitys kupariputkien pistekorroosiossa."

Kokeellisessa osassa tutkittiin lepopotentiaali-mittausten avulla hiilikalvojen kupariputkinäytteiden käyttytymistä kolmessa erilaisessa virtaavas-



sa vesijohtovedessä. Mittaukset eivät antaneet vahvistusta kirjallisuudessa esitetyille väitteille hiilikalvojen haitallisuudesta. Ilman pitempiäaikaisia lisätutkimuksia ei kuitenkaan voida olla varmoja, etteikö hiilikalvoilla saat- taisi olla osuutta kupariputkien pistekorroosiossa. Hiili- kalvojen syntyminen voidaan estää pesemällä putket huolellisesti ennen loppuhehkutusta tai suorittamalla hehkutus lievästi hapettavissa olosuhteissa. Jo syntyneet hiilikalvot voidaan poistaa peittaamalla tai mekaanisin menetelmin. Tässä tutkimuksessa eri hiilikalvojen pois- tamismenetelmien tehoa verrattiin tarkastelemalla näyt- teiden VTR-luvun muutosta käsittelyn vaikutuksesta.

**Eskola, Pertti:** "Voitelun vaikutusten mittaaminen me- tallisten ohutlevyjen kylmämuovauksessa."

Työssä esitellään ohutlevymuovauksen kriittisiä kohtia simuloiva kitkanmittauslaitteisto, jossa koenauha liukuu 90°:een kulmassa sylinterimäisen kitkapalan yli. Esikiris- tysvoima säädetään siten, että nauha plastisoituu koko pituudeltaan. Nauhan deformaatiotyö mitataan laakeroi- dulla akselilla, jonka halkaisija on sama kuin kitkapa- lalla. Täten laitteistolla pystytään määrittämään todelli- set kitkakertoimet.

Koemenetelmällä mitattiin eri työkalu-levymateriaali- parien väliset kitkakertoimet sekä tutkittiin pintapaineen, vetonopeuden, työkalun pinnankarheuden ja hiontasuun- nan sekä nauhan liukumissuunnan vaikutusta kitkaker- toimeen. Kullekin levymateriaalille määritettiin kitkaker- toimet työkaluterästä vastaan usealla eri voiteluaineella. Tuloksia soveltamalla voidaan muovauksessa esiintyviä ongelmia vähentää valitsemalla voiteluaine materiaalipa- rien välisen kitkakerron mukaan.

**Haikola, Tapani:** "Kitkavetoisen rummun vierintäkos- ketuksen kitkaolosuhteet ja kuluminen eri materiaalipa- reilla."

Työssä selvitettiin sylinterimäisen vierintäkosketuksen tangentiaalivoiman välityskykyä ja kulumista kyseisessä kosketuksessa.

Kitkakerron riippuu suurelta osin pintojen välisestä adheesiosta. Suurin kitkakertoimen arvo saavutetaan puhtailla pinnoilla. Kulumisen voimakkuus riippuu kuormi- tuksesta ja myös kitkakertoimen suuruudesta.

Kiekkokulutuskoneella suoritetuilla kokeilla tutkittiin kahden niukkahiilisen teräksen kulumista kuivassa vierintäkosketuksessa terästä ja pallografiittirautaa vasten. Lisäksi selvitettiin koemateriaalien vierintäväsymiskestä- vyyttä ja eri tyyppisten voiteluaineiden kitkakertoimet sekä pinnankarheuden vaikutusta kitkaan rajavoitelutilan- teessa.

Vastamateriaalin kovuuden noustessa tapahtui koema- teriaalin voimakas kuluminen alhaisemmalla pintapai- neen arvolla. Kovuuden pienetessä vierintäväsymiskestä- vyyttä laskee. Mineraaliöljyllä saatiin suurempi kitkaker- roin kuin leikkuneste-emulsiolla ja vesi-korroosionesto- aineyhdistelmällä. Pinnankarheudella ei ole suurta merkitystä kitkakertoimeen pitemmän käytön aikana.

**Helin, Seppo:** "Aurinkokerääjälevyn valmistaminen".

Työn tavoitteena oli aurinkokerääjiin soveltuvan kana- valeyvyn kehittäminen pitämällä lähtökohtana jatkuvava- luun perustuvaa kanavaleyvaihion valmistamista.

Kirjallisuudessa käsiteltiin yleisesti aurinkoenergia- järjestelmiä ja niihin liittyvää problematiikkaa painottuen valmistuksellisiin, rakenteellisiin ja materiaalinvalinnassa ilmeneviin ongelmiin.

Kokeellisessa osassa tehtiin ensin kanavaleyvyn onnistu- neen valmistuksen kannalta olennaiset mallimateriaali- tekniset kokeet. Yhtäpitävyys tuotannossa saatiin tul- loksiin todettiin erittäin hyväksi. Kanavaetäisyyden merkitys kerääjän tehokkuuteen selvitettiin laatimalla tietoko- neohjelma, jonka pohjalta laadittiin tehokkuuskäyrä kana- vaetäisyyden funktiona. Tuotantomittakaavaisten kokeiden läpivienti on kuvattu työssä yksityiskohtaisesti aina valmiiksi mustakromatuksi kanavaleyvyksi asti.

**Hytti, Pekka:** "Esi-injektioinnin suoritus ja sen huo- mioiminen urakka-asiakirjoissa".

Esi-injektioinnilla tarkoitetaan kallion tiivistämistä, jo-

ka suoritetaan pumppuamalla injektointiainetta kallion rakoihin ennen louhintaa joko maan pinnalta tai tunne- lin päädyistä porattujen reikien välityksellä. Tunnelissa suoritettava esi-injektointi keskeyttää louhintatyöt peräs- sä injektioinnin ajaksi.

Epämääräisyys injektointimäärien ennakoarvioissa on vaikeuttanut tunnelihankkeiden urakointia. Työn alku- osassa selvitetään suunnitteluvaiheessa ja louhinnan ai- kana tehtävää injektointitarpeen määrittämistä ja esi- injektioinnin suorittamiseen ja sen nopeuttamiseen vai- kuttavia tekijöitä. Rakennuttajien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa käytyjen keskustelujen sekä vii- meaikaisten tunnelihankkeiden urakka-asiakirjojen per- rusteella on kartoitettu urakoinnin nykyistä käytäntöä. Lopuksi on laadittu ehdotus esi-injektioinnin yleiseksi työselitykseksi, jolla pyritään vähentämään louhintaryt- mille aiheutuvaa haittaa, sekä ehdotukset esi-injektioin- nin aiheuttamien kustannusten huomioimiseksi urakka- asiakirjoissa.

**Jauhainen, Eeva:** "Kevytvesireaktorien primaaripi- reissä syntyvät hapettumakerrokset."

Työssä tarkasteltiin kevytvesireaktorien (paine- ja kiehutusvesireaktorien) primaaripiirin olosuhteita ja pri- maaripiireissä syntyviä hapettumakerroksia kirjallisuus- den perusteella. Kokeellisesti tutkittiin austeniittisten ruostumattomien terästen (AISI 304 ja 321) pinnoille syn- tyneitä hapettumakerroksia autoklaavikokeista sekä ydinvoimalaitosten primaaripiireistä saatujen näytteiden avulla. Hapettumakerrosten tutkimiseen käytettiin pyyh- käisyelektronimikroskooppia, energia- ja aallonpituus- dispersiivistä röntgenmikroanalyyttia, ESCA- ja Auger-spektrometrejä sekä röntgendifraktometriä. Näil- lä tutkimuksilla selvitettiin hapettumakerrosten raken- teet, hapettumakerroksissa esiintyvät yhdisteet ja alku- aineet sekä alkuaineiden hapetusilat.

**Kahila, Erja:** "Korkeahiilisten köysilankojen valetta- vuus ja kuonapuhkaus".

Työn tavoitteena oli tutkia Koverharissa valmistetta- vien korkeahiilisten köysilankalaatujen valettavuutta ja kuonapuhkausta käytettäessä CaSiMn-, CaSiMn+FeAl- ja FeAl-tiivistystä sekä senkäsittelilymenetelmänä CaO-CaF<sub>2</sub>- injektointia ja pohjahuuhtelua tyyppikaasulla.

FeAl-tiivistyksessä teräksen muodostui kiinteitä Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO-SiO<sub>2</sub>-MnO-tyyppisiä sekaoksidisulkeumia ja puhtaata kiinteitä Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-partikkeleita, jotka tarttuivat vä- lialtaan suutiiliin aiheuttaen kuromista.

CaO-CaF<sub>2</sub>-injektioinnilla saavutettiin parempi kuona- puhkaus kuin tyyppihuuhdelulla. FeAl-tiivistys paransi teräksen puhtaustasoa, mutta sen haittapuolena oli muok- kautumattomien Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-sulkeumien muodostuminen.

**Kahila, Hannu Kalervo:** "Dolomiittikalkin käyttö Ko- verharin LD-prosessissa".

Työn teoreettisessa osassa tarkasteltiin kirjallisuuden pohjalta LD-prosessin kuonaa ja dolomiittikalkin vaiku- tusta kuonan muodostumiseen sekä rikin- ja fosforinpois- toon. Lisäksi käsiteltiin konverterin vuorauksen kulu- mista ja MgO:n vuorauksen kestoa parantavaa vaikutus- ta. Lopuksi tarkasteltiin dolomiittikalkin käyttöä maail- malla sekä eri tutkijoiden suosituksia sopivista dolomiitti- kalkin käyttömääristä.

Työn kokeellisessa osassa pyrittiin selvittämään dolo- miittikalkin käyttömahdollisuuksia Koverharin LD-pro- sessissa. Koekampanjan perusteella dolomiittikalkin to- dettiin pienentävän kuonan FeO-pitoisuutta etenkin run- sashiilillä teräksillä. Myös fosforinpoisto heikentyi run- sashiilillä teräksillä johtuen ennen kaikkea juuri kuonan MgO:n aiheuttamasta FeO-pitoisuuden pienemisestä. Rikinpoistoon dolomiittikalkin käytöllä sen sijaan ei to- dettu olevan vaikutusta. Niukkahiilillä teräksillä do- lomiittikalkki teki loppukuonan vesimäiseksi. Lämpötilan ja hiilipitoisuuden osumistarkkuus LD-puhalluksessa ei huonontunut koekampanjan aikana.

Puhalluksen aikana otetuista kuonanäytteistä voitiin todeta, että MgO liukenee kuonaan nopeammin kuin CaO. Konverterin vuoraus kesti dolomiittikoekampanjassa 992 sulatusta, joka on 36 % enemmän kuin vuoden 1980

keskiarvo. Runsaasti MgO:ta sisältävä kuona muodostaa vuorauksen pinnalle suojaavan kalvon.

Kyseisen ajankohdan materiaalikustannukset huomioiden voidaan suositella dolomiittikalkin käyttöä Koverharin LD-prosessissa.

**Kasko, Heikki Vilhelm:** "Hiiletyskarkaisun kehittämismahdollisuuksien tutkiminen erään konepajan karkaisimossa."

Endotermisellä kantajakaasumenetelmällä tapahtuvaan hiilettämiseen vaikuttavia tekijöitä ja siinä syntyviä mikroakenteita selviteltiin kirjallisuustutkimuksella.

Hiilettymistä ns. modifioitua hiiletystekniikkaa käytettäessä tutkittiin eripituisilla ylihiilettämisperiodeilla, 50 %, 70 % ja 90 % hiiletysajasta, joka oli 8 h. Koetusräksinä olivat hiiletysteräkset SFS 506, 509, 510 ja 511 sekä nuorrutusteräs SFS 461.

Lisäksi tutkittiin käytettyjen hiiletyslaitteiston ominaisuuksia lämpötila- ja hiilipotentialimittauksin sekä selvitettiin hiiletyskarkaisun kustannuksia ja kustannusrakennetta.

**Klemetti, Kari:** "Sigmafaasin muodostuminen päällehitsattuihin ruostumattomiin pinnoitemateriaaleihin ja sen vaikutus pinnoitteen ominaisuuksiin."

Työssä on tutkittu sigmafaasin muodostumista austeiniittiseen deltaferriittiä sisältävään Nb-stabiloituu 20Cr-10Ni-tyyppiseen pinnoitehiittiin eri pituisten myötöheikutusten (670°C) aikana sekä eri sigmafaasimäärien (0...6 %) vaikutusta hitsiaineen ominaisuuksiin. Mekaanisia ominaisuuksia tutkittiin veto-, iskutkeys- ja COD-kokeilla. Vedyn vaikutusta tutkittiin varaamalla ohuita vetosauvoja vedyllä. Korroosio- ja raerajakorroosio-ominaisuuksia tutkittiin anodisilla polarisaatiokäyrillä ja potentiokineettisellä reaktivaatiokokeella. Jännityskorroosiotaipumusta tutkittiin vakiovetonopeuskokeilla 1 N HCl-liuoksessa sekä kuumassa boorihappopitoisessa vedessä.

Koetuloksen mukaan sigmafaasia muodostuu deltaferriittiin jo lyhyen hehkutuksen aikana. Sigmafaasin vaikutus mekaanisiin ominaisuuksiin näkyi lähinnä iskutkeyden voimakkaana pienemisenä. HCl-liuoksen deltaferriitti ja sigmafaasi liukenevat selektiivisesti. Vety haurasti materiaalia voimakkaasti ja sigmafaasin havaittiin lisäävän vedyn haurastavaa vaikutusta.

**Koski-Lammi, Erkki:** "Sivuaineiden Ni, Co, Mo, As, Sb, Bi jakautuminen kuparikiven ja rautasilikaattikuonan välillä."

Kirjallisuusosassa käsiteltiin lyhyesti Cu-Fe-S-O-SiO<sub>2</sub>-systeemiä sekä lähemmin epäpuhtauskomponenttien termodynamiikkaa ja jakautumista eri faasien välillä.

Kokeellisessa osassa tasapainotettiin kivi-kuona -systeemi kaasufaasin kanssa koelämpötilassa 1250 ja 1350°C. Kaasufaasin ja sulien koostumukset analysoitiin. Jakautumiskertoimet kiven ja kuonan välillä määritettiin kemiallisista analyyseistä silmällä pitäen kiven stökiometriaa. Kobolttin, molybdeenin ja nikkelin jakautumiskertoimien kiven ja kuonan välillä todettiin pienenevän kiviprosentin kasvaessa. Vismutin kohdalla jakautumiskertoimien todettiin kasvavan lievästi, kun taas arseenilla ja antimonilla ei havaittu riippuvuutta kiven makrokoostumuksesta. Rikin osapaineen kasvaessa todettiin kobolttin ja molybdeenin jakautumiskertoimien suurenevan sekä arseenin, antimonin ja vismutin jakautumiskertoimien pienenevän. Arseenin, antimonin ja vismutin aktiivisuuskertoimien raja-arvot kivessä määritettiin "vertailuperiaatteella". Kvartsi- ja kyllästyksen rautasilikaattikuonaan verrattuna todettiin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -kyllästyksen pienentävän sekä kuonan rikki- että kuparipitoisuutta.

