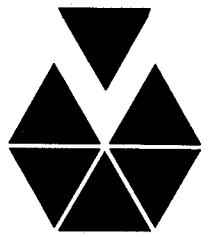


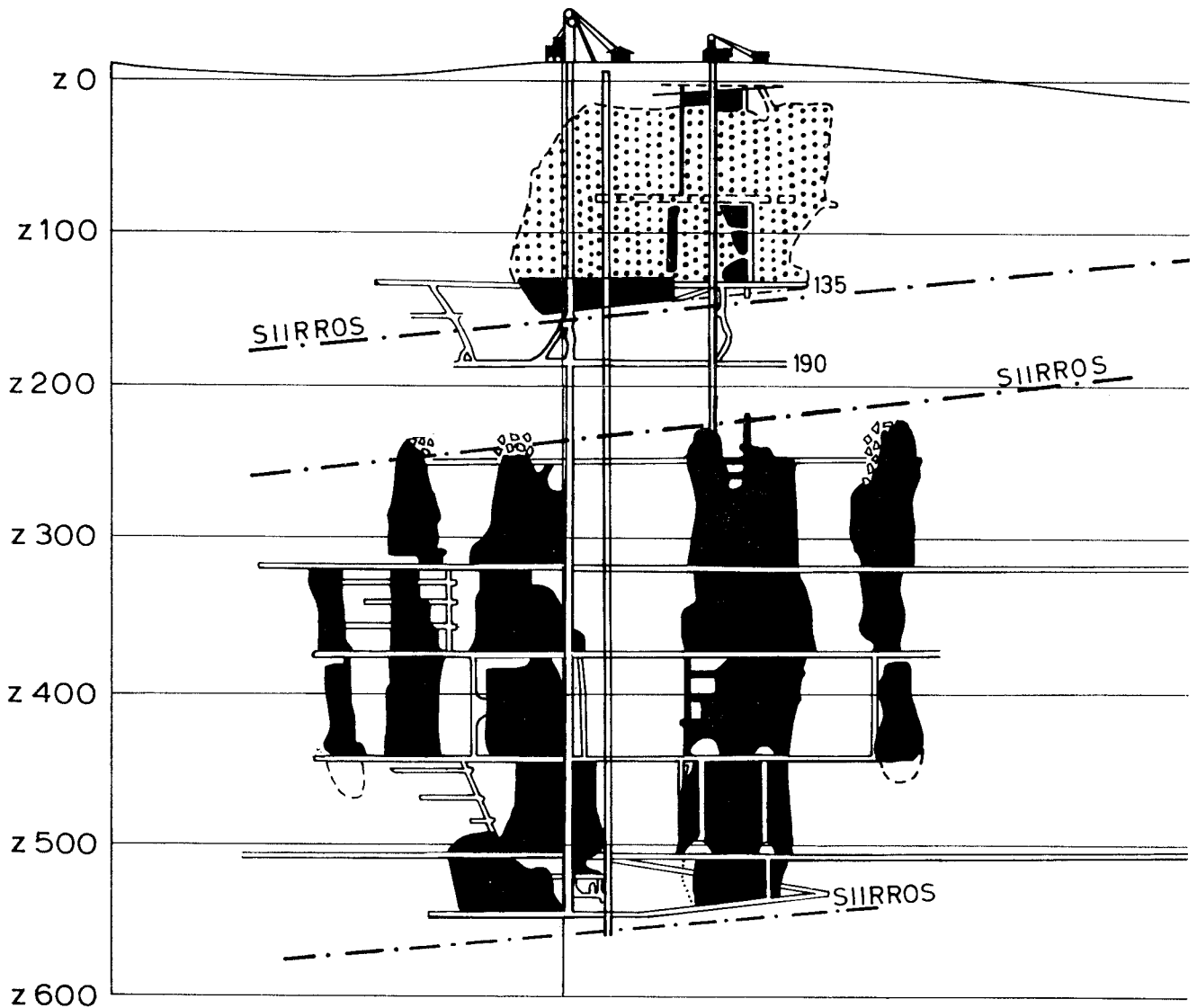
# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1975  
33. vuosikerta

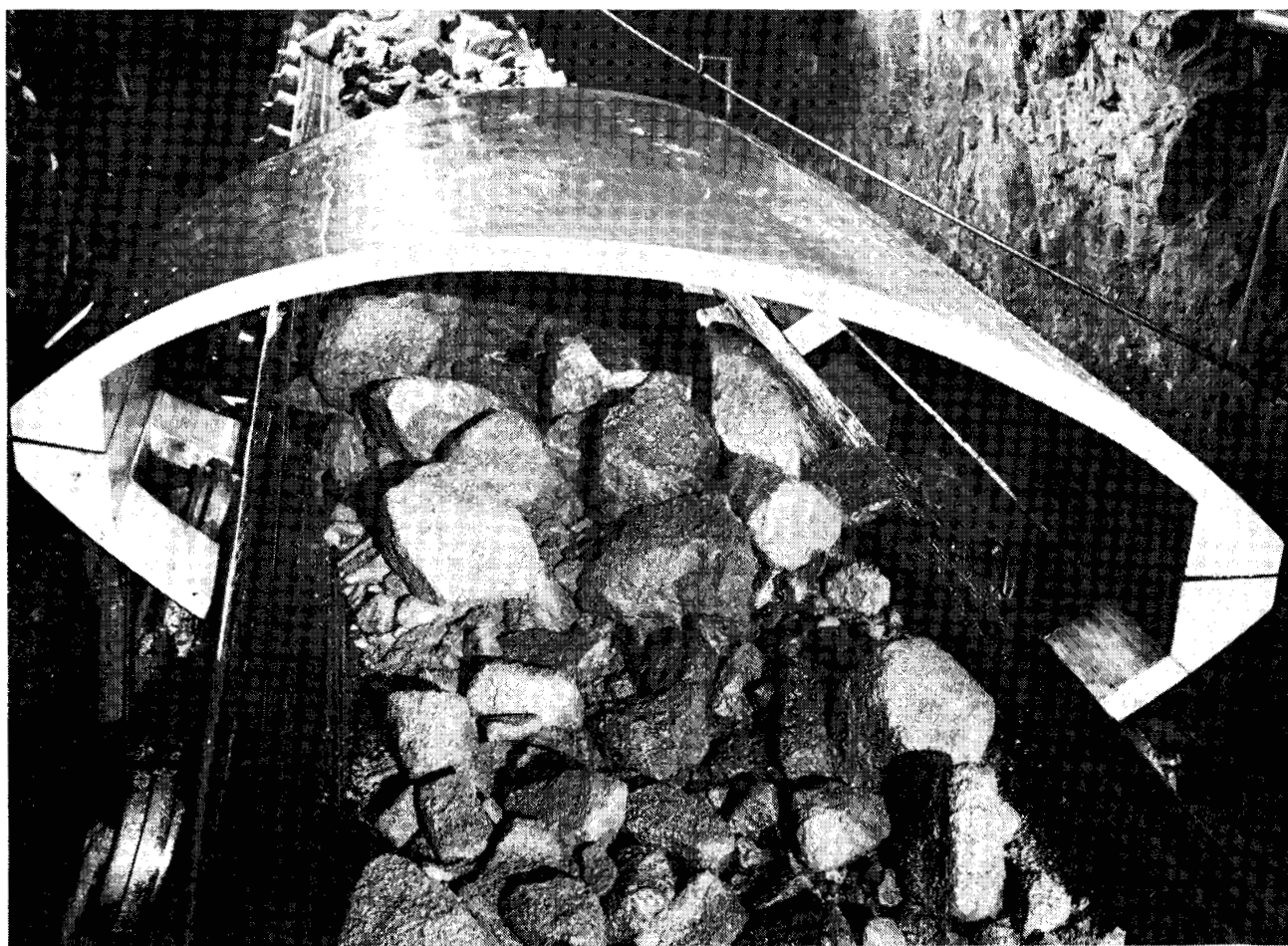
Julkaisija: Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.

## METSÄMONTTU



 LOUHITTU v. 1949—1958

 LOUHITTU v. 1963—1974



# METOR<sup>®</sup> estää metallivauriot jo yli 30 maan kaivoksissa.

Outokumpu Oy:n kehittämä METOR<sup>®</sup> on rakenteeltaan ja toiminnaltaan markkinoiden pätevin metallinilmais.

METOR<sup>®</sup> katkaisee haitallisten metallikappaleiden – myös mangaaniteräksen – matkan varmasti ja tehokkaasti. Vaikka malmi olisi magneettista.

METOR<sup>®</sup> on patentoitu kaikkialla maailmassa.



**OUTOKUMPU OY**

TEKNILLINEN VIENTI, 02100 ESPOO 10

# Suodattimia ja sakeuttimia kaivosteollisuudelle

ENSO valmistaa the Eimco Processing Machinery Division of Envirotech Corporationin lisenssillä erilaisia kaivosteollisuuden tarpeisiin suunniteltuja suodattimia ja sakeuttimia sekä muita laitteita kiinteiden aineiden erottamiseksi nesteistä.

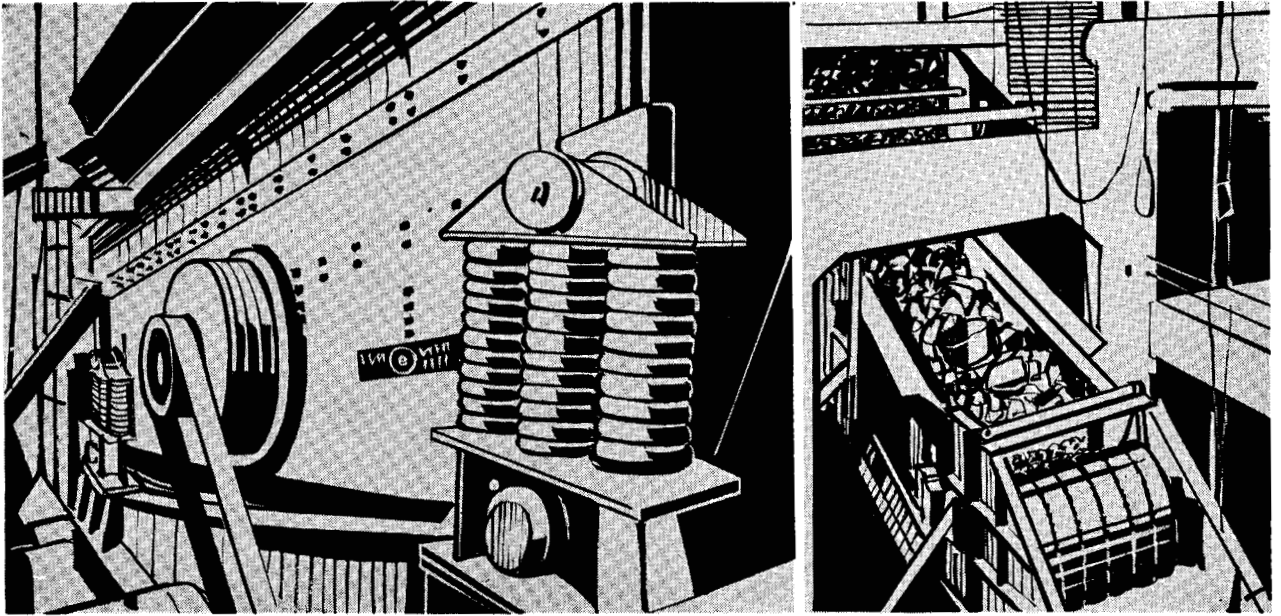
- EimcoBelt suodattimia
- Extractor suodattimia
- Agidisc kiekkosuodattimia
- Tilting Pan suodattimia
- Rumpusuodattimia
- Painesuodattimia
- Top Feed suodattimia
- Precoat suodattimia
- Sakeuttimia
- Selkeyttäjä

Perustamittehtaan suodattimet, Outokumpu Oy, Tornio.



**ENSO**

**ENSO-GUTZEIT OSAKEYHTIÖ**  
KONEPAJARYHMÄ • PL 34 • 57101 SAVONLINNA 10  
PUHELIN 957-21 936 • TELEX 5613 enso sf



# HEWITT-ROBINS

syöttäjiä, seuloja,  
tärpytilöitä,  
tärpyhjentäjiä

kaivos- ja valimoteollisuudelle

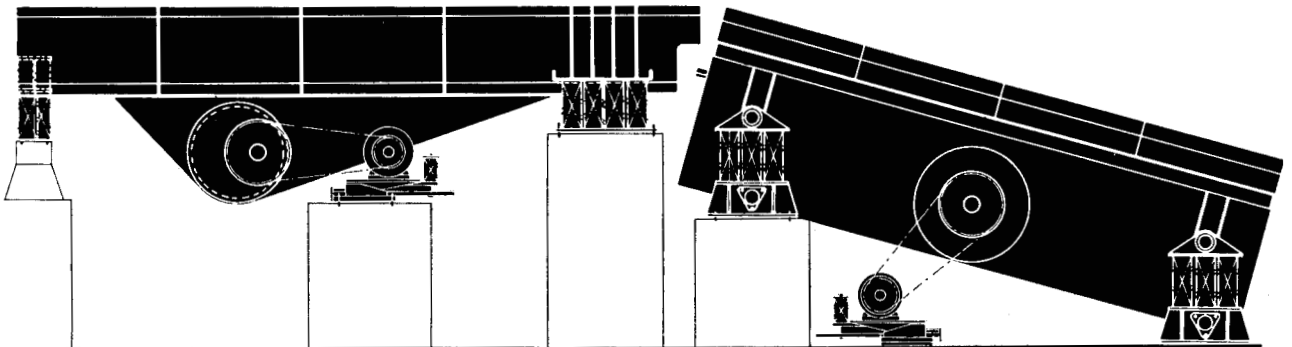
Kuvassa oleva laitos Ranskassa on tehollaan 500 tn/h. Suurin lohkokoko on n. 6 tonnia. Syöttäjä on siilon alla, karkeaseula eroittaa — 80 mm aineksen ennen murskaajaa.

#### Eliptex-syöttäjä

Tyyppi E-13. 60" x 216"  
Paino 13.100 kg.  
Iskunpituus 10 mm.  
Kierrosluku säädettävä  
350—800  
Moottori 35 hv,  
kommutaattori

#### Vibrex-karkeaseula

Tyyppi: MH-16 72" x 192"  
Paino 10.540 kg  
Iskunpituus 15 mm  
Kierrosluku 600  
Moottori 45 hv



## OY GRÖNBLOM AB

Mekaanikonkatu 6, 00810 Helsinki 81 puh. 7554411

TURKU • TAMPERE • OULU • VAASA • LAPPEENRANTA • KUOPIO  
LUOTETTAVA MONIPUOLINEN KONELIIKE



Luonnonsuojeluystävällinen  
Tamrock taas asialla:  
nyt on hydraulikka.



Tamrockin täyshydraulisella menetelmällä 1,5 m  
reikää/minuutti.  
Tuuman kalustolla.  
Tarvitsette vain 30 kW virtaa per puomi ja vähän vettä.  
Ei paineilmaa.  
Eikä ole monimutkainen.  
Porakoneessakin on vain 65 osaa.

Tekijä on

**TAMROCK**

Tampella-Tamrock, 33310 Tampere 31  
Puh. 931-431 411 Telex 22193

Soita tai lähetä telex.



**SIEMAG**

TRANSPLAN

**HEUER-HAMMER**

FREIFORMSCHMIEDE UND BEARBEITUNGSWERK

## Jos teillä on nosto-ongelmia, silloin ovat meidän ammattimiehemme käytettävissänne

SIEMAG TRANSPLAN GMBH  
D-5931 Netphen/Kr. Siegen

Täydellisten kappa-, nostokori- ja kaltevien kuljetinlaitteiden suunnittelu ja toimitus kaikkine tarvittavine laitteineen

Vaunun kallistuslaitteita

Nostolaitteita ja nostotorneja

Laitteita hydromekaaniseen louhintaan ja hydrauliseen nostoon.

HEUER-HAMMER,  
Freiformschmiede  
und Bearbeitungswerk  
5860 Iserlohn-Grüne

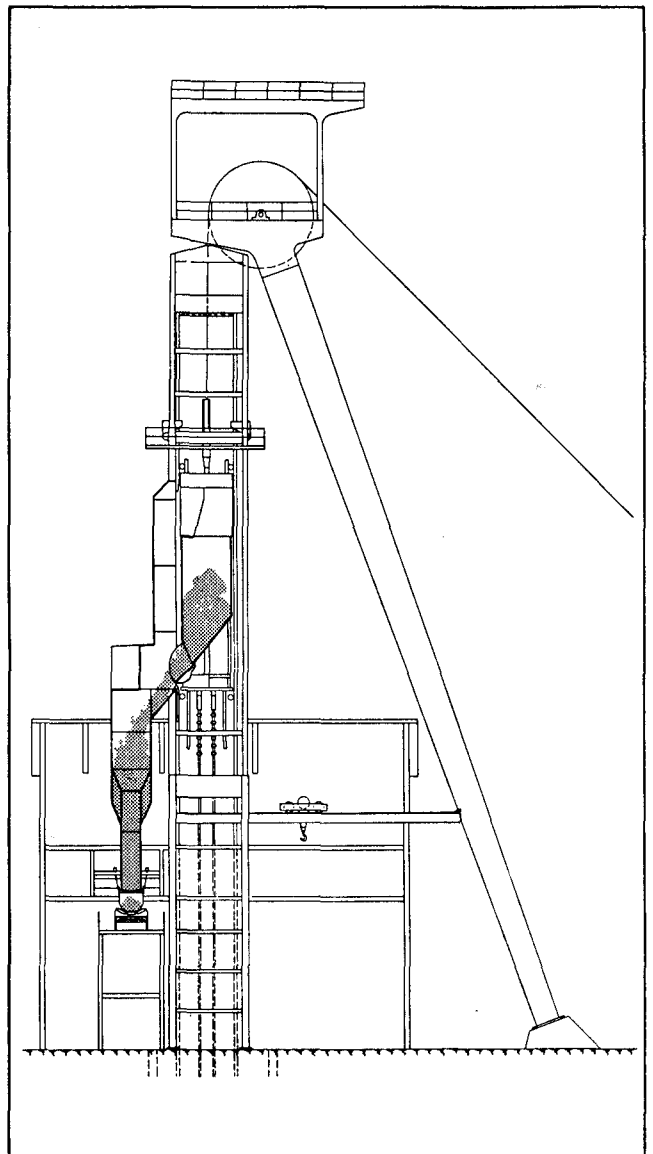
Nostoköysien ripustuslaitteet hydraulisilla köysien tasauslaitteilla

Tasausköysien ripustuslaitteet

Kuilunajon ripustuslaitteet

Köyden tarraimia

Köysilukkoja



Museokatu 32

00100 Helsinki 10

puhelin 90/440 146

telex 12 751 struc sf



# Profiloitu kierresaumaputki PKG tuo hyvää ilmaa edullisesti.

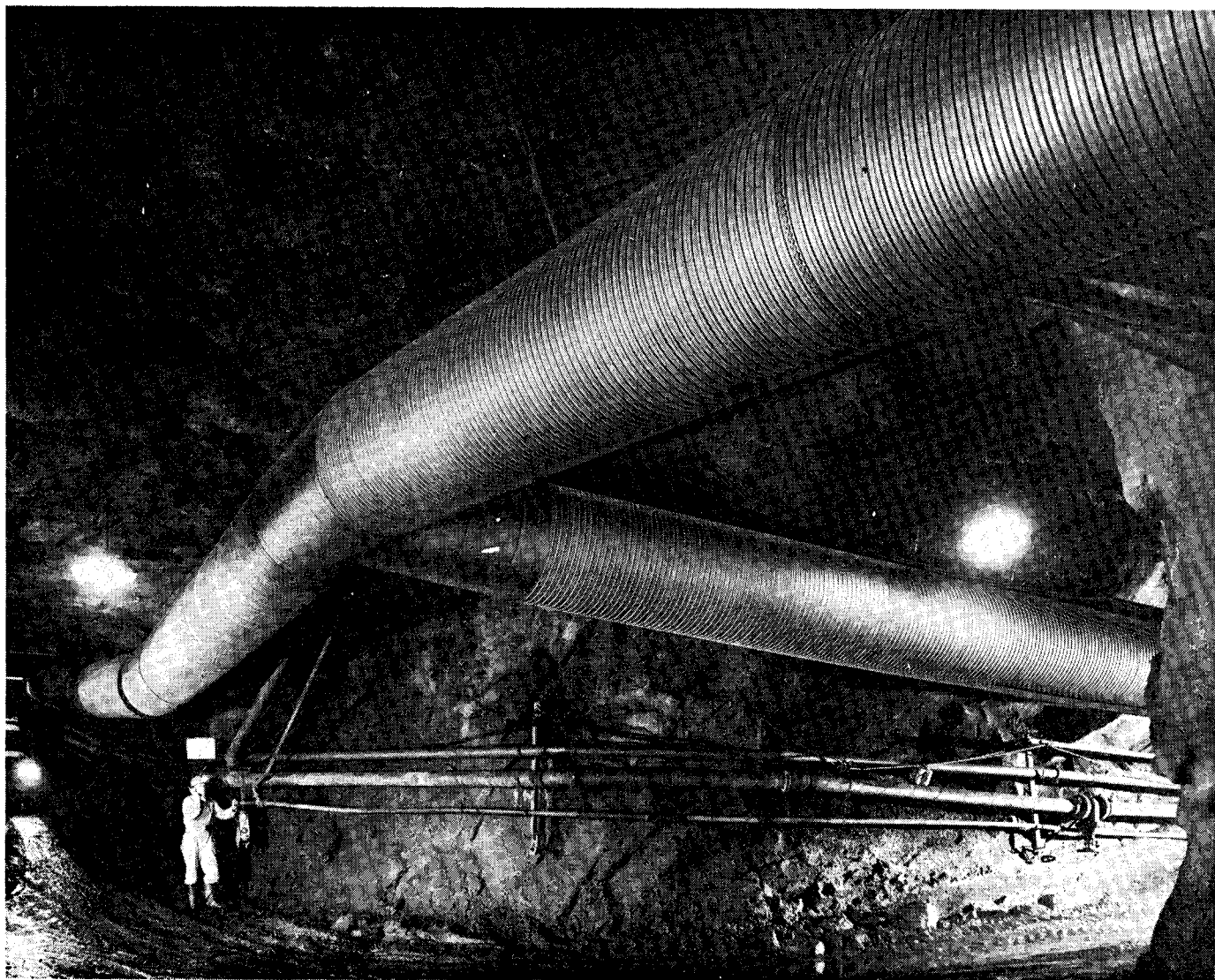
Profiloitu kierresaumaputki PKG soveltuu erityisen hyvin kaivosten ja tunnelityömaiden ilmanvaihtoputkeksi. PKG kestää käsittelyjä ja on kevyt. Se on tehty kuumasinkitystä teräksestä,  $s = 0,5$  mm ja  $0,75$  mm. PKG-putki on edullista. Se voidaan valmistaa asennuspaikalla, joten kuljetuskustannukset jäävät pieniksi. Halkaisijat 40, 50, 60, 80, 100, 120 cm.

Outokumpu Oy:n Vuonoksen kaivoksessa on ilmanvaihtoon käytetty PKG-putkea.



**OY NOKIA AB**  
**KAAPELITEHDAS**

01510 Vantaa 51, Puh. 90-821 600



# Uusin tieto Tallbergilta.

## Trelleborgin kulutuskuumi lisää kestävyyttä yhä useammassa kohteissa.

Monissa kovaan kulutukseen joutuissa kohteissa kulutuskuumi tarjoaa terästä vahvemman vaihtoehdon. Ajatelkaapa myllynvuorauksia, seulakankaita, betonisekoittimien vuorauksia, lietteen kuljetusletkuja tai vaikkapa lavavuorausta. Kestävyys myötä paranee kannattavuus ja usein kumin käyttö lisää myös työturvallisuutta ja mukavuutta. Ei siis ihme, että kiinnostus Trelleborgin kulutuskuumiin kohtaan kasvaa huimasti.

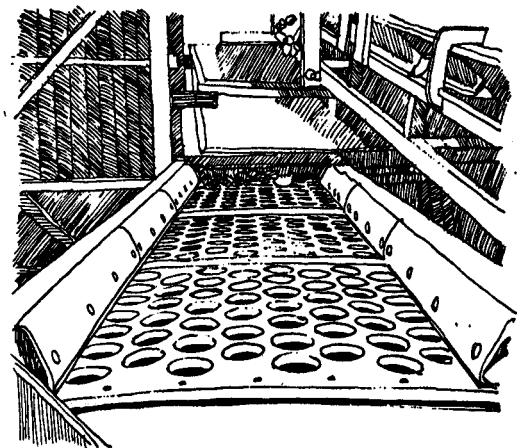


**Ottakaa yhteys  
"kumi-  
mieheemme"  
Hän on tämän  
alan  
asiantuntija.**

Hyvä esimerkki kulutuskumin kestävydestä on Trellex-kumista tehdyllä pintakerroksella varustettu Duenero-seulakangas. Esim. rautamalmin yhteydessä sen elinikä saattaa olla jopa teräksiseen verrattuna 20-kertainen, sepelin yhteydessä 15-kertainen, sintterin 9-kertainen ja hiilen 7-kertainen.

**TALLBERG**  
**VUORIKONEET**

Aleksanterinkatu 21 00100 Helsinki 10  
puh. 90-13 611

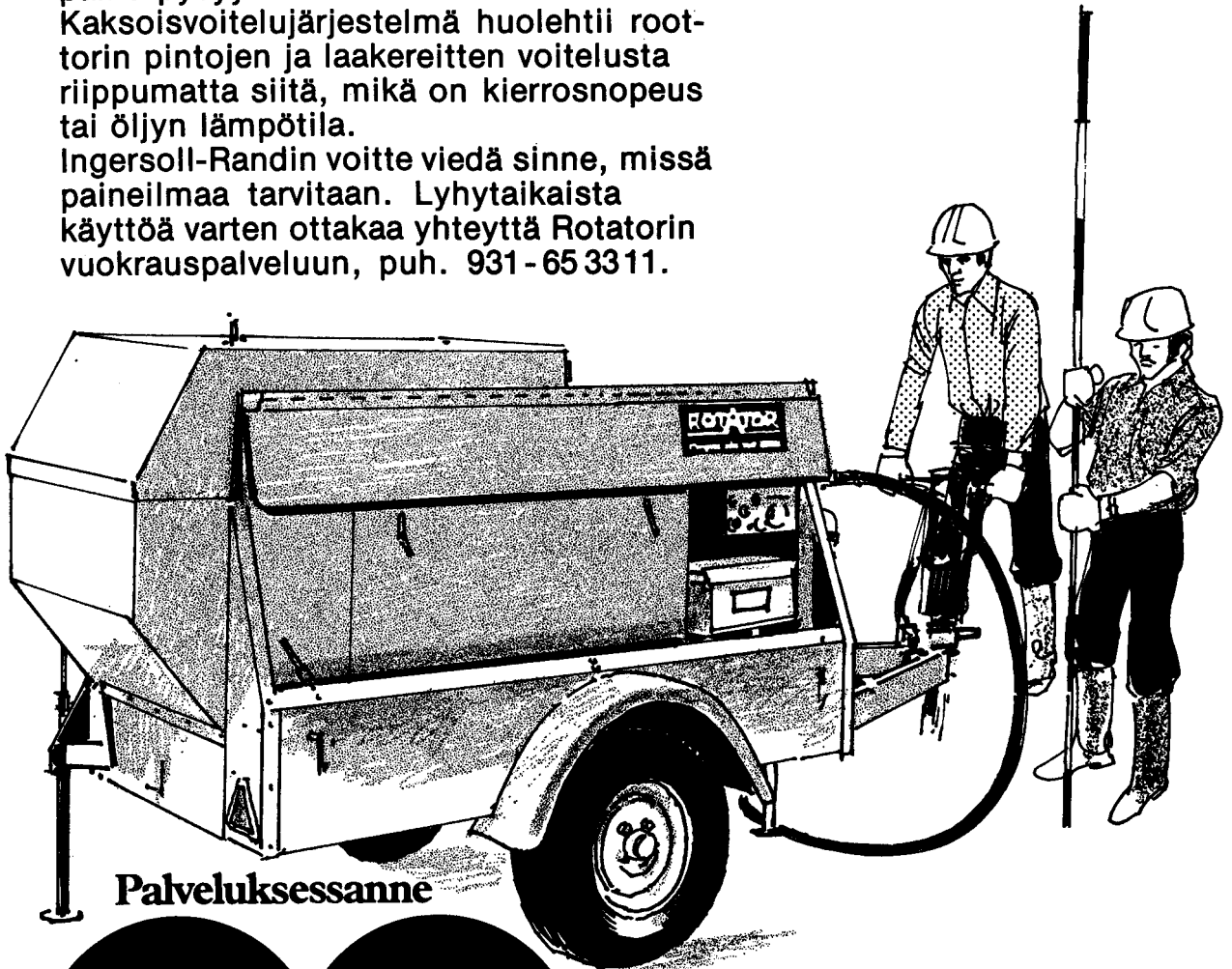




# Ingersoll-Rand tekee paineilman taloudelliseksi. Lisäksi vähin äänin.

Ingersoll-Rand kompressoreihin kuuluu kaksikymmentä mallia. Niiden ilman-  
tuottokyky kattaa alueen 2,4 m<sup>3</sup>/min —  
57 m<sup>3</sup>/min. Kompressoreista pienimmät  
ovat lamelli- ja isommat ruvikompres-  
soreita. Molemmat toimivat diesel-öljyllä.  
Ingersoll-Rand kompressoreissa ilman-  
paine pysyy vakiona automaattisesti.  
Kaksoisvoitelujärjestelmä huolehtii root-  
torin pintojen ja laakereitten voitelusta  
riippumatta siitä, mikä on kierrosnopeus  
tai öljyn lämpötila.

Ingersoll-Randin voitte viedä sinne, missä  
paineilmaa tarvitaan. Lyhytaikaista  
käyttöä varten ottakaa yhteyttä Rotatorin  
vuokrauspalveluun, puh. 931-653311.



Palveluksessanne

# ROTATOR

Varikonkatu 2, Tampere Puh. 931-653311



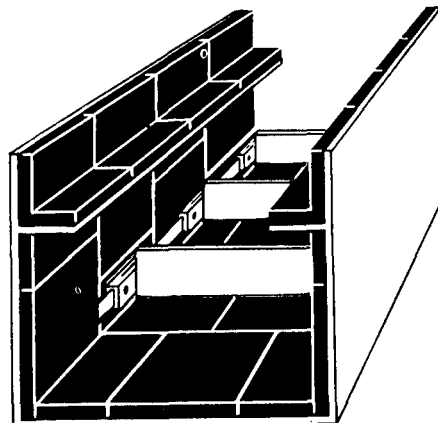
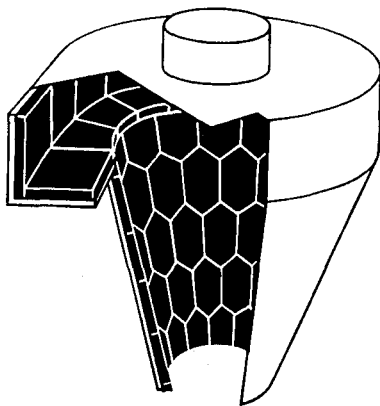
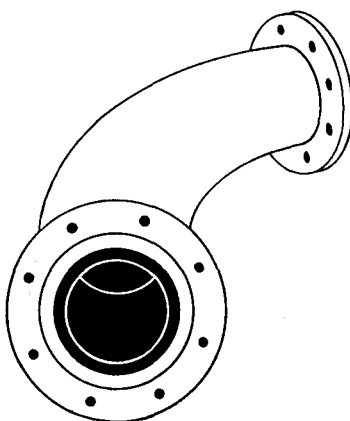
# DEVCON

## muoviteräs

Devcon muoviteräs tilapäisiin ja pysyviin korjauksiin.

Devcon-tuotteita on käytetty menestyksellisesti ympäri maailmaa rikkoutuneiden pumppujen, venttiilien, valukappaleiden, murtuneiden putkien, kompressoreiden, teräs-, lasi- tai puusäiliöiden, hydraulikkasylintereiden, leikkautuneiden kierteiden, kuljetushihnojen ym. korjaamiseen. Näitä käytetään myös kulutus-pintojen uusimiseen tai vanhojen laitteiden kunnostamiseen, tiivisteiden valmistamiseen, säiliöiden vuoraamiseen tai yleensä laitteiden suojaamiseen hankaavalta ja kemialliselta kulutukselta.

Ottakaa yhteys, kerromme mielellämme lisää Devcon tuotteiden monipuolisista käyttömahdollisuuksista.



## sulabasalti suojaa kulumiselta

Hankaaminen ja kuluminen aiheuttavat kalliita vahinkoja ja seisonta-aikoja. Vahingot voidaan välttää käyttämällä Kalenbornin sulabasalttia. Tätä kulutusta erinomaisesti kestävä aine on tuotettu Kalenbornissa jo 30 vuoden ajan. Kaikkialla maailmassa on Kalenbornin sulabasaltilla vuorattuja, pitkäsi aikaa kulumiselta suojattuja laitoksia.

Kääntykää puoleemme halutessanne yksityiskohtaisia tietoja Kalenbornin ohjelman tarjoamista eduista. Kalenbornissa valmistetaan sulabasaltin lisäksi "Kalen"-, "Kalceram"-, "Kalsica"- ja "Kalelast"-tuotteita, joiden joukosta varmaan-kin löydätte oikean ratkaisun laitoksienne kulumisongelmiin.



kalenborn

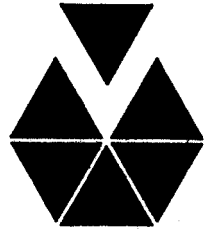


OY AXEL VON KNORRINGIN TEKNILLINEN TOIMISTO

00380 HELSINKI 38, KARVAAMOKUJA 6, PUH. 90-554 488 • TURKU, PUH. 921-337 755  
OULU, PUH. 981-224 312 • JYVÄSKYLÄ, PUH. 941-14 100 • TAMPERE, PUH. 931-31 230

# VUORITEOLLISUUS

# BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1975  
33. vuosikerta

Julkaisija:

VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFORENINGEN r.y.

Yhdistyksen hallitus 14. 3. 1975

Johtaja Heikki Tanner, puh.joht.

Johtaja Nils Gripenberg, varapuh.joht.

Prof. Kauko Korpela

Yli-ins. Simo Seppänen

DI Rolf Söderström

Johtaja Esko Pihko

FT Esko Peltola

TkT Kalevi Kiukkola

Johtaja Rainer Tuovinen

Prof. Matti Tikkanen

Johtaja Esko Nermes

**Sihteerit:**

I siht. DI Pekka Lähteenoja 90-40 31  
Outokumpu Oy  
Töölönkatu 4  
00100 Helsinki 10

II siht. DI Erkki Ström 954-63 688  
OVAKO Oy  
Imatran terästehdas  
55100 Imatra 10

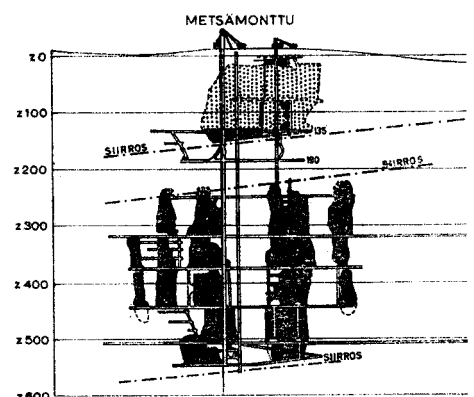
**Rahastonhoitaja:**

TkL Heikki Aulanko 90-421 3502  
Outokumpu Oy  
PL 27  
02101 Espoo 10

## SISÄLTÖ • INNEHÅLL

<b>Heikki Tanner:</b> Vuorimiesyhdistys seuraavalla kolmannesvuosiasadalla	93
<b>Arno Warma:</b> Outokumpu Oy:n Aijalan ja Metsämontun kaivosten vaiheita	94
<b>H. Vartiainen:</b> Näytteenotto Soklin fosforimalmin inventoinnissa	99
<b>M. H. Tikkanen, K. R. Lilius:</b> On the latest development in process metallurgical research in Finland	106
<b>R. Leimala:</b> Neste-nesteuutto tämän päivän prosessiteollisuudessa	117
<b>V. Veijola, M. Lukkarinen, M. Härkönen:</b> Raneynikkelikatalyytin valmistus nikkeli- ja alumiinipulverista ja sen aktiivisuus metaanin höyryreformoinnissa	121
<b>Eino Lappalainen:</b> Suomen turvekerrostumien alueellisista piirteistä	125
<b>Heikki Lantto:</b> Hienojakoisen ferromagneettisen aineksen käyttäytyminen rikastusteknillisissä sovellutuksissa II	130
<b>Olavi Erämetsä:</b> Tarina Lapin timanteista II	137
VMY:n tutkimusvaltuuskunnan loppuraportteja	149
Suoritettuja tutkintoja	151
Uutisia jäsenistä	159
Kaivostapaturmatilasto	163

Kansikuva:  
Pituusprojektio Metsämontun kaivoksesta.  
Louhittu vuosina 1949—1958  
ja 1963—1974



▨ Louhittu v. 1949—1958  
■ Louhittu v. 1963—1974.

**Jaostot:****Geologijaosto:**

FT Juhani Nuutilainen, phj.

DI Liisa Kivekäs, siht. 90-46 10 11  
Geologinen tutkimuslaitos  
02150 Espoo 15**Kaivosjaosto:**

Joht. Urho Valtakari, phj.

TL Björn Mattsson, siht. 921-74 44 22  
Paraisten Kalkki Oy  
21600 Parainen**Metallurgijaosto:**

Yli-ins. Reijo Antola, phj.

DI Seppo Härkönen, siht. 90-67 00 91  
OVAKO OY  
Lauttasaarentie 48  
00200 Helsinki 20**Rikastus- ja pros.tekniikan  
jaosto:**

Joht. Timo Heikkinen, phj.

DI Olli Korhonen, siht. 90-42 11  
Outokumpu Oy  
PL 27  
02101 Espoo 10**Vuoriteollisuus-lehti:****Päätoimittaja:**Prof. Martti Sulonen 90-46 01 44  
Teknillinen korkeakoulu  
02150 Espoo 15**Toimittaja:**TkL Pekka Särkkä 90-46 01 44  
Teknillinen korkeakoulu  
02150 Espoo 15**Toimitussihteeri:**Rouva Kaija Marmo 90-46 21 92  
Otakallio 2 B 19  
02150 Espoo 15**Toimitusneuvosto:**phj. TkT Kalevi Kiukkola 90-64 99 11  
Kemira Oy  
Malminkatu 30  
00100 Helsinki 10TkT Kalle Hakalehto 931-43 14 11  
Tampella-Tamrock  
33310 Tampere 31FM Marjatta Virkkunen 90-46 10 11  
Geologinen tutkimuslaitos  
02150 Espoo 15DI Matti Palperi 954-63 688  
OVAKO Oy  
Imatran terästehdas  
55100 Imatra 10DI Olli Korhonen 90-42 11  
Outokumpu Oy  
PL 27, 02101 Espoo 10**Ilmoitushinnat:**Kansisivut 1100:—, muut sivut 950:—  
1/2 s. 650:—, 1/3 s. 550:—, 1/4 s. 450:—

Vuosikerta 10:—

Irtonumero 5:—

Lehti ilmestyy toukokuussa ja joulukuussa.



# Vuorimiesyhdistys seuraavalla kolmannesvuosisadallaan

Vuorimiesyhdistys on toiminut kolmannesvuosisadan ajan. Muutaman kymmenen henkilön muodostama yhdistys on tänä aikana kasvanut yli tuhatjäseniseksi yhteiseksi. Yhdistys on koko toimintansa ajan toiminut periaatteessa samojen sääntöjen puitteissa. Ainoana oleellisena muutoksena alkuaikojen toimintaan verrattuna on ollut yhdistyksen jakautuminen ammattijaostoihin, joiden puitteissa osa, ehkä tärkein osa, toiminnasta tapahtuu.

Samojen sääntöjen ja käytännöllisesti katsoen saman organisaatiomuodon mukainen yli kolmen vuosikymmenen ajan tapahtunut toiminta lienee tyydyttänyt suurinta osaa jäsenkunnasta. Nykyaika on kuitenkin tuonut esille monia uusia näkökantoja, joiden huomioimista yhdistyksen toimintaa säätelevissä säännöissä ja perinteissä on syytä harkita. Koska nämä kysymykset tullevat lähiaikoina vakavasti harkittaviksi ja jäsenten mielipidettä tullaan niistä tiedustelemaan on ne syytä saattaa jäsenkunnan pohdiskelun alaisiksi. Näitä kysymyksiä ovat:

— Vuorimiesyhdistyksen suhtautuminen suunnitella olevaan valtakunnalliseen insinöörjärjestöön, jonka tarkoituksena on yhdistää saman katon alle kaikki maassa toimivat teknillisten alojen järjestöt ja yhdistykset, jotta insinöörikunnan vaikutusvaltaa

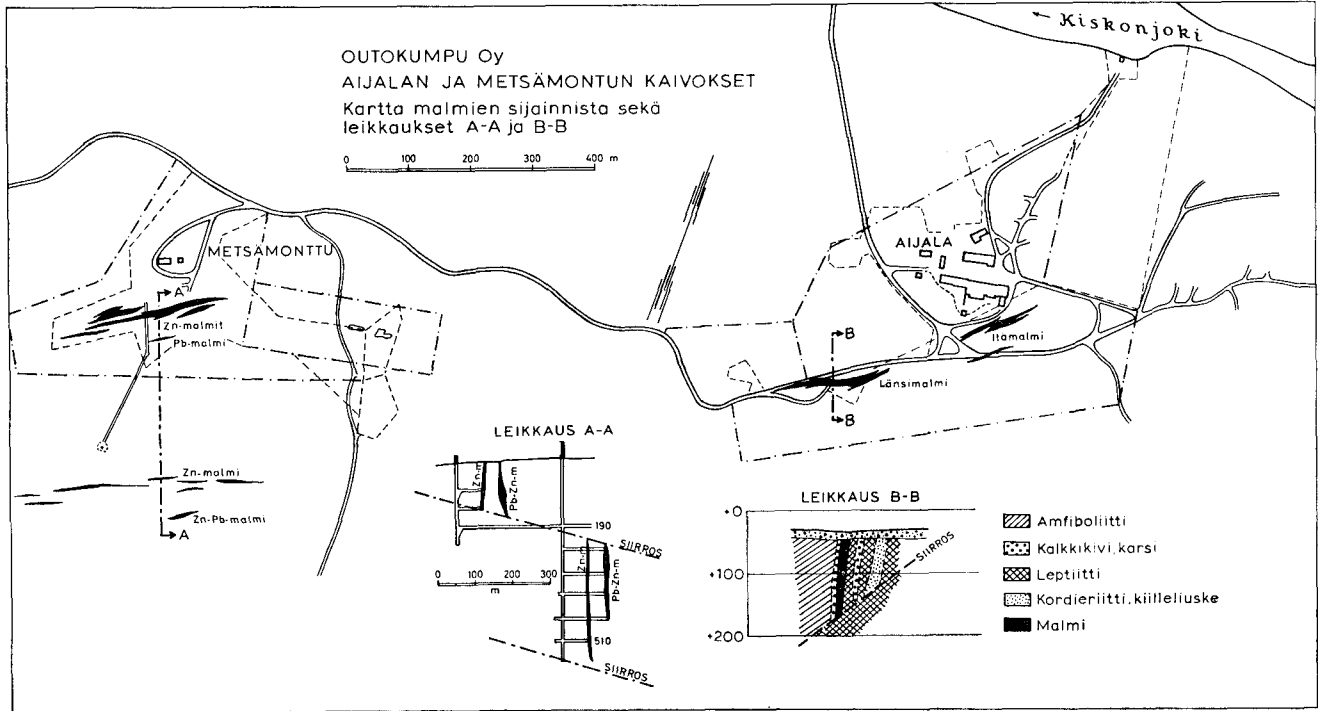
yleisissä ja nimenomaan teknillisissä asioissa valtakunnassa voitaisiin lisätä.

— Julkaisutoiminnan tehostaminen. Onko syytä lisätä lehden ilmestymiskertoja? Ryhdytäänkö julkaisemaan nykyisen lehden rinnalla jotakin uutta "tieteellisempää" julkaisua tai uutislehteä? Julkaisutoiminnan lisäys ei mahdu nykyisen suuruisen talousarvion puitteisiin, vaan tulisi vaatimaan jäsenistön puolelta uhrauksia korotetun jäsenmaksun muodossa.

— Vuorimiesyhdistyksen hallinnon "demokratisoiminen". Sääntöjen mukaan yhdistyksen puheenjohtajat ja hallituksen valitsee yhdistyksen vuosikokous, jossa tavallisesti on vain kolmannes jäsenistä läsnä. Käytännössä kuitenkin edellinen hallitus on tehnyt ehdotuksen uuden hallituksen kokoonpanosta, jonka kokous on aina vahvistanut. Täytynee löytyä muitakin, ehkä demokraattisempia keinoja hallituksen valitsemiseksi.

Edellä esitetyt ja muutkin yhdistyksen kehittämistä koskevat kysymykset tulevat lähiaikoina varmastikin vakavan pohdinnan kohteiksi, ei ainoastaan yhdistyksen hallituksen vaan myös koko jäsenistön piirissä, joten keskustelun virittäminen niistä jo nyt on paikallaan.

H. Tanner



## Outokumpu Oy:n Aijalan ja Metsämöntun kaivosten vaiheita

Fil.maist. Arno Warma, Outokumpu Oy

### SIJAINTI JA LÖYTÖHISTORIA

Aijalan ja Metsämöntun kaivokset sijaitsevat Lounais-Suomessa Kiskon pitäjässä n. 30 km kaakkoon Salosta. Kiskossa on tunnettu jo 1600-luvun loppupuolelta lähtien useita kymmeniä pieniä kiisu- ja rautamalmipaikkoja. Merkittävin näistä oli v. 1757 löydetty Orijärven Zn—Pb—Cu malmi, jossa kaivostoiminta jatkui lukuisista keskeytyksistä huolimatta vuoteen 1954 saakka.

Aijalan kylässä on varhaisin maininta hopeamalmista v:lta 1677 ja pientä louhintaa oli tapahtunut nykyisen Aijalan ja Metsämöntun kaivosten välillä ns. Aurums Aijalan louhoksesta vielä ensimmäisen maailmansodan aikana (vv. 1915—1917) ja tällä alueella on edelleen voimassa kaivospiirit v:lta 1911.

Kun Suomen Malmi Oy oli toisen maailmansodan jälkeen menettänyt tutkimusalueita Laatokan Karjalasta ja tutkimustyöt Otanmäen alueella olivat päättyneissä, tuli vv. 1944—45 vaihteessa uusien tutkimuskohteiden valinta hyvin kiireelliseksi. Jotta ei olisi menty merta edemmäksi kalaan, ryhdyttiin tarkastamaan, mitä mahdollisuuksia saattaisi esim. Lounais-Suomen leptiitivöhyke tarjota, josta tunnettiin toista sataa malmimineraalipaikkaa, ja Orijärven kaivos oli toiminnassa. Saatavissa olevan kirjallisuuden ja arkistomateriaalin perusteella näytti sopivilta lähtökohdilta mm. Orijärvi, Malmberg, Aijala, Kuovilan seudun pienet sinkkimalmi ja Vihiniemen vanha rautamalmiesiintymä.