**Kurvinen, Esko:** "Suomalaisen kaivosyhtiön etabloitumismahdollisuuksista Meksikossa ja Perussa."

Työssä on tutkittu suomalaisen kaivosyhtiön etabloitumismahdollisuuksia yhteisyrityksen muodostamiseksi molemmilla kohdemaissa. Aluksi on käsitelty etabloitumista yleisellä tasolla ja samalla on keskitytty lähinnä kahteen perusongelmaan, yhteisyrityksiin liittyviin riskeihin sekä rahoitusedellytyksiin.

Kaksi annettua kohdemaata, Meksiko ja Peru, on analysoitu jäsennellyn tietokartoituksen avulla. Aluksi tarkastellaan kohdemaiden geologiaa, kansantaloutta sekä poliittista kehitystä. Seuraavassa vaiheessa tutkitaan maiden kaivosteollisuutta sekä sen tarjoamia toimintaedellytyksiä. Suhtautuminen ulkomaalaisten investointeihin, rahoitus ja työvoima ovat toimialakartoituksen keskeisimmät osa-alueet. Molemmista maista on lyhyet riskitarkastelut, joissa on keskitytty poliittisiin ja taloudellisiin riskeihin. Kohdemaiden vertailussa todetaan Meksiko suomalaisen kaivosyhtiön kannalta edullisemmaksi kohdemaaksi.

**Latva-Pukkila, Pasi Heikki:** "Kiven särkymisestä iskevissä porauksessa nastaterällä."

Työn tarkoituksena oli tutkia teoreettisesti ja kokeellisesti kiven särkymistä ja energian käyttöä iskevissä porauksessa.

Energian siirtymistä iskulaitteesta kiveen on käsitelty yksidimensioisen aaltoteorian avulla. Kiven särkymistä iskun vaikutuksesta on tutkittu tarkastelemalla ensin yhden teräkappaleen kiveen aiheuttamaa jännitysjakaumaa ja tämän jälkeen olemassaolevia terän tunkeutumisteorioita. Lisäksi on tarkasteltu eri muuttujien vaikutusta poraustehoon ja energian käyttöön porauksessa.

Kiven käyttäytymistä tutkittiin kokeellisesti pudotuskokeilla ja staattisilla puristuskokeilla. Kokeissa käytettiin erikoisvalmisteisia yhden nastan kruunuja. Pudotuskokeissa kiinnitettiin erityistä huomiota energiansiirron hyötysuhteeseen (kiveen välittynyt energia jaettuna iskun energialla) ja ominaisenergiaan (käytetty energia irroitettua yksikkötilavuutta kohti). Staattisilla kokeilla pyrittiin selvittämään kiven särkymismekanismi ja kuormitustavan vaikutus siihen.

Työssä esitetään malli nastaterän tunkeutumiselle. Energiansiirron hyötysuhteen ja ominaisenergian osoitetaan olevan riippuvaiset iskuenergiasta ja nastan koosta. Lisäksi käsitellään tekijöitä, jotka on otettava huomioon sovellettaessa koetuloksia poraukseen.

**Mertsola, Matti:** "Tutkimus eräiden sulfidimineraalien anodisesta liukenemisestä."

Kirjallisuusosassa selvitettiin aluksi yleisesti sulfidimineraalien liukenemisen termodynamiikkaa ja kinetiikkaa. Tämän jälkeen esitettiin sähkökemiallinen malli sulfidimineraalien liukenemiselle. Sähkökemiallisen mallin mukaan mineraalien liukenemiseen liittyy anodinen ja katodinen osareaktio.

Kirjallisuusosassa on myös kuvattu sulfidien liukenevista koskevaa sähkökemiallista tutkimusmenetelmää sekä esimerkkeinä kirjallisuudessa esitettyjä tutkimuksia.

Kokeellisessa osassa tutkittiin kalkopyriitti, pentlandiitti, pyrrotiitti ja sinkkisulfidin anodista liukenemistä.

Ensiks määritettiin mineraalien lepotentiaalit. Sen jälkeen tutkittiin polarisaatiokäyrillä liuoksen pH:n ja lämpötilan vaikutusta anodiseen liukenemiseen. Mineraalien passivoitumista tutkittiin potensiaattisilla elektrolyyseillä.

Lämpötilan nosto kiihdytti sanottavammin vain pentlandiitin anodista liukenemistä, pH:n lasku taas kiihdytti eniten pyrrotiitin anodista liukenemistä. Kaikilla mineraaleilla havaittiin melko voimakasta passivoitumista Pyrrotiitti ja sinkkisulfidi passivoituivat nopeimmin.

**Myrberg, Kari:** "Takotyökälujen suunnittelu mallimateriaalitekniikan avulla."

Työn tavoitteena oli suunnitella kiertokangen ja kampiakselin esiaihointiin käytettävät työkalut. Päähuomio kiinnitettiin pursemäärän pienentämiseen ja kampiakselin tapauksessa myös valmismuottien kulumisen vähentämiseen.

Kiertokangen esiaihointia tutkittiin puolisoljetuilla puristustyökaluilla ja tasomaisella poikittaisvalssaimella, joista jälkimmäisen todettiin soveltuvan paremmin teolliseen tuotantoon.

Kampiakselin esiaihointiin suunniteltuja puristustyökaluja käyttäen voitiin valmistaa esiaihioita, joilla saa-

vutettu materiaalin säästö oli 6 %. Koska tämä säästetty materiaalmäärä pienentää purseen määrää 46 %, on sillä suuri vaikutus valmismuottien kulumiseen.

**Mäkimattila, Simo:** "Kuumavalssaustilainen dualfaasiteräs."

Työn tarkoituksena oli selvittää dualfaasiteräksen valmistusmahdollisuuksia kuumavalssauksessa. Dualfaasiteräkset ovat lujia, muovattavia, mikrorakenteeltaan ferriittis-martensiittisiä teräksiä joiden seosainepitoisuus on alhainen.

Tutkimuksen kirjallisuusosassa tarkasteltiin dualfaasiterästen valmistustapoja lähtien kylmävalssatusta lujahutlevästä sekä mikrorakenteen ja mekaanisten ominaisuuksien riippuvuuksia. Kokeellisessa osassa määritettiin laboratoriomittakaavassa edullisimmat kuumavalssaamisen prosessiparametrit, valssauksen loppulämpötila, jäähtymisnopeus ja kelauslämpötila. Tutkitut teräkset olivat seostukseltaan Mn-Si-Cr-Mo-tyyppiä.

**Mänttari, Aki:** "Erään pintakarkaisulinjan taloudelliset muuttajat."

Työssä käsitellään endokaasun, typpipohjaisen kantaja-kaasun sekä suoraan ilmasta ja hiilivedystä valmistetun uuniatmosfäärin ominaisuudet ja kustannusvaikutukset. Pintakarkaisukustannukset jaetaan kustannuslajeihin ja eri kustannuserien säästömahdollisuuksia tutkitaan. Myös pintakarkaisun kustannusrakenteen selvitetään. Kokeiden avulla tutkitaan typpimetanolioksen soveltuvuutta kaasuhiihtelyksen kantajakaasuksi ja sen taloudellisuutta endokaasuun verrattuna.

**Niemelä, Jaana:** "Cu-Bi-systeemin termodynamiikka."

Cu-Bi-systeemin termodynaamisia ominaisuuksia tutkittiin sähkökemiallisesti sulaelektrolyyttikennolla:

$Cu(s)/CuCl+(NaCl+(NaCl+KCl) \text{ eut.}/Cu-Bi (1)$  koostumuksen ja lämpötilan funktiona. Kennojännitteistä määritettiin likviduslämpötilat sekä kuparin aktiivisuudet lämpötiloissa 900, 1000 ja 1100 °C. Vismutin aktiivisuudet ja partiaaliset liukenemisfunktiot laskettiin kuparin vastavista arvoista Gibbs-Duhem-integroinnilla.

Kummankin komponentin aktiivisuuksissa todettiin voimakas positiivinen poikkeama Raoultin laista. Vismutin aktiivisuuksissa havaittiin melko pieni lämpötilariippuvuus. Kennojännitteistä määrätty likviduslämpötilat sekä kuparin aktiivisuudet vastaavat hyvin aikaisemmissa tutkimuksissa esitettyjä tuloksia. Vismutin aktiivisuuksissa ja Cu-Bi-seoksen liukenemisfunktioissa esiintyy kirjallisuudessa huomattavaa hajontaa.

**Niskanen, Tuomo:** "Vaijeripulttien toiminta ja käyttö kallion lujituksessa."

Vaijeripultitus (cable bolting) on kallion lujitusta, johon käytetään sekä teräsköysiä että jännepunosta. Vaijeripultit kiinnitetään kallioon pääasiassa sementtisidonnaisella juotoslaastilla.

Sekä laboratoriossa että kaivoksessa tehdyillä ulosvetokokeilla selvitettiin vaijeripultin ja juotoslaastin välistä yhteistoimintaa, tartuntalujuutta ja tartuntalujuuteen vaikuttavia tekijöitä.

Tehtyjen ulosvetokokeiden mukaan vaijeripultti toimii kitkapultin (friction bolt) tavoin. Kaivosolosuhteissa jännepunoksen keskimääräinen tartuntalujuus oli pienempi kuin kuivan kuitusydämissen teräsköyden. Terässydämissen teräsköyden tartuntalujuus oli lähes kaksinkertainen kuitusydämissen verrattuna. Teräsköyden tartuntalujuuteen vaikuttavista tekijöistä selvitettiin ruosteisuuden, rasvaisuuden, soijaisuuden, sydänsäntä, läpimitan, juotosmateriaalin, juotospituuden ja juotoslaastia paisutettavan lisäaineen merkitys. Tutkituista tekijöistä merkittävimmät olivat teräsköyden rasvaisuuden ja sydänsäntä vaikutukset.

**Paju, Martti:** "Tutkimus boorifaasien vaikutuksesta teräksen iskusitkeyteen."

Työssä on tutkittu keskihilisen mangaaniseosteisen booriteräksen iskusitkeyteen vaikuttavia tekijöitä.

Kirjallisuusosassa on esitelty termodynaamisia laskentamenetelmiä raerajasuotautumisen arvioimiseksi monikomponenttisysteemeissä. Lisäksi on käsitelty boorin

käyttäytymistä teräksissä ja sen vaikutusta terästen mekaanisiin ominaisuuksiin.

Kokeellisessa osassa tutkittiin eräässä booriteräksessä havaittua haurausilmiötä. Rakennetutkimuksiin käytettiin optista ja läpivalaisumikroskopiaa. Iskusauvojen murtopinnat tutkittiin pyyhkäiselektronimikroskopilla ja Auger-elektronispektroskopialla käytettiin murtopintojen seosainepitoisuuden analysointiin.

Koetulokset osoittavat, että haurastuminen johtuu fosforin suotautumisesta raerajoille. Fosfori suotautuu jo austenitoinnissa johtuen boori-fosfori vuorovaikutuksen aiheuttamasta yhteissuotautumisesta.

**Rauta, Veijo:** "Boori-, kromi-mangaani- ja piiteräksen abrasiivinen kuluminen jauhintankomateriaalina."

Työssä tutkittiin jauhintankojen kulumista jauhettaessa erilaisia mineraaleja tankomylyssä. Samojen materiaalien kulumista tutkittiin myös laboratoriossa tehtävien yksinkertaisien mallikokein. Kokeina olivat hiontakulutus-koneella tehty naarmuttavaa ja jauhavaa abraasiokulumista jäljittelevät märkä- ja kuivakokeet sekä lieteeroosiokokeet. Kokeissa käytettiin kuluttavana abrasiivina lietemäistä sekä kuivaa kvartsihiekkää. Kuluneista pintarakenteista otettujen SEM-kuvien avulla pyrittiin selvittämään millä mekanismeilla tutkitut materiaalit kuluivat eri kokeissa. Hiontakulutus-koneella tehtävällä kuivakokeella pystyttiin melko hyvin jäljittelemään jauhintankojen kulumista, joten kokeella saadut kulumistulokset kuvaavat melko hyvin eri materiaalien kulumiskestävyyttä jauhintankomateriaaleina. Kokeiden perusteella perliittinen teräs on tutkituista teräksistä jauhintankomateriaaliksi soveltuvin.

**Soikkeli, Timo:** "Suurräjäytykset maanalaisessa kaivoksessa."

Suurräjäytyksiksi on työssä käsitelty kohteet, joissa malmimäärä ylittää 10 000 tonnia.

Kokemusten mukaisesti suurräjäytyksillä päästään tavanomaisista louhintaa parempaan saantiin, pienempään louheen lohkokokoon, panostustyön parempaan tehokkuuteen ja turvallisuuteen sekä eräissä tapauksissa vähäisempiin valmistaviin töihin.

Räjätysten tärinätaaso riippuu momentaanisista räjähdysainemääristä. Kokonaisräjähdysainemäärä ei sinällään vaikuta tärinän voimakkuuteen, joten oikealla suunnittelulla tärinävaurioita ei synny.

Kun räjäytyksessä tarvitaan yli 200 nallia, on suositeltavaa käyttää Nonel-sytytystä. Menetelmä on sähkösytytystä varmempi, sen kytkentä on nopeampaa ja yksinkertaisempaa ja sillä päästään pitempään kokonaishidasteaikaan.

Kokeellisessa osassa verrattiin Nitro Nobel Ab:n CID 300 VA- ja TS 50-laukaisulaitteita yleisesti käytettyyn kondensaattorilaukaisulaitteeseen sekä selvitettiin taloudelliset ja tekniset edellytykset Hammaslahden kaivoksen suurräjäytyksille. Työn aikana Hammaslahdessa suoritettiin 80 000 tonnin räjäytyksessä käytettiin onnistuneesti Nonel-sytytystä. Koeräjäytyksen perusteella työn luoppuun on koottu parannusehdotuksia huomioitavaksi tulevista suurräjäytyksissä.

**Suhonen, Riitta:** "Rautaoksidipitoisten aineiden ja dolomiittikalkin vaikutus kalkin liukenemiseen LD-kuonassa."

Työn tarkoituksena oli tutkia rautaoksidipitoisten lisäaineiden ja dolomiittikalkin vaikutusta poltetun kalkin liukenemiseen LD-konvertterikuonassa.

Kirjallisuusosassa on aluksi käsitelty FeO:n roolia konverttoinnissa ja erilaisten kalkki-rautaoksidiseosten valmistustapoja sekä näillä materiaaleilla saavutettuja tuloksia teollisuudessa. Toisessa osassa käsiteltiin dolomiittikalkin vaikutusta LD-kuonaan; vaikutuksia viskositeettiin ja rikin- ja fosforin poistumiseen raudasta. Lisäksi tarkasteltiin dolomiittikalkin käyttökokemuksia.