Orijärven kaivos oli siirtymässä ruotsalaiselta AB Zinkgruvor, Falun, Outokumpu Oy:n omistukseen, mutta kauppa oli vielä kesken, joten ei pidetty sopivana ryhtyä malminetsintään aivan lähistöllä. Malmbergin rautakaivos oli taas Fiskars'in omistamassa

kaivospiirissä ja Kuovilan seudulla sekä Vihiniemessä oli OY Vuoksenniska AB äskettäin suorittanut tutkimuksia, joten katsottiin parhaaksi luopua niistäkin. Näinollen mainituista paikoista jäi jäljelle vain Aijalan alue, jossa kenttätyöt aloitettiin kesäkuussa 1945.

Vanhat louhosmontut pumpattiin tyhjiksi, ja kartoitettiin. Samalla suoritettiin joitakin kairauksia niiden lähistöllä, mutta osoittautui, että esiintymät olivat vähäpätöisiä ja vailla taloudellista merkitystä.

Samanaikaisesti linjoitettiin n. 0,5 km<sup>2</sup>:n laajuinen alue vanhojen louhosten ympärillä ja syksyllä jatkettiin tätä linjoitusta vielä itäänpäin Ajosniitty-nimisen peltoaukean yli. Alueesta tehtiin kallioperäkartta 1:2000 ja magneettisia mittauksia suoritettiin Tibergrin vaa'alla, kun parempaa laitetta ei ollut käytettävissä. Myöhemmin syksyllä suoritti dipl.ins. H. Jalander sähkömittauksia linjoitetulla alueella kaksikkokehämennelmällä. Näillä mittauksilla tuli ilmi heikkoja häiriöitä vanhojen louhoskuoppien kautta kulkevalla kapealla liuskevyöhykkeellä, mutta Ajosniityllä saatiin ryhmä voimakkaita sähköindikaattivirtoja. Nämä olivat laadultaan ja sijainniltaan siksi mielenkiintoisia, että oli välttämätöntä selvittää ne kairauksella, sillä irtomaan paksuuden (5—15 m) vuoksi eivät esim. kairaukset voineet tulla kysymykseen.

Lokakuun 26 p:nä samana vuonna päästiin kairaamaan, mutta ensimmäinen reikä jouduttiin keskeyttämään kallioperän rikkonaisuuden takia. Toinen reikä onnistui paremmin ja se lävisti muutaman metrin heikkosti rikkikiisu-, kuparikiisu- ja sinkkivälkepitaisia liuskeita. Kairausta jatkettiin ja kolmannessa reiässä tavattiin jo 3 m 2% n ja neljännessä reiässä 16 m 1,7 %:n kuparimalmia.

Vuosina 1946—47 kairauksia jatkettiin ja niiden ohjaamiseksi suoritettiin vielä joukko täydentäviä sähköisiä ja muita tutkimuksia.

Kaikkiaan Aijalan kuparimalmin selvittämiseksi kairattiin maanpäältä 32 reikää eli yhteensä 3373 m ja tuloksena voitiin inventoida 2 perättäistä erillistä louhintakelpoista kuparimalmia, joita sittemmin nimettiin Itä- ja Länsimalmeiksi. Määräksi saatiin + 175 m:n syvyyteen lähes 1 milj. tonnia, kuparipitoisuuden ollessa n. 2 %.

Kevättalvella 1948 Outokumpu Oy osti malmiesiintymän ja ryhtyi välittömästi kaivoksen rakennustöihin. Kuilu (118 m syvä) valmistui joulukuun 1948. Perä (tasolla + 115) saavutti Itämalmin maaliskuussa 1949. Rikastamon koeajo suoritettiin kesäkuussa 1949 ja tuotanto alkoi seuraavassa kuussa. Vuosilouhinaksi suunniteltiin n. 100 000 t malmia.

Suomen Malmi Oy:n tutkimusten yhteydessä ilmeni mielenkiintoisia sähköindikaatioita myös Aijalan kuparimalmista n. 1 km länteen olevassa metsämaastossa.

Aluetta yritettiin tutkia kaivauksilla, mutta vahva maapeite ja runsas vedentulo estivät työn. Keväällä 1946 kairattiin tällöin ensimmäinen reikä, joka sattui tavallista parempaan sinkkimalmiin. Jatkotyöt siirtyivät Aijalan puolella suoritettavien kiireellisimpien

kairausten vuoksi loppuvuoteen 1974. Lisätutkimuksia ja kairauksia suoritettiin vielä vv. 1948—50.

Näiden tutkimusten perusteella saatiin Metsämontun malmimääräksi lähes 150 m:n syvyyteen n. 600 000 t malmia, jossa 4,6 % Zn ja n. 17 % S.

## ENSIMMÄINEN TOIMINTAKAUSI VV. 1949—1958

Pystykuilu (koko 3,6x4,2) sijoitettiin Aijalassa lujaan amfiboliittiin malmin jalkapuolelle ja 75 m malmista.

Louhinta aloitettiin makasiinilouhinnalla + 115 tasolta, sillä avolouhosta ei voitu avata paksun n. 5—15 m vahvuisen liejusaven vuoksi.

Ensimmäisten makasiinien tyhjiin vedossa todettiin kuitenkin varsinkin kattopuolen sivukivi, serisiittikloriittiliuske niin heikoksi, että täytyi siirtyä täyttölouhintaan. (Tästä tarkempi tekn. kuvaus Vuoriteollisuus-lehdessä N:o 2 1955)

Kun v. 1950 lopulla sinkin kysyntä ja hinta nousi mm. Korean sodan vuoksi merkittävästi, osti Outokumpu Oy myös tämän n. 1,0 km Aijalasta länteen olevan pienen sinkkimalmin ja ryhtyi huhtikuussa v. 1951 avaamaan siinä kaivosta. Pystykuilu (koko 3x4), ajettiin lujaan amfiboliittiin ja ensivaiheessa 135 m:n syvyyteen. Louhinta tapahtui malmin pituussuuntaan olevissa makasiineissa. (Myös tästä tarkempi kuvaus Vuoriteollisuus-lehdessä).

Malmin kuljetus Metsämontulta Aijalaan tapahtui 15 t Euclid kuorma-autolla. Tämän sinkkimalmin osalta jouduttiin Aijalan rikastamo malmisäiliöiden ja jauhatusosaston kohdalta laajentamaan.

Tuotanto lähti siten käyntiin Aijalan Cu-malmin osalta kesäkuussa 1949 ja Metsämontun osalta heinäkuussa v. 1952. Kun pystymalmien jatke oli varmistettu Aijalan osalta + 175 m:n syvyyteen ja Metsämontun osalta + 135 m:n syvyyteen, ei tämän asian kontrollointiin tunnut alkuvuosina olevan mitään tarvetta eikä mahdollisuuskiakaakaan, sillä siinä tehtävässä olevan geologin aika kului aivan tarkkaan käytännön juoksevissa asioissa, kun tehtäviin vielä alkuaikoina kuului ensisijaisesti kaivosmittaus myös Orijärvellä, niin tutkimusta palvelevat geologiset asiat jäivät pakostakin taka-alalle. Kun sitten normaalin louhinnan edessä syvemmälle malmien katkeaminen tuli yllättävästi eteen, ei tuotannon keskeytys edes nopeillakaan tutkimusohjelmilla ollut enää vältettävissä.

Molemmissa kaivoksissa päättyi tuotanto kesäkuussa 1958, jolloin Aijalan puolelta oli louhittu kaikkiaan 835 455 t malmia, jossa on myös mukana heikompa S-malmia, joten koko louhitun määrän keskiarvoksi tuli Cu=1,59 %, Zn=0,7 %, S=14,2 %, Au=0,7 g/t ja Ag=14 g/t. Tuotteita tästä malmista saatiin rikastamolla seuraavasti: Cu-rikastetta 66 271 t, jossa kuparia 11 575 t, kultaa 300 kg ja hopeaa lähes 6000 kg. Lisäksi saatiin rikkirikastetta n. 120 000 t, jossa 53 400 t S-rikastetta vietiin pääasiassa ulkomaille, Puolaan ja Itä-Saksaan sekä pieni osa kotimaisille paperitehtaille.

Metsämontusta vastaavasti nostettiin Zn-malmia 404 773 t, jossa Zn=3,9 %, Cu<0,1 % ja S=14,7 %. Toisena tyyppinä oli erillisestä malmiosta saatu Au-Ag-pitoinen Zn-Pb-Cu-malmi, 114 455 t, jossa Zn=1,81 %, Pb=1,16 % ja Cu=0,32 %.

Tuotteita näistä Metsämontun malmeista saatiin seuraavasti: Zn-rikastetta 29 476 t, jossa Zn=14 533 t, Cu-rikastetta 1107 t, jossa Cu=213 t, Pb-rikastetta 1 684 t, jossa Pb=848 t. Lisäksi Pb- ja Cu-rikasteessa oli kultaa 100 kg ja hopeaa 2000 kg. Myös S-rikastetta saatiin Metsämontusta n. 66 000 t, jossa S=28 000 t.

Tämän toimintakauden aikana oli henkilökuntaa seuraavasti: kaivosmiehiä 135, rikastamossa ja laboratoriossa 18, korjaus- ja sähköpajassa 20, autonkuljettajia (Lastmobil ml.) ja varastossa yhteensä 6, sekä sekalaisissa töissä 31. Näin ollen työntekijöitä oli yhteensä 210 ja lisäksi toimihenkilöitä 30.

#### Alueen geologiasta

Aijalan ja Metsämontun malmit liittyvät Lounais-Suomen liuskevyöhykkeeseen ja lähinnä sen pohjois-reunaan, melko lähelle ns. Perniön graniitin kontaktia. Täällä amfiboliittisten kivien (intermediääristen tuffiittien) ja sekalaisen liuskeiden (serisiitti-, kordieriitti-, kiille-, ym. liuskeiden) välillä on saattanut olla voimakas hirtovyöhyke, jonka kontaktissa olevat karbonaattiset kivet ehkä ovat saaneet aikaan. Tähän heikkoon kontaktivyöhykkeeseen lienee pääosa toistaiseksi tunnetusta malmiutumuksesta muodostunut.

Aijalan Cu-malmi ja Metsämontun Zn-malmi esiintyvät sekä breksiarakenteisena että pirootteena pääasiassa karsi- ja kalkkikivessä. Lisäksi Aijalan Cu-malmin eteläpuolella itse liuskejaksossa on kapeita karsivyöhykkeitä, joihin liittyy rautakiisuvaltaisia kapeita kiisuuntumia, joissa Cu-pitoisuus vaihtelee 0,3—0,6 % välillä, Zn 0,7—2,4 % välillä ja S 15—38 % välillä. Näillä vyöhykkeillä ei kuitenkaan ole ainakaan toistaiseksi taloudellista merkitystä.

Myös Metsämontussa tavataan Zn-malmin eteläpuolella kaivoksen pinta-osassa erillinen Zn-Pb-Cu-malmi, joka lisäksi oli Au-Ag-pitoinen. Kaikki nämä juonimaiset malmilinsit, joiden paksuus vaihtelee 2—12 m, noudattavat sivukiven kulkua ja kaadetta. Ne ovat siis itä-länsisuuntaisia ja kaade vaihtelee pystysuunnasta vain 5°—10° etelään tai pohjoiseen. Malmioiden suurin ulottuvuus on venymän suuntainen ja siis melkein pysty. Kuitenkin syvemmillä tuli esiin voimakkaita, malmia eri suuntiin leikkaavia siirroksia, joita kuvataan tarkemmin jäljempänä.

Kun sitten myöhemmin jatkotutkimukset johtivat malmin jatkeiden löytymiseen vain Metsämontussa +200-tason alapuolelta, on sieltä löydettyjä eri malmioita tutkittu paljon ja löydetty seuraavia mineraaleja:

#### Taulukko 1. Metsämontussa tavatut malmimineraalit

Table 1. Ore minerals at Metsämonttu mine

Andoriitti	Pb <sub>2</sub> Ag <sub>2</sub> Sb <sub>3</sub> S <sub>12</sub>
Antimoni	Sb
Arseeni	As
Arseenikiisu	Fe As S
Borniitti	Cu <sub>5</sub> Fe S <sub>4</sub>
Boulangeriitti	5 PbS. 2Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
Electrum	(Au, Ag) (30—45 % Ag)
Geokroniitti	Pb <sub>13</sub> (Sb, As) <sub>2</sub> S <sub>8</sub>
Gudmundiitti	Fe Sb S
Hopea	Ag
Ilmeniitti	Fe TiO <sub>3</sub>
Kulta	Au
Kuparikiisu	Cu Fe S <sub>2</sub>
Lyijyhohde	PbS
Magneettikiisu	Fe <sub>1-x</sub> S (x=0—0,2)
Magnetiitti	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Markasiitti	Fe S <sub>2</sub>
Meneghiniitti	Cu Pb <sub>13</sub> Sb <sub>7</sub> S <sub>23</sub> (?)
Pyrargyriitti	3 Ag <sub>2</sub> S . Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
Ramdohriitti	3PbS . Ag <sub>2</sub> S . 3 Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
Rikkikiisu	FeS <sub>2</sub>
Rutiili	TiO <sub>2</sub>
Sinkkivälke	ZnS
Tetrahedriitti	5 Cu <sub>2</sub> S . 2 (Cu, Fe) S <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>

#### MAANALAINEN TUTKIMUSKAUSI VV. 1958—1963

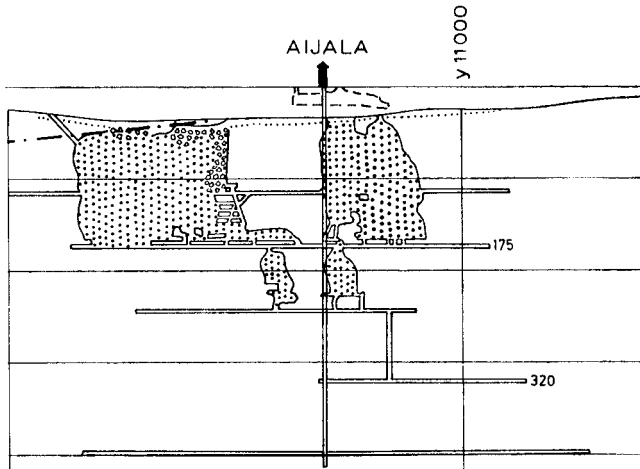
Kun vuonna 1956 oli selvinnyt, että malmit sekä Aijalassa että Metsämontussa loppuvat väkivaltaisesti ts. päättyvät siirroksiin, teki Outokumpu Oy:n johtokunta keväällä v. 1957 päätöksen jatkotutkimusten suorittamisesta molemmissa kaivoksissa. Tällöin jo tiedettiin, että tuotanto päättyy keväällä 1958. Myös oltiin selvillä siitä, että jos uutta malmia tai malmijatkeita löytyisi, niin olisivat ne siksi kaukana sivussa tai niin syväällä, että pitkäaikainen keskeytys oli joka tapauksessa edessä.

Geologista tutkimustyötä oli kuitenkin tehostettu jo v. 1954—56 huomattavasti mm. kartoittamalla kaivosten tyhjiä tiloja uudelleen, missä se suinkin oli mahdollista. Erikoisesti kiinnitettiin huomiota rako- ja siirrospintoihin, joita oli havaittu esiintyvän runsaasti.

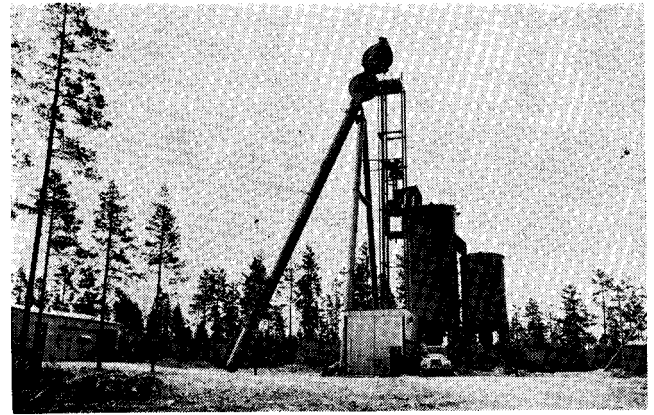
Aijalassa oli voitu erottaa ainakin 3 eri rakosysteemiä. Yksi näistä on melko loivakaateinen, ⊥ liuskeisuutta vastaan. Niissä on täytteenä etupäässä karbonaatti ja kvartsi sekä niiden reaktiotuloksina syntyneitä mineraaleja. Malminetsinnällisesti näillä railla ei näytä olevan merkitystä, sillä ne ovat malmia vanhempia.

Toiseen ryhmään kuuluvat kaikki ne raot, joissa täytteenä on kivijauhetta ja savimineraaleja. Yleisin rakosuunta noudattaa likipitäen malmin kulkua ja kaadetta (N 75° E). Kaade vaihtelee eri osissa kaivosta.





Kuva 1 Pituusprojektio Aijalan kaivoksesta.



Kuva 2 Metsämonttu. Kuilu II. Nostotorni.

Kolmas ehkä tärkein savitäytteinen rakoryhmä, paksuus 0,5—2,0 cm, ovat malmia leikkaavat siirrokset. Ensimmäinen tällainen tuli vastaan +175-tasolla länsimälin länsipäässä kaade n. 60°N. (vrt. kuvassa pl B—B). Toinen tällainen malmia leikkaava rako tuli esiin länsimälin yläosassa ( $Z \cong +55$  m), mutta sen kaade on päinvastainen, kulkee N 70°—75°W ja kaade n. 25°S. Myöhemmin on Metsämontun puolella voitu todeta, että tämä viimeksi mainittu siirros jatkuu ja leikkaa Metsämontun sinkkimälin noin 140 m:n syvyydessä. Siellä tämän siirroksen suuruudeksi N—S suunnassa on mitattu n. 280 m (vrt. pl A—A).

Myös itämalmi Aijalassa ei päättynyt luonnollisesti. Se kylläkin heikkeni ja kapeni alaspäin, mutta voimakas loiva-asentoinen siirros, kaade n. 20°—30°N, katkaisi sen lopullisesti +200-tason alapuolella.

Tätä siirropintaa koetettiin seurata kaateen suunnassa alaspäin +320-tasolta, mutta se näytti kaartuvan tai päättyvän voimakkaaseen, malmin kulun ja kaateen suuntaiseen, pystyyn ryhjevyöhykkeeseen, joka tavattiin amfiboliitin ja liuskeiden kontaktivyöhykkeessä, ts. oletetussa malmihorisontissa.

Tässä loivassa siirrosspinnassa, joka leikkaa myös itämalmin eteläpuolella olevat paralleellit, erilliset rautakiisuvyöhykkeet, tavattiin iso fragmentti (syvyydellä  $Z = +230$  m) erittäin rikasta Cu-malmia (Cu=14,0 %, Zn=1,4 % ja S=34 %). Tämä oli täysin ruhjoutunut, sisältäen runsaasti hematitiipigmenttisiä

pintoja ja kooltaan n. 1000 m<sup>3</sup>. Saatiin uutta intoa ja vauhtia jatkotutkimuksille alaspäin. Apukuilua syvennettiin +350-tasolta +400-tasolle ja tutkimusperää ajettiin siellä yli 700 m kriittillisen vyöhykkeen pohjoispuolelle. Kairauksilla ei kuitenkaan onnistuttu löytämään varsinaista Cu-malmia. Syvimmät tutkimusreiät ulottuivat syvyyteen  $Z = +575$  m asti, mutta vain heikosti Cu—Zn-pitoisia rautakiisuvyöhykkeitä tavattiin, joilla ei kuitenkaan toistaiseksi ole taloudellista merkitystä.

Kun tulokset täällä Aijalan puolella olivat näin heikot, katsottiin parhaaksi vetäytyä sieltä kokonaan pois ja v:n 1961 alkupuolella alkoi kaivos täyttyä vedellä. Metsämontussa sensijaan tutkimusperää +190-tasolla etelään päin jatkettaessa saatiin sieltä tehdyillä kairauksilla (3 reikää) varmuus malmihorisontin löytymisestä. Niinpä tutkimuskuilua lähdettiin siellä, +190-tasolta, ajamaan jo vuoden 1957 lopulla. Kesäkuussa 1958 saavutettiin tutkimustaso +320, josta riittävän peränajon jälkeen suoritettiin malminetsinnällisesti ratkaisevimmat kairaukset. Kun Zn-malmi näytti jatkuvan siirroksen alapuolelle yhtenäisenä ja sen lähelle oli ilmaantunut rinnakkaisia Au—Ag-pitoisia Pb-malmipahkoja, päätettiin tutkimuskuilua syventää +510-tasolle. Malmin jatkuminen +510-tason alapuolelle näytti lupaavalta, kunnes kairaus sitten paljasti, että ruhje- tai siirrosvyöhyke oli taas edessä +550-tason tienoilla. Tähän asti inventoitu malmi-

määrä oli kokonaisuudessaan kuitenkin lähes 1 milj. t., ja koelouhinnalla sekä rikastuksella oli sitten tutkittava erikoisesti näitä Au—Ag-pitoisia Pb-malmipahkuja. Käytännössä tämä merkitsi sitä, että toiminta siellä pyrittiin hoitamaan suunnilleen samoilla nosto- ja kuljetuskalustoilla, mitkä oli hankittu ja rakennettu tutkimustyötä varten. Niinpä malmi jouduttiin nostamaan ylös kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen +380-tasolta +190:een, siellä 300 m tasoperää pitkin vanhalle kuilulle ja sitä tietä maanpinnalle. Tällä kaudella kairattiin tutkimusreikiä Aijalassa ja Metsämontussa lähes 20 km.

#### METSÄMONTUN TOINEN TUOTANTOKAUSI VV. 1964—1974

Rikastamon kunnostaminen koekäyttöä varten alkoi vuoden 1962 alkupuolella. Kaikki koneet ja laitteet jouduttiin hankkimaan taas muualta, kun rikastamo oli purettu v. 1958 jokseenkin kokonaan. Tässä kiinnostivat erikoisesti uudet Au—Ag-pitoiset Pb-malmipahkut, jotka olivat uusia ja eri tyyppisiä kuin siirroksen yläpuolella aikaisemmin tavatut. Jo koelouhinnassa ilmeni vaikeuksia. Kun siirroksen yläpuolisessa osassa kaivosta kivi oli ollut kestävä ja voitiin käyttää makasiinilouhintaa, eikä tyhjiä tiloja tarvinnut täyttää, oli täällä siirroksen alapuolella jouduttu kovin heikkoihin kiviin sekä malmiissa että sen eteläpuolisessa kontaktivyöhykkeessä. Malmi laimeni ajoittain louhinnassa luvattoman paljon ja kairauksilla saadut analyysitiedot tuottivat tässä mielessä pettymystä. Tuotanto kuitenkin aloitettiin v. 1964 tällä Au—Ag-pitoisella Pb-malmilla, mutta siitä pystyttiin louhimaan vain osa. Jo seuraavana vuonna oli siirryttävä Zn-malmiin ja pääasiassa sen varassa kaivoksen koko loppuajan toiminta sitten olikin. Pienenä lisänä oli myös erillinen piippumainen Cu-malmi kaivoksen itäosassa tasojen +250 — +450 välillä kaikkiaan 60.000 t, jossa Cu = 0,9 %.

Vielä viimeisenä toimintavuotena louhittiin Zn-malmia kaivoksen vanhalta puolelta taso- ja pystypilareista, jotka jäivät v. 1958 louhimatta. Lisäksi louhittiin pieni osa maanpintapilareista (vrt. pituusprojektiio), joten sinnekin tuli lopulta vielä pieni avolouhos. V. 1966 tehtiin suunnitelma hankalan ja epätaloudellisen kaksivaiheisen noston poistamiseksi. Avattiin uusi kuilu +550-tasolle, suoraan maanpintaan. Rakennettiin siirrettävä nostotorni ja hankittiin uusi nostokone (vrt. valokuva). Tähän liittyvien malmisiilojen rakentamisen yhteydessä +550-tasolla todettiin, miten leveä tuo ruhjevyyhyke oikeastaan oli ja vaikeutti suuresti malmisiilojen rakentamista. Myös malmin alaosan louhinta +550-tasolta tuotti vinoperällä haittaa, kun pukitettu ja ruiskubetonoitu perä ei tahtonut kestää.

Tällä käyntikaudella henkilökunnan määrä oli n. 114, joista työntekijöitä 96 ja toimihenkilöitä 18.

Taulukko 2. Tuotantoaika 7. 2. 1964—23. 12. 1974

Table 2. Production 7. 2. 1964—23. 12. 1974

v.	t.	Cu %	Pb %	Zn %	Au g/g	Ag g/t	S %
1964	51125	0,14	1,31		4,3	61	
1965	74614	<0,1	0,02	5,69			15,0
1966	76197	<0,1		4,56			15,2
1967	43495	<0,1		4,59			14,4
1967	35023	0,22	1,53	2,95	2,2	51	
1968	85268	0,29	0,79	1,42	1,4	35	
1969	97435	0,46	0,46		1,6	32	
1970*)	3520	0,53	0,08		0,6	13	
1970	73102	0,12	1,08		1,8	42	
1971	24319	0,55		1,19	1,0	13	
1971	76021	0,13	1,09	2,42	1,5	34	10,8
1972	120163	<0,1	0,40	3,49	0,7	7	12,7
1973	115863	<0,1	0,63	3,71	0,7	8	
1974	99490	<0,1	0,51	4,18	0,7	9	
yht.	975635						

\*) V. 1970 rikastettiin Aijalassa lisäksi Telkkälän Ni-Cu-malmia n. 34000 t.

Tuotanto päättyi lopullisesti 23. 12. 1974, jolloin koneiden ja laitteiden purkaminen alkoi. Osa henkilökunnasta jäi eläkkeelle ja kaikki muut halukkaat siitettiin yhtiön muille laitoksille.

Teollisuusrakennukset ja niiden vieressä olevat 2 kpl 3 kerroksista kivitaloa sekä ruokalarakennus seisovat vielä tätä kirjoitettaessa tyhjinä ja rappeutuvat varmasti nopeasti, ellei niille löydy käyttöä.

—0—

heijastin  
näkyy pimeässä  
Liikenneturva

# Näytteenotto Soklin fosforimalmin inventoinnissa

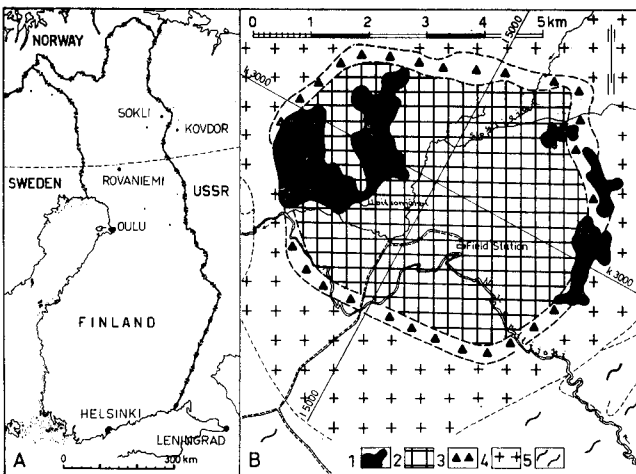
Fil.lis. H. Vartiainen

Rautaruukki Oy, Malminetsintä, Rovaniemi

## JOHDANTO

Soklin karbonaattiittikompleksi (kuva 1) löydettiin v. 1967 Rautaruukki Oy:n toimesta aerogeofysikaalisin menetelmin. Neljän kuukauden kenttätöiden jälkeen paikallistettiin fosforimalmi massiivin NW-alueelta ja myöhemmin massiivin E-laidalta. Fosforimalmien tutkimista ja inventointia on jatkettu välillä keskeytyneenä vuoteen 1974 asti. Tähän mennessä on inventoitu 50 milj. t, jonka fosforipitoisuus on 8,5 % sekä lisäksi saman verran hieman heikompilaatuista fosforiittia.

Soklin fosforimalmi on karbonaattiin päälle syntynyt regoliitti, joka ominaisuuksiltaan vaihtelee multamaisen pehmeästä kovaan pohjareenimaiseen materiaaliin. Näytteenotto-ongelmat ovat täten olleet huomattavasti suuremmat kuin normaaleissa kalliokairausraknessa suoritetuissa malmi-inventoinneissa. Tässä kuvataan Soklin fosforimalmin inventoinnissa käytettyjä menetelmiä; timanttikairausta, kuivakairausta ja kierrekairausta sekä tarkastellaan niiden näytemateriaaleja. Näiden lisäksi on fosforimalmista kokeilumielessä suoritettu näytteenottoa bentoniittikairausta ja paineilmahuuhtelua käyttämällä. Niistä saadut tulokset eivät ole olleet rohkaisevia.



**Kuva 1** A Soklin karbonaattiittikompleksin sijainti Suomen Lapissa

- B Soklin alueen yksinkertaistettu geologinen kartta
1. Fosforimalmi
  2. Karbonaatti
  3. Karbonaatti-feniittibreksiavyöhyke
  4. Feniitti
  5. Graniittigneissi

**Fig. 1** A. Location of the Sokli carbonatite complex in Finnish Lapland.

- B. Simplified geological map of the Sokli area.
1. Phosphate ore
  2. Carbonatite
  3. Carbonatite — fenite breccia
  4. Fenite
  5. Granite gneiss

## FOSFORIMALMI JA SEN TEKNOLOGISET TYYPIT

Keskimäärin viiden metrin paksuisen hiekkamoreanin peittämä Soklin fosforimalmi esiintyy epäsäännöllisen paksuina (1—70 m) regoliittisina patjoina karbonaattiin eli magmaattisen kalkkikiven päällä (kuva 2). Fosforimalmi on karbonaattista paikalleen syntyneitä, monimutkaisten rapautumis- ja saostumisprosessien tuottamaa, pehmeän savimaisesta kivimäisen kovaan vaihtelevaa malmiainesta, joka on kauttaaltaan götiitipigmentin ruskeaksi värjäämää ja 80—90 %:sti pohjaveden kyllästämää. Johtuen syntyolosuhteiden ja -prosessien ja myöhempien vaiheiden vaikutusten moninaisuudesta, on fosforimalmi nykytilassaan erittäin heterogeeninen teknologisilta ominaisuuksiltaan sekä mineralogiselta ja kemialliselta koostumukseltaan.

Fosforimalmin mineraalit jakautuvat kahteen ryhmään: primäärimineraalit eli malmimuodostuksessa säilyneet karbonaattiin mineraalit, kuten apatiitti, magnetiitti, pyrokloori ja zirkoni sekä sekundäärimineraalit eli saostumisprosessien aikana syntyneet, joista merkittävimmät ovat frankoliitti (= fosforimalminimeraali), götiitti, hydrokiilteet ja mangaanioksidit.

Fosforimalmin inventointivaiheessa on eroteltu mineraali- ja kemiallisen koostumuksen perusteella useita fosforimalmityyppisiä: (hyvä-) fosforiitti, Fe-, Mn-, kiille- ja vermikuliittifosforiitti. Teknologisilta ominaisuuksiltaan fosforiittityypit on jaettu kolmeen ryhmään: kovat, moroiset ja pehmeät fosforiitit. Soklin fosforimalmille on luonteenomaista, että kaikki nämä tyypit — mineralogis-kemialliset ja teknologiset — esiintyvät täysin sekaisin, vailla mitään säännönmu-

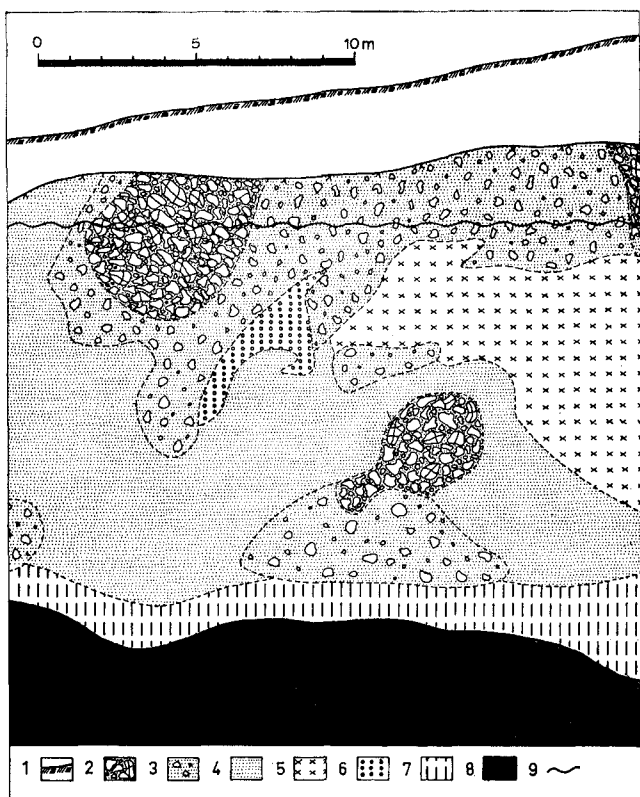
kaisuutta (kuva 2). Fosforimalmin teknologisten ominaisuuksien ollessa määräävinä tekijöinä inventoinnin näytteenottoa tarkasteltaessa, kuvataan seuraavassa lyhyesti kyseiset tyypit.

Kovaa fosforiittia edustaa lähes yksinomaan hyvä fosforiittityyppi ( $P > 10\%$ ). Kovan fosforiitin osuus fosforimalmissa on n.  $10\%$  ja se esiintyy pehmeämpien fosforiittien sisässä epämääräisen muotoisina yksikköinä, joiden läpimitta on keskimäärin 3—

4 m (kuva 2). Suurin tavattu kova fosforiittiesiintymä on läpimitaltaan 65 m. Kova fosforiitti koostuu eri kokoisista kovista fosforiittikappaleista ja näiden väliin jäävästä jauhomaisesta materiaalista. Kovat kappaleet, joiden koko vaihtelee 1—100 cm:iin, ovat jokseenkin tiiviisti kiinni toisissaan niin että jauhomaiselle ainekselle jää vain vähän tilaa. Sen määrä on keskimäärin 10—15 % tilavuudesta. Kovat kappaleet ovat pieniä onteloita ja rakosia sisältäviä, joten ne ovat hauraita ja esim. helposti vasaralla rikottavissa. Kuvassa 7 on nähtävissä tyypillistä kovaa fosforiittia kuiva-ajonäytteenä.

Moroinen fosforiittiryhmä muodostuu lähinnä hyvästä fosforiitista sekä Fe- ja Mn-fosforiitista. Moroinen fosforiitti esiintyy joko pesäkemäisesti tai se muodostaa suurempia yhtenäisiä osuuksia (kuva 2). Tämä tyyppi on mekaanisilta ominaisuuksiltaan kovan fosforiitin ja pehmeän fosforiitin välimuoto. Se koostuu pienistä, keskimäärin 0,5—5 cm:n läpimittaisista kovista fosforiittikappaleista, jotka ovat hajallaan pienirakeisessa hiekkamaisessa, osittain multamaisessa fosforiittimateriaalissa. Näiden keskinäiset suhteet vaihtelevat huomattavasti. Tyypillisimmillään moroinen fosforiitti on silloin, kun siinä on 30—40 % kovia fosforiittikappaleita (kuva 7).

Pehmeä fosforiitti on yleisin tyyppi tunnetut Soklin fosforimalmiesiintymät huomioituina ja siihen kuuluu kaikkia mineralogis-kemiallisia fosforiittityyppejä. Pehmeä fosforiitti jakautuu luonteeltaan kahteen erilaiseen alatyypin: jauhomais-massamaiseen ja kiillerikkaaseen. Kummatkin ovat niin pehmeitä, että ne ovat helposti esim. lapiolla kaivettavissa. Edellinen tyyppi koostuu suureksi osaksi jauhomaisesta ja multamaisesta fosforiittimateriaalista, jonka joukossa saattaa harvakeen esiintyä erillisiä kovia fosforiittikappaleita. Kairattavuudeltaan se on kaikista fosforiittivariaatioista helpoin. Kiillerikkaat pehmeät fosforiitit saattavat sisältää erilaisia kiilteitä 60—70 % asti. Esiintyessään pienisuoimuisena, tiiviinä massana tämä tyyppi on erittäin sitkeää ja kuivakairaustyyppisistä näytteen ottimista vaikeasti poistettavaa. Useimmiten pehmeät fosforiitit saadaan sylinterinmuotoisena näytteenä (kuva 7). — Massamaiset pehmeät fosforiitit ovat fosforiiteista liejurikkaimmat ja luonnontilassa eniten vettä sisältäviä.



**Kuva 2** Piirros fosforimalmin tehdyn koekuopan seinämän geologiasta

1. Moreeni
2. Kova (hyvä-) fosforiitti
3. Moroinen —,—
4. Kiillerikas, pehmeä fosforiitti
5. Pehmeä Fe-fosforiitti
6. Moroinen —,—
7. Karbonatiittirapakallio
8. Karbonatiittikallio
9. Pohjavedenpinta

**Fig. 2** Geological drawing of the wall of phosphate ore test pit.

1. Glacial drift
2. Hard (good) phosphorite
3. Moro (grained) -phosphorite
4. Mica rich, soft phosphorite
5. Soft, Fe-phosphorite
6. Moro (grained) -phosphorite
7. Weathered carbonatite
8. Carbonatite, hard rock
9. Level of groundwater

#### NÄYTTEENOTTOMENETELMÄT JA NÄYTEMATERIAALIN TARKASTELU

Soklin fosforimalmin inventoinnissa on käytetty pääasiallisesti kahta menetelmää: timanttikairausta ja kuivakairausta. Kierrekairauksen käyttö on ollut rajoitettua. Seuraavassa kuvataan näytteenottomenetelmät ja suoritetaan näytemateriaalin tarkastelu.

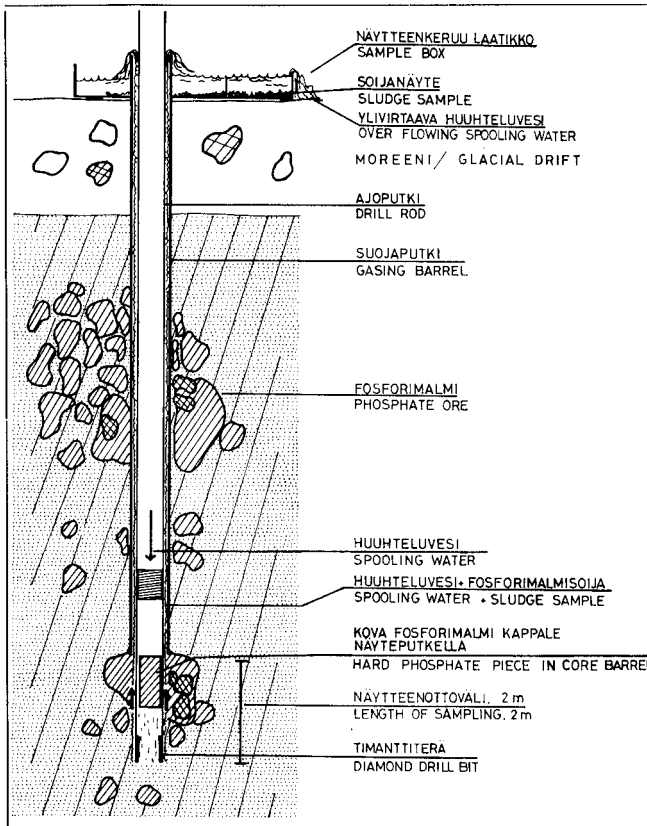
#### Timanttikairaus

Soklin fosforimalmien inventointi suoritettiin aluksi, vuosina 1967—1969 timanttikairauksena normaaliin tapaan huuhteluvettä käyttämällä ja pystyreikäkai-



rauksena. Koneyksikköinä olivat Longyear 34 ja 38 ja Axt-tyyppi putkikalustona. Kaikkiaan kairattiin 176 reikää yhteispituudeltaan 7000 jm:iä.

Fosforimalmin luonteesta johtuen on näyte saatu timanttikairauksessa n. 90 %:sti huuhteluveden nostamana soijana, joka on otettu suojaputken suulle asennetusta näytteenkeruulaatikosta (kuva 3) ja vain kovan fosforiitin ja suurimpien moroisen fosforiitin kappaleita on saatu näyteputkelle. Näytteenoton tur-



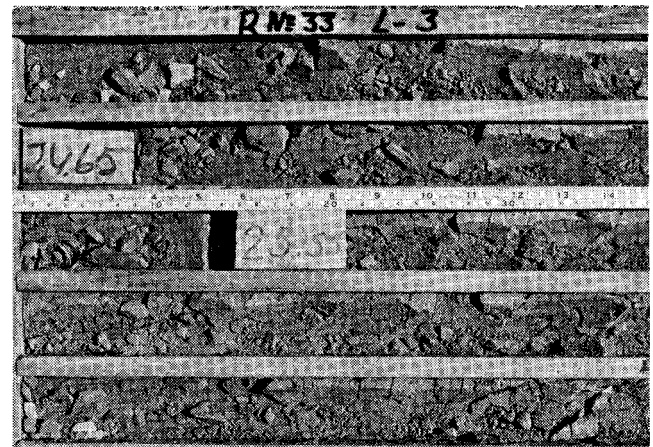
**Kuva 3** Kaaviokuva timanttikairauksen näytteenoton konstruktiosta

**Fig. 3** Construction of the sampling in diamond drilling as schematic drawing.

vaamiseksi ja ylempien fosforimalmiosien sekoittumisen eliminoimiseksi on ollut tarpeen ajaa suojaputki fosforimalmipatjan (myös karbonaattirapakallion) lävitse kovaan alustakiveen eli karbonaattiin asti. Huuhteluvedessä käytetyt sidonta-aineet eivät edistäneet reiän seinämien pysyvyyttä, vaan aiheuttivat pienirakeisten mineraalien vaahtoamista ja haittasivat siten soijanäytteen saantia. Käytännössä timanttikairausmenetelmäksi muotoutui näytteenotto kahden metrin pituisina ajoina suojaputken suulta (kuva 3).

Edellä esitetyn perusteella ja kuvien 3 ja 4 havainnollistamana on todettavissa timanttikairausnäytteistä seuraavat haittatekijät:

1. Kaikki kairausmateriaali ei nouse huuhteluveden mukana näytteenkeruulaatikkoon. Varsinkin risaisissa kovan ja moroisen fosforiitin lävistyksissä on sekä primääri- että kairauksessa syntyvää sekundääriliejua ja jauhomaista osaa menetetty malmin onteloihin ja rakkoihin.



**Kuva 4** Huuhteluveden nostamaa timanttikairaussoijaa näytelaatikossa. Näytteestä on liejufraktio huuhtoutunut pois ja näyte on täysin piirteetöntä, homogeenista soijamateriaalia

**Fig. 4** Sludge sample in diamond drilling in a sample box. Mud fraction is spooled away and the sample is totally featureless, homogeneous material.

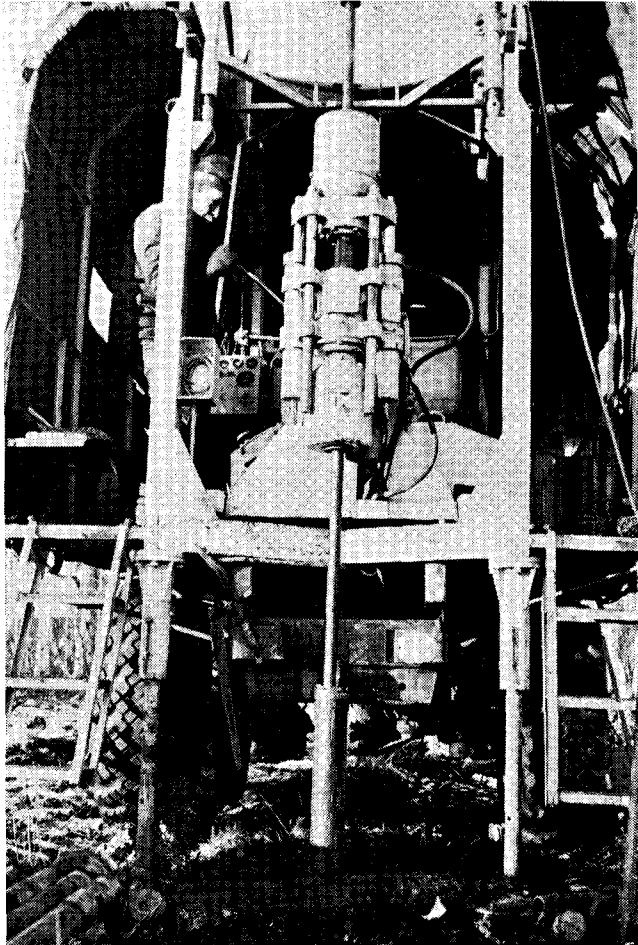
2. Näytteenkeruulaatikon ylivirtaavan huuhteluveden mukana on karannut hienoin ylösnoussut lieju.

3. Kahden metrin näyteajot edustavat tämän pituuden yhteisnäytettä, sillä niistä ei ole voitu erotella fosforiittityyppejä. Näin ollen fosforiittityyppien määrittely soijanäytteistä on ollut likimääräistä ja yleistävää.

4. Näyte on granulometriselta koostumukselta häiriintynyt.

#### Kuivakairaus

Timanttikairausnäytteiden virhetekijöiden vuoksi on fosforimalmin laadun kontrolloimiseksi suoritettu kuivakairausa häiriintymättömän tai lähes häiriintymättömän näyttemateriaalin saamiseksi. Tämä materiaali on soveltunut myös fosforiittien ominaisuuksien määrittämiseen ja teknologisiin kokeisiin. Soklin tapaisen fosforimalmin häiriintymättömien näytteiden saamiseksi ei Suomessa ollut tarjottavana kokemusta. Tämän vuoksi tutkittiin erilaisia ulkomaisia mahdollisuuksia ja päädyttiin kokeilemaan neuvostoliittolaista kairaustekniikkaa, jota vastaavaa on sittemmin käytetty Suomen Malmi Oy:n kanssa. Kuivakairaus on pääosiltaan suoritettu neuvostoliittolaisen Technoex-

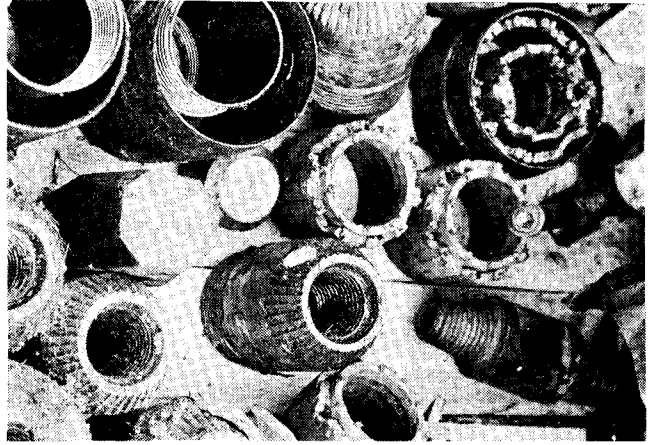


**Kuva 5** Neuvostoliittolainen kairauskone UKB-500 C kuorma-auto Ural-375 alustalla. Kuivakairaus käynnissä. Suojaputki 0,5 m maapinnan yläpuolella

**Fig. 5** Soviet drilling machine UKB-500 C on a truck Ural-375. Dry drilling is going. Casing barrel is 0,5 m above ground.

portin urakoimana talvella 1973—1974. Konetyyppeinä käytettiin UKB-500 C ja UGB-50 M auton alustoille (Ural-375 ja GAZ-66) asennettuina (kuva 5). Kesällä 1974 jatkettiin kuivakairausta Suomen Malmi Oy:n Vammas-augeryksiköllä. Kaikkiaan on tehty 121 kuivakairausreikää yhteispituudeltaan 2850 m.

Nimensä mukaisesti kuivakairaus on suoritettu ilman huuhteluvettä, jolloin malmin liejuosakin on saatu talteen. Oleellisena erona timanttikairaukseen on ollut myös suurempi näytekoko, yleisimmin 76 mm, ja kovametalliterät (kuva 6). Valtaosa kuivakairausnäytteistä on otettu kovametalliterällä varustetulla yksinkertaisella teräputkella (pituus 1—4 m), jonka yläpäässä on venttiili pohjaveden poistumista varten.



**Kuva 6** Kuivakairauksessa käytettyjä neuvostoliittolaisia kovametalliteriä ja teräputkien liitoskappaleita. Terissä erilaisia kovametallikynsiä. Terien leikkuupintojen laajenukset vaihtelevat.

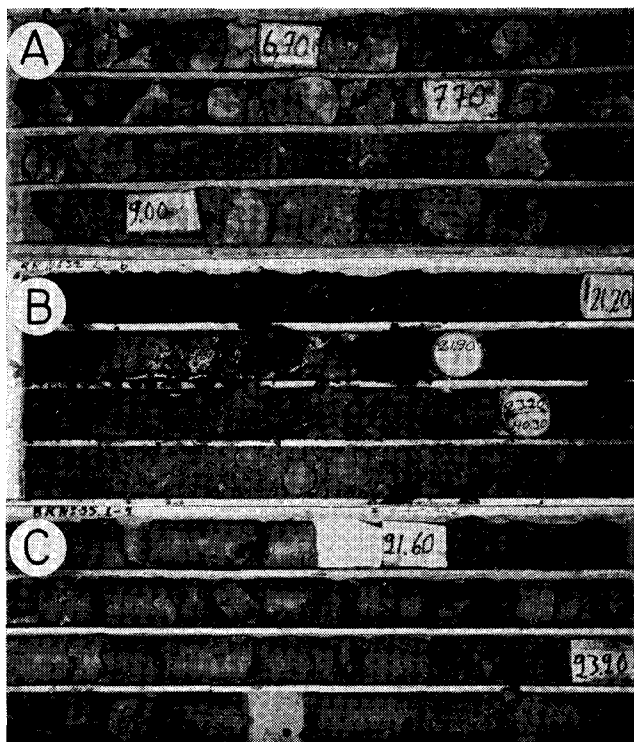
**Fig. 6** Soviet hard metal bits and core barrel heads used in dry drilling. Bits contain various types of hard metal clutches. Cutting area of bits is varying.

Näytteenottoputkea, so. teräputkea, on ajettu alhaisilla kierroksilla ja 5—15 kN:n teräpaineella 0,5—3,5 m:n ajoväleihin. Kovan fosforiitin osalla on ajoittain ollut vaikeuksia saada näyte pysymään teräputkella, kun taas kiillerikkaissa ja sitkeissä fosforiittityypeissä on ollut tarpeen käyttää laajennettua teräpintaa (kuva 6) näytteen teräputkelle tunkeutumisen ja toisaalta näytteen poistamisen helpottamiseksi. Näyte on poistettu teräputkelta kolistelemalla, jolloin näytteen alkuperäinen rakenne on osittain murtunut. Kairaukset ovat vaihdelleet malmityypin mukaisesti: kovassa fosforiitissa 1—5 m/8 h:n vuoro ja pehmeissä sekä kiillerikkaissa fosforiiteissa 4—10 m. Häiriintymättömimmät näytteet on kuivakairauksessa saatu käyttämällä kaksoisteräputkea, jossa on avattava näytteenotin. Sen pyöriminen teräputkessa kairauksen aikana on estetty rullatuella. Suojaputkia on käytetty vain silloin, kun reikä on reunoiltaan alkanut sortua. Se on tapahtunut yleisimmin kovassa ja moroisisessa fosforiitissa.

Kuivakairausnäytteiden tarkastelu voidaan jakaa näytteiden käyttötarkoitusten mukaisesti, sillä niitä on käytetty malmilaadun tarkistamiseen eli analyysinäytteinä, malmityypittelyn tarkistamiseen ja fosforiittityyppijakauman selvittämiseen eli geologisina näytteinä, liejupitoisuuden ja raekoon vaihtelun selvittämiseen eli granulometrisina näytteinä sekä tilavuuspainonäytteinä.

Analyysinäytteinä kuivakairausmateriaali edustaa lähes häiriintymätöntä näytetyyppeä ja siten luotettavaa analyysimateriaalia, jossa ovat edustettuna fosforiitin kaikki fraktiot liejusta koviin kappa-

leisiin (kuva 7). Ainoastaan kovasta fosforiitista on joskus, johtuen ilmeisesti voimakkaasta pohjavesivirtauksesta, jäänyt jauhomaista osaa saamatta, mutta nämä tapaukset ovat harvinaisia. Muissa fosforiittityypeissä ei tätä häiriötekijää ole esiintynyt. Yleisempää on ollut reiän seinämien sortumisesta aiheutuva näytevirhetekijä. Pahimmissa tapauksissa reikä on täyttynyt kuudenkin metrin pituudelta reiän seinämästä irronneesta materiaalista. Useimmiten kyseinen virhe on toistunut kovassa ja moroisessa fosforiitissa. Koko kuivakairausmateriaalista on arviolta 2—4 % sellaista, jossa kyseinen virhe esiintyy. Kokonaisuudessaan kuivakairausnäytteistä analysoidut fosforiittien laadut ovat luotettavia. Esim. materiaalin vyörymisestä aiheutunut näytesekoittuminen ei juuri johda laatuvirheeseen vyöryneen materiaalin ollessa fosforiittia, koska moreenin sortuminen on aina estetty suo-  
japutkillä.



**Kuva 7** Kuivakairausnäytteitä metrin pituisissa näytelaatikoissa, A Kova fosforiitti. Suurimmat kovat kappaleet ovat pilkkoutuneet pienemmiksi. Jauhomainen osa on saatu hyvin mukaan näytteeseen, B Moroinen fosforiitti. Kovia fosforiittipalasia ja jauhomaista osaa yhtä paljon, C Pehmeä kiille-fosforiitti. Näyte on saatu suurelta osin sylinterimäisessä muodossa

**Fig. 7** Dry drilling samples in one meter long sample boxes. A. Hard phosphorite. The biggest hard boulders have been cut into pieces. Mealy part is well represented in the sample. B. Moro (grained) -phosphorite. This type contains about equal amounts of hard phosphorite pieces and mealy material. C. Soft, mica-phosphorite. The sample is mainly in cylindrical form.

Kuivakairauksessa on näytesaanti ollut liki 100 %:sta ja näytteet ovat olleet lähes häiriintymättö-

miä, joten fosforiittien käyttö geologisina näytteinä fosforiittien tyyppittelyä varten on ollut mahdollista. Kuivakairausrei'istä on pystytty havainnoimaan nopea fosforiittien tyyppivaihtelu ja esim. pienimmätkin mangaanioksidipesäkkeet on pystytty raportoimaan. Fosforiittien geologinen tyyppittely yhdistettynä analyysituloksiin on mahdollistanut fosforiittikentän jakamisen entistä tarkemmin toisistaan erottuviksi fosforiittityypiksi.

Kuivakairausnäytteitä toisin kuin timanttikairaus- ja kierrekairausnäytteitä voidaan käyttää granulometristen määrittysten tekemiseen, sillä ne sisältävät kaikki fosforiittien raeluokat. Kuivakairausnäytteistä suoritettujen granulometriset määritykset ovat riittävän luotettavia luokittelemaan fosforiittitieteeseen tyyppisiin ja saatuja tuloksia voidaan pitää perustana fosforiittien teknologigranulometrisia ominaisuuksia arvosteltaessa. Se että kuivakairausnäytteistä ei saada aivan absoluuttisia granulometrisia tuloksia, aiheutuu seuraavista tekijöistä:

1. Näytteet ovat useimmiten, kovaa fosforiittia luukuunottamatta, reunoiltaan hieraantuneita (kuva 8), jolloin liejufraktiota lisätään keinotekoisesti näytteeseen.

2. Kiillerikkaan, sitkeän fosforiitin kairauksessa on näytemateriaali usein läpikotaisin pyörinyttä. Tämä aiheuttaa jonkin verran materiaalin hieraantumista pienirakeisemmaksi.

3. Kovassa fosforiitissa talteensaamaton liejufraktio pudottaa liejupitoisuutta.

4. Kovassa ja moroisessa fosforiitissa kovat fosforiitikappaleet (kuva 7) pilkkoutuvat pienemmiksi, mutta tämä ei vaikuta esim. teknologisesti merkittävimpiin raeluokkiin (0,1—1,0 mm) virheitä.

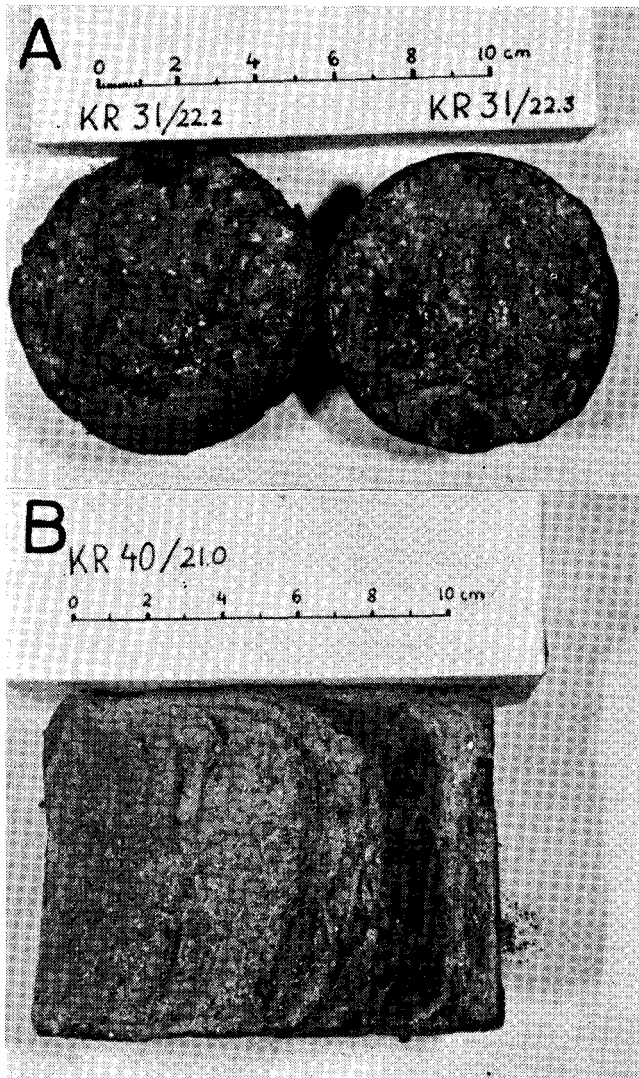
Verraten usein kuivakairausnäytettä on saatu ehjänä sylinterin muotoisena näytteenä (kuva 7), jota voidaan käyttää fosforiittien tilavuuspainomäärityksiin. Tilavuuspainomäärityksissä ei ole päästy aivan ehdottomiin tarkkuuksiin, mutta näytevirheet ovat osittain eri suuntaisia kompensoiden jossain määrin toisiaan.

1. Näytepintojen hieraantuminen tiivistää näytettä (kuva 8) ja aiheuttaa tilavuuden pienenemistä.

2. Kiillerikkaissa pehmeissä fosforiiteissa tapahtuu koko materiaalin tiivistymistä (kuva 8), joka on huomattavinta läpikotaisin hiertyneissä näytteissä. Nämä pienentävät näytteiden alkuperäistä tilavuutta.

3. Kiillerikkaat fosforiittit saattavat vapauduttuaan näyteputken puristuksesta hieman paisua, joka puolestaan suurentaa näytteiden tilavuutta.

Kovasta fosforiitista ei kuivakairauksessa ole saatu sellaisia sylinterinäytteitä, joissa olisi häiriintymättömänä kovaa ja jauhomaista osaa, koska erikoistoimpiteisiin tässä mielessä ei ole ryhdytty. Kummastakin komponentista on tilavuuspainomääritykset suoritettu erikseen. Pienimmillään näytevirheet ovat moroisen fosforiitin tilavuuspainomäärityksissä. Sylinterinäytteissä on säilynyt lisäksi malmin in situ kosteus, joten kosteuspitoisuusmääritykset ovat olleet mahdollisia.

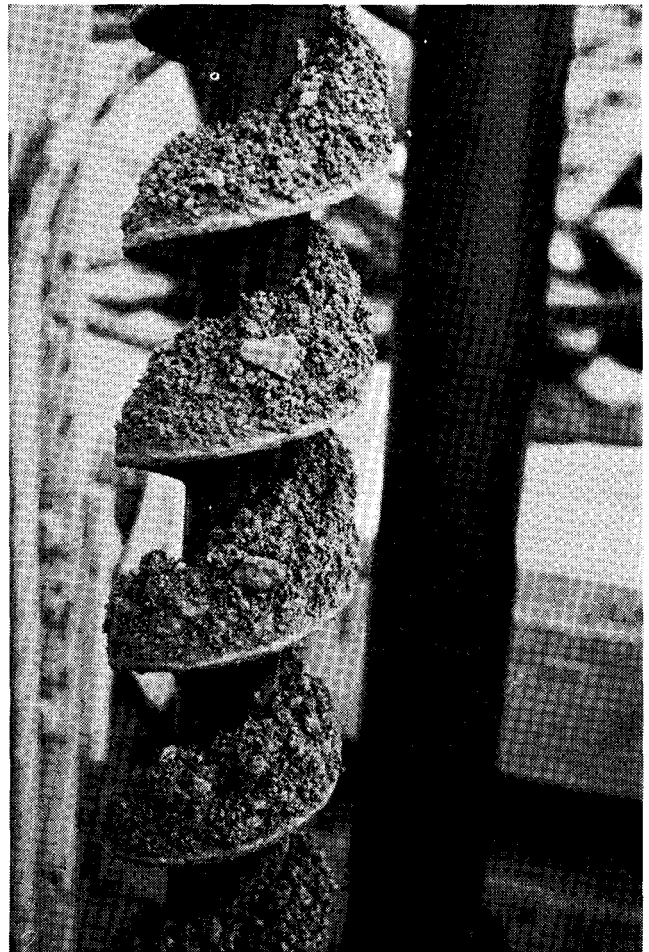


**Kuva 8** Poikki- ja pituusleikkaus kuivakairausnäytteestä, A Poikkileikkaus pehmeästä Fe-fosforiitista. Näytteen pintaan on muodostunut 2–3 mm:n paksuinen hieroutunut kuori. Valtaosalta näyte on häiriintymätöntä. B Pituusleikkaus kiillerikkaasta fosforiittinäytteestä. Näytteen tiivistyminen ilmenee kerrosten taipumisena ja supistumisena näytteen reunaosissa.

**Fig. 8** Cross and longitudinal sections of dry drilling sample. A. Cross section of soft Fe-phosphorite. On the surface of the sample is 2–3 mm thick rubbed layer. The sample is mainly undisturbed. B. Longitudinal section of mica rich phosphorite. Tightening of the sample is illustrated by bending and narrowing of layers on the margins of the sample.

#### Kierrekairaus (augerkairaus)

Fosforipitoisuudelta parhaimmanlaatuisen fosforimalmin pohjaveden pinnan yläpuolista osaa on inventoitu pienellä alueella v. 1971–1972 aikana. Työ on tehty Suomen Malmi Oy:n kierrekairauskalustolla; 4"-spiraalit ja kovametallikynsillä varustetut terät, koneyksikkönä Mobil drill "B-30" traktoriin asennettuna. Kaikkiaan on kairattu 129 reikää yhteispituudeltaan 520 m. Kairauksessa on käytetty mahdollisimman alhaista kierrosnopeutta 100–150 r/min ja teräpaineena 5–10 kN:ia. Ajoväleinä on käytetty 1–1,5



**Kuva 9** Moroista fosforiittia augerspiraalilla. Näyte on jauhautunut ja kairattaessa värinän vaikutuksesta osa materiaalista on päässyt putoamaan spiraalilta.

**Fig. 9** Moro (grained) -phosphorite on auger spiral. The sample is fine grained. During drilling, part of the material is dropped from spiral due to vibration.

m:ää. Näytteet on otettu ilman kiertoa nostetuilla spiraaleilta (kuva 9). Moreenin lävistys on tehty 6"-spiraaleilla, joten moreeniosaan on voitu asentaa suojaputket estämään moreenin sekoittuminen fosforimalmiin. Kierrekairauksessa on käytetty menestyksellisesti kuivakairauksen apuna vaikeiden 15–20 m:n paksuisten moreenipatjojen lävistämisessä. Suurikivisten kerrosten ja betonimaisen kovan pohjareeinin lävistäminen kierrekairauksella on ollut mahdollista ontelohanoksia käyttämällä.

Kierrekairauksen näyttemateriaali on jauhautunutta (kuva 9) ja jonkin verran sekoittunutta esim. 15–20 m:n syvyydellä näytteenottotarkkuuden raja on ollut 1,0–1,5 m, mutta koska kierrekairauksessa ei käytetä huuhteluvettä, ei näyttemateriaalin mineralogis-kemiallisessa koostumuksessa ole tapahtunut muutoksia. Näyttemateriaalin ja kairauksen tunkeutuvuuden perusteella on ollut mahdollista suorittaa fosforiittien likimääräistä tyypittelyä pehmeään, moroiseen ja kovaan. Kierrekairausnäytteistä ei saa luotettavia granulometrisiä määrittelyjä eikä luonnollisesti tilavuuspainomääritykset ole olleet mahdollisia. Kierrekairaus-

näytteiden tarkastelu osoittaa, että ne ovat parhaiten soveltuneet analyysinäytteiksi:

1. Näyttemateriaali on jauhautunut, joten sen hienofraktion määrä on keinotekoisesti lisätty.
  2. Näytteisiin on saatu kaikki fraktiot leijufaasista alkaen.
  3. Mineralogis-kemiallinen tyypittely on näyttemateriaalin sekoittumisen vuoksi epätarkkaa tai mahdotonta.
  4. Kovassa ja moroisessa fosforiitissa spiraalien täriinä aiheuttaa lajittumista ja suurimpien raeluokkien putoamista spiraalilta ja täten todellista näytevirhettä.
- Kierrekairauksen käyttöä on rajoittanut sen heikko tunkeutuvuus varsinkin kovaan fosforiittiin.

### TIIVISTELMÄ

Soklin fosforimalmi on omalaatuinen — tietävästi ei missään louhita täysin vastaavaa malmityyppiä — jonka vuoksi sen inventoiminen ja teknologisten ominaisuuksien selvittäminen on ollut ennakkotapausten puutteen vuoksi normaalia vaikeampaa. Tämän tehtävän suorittamiseksi on ollut tarpeen määrittää fosforimalmista seuraavat parametrit:

1. fosforimalmin tilavuus
2. —, — laatu
3. malmityyppien jakauma
4. fosforimalmin tilavuuspaino
5. —, — granulometria
6. —, — liejupitoisuus
7. —, — kosteus

Timanttikairaus on parhaiten palvellut malmin tilavuuden selvittämisessä, sillä timanttikairauksella on aina saatu lävistetyksi fosforimalmipatja. Malmin laadun laskemiseksi timanttikairausmateriaalista on näytevirhetekijöiden eliminoimiseksi määritetty eri komponenteille korjauskertoimet koekuoppa-, oja- ja kuiva-ajonäytteiden perusteella. Taulukossa 1 on esitetty erään malmiyksikön laatu timanttikairaus- ja kuivakairausnäytteistä laskettuina. Erot ovat verraten pienet. Malmityyppijakauman määrittäminen on timanttikairausmateriaalista ollut epätarkkaa ja parametrien 4—7 määrittäminen mahdotonta.

**TAULUKKO 1**

Erään fosforimalmiyksikön laatu timantti- ja kuivakairausnäytteistä laskettuina. Timanttikairausnäytevirheen poistamiseksi on laskettu eri komponenteille korjauskertoimet koekuoppa-, oja- ja timanttikairauksen yhteydessä saatujen kuiva-ajonäytteiden perusteella.

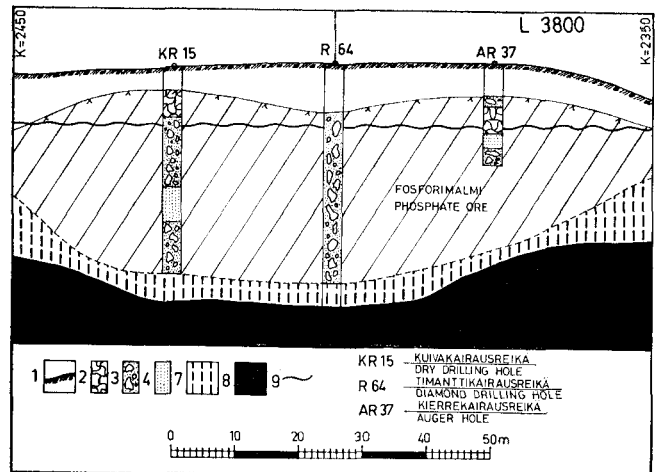
Quality of a phosphate ore unit calculated from diamond drilling and dry drilling samples. For the elimination of the sample errors of diamond drilling correction coefficients have been calculated for various components using samples from test pits, trenches and in connection of diamond drilling produced dry drilling samples.

Kairustapa Type of drilling	Metrimäärä Length in meters	Komponentit, Components		
		P-%	Nb-%	La-%
Timanttikairaus Diamond drilling	560	10,0	0,18	0,07
Kuivakairaus Dry drilling	411	10,3	0,22	0,10

**TABLE 1**

Kuivakairausnäytteistä on ollut mahdollista suorittaa kaikkien tarvittavien tekijöiden määritykset ja lisäksi niistä on saatu edustavaa materiaalia teknologisia kokeita varten. Joissakin tapauksissa kuivakairauksella ei ole päästy fosforimalmipatjan lävitse eli malmin tilavuudesta ei jokaisen reiän kohdalla ole saatu lopullista tietoa. Fosforimalmin laatu ja malmityyppijakauma on kuivakairausnäytteistä saatu laskeksi niin varmaksi kuin se on yleensä mahdollista. Parametrien 4—7 selvittämisessä vaikuttaa vähäisenä virhetekijänä näytteiden reunaosien hieraantuminen ja näytteen tiivistyminen.

Kierrekairausnäytteistä saadaan riittävän luotettavasti selville vain malmin laatu, eivätkä ne samoin kuin timanttikairausnäytteitäkään soveltu teknologiseksi testimateriaaliksi. Kustannuksiltaan oleellisesti halvempaa kierrekairaus soveltuu hyvin malmioiden pinta-alakuvioiden selvittämiseen ja muiden rapakalliotyypisten malmiainheiden etsimiseen sekä ontelopaikoksia käyttämällä vaikeidenkin moreenipatjojen lävistämiseen kuivakairauksen apuna.



**Kuva 10** Timanttikairaus-, kuivakairaus ja kierrekairausreikä samassa fosforimalmiprofiilissa. Timanttikairausreikä (R 64) antaa kuvan homogeenisesta moroisesta fosforiitista. Kuivakairausreiän (KR 15) mukaan malmipatja koostuu kovasta, moroisesta ja pehmeästä fosforiitista. Kierrekairausreikä (AR 37) on jäänyt puoleenväliin malmipatjaa. Merkkien selitykset samat kuin kuvassa 2.

**Fig. 10** A diamond drilling, a dry drilling and an auger drilling hole on the same phosphate ore profile. According to diamond drilling (R 64) the phosphate ore is homogeneous moro (grained) -phosphorite. According to dry drilling (KR 15) the phosphate ore consists of hard, moro (grained), and soft phosphorite. Auger drilling (AR 37) is stopped in the middle of the phosphate ore layer. Explanation of marks, see Fig. 2.

Esitetyn tarkastelun perusteella ja kuvan 10 havainnollistamana on todettavissa kuivakairauksen soveltuvan parhaiten Soklin fosforimalmin kaltaisten rapakalliomalmien inventointiin ja tutkimiseen.

### SUMMARY



# On the latest development in process metallurgical research in Finland

M. H. Tikkanen and K. R. Lilius, HTKK, Otaniemi

*Esitelmä ranskalais-suomalaisen teknillisen yhdistyksen kokouksessa Helsingissä keväällä 1974*

As many of audience are aware, although the Finnish process metallurgical industry is of a relatively recent origin this industry has now crystallized in age. It should be noted that our domestic resources include on the side of iron and copper, all of the following: nickel, cobalt, zinc, lead, chrome, vanadium, and titanium.

It is a typical feature of the industry in this branch that it nowadays has its own extensive research installations, where the main research and development work of the field takes place. When 25 years ago the teaching of process metallurgy began with a specific professorship at the present Helsinki University of Technology, it appeared completely natural to plan the research activity of process metallurgy to be practiced in closest possible cooperation with the respective industry. This tradition has continuously been followed, and at present the greater part of the diploma, licentiate's and doctor's thesis works carried out have topics received from the industry. Such cooperation takes place in two ways in principle. First, there are many objects of study which constitute a small, separate part of a larger problem complex. It is most advantageous for both parties to study these in one of the laboratories of the University. The subject may then be modified, as may be required, so as to be appropriate as a maturity study from the student's point of view on one hand and to yield required additional information to the party suggesting the topic on the other hand. The second group comprises those studies which have to be carried out in installations already in operation. Typical examples are the studies directly related to the operation of blast furnaces and steel smelting furnaces. The latter method was only rarely applied earlier, in the 1950's, because at that time there was not yet enough such research personnel in the industry which would have been able to direct and supervise the work of extra-neous, unexperienced would-be research workers.

The said joint operation of the universities and the process metallurgy industry has now crystallized in more permanent forms. It is a particularly positive feature in this cooperation, from the viewpoint of the teachers, that a continuous close contact is maintained with the actual development — a fact which reflects in the educational work, constantly correcting it to be at the proper level. To the students such studies are highly welcome, partly for the reason that a financial remuneration of the work is obtained and partly, perhaps even more important, because the research worker knows that he is doing work which is sensible and, furthermore, frequently opens for him a path to his first employment after he has completed his studies.

In the following I shall present a few examples of the typical main concentration areas in which process metallurgy research work was done in the institute of process metallurgy during the most recent decade.

## 1. THEORY OF FORMATION OF SOLID METALS DURING REDUCTION OF OXIDES AND SULPHIDES

A typical problem complex which on one hand represents quite farreaching scientific research, but which on the other hand has a direct and obvious connection with the pyrometallurgical production of metals, is the question concerning the kind of mechanisms controlling the nucleation and growth of solid metal in the reduction process. This question has indeed been the fundamental question in process metallurgy throughout the times. It should be kept in mind that in the blast furnace process the reduction of iron oxides takes place by a reaction between a reducing gas and the oxide and within the same temperature ranges as in the direct sponge iron process, where the reduced iron is not converted into the molten state at all. That these particular problems

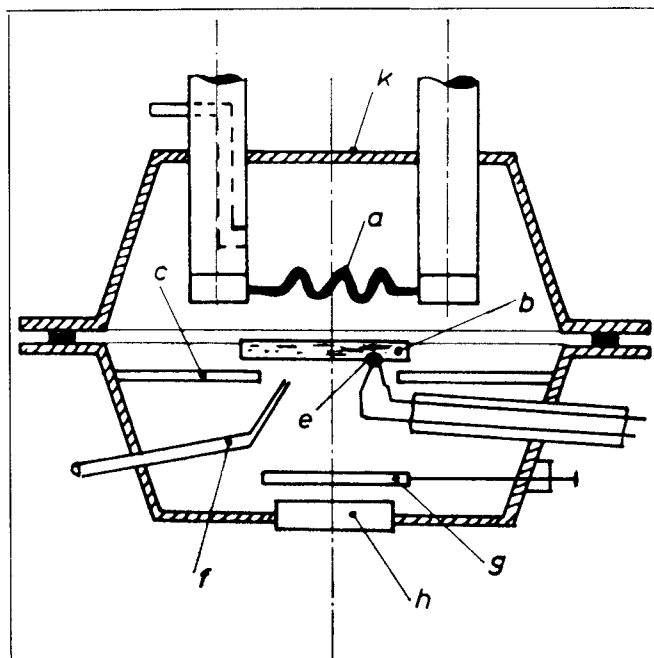


Fig. 1. (ref. 1)

Schematic presentation of the metal microscope equipment for studying reduction processes at high temperatures.

- a) Heating resistance
- b) Oxide specimen
- c) Sample holder
- e) Pt vs. Pt/10 % Rh thermocouple
- f) Gas inlet
- g) Replaceable quartz window
- h) Fixed quartz window

have been typical in Scandinavia is due to the fact that in our countries the direct reduction processes, that is the sponge iron processes, have always been popular owing to the very high purity of the iron concentrates and the lack of coal resources.

The following pictures aim to throw some light on the manner in which we have endeavoured to study these extremely sensitive phenomena and on what we have been able thereby to demonstrate. An essential research technique was the direct observation of oxides under the microscope at the reduction temperature used in each instance (Fig. 1). In the following series of micrographs (Fig. 2), showing the formation and growth of metal nuclei on the surface of cobalt oxide (CoO) as a function of time (reduction at 300°C, slightly reducing atmosphere), the nuclei, in fact, grow "two-dimensionally", forming a symmetric "onionlike" structure. This is due, above all, to the particularly low reduction temperature and to the low reduction potential, as a result of which circum-

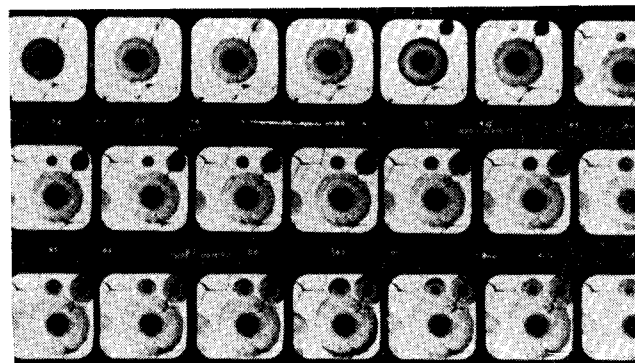


Fig. 2. (ref. 1)

Growth of a metallic nucleus at 300 °C ( $P_{H_2} + P_{H_2O}$ ) = 0.02 atm.

Observe the onionlike structure.

stances only the outermost atoms in the oxide surface may participate in the reactions. In Fig. 3 we can see an enlarged picture of a growing system of these symmetrical crystallites. In the next pictures we see (Figs 4; 5) how the character of the reduction process is substantially changed when the reduction temperature is raised to 450°C. On the surfaces of the oxide grains in Fig. 4 small pores are seen, where the nucleation and growth of nuclei occur (compare with the corresponding points in Fig. 5). It is also

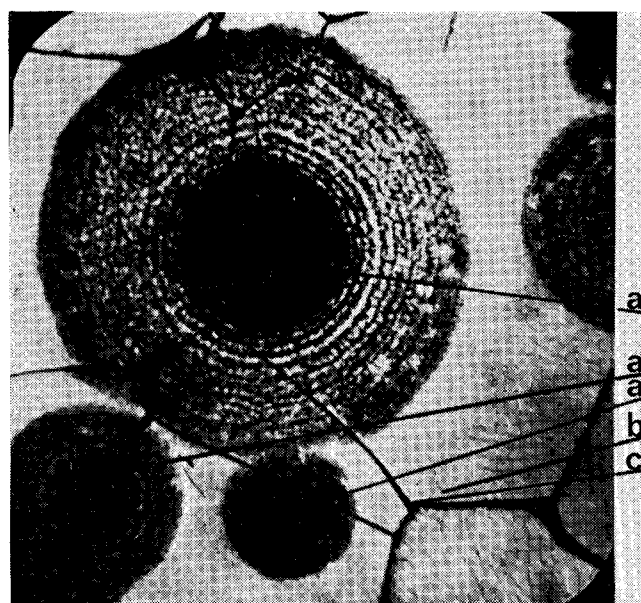


Fig. 3. (ref. 1)

Magnified view of a metallic nucleus from the Fig. 2. 200 x.

- a) Metallic nucleus (dark)
- b) Oxide (light)
- c) Oxide grain boundary (dark)



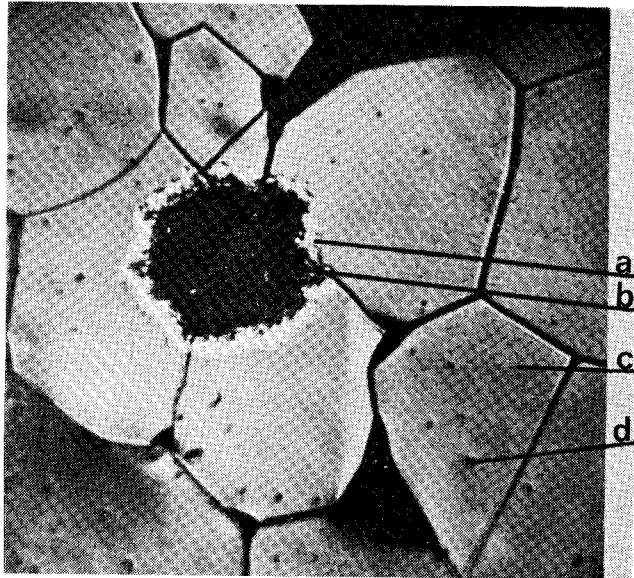


Fig. 4. (ref. 1)

Starting points for metal nuclei on dense CoO during reduction at 450 °C.

$$(p_{H_2} + p_{H_2O}) = 0.02 \text{ atm.}$$

100 x.

- a) New metal nuclei (light)
- b) Old metal nucleus (dark),
- c) Oxide (grey)
- d) Oxide surface pores (dark)

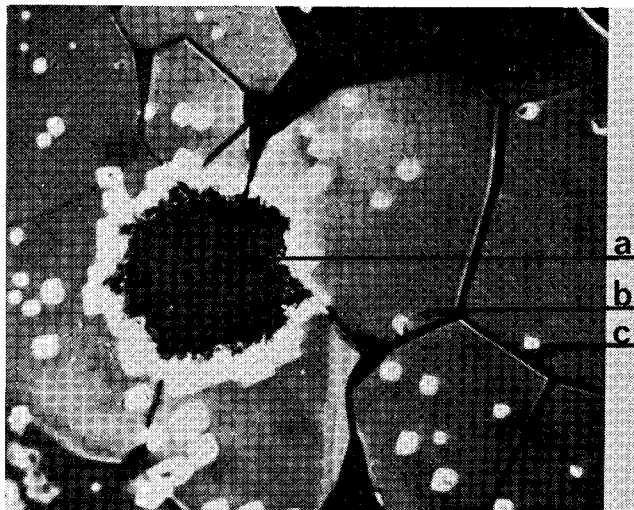


Fig. 5. (ref. 1)

Growing metallic nuclei at starting points shown in Fig. 4. Observe the **changed form of nuclei** compared with Figs. 2. and 3.

- a) Old metal nucleus (dark)
- b) Oxide (grey)
- c) New metal nuclei (light)

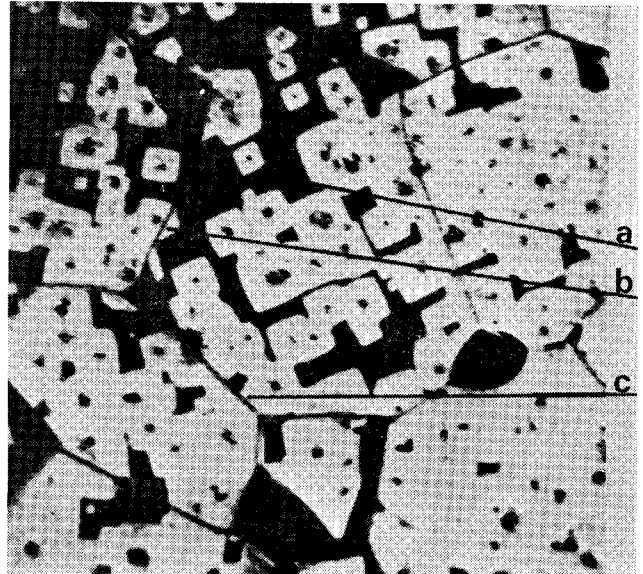


Fig. 6. (ref. 1)

Epitaxial growth of nuclei at 450 °C

$$(p_{H_2} + p_{H_2O}) = 0.02 \text{ atm.}$$

- a) Oxide (dark)
- b) Metallic nucleus growing over an oxide grain boundary (light)
- c) Grain boundary (dark)

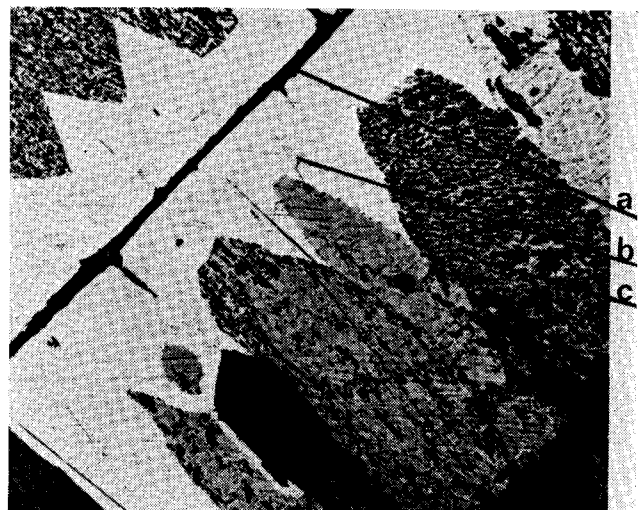


Fig. 7. (ref. 1)

Cross section of reduced  $Co_{1-x}O$  (1%  $H_2$ , 300 °C) 300 x. Observe the thick metallic layers due to the porosity of the metal.

- a) Specimen surface (metal)
- b) Metal (light)
- c) Oxide (grey)

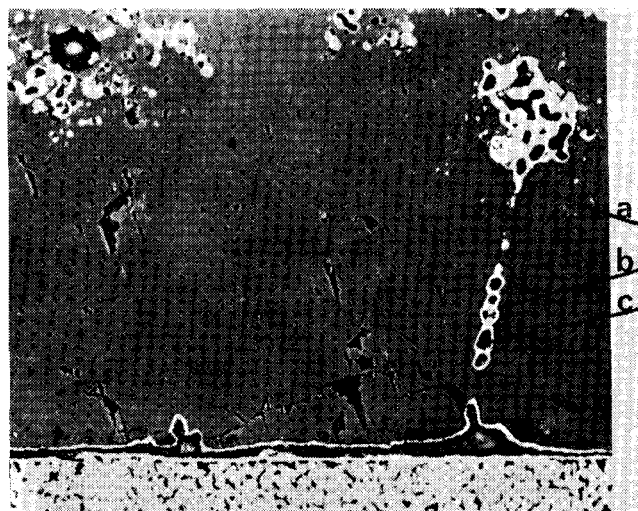


Fig. 8. (ref. 1)

Cross section of reduced  $\text{Co}_{1-x}\text{O}$  (1 %  $\text{H}_2$ , 800 °C)

- a) Oxide (grey)
- b) Metal (light)
- c) Pores (dark)

Specimen surface with metallic layer (light)

notable that a rapid formation of metal occurs on the boundary surfaces of a macropore present in the specimen. It is also appropriate to emphasize that the nuclei no longer are symmetric; they reveal an epitaxial growth, following the structure of the oxide surface (Fig. 6). In all micrographs which we have seen so far, the nuclei were "two-dimensional", and even if they should cover the entire oxide surface their high porosity causes no slower reduction, thus assisting the growth of actual "three-dimensional" metal layers when a higher reduction potential is applied (Fig. 7). Only after the temperature has increased to 800 °C a compact reduced metallic film is formed on the surface of the oxide layer, which film is unable to grow. On the other hand the gaseous reduction can further proceed by the cracks to the points of the layer with a higher porosity, where new metal is formed (Fig. 8). The next micrograph (Fig. 9) was one of those which initially provided us with the clue on the basis of which we were able to extend our reduction theory past the conventional limits. In this micrograph there is on the upper surface of the specimen a metallic layer hard to observe, but extremely compact, which has prevented the penetration of the reacting gases to greater depth in the metal. However, in the interior of the oxide specimen there is an extensive area of reduced metal, to which no cracks whatsoever lead. An explanation of this phenomenon will be given in the next chapter.

## 2. INFLUENCE OF NON-STOICHIOMETRY IN GASEOUS REDUCTION OF OXIDES

Long before, we had continuously encountered samples of solid specimens reduced with gases wherein frequently the greater part of the metal had been produced apparently without direct contact with the reductive gas mixture. It may be observed that all these instances concerned non-stoichiometric compounds such as  $\text{Fe}_{1-x}\text{O}$ ,  $\text{Co}_{1-x}\text{O}$ ,  $\text{Ni}_{1-x}\text{O}$ , and  $\text{Cu}_{x-2}\text{S}$ , where  $x$  represents the amounts of cationic deficit. It was obvious that the defect structure of these compounds was associated with the results obtained. In order to exclude as positively as possible the chance that in spite of all precautions the reducing gas might have gained access into the seemingly completely solid oxide specimen, we devised a model experiment, shown in cross section in Fig. 10. The compact iron cylinder on the left, intended to serve as a solid instead of gaseous reducing agent, has been pressed tight against the central  $\text{CoO}$  cylinder (with 95 % density), which in its turn is pressed against a solid  $\text{Co}$  metal cylinder. After annealing at 1200 °C in a vacuum ampoule for 48 hours the test was stopped and the cooled sample system was cut in two. Fig. 11 shows the result. It is seen from the micrograph of the polished cross

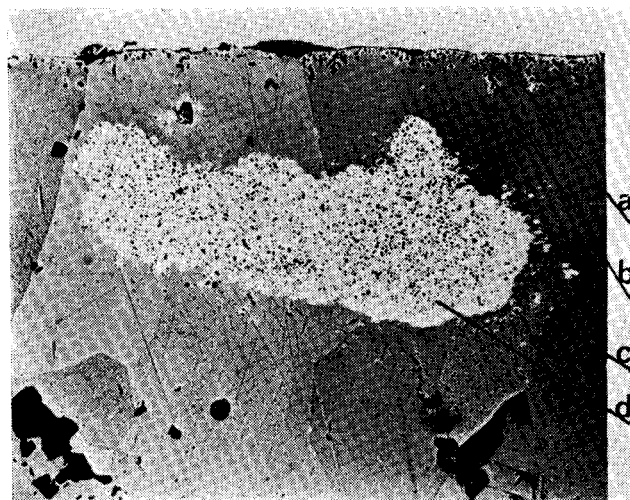


Fig. 9. (ref. 1)

Cross section of reduced  $\text{Co}_{1-x}\text{O}$  (1 %  $\text{H}_2$ , 800 °C)

- a) Specimen surface with metallic layer (light)
- b) Pores (dark)
- c) Oxide (grey)
- d) Metal (light) with pores (dark)

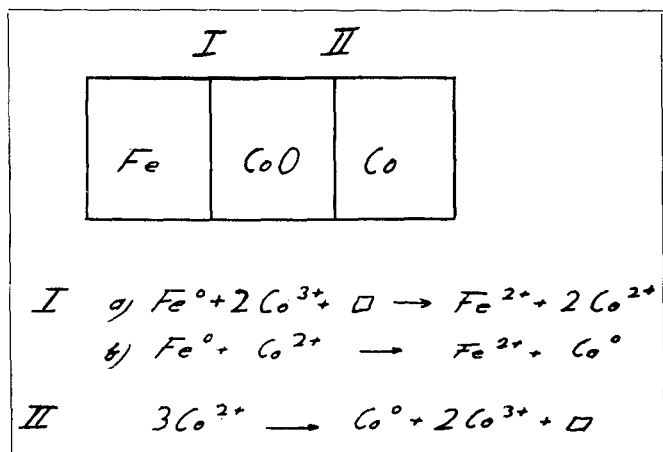


Fig. 10.

Schematic description of the sample system for studying the reduction of  $Co_{1-x}O$  with metallic Fe.

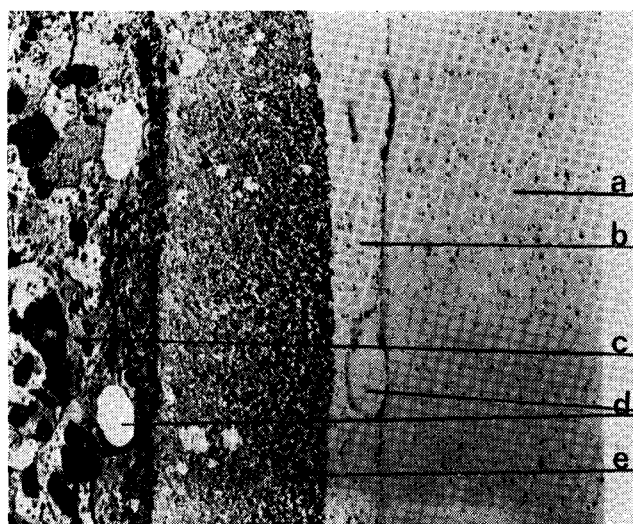


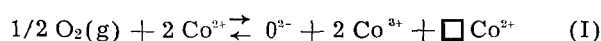
Fig. 11.

Cross section of the reacted sample system (Fig. 10)

- a) Primary metallic cobalt
- b) Metallic cobalt resulting from the reduction of the cobaltous oxide phase
- c) Wüstite growing on the metallic iron
- d) Platina wire markers
- e) Cobalt oxide

section that the greater part of the metallic cobalt was formed on the surface of the cobalt cylinder, that is as far as possible from the boundary where iron serves as reducing agent. Part of the cobalt was formed within the cobalt oxide cylinder, on its grain boundaries and pore surfaces, because no completely compact single crystal was concerned.

The above observations are all explained by the fact that the said non-stoichiometric compounds have a fully determined content of defects in equilibrium with their own metal. When this lowest defect content of the compound is forcibly lowered with the aid of external reducing agents, "corrective reactions" tend to take place in the lattice of the compound between the defects still present therein, which operate towards restoration of the thermodynamically correct defect state; but at the same time metal is formed. The following reaction formula illustrates this. We assume that the non-stoichiometric cobalt oxide ( $Co_{1-x}O$ ) is produced as a result of the following reaction (Note that  $Co_{1-x}$  is an ionic compound!):



Thus, an oxygen atom adsorbed on the surface of defect-free cobalt oxide appropriates an electron from two normal  $Co^{2+}$  ions in the lattice, which are at the same time oxidized to  $Co^{3+}$  ions. The oxygen, which is now present in ionic form, can associate itself with the anion lattice of the cobalt oxide. At the same time one empty position, or vacancy ( $\square Co^{2+}$ ) is produced in the cation lattice, where no ion addition equivalent to the oxygen ion has occurred. With changing oxygen pressure, in the  $Co_{1-x}O$  lattice the corresponding equilibrium defect state at each temperature is obtained:

$$K_T = \frac{(O^{2-}) (Co^{3+})^2 (\square Co^{2+})}{(Co^{2+})^2 \cdot P_{O_2}^{1/2}} \quad (II)$$

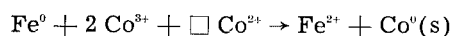
and since  $(O^{2-}) = 1$ ,  $(Co^{2+}) \approx 1$   
and,  $(Co^{3+}) = 2 (\square Co^{2+})$  it follows that

$$K_T \cdot P_{O_2}^{1/6} = (Co^{3+}) \quad (III)$$

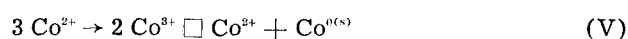
It should now be understood that the  $Co^{3+}$  ions and the vacancies are thermodynamic defects. Thermodynamics require that the equations II and III are fulfilled in the lattice, depending on the oxygen pressure and temperature.

The result which was seen in Fig. 11 is explained with the aid of the reaction formulae as follows.