Kokeellisessa osassa tutkittiin lentopöly- ja rautarikastelisäysten (5, 10, 20 ja 30 %) ja dolomiittikalkkilisäysten (20, 30 ja 50 %) vaikutusta Gotlannin kalkin kuonautumiseen. Tutkimuksen kohteina olivat mainittujen lisäaineiden ja kalkin seosten sekä mekaaniset että poltetut seokset. Poltetut seokset ja mekaanisten seosten peruskalkki valmistettiin lämpötiloissa 1000°C, 1100°C, ja 1300°C. Koesysteemi oli sessile drop -tyyppinen, jossa kuonasylinteri sulatettiin kalkki-/kalkki + lisäainealustan

päällä lämpötilassa 1350°C Ar-atmosfäärissä. Koeaika oli 3 min. Käytetty kuona vastasi puhalluksen alussa vallitsevaa hapanta alkukuonaa. Kokeen jälkeen kuona analysoitiin siihen liuenneen kalkan määrän toteamiseksi. Kalkan liukenemista tutkittiin myös optisesti mikroskooppilla kuonautumisvyöhykkeitä tarkastelemalla.

Tulokset osoittavat lähes poikkeuksetta poltettujen seosten antavan vastaavilla mekaanisilla seoksilla saavutettuja kalkan kuonautumisarvoja suuremmat arvot. Eriyisesti poltetut rautarikasteseokset antavat hyvät tulokset. Tämä aiheutuu suureksi osaksi rikasteen korkeasta rautaoksidipitoisuudesta, jolloin poltossa rakenteeseen syntyvät helposti sulavat yhdisteet vaikuttavat nopeuttavasti kalkan liukenemiseen. Dolomittikalkkiisäykset eivät osoittaneet yhtä selvää vaikutusta kuonautumista parantavana tekijänä.

**Suominen, Lassi:** "Tutkimus niukkaseosteisten terästen isoteremisestä bainitoinnista seostetussa sinkkikylvyssä".

Työssä tutkittiin uutta kuumasinkittyjen pulttien valmistukseen sovellettua Zinquench-prosessia. Uudessa prosessissa pultit siirretään suoraan suojakaasussa austeinoituun sinkkikylvyyn, joka toimii normaalin kuumasinkityksen ohella teräksen isoteremisessä bainitointikylvyssä. Energian ja ajan säästö vanhaan prosessiin nähden, jossa pultit austenoidaan, sammutetaan, päästetään ja lopuksi sinkitään, on ilmeinen.

Prosessin rajoitteena on ollut se, että normaalin seostamattoman sinkkikyllyn lämpötilaa voidaan säätää vain rajoitetusti. Tässä työssä tutkittiin alumiiniseosteisellä (n. 4 p-%) sinkkikylvyllä saatavia lujuus- ja sitkeysominaisuuksia niukkaseosteisillä pulttiteräksillä (IB18 ja IB20) kyllyn lämpötiloissa 440—400°C.

Kyllyn lämpötilan laskulla ei ollut huomattavaa vaikutusta teräksen IB18 lujuus- ja sitkeysarvoihin. Teräksen IB20 lujuus nousi selvästi kun kyllyn lämpötilaa laskettiin 40°C. Myötölujuus nousi noin 150 N/mm<sup>2</sup> ja murtolujuus noin 200 N/mm<sup>2</sup>. Samalla nousivat teräksen Charpy-V-iskuenergia-arvot kaksinkertaisiksi. Teräksen IB18 iskuenergian arvot olivat selvästi korkeammat kaikissa sinkkikyllyn lämpötiloissa.

Pulttiteräksellä IB18 saavutettiin standardin SFS 2173 luokan 8.8 vaatimukset kyllyn lämpötiloissa 420 ja 400°C ja teräksellä IB20 myös lämpötilassa 440°C sekä luokan 10.9 vaatimukset kyllyn lämpötilassa 400°C.

**Wahlman, Max:** "Kvävets löslighet i Ca-Si-behandlad stålsmälta med låg svavelhalt."

I den teoretiska delen behandlas kvävets löslighet i stålsmälta, både ur termodynamisk och ur kinetisk synvinkel, slaggens betydelse för nämnda löslighet samt kvävehaltens beteende i de viktigaste stålframställningsprocesserna.

Den experimentella delen av detta arbete bestod av två delar. Dels undersöktes vilken inverkan svavel har på kväveinlösningsmängden och hastigheten, dels hurdan inverkan kalsium-silikat-injektionen har på stålets kvävehalt. Låga svavelhalter konstaterades ha en kraftigt höjande inverkan på inlösningshastigheten och Ca-Si-injektionen ser ut att höja på kvävehalten i stålet rätt starkt.

**Valli, Juhani:** "Valurautojen abrasiivinen kuluminen."

Työssä tutkittiin perliittisen, martensiittisen ja austeniittisbainiittisen pallografiittiraudan sekä valkoisen valuraudan abrasiivista kulumista kenttä- ja laboratorio-kokein. Liete-eroosiossa ja naarmuttavassa abraasiassa todettiin materiaalien abraasionkestävyyden kasvavan kulumisen materiaalin kovuuden myötä. Jauhavassa abraasiassa muita kovempi valkoinen valurauta kului eniten. Tämä on selitettävissä valkoisen valuraudan muita tutkittuja materiaaleja heikomman murtumissitkeyden avulla. Austeniittisbainiittisten valurautojen abraasionkestävyyden ei havaittu riippuvan niiden kuluttamattomien pintojen kovuudesta.

**Vartiainen, Pekka:** "Sileä-pyörösoikio urasarjan langan valssauksessa."

Tässä työssä tutkittiin joustavan sileä-pyörösoikio urasarjan soveltuvuutta langan kuumavalssaukseen.

Kirjallisuudessa esiteltiin lyhyesti perinteisten nelio-soikio ja soikio-pyörösoikio urasarjojen edut ja haitat.

Lisäksi käsiteltiin valssaukseen vaikuttavia tekijöitä: Levenemistä, valssausvoimia ja -momenteja sekä lyhyesti valssausvirheitä.

Kokeiden avulla pyrittiin selvittämään aihion maksimireduktio aihion h/b -suhteen funktiona. Leveneminen sekä valssausvoimat ja -momentit mitattiin ja tuloksia verrattiin eri tutkijoiden esittämien teoreettisten kaavojen antamiin tuloksiin.

Todettiin, että tutkitulla urasarjalla saavutetaan noin 22 % keskimääräinen reduktio, joka on pienempi kuin perinteisillä urasarjoilla. Parhaaksi diagonaalisuhteeksi laatta-aihiolle saatiin h<sub>0</sub>/b<sub>0</sub> = 4.05. Urasarjan etuna on sen erinomainen alajoustavuus, eli reduktiota voidaan säädellä suurissa rajoissa vain kitavälillä muuttamalla.

Teoreettiset kaavat levenemisen, voimien ja momenttien laskemiseksi soveltuvat huonosti käytetyille urasarjalle. Kuitenkin kummallekin pistolle oli löydettävissä kaavat, joista on hyötyä urien ja valssauskoneiston suunnittelussa.

**Vihma, Karri:** "Voiteluaineiden vaikutus rautapuristeen hiilettymiseen RBO-menetelmässä."

Työssä tutkittiin rautajauheen puristamisessa käytetyn voiteluaineiden poistumista nopeassa kuumennuksessa sekä voiteluainejätteiden vaikutusta rautapuristeen hiilettymiseen endokaasussa.

Kuumennuksessa puristeisiin muodostui pintahiiltä ja sementtiä. Pintahiilen muodostuminen oli voimakkainta 600°C:ssa ja sementtiä 700°C:ssa. Voiteluainejätteet vaikuttivat huomattavasti sekä pintahiilen että sementtiin muodostumiseen lämpötiloissa 500—700°C ja vaikutuksen voimakkuus riippui käytetystä voiteluaineesta. Selvästi voimakkain katalyytti hiilettymiselle oli sinkkistearaatti. Yli 700°C lämpötiloissa eivät voiteluaineet enää vaikuttaneet hiilettymiseen.

**Väänänen, Heli:** "Alkaliin vaikutus eräiden kaupallisten pellettien ominaisuuksiin."

Työn tarkoituksena oli tutkia alkaliin aiheuttamia muutoksia pellettien ominaisuuksissa sekä pellettien alkalikapasiteetin muuttumista pelkistykseen aikana.

Kirjallisuudessa on selvitetty alkaliin vaikutusta maasuonin toimintaan lähinnä alkalikierron osalta sekä esitetty alkaliin aikaansaamia muutoksia panoksen ominaisuuksissa pellettien osalta.

Kokeellisessa osassa tutkittiin alkaliin vaikutusta eri pellettilaatujen pelkistävyyteen ja rakenteeseen. Alkalikapasiteetin muuttuminen pelkistykseen aikana oli myös tutkimuksen kohteena.

**Zitting, Antti:** "Ympärysaineet ja ympärysaineet."

Sulassa valuraudassa tapahtuu lämpötilasta ja pitoajasta riippuen metallurgisia reaktioita, joiden vaikutuksesta sulassa olevien kiteytymisytymien määrä vähenee. Ympäryksellä voidaan valurautaan lisätä sopivia kiteytymisytymiä, ja siten saada se jähmettymään mikrorakenteeltaan sopivaksi. Myöhäisympäys on perinnäistä senkka-ympäystä tehokkaampi ja tarvittava ympärysainemäärä on pienempi, koska ympäysvaikutuksen vaimenemista ei ehdi tapahtua. Kirjallisuudessa on käsitelty ympäysaineita ja -menetelmiä. Lisäksi on tarkasteltu uusimpien ympäysmenetelmien erityisvaatimuksia ja edellytyksiä muottiympäyksen onnistumiseksi.

Kokeellisessa osassa tutkittiin muottiympäystä käyttökelpoisten valuparametrien löytämiseksi erälle kaupalliselle ympäysaineelle. Ympäysteho arvioitiin myös differentiaalilla termisellä analyysillä ja määräämällä sulan happiaktiivisuus.

## TURUN YLIOPISTO

### Geologian ja mineralogian osasto

Filosofian kandidaatit:

**Hölttä, Pentti:** "Metamorfoosista Pielaveden Lampaanjärven — Vaaraslahden alueella."

Tutkimusalueelta luonnehtivat korkean metamorfoosin peliitit ja vulkaniitit, jotka ovat metamorfoituneet kuivissa olosuhteissa. Alueen itäosan halki kulkevaan pohjois-eteläsuuntaiseen ruhjevyöhykkeeseen liittyy veden lisäyksen myötä metamorfoosin aleneminen. Vaaraslahden hypersteenigraniitilla on noin 200—500

metriä leveä kontaktiareoli. Mg:n ja Fe:n jakautumisella tasapainoisten granaatin ja biotiitin sekä granaatin ja kordieriitin kesken on määritetty metamorfoosilämpötilat, jotka kontaktiareolissa ovat keskimäärin 655°C ja ympäröivän kordieriitti-sillimaniittigneisissä keskimäärin 595°C. Metamorfoospaine on kordieriitin koostumuksen perusteella ollut noin 3—3.5 kb.

**Kuronen, Urpo:** "Kouvertvaaran sulfidiesiintymien geologisesta ympäristöstä Kuusamon liuskealueen länsiosassa".

Työssä on selvitetty tutkimusalueen suprakrustisten, sekä sedimenttisten että vulkaanisten, kivilajien ja hypabyssisten juonien petrografiaa, stratigraafista asemaa, metamorfoosia sekä tektoniikkaa. Lisäksi on kuvattu erilaisia muuttumisilmioita ja niihin liittyviä sulfidimineaalisiaatioita.

**Puustjärvi, Heikki:** "Aijala-Orijärvi-alueen kordieriittia ja antofylliittia sisältävistä kivistä".

Tutkimuksessa on selvitetty viidessä eri kohteessa kordieriittia ja antofylliittia sisältävien kivien petrologiaa, kemiallista koostumusta, syntyä ja malmikriittisyyttä. Tätä tarkoitusta varten on ollut käytettävissä tutkimuskohteiden 1:2000—1:100000 kivilajikartat, ohuthieitä, kemiallisia analyysejä (XRF + AAS) ja tiheysmäärytyksiä.

**Sipilä, Pekka:** "Lounais-Suomen rautamalmeista."

Tutkimuskohteiksi on valittu 25 rautamalmiesiintymää, joista suurin osa sijaitsee lehtiittivöhykkeellä Aijala-Orijärvi alueella. Rautamalmit on luokiteltu ja määritetty niiden kivilajiympäristöstä.

Alueen rautamalmit on jaettu kahteen pääryhmään: 1) syväkivi-intrusoiden titaanirautamalmit ja 2) sedimenttisivulkaanisten kivien raitaiset rautamuodostumat, karsirautamalmit ja pirotomalmit.

Eri malmityyppejä on käsitelty kivilajiympäristön mukaisesti luokiteltuna. Tutkielman lopussa Lounais-Suomen rautamalmeja on verrattu Keski-Ruotsin sekä Pohjois- ja Itä-Suomen rautamalmeihin.

## Maaperägeologian osasto

Filosofian kandidaatit:

**Huhta, Pekka:** "Moreenipatjojen erottamisesta raskasmineraalien ja magneettisen kokonaissuskeptibiliteetin avulla".

Näytteet tutkielmaa varten on otettu Geologisen tutkimuslaitoksen malmineitsintää palvelevien maaperätutkimusten yhteydessä. Raskasmineraaleina on käytetty yli 2.86 om.p. olevia mineraaleja. Magneettinen kokonaissuskeptibiliteetti on mitattu alle 20 mm:n moreeniaineksestä. Raskasmineraalit on tutkimuksessa jaettu luokkiin binokulaarimikroskoopin avulla. Luokat ovat: opaakit, tummat ja vaaleat mineraalit, granaatit sekä muut mineraalit. Pääleikkäiset moreenipatjat pystytään erottamaan toisistaan raskasmineraalien avulla, sillä niissä on eri luokkiin kuuluvia mineraaleja eri määriä. Parhaiten erot näkyvät opaakien määrissä. Magneettisen kokonaissuskeptibiliteetin mittausten perusteella voidaan tehdä alustavia arvioita raskasmineraalien kokonaismäärästä moreenissa.

**Johansson, Peter:** "Pohjamoreenin petrografisesta ja mineralogisesta koostumuksesta Heinolan maalaiskunnan ja Kangasniemen alueella".

Tutkielma on tehty Geologisen tutkimuslaitoksen malmineitsintää palvelevan maaperätutkimustyön yhteydessä. Kaivinkoneella kaivetuista 52 tutkimuskuopasta selvitettiin moreenistratigrafiaa ja makrosuuntaus. Moreeni-näytteistä tutkittiin kolmesta eri kokoluokasta kivilaji- ja mineraalikoostumus. Ne todettiin tilastollisesti vertailukelpoisiksi. Kivilajien ja mineraalien erilainen kestävyys mannerjään kulutustyötä vastaan aiheutti selvimmät systemaattiset erot. Ne näkyivät myös regressioanalyysillä saaduista moreenin kulkeutumismatkatuloksista, jotka johtokivilajista ja -mineraalista riippuen vaihtelivat 3.3—9 km. Moreenin kivien pyörityneisyystulosten todettiin heikosti kuvastavan niiden kulkeutumismatkaa.