On the iron/cobalt oxide boundary surface the following reaction takes place:



that is, at first, no metallic cobalt is produced because the metallic iron destroys the thermodynamic defects ( $Co^{3+}$  and  $\square Co^{2+}$ ) and goes itself into the cobalt oxide lattice as an ion. This results in a disturbance of the defect equilibrium, however. But the lattice forces compel the lattice to re-form the amount of defects proper for equilibrium at the temperature in question. This occurs according to the reaction:



By the valency distribution occurring here, one Co atom is produced, which cannot belong to the lattice any longer because it is not in ionic form. It is now

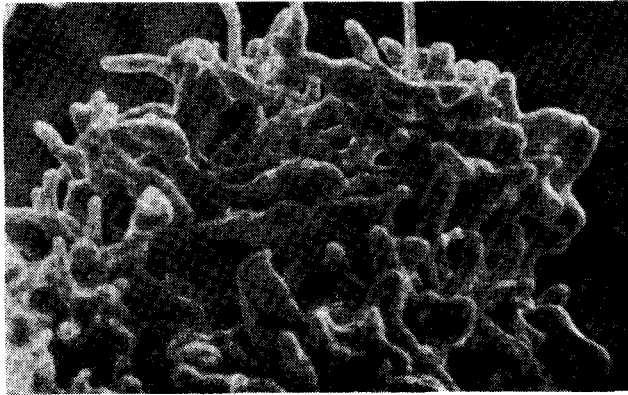


Fig. 12. (ref. 2)

Metallic iron whiskers during reduction of  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0,5\% \text{Na}_2\text{O}$  in 40 %  $\text{CO}$ —60 %  $\text{CO}_2$  mixture at 1000 °C  
1000 xx

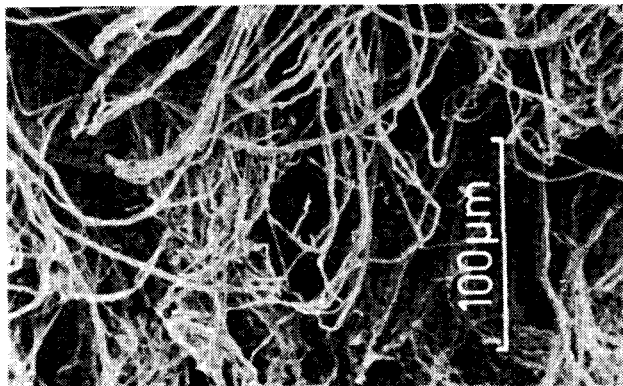


Fig. 13. (ref. 3).

Metallic copper whiskers during reduction of  $\text{Cu}_2\text{S}$  by  $\text{H}_2$

compelled to find a position where it can participate in nucleation and nucleus growth. In the model experiment the placement of the cobalt cylinder was expressly meant to provide a place where nucleation would be easiest, and the result indeed showed that the circumstances were as predicted by the theory. The result shown in Fig. 9 represents a similar case where the reductive power of  $\text{H}_2$  disturbs the defect equilibrium and forces the metal formation to occur at a suitable place inside the dense oxide. In the same group of phenomena belong the whisker formation during gaseous reduction of iron oxide containing small amounts of alkali and (Fig. 12), further, the same occurrence when reducing cuprous sulphide by hydrogen (Fig. 13). Especially, the first case has practical importance when producing sponge iron from pure iron oxide pellets.

### 3. MECHANISM OF SULPHATISATION OF COBALT AND NICKEL OXIDES

Considering the fact that the company Outokumpu Oy at Kokkola is a notable manufacturer of metallic cobalt, using a process based on the recovery of cobalt and nickel from roasted pyrite residues by sulphatizing, it is only natural that we should try to clarify the mechanisms regulating the formation of sulphates in this process. The practical significance of the problem is increased by the circumstance that the yield of nickel is considerably inferior to that of cobalt in the sulphatizing process.

We have been able to prove by so-called marking techniques (Fig. 14) that when the reaction takes place in an atmosphere rich in  $\text{SO}_2$  ( $P_{\text{SO}_2} = P_{\text{O}_2}$ ), a two-layer deposit is formed on the surface of the cobalt oxide, the inner layer being nonstoichiometric  $\text{Co}_3\text{O}_4$  and the outer layer,  $\text{CoSO}_4$ . The growth of the layers occurs by diffusion of  $\text{Co}^{2+}$  ions and electrons through these layers which have been formed, whereby, the original  $\text{Co}_{1-x}\text{O}$  is consumed and the sulphate layer increases. Most essential in this sulphatization is the formation of a  $\text{Co}_3\text{O}_4$  layer between the original  $\text{Co}_{1-x}\text{O}$  and the  $\text{CoSO}_4$ , because it facilitates the decomposition of  $\text{Co}_{1-x}\text{O}$ . (Fig 15)

The corresponding phenomenon as regards  $\text{Ni}_{1-x}\text{O}$  is more simple in principle because no intermediate  $\text{Ni}_3\text{O}_4$  layer is formed (Fig. 16). For this reason the direct decomposition of  $\text{Ni}_{1-x}\text{O}$  to sulphate is in fact impeded, and as a result the rate of sulphatization of  $\text{Ni}_{1-x}\text{O}$  is only appr. 1/100 of the corresponding rate in the case of cobalt oxide.

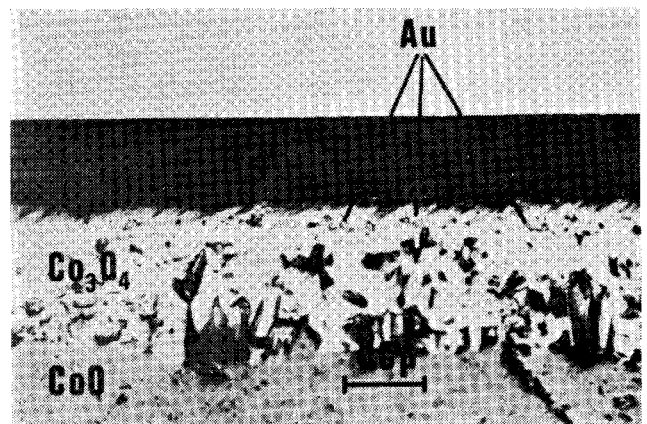


Fig. 14. (ref. 4)

Study of the growth of the  $\text{Co}_3\text{O}_4$  layer by Au marker method.

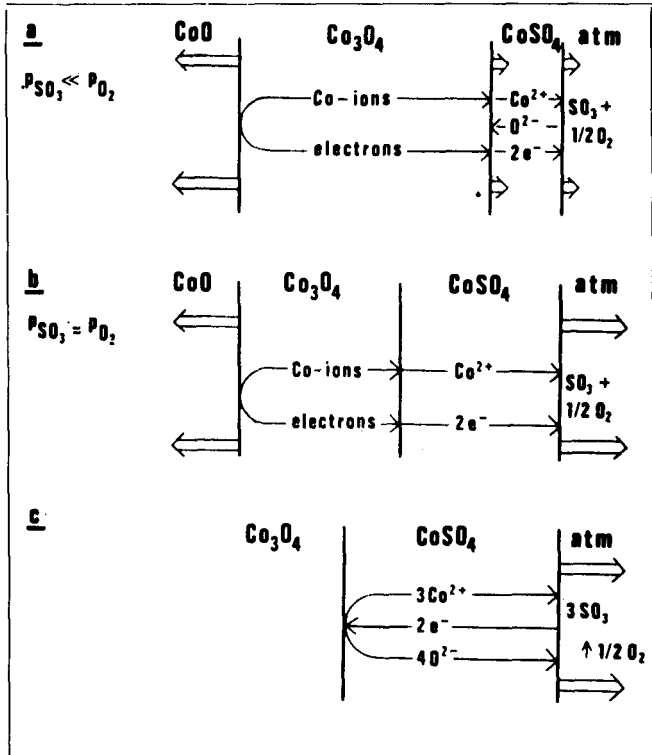


Fig. 15. (ref. 4)

Schematic description of the growth of  $\text{CoSO}_4$  layer by ion diffusion processes.

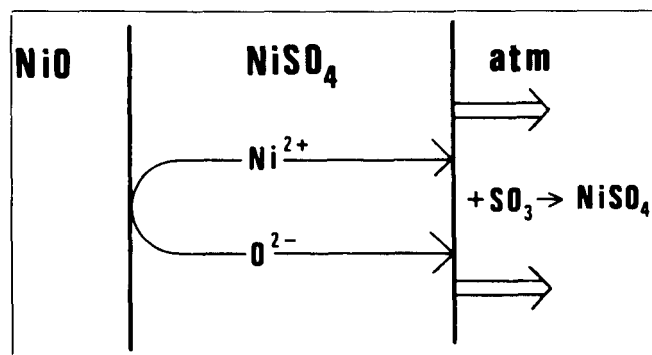


Fig. 16 (ref. 4)

Schematic description of the growth of  $\text{NiSO}_4$  layer by ion diffusion processes.

#### 4. STUDIES OF SLAGS SUITABLE FOR CONTINUOUS STEEL CASTING

As known, one of our Finnish steel works, Rautaruukki Oy, makes the whole of their steel production by a continuous casting process. Since the ingots produced by this mill are very heavy (large dimensions), conventional grease or oils cannot be used in the casting process to prevent welding of the hot steel surface to the water-cooled chill mould of copper,

through which the steel strand gradually passes and wherein it solidifies. The modern practice is to use a so-called casting powder, which is continuously added onto the surface of the molten steel around the strand. It is there melted to form a slag, which is intended to infiltrate itself between the steel and the copper surface as an intact film, which on the other hand lubricates the space between the two metals and at the same time prevents the dreaded welding, which would stop the entire production.

Since it was found that very numerous brands of such casting powders are marketed, but concerning which the manufacturers were not able to present any reliable information, the Nordic steel industry jointly decided that the matter should be thoroughly investigated. The performing of this investigation was assigned to the Institute of process metallurgy and Rautaruukki Oy in cooperation. I shall give a somewhat more detailed account of this study because it is believed to be the only one of its kind, and we have not yet had time to publish it. According to our working hypothesis the different functions of the casting powder are as follows: The upper surface of the casting powder remains a solid powder, thus acting as a thermal insulation. However, the greater part of it melts and is completely molten on the surface of the molten steel. It is essential in the working hypothesis that the molten slag wets the hot steel surface well enough to be able for this reason to be drawn into the narrow gap (1 to 1.5 mm) between the steel surface and the chill mould. In the upper part of the mould the slag is in molten state in contact with the steel surface, but in the horizontal direction in the course of its cooling it first becomes paste-like (intermediate area), and in contact with the surface of the water-cooled chill mould it forms an amorphous slag glass layer.

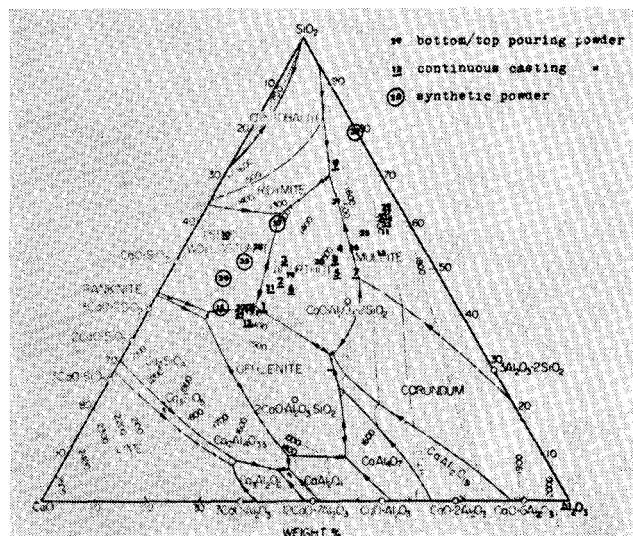


Fig. 17 (ref. 5)  
Ternary diagram showing compositions of investigated casting powder slags.

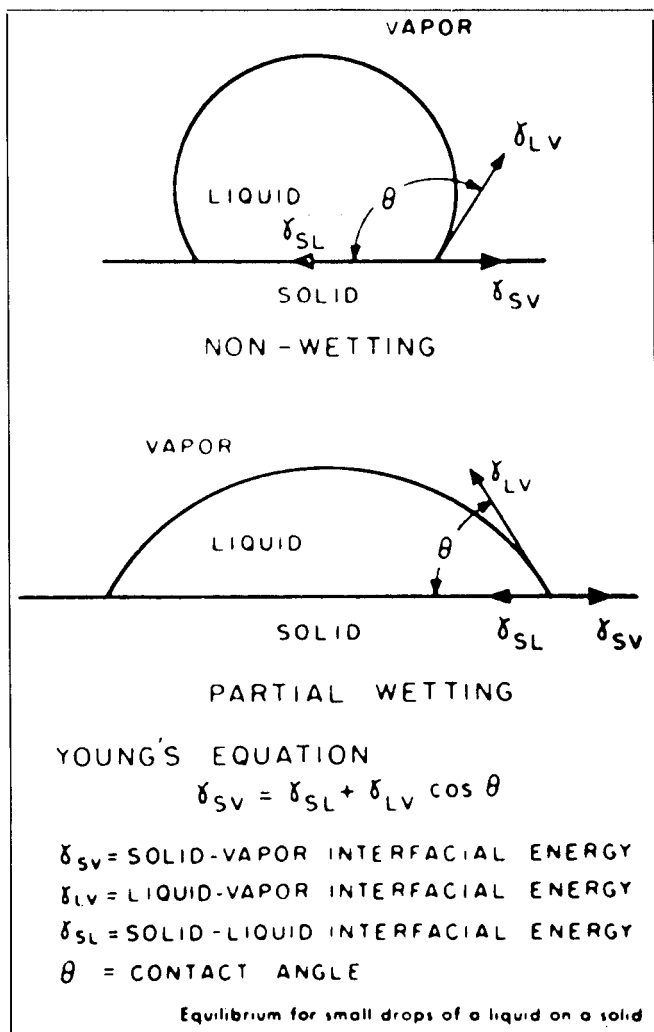


Fig. 18.

Principle of measuring contact angles and wetting by the sessile-drop method.

According to this working hypothesis, a suitable casting powder is required to have the following properties:

1. It should melt uniformly and at a temperature which is low enough.
2. The molten slag should wet the hot steel surface efficiently enough.
3. The viscosity of the molten slag should be adequate, but not too low.
4. The surface tension of the molten slag should be high enough.

A glance at the ternary  $Al_2O_3$ - $CaO$ - $SiO_2$  phase diagram reveals the kind of basic compositions found in the commercial casting powders (Fig. 17). The additions made to them consisted mainly of alkali salts, fluorspar, iron oxide and certain less common additives, such as metallic Al powder together with sodium nitrate.

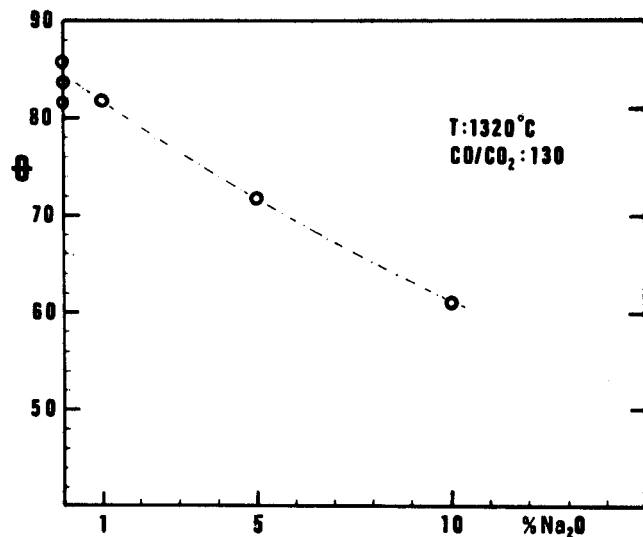


Fig. 19. (ref. 6)

Influence of  $Na_2O$  on the contact angle between steel and molten slag.

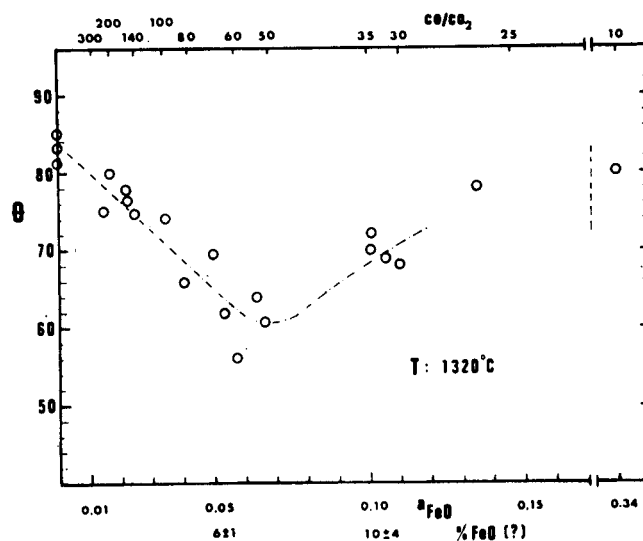


Fig. 20. (ref. 6)

Influence of  $FeO$  on the contact angle between steel and molten slags.

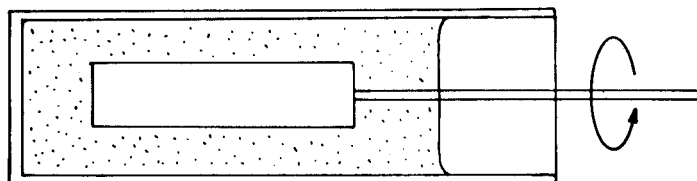


Fig. 21. (ref. 7)

Principle of viscosity measurement in molten slags.



We first proceeded to clarify by means of wetting tests in the Leitz heating microscope the wetting properties of the different slags. This was done in principle by so-called contact angle ( $\theta$ ) measurement (Fig. 18). We found that the majority of the samples examined showed contact angles between  $90$  and  $60^\circ$ . Since we knew that  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  and  $\text{FeO}$ , among others, in principle affect the magnitude of the contact angle and that these furthermore were the most common additives in the powders, we concentrated on the clarification of their effect in the so-called basic slag. Calcium fluoride reduces the contact angle, but the angle changes all the time because fluoride reacts with the  $\text{SiO}_2$  in the slag. Since fluorspar is prohibited for reasons of health in many steel mills, we did not continue the studies with regard to this additive. On the other hand the effect of  $\text{Na}_2\text{O}$  and of  $\text{FeO}$  was more closely clarified (Fig. 19; 20). At the next experimental stage the viscosities of commercial slags and of certain synthetic preparations were measured. The principle of the apparatus is seen in Fig. 21. Part of the results are reproduced in Fig. 22, where we employed a kind of modified Dannatt's parameter to characterize the composition. It may be observed that the viscosities of the best slags were in the range from 1 to 20 Poises. Since we were aware that the measurement of contact angles was not sufficient for determination of the true wetting value, we supplemented the study by surface tension measurements. The method is called the "maximum bubble pressure method"; its schematic diagram is shown in Fig. 23. The most essential results are revealed by Fig. 24. According to it, of the different additives, both  $\text{Na}_2\text{O}$  and  $\text{CaF}_2$  reduce the surface tension, whereas  $\text{FeO}$  has no effect whatsoever. Now all three reduced the contact angle however, whence the indirect inference can be drawn that  $\text{FeO}$  alone was able to improve the wetting. The

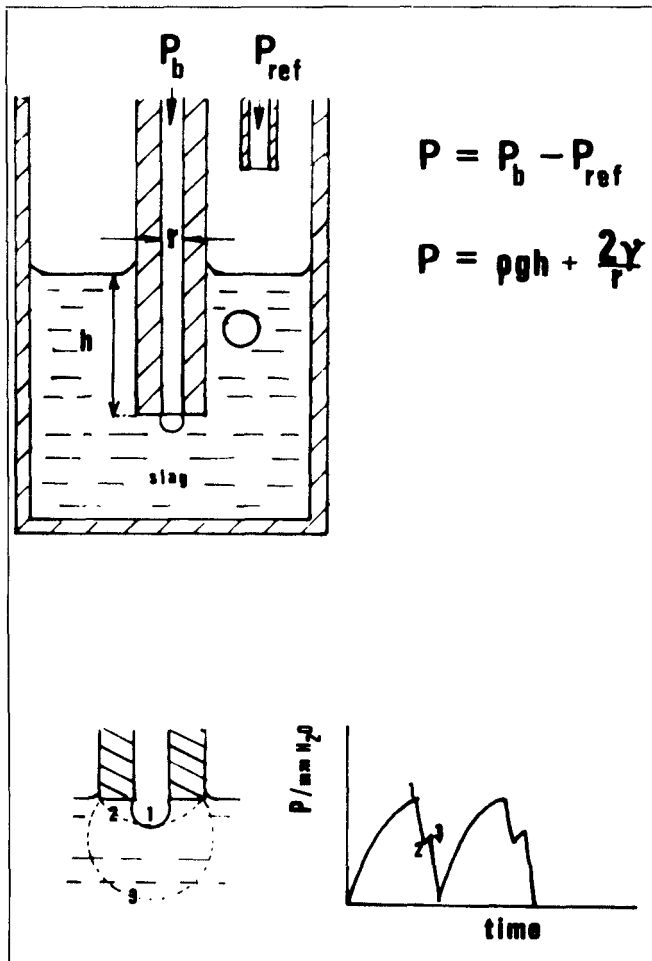


Fig. 23. (ref. 8)

Principle of measuring the surface tension by the maximum bubble pressure method.

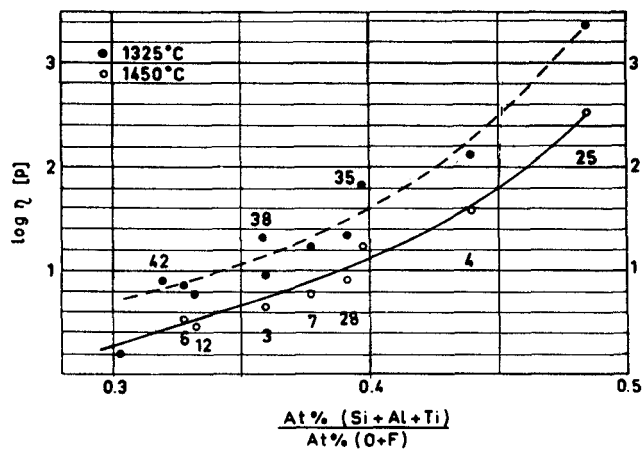


Fig. 22. (ref. 7)

Some results of viscosity measurements with casting powder slags.

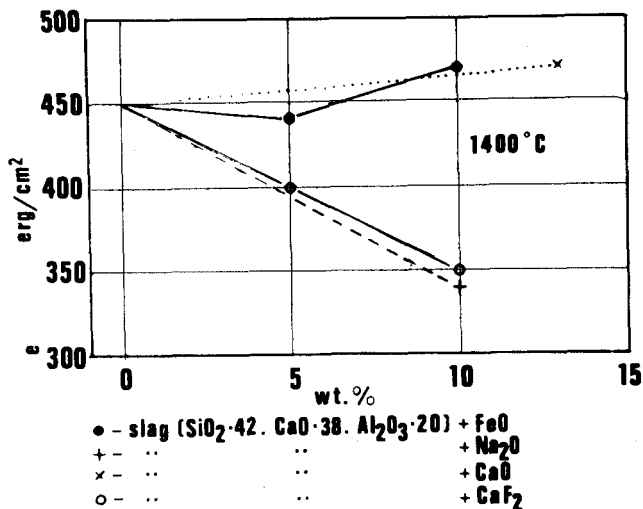


Fig. 24. (ref. 8)

Surface tension of the slag containing additions.



effect of the other two additives is expressively due to the reduction of the surface tension, which is an entirely different matter.

It may be mentioned in conclusion that in the mill of Rautaruukki Oy powders prepared by the company itself in accordance with the principles outlined here have been tried out with good success.

## 5. STUDIES OF COPPER LOSSES IN COPPER SMELTING

One of the practical problems in the pyrometallurgical production of copper has been to keep the copper content of the slag low enough. As long as the conventional reverberatory furnace was employed to melt the copper ore, the slag remained within the range of 0.35 to 0.5 % Cu, which was considered low enough. When such newer procedures were adopted as the flash smelting method of Outokumpu Oy, the copper content of the slag began to increase excessively (0.6 to 1.0 % Cu) and it became necessary to treat the slag separately. As still more modern processes, which admittedly mainly are in the stage of development, in which metallic copper is directly produced in one step, leave up to 10—20 % Cu in the slag, it is obvious that the clarification of this problem has become highly topical. Although the matter has been studied through decades, we are bound to admit that no unified and lucid picture has evolved of the states of equilibrium of copper ore and slag in different conditions. For this reason we have engaged in such equilibrium studies, in which our aim is gradually to obtain an overall idea of the matter. It is essential in our studies that we consider all these equilibrium reactions on the basis of the modern ionic theory, in contrast with many earlier studies. It may be mentioned furthermore that we do not concur with the earlier idea concerning the occurrence of metallic copper in the slag, according to which it would have been purely mechanically introduced. Since our test series are still largely uncompleted, it does not seem proper to give any more detailed account of them.

## 6. INJECTION METALLURGY IN ELECTRIC STEEL MELTING

It has become increasingly evident in recent years that a lot of technical innovations are needed in the manufacturing of steel in order that the manufacturing costs might be reduced and the quality of the steel improved. One of these technical methods of improvement is the so-called injection of solid powders into the molten steel. It may be mentioned that the French research centre IRSID has carried out major pioneer work expressively as regards the application of injection in connection with electric arc furnaces.

Those studies which I am going to review briefly were carried out at the Imatra steel mill of the company OVAKO Oy. The aim was to improve the homogeneity of the molten steel by the aid of gas agitation, while at the same time desoxidation of the steel was effected with powdery desoxidants. The principle diagram of the procedure is seen in Fig. 25.

In these studies, which are continuously pursued, we have found that correctly effected gas blowing homogenizes the steel melt considerably faster than what is possible in normal smelting. This is particularly important in the smelting of alloyed steels. The gases employed were argon and nitrogen. When pure nitrogen is injected, the solubility of nitrogen is surprisingly minimal, but it increases if powder is present in the gas jet. It was important in view of desoxidation that the total treatment period was shortened by ca 15 %, although the testing done so far has been inadequate. The grain size of the desoxidant powder is most decisive. Too fine powder, 0.1 to 0.2 mm, is not able to penetrate deep enough. The best results were obtained with 0.4—0.5 mm mean grain size. The studies continue with particular emphasis on the morphology of the slag inclusions of steel.

## 7. WETTING STUDIES IN CONNECTION WITH HARD METAL SINTERING, BASED ON TIC SYSTEMS

The wetting tests already referred to gave reason to study the wetting phenomena between titanium carbide and molten cobalt and nickel. It is well-known that attempts have long been made to produce a hard metal from titanium carbide instead of the conventional tungsten carbide. This has not been successful so far, and the cause of the failure has not been clarified.

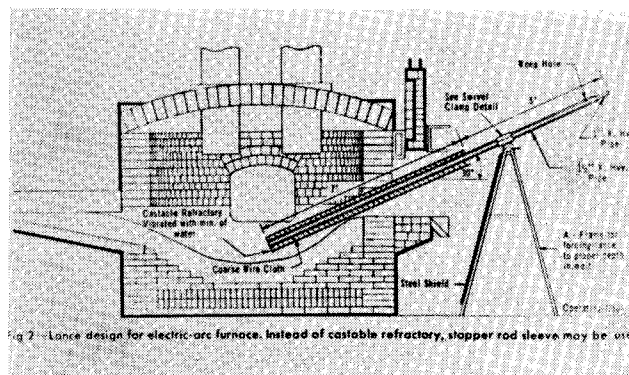


Fig. 25.

Principle of injection of powdered materials into molten steel bath.

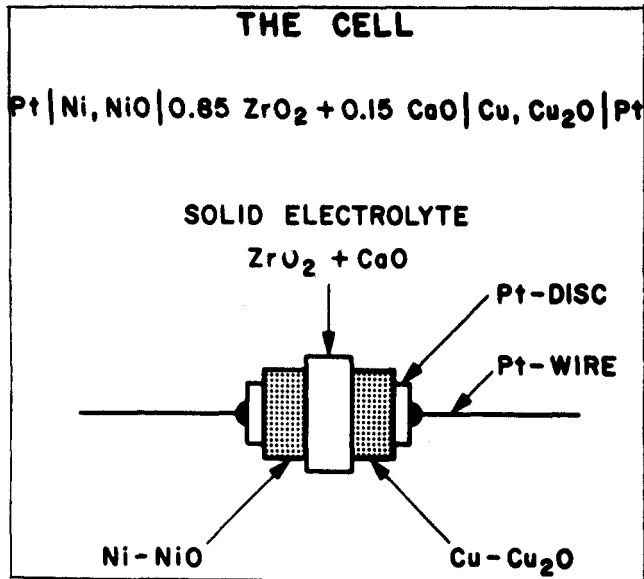


Fig. 26.

Principle of measuring the oxygen activity with the solid  $ZrO_2$ -CaO electrochemical cell.

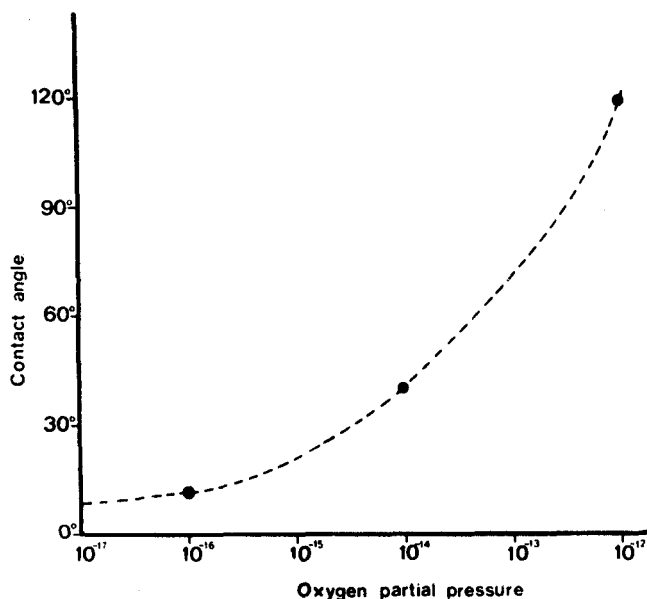


Fig. 27.

Change in wetting between molten Ni and solid TiC as function of  $P_{O_2}$  (1400 °C)

After this work was assigned to us as a common Nordic research project, we started from the working hypothesis that the wetting between TiC and cobalt or nickel was too poor, and that this in its turn was due to the fact that the surface of titanium carbide was passivated, or oxidized, in the sintering atmosphere. For this reason we started our studies by measuring the contact angles of the said substances at temperatures between 1400° and 1450°C in a hydrogen atmosphere, the oxygen potential of which was altered by means of small water vapour additions. The oxygen pressure measurements were made with a  $ZrO_2$ -CaO cell, the principle of operation of which is seen in Fig. 26. The results clearly revealed that the working hypothesis was correctly chosen (Fig. 27). Sufficient wetting between nickel and titanium carbide ( $\theta = 12^\circ$ ) is only obtained if the oxygen pressure in the atmosphere is less than  $10^{-15}$  to  $10^{-16}$  atm. When the oxygen pressure has gone up to  $10^{-12}$  atm, the wetting angle is about  $120^\circ$ , that is of the same order as that between nickel and titanium oxide.

These few examples from various fields were chosen to demonstrate the variety of research pursued at the Institute of process metallurgy of the Helsinki University of Technology. At the same time it was our desire to give an idea of the extremely close cooperation between the process metallurgy industry of our country and Institute that has been practiced during the last 25 years.

#### REFERENCES:

1. **K. R. Lilius:** Über die Keimbildung und über das Wachstum der Metallphase während der Reduktion des Kobalt-oxidis, Dissertation, 1972.
2. **P. Setälä:** Swelling of hematite pellets during reduction, Diploma Work, 1973.
3. **J. Mäkinen:** Kinetics and Morphology in the Reaction between Cuprous Sulphide and Hydrogen, 1973, Dissertation.
4. **L. Holappa:** Kinetics and mechanism of sulphation of cobalt and nickel oxides, Dissertation, 1970.
5. Investigation of Casting Powders, Spec. Report to Jernkontoret, 1973.
6. **J. Myyri:** On the Wetting Characteristics of Casting Slags, Diploma Work, 1971.
7. **R. Suppanen:** On the Viscosities of Casting Slags, Diploma Work, 1973.
8. **K. Seppälä:** On the Surface Tension of Casting Slags, Diploma Work, 1973.

#### SUOMENKIELINEN YHTEENVETO:

Kirjoituksessa on esitetty Tkk:n prosessimetallurgian laitoksessa suoritettua tutkimustyötä. Eri tutkimusalueista mainittakoon 1) kiinteän metallin syntymismekanismi pelkistysprosessissa, 2) epästökiometrian vaikutus oksidien kaasupelkistyksessä, 3) kobolttin ja nikkelin sulfatointimekanismi, 4) teräksen jatkuvavalussa käytettyjen valukuonien kehitystyö, 5) kuparikuonien kuparihäviöiden tutkiminen, 6) injektio-metallurgia, 7) kostutustutkimuksia systeemissä TiC ja TiC/Co.

# Neste - nesteutto tämän päivän prosessiteollisuudessa

Dipl.ins. R. Leimala, Outokumpu Oy, Harjavallan tehtaat

## JOHDANTO

Neste-nesteutto on kemiallinen yksikköprosessi, joka vasta aivan viime vuosina on noussut yleisemmin metallurgien tietoisuuteen. Menetelmä sinänsä on kuitenkin jo kauan ollut tunnettu analyttisen ja orgaanisen kemian sovellutuksissa.<sup>(1)</sup> Ensimmäinen uuton sovellutus metallien talteenottamiseksi ja puhdistamiseksi syntyi toisen maailmansodan loppuvaiheessa, kun laajamittaisempi uraanin tuotanto aloitettiin. Uuttomenetelmää on sittemmin käytetty myös ydinreaktioissa syntyvien radioaktiivisten jätteiden käsittelyssä sekä eräiden muiden meillä suomalaisille eksoottisten metallien valmistuksessa.

Varsinaisen läpimurtonsa neste-nesteutto teki kuitenkin vasta 1960-luvulla, jolloin syntyivät sen ensimmäiset teolliset sovellutukset perusmetallien osalta.

## UUTON PERUSTEITA

Neste-nesteuton perustana on aineiden erilainen jakautuminen kahden ominaisuuksiltaan erilaisen nesteen välillä. Toinen näistä liuksista on vesiliuos, josta metallin erottaminen tapahtuu, toinen liuos on orgaaninen veteen liukenematon tai hyvin niukkaliukoinen aine.

Metallien uutossa käytettävälle orgaaniselle liukselle asetetaan seuraavat perusvaatimukset:

1. Liukenematon veteen
2. Helposti juokseva
3. Tiheysero veteen verrattuna
4. Pystyy sitomaan metalleja
5. Helposti regeneroitavissa
6. Ainakin jonkin verran selektiivinen
7. Kemiallisesti stabiili
8. Yleisesti saatavissa
9. Ei liian kallis
10. Ei myrkyllinen.

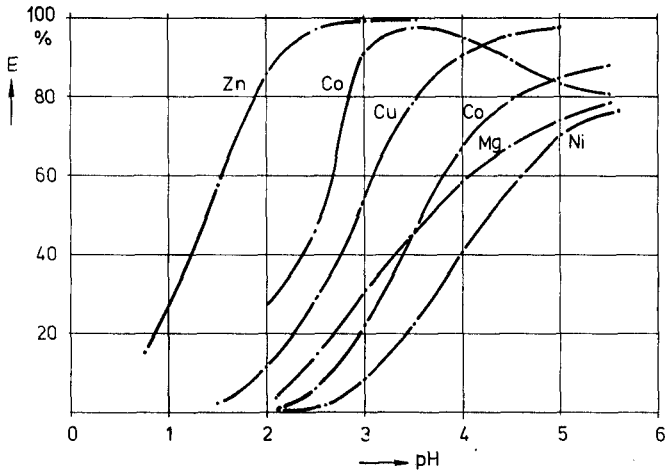
Koska on vaikea löytää aineita, joissa nämä kaikki ominaisuudet yhdistyvät, koostuu uutossa käytettävä orgaaninen liuos yleensä ainakin kahdesta eri osasta. Toinen näistä omaa metalleja sitovia ominaisuuksia (uuttoaine) kun taas toinen osa antaa liukselle sopivat fysikaaliset ominaisuudet (liuotin).

AINE	RAKENNE	KÄYTTÖ
TRIBUTYYLIFOSFAATTI (TBP)		URAAININ PUHDISTUS
Di-(2-ETYYLIHEKSYLI)-FOSFORIHAPPO (HDEHP)		URAAININ TALTEENOTTO LANTANIDIEN EROTUS
PRIMENE JMT	R <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	RAUDAN UUTTO
AMBERLITE LA-1, LA-2	R <sub>2</sub> NH	URAAININ TALTEENOTTO
ALAMINE 336	R <sub>3</sub> N	URAAININ TALTEENOTTO Co, Ni EROTUS
ALIQUAT 336	R <sub>4</sub> N <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup>	V, Cr O <sub>4</sub> <sup>=</sup>
NAFTEENIHAPOT		KAKSIARVOISIA METALLEJA
VERSATIC HAPOT		Cu, Ni EROTUS LANTANIDIT
LIX 63		KUPARIN UUTTO
LIX 65		KUPARIN UUTTO
KELEX 100		KUPARIN UUTTO

**Taulukko 1.** Tärkeimpiä uuttoaineita ja niiden käyttötarkoituksia.

**Table 1.** Some important extractants and their typical uses.

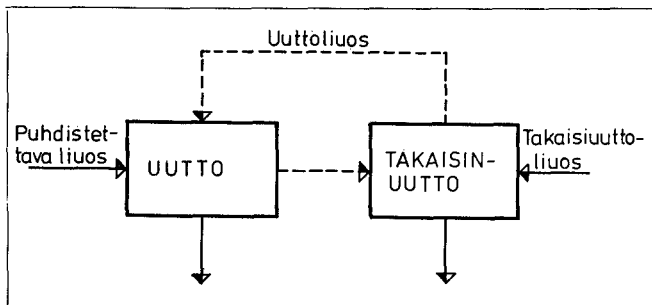
Uuttoaineita onkin kehitetty lukuisia joukko, mutta vain muutama niistä täyttää vaatimuksen, että niitä tulisi olla yleisesti saatavissa ja lisäksi kohtuulliseen hintaan. Taulukossa 1 on esitetty tavallisimpia uuttoaineita ja niiden käyttötarkoituksia. Suurin osa taulukossa esitetyistä aineista on sellaisia, jotka eivät ole selektiivisiä yhdelle määrätylle metallille, vaan niitä voidaan käyttää erilaisiin uuttotehtäviin uutettavan liuoksen luonteesta riippuen. Esimerkkinä tästä on



Kuva 1. Eräiden metallien uutautuminen HDEHP:lla.

Fig. 1. Extraction curves for some metals with HDEHP.

kuvassa 1 esitetty eräiden perusmetallien uutokäyriä, kun uuttoaaineena on di(2-etyyliheksyyli)-fosforihappo (lyh. HDEHP). Viime aikojen kehitys osoittaa kuitenkin mielenkiinnon suuntautuvan yhä suuremmissa määrin selektiivisiin uuttoaineisiin, joita taulukossa edustavat LIX- ja KELEX-laadut. Uuttoa-aineen valinnan ratkaisee kussakin tapauksessa uutettava metalli sekä liuosympäristö, josta metalli on poistettava.

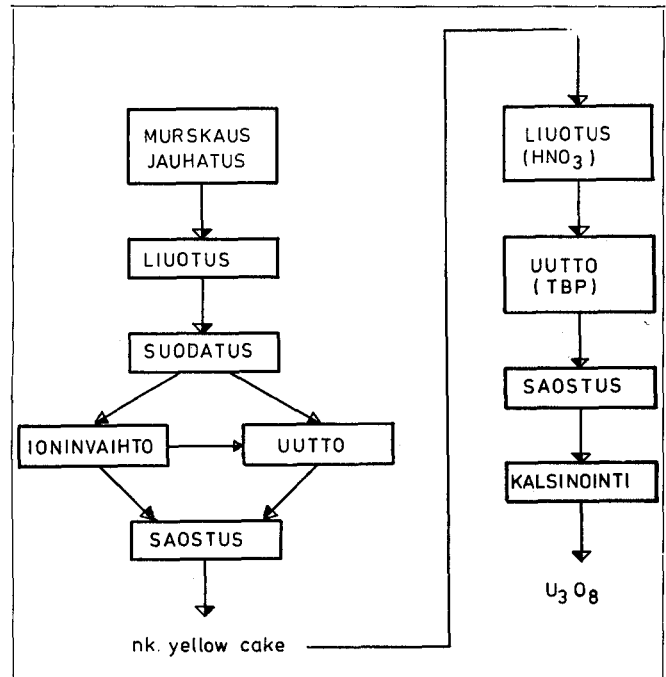


Kuva 2. Neste-nesteuuton periaate.

Fig. 2. Principal flowsheet for solvent extraction.

Takaisinuutto-osassa saadaan uutettu metalli siirtymään orgaanisesta liuksesta vesiliuokseen käyttämällä tarkoitukseen sopivaa vesiliuosta. Tämän ns. takaisinuuttoliuoksen koostumus riippuu käytetyn uuttoa-aineen ja uutetun metallin välisen sidoksen luonteesta. Koska sekä uutto- että takaisinuutto-osassa vesiliuoksen ja orgaanisen liuoksen tilavuusvirtaukset voivat olla suuruudeltaan erilaiset, voidaan uuton yhteydessä metalleja myös väkevöidä.

Metallurgisissa sovelluksissa käytetään uuttolaitteina yleensä ns. sekoitus-selkeytystyyppistä laitteistoa (engl. mixer-settler), jossa on erillinen osa nesteiden sekoittamista ja niiden erottamista varten. Sekä uutto- että takaisinuutto-osassa on yleensä useita tällaisia yksiköitä kytketty sarjaan liuosten virratessa vastavirtaperiaatteen mukaisesti. Muita uuttolaitteita ovat erilaiset kolonnit sekä sentrifuugit.



Kuva 3. Uraanimalmin käsittely.

Fig. 3. Processing of uranium ores.

## UUTON SUORITUSTAPA JA LAITTEET

Uuton periaatteellinen suoritustapa on esitetty kuvassa 2. Uutto-osaan syötetään puhdistettava liuos ja orgaaninen uuttoliuos. Kun olosuhteet on oikein valittu, saadaan metalli siirtymään orgaaniseen liuokseen, minkä jälkeen liuokset erotetaan ja orgaaninen liuos siirretään ns. takaisinuutto-osaan. Puhdistettu vesiliuos voidaan siirtää seuraavaan prosessivaiheeseen.

## UUTON TEOLLISIA SOVELLUTUKSIA

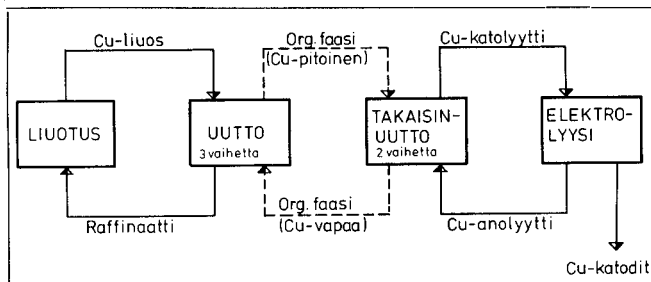
### 1. Uraani

Uraanin valmistus ydinreaktoreiden polttoaineeksi käsittää nykyään yleensä kaksikin eri uuttoprosessia. Uraanin valmistus malmista reaktoripuhtaaksi tuotteeksi tapahtuu kuvan 3 periaatteiden mukaisesti.<sup>(1, 2)</sup> Malmin liuotus tapahtuu rikkihapolla, harvemmin

natriumkarbonaatilla, jonka jälkeen uraani erotetaan liuoksesta käyttämällä ioninvaihtoa tai neste-neste-uttoa tai molempia. Uttoaaineena käytetään yleensä amiineja tai HDEHP:a. Saadusta eluointi- tai takaisinuuttoliuoksesta uraani saostetaan uranaattina, joka muodostaa markkinoitavan tuotteen, nk. yellow-caken. Tästä tuotteesta alkaa uraanin valmistuksen toinen vaihe liuottamalla uranaatti typpihappoon, josta uraani uutetaan tributyylifosfaatilla. Sen jälkeen seuraa uraanin saostus ja kalsinointi sekä muu jatkokäsittely isotooppirikastuksineen, sintrauksineen jne.

## 2. Kupari

Neste-nesteuuton tunnetuin metallurginen sovellutus on kuparin utto. (3) Prosessi perustuu 1960-luvulla kehitettyjen kuparille selektiivisten uttoa-aineiden käyttöön. Lähtöliuoksena on kasaliuotuksen

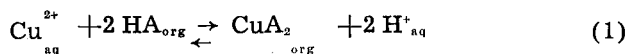


Kuva 4. Kupariuuton periaatekaavio.

Fig. 4. Principal flowsheet of copper production by solvent extraction.

avulla saatu laimea kupariliuos (1—3 g/l), josta kupari uutetaan käyttämällä noin 10 % LIX-liuosta. (Kuva 4).

Kuparin utto tapahtuu ioninvaihtoperiaatteella seuraavan yhtälön mukaisesti, kun LIX:stä käytetään merkintää HA:



Uuton yhteydessä vapautuu täten vesifaasiin kuparia vastaava määrä vetyioneja ja saatu hapan vesiliuos voidaan käyttää uudelleen kasaliuotuksessa. LIX-liuokselle, joka uttovaiheen jälkeen sisältää kuparia 1—2 g/l, suoritetaan takaisinuutto kuparielektrolyysistä tulevalle anolytyillä. Anolytiti korkean rikkipitoisuuden (150—200 g/l) vaikutuksesta tapahtuu nyt reaktio (1) oikealta vasemmalle, kupari saadaan jälleen vesiliuokseen ja samalla LIX-liuos palaa alkuperäiseen muotoonsa ja voidaan käyttää uudelleen utto-osassa. Takaisinuutosta saadusta vesiliuoksesta (40—60 g Cu/l) otetaan kupari talteen elektrolyttisesti liukenemattomia lyijyanodeja käyttäen. Tuotteena saadaan myyntikelpoisia kuparikatodeja.

Laitos	Tuotannon aloitus	Kapasiteetti t Cu/v	Liuoksen Cu-pitois. g Cu/l
Ranchers Exploration & Development co Bluebird Mine, Miami, Ariz. USA	1968	5000	3
Bagdad Copper Corp. Bagdad Ariz. USA	1970	7000	1—1,5
Nchanga Consolidated Copper Mines Ltd Nchanga, Sambia	1974	80000	2,5

Taulukko 2. Uuttomenetelmää käyttäviä kuparintuottajia.

Table 2. Copper producers using solvent extraction.

Yllä kuvatun periaatteen mukaan toimivia tehtaita on tällä hetkellä kolme (taulukko 2) ja eräitä uusia on suunnitteilla. Myös on kantautunut hajatietoja eräistä muista tehtaista, joissa kuparin uttoa käytetään tai suunnitellaan käytettäväksi liuospuhdistusvaiheena. Tarkempia tietoja ei kuitenkaan ole julkaistu.

## 3. Kobolttin erotus nikkelistä

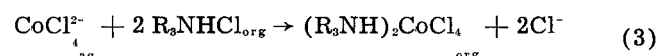
Kolmas usean vuoden käytössä ollut uuttoprosessi on Norjassa, Falconbridge Nickelverk A/S:llä. (4) Prosessissa liuotetaan noin 50 % nikkeliä sisältävää kiveä suolahappoliuokseen, josta suodatuksen jälkeen poistetaan ensin kolmiarvoiseksi hapetettu rauta uttamalla tributyylifosfaatilla ja sen jälkeen uutetaan koboltti ja kupari trioktyyliamiinilla.