**Luukkanen, Ari:** "Dikloorimetaaniuuttamisen vaikutus turpeen energieettisiin ominaisuuksiin".

Tutkielmassa on selvitetty dikloorimetaaniuuttamisen

vaikutusta turpeen orgaanisiin rakennealkuaineisiin, biotumipitoisuuteen ja lämpöarvoon. Orgaanisista rakennealkuaineista (hiili, vety, typpi ja happi) on selvitetty niiden pitoisuuden muutos uuttamisprosessin yhteydessä. Turvenäytteiden bitumipitoisuus on määritetty syvyysittäin eri soilta ja lisäksi on selvitetty bitumiaineen määrän vaikutus lämpöarvokehityksessä. Turpeiden lämpöarvo on määritetty ennen ja jälkeen uuttamisen. Lisäksi on tarkasteltu turvelajin, maatuneisuuden ja turpeen happamuuden vaikutusta uuttamistulokseen.

**Porola, Pentti:** "Deglasiaatio Koarvikoddsin alueella Inarin länsiosassa".

## ÅBO AKADEMI

### Geologisk-mineralogiska institutionen

Avlagda fil.kand. examina:

**Edén, Peter:** "Hausjärvi-graniterna och Ahvenisto biotitrapakivis kemi med speciell hänsyn till möjliga tennmineraliseringar."

De sen-kinematiska graniterna i Hausjärvi-området och rapakivimassivet i Ahvenisto undersöks kemiskt, för att reda ut om de är tennkritiska. Hausjärvi-graniterna är metasomatiskt granitiserade, och deras oxidhalter och spårämnesfördelning samt petrografi i allmänhet, visar att de inte är tennkritiska, utan de kan anses vara "normalgraniter".

Ahvenisto biotitrapakivi, som till stor del är porfyrisk, befanns uppbyggt av åtminstone två olika intrusionsfaser, vilka benämnes kontakttyp, och yngre typ. Dessa två jämföras med kontakttypen respektive den jämnkorniga typen av Väskärgranit i Eurajoki. Den yngre typen uppfyller de flesta kraven på en tennkritisk granit. Endast tennhalten är för låg, bara 7 ppm i medeltal.

Svagt greisenomvandlade gångar har också påträffats. De yngre typens K/Rb förhållande är 112, vilket visar att den är starkt fraktionerad. Ett tämligen litet område, där de sista fraktionerna och med dem möjliga mineraliseringar kan tänkas förekomma, begränsas.

**Haga, Ingmar:** "Stratigrafi och sammansättning för några vulkanithorisoner i Pielavesi, mellersta Finland."

Pielavesi-området finns i kontaktzonen mellan det karrelska och det svekofenniska skifferbältet. Områdets suprakrustalbergarter har avlagrats på ett botten bestående av gnejsiga grano- och kvartsdioriter. Den äldsta suprakrustalbergarten i området är en biotitfattig glimmergnejs, ovanpå den följer vulkaniska formationer som nästan helt och hållet utgörs av vulkanoklastiter. Ovanpå vulkanitformationerna finns meta-arkoser och glimmergnejs. Alla djupbergarter i området är yngre än suprakrustalbergarterna.

Vulkanoklastiterna i de vulkaniska horisonterna är huvudsakligen plagioklas- och uralitdominerade kristalltuffer. Tuffiter är också relativt vanliga, medan agglomerat och lapillituffer endast finns som tunna mellanlager. Enstaka tunna enheter som har tolkats som lavar och subvulkaniska bergarter förekommer.

Horisonterna är långsträckt hopvecklade tråg eller synformer. Lagerföljden i de olika horisonterna är i stort sett densamma. Underst i serien finns tjocka lager av andesitiska och dacitiska kristalltuffer. Ovanpå kristalltufferna följer jämnkorniga tuffer och tuffiter med tunna mellanlager av agglomerat och lapillituffer, ibland också lavar och skarnbandade bergarter. Slutet av vulkanismen karaktäriseras av en surare fas. De översta delarna av serien är sura tuffiter som uppåt gradvis övergår i aluminiumrika sediment.

Bevarade primärstrukturer visar att bergarterna avlagrats i vatten av varierande djup.

Vulkaniterna har kemiskt klassificerats med hjälp av diagram baserade på analyser av huvud- och spårelement. Diagrammen uttrycker att Pielavesi-området representerar det senare, kalk-alkalina stadiet i utvecklingen av en vulkanisk öbåge.

**Risku, Helmi:** "Om Laitila rapakivi-områdets graniter och olivindiabaser."

Undersökningsområdet ligger inom Laitila rapakivimassiv i sydvästra Finland. Massivets bergarter beskrivs,



och de inbördes förhållandena diskuteras. Kontaktfenomenen mellan rapakivin och den yngre jotniska olivindiabasen behandlas också kort. Bland de olika rapakivi-varianterna dominerar the huvudtyper, normal Laitila rapakivi, Lellainen granit och grovkornig rapakivi. Kontakterna är i allmänhet subhorisontella. Detta tyder på, att områdets rapakivibergarter utgör flackt på varandra liggande intrusioner. Den normala rapakivin är äldre än både Lellainen graniten och den grovkorniga rapakivin. Mellan den normala rapakivin och Lellainen graniten finns i kontakterna omedelbara närhet ofta smärre zoner av applit- och fläckig granit, porfyrapplit samt pegmatitiska partier. Dessa hör till Lellainen granitens kontaktzon mot den normala rapakivin, och de påträffas överallt i området som skarpt avgränsade, olika stora och till formen oregelbundna partier inom den normala rapakivin. De övriga typerna, intermedjära graniter, granitporfyrer samt en topasförande applitgranit, är arealt sett av mindre betydelse. Den senare intrusionen av Satakundas jotniska olivindiabas har påverkat det sidoberg som består av rapakivi.

**Tukiainen, Tapani:** "Den sedimentära järnformationen i Silaskaira-Kapsakero-området, norra Finland."

Ett nord-sydligt, synklinalt, suprakrustalt stråk av basiska vulkaniter med sediment, omgivna av granit och basiska djupbergarter inom Silaskaira-Kapsakero-området, norra Finland beskrivs.

I anslutning till de basiska vulkaniterna förekommer sedimentära stratabundna järnmineraliseringar.

Järnformationen utgör ett stråk av flera små linsformiga förekomster vilka består huvudsakligen av chert med växlande mängder av järnoxid-, järnsilikat- och järnkarbonatmineral. Till sin struktur är förekomsterna bandade eller/och breccierade. Förekomsterna är ekonomiskt obetydliga, järnhalten är som högst ca 35 % Fe. Huvudmineralet i varje facies är kvarts (=chert), de övriga mineralen är:

Oxidfacies	Silikatfacies
GÖTIT (-FeO OH)	MINNESOTAIT $Fe_3Si_2O_{10}(OH)_2$
MAGNETIT ( $Fe_3O_4$ )	GRÜNERIT ( $Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2$ )
Ankerit ( $Ca(Mg,Fe)(CO)_3$ )	MAGNETIT ( $Fe_3O_4$ )
	Götit (-FeO OH)
	Siderit ( $FeCO_3$ )

Karbonatfacies  
SIDERIT ( $FeCO_3$ )  
Götit (-FeO OH)

Det primära sedimentmaterialet i oxidfacies har troligen utgjorts av vattenhaltiga järnhydroxider. Under diagenesen har dessa omvandlats till götit, möjligen även till magnetit. Under metamorfosen har götit omvandlats till magnetit. I Silaskaira-Kapsakero-området är järnoxidmineralens genes komplicerad. Pre- och postmetamorf-götitbildning har förekommit. Även magnetit har bildats på flera sätt. Postdepositionala förändringar kan ha inverkat på den ursprungliga facieskaraktäristiken i järnformationen:

Den primära utfällningen i silikatfacies anses ha bestått av en amorf, vattenhaltig blandning av  $Fe(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $FeCO_3$ ,  $Ca(Mg,Fe)(CO)_3$ ,  $SiO_2$  och greenalit.

Utfällningen i karbonatfacies anses ha bestått av kolloidala  $FeCO_3$ ,  $Ca(Mg,Fe)(CO)_3$  och  $SiO_2$ . Under diagenesen har ur utfällningen bildats siderit och ankerit.

## OULUN YLIOPISTO

### Geofysiikan laitos

Filosofian kandidaatin tutkinto:

**Pajunpää, Kari:** "Magnetovariaatiomittauksista." Tutkielma on rahoitettu Suomen Akatemian tutkimussopimuksista 'Sähkömagneettinen syvärakennetutkimus'.

Tutkielmassa tarkastellaan magnetovariaatiomittauksia, sen teoriaa ja aineiston käsittelyä sekä esitetään lyhyesti Baltian kilven alueella suoritettuja syvä sähköisiä tutkimuksia.

Magnetovariaatiomittaus on sähkömagneettinen menetelmä johtavuudeltaan poikkeavien suurten rakenteiden kartoittamiseen, mutta sillä voidaan tutkia myös johta-

vuuden syvyysvaihteluita. Menetelmä perustuu maan magneettikentän ajallisten häiriöiden induktiovaikutukseen johtavassa maassa. Tietoa johtavuusrakenteesta saadaan indusoituneiden virtojen aiheuttaman kentän suhteesta ulkoiseen kenttään. Lähdekenttänä käytetään tavallisesti magneettikentän pulsaatioita ja alimyrskyjä.

Mittaus suoritetaan magneettikentän kohtisuorien komponenttien samanaikaisena rekisteröintinä useassa pisteessä tutkittavalla alueella ja vaatii siksi suuren määrän kenttäkelpoisia magnetometrejä. Menetelmällä suoritetaan Suomessa tutkimuksia vuosina 1981 ja 1982 31:lla Münsterin yliopiston Gough-Reitzel tyyppisellä magnetometrillä.

### Geologian laitos

Filosofian kandidaatin tutkintoja:

**Hanski, Eero:** "Siivikkovaaran alueen komatiittiset ja tholeiittiset metavulkaniitit Kuhmon arkeisella vihreäkivivyöhykkeellä."

Komatiittiset metavulkaniitit ovat hyvin laajalle levinneitä Kuhmon arkeisella vihreäkivivyöhykkeellä. Komatiittit, jotka tässä työssä jaetaan peridotiittisiin ( $MgO > 18\%$ ), pyrokseeniittisiin ( $MgO 12-18\%$ ) ja basalttisiin ( $MgO < 12\%$ ) tyyppisiin, esiintyvät erityisen runsaina Siivikkovaaran alueella. Ne muodostavat yhdessä tholeiittisten metavulkaniittien kanssa Kellojärvi-ryhmän, joka sisältää kaksi muodostumaa, Pahakangas- ja Siivikko-vaara-muodostumat.

Pahakangas-muodostuma koostuu tyynylaavarakenteista ja massamaisista metalaavoista, jotka kemiallisesti muistuttavat meren pohjan K-köyhiä tholeiitteja. Tyynylaavoissa on erikoista plagioklaasin skelettimäinen esiintymistapa. Siivikko-vaara-muodostuma jaetaan kolmeen eri alayksikköön, jotka ovat Siivikko- Mäkinen ja Raivio-jäsenet. Siivikkojäsenen kivissä, jotka ovat suurimaksi osaksi peridotiittista komatiittia, on monenlaisia ekstrusiivikiville tyypillisiä rakenteita kuten spinifex-, breksia- ja tyynylaavarakenteita sekä monikulmaista rakoilua. Mäkinen-jäsen sisältää pyrokseeniittisiä ja basalttisia komatiitteja joissa varioliittiset tyynylaavarakenteet ovat yleisiä. Raivio-jäsen koostuu ultramafis-mafisista metatuffeista.

**Kaisto, Inkeri:** "Tuoppajärven, Kuusamon, Ranuan ja Oulun kielekevirtojen moreeneista."

Tutkielmassa tarkastellaan moreenien erilaisia ominaisuuksia sekä mahdollisuuksia käyttää saatuja tuloksia eri kerrosten identifioinnissa.

Tarkemmin on tarkasteltu kivilajin vaikutusta moreenikivien muotoon ja siloisuuteen sekä rakeisuusanalyysituloksista laskettujen tilastollisten tunnuslukujen käyttökelvottomuutta moreenien erottamisessa.

Eri kerrostumisfasiaista edustavissa samoin kuin eri alueilta olevissa moreeneissa kiven (2-6 cm) muodossa ja siloisuudessa saatiin selviä eroja, jotka johtuvat lähinnä kivilajista, erilaisesta kuljetustavasta ja -matkasta sekä kerrostumistavasta.

Tilastollisten parametrien välisistä korrelaatioista moreenien erottamiseen soveltuivat parhaiten lajittuneisuuden väliset korrelaatiot keskiarvon ja vinouden kanssa. Parametrien välisillä korrelaatioilla voitiin selvimmin erottaa muusta tutkimusaineistosta huuhtoutuneet pintamoreenit ja Pudasjärven Kellokankaalta ja Yli-Iin Koutuanjärveltä tavattu sinisenharmaa pohjamoreeni. Tunnuslukujen käyttö moreenitutkimuksissa edellyttää kuitenkin alueen glasiaaligeologian tuntemusta.

**Kallio, Mauri:** "Keski-Lapin liuskealue Itä-Kittilän ja Länsi-Sodankylän osalta." Osa II: Rakenne ja stratigrafia.

Tutkimusalueella vihreäkivikompleksi muodostaa allasmaisena rakenteen, jossa on kaksi syvänevyöhykettä. Näiden syvänteiden suunnat ovat pohjois-eteläinen ja koillis-lounainen. Ne edustavat kuoren repeämiä, joita myöten tholeiittista ja ultramafista magmaa on purkautunut sedimentogeenisten Lapponium-liuskeiden päälle ja väliin. Muita ruhje- ja siirrosvyöhykkeisiin liittyviä kivilajeja ovat serpentiniitit ja gabrot.

Tutkimusalueella on vaikuttanut kolme eri deformaatiota. Ensimmäinen deformaatio on tapahtunut lähes

N-S-suuntaisen poimuakselin suhteen. Toinen, paikallisesti deformaatio on vallitsevana alueen koillisosassa. Tämän vaiheen aiheuttamat poimuakselit ovat koillislounais-suunnassa. Selvästi edellisiä deformaatioita nuorempi kaakko-luode-suuntaisen poimuakselin synnyttäneen deformaation vaikutukset ovat nähtävissä alueen eteläosissa.

**Kärkkäinen, Niilo:** "Keski-Lapin liuskealue Itä-Kittilän ja Länsi-Sodankylän osalta." Osa IV: Metamorfoosi

Työssä on käsitelty Kittilän malmiprojektin tutkimusalueen suprakrustaalisten kivilajien metamorfista petrografiaa ja sen pohjalta alueellista metamorfoosia sekä sen luonnetta.

Dynamoterminen metamorfoosin vaikutus mineraalien tasapainottumiseen on itse vihreäkivialueella ollut vähäistä. Silaskairan jaksossa metamorfisten liuosten määrä ja hiilidioksidin osapaine on ollut korkea, mikä viime vaiheessa on johtanut ko. alueen tasapainottumiseen kloriittikarbonaattivaltaiseksi. Vulkaniittikompleksin sisäosissa metamorfoosi ei näytä maksimoituvan mihinkään tiettyyn deformaatiovaiheeseen.

Ympäröivillä liuske- ja liuske-vulkaniittialueilla metamorfoosiolosuhteet vaihtelevat. Jeesiöjoen eteläpuoleinen alue on polymetamorfinen ja viime vaiheen metamorfoosi edustaa alhaista painetyppiä. Tutkimusalueen NE-osassa, Pomokairassa, metamorfoituminen on tapahtunut korkeamman paineen sekä kohtalaisen alhaisen lämpötilan vallitessa. Metamorfoosin taitekohdat ko. alueilla ovat vastaavasti 650°C/2—4 kbar ja 550°C/4.5 kbar. Pohjagneisin doomiutumiseen ja siirroksiin liittyy Pomokairan alueella retrogressiivisia ilmiöitä.

**Nokela, Anne:** "Lamminsuon geologinen kehitys (ja eräiden suotyyppien kerrosseuranto)."

Lamminsuon sijaitsee Pudasjärven kunnan keskuksesta — Kurenaluksesta — noin 40 km kaakkoon, karttalehdellä 3531 05. Lamminsuon on osa suurta suokompleksia, johon kuuluvat mm. Savisuo, Jaalangansuo, Karkusuo sekä Varissuo.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Lamminsuon stratigrafia ja yleinen kehityskulku siitepöly- ja makro-subfossiilianalyysien avulla. Erityisesti pyrittiin saamaan selville erään tutkimuksen kohteeksi valitun jänteen ja sitä rajoittavien rimpin kerrosseuranto.

Maan vapauduttua vedestä (Ancylusjärvi, noin 8000 B.C.) olivat olosuhteet suon kehityksen alkuvaiheessa mesotrofiset. Kerrosseurannossa ylöspäin mentäessä heikosti minerotrofisen vaiheen jälkeen seuraa karu minerotrofisen kerrosseuranto, jota indikoi tupasvillavaltainen Sphagnum-turve. Myös Betula nanan määrä lisääntyy.

Minero/ombrotrofisen turpeen raja on jänteen kohdalla noin 50 cm:ssä.

Tutkimuksen eräänä tarkoituksena oli selvittää, kuuluuko Lamminsuon aapa- vai kohosuotyyppiin. Vaikkakin suon eräiltä osin on havaittavissa selvää ombrofoitumista, on todennäköistä, että Lamminsuon on nykyisin vasta kehityksessä kohosuoksi.

**Sarapää, Olli:** "Keski-Lapin liuskealue Itä-Kittilän ja Länsi-Sodankylän osalta." Osa III: Vulkaniittien geokemia.

Työ liittyy Oulun yliopistossa toimineen Kittilän malmiprojektin tutkimuksiin.

Tutkimusalueen vulkaniitteihin kuuluu kemismiltään peridotiittisia komatiitteja, komatiittisia basaltteja, tholeiittisia basaltteja ja spiliittejä vastaavia kiviä, sekä vähäisessä määrin keratofyyrejä ja kalkkialkalisarjan dasiitteja ja ryoliitteja.

Valtakivilajeille, tholeiittisille metabasalteille ja spiliiteille on ominaista korkea rautapitoisuus, näin varsinkin rautamuodostumien läheisyydessä, Porkosen-Pahtavaaran alueella. Lisäksi ne ovat K-köyhiä ja muistuttavat siinä suhteessa valtameren pohjan basaltteja.

Vulkanismin kehitys selittyy maankuoren repeämisenä ja adiabaattisesti kohonneen manttelidiapiirin asteettaisella sulamisella, minkä seurauksena syntyi ensin rautarikas tholeiittinen sula ja myöhemmin peridotiittisia ko-

matiitteja vastaava sula. Magmaattista differentioitumista tapahtui myös magman kohoamisvaiheessa ja lähelle pintaa syntyneissä magmasäiliöissä.

**Uusikartano, Keijo:** "Moreenistratigrafiasta ja moreenien raekoostumuksesta Kuhmon Ontojärvi-Arolan alueella."

Tutkielman tavoitteena on selvittää Kuhmon liuskejaksolla Ontojärven ja Arolan välisellä alueella mannerjäätikön virtaussuunnat ja moreenistratigrafia. Tutkielma perustuu Oulun yliopiston Kuhmon malmiprojektissa vv. 1979—80 suoritettuihin maaperätutkimuksiin.

Tutkimusalueella esiintyy kolme moreeniyksikköä: alempi ja ylempi pohjamoreeni sekä ns. ylin moreeni. Niiden erottamiskriteereinä on käytetty väriä, tiiviyttä, kivisyttä, kivikokoa, rakennetta, hivenmetallipitoisuutta, mineraalikoostumusta, litologiaa, raekoostumusta ja pihasteikon rakeisuusparametrejä sekä niiden välisiä suhteita. Raekoostumus ja rakeisuusparametrit osoittavat selvästi ylimmän moreenin kaksijakoisen luonteen: peitemoreenialueella se on pääasiassa subglasiaalista alkupe-  
rää, mutta moreenikumpujen alueella aines on kerrostunut ablaatiomekanismilla.

Mannerjäätikön virtaussuunnat ovat uurrehavaintojen ja moreenien suuntauslaskujen perusteella 280°—310°. Tämä näkyy selvästi myös alueen ylimmän pohjamoreenin muodostamien drumliinien suunnassa.

**Vanhanen, Erkki:** "Kuusamon Simonkorven kallioperä ja siihen liittyvät uraanimineralisaatiot."

Läntisessä Kuusamossa sijaitsevan Simonkorven kallioperä koostuu serisiitti-kvartsiittimuodostuman, vihreäkivimuodostuman, amfiboli-pyrokseeni-biotiittikivimuodostuman kivistä ja erilaisista syväkivistä.

Serisiittikvartsiitti-muodostuman kivet ovat serisiittikvartsiitteja, joissa on killeliuske- ja serisiittiliuskevälikerroksia.

Alueen vihreäkivistä primääriset rakennepiirteet ovat hävinneet kuten myös amfiboli-pyrokseeni-biotiittikivimuodostuman kivistä. Jälkimmäiset ovat ilmeisesti alkuperältään pinnallisia tai puolipinnallisia ultraemäksisiä spiliittisiä kiviä.

Syväkiviä edustavat uraliittidiabaasi, alaskiittinen graniitti ja syeniittiset kivet. Alaskiittinen graniitti on alueen nuorin kivi, joka leikatessaan muita tutkimusalueen kiviä on synnyttänyt paikoin suonigneissejä. Metamorfoitumattomat syeniittiset kivet (= montsoniitti, albiitti-ortoklaasisyeniitti ja mikrokliniisyeniitti) ovat vain hivenen vanhempia kuin graniitit (ikä  $\geq$  1800 Ma).

Syntyvaltaaan anatektiset uraanimineralisaatiot esiintyvät suonigneisseissä, montsoniiteissa ja mikrokliniisyeniiteissä. Pieniä mineralisoitumia tavataan lisäksi tektonisesti syntyneissä raoissa. Uraanimineraaleina tavataan uraniniittia, betafiittia, branneriittia ja davidiiittia sekä sekundaarisia uraanimineraaleja.

Alueellismetamorfoosi on tapahtunut amfiboliittifasieksen olosuhteissa. Lisäksi kalimetatomatoosi on ollut voimakasta.

#### Prosessiteknikan osasto

Diplomi-insinöörit:

**Fondelius, Leila Orvokki:** "Sintrausuunin automaation kehittämismahdollisuudet."

**Kalliokoski, Riitta Liisa:** "Flogopiitin liuotustuotteen huokoisuus ja sorptio-ominaisuudet."

**Koivisto, Timo Olavi:** "Lohkarejauhauksen kapasiteettiin vaikuttavia tekijöitä Rautaruukki Oy:n Mustavaaran kaivoksella."

**Tiikkainen, Pekka Antero:** "Eräiden fysikaalisten ominaisuuksien vaikutuksista sintrausseoksen valmistuksessa."

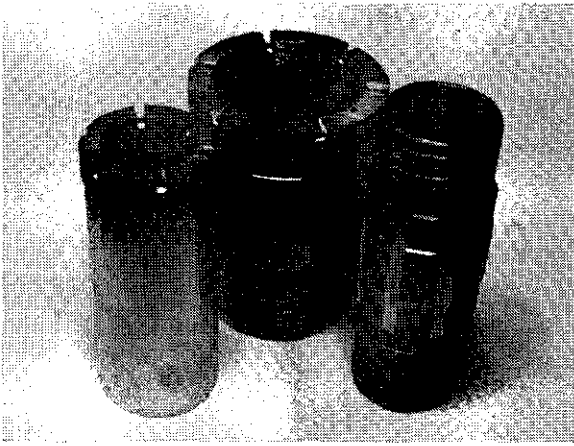
#### Teknillisen fysiikan osasto

Diplomi-insinöörit:

**Janhonen, Risto:** "Automaattisen näytteensiirron suunnittelu ja toteutus positronimittauksin."

**Tiittanen, Tapio:** "Vihannin kaivoksen tornimurskaamon valvonta ja ohjaus."

## LEVANTO -timanttiterät



Suomalaisia timanttiteriä suomalaisiin kiviin jo vuodesta 1937.

Valmistus ja myynti:



### LEVANTO OY

Teollisuustie 5  
02700 KAUNIAINEN  
Puh. (90) 505 2044



## PROSESSIKONE OY

Prosessitekniikka,  
koneenrakennustekniikka

- Murskaus- ja seulontalaitokset
- Betoni- ja elementtitehtaat
- Nosto- ja kuljetusjärjestelmät
- Tuotekehittely, lujuuslaskenta
- Kone-, laite- ja laitossuunnittelu

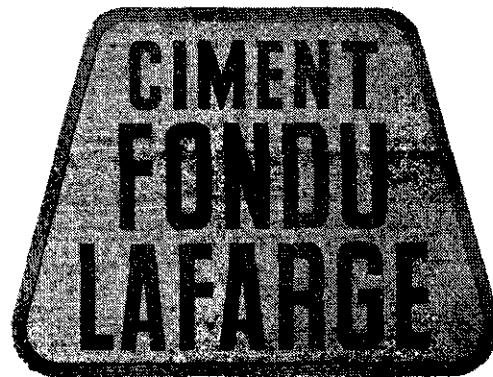
Sisaryhtiö: **TERO ELOMAA OY**

Sorrontie 1 A, 20780 Kaarina, p. 921-431 888

CIMENT - FONDU - LAFARGE  
-aluminaattisementtiä

ALAG - runkoainetta

SECAR - erikoisementtiä  
(kestää n. + 1800°C)

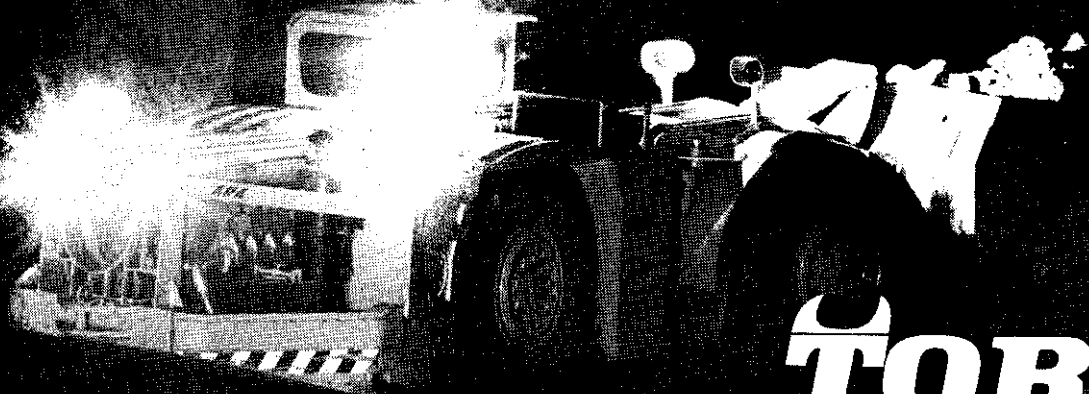


## Oy VITRIFER Ab

Postiosoite PL 116  
00121 Helsinki 12  
Puh. vaihde (90) 661 788  
Telex 121120 Wibex



**Varma konsti päästä  
kiven sisään.  
Rehellisesti. Ansaitsemaan.**



**TORO**

Perusyhtymä Oy ARA  
PL 434, 20101 Turku 10  
Puh. 921-383111  
Telex 62305 ara sf



**MYLLYKOSKI OY**  
LUIKONLAHDEN KAIVOS

**VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:n**

**VUOSIKOKOUS**

pidetään Helsingissä 26.—27. 3. 1982

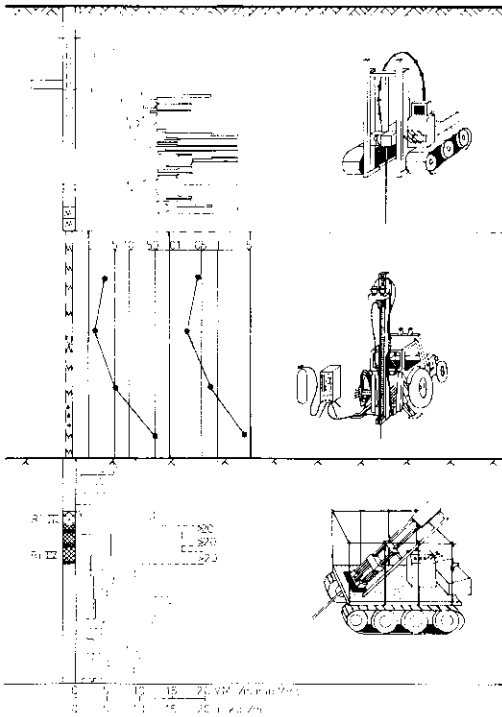
Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.

**VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:s**

**ÅRSMÖTE**

hålles i Helsingfors 26.—27. 3. 1982

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

**MONITOIMIKAIRAT**

- PAINOKAIRAUKSET
- SIIPIKAIRAUKSET
- MÄNTÄKAIRAUKSET
- NÄYTTEENOTOT

**PORAKONEKAIRAUKSET**

- KALLIOPINNAN VARMISTUKSET
- NÄYTTEENOTOT MAASTA JA KALLION PINNASTA
- PRESSIOMETRIMITTAUKSET

**KALLIONÄYTEKAIRAUKSET**

- LUONNONVAROJEN INVENTOINTI
- KALLIOVARASTOT
- VÄESTÖ- JA LAITESUOJAT

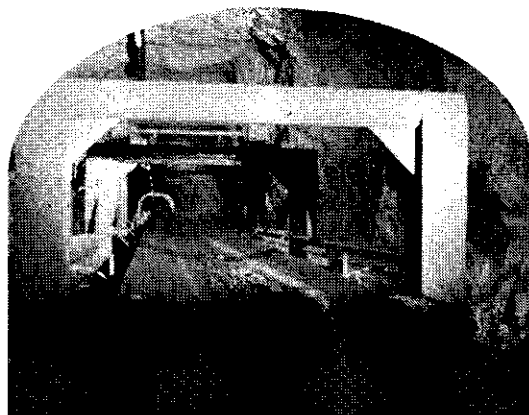
# Vuoriteollisuuden suurhankkija

## Asiantuntemusta

Vuoriteollisuuden tuntemus pohjautuu Algolissa vuosikymmenien perinteisiin. Pitkään kokemukseen yhdistyy tuore tekninen tieto: kansainväliset yhteytemme tuovat meille alan uusimmat saavutukset maailmalta. Kaikki tämä koituu hyödyksenne.