Raudan utto tapahtuu assosiaatioyhdisteenä yhtälön (2) mukaisesti:



Raudan utto on hyvin selektiivinen. Takaisinuutto tapahtuu vedellä.

Kobolttin utto perustuu siihen, että se voimakkaassa kloridiliuoksessa muodostaa negatiivisia klorokomplekseja, jotka voidaan uttaa amiinilla:



Nikkeli sen sijaan ei muodosta negatiivisia klorokomplekseja eikä niin muodoin uttaudu amiineilla. Myös kobolttin ja kuparin takaisinuutto suoritetaan vedellä.

Alumiiniuuton avulla on mahdollista saada aikaan erittäin terävä kobolttin erotus nikkelistä, mutta haittana on tarvittava korkea kloridipitoisuus ja sen aiheuttamat materiaali-ongelmat. Myös liuottimena

käytetty aromaattinen hiilivety asettaa omat rajoituksensa. Niinpä norjalaiset käyttävätkin uutto-osan materiaaleina fenoliformaldehydimuovia, lasia ja teflonia.

#### 4. Uutto ympäristönsuojelussa

Osoituksena uutton sovellutusten moninaisuudesta on syytä mainita sen useat sovellutukset jäteliuosten puhdistuksessa. Uuttomenetelmiä on kehitetty niin orgaanisten kuin epäorgaanistenkin aineiden poistamiseksi. Esimerkkinä tältä alueelta mainittakoon ruotsalaisten kehittämä nk. Söderfors-prosessi metallien ja happojen talteenottamiseksi peittausliuoksista. (5) Käyttämällä TBP-uuttoa ja hydroksidisäosustusta saadaan liuoksen metallisisältö talteen lähes kokonaan ja hapoista 60—70 %.

#### 5. Kehitysnäkymät

Edellä mainittujen jo teollisen sovellutuksen saaneiden prosessien lisäksi on kehitetty valmiiksi useita muita menetelmiä, jotka lähivuosina tullevat teolliseen käyttöön. Erityisen mielenkiinnon kohteena näyttää olevan ammoniakkaalinen liuotus kuparille ja nikkelle sekä metallien talteenotto saadusta liuoksesta, (6, 7) samoin uutton käyttö liuospuhdistusvaiheena. (8, 9) Myös on syytä mainita uuttoprosessit metallien talteenottamiseksi romuista. (10)

Viime vuosina markkinoille tulleet uudet uuttoaineet ovat kaikki olleet kupariselektiivisiä ja niin ollen kilpailijoita LIX:lle. Yleisesti on kuitenkin tiedostettu selektiivisten uuttoaineiden tarve myös muille perusmetalleille, mutta ainakaan toistaiseksi ei tässä kehitystyössä liene onnistuttu. Käyttämällä useampien kaupallisten uuttoaineiden seoksia voidaan kuitenkin uuttoprosessin variaatiomahdollisuuksia edelleen lisätä. (11)

#### YHTEENVETO

Viime aikoina tehtyjen kustannuslaskelmien valossa uutto on kilpailukykyinen useimpien käytössä olevien prosessien kanssa. (12) Mikään muut prosessit syrjäyttävä menetelmä ei uutto ole, vaan pikemminkin yksi varteenotettava vaihtoehto entisten lisäksi. Tämän vuoksi olisikin vältettävä uutton tarkastelemista erillisenä ja otettava huomioon prosessikokonaisuus, jonka osana uutto on.

Uuton suurimpina etuina voidaan mainita

- jatkuvatoiminen toteutustapa
- mahdollisuus korkeaan automaatioasteeseen
- ympäristöystävällisyys (suljetut kierrot, ei kaasuja)
- pieni kemikalikulutus (regenerointi, kierrätys)

Riittävän kokemuspohjan puuttuessa sisältyy uuttoprosesseihin toistaiseksi myös epävarmuustekijöitä, joista useimmin mainittuja ovat uuttoainehäviöt ja

niiden vaikutus muihin prosessivaiheisiin tai käsiteltäessä jäteliuoksia, ympäristöön. Myös uuttoprosessien kustannuksiin liittyvät tiedot ovat vielä puutteellisia.

Vaikka uutton teollisten sovellutusten määrä metallien osalta onkin toistaiseksi hyvin rajoitettu, on tutkimus- ja kehitystoiminta alalla erittäin vilkasta. Niinpä onkin odotettavissa, että uutton merkitys lähitulevaisuudessa tulee huomattavasti kasvamaan myös perusmetallien valmistuksessa.

#### KIRJALLISUUS

1. R. E. Treybal, Liquid Extraction, McGraw-Hill Book Company, New York, 1963
2. W. A. Gow & G. M. Ritcey, The Treatment of Canadian Uranium Ores — A Review  
Can. Min. Met. Bull., 62 (1969), s. 1330—1339
3. J. Krüger, Kupfer-Gewinnung durch Solventextraktion und anschließende Elektrolyse  
Chemie-Ing.-Techn. 45 (1973), s. 154—157
4. E. Wigstøl & K. Frøyland, Solvent Extraction in Nickel Metallurgy, The Falconbridge Matte Leach Process, Esitelmä Int. Symp.: Solvent extraction in metallurgical Processes, Antwerpen, 1972
5. J. H. Dempster & P. Bjoerklund, Operating Experience in Recovery and Recycling of Nitric and Hydrofluoric Acid from Waste Liquors,  
Can. Min. Met. Bull., 68 (1975), s. 94—97
6. Anon., Anaconda Company's Arbiter Process,  
Eng. Min. J., 174 (1973), s. 74—75
7. R. D. Eliassen & E. Edmunds, Jr, The S.E.C. Nickel Process,  
Can. Min. Met. Bull., 67 (1974), s. 82—85
8. I. J. Itzkovitch, V. A. Ettel & A. S. Gendron, Copper Removal from Thompson Nickel-anolyte by Solvent Extraction  
Can. Min. Met. Bull., 67 (1974), s. 92—96
9. B. Nyman & R. Leimala, Sinkimpoisto koboltti- ja nikkelsulfaattiliuoksista käyttämällä neste-nesteeuttoa  
Kem. Teoll. 29 (1972) 10, s. 685—690
10. A. W. Fletcher, Metal Extraction from Waste Materials,  
Chem. Ind., July 1971, s. 776—780
11. B. G. Nyman & L. Hummelstedt, Use of Liquid Cation Exchange for Separation of Nickel (II) and Cobalt (II) with Simultaneous Concentration of Nickel Sulphate  
Proc. Int. Solvent Extraction Conference I.S.E.C. 74, Lyon 1974, s. 669—684
12. J. Dasher, Economics of SX and its alternatives for uranium and copper  
Proc. Int. Solvent Extraction Conference I.S.E.C. 74, Lyon 1974, s. 2817—2835

#### SUMMARY

##### Solvent extraction in the process industry

A short description of the general principles of solvent extraction is given. The use of solvent extraction for metal recovery and treatment of waste solutions is briefly reviewed.

Although solvent extraction is a relatively young field of technology, the successful operation of uranium and copper solvent extraction plants has proved the benefits of this method. Intensive research work is being carried out and many processes have been tested in pilot plant scale. Economic calculations have shown that solvent extraction is competitive with most other processes.

# Raneynikkelikatalyytin valmistus nikkeli- ja alumiinipulverista ja sen aktiivisuus metaanin höyryreformoinnissa

Prof. Väinö Veijola, dipl.ins. Mikko Lukkarinen ja dipl.ins. Matti Härkönen,  
Oulun Yliopisto, Prosessiteknikan osasto

Eräs tapa valmistaa aktiivisia katalyyttejä on liuottaa metalliseoksesta, tavallisimmin alkaliin, siihen liukeneva metalli. Tällaista metalliseosta kutsutaan seuraavassa raneyseokseksi ja siitä saatua katalyyttiä raneykatalyytiksi. Tavallisimpia raneyseoksia ovat NiAl-seokset ja raneykatalyyttejä niistä valmistetut nikkelikatalyytit /1/. Raneynikkelikatalyytti valmistetaan lähes poikkeuksetta metalleja sulattamalla saadusta NiAl-seoksesta /2/.

Näitä poikkeustapauksia ei kirjallisuudessa ole monia mainittu. Eräs tapa valmistaa raneynikkeliseosta on puristaa alumiinilevy kahden ohuen nikkeli-levyn väliin ja kuumentaa ja valssata sitä /3/. Toinen tapa on ruiskuttaa sulaa alumiinia nikkeli-levyn /4..7/ tai nikkeli-putken /5,8/ pinnalle ja kuumentamalla saada syntymään metallien rajapinnalle raneynikkelikerros. Edelleen voidaan nikkelin pinnalle saada syntymään raneyseosta kastamalla nikkelikappale sulaan alumiiniin /5/.

Ehkä tärkein, mutta silti vähän tutkittu raneyseoksen valmistusmenetelmä on puristaa ja sintrata metallipulveriseoksia. Yamanaka /9/ on jo v. 1955 esittänyt menetelmän valmistaa raneyseoksia puristamalla alumiini- ja nikkeli-pulvereita briketeiksi ja sintraamalla ne lämpötilassa 700°C. Myös Appelt ja Dymaczewski /10/ ovat valmistaneet samalla tavalla raneynikkeliseosta ja todenneet sen sisältävän melkein puhtaina  $\beta$ -faasia, NiAl<sub>3</sub> ja  $\gamma$ -faasia, Ni<sub>2</sub>Al<sub>3</sub>.

Tässä työssä tutkittiin raneynikkelikatalyytin valmistusta seoksesta, joka oli valmistettu nikkeli- ja alumiinipulvereista. Raneyseoksen valmistuksessa muuttujina olivat lähinnä pulveriseoksen puristus-paine ja brikettien sintrauslämpötila. Sintratusta briketistä valmistetun raneynikkelikatalyytin katalyyttistä aktiivisuutta tutkittiin metaanin höyryreformoinnissa. Saatuja aktiivisuuksia verrattiin vastaavissa olosuhteissa saatuihin raneynikkelin aktiivisuuksiin, joissa NiAl-seos oli valmistettu metalleja sulattamalla /1/.

## KOKEELLINEN OSA

Alumiinipulverin (Merck) puhtausaste oli noin 90 % ja raekoko 50..70  $\mu\text{m}$ . Epäpuhtauksina oli rasvoja noin 1 %, rautaa 0,5 % ja raskaita metalleja, mm. lyijyä 0,03 %. Nikkelipulverin (Merck) puhtausaste oli 99 % ja raekoko 20..40  $\mu\text{m}$ .

Alumiini- ja nikkeli-pulveria punnittiin erään yhtä suuri massamäärä kumpaakin, 20..30 g. Pulverit sekoitettiin huolellisesti, ja puristusmuotti täytettiin seoksella. Muotin halkaisija oli 8,0 mm ja yhden puristetun briketin paksuus 2,0 mm ja paino noin 0,4 g. Puristus suoritettiin joko käsikäyttöisellä 6 t:n maksimipuristus-paineen omaavalla tai 30 t:n automaattisella puristimella. Puristus-paineina käytettiin 400, 800 ja 1200 MPa. Kyseisessä paineessa puristus kesti 10..15 sekuntia.

Yhdessä kokeessa (11) sekoitettiin pulverin joukkoon 2 % steariinihappopulveria liukastusaineeksi.

Valmistetut briketit sintrattiin hehkutus-uunissa. Tutkitut sintrauslämpötilat olivat 700, 800 ja 900 °C. Jokaisessa sintrauksessa brikettierä pantiin ensin uuniin, ja tämän jälkeen kytkettiin virta päälle. Haluttu lämpötila saavutettiin noin tunnissa ja brikettejä pidettiin siinä joko 1 tunti tai 5 tuntia. Mikäli puristettu briketti pannaan suoraan kuumaan uuniin erkanee alumiini sulana briketin pinnalle, eikä näin saada syntymään homogeenista raneyseosta. Osassa sintrauksia käytettiin suojakaasuna argonia, osassa ei ollut suojakaasua lainkaan. Edelliset poistettiin uunista, kun lämpötila oli laskenut 300 °C:een ja jälkimmäiset välittömästi kuumennusajan päätyttyä. Jäähdyneet sintratut briketit murskattiin ja käyttöön otettiin raekoko 1,68..2,00 mm.

Sintrattua murskettua 1,68..2,00 mm otettiin kuhunkin liuotuserään 5 g. Alumiinista liuotettiin pois 30 % 0,25 N NaOH liuoksella lämpötilassa 80 °C. Liuotus lopetettiin, kun vetyä oli kehittynyt 1020 ml. Valmistettu katalyytti pestiin vedellä ja pantiin lopuksi etanoliliuokseen, josta se vuorokauden sisällä punnittiin käyttöön.



Metaanin höyryreformointilaitteisto oli sama kuin aikaisemmissa tutkimuksissa /1/. Koemenettely oli joka kerralla sama. Kunkin kokeen alussa johdettiin ensin tyypeä reaktorin läpi, pantiin sitten lämmitys päälle ja alettiin johtaa vesihöyryä. Kun lämpötila oli noussut 450 °C:een otettiin 3 kolmen näytteen sarjaa analyysijä. Tämä toistettiin 550 ja 650 °C:ssa, jonka jälkeen lämpötila laskettiin ensin 550 ja sitten 450 °C:een, ja näissä lämpötiloissa tehtiin samat analyysit. Kuhunkin kokeeseen kului aikaa 4..6 tuntia. Raneynikkelikatalyytin valmistusolosuhteet, metaanin reformointiolosuhteet ja koetulokset on esitetty taulukossa 1.

### TULOSTEN TARKASTELUA

Alumiini- ja nikkelpulveriseos muodosti koossapysyvän briketin jo paineella 200 MPa. Nostettaessa puristusaine 400 MPa:sta 800 MPa:iin ja edelleen 1200 MPa:iin ei brikkettien tiheys muuttunut sanottavasti. Puristuksessa liikkuvan männän puoleinen briketin pinta oli tiiviimpää kuin liikkumattoman männän puoleinen pinta. Puristuksessa brikketti muodostui jonkin verran liuskeiseksi ja oli suurinta painetta käytettäessä selvästi heikompaa keskeltä kuin pinnoilta. Käytettäessä liukastusaineena steariinihappoa brikketit olivat paljon tasalaatuisempia.

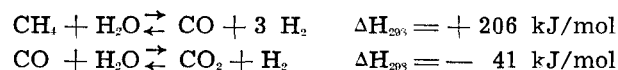
Sintrauksessa brikkettien metallinen kiilto hävisi ja ne muuttuivat harmaiksi. Samalla brikkettien lujuus kasvoi. Suojakaasussa sintratut brikketit olivat jonkin verran lujempia kuin ilman suojakaasua sintratut.

Sintrausajan kasvaessa 1 tunnista 5 tuntiin brikkettien lujuus pysyi samana. Sensijaan sintrattujen

brikkettien lujuus tuli suuremmaksi sintrauslämpötiloissa 800 ja 900 °C kuin 700 °C.

Alumiini liukeni suojakaasussa valmistetuista sintterirakeista ko. liuotusolosuhteissa suhteellisen nopeasti, n. 50 ml H<sub>2</sub>/min. Liukenemisnopeus oli lähes yhtä suuri kuin samankokoisten sulattamalla valmistettujen raneyrakeiden vastaavissa olosuhteissa /1/. Ilman suojakaasua sintratut (800 °C) rakeet liukenevat huomattavasti hitaammin, ensin noin 10 ml H<sub>2</sub>/min ja lopussa vain noin 1 ml H<sub>2</sub>/min. On ilmeistä, että sintrauksessa ilman suojakaasua osa pinta-alumiinista hapettui oksidiksi ja tämä hidasti allaolevan metallisen alumiinin liukenemistä. Sintrauslämpötila ilman suojakaasua vaikutti huomattavasti alumiinin liukenemisnopeuteen. Tällöin lämpötilassa 700 °C sintratut rakeet liukenevat nopeimmin, mutta kuitenkin hitaammin kuin 800 °C:ssa suojakaasussa sintratut. Sintrauslämpötilan ollessa 800 °C ilman suojakaasua hidastui liukeneminen melkoisesti ja sintrauslämpötilassa 900 °C vielä enemmän. Kokonaisliuotusaika nähdään eri kokeille taulukosta 1.

Valmistettujen raneynikkelien katalyyttinen aktiivisuus tutkittiin metaanin höyryreformoinnissa. Metaanin höyryreformointi voidaan kuvata kahdella reversiibelillä tasapainoyhtälöllä:



Tärkeätä on, että vesihöyrymäärä on riittävän suuri, ettei prosessissa synny nokea. Tässä tutkimuksessa höyrysuhte H<sub>2</sub>O/CH<sub>4</sub> pyrittiin pitämään 5:nä (Taulukko 1).

**Taulukko 1.** Raneynikkelin katalyyttinen aktiivisuus höyryreformoinnissa.

**Table 1.** The activity of Raney nickel in steam reforming of methane.

Alumiinin liuotus: 0.25 N NaOH, 80 °C. Alumiinista pois 30 %, joka vastasi 1020 ml H<sub>2</sub>/5 g sintteriiä.

Katalyyttipanos: 1 g raneynikkeliä + 4 g inerttiä (2,7 ml); raekoko 1.68...2.00 mm.

Metaanin virtaus: 0.4 mol/h; tilavuusvirtaus 3300 til.yks. (NTP) / katalyytin til.yks. tunnissa.

	b										c	d	
Kokeen numero	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Puristus, MPa	—	400	800	1200	400	800	1200	800	800	400	800	800	
Sintrauslämpötila, °C	—	800	800	800	800	800	800	700	900	800	700	800	
Sintrausaika, h	—	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	
Suojakaasu, Ar	—	Ei	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	
Liuotusaika, min	40	90	90	90	30	30	30	60	240	90	10	60	
a <sub>CH<sub>4</sub></sub> /d a)	450 °C	0.08/5.0	0.35/4.8	0.20/4.8	0.35/4.7	0.40/4.8	0.35/4.1	0.30/4.9	0.35/4.6	0.55/4.4	0.45/4.6	0.10/4.6	0.20/5.0
	550 °C	0.46/5.0	0.70/4.9	0.65/5.0	0.75/4.9	0.65/4.9	0.80/4.4	0.65/5.0	0.75/4.8	0.70/4.7	0.70/4.7	0.60/4.8	0.65/4.7
	650 °C	0.81/5.0	0.85/5.1	0.85/5.1	0.90/4.9	0.85/5.0	0.90/4.6	0.80/5.4	0.85/5.0	0.75/4.7	0.85/4.9	0.80/5.2	0.80/4.7
	550 °C	0.61/5.0	0.80/4.9	0.80/5.1	0.85/4.7	0.75/4.8	0.85/4.4	0.70/5.2	0.85/4.8	0.75/4.8	0.80/4.7	0.75/5.0	0.70/4.8
	450 °C	0.27/5.0	0.55/4.6	0.40/4.8	0.65/4.5	0.50/4.5	0.60/4.1	0.40/5.0	0.60/4.3	0.60/4.5	0.55/4.4	0.35/4.6	0.45/4.3
a <sub>CO</sub> /d	450 °C	1.00/5.0	1.05/4.8	1.05/4.8	1.05/4.7	1.05/4.8	1.05/4.1	1.05/4.9	1.05/4.6	1.05/4.4	1.05/4.6	1.05/4.6	1.05/5.0
	550 °C	1.12/5.0	1.15/4.9	1.10/5.0	1.15/4.9	1.15/4.9	1.15/4.4	1.10/5.0	1.10/4.8	1.15/4.7	1.15/4.7	1.15/4.8	1.10/4.7
	650 °C	1.11/5.0	1.25/5.1	1.20/5.1	1.25/4.9	1.25/5.0	1.25/4.6	1.20/5.4	1.25/5.0	1.25/4.7	1.25/4.9	1.30/5.2	1.15/4.7
	550 °C	1.11/5.0	1.15/4.9	1.10/5.1	1.10/4.7	1.15/4.8	1.10/4.4	1.10/5.2	1.10/4.8	1.10/4.8	1.15/4.7	1.15/5.0	1.10/4.8
	450 °C	1.04/5.0	1.05/4.6	1.05/4.8	1.05/4.5	1.05/4.5	1.05/4.1	1.05/5.0	1.05/4.3	1.05/4.5	1.05/4.4	1.05/4.6	1.05/4.3

a<sub>CH<sub>4</sub></sub>/d on saadun konversion suhde tasapainokonversioon (X<sub>CH<sub>4</sub></sub>/X<sub>e, CH<sub>4</sub></sub>) vesihöyrysuhteella d = H<sub>2</sub>O/CH<sub>4</sub>.

a<sub>CO</sub> on vastaavasti X<sub>CO</sub>/X<sub>e, CO</sub> X<sub>CO</sub>/X<sub>e, CO</sub> höyrysuhteella d.

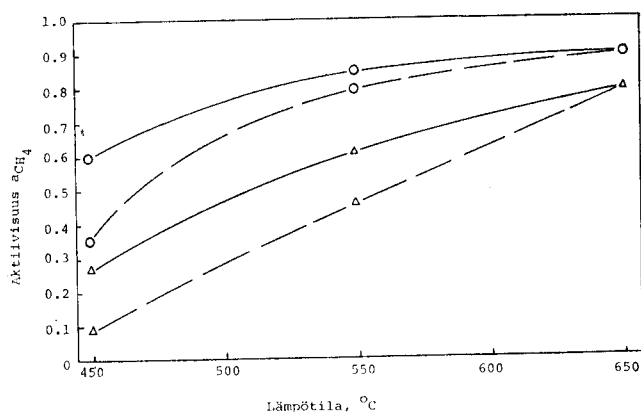
b) Koe 0 vastaa viitteen 1 sulattamalla tehdystä NiAl-seok sesta valmistetulla raneynikkelikatalyytillä suoritettua koetta 18

c) Pulveriseokseen lisättiin 2 % steariinihappoa.

d) Raneynikkelikatalyytti valmistettiin viitteen 1 NiAl-pulverista.

Suoritetut metaanin reformointikokeet osoittivat, että pulvereista valmistetut raneynikkelikatalyytit olivat hyvin aktiivisia tutkitulla lämpötila-alueella, 450..650 °C. Eri tekijöiden vaikutusta valmistetun raneynikkelin katalyyttiseen aktiivisuuteen voidaan verrata taulukon 1 esittämien tulosten pohjalta. Taulukossa 1 on huomioitu kunkin kokeen raneynikkelin aktiivisuus metaanin suhteen  $a_{\text{CH}_4} = X_{\text{CH}_4} / X_{\text{e, CH}_4}$  ja hiilimonoksidin suhteen  $a_{\text{CO}} = X_{\text{CO}} / X_{\text{e, CO}}$  samoin perustein kuin aikaisemmassa tutkimuksessa /1/. Näin määritelty katalyytin aktiivisuus ottaa huomioon vesihöyrysuhteen  $d = \text{H}_2\text{O} / \text{CH}_4$  muuttumisesta aiheutuneen tasapainokonversion muuttumisen, mutta ei huomioi tämän muutoksen vaikutusta viipymisaikaan. Reaktion tapahtuessa on katalyytin aktiivisuus hiilimonoksidin suhteen aina lähes yksi, joten voidaan katsoa hiilimonoksidin ja vesihöyryn välisen reaktion olevan kaikissa olosuhteissa tasapainossa. Tästä syystä seuraavassa tarkastellaan vain raneynikkelin aktiivisuutta metaanin suhteen, jossa selvästi on havaittavissa eroavuuksia.

Yleisesti voidaan taulukon 1 aktiivisuusarvoista metaanin suhteen todeta, että sen suurimmat arvot ovat poikkeuksetta korkeimman lämpötilan 650 °C kohdalla. Mitä alempi on lämpötila ollut, sitä kauempana on konversio ollut tasapainokonversiosta eli aktiivisuus on sitä alhaisempi. Edelleen todetaan, että aktiivisuusarvot ovat aina lämpötilan nousuvaiheessa pienemmät kuin lämpötilan laskuvaiheessa. Tämä näkyy selvästi kuvasta 1, jossa on kuvattu kokeen 5 ko. aktiivisuudet metaanin suhteen eri lämpötiloissa.



Kuva 1. Raneynikkelin aktiivisuus metaanin höyryreformoinnissa eri lämpötiloissa.

Fig. 1. The activity of Raney nickel in steam reforming of methane at different temperatures.

— — — aktiivisuus lämpötilan nostovaiheessa  
 — — — aktiivisuus lämpötilan laskuvaiheessa  
 —○— koe 5  
 —△— koe 0, katalyytti valmistettu sulattamalla tehdystä NiAl-seoksesta /1, koe 18/

Verrattaessa alumiini- ja nikkelpulverista valmistetun raneynikkelin aktiivisuutta sulattamalla tehdystä NiAl-seoksesta valmistetun raneynikkelin aktiivisuuteen (taulukko 1, koe 0 tai koe 18 viitteessä 1) nähdään taulukon 1 arvoista ja kuvan 1 kuvaajista, että pulvereista valmistettu raneynikkeli on aktiivisempää kuin sulattamalla valmistettu. Kun höyryreformointi on tapahtunut lämpötilassa 650 °C, niin molemmat katalyytit ovat aktivoituneet siinä määrin, että niiden aktiivisuudet lämpötilan laskuvaiheessa ovat suuremmat kuin nostovaiheessa.

Taulukon 1 aktiivisuusarvoista metaanin suhteen nähdään, ettei eri kokeissa havaittu suuria poikkeamia. Monista prosessimuuttujista, varsinkin vesihöyrysuhteen  $d$  muuttumisesta johtuen ei vähäisistä aktiivisuusarvoeroista voida tehdä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä.

Puristuspuheen ollessa 400, 800 ja 1200 MPa ja sintrauslämpötilan 800 °C puristuspuheen muuttuminen ei vaikuttanut sanottavasti raneynikkelin aktiivisuuksiin eri lämpötiloissa, kuten nähdään vertaamalla kokeissa 1, 2 ja 3 saatuja aktiivisuusarvoja metaanin suhteen.

Kokeissa 4, 5 ja 6 toistettiin edellisessä kappaleessa tehdyt puristuspuheen vaikutusta selvittävät kokeet, mutta nyt sintraus oli suoritettu argon-suojakaasussa lämpötilassa 800 °C. Argon-suojakaasun käyttö lyhensi huomattavasti alumiinin liuotusaikaa, mutta sillä ei näyttänyt olevan sanottavaa vaikutusta raneynikkelin aktiivisuuksiin metaanin suhteen.

Sintrauslämpötilojen 700, 800 ja 900 °C vaikutusta tutkittiin kokeissa 7, 2 ja 8. Sintrauksissa ei käytetty suojakaasua ja puristuspuheen oli kaikissa kokeissa 800 MPa. Sintrauslämpötilan muuttuessa 700 °C:sta 800 °C:een ei raneynikkelin aktiivisuuksissa havaita suuria eroavuuksia, mutta lämpötilassa 900 °C sintratun raneynikkelin aktiivisuus oli poikkeuksellisen suuri heti 450 °C:ssa ja toisaalta pieni 650 °C:ssa.

Sintrausajan kasvaessa tunnista (koe 1) 5 tuntiin (koe 9) ei tällä näyttänyt olevan sanottavaa vaikutusta raneynikkelin aktiivisuuteen.

Kokeessa 10 lisättiin alussa alumiini- ja nikkelpulverien joukkoon 2 % steariinihappopulveria liuotusaineeksi. Sen käyttö nopeutti huomattavasti alumiinin liukenemistä ja pienensi raneynikkelin aktiivisuutta lämpötilassa 450 °C sekä lämpötilan nousu- että laskuvaiheessa.

Koetta 11 varten jauhettiin sulattamalla valmistettua raneynikkeliseosta hienoksi ja siitä puristettiin brikettejä puristuspuheella 800 MPa ja jotka sintratettiin ilman suojakaasua 800 °C:ssa. Verrattaessa tulosta alumiini- ja nikkelpulverista lähtemällä tehdyn vastaavan kokeen 2 tulokseen ei liuotuksen eikä aktiivisuuden suhteen havaita suuriakaan eroja.

Suomen Akatemia on tukenut tutkimusta apurahoin.

## KIRJALLISUUS

1. **Veijola V. ja Härkönen M.**, Raneynikkelin valmistus ja aktiivisuus metaanin höyryreformoinnissa. *Kemia — Kemi*. 2 (1975) s. 429...433.
2. **Beaudet G.**, Preparation and regeneration of Raney nickel. *Compt.rend.congr.intern.chim.ind.*, 31 Liège, 2 (1958), s. 564...565.
3. **Yasumura J., Yoshino T. ja Abe S.**, New Method of preparing a Nickel Catalyst. *Ind.Eng.Chem., Prod.Res. Develop.* 7 (1968), s. 252...254.
4. **Yasumura J. ja Yoshino T.**, Laminated Raney nickel catalyst. *Ind.Eng.Chem., Prod.Res. Develop.* 11 (1872) 3, s. 290...293.
5. **White Ph.G.**, Preparation of a Raney catalyst surface. U.S. Pat. 2583619.App. 15 March, 1944, Acc. 29 January, 1952.
6. **Ohki T.**, Raney nickel catalyst from thin nickel sheets. Japan, Pat. 11,286. App. 22 Jun, 1971. Acc. 12 Feb, 1973.
7. **Ohki T.**, Raney nickel catalyst from thin nickel sheets. Japan, Pat. 11,287. App. 22 Jun, 1971. Acc. 12 Feb, 1973.
8. **Haynes W. P., Elliott J. J., Youngblood A. J. ja Forney A. J.**, Operation of a sprayed Raney nickel tube wall reactor for production of a high-Btu gas. *Amer.Chem. Soc., Div. Fuel Chem., Prepr.* 14 (1970) 4, s. 26...48. (Ref. C.A. 76 (973), 115850 p.).
9. **Yamanaka T.**, Effect of conditions for the preparation of Raney alloy on its catalytic activity. *Repts. Sci. Research Inst.* 31 (1955), s. 58...64.
10. **Appelt K. ja Dymaczewski J.**, New method of preparation of Raney nickel catalyst. *Przemysl Chem.* 42 (1963), s. 176.

## SUMMARY

Preparation of Raney nickel catalysts from nickel and aluminium powders and their activity in steam reforming of methane.

Raney nickel alloy was prepared from nickel and aluminium powders. The powders were thoroughly mixed and then pressed into briquettes using pressures of 400, 800 and 1200 MPa. Stearic acid was used as a lubricant in one run. The briquettes were sintered in a furnace at temperatures of 700, 800 and 900 °C in the presence of argon or air generally for one hour. The cooled briquettes were crushed and the fraction of 1.68...2.00 mm was taken into use.

From these granules aluminium was dissolved to the extent of 30 % with alkali. The dissolution was rapid when the sintering was carried out under argon gas and stearic acid was used in the briquettes.

When the sintering was carried out at 900 °C, the activity of Raney nickel was low in reforming methane with steam at temperatures of 450...650 °C. Otherwise the changes of the different variables employed had only a minor effect on the activity of the Raney nickel prepared.

The activities of the Raney nickel prepared were good in all experiments at 650°C. The conversions of methane were near the equilibrium value at high temperatures, but then decreased at lower temperatures.

Besides the metal powders, the proper fraction of granules was also obtained from the Raney alloy powder and from the Raney alloy prepared by melting the nickel and aluminium metals. By comparing the activities of Raney nickel obtained from these alloy granules, they were found to be almost equally active catalysts at similar temperatures.

The method investigated here gives a good possibility to prepare various kinds of active Raney catalysts in an easy way.

## SUMMARY

from p. 105

### Sampling in the invention of the Sokli phosphate ore

The Sokli phosphate ore is a regolithic formation overlying carbonate complex. Mineralogically and chemically it is very heterogeneous varying by mechanical nature from soft, mud like to hard, glacial drift like material. Dependable sampling for the inventory of this kind of phosphate ore is a problem. The sampling at Sokli has been carried out chiefly by conventional diamond drilling, dry drilling and auger drilling. The dry drilling (core diameter generally 76 mm, hard metal bits and no spooling water) has given the best results. The dry drilling samples have made it possible to determine all the necessary parameters with satisfactory precision for inventory of the ore: volume, quality of the ore, diversity of phosphorite types, weight of volume, granulometric composition, content of mud and moisture. The dry drilling is recommended as a sampling method for the research and invention of regolithic and weathered soft ores.

Acknowledgement. — Director H. Paarma and Dr. J. Nuutilainen kindly read and made suggestions for the improvement of the manuscript which are gratefully acknowledged.

## SUMMARY

from p. 129

### Regional distribution of peat layers in Finland

About 9.7 million hectares of Finland consists of peat land. There are two estimates of the amount of peat in a natural state: one by Salmi (1970) indicates a total of 120 mrd. m<sup>3</sup> and the other by Mikkola (1961) 100 mrd. m<sup>3</sup>. If the value of 120 mrd. m<sup>3</sup> is taken as the basis, the counties of Oulu and Lapland supply approximately 70 mrd. m<sup>3</sup> of peat, and the counties farther south roughly 50 mrd. m<sup>3</sup>. According to the same estimate, bogs extending to a greater depth than 2 m contain roughly 58 mrd. m<sup>3</sup> of peat, that is 48.3 percent of all peat in Finland. The figure for more humified peat, the most suitable variety for fuel, is 42 mrd. m<sup>3</sup>, of which roughly 20 mrd. m<sup>3</sup> is in South Finland (Committee report 1973: 142). In production this means 19 mrd. m<sup>3</sup> and 9 mrd. m<sup>3</sup>, that is 6.3 mrd. and 3.0 mrd. tons (moisture 40 percent), the thermal value being equivalent to 1.9 mrd. tons of oil for the country as a whole and 0.9 tons for southern Finland. This article describes the findings of a study implemented by the Geological Survey, in which the distribution by counties of 1183 peat deposits including their average thickness and degree of humification was investigated. A total of 6300 mrd. m<sup>3</sup> of peat was investigated, of which 63 percent, that is 3970 mrd. m<sup>3</sup>, was more humified peat (on a 10-scale H 5—10).

The histogram in Fig. 1 illustrates the distribution of peat in terms of types in the different counties. The numbers above the columns indicate the quantity of peat investigated, and the numbers below the column the number of bogs investigated. The figure shows that Sphagnum and Carex-Sphagnum peats are predominant in the southwestern raised bog area, whereas inland and farther north the proportion of sedge peats increases. The corresponding distribution in percentages is presented in Table 1, in which the peats are classified genetically according to the main component. From this it is seen that Sphagnum-predominant peat comprised 58.5 percent and sedge-predominant peat 34.2 percent of all peat examined. Brown moss (Bryales) peat is encountered mainly in the areas of subsilicic bedrock in the north, and accounts for an average of 2.2 percent of the peat.

The deposits contain an average of 5.3 percent decomposed woody residue. The percentage was highest in the counties of Kuopio (19.9 percent) and Mikkeli (12.9 percent).

Figure 2 presents the proportions of slightly humified surface peat (H 1—4) and more humified basal peat (H 5—10). The corresponding numerical data are given in Table 2. The mean thickness obtained for the peat deposits was 2.57 m, of which more humified peat, the most suitable for fuel, was 63 percent, that is an average thickness of 1.56 m.

# Suomen turvekerrostumien alueellisista piirteistä

Fil.tri Eino Lappalainen, Geologinen tutkimuslaitos

Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksessa 22. 3. 1974 pidetty esitelmä.

## JOHDANTO

Turve on suokasvien hitaan maatumisen seurauksena syntynyt epätäydellisesti hajonnut, eloperäinen maalaji, joka on akkumuloitunut jokseenkin kasvupaikalleen erittäin määrisä olosuhteissa. Turvetta muodostuu silloin, kun kasvijäänteiden tuotto on hajoamista suurempi. Tällaisia turpeen syntyyn vaikuttavia olosuhdetekijöitä ovat paitsi ilmastolliset tekijät, kuten kosteus ja haihtuminen myös maaston kallioperä ja reliefi sekä näistä johtuvat ravinne-ekologiset ja geologis-geomorfologiset seuraamukset. Tästä johtuen eri suokasvit ryhmittyvät niille sovelioiden kasvuedellytysten mukaan muodostaen erilaisia kasviyhdyskuntia. Näistä ja muusta biologisesta elämästä muodostuu suoekosysteemi. Suoekosysteemi poikkeaa muista maaekosysteemeistä siinä, että sen kasvilajisto muodostaa oman kasvualustansa, turpeen.

Lajikoostumukseltaan ja lajirunsaudeltaan samankaltaisia kasvillisuusalueita kutsutaan soiden yhteydessä suotyypeiksi. Jokin pieni suo voi olla kokonaan samaa suotyyppiä kuten korpea tai rämettä. Useimmiten eri suotyypit kuitenkin esiintyvät erilaisina yhdistelminä. Tällöin samankaltaisissa olosuhteissa suokasvillisuus ja pinnan morfologia samoin kuin turvekerrosten rakenne ja vuorottelu kehittyvät niin samantilaisiksi, että ne voidaan lukea samaan suoyhdistymään. Suomen suoyhdistymissä erotetaan kaksi päätyyppiä: eteläiset keidassuot ja pohjoiset aapasuot. Yhdistymätyyppien erot johtuvat pääasiallisesti ilmaston vyöhykkeellisistä vaihteluista, jotka ovat luoneet kasvillisuudessa ja sen vedensaantitavassa näkyvät erot.

Turvekerrosten kasvaessa riittävästi korkeutta kasvillisuus menettää kosketuksensa kivennäismaiden vesiin. Tällaisista maan eteläosan keidassuoyhdistymistä voidaan käyttää myös nimitystä ombrotrofiset suot. Niiden kasvillisuus saa niukat ravinteensa vain turpeesta ja sadevedestä. Kasvillisuus on rahkasammalvaltaista. Sen intensiivisin kasvu ja turpeeksi akkumuloituminen on voimakkainta suon keskustassa. Tästä johtuu keidassoiden enemmän tai vähemmän kuperu poikkileikkaus (kohosuot).

Pohjoisille aapasuille vesi ja ravinteet taas tulevat ympäröiviltä kivennäismailta. Tässä mielessä voidaan käyttää myös nimitystä minerotrofiset suot. Niillä on

runsaiden lumien sulamisvesien vuoksi keväisin paljon tulvavettä. Se ehkäisee rahkasammalien kasvu. Toisaalta minerogeeninen ravinteisuus aiheuttaa lajirikkaan sara- ja ruohokasvilajiston. Näiden soiden turve onkin pääasiassa saraturvetta.

## SUOALA JA TURPEEN MÄÄRÄ

Soita on maamme maapinta-alasta n. 32 % eli 9,7 milj. ha. Tästä 2/3 on Oulun ja Lapin lääneissä, missä soita on 5,9 milj. ha. Eteläosassa maata soita on n. 3,8 milj. ha eli n. 24 % maa-alasta. Luvut on saatu eräänä valtakunnan metsien linja-arviointien tuloksista. Samasta aineistosta on laskettu myös maan luonnontilaisen turpeen määrä. Salmi on tutkimuksessaan (1950) päättänyt 120 mrd:n m<sup>3</sup>:n kokonaismäärään. Tästä on Oulun ja Lapin lääneissä n. 70 mrd. m<sup>3</sup> ja sieltä etelään olevalla alueella n. 50 mrd. m<sup>3</sup>. Samassa tutkimuksessa esitettyjen laskelmien mukaan on yli 2 m:n syvyisissä soissa turvetta n. 58 mrd. m<sup>3</sup> eli 48,3 % maan koko turvemäärästä. Aineisto perustuu metsien 1. linja-arviointiin, jossa kerrostumien paksuus on mitattu 2 metriin saakka. Mainitusta turvemäärästä on sittemmin KTM:n asettama Polttoturvesuotoimikunta laskenut luonnontilaisen, lähinnä polttoturpeeksi soveltuvan turpeen määräksi 42 mrd. m<sup>3</sup>, josta Etelä-Suomessa n. 20 mrd. m<sup>3</sup> (Komiteanmietintö 1973: 142). Nämä vastaavat mainitun laskelman mukaan tuotantuotioina 19 mrd. m<sup>3</sup> ja 9 mrd. m<sup>3</sup> eli tonneina (kos-teudeltaan 40 %) 6,3 mrd. tonnia ja 3,0 mrd. tn ja lämpöarvoltaan 1,9 mrd. ja Etelä-Suomen osalta 0,9 mrd. ekvivalenttista öljytonnia.

Metsien 3. linja-arvioinnin yhteydessä soiden syvyys mitattiin arviolinjoittain 4 m:iin saakka. Tästä aineistosta Mikola (1961) on laskenut metsänhoitolautakunnittain turvemäärät ja päättänyt koko maan osalta 100 mrd:n m<sup>3</sup>:n kokonaismäärään. Tästä noin neljännes on yli 2 m:n syvyisissä soissa suunnilleen Oulujoki-linjan eteläpuolella.

Metsien linja-arvioinneissa soiden syvyys on mitattu kovaan pohjan mineraalimaan esim. 3. linja-arvioinnissa 4 m:n syvyydelle saakka. Tällöin aineistoihin sisältyvät soiden pohjalla mahdollisesti olleet vesisedimentit kuten lieju. Turvepohjaiset niityt ja suoviljelykset (n. 0,8 milj. ha) eivät myöskään sisälly

aineistoihin. Turvelajien alueellisen levinneisyyden samoin kuin käyttökelpoisten kerrostumien arviointia ei näiden aineistojen perusteella voi riittävällä tarkkuudella selvittää. Siihen tarvitaan kairauksiin perustuvaa tietoa.

Seuraavassa tarkastellaan lääneittäin geologisen tutkimuslaitoksen tutkimien soiden turvekerrostumien paksuuksia, keskimääräistä maatuneisuutta ja eri turvelajien alueellista jakautumaa tutkitun turvemäärän suhteen. Vastaava kuntakohtainen selvittely on Oulun läänistä ja sieltä etelään olevilta alueilta esitetty kirjoittajan tutkimuksessa aikaisemmin (Lappalainen 1974). Lapin osalta alueellinen tarkastelu taas on tehty geologisen tutkimuslaitoksen tutkimusraportissa (Lappalainen 1972). Näissä esitetyjä aineistoja on tässä artikkelissa ajankohtaistettu vastaamaan v:n 1974 tutkimustilannetta.

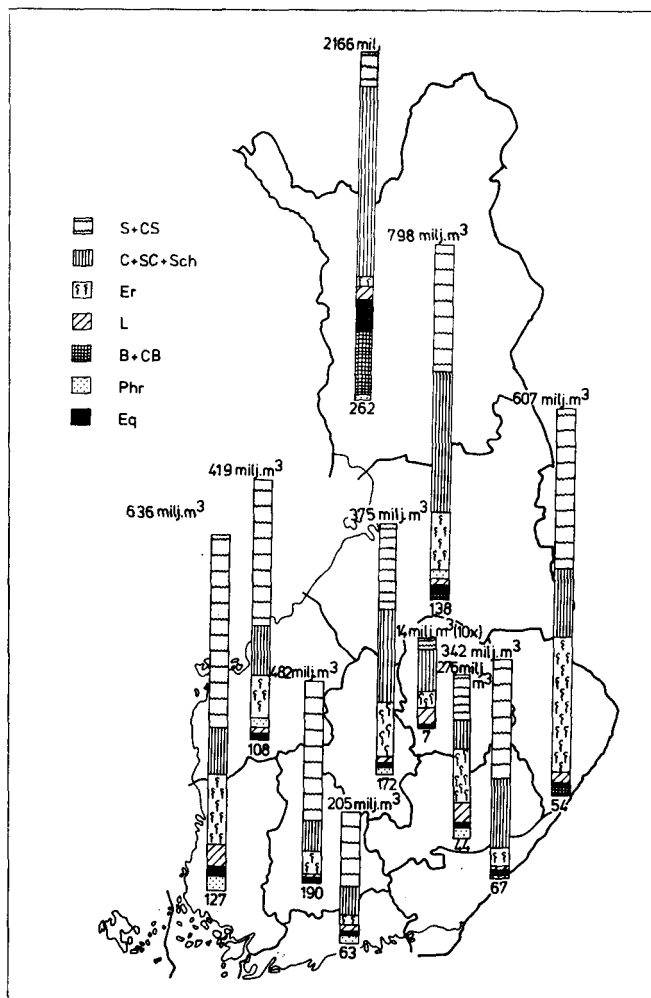
## AINEISTOT JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Aineistot on laskettu geologisen tutkimuslaitoksen turvetutkimusten kenttämuistiinpanoista. Tällöin mukaan on otettu ainoastaan tilastollisesti vertailukelpoista linjaverkostomenetelmää käyttäen tutkitut suot. Aineistosta on siis jätetty pois orientoidusti tutkitut suot, mutta myös kunnat, joiden alueelta on tutkittu vain yksi suo.

Maastotutkimusten tuloksista on laskettu tutkimuspisteittäin, soittain ja kunnittain eri turvelajien prosenttinen osuus ja jakautuma turpeen määrän suhteen samoin kuin vastaavat maatuneisuus- ja turpeen paksuustiedot. Tilastoinneissa turvelajit on jaettu pääturvelajien ja turpeen lisätekiöiden perusteella ryhmiin. Pääturvelajeina on pidetty rahkavaltaisia (*Sphagnum*) turpeita (S- ja CS-t), saravaltaisia (*Carex*) turpeita (C-, SC- ja BC-t), joihin on laskettu myös suoleväkön (*Scheuzeria*) jäänteet. Kolmannen pääturvelajiryhmän muodostavat lähinnä pohjoiset ruskosammal- (*Bryales*) turpeet (B- ja CB-t). Lisätekiöt: tupasvilla (*Eriophorum*), puunjäte (*Lignidi*), korte (*Equisetum*) ja järviruoko (*Phragmites*) on laskettu omina ryhminään. Näin sen vuoksi, että lisätekiöt yleensä kuvastavat suon kehityksessä tapahtuneita suotyyppeiden vaihteluita. Toisaalta ne ovat usein turpeen käyttökoneikassa varteenotettavia tekijöitä. Lisätekiöt on otettu omaksi ryhmäkseen silloin, kun niiden määrä on maastotutkimuksissa käytössä olevassa 0—3-asteikossa arvioitu yhdeksi tai sitä suuremmaksi. Jotkut lisätekiöt voidaan geneettisesti yhdistää tiettyyn pääturvelajiin. Näin esim. tupasvillaa tavataan ennenkaikkea rahkaturpeen yhteydessä.

Kartalla (kuva 1) pylväiden yläpuolella olevat luvut ilmaisevat läänin alueelta tutkitun turvemäärän luonnontilaisena milj. m<sup>3</sup>:ssä. Alapuolella olevat luvut osoittavat tutkittujen soiden lukumäärän. Turvelajeista on käytetty edellä mainittuja kirjainsymboleja.

Aineistossa on yhteensä 133 kunnan alueelta 1183 tutkittua suota. Näiden kokonaisturvesisältö on 6,3 mrd. m<sup>3</sup>, josta paremmin (10-asteikossa H 5—10) maatunutta turvetta on 63 prosenttia eli 4,0 mrd m<sup>3</sup>.



Kuva 1. Tutkitun turvemäärän jakautuma turvelajeittain eri lääneissä.

## Lapin lääni

Lapin turvetutkimukset on tehty pääasiassa maaperäkarttalehtityöhön liittyvinä ja tekojärvien alle jääneiden suoalueiden turvevarojen inventointityönä. Aineistossa on 16 kunnan alueelta 262 tutkitun suon turvelajien jakautuma. Yhteenlaskettu tutkittu turvemäärä on 2166 milj. m<sup>3</sup> (kuva 1). Aineisto perustuu n. 107 000 ha:n suoalueella 12 300 tutkimuspisteellä tehtyihin määrittäisiin, joiden lukumäärä on yli 60 000. Turvekerrostumien keskimääräinen paksuus on 2,03 m, josta heikommin maatunutta pintaturvetta on keskimäärin 0,91 m:n paksuudelta (taulukko 1).