Edustamme tehtaita, joiden tuotteisiin on totuttu luottamaan Suomessa ja Suomen ulkopuolella: Lurgi, Mannesmann Demag, Didier; esimerkiksi. Mukaan niveltyy oman Herttoniemen konepajamme nosturitutuotanto, suomalaisella ammattitaidolla.

Osoittakaa ongelmanne meille, kun se liittyy vuoriteollisuuden, metallurgian tai prosessitekniikan alueille. Miessänne voi olla yksittäinen laitetarve, laajan projektin suunnittelu tai kysymys, johon haluatte vastauksen. Olemme palveluksessanne.



# ALGOL

Eteläranta 8 • PL 170, 00131 Helsinki 13  
Puhelin (90) 176631 • Telex 121430 algol sf

## Tuotevalikoimaa

Algol ja vuoriteollisuus, metallurgia, prosessitekniikka. Tuotteissa on valinnanvaraa:

- kaivoshissit
- hihnakuljettimet
- nosturit
- koneistot pasutukseen
- koneistot malmien sintraukseen
- koneistot sintterin jäähdyttämiseen
- tyhjiökuivausrummut
- uraanimalmin käsittelykoneistot
- tulenkestävät keraamiset aineet uunien vuorukseen
- sähkösuodattimet

# MASUUNIKUONAJAUHE

- VALMISBETONISSA
- ELEMENTEISSÄ
- MAANRAKENNUKSESSA

- EDULLINEN HINNALTAAN
- PARANTAA BETONIN MUOKATTAVUUTTA
- LISÄÄ KORROOSION KESTAVYYTTÄ
- ALHAINEN LAMMONKEHITYS

Oy Lohja Ab      921 41 511

Oy Partek Ab      921 742 111

## GARDNER-DENVER

— porakalustot

## ILMEG

— pölynsidonta- ja mittauslaitteet

## MISSION

— uppoporakoneet

## PUTZMEISTER

— ruiskutuspumput

## TIMKEN

— porakruunut

# DRILLCO

## MÄNTSÄLÄ

Puh. 915-81024

**kehitys ↔ yhteistyö**

Ministry for Foreign Affairs, Department for International Development Cooperation is looking for a suitable candidate for the following post

### **MINING ENGINEER, BITAN 13/81**

Degree in Mining Engineering with sound practical and mine management experience. The Mining Engineer participates in the preparation of feasibility studies, identifies and recommends suitable mining equipment and mining methods, reviews consultant studies/reports on projects and participates in evaluating them, works on the plans of project implementations etc.

For further information and official application forms please apply to

#### **ULKOASIAINMINISTERIÖ**

Kehitysyhteistyöosasto, Rekrytointijaosto  
Erottajankatu 19 B, 00130 Helsinki 13  
Tel. 160 2376 or 160 2384

APPLICATIONS AS SOON AS POSSIBLE

# FINNCARB



— nyt saman katon alla —

OMYA-tuotteiden edustus Suomessa siirtyi 1. 10. 1981 alkaen OY Förby AB:lle (entinen Karl Forsström AB).

Samassa yhteydessä perustimme myyntikonttorin Helsinkiin helpottaaksemme jatkuvaa yhteydenpitoa asiakkaisiimme. Tervetuloa Pohjoiselle Hesperiankadulle.

Toivomme hyvää yhteistyötä myös jatkossa.

# OY FÖRBY AB

Tehdas:  
25640 FÖRBY  
Puh. 924-824481  
Telex 6813 KFAB

Myyntikonttori:  
P. Hesperiankatu 7  
00260 HELSINKI 26  
Puh. 90-441778, Telex 125271 FÖRBY

# Vuorimiesyhdistys - Bergsmannaföreningen ry:n tutkimusselostet, kirjat ja julkaisut

## Tutkimusselostet: sarja A

	hinta		
A 1 "Kulutusta kestävä materiaali"	loppunut	A 62 "Luettelo Suomessa olevista ja tänne hel-	
A 2 "Malmiteknillinen näytteenotto"	"	postista saatavista elementtiohjelmistoista"	30,—
A 3 "Jatkotankoporaus"	"	A 63 "Avolouhoksen seinämän kaltevuuden	
A 4 "Öljypolttimet"	"	optimointi"	50,—
A 5 "Maakairaus ja pliktaus"	loppunut	A 64 "Suomessa tehdyt kallion jännitystilän	
A 6 "Putket ja rännit"	15,—	mittaukset"	50,—
A 7 "Jatkotankoporaussovellutus			
louhintaan"	15,—		
A 8 "Jäännösanomalia- ja gradienttikartto-			
jen käytöstä malminetsinnässä"	15,—		
A 9 "Rikastamoiden jätealueiden järjestely			
Suomen eri kaivoksilla"	15,—		
A 10 "Kuulurakenteet"	15,—		
A 10b "Kuulunajoa käsittelevää kirjallisuutta"	loppunut		
A 11 "Raakkulaimennus"	15,—		
A 12 "Maamme vuoriteollisuuden uusimpien teol-			
lisuusrakennusten katto- ja ulkoseinära-			
kenteet"	56,—		
A 12b Piirustusliite n:o 12:een	loppunut		
A 13 "Vedenpoisto kaivoksesta"	"		
A 14 "Suunnan ja kaltevuuden mittaus			
syväkairauksessa"	17,—		
A 15 "Näytteenotto geokemiallisessa malmin-			
etsinnässä"	20,—		
A 15b Kuvaliite n:o 15:een	loppunut		
A 16 "Jauheiden kuivatus"	"		
A 17 "Pölyn talteenotto"	15,—		
A 18 "Geokemiallisten näytteiden käsittely			
ja tulosten tulkinta"	50,—		
A 19 "Kulutusta kestävä materiaali" —			
n:o 1:n täydennys"	15,—		
A 20 "Rikastamoiden instrumentointi"	20,—		
A 21 "Räjähdyksaineet ja räjäytysvälineet"	27,—		
A 22 "Tulenkestävät keraamiset materiaalit"	20,—		
A 24 "Kaivosten ja avolouhosten geologinen			
kartoitus"	20,—		
A 25 "Geofysikaaliset kenttätyöt I-			
Painovoimamittaukset"	20,—		
A 27 "Kallion rakenteellisten ominaisuuksien			
vaikutus louhittavuuteen"	45,—		
A 28 "Kalkin käyttö metallurgisessa teollisuudessa"	15,—		
A 29 "Lämmön talteenotto metallurgisessa			
teollisuudessa"	50,—		
A 31 "Pakokaasujen käsittely maanalaisissa ti-			
loissa: Selvitys normi- ja toimenpide-eh-			
dotuksineen"	loppunut		
A 32 "Seulonta"	40,—		
A 33 "Louhintaurakkasopimuksen laatimissohjeet"	15,—		
"Louhintaurakkasopimuskaavake"	2,—		
A 34 "Geologisten joukkonäytteiden analysointi"	50,—		
A 36 "Pakokaasukomitea — selvitys tutkimustyön			
jatkamisedellytyksistä"	15,—		
A 36b "Pakokaasukomitea — uusimpien julkaisujen			
sisältämät tutkimustulokset dieselmootto-			
rien saastetuoton vähentämiseksi"	50,—		
A 39 "ATK-menetelmien käyttö kallioeräkartoit-			
tuksissa"	25,—		
A 40 "Kaivosten jätealueet ja ympäristönsuojelu"	45,—		
A 42 "Kaivosten työympäristö"	50,—		
A 44 "Geologinen näytteenotto"	50,—		
A 47 "Murskeen varastointi talviolosuhteissa"	40,—		
A 48 "Kaivosten jätealueiden saattaminen uudel-			
leen kasvullisuuden peittämäksi"	50,—		
A 50 "Kaukokartoitus malminetsinnässä"	100,—		
A 52 "Suunnattu kairaus"	50,—		
A 53 "Kivilajien kairattavuusluokitus"	50,—		
A 54 "Nykyaikaiset murskauspiirit"	50,—		
A 56 "Pölyntorjunta kaivoksissa"	50,—		
A 57 "Palontorjunta kaivoksissa"	50,—		
A 58 "Paikan ja suunnan määrittäminen geofysikaali-			
sissa tutkimuksissa"	50,—		
A 59 "Utveckling av seismiska metoder för geolo-			
giska och bergmekaniska undersökningar"	50,—		
A 60 "Holvautumien purkumenetelmät"	50,—		
A 61/I "Rakeisen materiaalin kosteuden mittaus"	50,—		
		Koulutus- ja seminaarimonisteet, kalliomekanikan päi-	
		vien esitelmämonisteet sekä muut julkaisut: sarja B	
			hinta
		B 1 "Kalliomekanikan päivät 1967"	35,—
		B 2 "Kalliomekanikan päivät 1968"	40,—
		B 3 "Kalliomekanikan päivät 1969"	40,—
		B 4 "Kalliomekanikan päivät 1970"	40,—
		B 5 "Kalliomekanikan päivät 1971"	40,—
		B 6 "Kalliomekanikan päivät 1972"	45,—
		B 7 "Kalliomekanikan päivät 1973"	50,—
		B 8 "Kalliomekanikan päivät 1974"	50,—
		B 9 "Kalliomekanikan päivät 1976"	50,—
		B 10 "Kalliomekanikan päivät 1977"	50,—
		B 11 "Kalliomekanikan päivät 1978"	50,—
		B 12 "Kalliomekanikan sanastoa"	10,—
		B 13 "Kaivosmiehen käsikirja"	loppunut
		B 14 "Kaivossanasto"	8,—
		B 15 "Räjäytysopas 1978"	8,—
		B 16 INSKO 106—73 "Terästen lämpökäsittelyn	
		erikoiskysymyksiä"	45,—
		B 17 " 49—74 "Skänkmetallurgi-Senka-	
		metallurgia"	45,—
		B 18 " 90—74 "Investoinnit ja käyttölas-	
		kenta metallurgisen teolli-	
		suden toiminnan ohjauk-	
		essa"	45,—
		B 19 " 45—75 "Materiaalitoimitusten laa-	
		dunvalvontakysymyksiä	
		metalliteollisuudessa"	45,—
		B 20 VMY "Kotimaiset rikastuskemikaalit"	30,—
		B 21 " "Rikastuskemikaalien käsittely-,	
		mittaus- ja annostelumenetelmät"	30,—
		B 22 " "Kulutusta kestävä materiaali"	40,—
		B 23 " "Laatokaan-Perämeren malmivyoähyke"	40,—
		B 24 " "Malminkäsittelylaitosten käyttöasteen	
		ja kunnossapidon optimointi"	30,—
		B 25 " "Raakkulaimennus ja sen taloudelli-	
		nen merkitys kaivostoiminnassa"	50,—
		B 25b "Waste rock dilution and its economic	
		significance in mining"	50,—
		B 26 " "Pientunnelisymposium"	70,—
		B 27 " "Uraaniraaka-ainesposiumi"	50,—
		B 28 " "Tuuletussymposiumi"	50,—
		B 29 " "Kaivos- ja louhintatekniikan	
		käsikirja" (ilmestyy v. 1981)	50,—
		Vuorimieskillan laulukirja "Tasku-	
		matti"	10,—
		VMY:n solmio, värit: sininen ja	
		viininpunainen	à 30,—
		Eero Mäkinen-mitali, pronssia	200,—
		Vuoriteollisuus-Bergshanteringen-lehden vanhempia nu-	
		meroita myytävänä vuosikertojen täydennykseksi hintaan	
		2,50/numero.	
		Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitaja-	
		lta TkL Heikki Aulangolta mieluummin kirjallisesti	
		osoitteella:	
		Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.	
		Vuoriharjuntie 35	
		02320 ESPOO 32	
		tai puh. 90-801 4316.	

## ILMOITTAJAT — ANNONSÖRER

- Airam/Kometa
- Algol
- Ara
- Drillco
- Enso
- Forcit
- Oy Förby Ab
- Geotek
- Grönblom
- Kemira
- Knorring
- Kockums
- Kone
- Larox
- Levanto
- Lohja Oy
- Myllykoski Oy/Luikonlahti
- Orion/Normet
- Outokumpu
- Ovako
- Partek
- Prosessikone
- Rautaruukki
- Skega
- Tallberg/Atlas Copco
- Tallberg/Vuorikoneet
- Tamrock
- Tulenkestävät Tillet
- Ulkoministeriö
- Witraktor
- Witrifer

## 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. Artikkeleiden **suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukkoineen ja kirjallisuusviitteineen** on 5 painosivua. Toimituksen mielestä lyhennettäviksi mahdolliset käsikirjoitukset palautetaan kirjoittajille korjausta varten. 4 konekirjoitusarkkia = noin 1 sivu.

**Pääotsikot ja alaotsikot** erotetaan toisistaan selkeästi.

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

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

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

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

Jokaiselle artikkelille on ilmoitettava englanninkielinen nimi sekä laadittava kielellisesti tarkistettu englanninkielinen yhteenveto — **summary** — pituudeltaan enintään noin 20 konekirjoitusrivää.

Syksyllä ilmestyvään lehteen tarkoitetut artikkelit on lähetettävä toimitukselle **syyskuun loppuun** mennessä, keväturneroon tarkoitetut **helmikuun loppuun** mennessä.

**Eräpalknoksia** toimitetaan kirjoittajan laskuun eri sopimuksella.



# Trelleborg CordPly.

## Väkivahva, napakasti mukautuva, iskut kestävä kuljetinhihna.

CordPly on erikoisrakenteinen yksivahvikekuljetinhihna; hihna kuin paksu kulutuskumirata, jossa vahvikekudos on sisäänvalettu. CordPly mukautuu vakaasti ja napakasti kuljettimen muotoihin, kestää iskuja kaksi kertaa paremmin kuin normaali EP-hihna, on helppo asentaa, liittää ja jatkaa. Vahvikelangat ovat synteettistä kuitua; CordPly on täysin tunteeton kosteudelle ja lahoamiselle.

Soita Tallbergille. Saat tarkat tiedot vahvasta uudesta kuljetinhihnasta.