Lapin turvekerrostumissa saraturvetta on eniten. Vain mereisen ilmaston vaikutuspiirissä Torniojoen lähetyvillä ja toisaalta Inarin altaan soissa rahka-

turve on vallitsevana. Tervolan alueella kalkkipitoisen kallioperän ravinteita lisäävä vaikutus on suokasvillisuuden lajikoostumukseen ollut ilmastollista tekijää voimakkaampi. Siellä ruskosammalturpeet vallitsevat. Vastaavansuuntainen ilmiö on havaittavissa Keski-Lapin laajoilla jokivarsisoidilla Kittilässä, Sodankylässä ja Pelkosenniellä (Lappalainen 1972).

### Oulun lääni

Aineistossa on 21 kunnan alueelta 138 tutkitun suon turvelajien jakautuma. Yhteenlaskettu tutkittu turvemäärä on 798 milj. m<sup>3</sup>. Turpeen kokonaismäärästä saravaltaista (C-t) turpeita on eniten. Rannikkovyöhykkeen kerrostumissa taas rahkaturpeiden suhteellinen osuus on suurin — sisämaahan mentäessä saraturpeiden ryhmä tulee merkittävimmäksi kerrostumien muodostajaksi (Lappalainen 1974). Ruskosammalturpeita on varsin vähän, vain Vaalan ja Puolangan alueilla. Ruskosammalturpeiden pääasialliset esiintymisalueet ovatkin ennenkaikkea pohjoisilla emäksisillä kallioperäalueilla. Puunjäänteitä Oulun läänin aineistossa on yllättävän vähän. Avoimeksi jää kysymys, kuvastaako tämä metsämaan soistumisen pientä osuutta soiden synnyssä. Primäärinen eli merestä kohoavan maan soistuminen lienee täällä ollut voimakkaan maanko-  
hoamisen vuoksi merkittävin soistumistapa.

### Vaasan lääni

Aineistossa on 11 kunnan alueelta 108 tutkittua suota. Näiden luonnontilaisen turpeen määrä on 419 milj. m<sup>3</sup> (kuva 1).

Tutkittujen turpeiden kokonaismäärästä rahkaturpeita on 56 %. Mikäli tupasvillan jäänteet lasketaan rahkaturpeisiin, on näin saadun ryhmän prosenttinen osuus liki 75 %. Puunjäänteitä on aineiston perusteella eniten läänin eteläosassa. Paikoin (Alavuudella ja Jalasjärvellä) tavataan huomattavan runsaasti järviruo'on jäänteitä. Ruskosammalturpeet puuttuvat Vaasan läänin aineistosta tai niitä on ollut niin vähän, että esitysteknisesti ei ole voitu ottaa mukaan.

### Keski-Suomen lääni

Aineistossa on 16 kunnan alueelta 172 tutkittua suota (kuva 1). Näiden yhteenlaskettu turvemäärä on 375 milj. m<sup>3</sup>.

Rahka- ja tupasvillaturpeet muodostavat pääosan tutkitusta turvemäärästä. Saravaltaisia turpeita on varsin niukasti. Mikäli haluttaisiin esittää näiden alueellista keskittymistä, aineiston perusteella voisi saraturpeiden pääesiintymisalueena pitää läänin keskiosia. Myös Kyyjärven soissa saraturvetta on runsaasti (55 %). Pihtiputaan soiden kerrostumissa taas puunjäänteitä on merkittävässä määrin. Aineistosta ei käy ilmi, mille syvyydelle tai mihin turvemassaan puun jäänteet mahdollisesti keskittyvät. Järviruokoturvetta on tavattu varsinkin Toivakan—Leivonmäen soissa.

### Kuopion lääni

Aineistossa on 3 kunnan alueelta 7 tutkittua suota (kuva 1), joiden turvemäärä on 14 milj. m<sup>3</sup>.

Turvemäärästä saraturpeita on 46 %, rahkaryhmän turpeita on 30 %, puunjäänneturvetta liki 19 %, kortteen jäänteitä n. 4 %, järviruo'on jäänteitä 3 % ja ruskosammalturvetta n. 1,5 %. Puunjäänteiden runsaus on merkillepantavan suuri. Aineisto ei soiden lukumäärän perusteella ole alueellisessa tarkastelussa täysin vertailukelpoinen muiden läänien suurien aineistojen kanssa.

### Mikkelin lääni

Aineistossa on 3 kunnan alueelta 44 tutkittua suota (kuva 1). Näiden turvesisältö on 253 milj. m<sup>3</sup>. Tunnusomaisena piirteenä on tupasvillan jäänteiden runsaus, 33 %. Turveteollisuuden kannalta alueen turvekerrostumilla on muitakin huomionarvoisia ominaisuuksia. Puunjäänteitä on sangen paljon, liki 13 % koko turvemäärästä. Järviruo'on jäänteitä on samoin merkittävässä määrin, liki 8 %. Puunjäänteiden määrää tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon se, että niillä tässä ymmärretään enemmän tai vähemmän lahonnutta, kairaana jäänyttä puuainesta. Lahoamattomien runkujen ja kantojen osuus ei suoraan käy ilmi tästä aineistosta, mutta esitetty puupitoisuus viittaa myös kovan puuaineksen runsauteen. Mikäli puun ja järviruo'on jäänteiden perusteella esitettäisiin geneettisiä arvioita, näyttäisi tutkitulla alueella metsäisten suotyypien ja vesinevojen vaihtelun osuus soiden kehityskulussa olleen jokseenkin yhtä suuri.

### Pohjois-Karjalan lääni

Aineistossa on 8 kunnan alueelta 54 tutkittua suota. Näiden yhteenlaskettu turvemäärä on 607 milj. m<sup>3</sup>.

Tupasvilla-rahkatekijä on täälläkin vallitsevana, n. 75 %. Saravaltaisia turpeita on vähän: 18,5 % turvemäärästä. Paikallisesti merkillepantavaa on ruskosammalturpeen esiintyminen kerrostumissa 2 %:na (vrt. Tolonen 1967). Pohjois-Karjalan läänin soiden kerrostumien yleispiirteenä on turpeiden tietty tasalaatuisuus. Täällä turvekerrostumat koostuvat vain muutamista turvelajeista (vrt. Mikkelin lääniin).

### Kymen lääni

Alueelta on aineistossa 11 kunnan alueelta 67 tutkittua suota, joiden turvemäärä on 342 milj. m<sup>3</sup>.

Tunnuksomaisista on rahkaturpeiden yleisyys (54 %) ja tupasvillan niukkuus, 8 % (taulukko 2). Lisäteki-  
jöitä (Eq, Phr ja L) on samoin niukasti. Alueen soiden kehityshistoriaa ja suotyypien, samoin kuin turvekerrostumien, vaihteluita on Valovirta käsitellyt tutkimuksissaan (1965, 1972).

Taulukko I

Turveryhmien prosenttinen jakautuma tutkitun turvemäärän suhteen				
Lääni	rahkaryhmä	sararyhmä	ruskosammalryhmä	puunjätettä
1 Lapin lääni	12,7	65,2	18,4	3,6
2 Oulun lääni	52,0	44,9	1,2	1,9
3 Vaasan lääni	72,9	24,8	—	2,3
4 Keski-Suomen lääni	56,1	41,6	—	2,3
5 Kuopion lääni	30,1	51,8	1,4	18,9
6 Mikkelin lääni	60,9	26,2	—	12,9
7 Pohjois-Karjalaa lääni	75,8	19,7	2,0	2,5
8 Kymen lääni	62,3	35,8	0,9	1,0
9 Uudenmaan lääni	65,8	29,1	0,2	4,9
10 Hämeen lääni	81,2	17,6	—	1,2
11 Turun ja Porin lääni	74,2	19,5	—	6,3
Keskimäärin	58,5	34,2	2,2	5,3

### Uudenmaan lääni

Aineistossa on 15 kunnan alueelta 63 tutkittua suota. Uudellamaalla soiden keskimääräinen koko on pieni. Tämä näkyy myös tutkitusta turvemäärästä, joka on 205 milj. m<sup>3</sup>.

Rahkaturvetta on eniten eli 58 %. Aineiston perusteella on vaikeaa löytää turpeiden jakautumassa alueellisia piirteitä, jollei sellaisina pidetä tupasvillan pientä osuutta. Myös saraturpeita on niukasti, läänin länsiosassa tutkituista soista ne puuttuvat kokonaan.

### Hämeen lääni

Aineistossa on 13 kunnan alueelta 190 tutkittua suota, joiden yhteenlaskettu turvesisältö on 482 milj. m<sup>3</sup>.

Jakautumaa tarkasteltaessa huomio kiinnittyy rahkaturpeiden suureen määrään, 70 % (tupasvillan kanssa 81 %). Tämä on johdonmukainen tulos keidas-suoalueelle. Paikoin (Kylmäkoskella) kerrostumat ovat pelkästään rahkaryhmän turpeita, jos tupasvillan katsotaan liittyvän näihin. Puunjäänteiden osuus on jokseenkin saman suuruinen kuin Kymen läänissä.

### Turun ja Porin lääni

Aineistoon on otettu 16 kunnan alueelta yhteensä 127 tutkittua suota, joiden turvemäärä on 636 milj. m<sup>3</sup>. Alueella on sittemmin tehty lisää turvetutkimuksia.

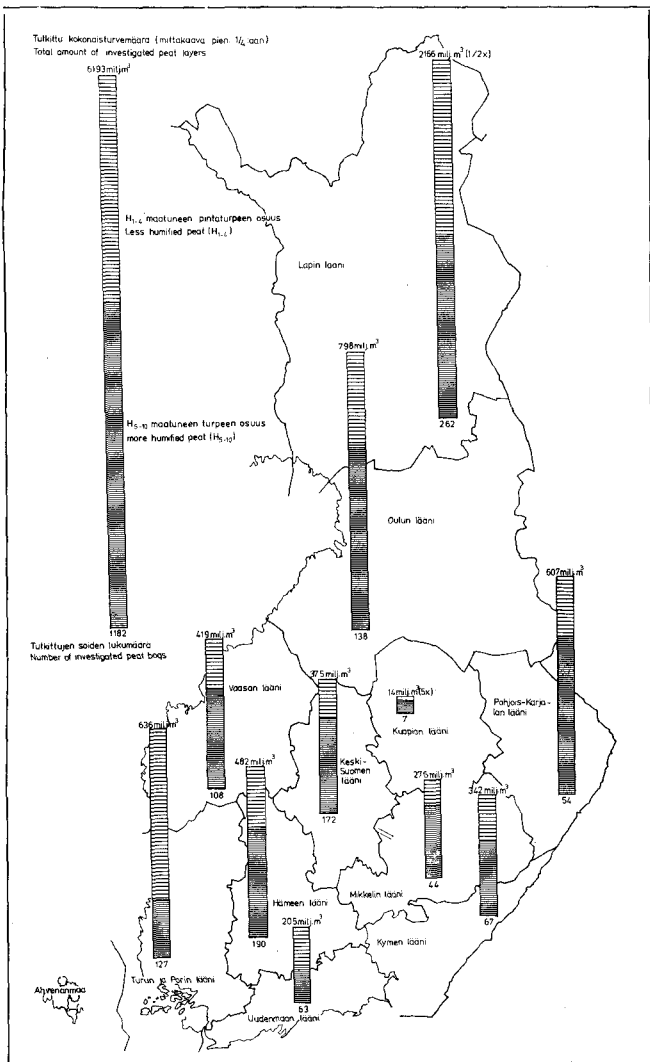
Rahkaturvetta on tutkitusta turvemäärästä 54,6 %, ts. sama prosenttimäärä kuin Kymen läänissä. Tupasvillan ja kortteen jäänteiden määrä vastaa jokseenkin maan keskiarvoa. Sensijaan järviruo'on ja puunjäänteiden osuus on täällä suurempi kuin keskimäärin muualla maassa.

### Turvelajit ja kerrostumien paksuudet

Taulukossa 2 on ryhmitelty lähinnä samaan geneetiseen ryhmään kuuluvat turvelajit ja esitetty niiden prosenttiset osuudet lääneittäin. Rahkaryhmään on laskettu rahkaturpeiden lisäksi kortteen ja järviruo'on jäänteet. Ruskosammalturpe ja puunjäänteet on esitetty omina ryhminään.

Taulukosta havaitaan, että näin luokitellen maamme turvekerrostumien vallitsevana turpeena on rahkaturve, jota on keskimäärin 58,5 % tutkitusta turvemäärästä. Vain Lapin ja Kuopion läänien kerrostumissa on tavattu eniten saraturpeita. Myös Oulun ja Keski-Suomen läänien saran määrä on huomionarvoinen eli yli 40 % tutkitusta turvemäärästä. Puunjäänteitä on tavattu eniten Kuopion ja Mikkelin lääneissä. Keskimäärin turvekerrostumissa on puunjäänteitä 5,3 %. Ruskosammalturpeita on tavattu eniten Lapin läänissä. Tältä osin maan keskiarvoluku on harhaanjohtava.

Alueellisessa mielessä tehty tarkastelu jää puutteelliseksi ellei samanaikaisesti tarkastella turpeiden maantuneisuutta ja kerrostumien keskimääräistä paksuutta.



Kuva 2 Eri lääneissä vuoteen 1975 saakka tutkitut turvemäärät.



Taulukko 2

Turvekerrostumien erilaista maatumaisuutta edustavien osien keskimääräiset paksuudet (m) eri lääneissä. A-sarake ilmaisee heikkommin maatumiseen (H1—4) pintaosan ja B-sarake pitemmälle maatumiseen (H5—10) pohjaosan paksuuden, C-sarake näiden suhteen ja D-sarake turvekerrosten keskipaksuuden. Paksuusluvut ovat geologisen tutkimuslaitoksen turvekairauksiin perustuvia aritmeettisiä keskiarvoja.

Lääni	A (H1-4)	B (H5-10)	C (H1-4) (H5-10)	D	H1—4 turvetta %:na D:stä
1 Lapin lääni	0,91	1,12	0,81	2,03 m	45
2 Oulun lääni	0,60	1,20	0,50	1,80	33
3 Vaasan lääni	0,73	1,44	0,51	2,17	34
4 Keski-Suomen lääni	0,63	1,92	0,33	2,55	25
5 Kuopion lääni	0,53	1,55	0,34	2,08	25
6 Mikkelin lääni	0,70	1,75	0,40	2,45	29
7 Pohjois-Karjalan lääni	0,67	1,73	0,39	2,40	28
8 Kymen lääni	1,31	2,13	0,62	3,44	38
9 Uudenmaan lääni	1,49	1,49	1,00	2,98	50
10 Hämeen lääni	0,65	2,01	0,32	2,66	24
11 Turun ja Porin lääni	2,90	0,80	3,63	3,70	78
Keskimäärin	1,01 m	1,56 m	0,45	2,57 m	37 %

Taulukossa 1 on esitetty eri maatumisasteisten kerrostumien osien keskimääräisiä paksuuksia sekä H 1—4 maatumisten pintakerrosten osuuksia lääneittäin. Yhdistelemällä turvelaji- sekä maatumisuus-paksuustietoja saadaan viitteitä eri läänien turvekerrostumien soveltuvuudesta teollisuuden raaka-aineeksi.

Taulukossa esitetyt tulokset ovat Lapin, Kuopion ja Mikkelin läänien osalta ennen vuotta 1975 tutkimuksista, Oulun, Keski-Suomen sekä Turun ja Porin lääneissä on aineistojen laskemisen (1972) jälkeen tutkittu huomattava määrä soita, joiden tulokset saattavat jossain määrin muuttaa keskiarvoja. Tilastossa esitetyt paksuusluvut ovat aritmeettisiä keskiarvoja yli 30 cm:n syvyyksistä soiden osista, paitsi Hämeen läänissä yli 1 m syvyyksistä alueista.

Tuloksissa havaitaan selvä korrelaatio heikkommin ja paremmin maatumisten osien suhteen ja toisaalta suoyhdistelmäalueiden välillä. Erityisesti näin on lounaisella keidassuoalueella, jossa Turun ja Porin läänissä heikkommin maatumista pintaturvetta on 78 % koko kerrostumista. Samalla alueella rahkaryhmän turpeita on 74 % tutkitusta turvemäärästä. Nämä alueet soveltuvat lähinnä kasvuturpeen nostoon. Nykyisen nopeasti laajenevan polttoturvetuotteen kannalta on taulukon 2 tulosten mukaan kiinnostavaa se, että pääosassa nykyistä "polttoturvetuotteen-Suomea" paremmin maatumista turvetta on keskimäärin yli 2/3 kerrostumien koko paksuudesta. Koko maassa on aineiston mukaan heikkommin maatumista turvetta keskimäärin 1.01 m ja paremmin maatumista 1.56 m. Täten heikkommin maatumista on keskimäärin 37 % koko paksuudesta. Tutkittujen soiden turvekerrostumien

paksuudeksi on näinollen saatu keskimäärin 2.57 m. Soiden tutkimusaikaan on ojitettujen soiden osuus jokseenkin pieni. Arvioitaessa nyt esitettyjen turpeen paksuusarvojen perusteella turvevarojemme kokonaisuutena on syytä muistaa tutkittujen soiden edustavuus soiden alueellisessa levinneisyydessä. Aineistojen aloitettu atk-käsittely antaa viitteitä myös tästä. Systemaattisiin kairauksiin perustuva selvitys turvevarojemme määrästä selviää geologisen tutkimuslaitoksen toimesta v. 1974 aloitetun valtakunnan turvevarojen kokonaisinventoinnin edistyessä.

SUMMARY

p. 124

KIRJALLISUUS — REFERENCES

Lappalainen, E (1972)

Lapin turvekerrostumien paksuudesta ja alueellisesta jakaantumisesta. — Geologinen tutkimuslaitos, Tutkimusraportti No 3, 1—31, Summary: On the thickness and regional distribution of the peat deposits in Finnish Lapland. — Geological Survey of Finland, Report of investigation Nr 3.

Lappalainen, E (1974)

Turpeen kasvusta ja eri läänien turvekerrostumien jakaantumisesta. — Summary: On the growth of peat and on the distribution of peat layers on different administrative districts. — Turveteollisuus No 2 s. 7—27.

Mikola, Ipo (1961)

Turveteollisuuden näköaloja maamme turvevarojen valossa. Summary: On the perspectives of peat industry in the light of Finland's peat resources. Suo 12 No 6, 79—89.

Salmi, Martti (1950)

Suomen turvevarat ja niiden käyttö. — Geologinen tutkimuslaitos: Geoteknillisiä julkaisuja No 50.

Tolonen, K (1967)

Über die Entwicklung der Moore in finnischen Nordkarelien. — Ann. Bot. Fenn 4.

Valovirta, V (1965)

Zur spätquartären Entwicklung Südost Finnlands. — Bull. Comm. Geol. Fiml. 220, 1—101.

„ 1972 Kymen läänin rannikkoalueen maaperä. — Maaperäkartan selitys, lehdet Kotka, Karhula, Haapasaari ja Hamina. — Geologinen tutkimuslaitos, Suomen geologinen kartta 1: 100 000.

# Hienojakoisen ferromagneettisen aineksen käyttäytyminen rikastusteknisissä sovellutuksissa II

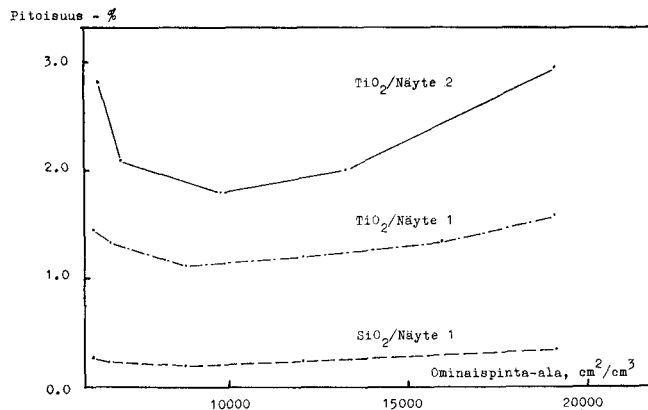
Tekn.lis. Heikki Lantto, Rautaruukki Oy, Otanmäen kaivos

## 1. RAEKOON JA SEKARAKEIDEN VAIKUTUS MAGNEETTISEEN FLOKKULAATIOON JA RIKASTUSTULOKSEEN

Hienouden vaikutusta rikasteen ja jätteen laatuun on selvitetty Otanmäen rikastamon puitteissa. Samoilla näytteillä on tutkittu myös yhteenkasvettumien merkitystä.

### Rikaste

Rikastamon syötteestä otetut kaksi näytettä jauhettiin useisiin eri hienouksiin ja rikastettiin laboratoriossa. Tulokset ovat kuvassa 1.



Kuva 1. Otanmäen rikastamon syötenäytteistä laboratoriossa saatujen magnetiittirikasteiden TiO<sub>2</sub>- ja SiO<sub>2</sub>-pitoisuudet ominaispinta-alan funktiona.

Fig. 1. TiO<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub> contents of titaniferous magnetite concentrate as a function of specific surface area for Otanmäki ore.

Syötenäytteiden pitoisuudet olivat samat ja rikastamalla tuotettujen rikasteiden R 4 laadut seuraavat:

R 4/näyte 1: TiO<sub>2</sub> 2.3 % ja SiO<sub>2</sub> 0.29 %

R 4/näyte 2: TiO<sub>2</sub> 6.2 % ja SiO<sub>2</sub> 0.37 %

Huolimatta syötteiden samankaltaisuudesta rikasteiden laadut poikkesivat toisistaan suuresti sekä tehtaalla että laboratoriossa. Molemmilla näytteillä hienouden kasvu yli puhtaaksijauhautumisen eli 10 000 cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup> vaikutti selvästi sekä ilmeniitin että silika-

tin osuutta suurentavasti. Näytteen 2 rikasteissa, joissa ilmeniittipitoisuus oli muutenkin suurempi, hienouden merkitys oli vieläkin huomattavampi kuin näytteessä 1. Näytteen 2 rikasteissa TiO<sub>2</sub>-%:n kasvu oli yli 0.1 % 1000 cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup> kohden eli ilmeniitiksi muutettuna 0.2 %. Vastaava lisäys näytteessä 1 oli n. 0.05 % TiO<sub>2</sub> ja 0.005 % SiO<sub>2</sub>.

Selvitettäessä syytä eri syötenäytteiden ilmeniitin erilaiseen käyttäytymiseen todettiin näytteiden sisältävän ilmeniittirakeita, joissa on suoraviivaisia 1—2 μ:n levyisiä magnetiittilamelleja, seuraavasti: näyte 1 2.0 % ja näyte 2 13.1 %. Vastaavissa tehdasrikasteissa oli samaa ilmeniittiä 2.2 % ja 10.9 %. Syy suuremman ilmeniittimäärän joutumiseen magnetiittiflokkeihin näytteessä 2 kaikissakin raeluokissa ja erityisesti hienoimmassa oli siten näissä yhteenkasvettumissa.

Tehtaalla hienouden vaikutus ilmenee rikasteen raeluokka-analyysistä (taulukko 1).

Taulukko 1. Magnetiittirikasteen R 3 raeluokka-analyysi.

Table 1. Analytical data of screen fractions of titaniferous magnetite concentrate.

Seula mm	Seule p-%	TiO <sub>2</sub> %	SiO <sub>2</sub> %
0.149	1.2	1.43	3.04
0.105	3.8	1.25	1.02
0.074	9.4	1.52	0.60
0.053	15.5	1.97	0.40
0.044	7.5	2.35	0.26
— 0.044	62.6	2.50	0.30

Aikaisemmin on esitetty, että vaikka raekoon pienessä flokin pituus lyheneekin, sen sisältämien sivukivirakeiden samoin kuin kokonaisrakeidenkin määrä kuitenkin kasvaa /1/. Edellisestä havaitaan lisäksi hienouden haittavaikutuksen tulevan korostetusti esille silloin, kun sivukivi sisältää hivenen magnetiittiä, kuten on laita titanomagnetitmalmissa.

Mahdollisuutta puhdistaa runsaasti mainitunlaisia magnetiitti-ilmeniitti-yhteenkasvettumia sisältävää ainesta lisäjauhatuksella selvitetiin suorittamalla tällaiselle materiaalille pilot plant-mittakaavainen erotus sekä sellaisenaan että lisäjauhattuna. Tulokset ovat taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Magnetiitti-ilmeniitti-yhteenkasvettumia runsaasti sisältävästä aineksesta eri hienouksissa saatujen magnetiittirikasteiden laadut.

**Table 2.** Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and TiO<sub>2</sub> contents in different finenesses of titaniferous magnetite concentrate rich in magnetite-ilmenite intergrowths.

Hienous	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> %	TiO <sub>2</sub> %
54.3 % -200 mesh	83.4	6.8
74.8 % -200 mesh	83.3	7.8

Lisäjauhatuksella ei saavutettu mitään parannusta. Rakeiden pieneneminen aiheuttanee magnetiittilamelien ulottumisen yhä suuremmassa määrin rakeen pintaan asti, jolloin niiden magneettinen tarttumisvoima kasvaa.

### Jäte

Otanmäen rikastamon magneettisesta piiristä otettu jättenäyte seulottiin ja raeluokille suoritettiin magnetiittimääritys. Tulokset ovat taulukossa 3.

**Taulukko 3.** Magneettisen erotuksen jätteen raeluokka-analyysi.

**Table 3.** Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> content of screen fractions of tailing in magnetic separation.

Seula mm	Seule p-%	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> %
0.210	6.9	1.4
0.149	7.8	2.0
0.105	8.5	3.3
0.074	12.6	4.4
0.053	12.0	4.4
0.037	17.7	5.7
0.020	19.2	8.3
—0.020	15.3	9.0
Yht.	100.0	6.6

Ferromagneettisen materiaalin hienotessa susceptibiliteetti ja samalla kyky muodostaa flokkeja heikkenee /2,3,4,5/. Seurauksena on magnetiittitappion kasvu raekoon pienetessä.

## 2. DEMAGNETOINNIN SOVELLUTUKSET

Vaihtuvassa magneettisessa kentässä flokit pyrkivät pyörimään kentän kanssa resonanssissa. Demagnetointi edellyttää kuitenkin ketjujen asettumista kentän suuntaan. Tämä tapahtuu sitä helpommin, mitä pitempiä ketjut ovat. Aikaisemmin esitetyn mukaisesti flokeista tulee sitä pitempiä ja samalla mekaanisesti kestävämpiä, mitä suurempi aineen susceptibiliteetti on. Demagnetointi vaikeutuu siten järjestyksessä piirauta, primäärinen magnetiitti, titanomagnetiitti ja sekundäärinen magnetiitti. Samalla niiden koesitiivivoima kasvaa. Raekoon pieneneminen lisää myös flokkien pyörimistäipumusta.

De Vaney /6/ toteaa olevan suhteellisen helppoa demagnetoida luonnollinen magnetiitti raekoissa +20 μ, mutta mahdotonta demagnetoida täydellisesti jatkuvassa rikastusprosessissa —5 μ:n rakeet. Sundelin /7/ mainitsee, ettei täydellistä demagnetointia ole saavutettu 20 μ:a hienommalle ainekselle eikä —5 μ:n materiaalille lainkaan.

Rikastustekniikan piirissä suoritetaan demagnetointia runsaimmin magneettisia väliaineita käyttävissä sink-float-laitoksissa. Monipuolisimmat sovellutukset löytyvät kuitenkin magnetiitin rikastuksesta.

Magneettisia väliaineita ovat magnetiitti ja piirauta. Tuotteiden mukana poistuva väliaine otetaan talteen ja puhdistetaan magneettisella erottimella, jonka rikaste dispergoidaan demagnetointikäymillä. Flokkulaatio lisää väliainesuspension viskositeettia ja huonontaa väliaineen erottumista malmista /8/. Demagnetoinnin puutteellisuus johtaa kunnollisen erottumisen vaikeutumiseen ja väliaineen kulutuksen kasvuun.

Luokitus on tietävästi ensimmäinen malmin käsittelyvaihe, jossa demagnetointia on käytetty. Tämä tapahtui The Mesabi Iron Companyssa Babbitissa, Minnesotassa, USA:ssa v. 1921 ensimmäisen magneettisen takoniittimalmin rikastuksen yhteydessä, jossa kuulamyly-luokitin-piirissä kiertokuorman kasvun johdosta aiheutuneesta toiminnan keskeytymisestä selvittiin demagnetoinnilla /9/. Vaikka sykklonissa esiintyvä keskipakovoima parantaakin tilannetta verrattuna painovoimaan perustuviin luokittimiin, demagnetointi on yleinen sykklonoinninkin yhteydessä /6, 7, 10, 11/.

Otanmäessä suoritettussa laboratoriokokeessa on luokitettu R 4:ä sykklonilla, jonka halkaisija oli 3 cm ja syöttöpaine 70 kpa. Samalla kun demagnetoinnin avulla saatiin hienempi ylite, sen määrä lisääntyi 50 % ja alite karkeni. Tulos tuki käytäntöä.

Kuten aikaisemmin on havaittu, myös myllyn tuote on voimakkaasti flokkuloitunut. Kirjallisuudessa esitetäänkin prosessikaavioita, joissa demagnetointi suoritetaan myllyn tuotteelle ennen luokitusta /12, 13, 14/.

Magneettisen erotuksen kertausvaihetta edeltävän demagnetoinnin tarkoitus on eliminoida flokkeihin kiinnittynyt sivukiviaines ja tarjota magnetiittia vain vähän sisältäville sekarakeille uusi mahdollisuus valita rikasteen ja jätteen välillä /11, 13, 15/.

Magnetiittirikasteen flokkulaatiota käytetään runsaasti hyväksi nostettaessa rikasteen laatua liejunpoiston avulla. Tällöin flokkuloitunut rikaste johdetaan luokittimeen tai sakeuttimeen, jossa puhdas sivukiviaines ja silikaattipitoisimmat välituoterakeet joutuvat ylitteeseen ja sitä tietä jätteeseen. Demagnetoinnalla flokkuloitunutta rikastetta osittain tehostetaan sekarakeiden saamista ylitteeseen /16/. Pilotacissa USA:ssa vahvistetaan sammion syötteen flokkulaatiota erillisellä magnetoimiskäymillä /17/. Koska sammion alitteelle suoritetaan vielä magneettinen erotus, se demagnetoidaan sitä ennen.

Kun magnetoitunutta rikastetta suodatetaan, flokit painautuvat toisiaan vasten, mutta magneettiset voimat estävät niitä särkymästä ja pakkautumasta tiiviimmin. Demagnetointi Benson et al:n /15/ mukaan kasvattaa suodatusaikaa, mutta tuottaa kuivemman kakun. Palasvirta /18/ väittää demagnetoinnin yleensä takoniittirikastamoissa myös nopeuttavan suodatusta. Ilman demagnetointia ei hänen mukaansa suodatuksella päästä kuularullauksen edellyttämään kosteuteen, vaan sitä ennen joudutaan suorittamaan kuivaus.

Demagnetointi suurentaa pakkautumistiheyttä, helpottaa sintterin läpipalamista ja mahdollistaa pienemmän lämpötilan käytön /19/. Lisäksi rullauksessa tiiviimmin pakkautuneista kuulista saadaan lujempia pellettejä /15, 20/.

Pitkissä putkikuljetuksissa lietteen tulee olla homogeeninen, ts. sen on oltava homogeenisesti suspensioitunut koko putken poikkipinnan alueella. Kun maailman ensimmäinen magnetiittirikastelietteen pitkän matkan kuljetukseen tarkoitettu putkilinja Savage River Minesissa Tasmaniassa, Australiassa, rakennettiin, todettiin hankkeen onnistumisen edellyttävän rikasteen demagnetointia /21/. Linjan pituus oli 87 km ja rikasteen hienous 95 % -200 mesh.

Demagnetointia voidaan käyttää myös tehostamaan seulontaa /8, 11, 15/.

### 3. MAGNEETTISEEN EROTUKSEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Magneettisen flokkulaation yhteydessä todettiin hienojakoisen materiaalin magneettisen rikastuksen olevan kentän suuntaan orientoituneiden, ketjumaisten aggregaattien erotusprosessin. Epähomogeenisessa mag-

neettisessä kentässä vaikuttaa ferromagneettiseen kappaleeseen vetovoima, joka suuntautuu voimakkaampaan kentän osaan. Vetovoimalle  $F_m$  on johdettu kaava

$$F_m = \mu \cdot H \cdot \text{grad } H \cdot V \cdot \left( \frac{\chi_s}{1 + N\chi_s} - \chi_m \right)$$

grad H = kentän gradientti

V = kappaleen tilavuus

$\chi_s$  = ferromagn. aineen susceptibiliteetti

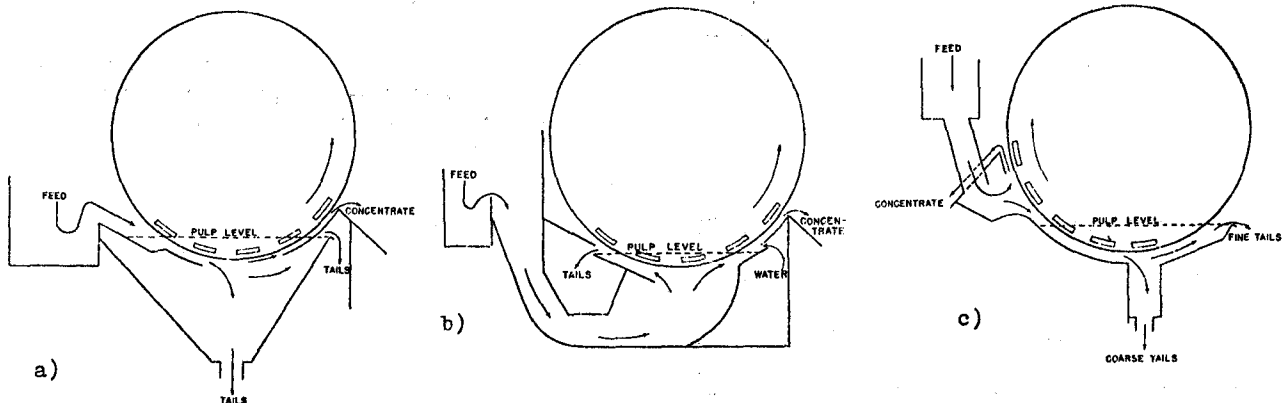
$\chi_m$  = väliaineen susceptibiliteetti

N = demagnetoitumiskerroin

Jauhatus ja magneettinen erotus suoritetaan magnetiitin rikastuksessa yleensä 2- tai 3- vaiheessa. Jos tuote kuularullataan, erotukset tapahtuvat suurin piirtein seuraavissa hienouksissa: primäärinen tankomyllyn tuotteelle 30 % -100 mesh, sekundäärinen 50—60 % -200 mesh ja tertiäärinen 80—90 % -325 mesh. Monivaiheisella rikastuksella säästetään jauhatuskapasiteettia sekä saadaan samalla saannilla parempi rikasteen laatu kuin yhdellä lopullisessa hienoudessa tapahtuvalla erotuksella. Karkeamman materiaalin susceptibiliteetti on suurempi ja sen saanti muodostuu paremmaksi. Jos rikastusvaiheita on liian vähän, hienouden haittavaikutus korostuu runsaamman sivukiviaineksen läsnäollessa ja rikasteen laatu jää heikommaksi kuin useammalla vaiheella, ellei rajummalla erotuksella tingitä saannista

Takoniittirikastamoissa on tavanomaista, että jokaisessa rikastusvaiheessa tuotetaan lopullista jätettä. Meillä Suomessa menetellään näin vain primäärisen erotuksen kohdalla. Myöhempien vaiheiden jäte muodostaa välituotteen, jolle suoritetaan varmistuserotus.

Eri materiaalihienouksilla käytetään erottimilla erilaisia laatikkotyyppejä. Niiden toimintaperiaate ilmenee kuvasta 2.



Kuva 2. Magneettisten erottimien laatikkotyypit

- a) Myötävirta
- b) Puolivastavirta
- c) Vastavirta

Fig. 2. Tank designs for magnetic drum separators

- a) Concurrent
- b) Semi-countercurrent
- c) Countercurrent

Myötävirtalaatikkoa käytetään primäärisessä erotuksessa. Sillä siinä saadaan hyvä rikasteen laatu korkealla saannilla. Syöttötavasta johtuen aines pyrkii lajittumaan tullessaan rummun alle erotussolaan. Tämän estämiseksi jotkut valmistajat asettavat laatikon pohjalle korokelevyn, jonka ylittäessään materiaali joutuu turbulentissa tilassa kentän vaikutuspiiriin.

Puolivastavirtalaatikko on tavanomainen sekundääri- ja tertiärierotuksessa. Siinä syöte nousee ylöspäin tullessaan rummulle ja tämä aiheuttaa liian karkealla materiaalilla tukkeutumisen. Siirtyminen myötävirtalaatikosta puolivastavirtaan tapahtuu hienoudessa 40—50 % — 200 mesh riippuen karkeimpien rakeiden koosta. Erillisen injektiovesiputken asettaminen syöteputken vaakaosalle ei ole suositeltavaa sen aiheuttaman laatikon lisäkulumisen vuoksi. Jätteen joutuessa virtaamaan rumpuun nähden vastakarvaan saanti muodostuu hienolla aineksella myötävirtalaatikkoa paremmaksi, mutta rikasteen laatu jää heikommaksi.

Vastavirtalaatikko soveltuu lähinnä heikkomagneettisessa aineksessa epäpuhtautena esiintyvän ferromagneettisen materiaalin poistoon. Takoniittilaitoksissa sitä käytetään vähäisessä määrin sekundäärierotuksessa. Primäärierotuksessa syöte on liian karkea ja erotustulos selvästi myötävirtalaatikkoa huonompi. Tertiärierotuksessa, jossa tuotetaan lopullista rikastetta, laatu jää puolivastavirtalaatikkoa heikommaksi. Kaikista laatikkotyypeistä vastavirtalaatikolla saadaan huonoin rikaste ja paras saanti. Selektiivisin erotus saavutetaan — 0.3 mm:n materiaalilla. Suomessa tätä tyyppiä ei käytetä magnetiitin rikastuksessa.

Yleisesti katsotaan, että rumpumaisessa magneettisessa erottimessa melkein koko erottuminen tapahtuu siinä vyöhykkeessä, jossa aines tulee magneettiseen kenttään. Rakeiden suhteellinen liike toisiinsa nähden on hyvin vähäinen sen jälkeen, kun ne ovat tarttuneet rikastemattomaan rummun pinnalle, ja sivukivellä on pieni mahdollisuus poistua enää jätteeseen. Hienoimman aineksen lisäpuhdistumista voidaan saavuttaa poistamalla rikaste erotinsolasta niin kuivana kuin mahdollista /17/.

Malmi- ja sivukivimineraalien luonteen tarkaksi määräämiseksi on ennen magneettisen rikastusprosessin lopullista määrittelyä suoritettava mieluummin pilot plant- mittakaavaisia kokeita. Niiden perusteella valitaan erottimien kenttävoimakkuus, lukumäärä jne.

Seuraavassa tarkastellaan malmin yksilöllisistä ominaisuuksista johtuvien seikkojen lisäksi eräitä yleisiä magneettiseen erotukseen vaikuttavia tekijöitä. Ellei toisin mainita, esitys perustuu Otanmäessä suoritettujen tutkimusten tuloksiin.

### Magneettinen kenttä

Magneettisen voiman tulee olla tarttumisyvyöhykkeessä kyllin suuri pystyäkseen vetämään magneettisen aineksen rummun pinnalle. Tätä seuraavassa kuljetus-

vaiheessa kenttä voi olla heikompi, jolloin myös pinnan kuluminen vähenee /22/. Rikasteen poistuessa kentän tulee olla heikko, jotta irtoaminen on mahdollinen ja rummun pintaan kiinnittyvän ja syötepuolelle kiertävän aineksen määrä on minimi. Rummun pintaan tarttunut rikaste voidaan irroittaa vesihuuhtelulla ja kaavinnalla.

Kuten magneettisen voiman kaavasta nähdään, siihen vaikuttavat samalla tavalla kenttävoimakkuus ja sen gradientti eli kenttävoimakkuuden muutos pituusyksikköä kohden. Gradientin suurentaminen suoritetaan yleensä napojen lukumäärää lisäämällä, jolloin kentän syvyys samalla pienenee. Suurigradienttien erottimien valmistajat kertovat useammista navoista johtuen rikasteen laadun paranevan tehokkaamman sekoituksen ja pesun ansiosta ilman saantitappiota /23/. Kentän syvyys saattaa tällöin rajoittua 20—25 mm:iin. Tavallisesti käytetty napaluku on viisi. Suurella gradientilla se saattaa olla jopa 8. Otanmäen malmille on osoittautunut 7-napainen erotin sekä epäselektiivisemmäksi että häiriöalttiimmaksi kuin 5-napainen käytettäessä samaa laatikkoa. Laatikon muotoilulla voidaan tilannetta ehkä muuttaa /23/.

Käytettävä kenttävoimakkuus pienenee rikastettavan materiaalin hienotessa, jolloin myös magneettisen aineksen osuus syötteessä suurenee. Pilotacissa USA:ssa käytetään seuraavia kenttävoimakkuuksia 2”n etäisyydellä rummun pinnasta /17/: primäärinen 600—700 Oe, sekundäärinen 500—600 Oe ja tertiäärinen 400—500 Oe. Otanmäessä kaikkien vaiheiden vastaava arvo on 600—700 Oe, mutta kentän vaikutus säädellään rummun ja laatikon välistä etäisyyttä muuttamalla. Roxon Oy:n valmistamissa erottimissa on mahdollisuus vetää napoja sisään päin rummun sisällä, jolloin vetovoima heikkenee erotussolan pysyessä samana.

Napojen asennon tulee olla sellainen, että toisaalta jätte on kunnollinen ja toisaalta rikaste poistuu sopivasti rummulta. Eräissä tapauksissa kentän asennolla voidaan vaikuttaa rikasteen laatuun.

### Erotussolan korkeus

Erotussolalla tarkoitetaan sitä rummun ja laatikon välistä tilaa, jossa syöteen tai jätteen kaikki rakeet ovat kentän vaikutuspiirissä. Erotussolan korkeus ilmoittaa siten sen etäisyyden, jolle kentän vähintään tulee ulottua, jotta käsiteltävää materiaalia ei pääse virtaamaan sen ohitse jätteeseen. Erottimet valmistetaan yleisesti 25 mm:n erotussolan korkeudella. Korkeuden suurentaminen heikentää solan alaosan magneettista vetovoimaa, joka rummun läheisyydessä pysyy muuttumattomana. Samalla lietteen virtausnopeus pienenee. Otanmäessä käytetty erotussolan korkeus on 40—65 mm kasvaen rikastettavan aineksen hienotessa.

Erotussolan suurentaminen heikentää erotusta. Rikasteen laatu paranee ja aluksi myös jätteen johtuen hitaammasta virtauksesta (taulukko 4).

**Taulukko 4.** Erotussolan korkeuden vaikutus rikastustulokseen.

**Table 4.** Effect of distance between drum surface and bottom of the tank on the magnetic separation.

Erotussolan korkeus mm	Rikaste			Jäte
	Fe %	TiO <sub>2</sub> %	SiO <sub>2</sub> %	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> %
25	61.0	8.2	2.1	1.8
35	62.6	7.9	1.8	1.6
45	63.1	7.8	1.6	2.1

Erotussolan suurentaminen lisää kapasiteettia erityisesti heikkokenttäisimmillä erottimilla. Solan suurentaminen 25 mm:stä 40 mm:iin lisäsi kapasiteettia 50 %, kun kenttävoimakkuus oli 7-napaisella erottimella 400 Oe 2":n etäisyydellä rummusta.

### Kapasiteetti

Magneettisen erottimen kapasiteettia rajoittaa joko kiintoainemäärä tai lietetilavuus. Kumpi kulloinkin on määräävämpi, riippuu kyseiselle erotukselle sopivasta lietetiheydestä. Taulukossa 5 on halkaisijaltaan eri kokoisille erottimille sopivat kapasiteetit takoniittimalmilla.

**Taulukko 5.** Erottimien kapasiteettialueet takoniittimalmin rikastuksessa /23/.

**Table 5.** Recommended feed ranges for drum magnetic separators /23/.

Erotin		Kiintoainemäärä	Lietetilavuus
		t/h, m	m <sup>3</sup> /min, m
Primäärinen	900 mm	30—45	1.2—1.4
	760 mm	25—30	0.85—1.2
Sekundäärinen	900 mm	30—45	1.2—1.4
	760 mm	25—30	0.85—1.2
Tertiäärinen	900 mm	9—15	0.5—0.7
	760 mm	6—11	0.35—0.6

Taulukossa esitetyt kapasiteetit vastaavat kenttävoimakkuutta 400—700 Oe 2":n etäisyydellä rummun pinnasta. Kenttävoimakkuuden samoin kuin rummun läpimitan suurentaminen lisäävät kapasiteettia. Otanmäen malmilla kenttävoimakkuuden nostaminen 700:sta 1000 Oe:iin suurentaa kapasiteettia 10—20 %. Rummun halkaisijan kasvu 600:sta 916 mm:iin ja samalla kenttävoimakkuuden vaihtuminen 600:sta

**Taulukko 6.** Syötteen kiintoainemäärän vaikutus magneettisen erottimen toimintaan.

**Table 6.** Effect of feed rate on the magnetic separation.

Kiintoainemäärä t/h	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> %	TiO <sub>2</sub> %	SiO <sub>2</sub> %
8.0 Rikaste	92.8	4.4	0.62
Jäte	3.5		
12.5 Rikaste	93.0	4.4	0.61
Jäte	3.6		
20.4 Rikaste	91.9	5.0	0.75
Jäte	4.8		
26.5 Rikaste	91.0	5.3	0.78
Jäte	6.0		

800 Oe:iin nostaa kapasiteetin kolmin kertaiseksi. Rummun kokoon vaikuttaa paitsi kapasiteetti, haluttu kenttävoimakkuus. Koon tulee olla riittävän suuri, jotta siihen mahtuvat halutun kenttävoimakkuuden tuottavat magneettinavat.

Erotussolan korkeudella todettiin edellä olevan heikkokenttäisimmillä erottimilla merkittävä vaikutus kapasiteettiin.

Taulukossa 6 esitetään kapasiteetin vaikutus erotustulokseen.

Ylikapasiteetti huonontaa sekä rikasteen että jätteen laatua. Toisaalta alikapasiteetti ei paranna tulosta. Tämä on todettu jopa usean vuorokauden tehdasajossa, jossa rinnakkaisten erottimien määrä kaksinkertaistettiin. Sama johtopäätös on tehty myös Pilotacissa USA:ssa /22/.

### Lietetiheys

Sopivimpana lietetiheytenä magneettisen erotuksen syötteelle pidetään 20—25 % painon mukaan lasketuna. Käytännössä joudutaan kuitenkin käyttämään korkeampia kiintoainepitoisuuksia vedenkulutuksen rajoittamiseksi ja erottimen kapasiteetin nostamiseksi. Takoniittirikastamossa on todettu hienoudeltaan erilaisille materiaaleille tyydyttäväksi lietetiheyksiksi seuraavat: primäärinen 50—55 %, sekundäärinen 35—40 % ja tertiäärinen 20—25 % /17/. Hienouden lisääntyessä kiintoainepitoisuus pienenee ja lietetilavuudesta tulee erottimen kapasiteettia rajoittava tekijä. Karkeammalla aineksella kapasiteetti määräytyy kiintoainemäärän mukaan. Taulukkoa 5 määrättäessä on lietetiheys otettu huomioon.

Lietetiheys vaikuttaa virtausnopeuteen ja rakeiden väliseen etäisyyteen. Molemmilla seikoilla on vaikutusta flokkulaatioon. Paitsi että hieno aines suuremman pinta-alansa vuoksi edellyttää laimeamman lietteen, sen suurempi magnetiittipitoisuus helpottaa flokkuloitumista. Aikaisemmin on lisäksi esitetty, että ensimmäisessä erotusvaiheessa muodostuva flokkulaatio säilyy hyvinkin monivaiheisen prosessin läpi. Tämä huonontaa seuraavien erotusten selektiivisyyttä, mutta parantaa saantia. Taulukossa 7 on tyypillinen lietetiheyden vaikutus verraten heikkokenttäisen erottimen toimintaan.

**Taulukko 7.** Lietetiheyden vaikutus magneettisen erottimen toimintaan.

**Table 7.** Effect of feed pulp density on the magnetic separation.

Lietetiheys	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> %	TiO <sub>2</sub> %	SiO <sub>2</sub> %
36.9 Rikaste	89.2	3.7	0.57
Jäte	1.8		
29.6 Rikaste	91.5	3.3	0.37
Jäte	1.9		
23.3 Rikaste	92.4	3.1	0.32
Jäte	6.1		
20.0 Rikaste	92.6	3.0	0.29
Jäte	10.2		

Lietetiheys vaikuttaa verraten tehokkaasti erotukseen. Sen pienetessä rikasteen laatu paranee. Lietteessä liian laimeaksi saanti rupeaa huononemaan. Toisaalta lietteessä ollessa kovin särkeä erotin toimii epätydyttävästi ja rikasteen lisäksi myös jätteen laatu heikkenee. Lietetiheys vaikuttaa sitä herkemmin, mitä heikompi kenttä ja mitä hienompaa kiintoaines on.

### Rikasteen huuhtelu

Rikastepatjan huuhteleminen vähän ennen sen poistumista rummulta erillisillä suihkuilla vaikuttaa lähinnä hienoimpaan ainekseen. Sen merkitys ei ole osoittautunut kuitenkaan huomattavaksi. Vastaavan vesimäärän lisääminen syötteeseen eli lieteitiheyden alentaminen vaikuttaa samaan suuntaan ja vielä tehokkaammin. Huuhtelun merkitys kasvaa kenttävoimakkuuden heiketessä, materiaalin hienotessa ja magnetiitti-ilmeniitti-yhteenkasvettumien määrän suuretessa titanomagnetitissa.

Vedenalaisten suihkujen pitäminen auki on vaikeaa, samoin niiden toiminnan toteaminen.

### Laimennusveden laatu

Erottimen syöte joudutaan laimentamaan sekä jauhatuksen jälkeen että kertauksissa. Prosessista saatavan kiertoveden käyttö tähän tarkoitukseen soveltuu hyvin. Ainoastaan viimeisessä erotusvaiheessa on syytä käyttää puhdasta vettä ja siinäkin ehkä vain viimeisillä erottimilla. Kiertoveden suurin haitta aiheutuu putkien tukkeutumisen nopeutumisesta ja tämä vaikuttaa lieteitiheyteen.

### Lietepinta

Etsittäessä edullisinta erotussolan korkeutta on Otanmäessä päädytty tilanteeseen, jossa rumpuja on selvästi nostettu alkuperäisistä asemistaan, mutta jossa ne ovat kuitenkin osittain lietteessä. Myötä- ja vastavirtalaatikoissa lieteitiheys säädetään laatikon molemmissa päissä olevilla ylivuotoaukoilla. Liete on tärkeä rakeiden kuljettamiseksi. Erotus muuttuu epäselektiivisemmäksi ja saanti huononee, jos aines joutuu läpäisemään vesi-ilmarajapinnan tarttuessaan rumpuun (taulukko 8). Lietepinnan tulee kuitenkin olla rikastereunan alapuolella, jotta liejuaines pääsee poistumaan ja rikasteen lieteitiheys tulee kyllin korkeaksi. Myötä- ja vastavirtalaatikoista suositellaan tuotettavaksi ylivuotona 10—20 % kokonaisjätteestä /23/. Itse asiassa ylivuodolla varmistetaan vain rumpun pysyminen osittain lietteessä.

**Taulukko 8.** Tuotteiden laatu magneettisessa erotuksessa, kun rumpu on hieman lietteessä tai sen yläpuolella ilmassa.

**Table 8.** Quality of products of magnetic separation when the drum is in pulp or above it.

Kapasiteetti t/h	Rikaste Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -%	Jäte
40 lietteessä	70.1	1.3
ilmassa	66.7	1.5
60 lietteessä	69.0	1.3
ilmassa	66.8	1.5

### Pyörimisnopeus

Rummun sopiva kehänopeus on 0.75—1.25 m/s /17/. Liian suuri nopeus tuottaa liian määrän rikasteen ja kuluttaa pintaa. Liika hitaus taas pienentää kapasiteettiä. Valmistajat asentavat rumpun normaalisti nopeudelle 1 m/s.

### Kertausten lukumäärä

Erotusten lukumäärä on riippuvainen malmista, rikasteelle asetettavista laatuvaatimuksista sekä valitusta prosessikaaviosta ja ajoarvoista. Otanmäessä pyritään mahdollisimman puhtaaseen rikasteeseen, mikä saavutetaan 4-vaiheisella rikastuksella, runsailla kertauksilla ja tehokkaalla välituotteen käsittelyllä, jossa pyritään paitsi eliminoimaan ilmeniitti-magnetiittiyhteenkasvettumat varmistamaan saanti. Taulukossa 9 esitetään rikasteiden ja jätteiden tyypilliset laadut Otanmäen rikastusprosessin eri erotusvaiheissa.

**Taulukko 9.** Otanmäen rikastusprosessin tuotteiden laadut eri erotusvaiheissa.

**Table 9.** Quality of products of separation stages in Otanmäki concentrator.

		Rikaste			Jäte
		Fe %	TiO <sub>2</sub> %	SiO <sub>2</sub> %	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> %
I vaihe	1. erotus	55.5	7.5	6.5	0.6
	2. „	57.0	7.1	5.3	2.3
	3. „	58.6	6.8	4.6	2.5
II vaihe	1. erotus	62.9	5.9	2.5	1.7
	2. „	65.2	5.2	1.9	2.7
	3. „	65.9	4.3	1.7	3.2
	4. „	66.5	3.7	1.5	4.7
	5. „	66.8	3.6	1.3	8.7
	6. „	67.0	3.3	1.2	8.5
III vaihe	1. erotus	68.3	3.0	0.92	1.8
	2. „	68.6	2.6	0.61	6.8
	3. „	69.1	2.4	0.52	8.0
IV vaihe	1. erotus	69.5	2.2	0.47	10.1
	2. „	69.8	2.1	0.42	13.9
	3. „	70.0	2.0	0.29	18.0



## KIRJALLISUUSVIITTEET

1. Runolinna U., Dry Magnetic Separation of Finely Ground Magnetite in a Rotating Field, Helsinki (1961), ss. 30—32, 55—56, 63.
2. Derkatsch V. G. ja Galevskaia T. N., Gornyi Zhurnal, 2 (1958), ss. 53—56.
3. Dean R. S. ja Davis C. W., U. S. Bureau of Mines Bulletin, 425 (1941), ss. 77, 90, 91, 359.
4. Dean R. S. ja Davis C. W., Trans. AIME, 112 (1934), ss. 520—523.
5. Laurila E., Ann. Acad. Sci. Fenn., AVI 34 (1959).
6. DeVaney F. D., Minig Engineering, 8 (1957), ss. 880—882.
7. Sundelin L., Mine & Quarry Engineering, 3 (1962), ss. 119—128.
8. Schmeiser K., Uhle K. ja Frank K., Erzmetall, 10 (1960), ss. 477—484.
9. Davis E. W., University of Minnesota Mines Experiment Station, Information Circular No. 7 (1951), ss. 1—2.
10. Sköid B., Mineralberedningsdagarna i Skellefteå den 15—16 januar 1970.
11. Pickett D. E., Canadian Minig Journal, 2 (1971), ss. 215—223.
12. Roe L. A., Iron Ore Beneficiation, Michigan 1957, ss. 147—157.
13. Gaudin A. M., Principles of Mineral Dressing, Inc New York and London (1939), ss. 17, 451, 452.
14. Taggart A. F., Handbook of Mineral Dressing, Inc New York (1950), ss. 2—142.
15. Benson W. H., Bartnik J. A. ja Rose G. D., Mining Engineering, 8 (1968), ss. 58—61.
16. Davis E. W., University of Minnesota Mines Experiment Station, Information Circular No. 5, (1945), ss. 31—34.
17. Forciea J. E., Hendrickson L. G. ja Palasvirta O. E., Mining Engineering, 12 (1958), ss. 1269—75.
18. Palasvirta O. E., yksityinen tiedonanto.
19. Ilmoni P.-A., Jernkontorets Annaler 155 (1971), ss. 733—750.
20. Basiljevitsh S. V., Metalurg. (ven.), 10 (1971).
21. McDermott W. F., Davis R. A., Cowper N. T. ja Wasp E. J., Mining Engineering, 1 (1969), ss. 86—89.
22. Forciea J. E. ja Salmi R. W., Mining Engineering, 12 (1965), ss. 339—345.
23. Suleski J., World Mining, 4 (1972), ss. 60—61, 89.

## SUMMARY

The magnetic concentration of fine grained material is the separation process of along the field oriented chain-like aggregates. Before the final decision of the ore dressing process one has to have experiments preferably in the pilot plant scale to define the exact natures of the ore and gangue minerals. Though the flow sheet is based on the specific properties of the ore and on the qualifications of the concentrate, the general factors effecting the magnetic separation can be taken into account when optimising the operation of the separators. These general factors are field strength, distance between drum surface and bottom of the tank, feed rate, pulp density, washing of the concentrate, pulp surface, drum speed and the number of cleanings. The effects of these factors have been studied at the concentrator of Otanmäki mine of Rautaruukki Co.

In the ore dressing the demagnetization of the flocculated material is most abundantly performed at the sink and float plants. The most multifacial applications are in the concentration of magnetite. Demagnetization becomes more difficult in the order: ferrosilicon, natural magnetite, titaniferous magnetite and artificial magnetite.



PROFESSORI RISTO HUKIN MUOTOKUVAN  
PALJASTUS

Syyskuun 26. pnä paljastettiin Teknillisen korkeakoulun vuoriteollisuusosastolla professori Risto Hukin muotokuva, jonka on maalannut taitelija Åke Hellman. Teknilliselle korkeakoululle lahjoitetun kuvan ovat maalauttaneet Vuorimiesyhdistyksen nimissä professori Hukin entiset oppilaat, ystävät ja työtoverit sekä alan yhtiöt, Luovutuspuheen piti tekn.lis. Toimi Lukkarinen ja lahjoituksen otti vastaan rehtori Pentti Laasonen. Professori Hukki kiitti lahjoittajia katsoen kunnianosoituksen kohdistuvan koko siihen vuoriteollisuuteemme ja sen opetuksen piiriin, jossa hän edelleenkin toimii.

—0—

## KIITOS

Vuorimiesyhdistyksen hallitukselle, entisille oppilailleni, virkaveljilleni ja ystävilleni sekä vuoriteollisuuden alalla toimiville yhtiöille, jotka olette myötävaikuttaneet muotokuvani maalauttamiseen, pyydän esittää nöyrimmät kiitokseni.

R. T. Hukki

# Tarina Lapin timanteista II

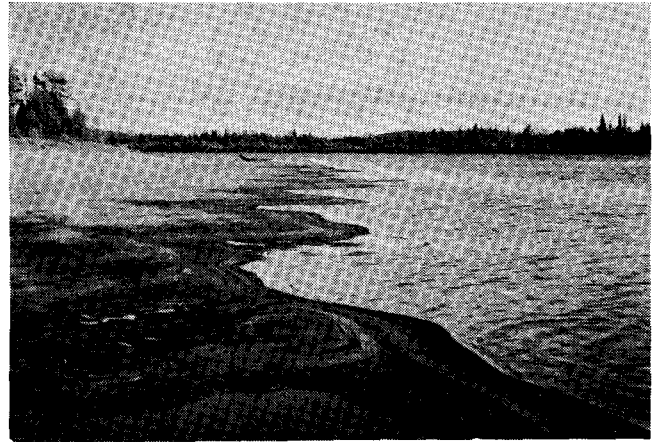
Prof. Olavi Erämetsä

## Suuria toiveita

Olin ahminut kaikki saatavissa olevat kirjoitukset niin hurmioituneena kuin vain 23-vuotias opiskelija voi. Vihdoin rohkaisin mieleni ja menin tri Tannerin luo. Innostukseni tarttui häneenkin ja menimme yhdessä prof. Sederholmin puheille. Tuloksena pitkästä keskustelusta oli, että sain seuraavaksi kesäksi määrärahat 40 työpäivää varten.

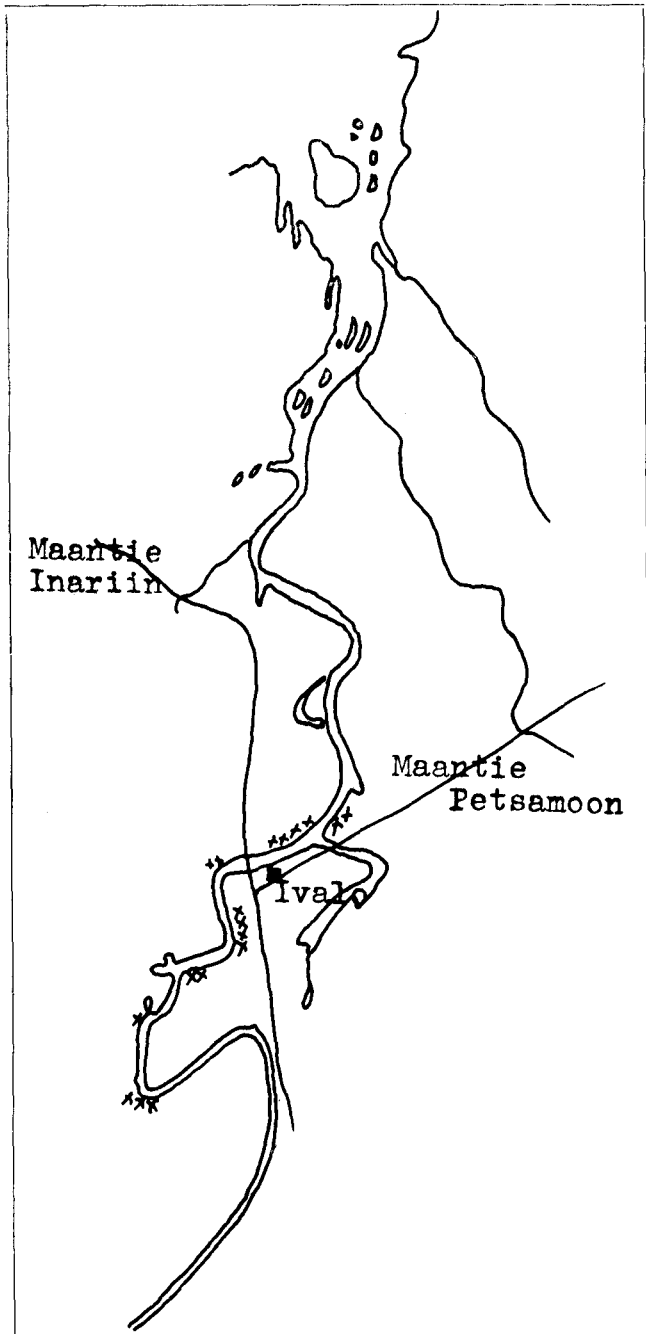
Tarkoitukseni oli tutkia Paatsjoen rannat Rabot'in jälkiä seuraten. Brasilian ja Uralin timanttikentät mielessä päätin uhrata muutamia päiviä Ivalojoen hiekkojen tutkimiseen. Ivaloon saavuin 6. 6. 1930. Siinä paikassa, missä Inarin vanha maantie ylittää Ivalojoen, on joen pohjoisrannalla Kyrön kylä. Ensimmäisen maailmansodan aikana ryhdyttiin rakentamaan Petsamon maantietä. Tämä tie erosi vanhasta tiestä joen eteläpuolelta. Teiden haarautumiskohdan ympärille oli muutamassa vuodessa kasvanut Inarin kirkonkylän kustannuksella vireästi toimiva yhdyskunta. Paikka tunnettiin yleisesti Ivalon nimellä. Siellä oli lukuisten kauppojen ohella sairaala ja apteekki, postija lennätinkonttori, vieläpä poliisin putka. Matkailijayhdistyksen tilavan vanhan majan lisäksi oli noin kilometriä etelämmäksi rakennettu kaikilla mukavuuksilla varustettu komea kaksikerroksinen hirsinen matkailijahotelli.

Sain ostetuksi Kyrön kylästä kevyen veneen ja ryhdyin tutkimaan joen rantoja Ivalosta ylöspäin. Minulla oli mukana pieni taskumikroskooppi, jonka avulla pystyin tunnistamaan aaltorikasteiden tärkeimmät mineraalit. Sääsket eivät olleet vielä saapuneet ja ilma oli niin lämmin, että voin huuhtoa hiekkvoja pelkässä pyjamassa. Ivalon luonto on niin rehevää, että luulisi olevansa paljon etelämpänä. Missään en ole nähnyt sellaista kulleroiden runsautta kuin siellä. Eräässä joenmutkassa kasvoi villiruusuupensaikko. Missä asutus ei ollut turmellut alkuperäistä metsää, reunustivat rantoja Lapin laihat, usein kaksihaaraiset kuuset. Ivalojoki mutkitteli meanderina hiekkaisessa maastossa. Eroosio oli meanderin ulkoreunalla niin nopeaa, että uoma siirtyi metrin muutamassa vuodessa. Uuden matkailijahotellin ranta täytyi paaluttaa, ettei koko rakennus olisi sortunut jokeen. Kaikki aaltorikasteet olivat kasaumarannalla. Ne olivat tummavioletteja, päämineraaleina sarvivälke ja granaatti. 10. 6. olin saanut riittävästi näytteitä, ja lähettänyt ne tiiviskankaisissa pusseissa Helsinkiin.



Ivalojoen kasaumarannikko aaltorikasteineen.

Varsinaiseksi työkohteekseni olin suunnitellut Rabot'in päiväkirjan mukaan Paatsjoen. Sitä varten soudin Inarjärven poikki Paatsjoen niskalle Virtaniemeen. Tavallisissa oloissa hyvin rauhallinen Ivalojoen alajuoksu oli kevättulvan vaikutuksesta muuttunut vuolaaksi virraksi, joka leikiten vei venettä eteenpäin. Ivalojoen suussa kiinnitti huomiotani korkea rantatöyräs, joka oli täynnä törmäpääskysen pesiä. Ivalojoen suusta lähtien navakka etelätuuli auttoi matkaani. Vielä samana iltana saavuin Nanguniemen pohjoisrantaan. Siellä tapasin suurimman siihen saakka näkemäni aaltorikastekerrostuman. Sen väri oli oranssi, sillä päämineraalina oli sarvivälkkeen asemasta vaaleankeltaista sillimaniittia. Vedin rantahiekalle kevyen veneeni ja asetuin sen taakse tuulensuojaan nukkumaan. Lapin keskiyön aurinko paistoi suoraan pohjoisesta ja kultasi maiseman. Läheisten mäntyjen rungot helottivat punaisina. Utelias västäräkki piti matkamiehelle seuraa hypellen iloisesti edessäni hiekkala ja samalla heiluttaen vilkkaasti pyrstöään. Nukuin tuulen suihnaan ja aaltojen loiskeeseen rantakiviä vastaan. Herätessäni tuuli oli kiihtynyt. Sen suunta oli muuttunut hieman läntisemmäksi puhaltaen suoraan lähintä päämäärääni Kaamassaaren autiotupaa kohti. Olin tottunut kevyihin savolaisveneiden airoihin ja Inarin aivot tuntuivat kömpelöiltä. Tuuli kuljetti kuitenkin venettä hyvää vauhtia eteenpäin, niin ettei airoilla tarvinnut muuta tehdä kuin huolehtia suunnasta. Syötyäni ja le-



Ivalojoen aaltorikasteiden sijaintipaikat.

vättyäni Kaamassaareissa läksin pyrkimään Virtaniemeen. Tuuli oli tällä välin kääntynyt suoraan läntiseksi. Inarille ovat ominaisia pitkät salmet, joista käytetään nimitystä "nuora". Idästä länteen kulkeva Kaikunuora johti suoraan Virtaniemeen. Tuuli oli jälleen myötäinen ja niin luja, että se nostatti valkopäisiä laineita. Myrskyn avustamana saavuin vielä samana iltana Virtaniemeen.



Suomen matkailijayhdistyksen Virtaniemen maja.

Nukuin yöni Matkailijayhdistyksen majan mukavassa vuoteessa. Aamulla olin valmis Paatsjoen laskuun. Paikkakuntalaiset kertoivat kuitenkin kevättulvan olevan vielä niin korkealla, että kaikki hiekat olisivat veden alla. Jätin veneeni Virtaniemeen ja matkustin linja-autolla Nautsiin tarkastamaan tilannetta. Siellä rantahiekat olivat todellakin veden peitossa. Rannalla pensaitten taakse hyvin kätkeytynä oli vain uutuuttaan kiiltävä viinapannu.

Ei auttanut muu kuin odottaa tulvan laskeutumista. Menin Salmijärvelle ja nousin aikaisemmista kesistä hyvin tuntemilleni Petsamontunttereille. Sieltä läksin vaeltamaan pohjoista kohti Petsamojoen asutulle suupuolelle. Matkan varrella huuhdoin emäksisten kivilajien yli kulkevien tunturipurojen hiekkaa. Päivien kuluessa selkäreppu tyhjeni eväistä ja täyttyi huuhdontanäytteistä. Petsamojoen saavutin Yläluostarin kohdalla. Siellä oli kyllä hiekkaa, mutta ei rikasteita. Rannalla kukki punainen mesimarja. Se ei tee kuitenkaan marjoja näin pohjoisessa.

Vesi oli yhä korkealla Paatsjoessa, mutta käytettävissäni olevat työpäivät hupenivat arveluttavasti. 30. 6. sain Virtaniemestä palkatuksi soutumiehen, joka väitti hyvin tuntevansa Paatsjoen kosket.

Paatsjoen ensimmäinen kolmannes Virtaniemestä Nautsiin erosi ainakin siihen aikaan täysin joen loppuosasta. Alkuosa oli asumatonta erämaata lukuunottamatta erään erakon yksinäistä kämpppää, joka sekini oli tavallisesti tyhjänä. Vaikka maantie seurasi jokea vain muutaman kilometrin päässä, eivät turistit koskaan eksyneet jokirantaan. Paatsjoen yläosassa oli tusinan verran melko isoja koskia, joiden rannat olivat samassa tilassa kuin Rabot'in aikana. Nautsista alaspäin kulku oli helppo. Jokaisen kosken ohi kulki kapearaiteinen vetorata, "tralli", jonka rautaiseen vauvuun vene voitiin sijoittaa.



Paatsjoen Menikkaköngäs. Vrt. Rabot'n kirjasta otettuun kirjoituksen ensimmäisessä jaksossa nähtävään kuvaan!

Paatsjoen yläjuoksu oli kuin järvireitti, jossa helminauhana olevat järvet liittyivät koskien välityksellä toisiinsa. Se kesäkuun päivä, jolloin suoritimme laskun Virtaniemestä Nautsiin, säilyy mielessäni kimmeltävän kirkkaana. Taivas oli niin sininen kuin se vain Lapissa voi olla. Sinisyyttä tehostivat koristeelliset lumi-valkeat pumpulipilvien hattarat. Taivasta vasten piirtyivät kiemuraiset, japanilaisten piirrosten kaltaiset petäjänlatvat. Erikoisesti jäi mieleeni tuoksujen runsaus. Koko matkan oli perusaromina alkukesän raikas männikkö. Virtaniemestä lähdettäessä, päästyämme irti vastatervatusta laiturista, Virtaniemen kuuluisa tuomilehto muistutti itsestään. Soiden kohdalla voittivat kukkivat suopursut ja muurainten lehdet.

On ihmeellistä miten tunnelma oli toisenlainen kuin Rabot'in matkakuvauksessa. Rantojen maisemat olivat hyvin vaihtelevat eikä mistään synkistä metsistä voinut puhua. Rantapajukkoja lukuunottamatta petäjä ja koivu vaihtelivat. Lapin laiha ja usein kaksilatvainen kuusi kuuluu Ivaloon. Paatsjoella ei niitä näkynyt. Jokaisen joenmutkan takaa odotti jännityksellä uutta näkymää.

Heti Virtaniemestä lähdettyämme soutajani kertoi, että vajaan peninkulman päässä joen rannalla on musta läiskä, jossa ruoho ei kasva, siinä kasvaa vain läikittäin veripunaisia kukkia. Tarun mukaan paholainen oli kerran nylkenyt hirven ja levittänyt taljan rannalle kuivumaan. Siksi siinä ei ruoho kasva ja punaiset kukat ovat jälkiä hirven verestä. Musta läiskä tunnetaan nimellä "Hirventalja". Saavuttuamme Kuoppasuvannon nivan alapuolella olevalle paikalle totesin, että kyseessä oli vahvasti rapautunut ultramäkkinen kivilaji. Se erottui jyrkästi ympäristöstään ja oli halkaisijaltaan noin kaksikymmentä metriä.

Alkuperäinen kivilaji oli melkein mustaa. Sorassa kasvava veripunainen kukka oli pikkutervakko (*Viscaria alpina*), jolle tämä kasvualusta on ominainen. "Hirventaljaa" katsellessani tuli mieleeni heti kimberliitin rapautunut pinta. Sora oli kuitenkin niin kovaa,

että sen kaivamiseen olisi tarvittu rautakanki ja kuokka. Sain siitä huolimatta syntymään puolen metrin syvyisen kuopan hiekan huuhtomiseen käyttämäni peltipesuvadin avulla. Seuraavan kesän kaivaukset osoittivat, että sora, jossa alkuperäinen kivi oli suureksi osaksi muuttunut serpentiiniksi, ulottui paikoin yli metrien syvyyteen.

Ranskalaiset tutkijat olivat yrittäneet selittää timatien olevan peräisin seudulla tavattavista pegmatiiteista. Tämä tuntui sangen epätodennäköiseltä. "Hirventaljan" löytö muutti tilanteen. Monet geologeistamme olivat sitä mieltä, että tuo musta kivilaji saattoi jossain määrin vastata kimberliittiä.

Rabot valittaa matkan Nautsista Virtaniemeen olevan melkein yhtämittaista koskitaivalta. Pisin näistä koskista on toista kilometriä pitkä Harrikoski. Kun olimme päässeet kosken kunnialla alas, katseli soutumieheni sitä todeten: "Olipa siinä rivo rinne." Paatsjoen yläjuoksun suurimmat kosket ovat kuitenkin Saarikoski ja Jäniskoski. Alajuoksun varrella Salmijärven ja Kolttaköngään välillä on myös Saarikoski ja Jänisköngäs. Ne ovat kuitenkin pienempiä kuin Nautsin yläpuolella samannimiset kosket.

Kalliokoskessa meille sattui pieni kummellus. Paatsjokea on tapana laskea siten, että soutaja on aktiivinen ja perämies täysin passiivinen. Suvantopaikoissa tosin perämies ohjaa, mutta kun tullaan sellaiseen koskeen, jonka ohi venettä ei tarvitse vetää maitse, käännetään vene ympäri ja soutumies soutaa kaikin voimin virtaa vastaan. Täten voidaan mutkaisessa väylässä välttää vaaralliset kivet. Soutajani oli jo keski-ään ylittänyt näätämoläinen. Myöhemmin selvisi, ettei hän ollut pariinkymmeneen vuoteen käynyt Paatsjoella eikä muistanut kaikkien koskien sijaintia. Soudimme kaikessa rauhassa erästä suvantoa pitkin. Ihmettelin, miksi edessä olevassa järvessä näkyi jyrkkä viiva, jonka kohdalla veden väri äkkiä muuttui. Siinä oli Kalliokoski. Kun tulimme aivan lähelle, näkyi valkoinen vaahto. Kalliokoski on melkoinen köngäs, mut-

ta suhteellisen lyhyt ja kivetön. — Ennenkuin kerkisin pelästyä, muistin erään pilakuvan, jossa kanootti on Niagaran tapaisen putouksen niskalla, etuosa jo tyhjän päällä. Kanootissa on kaksi miestä, toinen iloinen ja toinen huolestunut. Iloinen mies lohduttaa toista miestä, että hän on elokuvissa nähnyt samanlaisen tilanteen monta kertaa ja jokaisena iltana tilanne on selvinnyt hyvin. — Mitään muuta ei ollut tehtävissä kuin koettaa ohjata vene kohtisuoraan kuohuja vastaan. Vaahto ei kannata venettä, ja se täyttyi reunojaan myöten pysyen kuitenkin pystyssä. Meloimme veneen heti rantaan, käänsimme sen kumoon ja teimme suuren nuotion tavaroiden ja vaatteiden kuivattamiseksi. Tavarat olin käärintä suureen suojakankaaseen ja köyttänyt kiinni, joten mitään ei karannut koskeen. Matkapäiväkirjani kantaa kuitenkin yhä merkkejä uimisestaan.

Rajakoski, Rabot'n Naoutscheguöski, missä hänen veneensä kaatui 11. 8., ohitettiin köyden avulla. Tämä tapahtui siten, että toinen miehistä kulkee rantaa pitkin pitäen lujasti kiinni veneen kokkaan sidotusta köydestä. Vene saa painua virran vietävänä metri metriltä. Toinen miehistä on veneessä ja estää sauvoimella veneen tarttumasta rantaan ja kiviin. Tämä laskutapa on hidas, mutta vähävetisissä ja kivisissä koskissa varma. Tavarat on varovaisinta silti kantaa maitse kosken ohi.

Rabot kertoo tarvinneensa kahdeksan miestä kunkin veneensä vetämiseen kosken ohitse. Meillä oli tosin pienempi vene ja matkasimme alaspäin, mutta veneemme liikkui helposti kahden miehen voimin. Kuivatuspysähdyksestä huolimatta matka Virtaniemestä Nautsiin sujui helposti yhdessä päivässä. Loppumatka, jolloin kosket voitiin ohittaa vetoradan avulla, oli kuin turistiretki.

Odotin malttamattomana Vouvatusjärveä, jonka rannalta Rabot oli löytänyt timantit. Soutumieheni kertoi paikalla olevasta suuresta hietikosta, mutta suureksi pettymykseksi tulva peitti vielä hiekan. Jatkkoimme matkaa Kolttakönkälle saakka. Huuhdoim-



Kalguoavi Vouvatusjärveltä katsottuna. Tältä paikalta Rabot kertoi löytäneensä ensimmäiset suomalaiset timantit.

me, missä siihen kykenimme. Mitään uutta mielenkiintoista ei kuitenkaan enää löytynyt. Nyt olivat käytettävissäni olevat työpäivät lopussa. Näytteet lähetettiin Helsinkiin tutkiakseni ne seuraavana talvena. Sitten palasin Ruijan ympäri Narvikin ja Kiirunan kautta kotiin.

Siihen aikaan maantie loppui Inarin kirkolle. Vaelataja sai taivaltaa Utsjoelle postipolkua pitkin apostolinhevosella. Kuljin toista vuorokautta kestäneessä saateessa Petsikkotunturin pohjoisrinnettä alaspäin. Silloin sade lakkasi äkkiä ja synkkään pilvimuuriin ilmestyi luoteessa aukko. Sen keskellä näkyi Rastegaisan yli kilometrin korkeuteen kohoava huippu hohtaen hehkuvan punaisena ilta-auringon valossa. Hetken kulluttua peittivät pilvet taas koko taivaan, mutta myöhemmin olen unessa usein nähnyt saman tunturin. — Muutamia vuosia sitten sain tilaisuuden käydä Kevon tutkimusasemalla. Nyt pääsin Utsjoelle saakka mukavasti linja-autolla. Aivan maantien äärellä odotti moottorivene viedäkseen kulkijat professori Paavo Kallion tutkimusasemalle. Rastegaisa itse oli ainoa, joka oli mielessäni jotain menettänyt. Ehkäpä siihen vaikutti se, että Petsikkotunturilla vallitsi tällöin paras ruska ja taivas oli pilvetön.

#### Seuraavan talven laboratoriotutkimukset.

Syksyllä palasin Helsinkiin ja ryhdyin jatkamaan opintojani Teknillisessä korkeakoulussa. Kaikki vapaa-aikani käytin tuomieni hiekanäytteiden tutkimiseen. Taisipa niihin töihin hukkautua luentotuntejakini. Luovuin Teknillisen korkeakoulun mineralogian ja geologian assistenttitoimistani. Sain laboratorioskini pienen huoneen geologisen tutkimuslaitoksen kellaris-ta Bulevardin varrelta. Huone oli puoliksi maan alla ja sen katon rajassa olevat ikkunat olivat vain hiukan jalkakäytävän yläpuolella. Huoneessani oli jo alkuaan sangen voimakas sähkömagneetti, joka pystyi vetämään puoleensa granaatin, sarvivälkkeen ja monet muut heikosti magneettiset mineraalit. Sinne hankittiin myös sangen näppärä pieni tärypöytä. Lisäksi sain käytettäväkseni riittävän määrän raskaita nesteitä ja muita tarvikkeita.

Rabot'n tuoma hiekanäyte tuskin saattoi olla nenäliinanyyttiä paljoakaan suurempi. Kun Vélain ilmoitti löytäneensä tästä useita timanttijyväsä, odotin saavani timantit näkyviin omasta paljosta suuremmasta näytteestäni vaivatta lyhyessä ajassa. Alkukokeet osoittivat, että työhön täytyi käydä käsiksi järjestelmällisesti. Iltaisin raitiovaunu jyräsi Bulevardia pitkän säännöllisin väliajoin niin että lasiastiani helisivät, mutta jatkoin työtä koko talven.

Mineraalien rikastus tapahtui aluksi ominaispainon mukaan tärypöydän avulla, joka toimii nopeasti, mutta ei erikoisen tarkasti. Tärypöytä on uurteilla varustettu moottorin tärisyttämä levy, joka vetää eteen ja esimerkiksi oikealle. Lapissa hiekat järjestyivät tärypöydällä siten, että vasemmalla näkyi kvartsin ja maasäl-





Hirventalja II:n kaivauksista, vas. Bernhards, Nyman ja Ollilainen.

vän aiheuttama keltainen reuna. Sitä seurasi sarvivälkkeen värjäämä tumma raita ennen granaatin punaista aluetta. Granaattialueen uloin reuna oli ilmeniitin ja magnetiitin tummentama. Ominaispainon perusteella timantin täytyi joutua granaattien alueelle. Punainen alue erotettiin ja käsiteltiin vahvalla sähkömagneetilla, jonka käämit olivat noin metrin korkuiset. Sähkövirta kytkettiin ja lähellä toisiaan oleville magneetin navoille tarjottiin alumiinitarjottimelta granaattihiekkaa. Granaatti tarttui magneettiin, jotavastoin timantti on täysin epämagneettista. Sitten katkaistiin sähkövirta, ja magneettinen osa putosi toiselle tarjottimelle. Koska magneettinen granaatti veti mekaanisesti mukanaan myös epämagneettisia rakeita, täytyi sama toimitus toistaa useampaan kertaan. Työ vaatii hyvin paljon aikaa. Granaatin ohella vahva magneetti veti puoleensa magnetiitin, ilmeniitin ja monet Vélain'in mainitsemista rautapitoisista silikaateista kuten sarvivälkkeen, augiitin, stauroliittiin, epidootin jne. Sitten tapahtui separaatio raskailla nesteillä. Ensin käsiteltiin epä-magneettinen osa asetyleenitetrabromidilla, jonka ominaispaino on 2,99. Nesteen pinnalle jäivät kellumaan jäljellä olevat kvartsi ja maasälpä. Pohjalle jäänyt osa otettiin talteen erotussuppilon avulla ja pestiin puhtaaksi bentseenillä. Seuraava neste oli Clericin liuos, jonka ominaispaino on 4,24. Se on tal-

liummalonaatin ja talliumforminaatin seos. Clerici on hyvin kallista ja myrkyllistä, joten sen käsittely vaatii huolellisuutta. Sitä voidaan erotussuppilossa laimentaa vedellä, jolloin saadaan yksi mineraali kerrallaan painumaan pohjalle. Tässä käsittelyssä rikastui painavimpaan osaan runsaasti mikroskoopissa helposti tunnettavia zirkonikiteitä, jotka ovat muodostuneet nelisivuiseen pyramidiin päättyvästä nelisivuisesta prismasta. Samaan jakeeseen joutui myös läpinäkymättömän musta titaanidioksidi, rutiili. Monatsiitti oli hiukan painavampaa. Se on lantanidien fosfaattia, sisältäen ceriumin ja lantaanin ohella runsaasti neodyymia ja praseodyymia. Viimeksimainituilla aineilla on se ominaisuus, että ne imevät valoa valikoiden. Kummankin spektrin\*) keltaisessa osassa on tumma juova.

Jos mikroskoopin päälle asetetaan peukalon kokoinen taskuspektroskooppi ja käytetään niin suurta suurenusta, että näkökentässä on vain yksi rae, näkyy monatsiittirakeen kohdalla tämä keltaisen paikalla oleva musta viiva selvänä. Samassa yhteydessä käytin monatsiitin tunnistamiseen menetelmää, jota en ole nähnyt vielä kukaan julkaistun. Kun mikroskoopilla halutaan katsella yksivärisessä valossa, voidaan käyttää ns. monokromaattoria. Prismamonokromaattori on valmistettu siten, että mittarummusta prismaa kiertämällä voidaan näkökenttään saada halutun väristä valoa. Jos valon väri asetetaan monatsiitin imeytymisviivan kohdalle ja mittarumpua liikutetaan edestakaisin, vilkuttavat monatsiittirakeet erittäin silmiinpistäväällä tavalla, muiden mineraalien pysyessä tummuudeltaan jokseenkin muuttumattomina. Paljon myöhemmin olen käyttänyt neodyymin valikoivaa valonimemiskykä Neolux-lampun suunnitteluun.

Clericin liuosta laimennettaessa painui pohjaan välittömästi ennen timanttijauhetta, sinertävää kyaniittia ja tummanvihreää rautapitoista spinelliä. Timanttijakeen jälkeen saatiin runsaasti sillimaniittia, mikä on tavallista alueen granuliitissa. Itse timanttijae, jonka ominaispaino oli 3,5, sisälsi vaaleanruskeita, linssinmuotoisia pieniä titaniittikiteitä. Lisäksi siinä oli hyvin vähän aivan värittömiä kiteitä, joiden kidemuoto oli oktaedri kuten timantin. Polaroidussa valossa nämä kiteet pysyivät kaikissa asennoissa melkein mustina kuten timantti. Vélain ilmoittaa havainneensa samanlaisen heikon anomaalisen kahteistaittoisuuden tutkiessaan Rabot'n tuomia timantteja. Käsiteltiin kyseistä jaeita rikkihapon ja fluorivetyhapon seoksella kuten Vélain. Tähän nesteeseen liukenevat kaikki tavalliset mineraalit, jotka ovat silikaatteja, mutta kyseiset kiteet eivät liukene. Timantilla on erittäin korkea valontaittokerroin. Siihen aikaan metyleenijodidi oli se, jolla oli käytettävissä olevista nesteistä korkein taitekerroin. Tutkittavilla kiteillä oli korkeampi taitekerroin kuin metyleenijodidilla. Kun kiteitä puristettiin kahden lasilevyn välissä ja lasia liikutettiin, naarmuuntui lasi. Kiteet olivat kovia kuin jalokivi. Näytti siis jokseenkin varmalta, että nämä mikroskooppiset kiteet olivat oikeita timantteja.

\*) En pidä "kirjoa" onnistuneena spektrin suomennoksena. "Tähtien koostumus on saatu selville kirjoja tutkimalla."

## Kilpajuoksu

Odotin kesää 1931 suurin toivein. Geologinen tutkimuslaitoskin uskoi timantteihin niin, että oli antanut sanomalehtiin asiasta lyhyitä tietoja. Sain järjestää retkikunnan, johon kuuluivat apulaisinani silloiset tekniikan ylioppilaat, nykyinen professori G. A. Nyman ja dipl. ins. Holger Bernhards sekä dipl. ins. Veikko Ollilainen. Meillä oli käytettävissämme ulkolaitamoottori.

Samanaikaisesti Teknillisen korkeakoulun silloinen mineralogian ja geologian lehtori tri Aarne Laitakari järjesti samassa tarkoituksessa oman retkikunnan. Koska professori Laitakari on kirjoittanut omasta retkestään pitkäköön kirjoitussarjan Suomen Kuvalehdessä kesällä 1931, en selosta sitä tässä tarkemmin.

Norjalainen insinööri P. B. Holte oli myös tutustunut suomalaisten sanomalehtien irtipäästämään uutiseen ja lähtenyt Norjan puolelta Paatsjoelle. Matkastaan hän kertoo artikkelisarjassa, joka ilmestyi Aftenpostenissa 25. 4., 15. 5. ja 16. 5. 1933. Ensimmäinen artikkeli oli yleisluontoinen, mutta sen herättämän mielenkiinnon innostamana hän laati myöhemmin suorastaan runollisen kuvauksen. Toisen artikkelinsa alussa Holte kertoo olleensa kuusi vuotta Etelä-Afrikan timanttikentillä, tutkineensa Brasilian timanttiesiintymiä ja käyneensä myös Belgian Kongon ja Lounais-Afrikan kentillä sekä työskennelleensä kaksi vuotta timanttikaivoksilla Kimberleynsä. Sitten hän jatkaa m.m.:

*Tämän vuoksi voinen pitää itseäni vaatimattomasti sanoen ammattimiehenä, mutta uskallan myös aivan varmasti väittää, että olen ainoa tämän harvinaisen alan asiantuntija, joka on ollut todellisella timanttien etsintämatkalla Finnmarkissa. Kahtena kesänä olen kulkenut Paatsjokea sen suusta Bokfjordenista ylös Hestfossiin etelässä, olen tehnyt monia pitkiä matkoja ylämaahan eri sivujokia pitkin niin pitkälle kuin yleensä voi päästä venettä sauvomalla ja vetämällä. Olen kulkenut tuntureille niin kaukaisiin paikkoihin, että siellä on tuskin ollut yhtään ihmistä aikojen aamusta alkaen. Eri retkilläni olen huuhtonut lukemattomissa paikoissa pohjoisessa ja etelässä. Sentähden olen myös sitä mieltä, että tunnen tämän asian paremmin kuin kukaan muu. Jos jollakin on parempia tietoja, kuulen niistä mielelläni, olen aina halukas oppimaan ja olen kovasti kiinnostunut näistä Finnmarkin timanttiesiintymistä.*

*Löysimme sen mitä etsimme, sen mikä ensisijassa oli tuonut meidät näille vähän tunnetuille seuduille. Paatsjoen punaruskeata timanttipitoista hiekkaa ei ole ainoastaan pienellä suomalaisella saarella, sitä on myös Norjan puolella ja mantereella, se on varmaa, tiedämme sen, sillä löysimme sitä sieltä. Nyt haluavat tietysti monet sanoa, että saattaa olla mielenkiintoista tietää, että näitä pieniä timantteja on siellä ylhäällä, mutta että niillä tuskin on mitään käytännöllistä taloudellista merkitystä.*

*Tähän tahdon vain vastata, etten ole väittänyt, että niillä on merkitystä, olen vain esittänyt, että näiden timanttiesiintymien voitaisiin ehkä ajatella olevan yksi Finnmarkin mahdollisuuksista, jotakin, joka ehkä joskus tulevaisuudessa voisi tarjota työttömille jotain mihin tarttua. Tähän mennessä on — kuten mainittiin — löydetty vain pienehköjä, toisinaan vain mikroskooppisia timantteja, joilla ei ole mitään arvoa, mutta nämä pienet timantit ovat kuitenkin siellä. Se on tosiasia, jota ei voi sivuuttaa. Hienosta hiekasta ei sitäpaitsi voi myöskään odottaa muuta löytävänsä.*

”Ainoa asiantuntija”, insinööri Holte näyttää tyytyneen vain etsimään punaista granaattipitoista hiekkaa. Hän ei kirjoituksessaan sanallakaan mainitse sitä yksityiskohtaisemmin tutkineensa. Insinööri Holte oli kuvauksensa mukaan noussut Paatsjokea vain Hevoskoskelle saakka, joka sijaitsee Nautsin alapuolella. Nautsiin saakka olivat kaikki kosket jo siihen aikaan varustetut vetoradalla.

Oma ryhmämme saapui Ivaloon 27. 5. 1931. Ilma oli kolea ja satoi lumiräntää. Leiriydyimme Ivalojoen varrelle asumattomaan paikkaan, kukin omaan rankiseensa. Rankiset ovat ohuesta kankaasta sääskisuojaiksi tarkoitettuja teltoja. Aamulla heräsimme viluun. Maa oli valkoisena ja rankiset lumen peittämiä. Hiekkojen huuhtominen oli hankalaa, sillä routa tuli vastaan muutaman senttimetrin syvyydessä. Vaikka Ivalojoessa tulva oli korkealla, arvelin, ettei se olisi ehtinyt vielä Vouvatusjärvelle saakka. Lähetin Ollilaisen ja Bernhardsin ottamaan näytteitä Rabot'n timanttihiekasta. Hietikkoa ei löytynyt, vaikka vesi oli vielä suhteellisen alhaalla. Ihmettelimme, sillä Rabot'n matkakuvaus tuntui selvältä. Vasta loppukesällä arvoitukseen näytti löytyvän selitys. Olin odottanut elokuuta ja tulvan laskeutumista Vouvatusjärvellä. Elokuu tuli ja vesi laski. Tarkastin koko rantaviivan. Hietikko pysyi kadoksissa. Rantaheinikko ja -pensaikko olivat sen nielleet. Suomen nykyisessä ilmastossa rantahietikot häviävät. Lapsuuteni leikkihiekkana oli myöhemmin vesirajaan saakka ruohomättäiden peitossa, mutta kun muistin metrilleen paikan, sain mättäitä kiskomalla hietikon näkyviin, Rabot'n hietikon sijainnissa oli kuvauksessa parin kilometrin epätarkkuus. Oli mahdotonta löytää Rabot'n leiriytymispaikkaa ja pensaiden peittämää hiekkaa.

Kesän keskeisin työkohteemme oli ”Hirventalja”. Kaivoimme pois rapautumissoraa alkuperäiseen muuttumattomaan kallioon asti siksi, kunnes vastaan tuli musta peridotiitti. Se sisälsi niin runsaasti magneettitettä, että ympäristöön aiheutui voimakkaita magneettisia häiriöitä. Mittasin sekä inkliinaatio- että deklinaatiopoikkeaman ja laadin alueesta magneettisen kartan. Tämä johti kahden uuden ”Hirventaljan” kaltaisen muodostuman löytämiseen, ”Hirventalja” II ja ”Hirventalja” III. Suoritin myös paikan vaaituksen — pahimpaan sääskiaikaan kieltäni hilliten — ja piirsin alueesta topografikartan, korkeuskäyräerona 1 m. Ranta oli niin jyrkkä, että huuhtominen oli hankalaa. Siksi





ATIFin kämpppä Hirventaljan lähellä.

rakensimme lautan edistämään työtä. Työ helpottui myös, kun veden alla seulottiin rapautumissoran karkein osa pois. Hienointa osaa huuhdottiin noin kolme tonnia.

Etsimme peridotititeja myös Paatsjoen luoteispuolelta. Noin yhden kilometrin päässä Kuoppasuvannon kohdalta, pienen Ahvenjärven etelärannalta löytyikin peridotitiittesiintymä. Kallio, joka oli yhtä rapautunutta kuin "Hirventaljan" pääosa ja muutenkin samanaista kuin se, oli vain vähän näkyvässä.