**TALLBERG**  
vuorikoneet

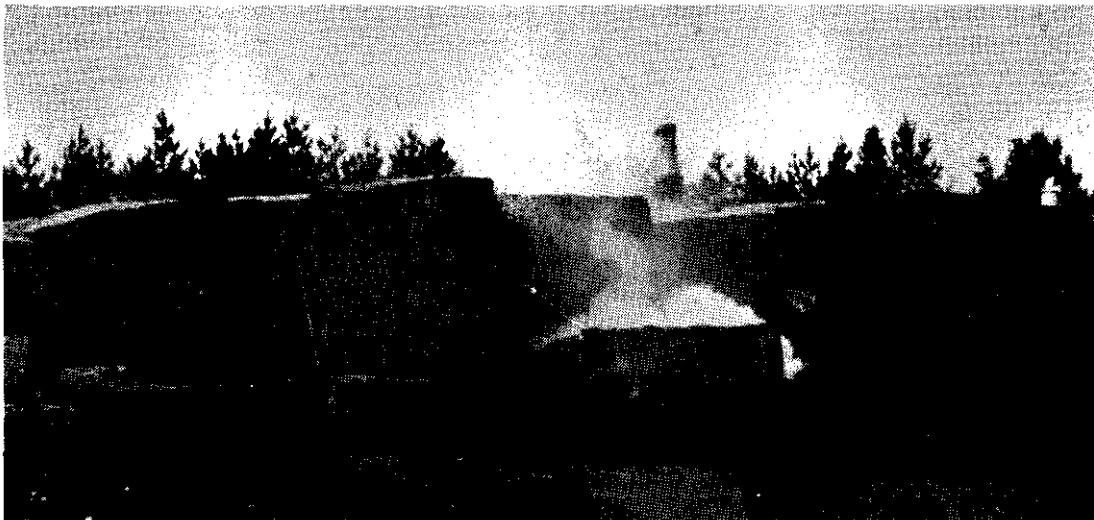
Karapellontie 11, 02610 Espoo 61 Puhelin 90-594 011



RÄJÄHDYSAINETAMME ON KÄYTÖSSÄ MONENLAISISSA  
TEOLLISISSA- JA URAKOINTILOUHINGOISSA.  
RÄJÄHDYSAINETUOTANTOA VUODESTA 1893 ALKAEN

# OY FORCIT AB

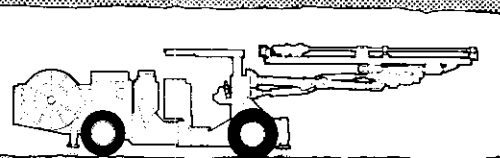
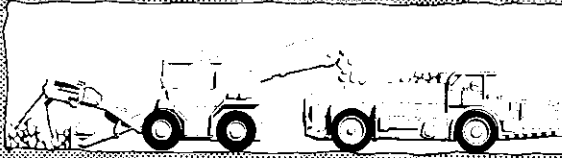
HANKO  
911-86 581



KUVA: SUOMEN KIVITEOLLISUUS OY, YLÄMAAN TARVEKIVILOUHIMO



# High speed tunnelling concept Nopea tunnelinajo



## Raiteeton ja raiteellinen sähköhydraulinen poraus- ja kuormauskalusto

Myös sähköhydraulinen raiteellinen louheensiirtokalusto pientunnelille.  
**30-50% lisää ajotehoa / 60-80% pienemmällä energiamäärällä**  
(tavanomaiseen kalustoon verrattuna)

**TALLBERG**  
Atlas Copco

**HÄGGLUNDS**

Helsinki, Turku, Tampere, Kuopio, Kokkola

## Vuorimiestemme työn jälkeä.

**Lohjan kaupunki**  
Tytyrin kaivos ja  
kalkkitehdas

**Karjaa**  
Mustion avolouhos

**Sipoo**  
Kaivos ja kalkkitehdas

**Kemiö**  
Maasälpä- ja kvartsi-  
laitos

**Kokemäki**  
Puhallushiekka- ja  
kuonalaitos

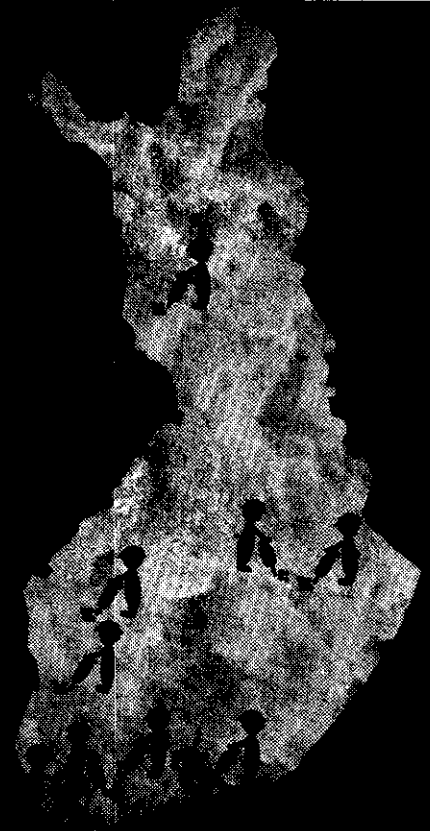
**Nilsia**  
Kvartsibiikkilaitos

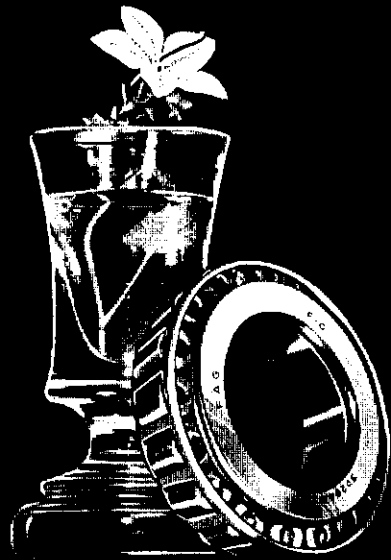
**Peräseinäjoki**  
Haapaluoman  
maasälpälaitos

**Polvijärvi ja Outokumpu**  
Talkkiloouhos ja  
Vuonoksen talkki-  
jalostamo

**Tervola**  
LiuskESIROTETEHdAS

**OY LOHJA AB**





# Radex Qualität, die im Feuer besteht

## R

Rauta- ja terästeollisuuden vaativimmissa laitteistoissa. Metalliteollisuudessa. Sementti-, dolomiitti- ja kalkkiuuneissa sekä lasiteollisuudessa. RADEX'in tehtävänä on juuri ratkaista näissä menetelmissä esiintyviä ongelmia. Sekä tiilinä että tulenkestävinä massoina. Österreichisch-Amerikanische Magnesit AG ja Brohltal-Deumag AG ratkaisevat tulenkestävän alueen kaikki ongelmat. RADEX-laatu ja Know-How: aina muuraussuunnittelusta laitteiston käyttöön ottoon asti.

För de mest fordrande anläggningar inom järn och stålindustrin. Inom metallindustrin. I cement-, dolomit- och kalkugnar samt i glasindustrin. RADEX är exakt inställd för sin uppgift inom de olika systemen. I form av tegel eller som eldfast massa. Österreichisch-Amerikanische Magnesit AG och Brohltal-Deumag AG löser varje uppgift inom den eldfasta branschen. Med RADEX-kvalitet och Know-How: ända från planering av murningen fram till uppvärmning av anläggningen.

Oy TULENKESTÄVÄT TIILET Ab  
Bulevardi 17 C 14 00120 Helsinki 12 – Bulevarden 17 C 14 00120 Helsingfors 12  
Puh. 645341 Tel., Telex 12-1015

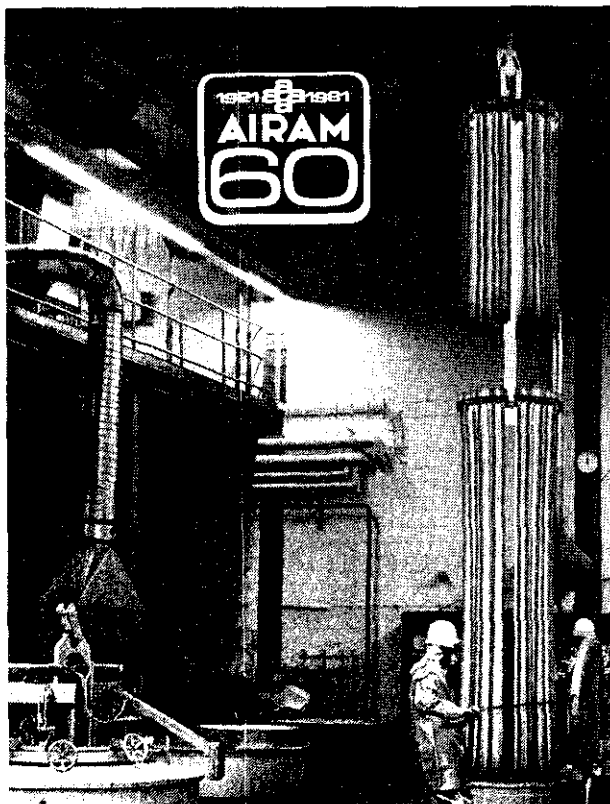
# Kotimaiset kallioporat tekee KOMETA

OY AIRAM AB KOMETA on valmistanut kotimaisia kallioporia vuodesta 1951 lähtien. Alalla tapahtuneen kehityksen myötä kallioporalle asetetut vaatimukset ovat kasvaneet. Pystyäksemme vastamaan haasteisiin, olemme lisääntyneen tutkimus- ja kehitystyön lisäksi rakentaneet oloissamme ainutlaatuisen lämpö- ja pintakäsittelylaitoksen. Tämä mahdollistaa entistä parempien teräslaatuojen käytön, tekee mahdolliseksi pisimpienkin poratankojen hiiletyskarkaisun sekä antaa parhaan mahdollisen suojan korroosiota vastaan.

OY AIRAM AB

## KOMETA

Palokärjentie 5 02660 ESPOO 66  
puh. 90-514 066 telex 121257



## \*) KOTIMAISET NORMET PK-AJONEUVOT TUNNELINRAKENNUS- JA KAIVOSKÄYTTÖIHIN



PK 4000 hydraulinen kariovuomi

- pansokukseen
- rusnaukseen
- pullittukseen
- asennustöihin
- huolto- ja korjaustöihin



PK 6000 dumper  
● kiven kuljetukseen

### Tekniset tiedot

	PK 4000	PK 6000
● Teho	63 kW	102 kW
● Nopeus	16 km/h	25 km/h
● Pituus	8900 mm	8050 mm
● Leveys	1800 mm	2000 mm
● Korkeus	2500 mm	2150 mm
● Kuorma	700 kg	7,0 m <sup>3</sup>
● Ulottuvuus	10 m	
● Puomin käänkökulma	+20	

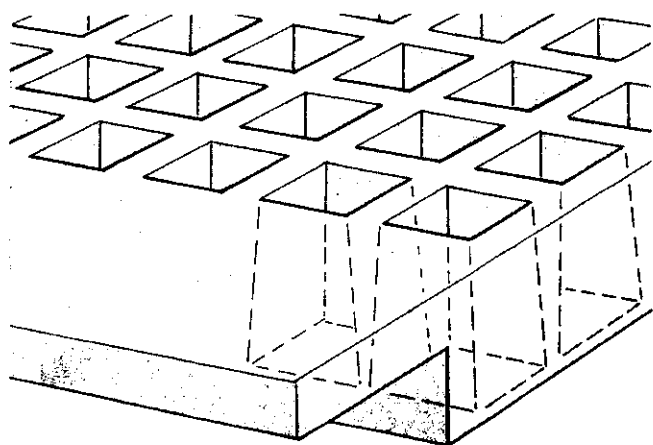
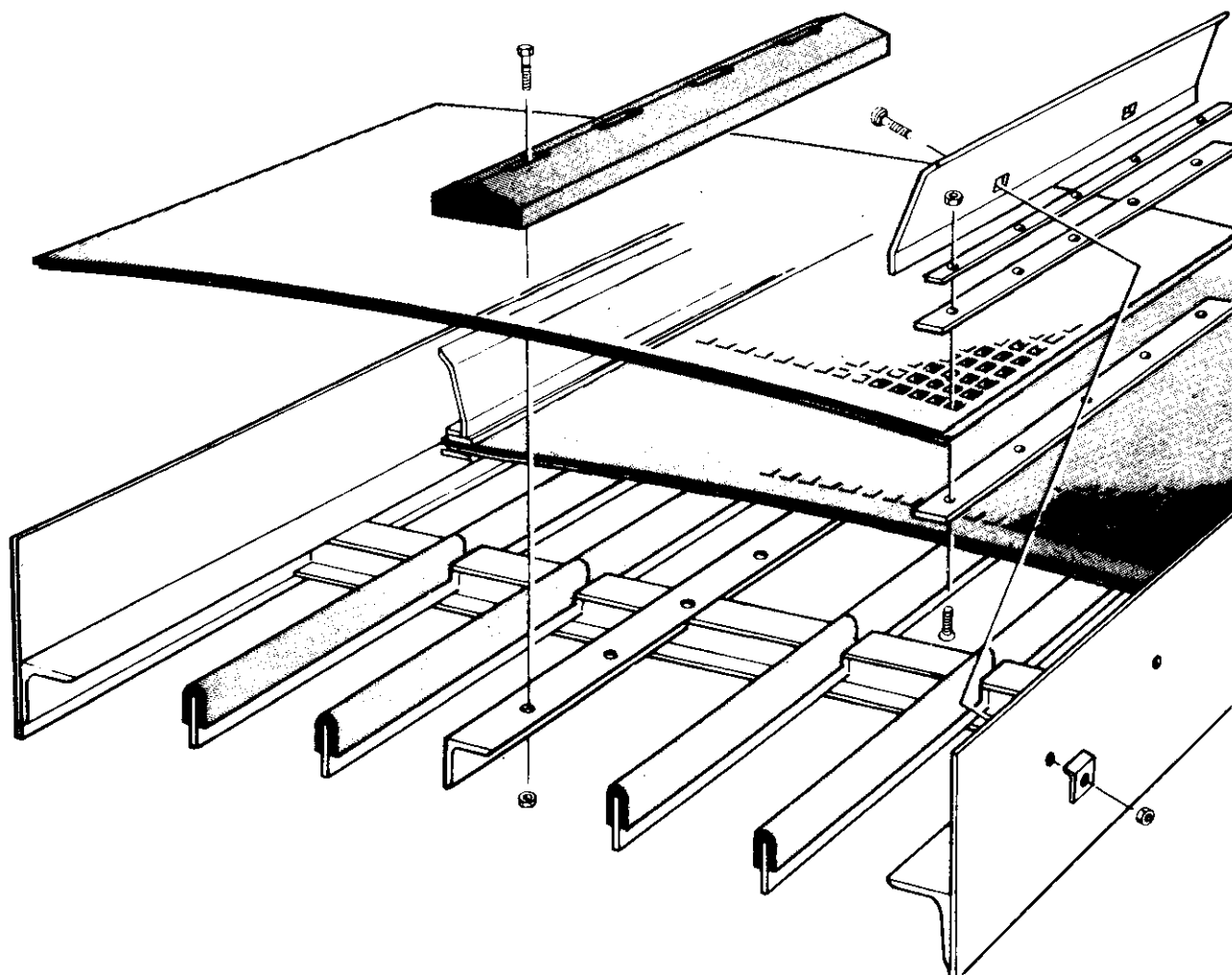


ORION-YHTYMÄ OY  
**normet**

74510 Peltosalmi, Finland  
puhelin — telefon 977-22241  
telex 4418 farmi sf

\*) Kotimaisuus on myös luotettavaa huolto- ja varaosapalvelua.

# UUSI SKEGA KUMISEULAVERKKO



## SKEGA KUMISEULAVERKKO

- Muotissa valmistettu. Tyyppi H.
- Pitkä kestoikä.
- Helppo asennus. Sivuttaiskiristys.
- **Aukkopinta-ala 43—49 %.**
- Neliöaukkokoot 11, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 25, 29 mm.
- Toimitusaika: Suoraan varastosta.
- Sopii käytössä oleviin seulanrun-  
koihin.
- Aukoissa päästö alaspäin joka  
estää tukkeutumista.

**OY SKEGA AB**

Incentive yhtiö

Tulliportinkatu 25, 70100 KUOPIO 10, puh. (971) 123 111. Telex 42-157

# LUOTETTAVA TYÖPARI AVOLOUHOKSIIN JA MAANALAIISIIN KAIVOKSIIN

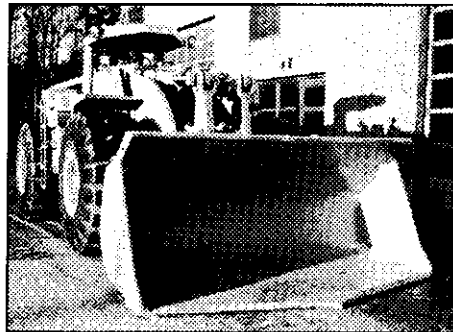


## CATERPILLAR KAIVOSKUORMAAJA & DJB KAIVOSDUMPPERI

Valitse alla olevista Sinun tarkoitukseesi parhaiten soveltuva työpari:

### Dumpperi

DJB D25B	(22 t)
DJB D275B	(25 t)
DJB D330B	(30 t)
DJB D35	(32 t)
DJB D350B	(32 t)
DJB D44	(40 t)
DJB D550	(50 t)



### Kuormaaaja

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

Kysy meiltä lisää näiden työparien kapasiteetistä sekä Witraktorin CAT PLUS palveluista, jotka edelleen kohottavat sijoituksesi kokonaisarvoa.

Ota yhteys! Soita 90-826 311 / tuotepäällikkö Jukka Jalava.

 **CATERPILLAR**  
MYNN, HUOLTO & VARAOSAT

**DJB ENGINEERING LIMITED**  
Peterlee, Co. Durham,  
England, SR8 2HX



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

# Kallioporakalustoa kaikkiin töihin

 **FAGERSTA  
SECOROC**



Fagersta SECOROCin valmistusohjelma käsittää täydellisen valikoiman kallioporatuotteita. Talttateräporia, 3-teräporia, kartiotankoja, kierteitettyjä niskatankoja. Ristipääkruunuja, X-teräkruunuja, nastakruunuja ja kartiokruunuja. Pyöreitä ja 6-kulmaisia jatkotankoja. Köysi-kierteellä, FI-38, FI-45 ja FI-51-kierteellä. Jatkoholkkeja ja niskakappaleita.

## Kalustoa joka tarpeeseen teitpä reikää millä porakoneella tahansa.



**OY GRÖNBLOM AB**

MEKAANIKONKATU 6  
POSTILOKERO 81  
PUH. 90-755 4411

00810 HELSINKI 81  
00811 HELSINKI 81  
TELEX 12-4542



VIISAS ON VARUILLAAN.

Väestönsuojelu ei ole vain kriisiaikoihin varautumista ja silloisen toiminnan suunnittelua. Se on myös jokapäiväistä työtä erilaisten katastrofien ehkäisemiseksi, ja valmiutta toimia jos vahinko kaikesta huolimatta sattuu.

Henkilökohtaiset suojaimet ovat osa tätä työtä teollisuudessa, liikenteessä, voimaloissa ja kaikkialla missä katastrofiriski on olemassa. Suojaimia tarvitsevat suojelukoulutuksen saaneet suojelutehtävistä vastaavat henkilöt sekä kaikki vaara-alueella olevat henkilöt. Ja koska vaaran mahdolli-

suudet ovat monet, tarvitaan monipuolinen suojaivalikoima kattamaan maassamme esiintyvä suojaintarve.

Kemira on Pohjoismaiden suurin suojaainvalmistaja, ja Kemiran henkilökohtaisten suojainten valikoima on suunniteltu niin työelämän kuin väestönsuojelunkin tarpeisiin. Suojaimet valmistetaan ajanmukaisista materiaaleista, ja ne on suunniteltu yhteistyössä eri viranomais-ten ja asiantuntijoiden kanssa.

Kemira on valmis suojaamaan.

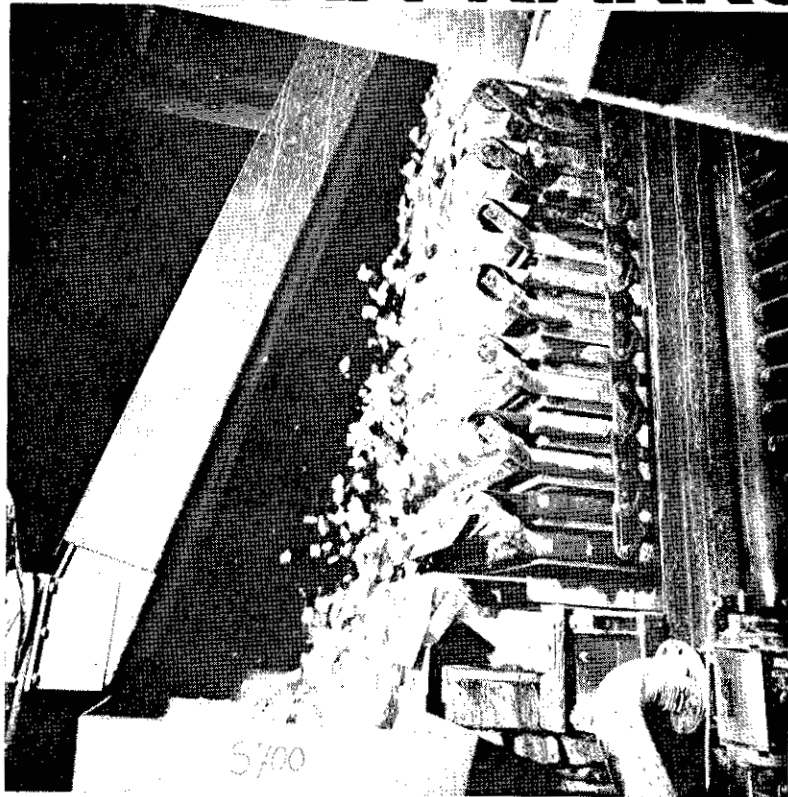


**KEMIRA OY**

Kemira Oy Suojainyksikkö, postiosoite 65230 Vaasa 23, puhelin 961-212 244, telex 74235 kesaf

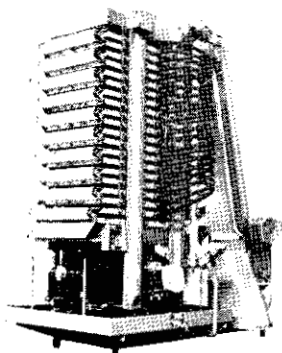


# SAAKO OLLA KUIVEMPAA KAKKUA!



**AINUTLAATUISELLA  
LAROX AUTOMAATTISELLA  
PAINESUODATTIMELLA ON  
SiO<sub>2</sub> PIGMENTIN  
KOSTEUSPITOISUUS  
VAHENNETTY IMUSUODATTIMIEN  
86%:STA 75%:IIN**

**TULOKSENA ÖLJYN SÄÄSTÖ  
12 L/TONNI TUOTETTA**



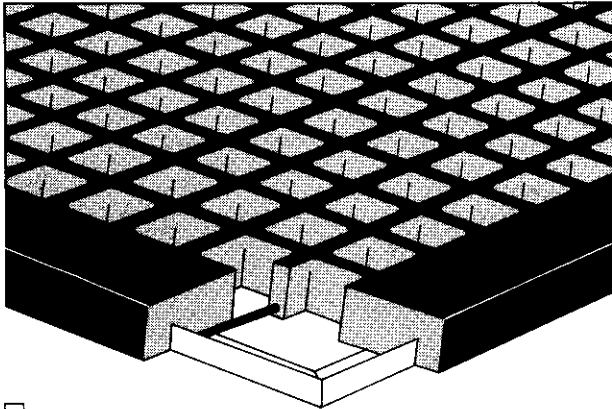
# LAROX

—classification—concentration—  
—filtration—

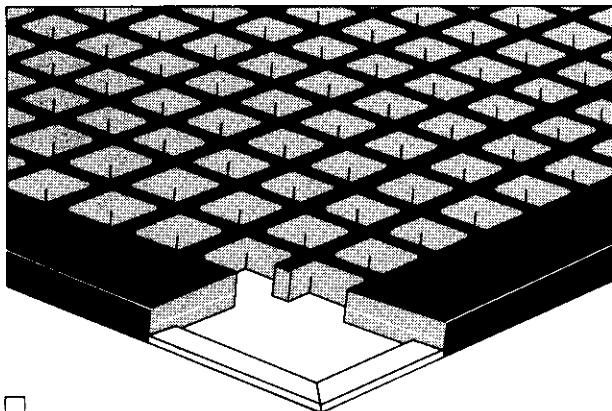
Pallonkatu 10 PL 29  
Lappeenranta 53101 Lappeenranta 10  
Puh. 953-11760 Telex 58233

# Täydellinen valikoima kumisia ja muovisia seulakankaita

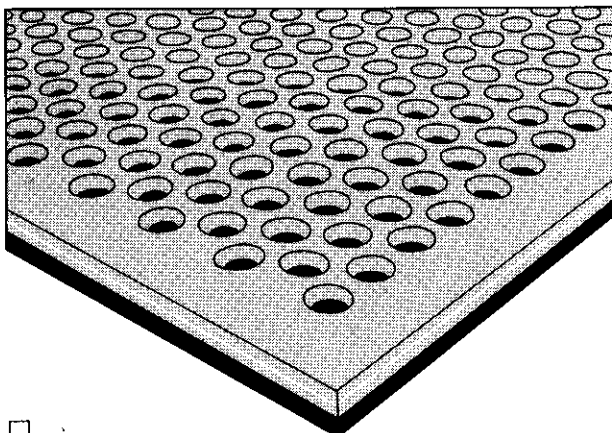
Trelleborgin joustavat seulakankaat ja seulaelementit on tarkoitettu sekä kuivaan että märkään seulontaan. Ne soveltuvat kaiken tyyppisille seuloille ja materiaaleille. Suuri valikoima lisätarvikkeita. Merkitse rasti ruutuun ja lähetä tämä ilmoitus meille niin saat paluupostissa haluamiasi lisätietoja.



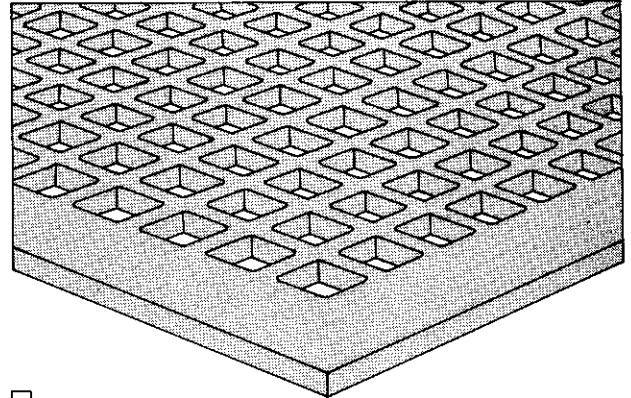
**Trellflex SS** karkeaseulontaan, kun raesuuruus on yli 65 mm. Kumiset seulaelementit, joissa reilu teräsvahvistus. Ei kaipaa tukirautoja.



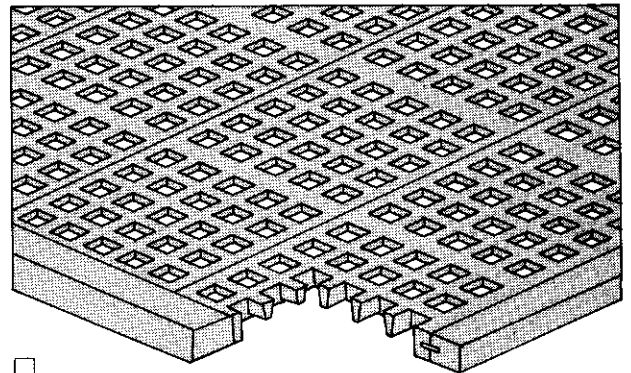
**Trellflex US** karkeaan ja keskikarkeaan seulontaan raesuuruuksille 20–65 mm. Seulaelementit kudosisvahvisteista kumia. Teräsvahvistus ulkoreunoissa.



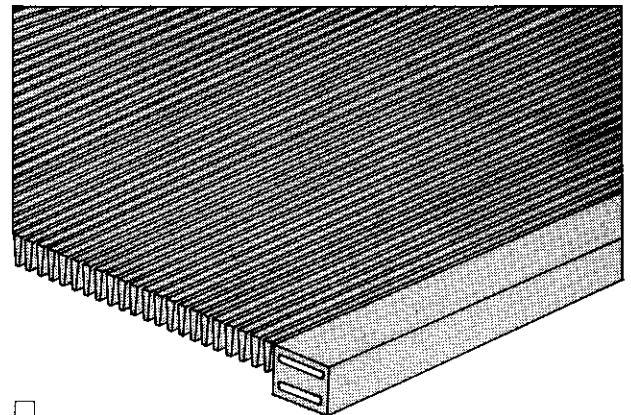
**Trellcord**-seulakankaat hienoon ja keskihienoon seulontaan. Kaksikerroksinen kumimateriaali, välissä kudosisvahvistus. Kehitetty Duenero-seulakankaista.



**Trellan P** on stanssattu seulakangas hienoon ja keskihienoon seulontaan. Valmistettu polyuretaanista kudosisvahvistuksin. Takaa hienojakoisimpienkin materiaalien tarkan seulonnan.



**Trellan M**, hienoon ja keskihienoon seulontaan tarkoitettuja muotoon valettuja seulaelementtejä. Valmistettu polyuretaanista. Poikkeuksellisen kestävä ja pitkäikäinen.



**Trellslot**, vedenpoistoon tarkoitettuja seulaelementtejä. Valmistettu polyuretaanista. Suuri ja tehokas vedenerotuspinta. Voidaan käyttää myös erittäin hienoon kuivaseulontaan.

Nimi \_\_\_\_\_

Yritys \_\_\_\_\_

Osoite \_\_\_\_\_

Puhelinnumero: \_\_\_\_\_



**TALLBERG**  
vuorikoneet

Karapellontie 11, 02610 ESPOO 61, puh. 90-594 011