Työmme kiinnosti geologeja. Valtiongeologi Väinö Tanner, tohtorit Erkki Mikkola ja E. H. Kranck ja monet muut kävivät kaivauksia seuraamassa.

Asumisemme "Hirventaljalla" järjestyi mukavasti. Norjalais-suomalainen puutavarayhtiö ATIF oli aikaisemmin uittanut tukkeja Paatsjokea pitkin Norjaan. Saimme käytettäväksemme ATIFin tyhjinä olevia, lukittuja tukkikämppejä. Ne olivat olleet niin kauan kylmillään, ettei niissä ollut ainoatakaan syöpäläistä. Sitä vastoin asui niiden alla metsähiiriä. Aivan "Hirventaljan" vieressä oli kämpppä, johon olim-

me saaneet avaimet. Alussa pyrkivät hiiret öisin vilistelemään lattialle etsimään ruoantähteitä. Sitten keksimme työntää jätteet raoista lattian alle ja hiiret pysyivät siellä. Ne tekivät työnsä hyvin, sillä kaikki jätteet hävisivät.

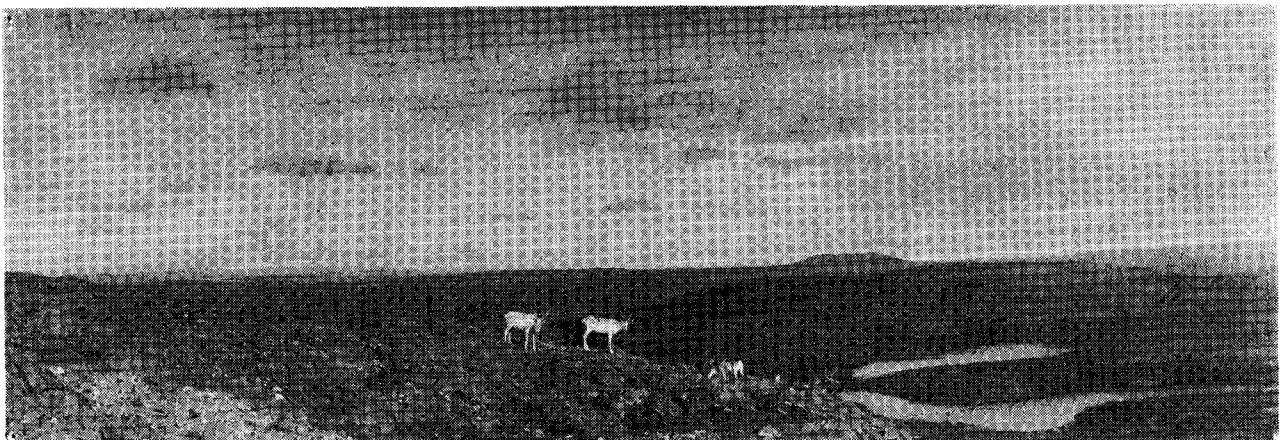
Vähitellen muodostui käsitys, että "Hirventalja" oli liian kaukana voidakseen olla Rabot'n timanttien lähötkohtia. Kun Vélain'in tutkimassa pienessä hiekanäytteessä oli useita timanteiksi tulkittuja kiteitä, täytyi niiden emäkallion olla aivan lähellä. Kesäkuun lopulla jätin toverini huuhtomaan "Hirventaljaa" ja läksin yksin Vouvatusjärven lähituntureille etsimään kaivattua "piippua". Kalguoavilta en löytänyt mitään. Läheltä Kaskamatunturin lakea tapasin erillisiä ultra-emäksisiä erkaumia. Ne eivät olleet rapautuneita, vaan muodostivat omituisen näköisiä pyöristyneitä kumpuja. Eräissä niistä oli päämineraaleina oliiviini ja magnetiitti. Lähetin kivilajeista näytteen ja selostuksen professori Sederholmille. Sain vastaukseksi seuraavan innostuneen kirjeen:

8 p. heinäk. 1931

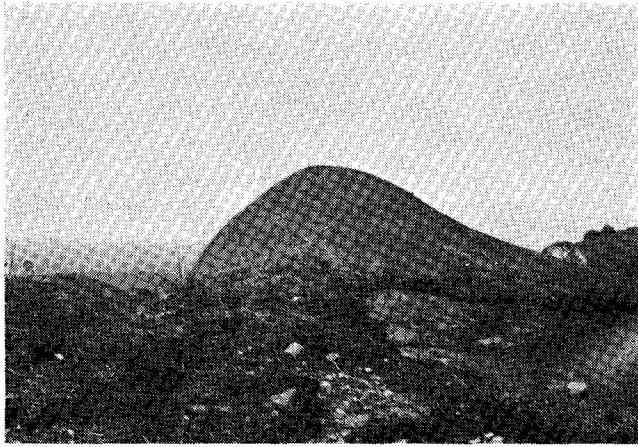
Herra Geologi O. Enwald  
Ivalo

*Kiitoksia kirjeestänne. Oli hauskaa kuulla tuloksistanne. Minä pidän sen varmana, että oikea kivilaji on löydetty. Nyt tulee hauskaksi nähdä sisältääkö se myös isompia kiteitä. Olen myös melkein varma siitä että se kuuluu Petsamon peridotitiitteihin. Jos se kuuluisi vanhempien metabasiittien sarjaan, niin piiput eivät enää olisi pystyssä, koska niitten kerrokset ovat jyrkässä asennossa. Lähdän muutamaksi päiväksi pois, mutta palaan taas pian, ja odotan jännityksellä sanomia viimeisistä tuloksistanne Inarissa.*

J. J. Sederholm



Kaskamatunturin laelta läheltä tätä paikkaa löytyi peridotitiittikumpuja, joita ensin luultiin timanttien emäkallioksi.



Prof. Sederholmin kirjeessä mainittu peridotiittikumppu.



Matkalla Vätsherille. Oikealla talvisodassa kaatunut tri Erkki Miikkola, taustalla nuori ylioppilas, nykyinen akateemikko Th. G. Sahama.

Edellisenä talvena olimme tyhjentäneet monta kahvikuppia Erkki Mikkolan ja Th. G. Sahaman kanssa pohtiessamme Lapin timanttikysymystä. Erikoisen kiinnostavilta tuntuivat tri Tannerin Inarinjärven koillispuolelta Vätsheristä löytämät ultraemäksiset kalliionnyppylät, jotka hän tulkitsi "piipuiksi". Heinäkuun alussa läksimme kolmisin Vätsheriin tutkimaan näitä muodostumia.

Sillä retkellä tarkistimme saari saarelta Inarijärven poikki kulkevan granuliitin pohjoisrajan. Sangen usein kuvitellaan Inarijärven rantojen olevan jylhän vuorisia, Tähän ovat varmaankin vaikuttaneet Topeliuksen tunnetun laulun säkeet: "Kuvastuu vuoret illoin sen kalvoon sinervään". Todellisuudessa Inarijärven etelärannat, missä kallioperä on granuliittia, eivät ole sen vuorisempia kuin Helsingin seudut. Pohjoisranta, jonka perustana on gneissigraniitti, on tasaista kuin pöytä. Tarkemmin ajatellen ei Topeliuksen laulussa ole mitään varsinaisesti Inarijärveen viittaavaa. Sitävastoin soveltuu kuvaus tarkalleen Imandrajärveen, joka sijaitsee Kuolan niemimaalla yli tuhannen metrin korkeuteen kohoavien Hiipinän tunturien keskellä. Inarijärven pituus on 120 kilometriä. Laulun mukaan Inarin pitäisi myös olla syvä. Jo se seikka, että siinä on noin 2000 saarta, osoittaa sen matalaksi. Sitäpaitsi saarilla on nimet. Ainakin paikkakuntalaiset eri kerroilla kyseltäessä ilmoittavat samoille saarille samat nimet. Topeliuksella lienee ollut käytettävissä laulunsa pohjaksi vanha viisu, jolloin jossakin vaiheessa oudompi paikannimi on vaihtunut tutumpaan.

Inarijärven saarissa oli useita valtion rakennuttamia autiotupia kulkijain vapaasti käytettävissä. Tuvat olivat pysyneet erittäin siisteinä. Huonon sään sattuessa tunsin vaeltaja suurta kiitollisuutta päästessään avotakan ääreen kuivaamaan sateesta märkiä vaatteitaan. Hyvä tapa vaati, että pois lähdeittäessä hakattiin puita kuivumaan seuraavan tulijan varalle ja lakaistiin lattia. Koska Inarilla liikkui vain paikkakunnan kalastajia ja eri alojen tutkijoita, noudatettiin tätä erämaan lakia tarkasti.

Inarijärven koillispuolella on kolme suurta vuonoa Tšuolisvuono, Kyynelvuono ja Tšurnovuono. Tšuolisvuonon jatkeena on pitkänomainen Tšuolisjärvi. Tšuolisvuonoa ja -järveä myöten johti vanha kulkutie Näätämöön Norjan puolelle. Tšuolisvuonon ja -järven välissä oli yhä kunnossa oleva vetorata. Vesireitit pohjoispuolella oli entinen Järvenpään majatalo. Tšuolisjärvi laskee Kyyneljärven kautta Kyynelvuonoon. Metsänraja oli siirtynyt etelämmäksi. Tšuolisvuonon rannalla oli valtava kelometsikkö. Järvenpään majatalosta pääsimme jalkaisin Vätsherille ja löysimme helposti emäksiset kalliit. Mikään niissä ei viitanut "piippuihin". Myös niiden vaaleanvihreä kivilaji poikkesi jyrkästi kimberliitistä. Huihdoin vielä läheisen Äälisjärven rannalla, mutta tulos oli heikko. Olimme talvella nimittäneet Vätsheriä "Piippulaksi". Tämän retken jälkeen ei Vätsherin piipuista enää puhuttu.

Heinäkuun lopulla Ollilainen ja Nyman läksivät moottoriveneellä Paadarjärven aaltorikasteita tutkimaan. Nousu Solojärvelle Juutuanjokea pitkin oli hyvin hankalaa, sillä vene oli vedettävä maitse koskien ohi. Tällöin itse moottori oli irrotettava paikoiltaan ja kannettava niinkuin muutkin tavarat. Pahimmat kosket olivat Inarin Jäniskoski, Ritakoski ja varsinkin Jurmonkoski. Solojärveltä Paadarjärvelle reitti oli selvä. Kaikkialta siellä tavattiin runsaasti aaltorikasteita. Paadarjärven laskee etelästä Menesjärvi Menesjokea myöten. Menesjärven kaakkoisrannalla olevassa lahdessa oli noin kilometrin pituinen, 5 cm paksu ja 20 cm leveä granaattihiekkakerros. Paadarjärven rannalla Lemmenjoen suussa oli myös rikkaita granaattirikasteita, noin 10—15 cm paksuja 50 cm leveitä kerrostumia tulvavesirajassa osittain kasvillisuuden peitossa. Pohjoisesta Paadariin laskevan Vaskojoen suun hiekkasärkillä oli lisäksi magnetiittirikasteita. Huihdonta näytteitä tältä matkalta kertyi noin 200 kg. Paluumatka alkoi heinäkuun lopussa.



Menikkakönkään vetorata. G. A. Nyman kuljettaa moottorivenettä könkään alapuolelle.

Seuraavana kesänä läksin isäni kanssa keräämään lisää hiekkänäytteitä Lemmenjoelta. Isäni oli luonnontieteiden lehtori. Hän tutki tällä matkalla vesikasvien levinneisyyttä. Kun Juutuanjoen nouseminen oli monien koskien takia hankalaa, valitsimme toisen tien. Tällä välin oli maantie valmistunut Inarin kirkolta Muddusjärven Leutolahden rannalla sijaitsevaan Pitkään Marttiin. Nostimme moottoriveneemme kahden hevosen vetämälle lavalle ja raahasimme sen Leutolahden rannalle. Ajoimme Muddusjärven kautta Kaamasjoelle ja nousimme sitä niin ylös kuin joki oli kulkukelpoinen. Tulos oli hiekkojen suhteen laiha. Kaamasjoen varrella sijaitsee kuuluisan lapintutkijan rovasti Jaakko Fellmanin Thule. Siellä oli vielä pystyssä Fellmanin aikuinen savusauna. Lauteille päästiin halkaistua hirttä myöten, johon oli koverrettu askelmien sijat. Vuosisatainen tervansekainen savu oli iskostunut seiiniin ja lauteisiin kovaksi kuin paljon käytetyn tupakkapiipun ”kivi”. Se oli niin kiinteää, ettei se enää tahrannut kylpijää. Seuraavan yön nukuimme Kettujoen niskassa olevan Riutulalan lastenkodin johtajattaren vieraana.

Riutulasta saimme mukaamme kaksi nuorta ylioppilasta, joista toinen oli johtajattaren sukulainen. Aluksi laskimme Kettujoen. Se on veneellä helposti kuljettava. Joessa on vain yksi koski, Kettuköngäs. Sekin on laskukelpoinen. Kaiken varalta ohitimme sen köyden avulla. Olen nähnyt Lapissa paljon mäkäröitä, mutta Kettukönkään rantapajukkojen häiritseminen köydelä sai liikkeelle sellaisen mäkärämäärän, ettei ulkopuolinen sitä oikein voisi uskoa todeksi. Veneemme oli tervattu ja olimme varustaneet sen aaltojen varalta ylimääräisellä varalaidalla. Se oli puun värinen ja näytti mustan veneen vieressä valkoiselta. Tällä maalaamattomalla laudalla istui niin tiheässä mäkäröitä, että se näytti yhtä mustalta kuin tervattu osa. Mäkä-

rät istuivat niin tiheässä siivet limittäin, että kun vene seiso kosken alapuolella ja aalto pyyhkäisi sitä, jouduivat mäkärät yhtenä levynä veteen. Hetken perästä oli niitä laudalla istumassa yhtä tiheästi.

Kettujoki laskee Solojärven ja Paadarjärven väliin. Sieltä oli vapaa pääsy Lemmenjoelle. Tämä kiemurtelee alajuoksullaan hiekkaisen kankaan läpi. Virta oli paikoitellen niin vuolas, että viisi ja puolihevosvoimainen Pentamme sai ponnistella ylöspäin. Hankalinta oli, että hiekkasärkät joskus yllättäen madalsivat joen, jolloin potkuri jukersi hiekkassa. Hiekkasärkät loppuivat päästäessä Äivihjärvelle, jonka takana kohosi Joenkielisen tunturi. Äivihjärveltä matkaa jatkettaessa rannat alkoivat jyrkettä. Lopulta joki ahtautui Maras-tunturien ja Viibustunturien väliseen solaani. Maras-tuntureilta laskee Lemmenjokeen pieni Ravadasjoki. Sen suussa oli kauneudesta kuuluisa kanjoni, jossa Ravadasjoki muodosti sarjan korkeita vaahtoavia vesiputouksia. Lemmenjoki oli Ravadaksesta ylöspäin vielä muutamia kilometrejä kulkukelpoinen. Tässä paikassa kohosi luoteessa Morgam-Maras (519 m) ja Morgam-Viibus (599 m). Kiipesimme viimeksimainitulle laelle. Sieltä avautui laaja näköala koilliseen pitkän Lemmenjoen laaksoa. Paluumatka tapahtui samaa tietä. Koko matkan keräsin runsaasti hiekkänäytteitä.

Kesällä 1931 jouduin käväisemään kangaskanootilla Paatsjoen Litistäjässä. Ivalon rajavartioston väepeli oli rakentanut kanootin. Sen tasapaino oli kuitenkin niin huono, että kansa oli alkanut kutsua sitä ”polkupyöräksi”. Kun olin koulupoikana meloskellut galvanoidusta pellistä tehdyllä kylpyammeella, onnistuin pysymään pystyssä tälläkin vehkeellä ja sain sen mitättömästä hinnasta. Kuljetin kanootin auton katolla Paatsjoen niskalla olevaan Virtaniemen ja läksin laskemaan Paatsjokea ”Hirventaljan” leirille. Oli harvinaisen kaunis heinäkuun alkupäivä. Joella eivät sääsketkään häirinneet. Koska Virtaniemen ja Nautsin välillä turistit eivät milloinkaan eksyneet Paatsjoen rannalle, heitin kaikki vaatteeni pois ja panin ne kanootin keulaan kannen alle. Niskakoski on oikeastaan vain niva ja sen lasku sujui helposti. Seuraava koski oli Litistäjä. Paatsjoki on sangen vesirikas joki, sillä koko Inarijärvi monine latvajokineen purkaa vetensä sen kautta Pohjoiseen jäämereen. Olin aikonut vetää kanootin maitse Litistäjän ohi. Jouduin kuitenkin liian lähelle koskeniskaa ja virta alkoi vetää. Käänsin kanootin heti ja ryhdyin melomaan vastavirtaan. Mutta virta oli voimakkaampi. Alussa se veti sentti sentiltä, sitten vaaksa vaaksalta ja vihdoin metri metriltä. Sen jälkeen menttiin lujaa. Tunsin kuinka koski vei kanootin pois altani. Litistäjä on kuitenkin lyhyt koski. Kun jälleen aloin ajatella selvästi, seisoin vyötäisiä myöten vedessä mela kädessä ja kanootti kiisi kumollaan omia teitään. Virtaniemen majatalo oli tosin lähellä, mutta sinne ei juuri voinut mennä ilman vaatteita, kun keskiyölläkin oli kirkasta kuin päivällä. Läksin juoksemaan rantaa pitkin toivoen saavani kanootin uimalla kiinni jossain kapeikossa. Juuri kun olin tavoittamaisillani sen, tuli Peurakoski, ja niin kanootti voitti taas etumatkaa. Saavutin sen paikassa, missä Paatsjoki leveni järveksi. Jatkoin matkaa rantaa myöten odottaakseni sitä taas



Ravadas-kanjoni.

kapeammalla kohdalla. Odotin tunnin ja sääsket söivät. Odotin toisen tunnin, ja sääsket söivät jatkuvasti. Olin varma, ettei kanootti ollut päässyt ohitseni. Läksin kävelemään joen rantaa ylöspäin. Kanootti oli ajautunut joen vastakkaiselle rannalle. Paatsjoki oli sillä kohdalla arviolta neljänneskilometrin levyinen, ja Inarijärvestä tuleva vesi oli heinäkuussakin jääkylmää. Minulla oli yhä mela kädessäni ainoana omaisuutenani. Vieritin jokeen ATIFilta jääneen tukin ja lähdin melomaan sillä ratsastaen joen yli. Alkumatka meni hyvin, mutta tappaessani sääskeä olkapäältäni luiskahdin veteen enkä päässyt enää tukille. Uin lykkien melaa edelläni. Jääkylmä vesi kangisti jäseniä. Alapuolella oli Kuoppasuvannon niva. Olin jo kylliksi mustelmassa, niin etten enää halunnut laskea toista koskea uimasillani. Nivan kohina läheni uhkaavasti, mutta pääsin kuitenkin ennen sitä vastakkaiselle rannalle. Kävelin kanootin luo. Se oli kahden kosken jälkeen surkeassa kunnossa. Ammottavin repeämä oli kuitenkin vesirajan yläpuolella. Keulan alla olivat tallella takki, sen taskussa lompakko, jossa oli kesän matkakassa, puukko ja kengät. Housut olivat menneet ja ovat Paatsjoes-

sa vieläkin. Ne olivat melkein uudet diagonaalikankaiset hyvät housut. Puukolla irroitin rannan koivuista tuohta ja paikkasin kanootin pahimmat vuodot. Laitoin myös suuren tuohisen. Sitten läksin jatkamaan Paatsjoen laskua. Meloin vain pysyäkseen suunnassa ja käytin suurimman osan ajasta veden mättämiseen. Leirille tullessani Nyman oli rannalla. Hän varjosti kädellä silmiään ja kysyi: "Oletko sinä ollut meritaiselussa?" Kanootti paikattiin sitten kankaalla ja maalattiin tiiviiksi. Ainoa lopullinen vahinko tästä pienestä kummelluksesta oli housujen menetys, mutta olihan minulla leirillä vaatteita.

Sen kesän saaliina oli kuorma-autollinen erikoisen tiiviistä kankaasta tehtyjä hiekkasäkkejä täynnä huuhtontanäytteitä.

### Tarinan loppu

Nyt minulla oli niin paljon hiekkänäytteitä, että sain eristetyksi tuhansia mikroskooppisia kiteitä, jotka painoltaan vastasivat tuskin yhtä karaattia. Määrä riitti kuitenkin hyvin ratkaisevan polttokokeen tekemiseen. Ennen tätä koetta oli mieleeni hiipinyt kaamea epäluulo, etteivät kiteet ehkä sittenkään olisi timantteja. Tosin niiden valontaitekerroin mikroskooppisen tutkimuksen perusteella oli suurempi kuin metyleenijodidin, mutta nesteen ja kiteiden välinen rajaviiva oli sangen heikko. Tämä todisti taitekerrointien eron olevan pieni. Timantin taitekerroin on sitävästoin hyvin paljon suurempi kuin käytetyn nesteen. Epäluuloni osoittautui oikeaksi; kiteet eivät palaneet puhtaassa hapessa. Mineraalitulukoita verrattaessa tuntui silloin ainoalta mahdollisuudelta, että ne olisivat spinellejä, yleistä ja halpa-arvoista mineraalia. Jos ne olisivat spinellejä, pitäisi niiden liueta pyrosulfaattisulatteeseen. Siihen ne liukenivat ja liuoksesta voitiin kemiallisesti osoittaa magnesiumia ja alumiiniumia, kuten spinellissä pitää olla. Syy, joka oli meidät kaikki erehdyttänyt, oli se, että hiekkassa oli myös toinen, rautapitoinen spinelli. Tämän ominaisuudet poikkesivat hiukan timantin näköisestä spinellistä. Vélain'in kirjoitusta lukiessaan joutuu kuitenkin ihmettelemään, oliko kyseessä ainutlaatuisen hyvä onni, erehdys vaiko petos jossakin vaiheessa. Timantteja ovat minun lisäkseni etsineet professorit A. E. Nordenskiöld, B. Frosterus ja A. Laitakari täysin negatiivisin tuloksin. En ole mistään löytänyt tietoa siitä, kuinka suuren pussillisen hiekkaa Rabot toi mukanaan Pariisiin, mutta koska hän toi muitakin mineraalinäytteitä, ei erä ole voinut olla suuri. Vélain löysi siitä oman ilmoituksensa mukaan viisi timanttia. Minulla oli käytettävissäni varmasti tuhansia kertoja suurempi näyte. Siitä saamani väröttömien spinellien määrä vastaa suunnilleen ranskalaisten ilmoittamaa timanttien määrää. Jos hiekkassa olisi yleisesti niin paljon timantteja, olisi edes joku

meistä ne varmasti huomannut. Vélain'in todistuksetju tuntuu ensi lukemalta sitovalta, mutta hän kuittaa polttokokeen lyhyellä lauseella selittämättä miten se suoritettiin. En käsitä miten tuohon aikaan timantista, jonka paino on ilmeisesti ollut alle 0,1 mg, voitaisiin tarkasti mitata syntyneen hiilidioksidin määrä. Luja usko on voinut aiheuttaa erehdyksen. Tästä ovat läheisenä esimerkkinä kuuluisan Nobel-palkinnon saaneen Moissan'in sähköuunissa valmistamat timantit, joihin uskottiin ehdottomasti vielä muutamia vuosia sitten.

Henry Moissan herätti tavatonta huomiota 1893 ilmoittaessaan onnistuneensa valmistamaan timantteja. Hän menetteli siten, että hän kyllästi sulaa rautaa hiilellä ja jäädytti sulan raudan nopeasti kaatamalla sen sulaan lyijyyn. Räiskymisen takia rautaa ei voinut kaataa veteen. (Lyijyn sulamispiste on vain 327°C.) Kylmässä rauta ei luota yhtä paljon hiiltä kuin sähköuunin kuumuudessa. Moissan liuotti rautapisararat happoon. Suurin osa hiilestä oli eronnut grafiittina, joka kelluu metyleenijodidin pinnalla. Koska tämän nesteen ominaispaino on 3,325, painuu timantti siinä pohjaan. Pohjasakka käsiteltiin rikkihapon ja fluorivetyhapon seoksella, jolloin jäljelle jäi oktaedrin muotoisia kiteitä. Niiden ominaispaino oli sama kuin timantin. Lopullinen sitova todistus oli sitten polttokoe. Myöhemmin on Moissan'in koe yritetty toistaa monta kertaa. Sir Charles Parsons, joka oli koonnut suuren omaisuuden keksimällään ja nimeään kantavalla höyryturbiinilla, yritti kolmenkymmenen vuoden ajan jäljitellä Moissan'in koetta. Mitään timantteja ei syntynyt. 1962 rakensi amerikkalainen tutkija M. Seal sähköuunin tarkalleen Moissan'in antamien tietojen mukaan. Vieläpä uunin kivet ja käytetty rauta tuotettiin samasta paikasta kuin varhaisemmassa kokeessa. Seal sai kiteitä, jotka vastasivat täsmällisesti Moissan'in kuvausta. Valitettavasti ne olivat kaikki spinellejä. — Olen suureksi yllätyksekseni löytänyt spinellejä kauniina pieninä kiteinä Kotkan ja Sunilan selluloosatehtaiden soodalipeän liuottajien pohjalta. Spinellit ovat ilmeisesti syntyneet soodauunin muurauskivien ja laastin välisessä reaktiossa kovassa kuumuudessa ja uunin seinämien syöpyessä joutuneet useiden senttimetrien paksuiseksi kerrokseksi liuottajan pohjalle. — Miten on sitten suhtauduttava polttokokeeseen, sillä spinelli ei sisällä hiiltä? Ruotsin Fyysikkoseuran vuosikirjassa "Kosmos" vuonna 1965 E. Lundblad pohtii tätäkin kysymystä kertoessaan Ruotsissa ja samanaikaisesti Amerikassa suoritettusta onnistuneesta timanttien valmistuksesta. Lundbladın mielestä analyttiset menetelmät eivät olleet vielä 1893 niin kehittyneet, että mikroskooppisen timantin polttokoe olisi voitu luotettavasti suorittaa. Luja usko houkutteli tulkitsemaan tulokset toiveunelman mukaisiksi. Moissan'illa oli joka tapauksessa hiiltä mukana happoon liukenemattomassa osassa. Ehkä sitä ei ollut saatu poistetuksi riittävän tarkasti. Vélain suoritti omat polttokokeensa jokseenkin samaan aikaan, joten sama arvostelu koskee myöskin häntä. Valitettavasti Vélain ei millään tavoin vihaissut, miten hän on kokeensa suorittanut. Rabot'in timantiksi luulemia alkuperäisiä kiteitä ei ole enää jäljellä.

Toinen vanhan polven timantin valmistuksen yrittäjä oli englantilainen James Hannay. Hän on tunnettu siitä, että hänen valmistamansa timantit ovat vielä tallella. Kuuluisa röntgenfyysikko Kathleen Lonsdale löysi British Museumista 1943 lasilevyn, johon oli kiinnitetty 12 kidettä sekä nimilippu: "Hannayn keinotekoiset timantit". Hannay teki kaikkiaan 80 koetta, joista kolme tuotti timantteja. Lähempi tutkimus osoitti, että kaikki kiteet olivat tosin timantteja, mutta ne sopivat yhteen ja olivat siten saman kiteen sirpaleita. Lisäksi ne kuuluivat kiderakenteeltaan erääseen erittäin harvinaiseen luonnossa tavattavaan tyyppiin. Kun nykyisin timantteja valmistetaan teknisessä mittakaavassa, ei tätä tyyppiä ole koskaan saatu aikaan keinotekoisesti. Ehkäpä joku Hannayn apulaisista oli halunnut ilahduttaa hermorumahduksen partaalla ollutta työnantajaansa "suolaamalla" koetuloksia.

Entä kuinka on suhtauduttava tämän artikkelin alussa olevaan lainaukseen Lapin timanteista? Sigfrid Forsius eli aikana, jolloin tieteellinen kemia oli vasta syntymässä. Ei ollut olemassa varmoja menetelmiä mineraalien tuntemiseksi. Forsius selostaa itse granaatin aitouden tutkimista seuraavasti: "Ihminen voidellaan hunajalla ja viedään paikkaan, jossa on mehiläisiä ja karpäsiä. Sitten hänelle annetaan granaatti käteen. Jos kivi on oikea, eivät mainitut hyönteiset tule hänen päälleen." Muutamia rivejä ennen Lapin timanttien kuvausta Forsius väittää timantilla olevan aivan mahdottomia ominaisuuksia niinkuin edellä on kerrottu. Kun Forsius lisäksi sanoo Lapin timanttien olevan itämaisiksi pehmeämpiä, ei kyseessä voi olla oikea timantti. Antiikin kirjallisuudessa kirkas kvartsi (vuorikide) on usein sekoitettu timanttiin. On varsin mahdollista, että Rabot on tuntenut vanhan tarinan Lapin timanteista ja siitä saanut varman uskon löytönsä aitouteen.

Olin vielä kolmena kesänä Lapissa laajentaen tutkimusalueeni Luttojoelle saakka, mutta mitään uutta ei enää löytynyt. Menivätkö nämä viisi kesää kokonaan hukkaan? Eivät suinkaan, sillä opin tuona aikana suorittamaan pienien ainemäärien rikastamista, mikä myöhemmissä töissäni on ollut välttämätön taito. Lisäksi en haluaisi vaihtaa pois muistoa nuoruuteni Lapin raikkaista erämaista ja piristävistä jokireiteistä. Ja lopuksi:

Etsiminen on enemmän kuin löytäminen.

Kaikki maisemakuvat ovat tekijän ottamia 1931—1933.



## IN MEMORIAM



**GUNNAR VON WRIGHT**  
3. 7. 1894—3. 5. 1975

Överste Gunnar von Wright föddes den 3 juli 1894 i Hangö. Han blev student från Svenska samskolan i Helsingfors 1913 och studerade därefter ett par år vid Tekniska högskolan. 1916 anslöt han sig till Kungliga Preussiska Jägarbataljonen och återvände 1918 till Finland såsom löjtnant i Finlands armé. Ända till 1935 tjänstgjorde han därefter i olika befattningar vid Generalstaben och Försvarsministeriet. År 1926 utdimitterades han från Krigshögskolan.

Åren 1935—1960 var överste von Wright verkställande direktör för Finlands Metallindustriförening, och 1960—1966 innehade han samma post vid Teollisuuden Polttoöljy Oy och Länsi-Suomen Polttoöljy Oy.

Såväl under den militära tjänstgöringstiden som under den tid överste von Wright verkade inom näringslivet innehade han ett stort antal förtroendeuppdrag i olika av statsmakten tillsatta kommittéer för behandling av militära, tekniskt-industriella och ekonomiskt-politiska frågor.

Överste von Wright tillhörde Bergsmannaföreningen från år 1944.

**EERO NENONEN**  
29. 12. 1937—13. 8. 1975

Geologisen tutkimuslaitoksen malmiosaston geologi, fil.kand. Eero Jyrki Juhani Nenonen kuoli 13. 8. 1975 äkilliseen sairauskohtaukseen. Eero Nenonen oli syntynyt 29. 12. 1937 Suistamalla. Tultuaan ylioppilaaksi Joensuun yhteiskoulusta v. 1956 ja suoritettuaan asevelvollisuutensa hän opiskeli Helsingin yliopistossa, jossa suoritti v. 1964 filosofian kandidaatin tutkinnon pääaineenaan geologia ja mineralogia. Opiskeluaikanaan Eero Nenonen osallistui Suomen Malmi Osakeyhtiön kenttätutkimuksiin ja siirtyi valmistuttuaan samaan yhtiöön geologiksi. Tässä tehtävässä hän osallis-



**KARL ERIK RENÉ JAKOWLEFF**  
9. 3. 1937—16. 9. 1975

Erik Jakowleff syntyi 9. 3. 1937 Helsingissä ja lapsuutensa hän vietti Kuusankoskella. Vuonna 1957 hän tuli ylioppilaaksi Loviisan rannikkokaupungissa. Siellä heräsi ensimmäisen kerran hänen suuri rakkautensa mereen ja laivoihin, mikä vei hänet jo kouluaikana vuodeksi merille. Eräs hänen matkoistaan ulottui aina Brasiliaan saakka, Juuri hänen veneensä sekä meren laajuus auttoivat häntä selviytymään elämänsä viimeisistä vaikeista kuukausista.

Vuosina 1961 sekä 1963 oli Erik Jakowleff toiminnanjohtajana v. 1961 perustetussa HISC:issä (Helsinki International Student Club).

Vuonna 1966 hän valmistui diplomi-insinööriksi Helsingin Teknillisestä Korkeakoulusta.

OVAKO:ssa hänen uransa alkoi vuonna 1965 myyjänä vientiosastolla, jonka esimiehenä hän oli v. 1968—1969. Tämän jälkeen hän toimi yritysuunnitteluosaston päällikkönä ja nosti tämän osaston ideoillaan ja lennokkuudellaan kansainväliselle tasolle. Koverhar Oy:n henkilöstöhallinnon päällikkönä hän oli v. 1972—1974 välisen ajan ja palasi sitten takaisin OVAKO:n keskuskonttoriin Helsinkiin.

Vuodesta 1967 lähtien hän oli Vuorimiesyhdistyksen jäsen ja toimi yhdistyksen sihteerinä v. 1967—1970.

Erik Jakowleff oli uudistusmielinen ja määrätietoinen ihminen. Työvereihinsä hän vaikutti innostavasti, mikä teki yhteistyön hänen kanssaan aina eläväksi ja mielenkiintoiseksi.

tui yhtiön eri puolilla Suomea suorittamiin malmitutkimuksiin.

Vuonna 1969 Eero Nenonen siirtyi geologisen tutkimuslaitoksen malmiosaston palvelukseen.

Eero Nenonen oli jäsenenä Vuorimiesyhdistyksessä v:sta 1969 alkaen.

# VMY:n tutkimusvaltuuskunnan loppuraportteja vuodelta 1975

## KALLION RAKENTEELLISET OMINAISUUDET

### Komitea n:o 27.

Komitean puheenjohtajana toimi prof. Paavo V. Maijala ja sihteerinä loppuraportin osalta dos. Heikki Niini.

Louhittavuus jaetaan neljään osatekijään: kallion porattavuus, kallion räjäytettävyys, louhintapinnan laatu ja kalliotilan pysyvyys. Nämä ovat riippuvaisia louhintatyön tavoitteeseen ja työmenetelmiin liittyvistä tekijöistä sekä kallion ominaisuuksista. Viimeksi mainittujen eli ns. kalliotekijöiden käytännöllinen selvittely asetetaan tämän kallion louhittavuus selvityksen keskeiseksi tavoitteeksi.

Yleiskuvan saamiseksi Suomessa tehdyistä kallion louhittavuuden käytännöllisistä selvityksistä lähetettiin louhinta-alan laitoksille ja yrityksille seikkaperäinen kysely. Sen tuloksena todetut selvitysmenetelmistä ja tutkimustulosten hyväksikäytössä vallitsevat puutteellisuudet ja hajanaisuus antavat aihetta kalliorakennusgeologian ja kalliomekaniikan opetuksen ja tutkimuksen yleiseen kohentamiseen maassamme.

Kallion louhittavuuden kustannusvaikutuksia tarkasteltaessa todetaan toisaalta kalliotekijöiden taloudellisen merkityksen tarkan selvityksen vaikeus, toisaalta kuitenkin niiden suuri periaatteellinen osuus louhintakustannusten hajontaan, joka sinänsä motivoi pyrkimykset kallion louhittavuuden tarkempaan selvitykseen.

Kallion louhittavuuteen vaikuttavia eri seikkoja selvitetäessä todetaan, että louhittavuuden on käsitteenä oltava joustava. Sen on muututtava eri työvaiheissa käytettävien erilaisten työmenetelmien mukaan sekä koko louhinnan teknisen kehityksen myötä.

Kallion louhittavuuteen vaikuttavat ominaisuudet on jaettu neljään ryhmään: 1) kivilajitekijät, 2) kalliion rakenteet eli sen koostumus-, suuntaus- ja muoto-ominaisuudet, 3) jännitystila ja 4) kalliion rikkonaisuus. Kustakin ominaisuudesta selvitetään sen luonnetta, vaikutusta louhintaan, määrittys- ja mittausperiaatteita sekä annetaan käytännön tutkimusohjeita. Jännitystilän muutoksiin ja erityisesti itse louhintatilasta selvitettävään kalliion rakoiluun kiinnitetään korostetusti huomiota.

Louhittavuuden selvityksissä käytettäviä menetelmiä käsitellään seikkaperäisesti omassa kappaleessaan. Erityisesti perustellaan riittävien ja tarkkojen

havaintojen ja mittausten tekoa silmämäärin kallion pinnasta sekä monipuolisen informaation hankkimista timanttikairauksella. Menetelmätarkastelujen jälkeen käsitellään suppeasti louhittavuus selvitysten luotettavuutta.

Louhittavuuteen vaikuttavat tärkeimmät kalliotekijät on yhdistetty ohjeellisessa louhittavuusluokituksessa. Esitetty luokitus on alustava ja siinä mielessä yksinkertaistettu, ettei siinä eroteta esim. louhintatyön eri vaiheista johtuvia louhittavuuden osatekijöitä. Tämä luokitus pyrkii olemaan ohjeellinen kahdessaakin mielessä: sitä tulisi ensinnäkin voida käyttää ohjeena yksityisen louhintakohteen etukäteistutkimuksissa, toiseksi tämä luokitusehdotus koko sitä edeltävine selostuksineen pyrkii ohjaamaan louhintapiirien kiinnostusta louhinnan kalliotekijöiden entistä tarkempaan selvittämiseen.

Kauaskantoisena pyrkimyksenä — johon tämä sivutoiminen työkomitea rajoitettuine resursseineen voi tarjota vain ohjeellisen aloitteen — tulisi olla sellainen, kalliion ominaisuuksia luonnehtivan järjestelmän tai luokituksen laatiminen, joka luontevasti soisi mahdollisuuden parhaiden teknisten ratkaisujen, rakennemittojen ja -suuntien, työtapojen ja kaluston valintaan sekä lujitus- ja tiivistystarpeen määrittämiseen ennalta. Tällainen kalliion louhittavuutta ilmentävä järjestelmä edeltäisi luotettavan kustannusarvion laatimista louhintatyöstä ja auttaisi oikeudenmukaiseen ratkaisuun pääsemisessä työn eri osapuolten välisissä neuvotteluissa sekä siten helpottaisi kokonaisuuden kannalta mahdollisimman edullisen ratkaisun löytämistä.

### Komitea n:o 37.

## VUORIPAINEMITTAUSMENETELMIEN VERTAILU

Yhteispohjoismaisen komitean puheenjohtajana ja sihteerinä toimi dos. Rudolf Hiltcher Ruotsista. Komitean suomalaisena jäsenenä oli TkL Raimo Matikainen.

Kaikki tutkitut menetelmät mittaavat oikein seuraavilla edellytyksillä:

1) Kunkin yksittäisen mittapään kohdalla on toistettavissa oleva, kimmoinen ja suurinpiirtein suoraviivainen yhteys jännityksen ja venymän välillä.

2) Kiven kimmomoduli ei riipu suunnasta.

3) Reiässä vallitsee homogeeninen jännitystila.

Vaikeudet alkavat vasta, kun näitä edellytyksiä ei ole olemassa.



1) **Jännitys-venymä-yhteys** joudutaan aina kontrolloimaan Leeman-Hiltscher-menetelmässä mittapaiden luona ja se voidaan samoin kontrolloida Leemanin kolmidimensionaalissa menetelmässä, sitävastoin Hastin menetelmässä tätä mahdollisuutta ei ole.

2) **Kimmomodulin riippuessa suunnasta** Leeman-Hiltscher-menetelmälle on kehitetty approksimatiivisia arviointikaavoja. Vastaavia kaavoja voidaan kehittää myös Hastin menetelmälle, mutta tässä ei voida mitata paikallisia kimmomoduli-arvoja, koska jälkikalibrointia ei voida suorittaa. Leemanin kolmidimensionaalissa menetelmässä paikalliset kimmomodulit voidaan määrätä jälkikalibroinnilla. Sitävastoin niiden sijoittaminen kolmidimensionaalisen jännitystensorin kaavoihin tuottaa vaikeuksia.

3) Mahdollisesti esiintyviä **paikallisia itseisjännityksiä** ei voida erottaa etsityistä alueellisista jännityksistä. Mittausten häiriöherkkyys paikallisille itseisjännityksille vaihtelee eri menetelmillä. Toistaiseksi asiaa ei ole täysin selvitetty.

Yleisesti on kuitenkin havaittu, että mitatuilla jännityksillä on hyvin suuri hajonta, kun jännitystaso on alle 10 MPa (100 kp/cm<sup>2</sup>). Tämä voidaan nykyisin sällittää paikallisilla itseisjännityksillä. Korkean jännitystason vallitessa. 40...60 MPa (400...600 kp/cm<sup>2</sup>) nämä häiriöt ovat vähämerkityksellisiä ja jännitysarvot yhtäpitävämpiä.

**Komitea n:o 43.**

## KALLION LUJITTAMINEN

Komitean puheenjohtajana toimi DI Rainer Grundström ja sihteerinä lujituksen menetelmäkartoituksen osalta tekn.yo. Pertti Virtanen.

Kallion lujittaminen pultitusta, ruiskubetonointia tai injektointia käyttäen on usein välttämätön toimenpide työturvallisuuden, louhittavan tilan pysyvyyden ja työn jatkuvuuden varmistamiseksi. Lujitustöiden määrä kasvaa nykyisin nopeasti uusien kalliotilojen rakentamisen ja lisääntyvän kaivostoiminnan seurauksena.

Lujituksen menetelmäkartoituksen tarkoituksena oli seuraavien kolmen kohdan selvittäminen:

1. Kallion lujitusmenetelmien nykytilanteen kartoitus kyselylomakkeiden avulla
2. Uusien tutkimuskohteiden ja tutkimussuunnitelmiin vaikuttavien tekijöiden osoittaminen.
3. Kirjallisuustutkimus lujitusosalta

Suomessa 1970-luvulla käytössä olevat kallion lujitusmenetelmät kartoitettiin kyselylomakkeita käyttäen. Lomakkeen rungon muodostivat pultitus, ruiskubetonointi ja injektointi.

Vastauksia saapui 31 kpl, joista noin kaksi kolmasosaa oli kallionrakennusalan urakoitsijoiden ja kai-

vosten sekä loput rakennuttajien ja suunnittelutoimistojen lähettämiä. Kyselyn yhteenvedoa laadittaessa otettiin huomioon vain urakoitsijat ja kaivokset, lujitustöiden varsinaiset suorittajat.

Saaduista vastauksista voidaan sanoa mm. seuraavaa:

Pultitus on yleisin kallion lujitusmenetelmä. Noin 90 % vastaajien ilmoittamista pulteista oli juotettuja harjateräspultteja. Urakoitsijat ja kaivokset ilmoittivat käyttäneensä v. 1973 yhteensä n. 127.000 pulttia. Kokonaispulttimäärän voidaan arvioida tällöin olleen 200.000 kpl, ehkä enemmänkin.

Keskimääräinen pultitusteho v. 1973 oli:  
pultitus (kpl/miestyövuoro) = 14 (urakoitsijat) = 21 (kaivokset)  
pultitus (jm /miestyövuoro) = 45 (urakoitsijat) = 48 (kaivokset)

Ruiskubetonointiin käytettiin v. 1973 yli 10.000 tonnia sementtiä. Urakoitsijat suorittivat valtaosan varsinaisista ruiskutustöistä. Laadunvalvonta tapahtuu yleisesti siten, että ruiskutetuista koelautoista porataan lieriöt, joista määritetään puristus- ja halkaisuvetolujuudet VTT:n Betonitekniikan laboratoriossa.

Keskimääräinen ruiskubetonointiteho oli v. 1973:  
ruiskutusmassaa (m<sup>3</sup>/miestyövuoro) = n. 1,3 (urakoitsijat)  
= n. 1,7 (kaivokset)

Ruiskubetonointi on tällä hetkellä lujitusmenetelmistä eniten valvottu ja sen suorittamisesta on annettu useissa tapauksissa täsmällisiä ohjeita.

Injektointiin käytettävät materiaalmäärät vaihtelevat suuresti kohteesta riippuen. Sementin ohella on käytetty pääaineena mm. epoksimuoveja.

Vuonna 1973 käyttivät vastaajat kallion lujittamiseen yhteensä n. 27.000 tonnia sementtiä ja miestyötunteja kertyi yli 400.000. Lukuihin sisältyvät myös tukeminen ja kaivosten täyttörakenteet.

Kallion lujitusalaan liittyviä uusia tutkimuskohteita on ilmennyt useita. Tärkeimpiä ovat:

- korkean injektointipaineen vaikutus kalliassa
- kalliopultin ankkurointi ja juottaminen hartsin avulla
- jäädytysmenetelmä kallion lujittamisessa
- pultituksen laadunvalvonta ja työvirheiden ja työn valvontamenetelmien tutkiminen
- silolouhinnan ja lujitustarpeen suhde eri olosuhteissa sekä kustannusoptimointi niiden välillä
- yleiset menettelytapaohjeet kallion lujitusta var-ten erilaisten olosuhteiden vallitessa.

Kallion lujittamista käsittelevä kirjallisuus on lisääntynyt suuresti viimeksi kuluneiden vuosien aikana. Eniten on kirjoitettu pultituksesta, seuraavana on ruiskubetonointi ja injektointia käsitteleviä julkaisuja on vähiten.

Laajasta kirjallisuudesta ja alan tutkimuksista huolimatta on varsinainen kallion lujitustarpeen määrittäminen eri olosuhteissa kuitenkin jäänyt vielä suureksi osaksi selvittämättä. Asian tutkiminen on eräs alan keskeinen tehtävä lähitulevaisuudessa.

# Suoritettuja tutkintoja

## Avlagda examina

### HELSINGIN YLIOPISTO

#### Geologian ja mineralogian laitos

10. 10. 1975 tarkastettiin julkisesti fil.lis. *Jyrki Parkisen* väitöskirja: "Deformation analysis of a Precambrian mafic intrusive: Haukivesi area, Finland". Virallisena vastaväittäjänä toimi FT Jouko Talvitie ja kustoksena prof. Heikki V. Tuominen.

#### Filosofian kandidaatin tutkintoja:

*Viljo Kuosmanen*: "Pohjois-Suomen bougueranomaliat ja kallioperän suurrakenteet."

*Japhet Nanyaro*: "On the geology and lineaments of northern Finnish Lapland, with special reference to the Lemmenjoki and Ivalojoiki gold districts".

*Pentti Sotka*: "Nikkelin ja kobolttin esiintyminen Vammala—Ahlainen-jakson emäkssisissä ja ultraemäkssisissä kivissä".

#### Geologian ja paleontologian laitos

22. 3. 1975 tarkastettiin julkisesti fil.lis. *Raimo Usinokan* väitöskirja: "A study of the composition of rock-gouge in fractures of Finnish Precambrian bedrock". Virallisena vastaväittäjänä toimi prof. Kalevi Kauranne ja kustoksena prof. J. Donner.

14. 5. 1975 tarkastettiin julkisesti fil.lis. *Irmeli Vuorelan* väitöskirja: "The influence of man on the vegetation of South-Western Finland as shown by pollen diagrams". Virallisena vastaväittäjänä toimi dos. Yrjö Vasari ja kustoksena prof. J. Donner.

#### Filosofian kandidaatin tutkintoja:

*Aberra, Tilahun*: "Ground Water in Crystalline Rocks and a Hypothetical Tectonic Model".

*Ekholm, Matti*: "Ilmakuva- ja karttatulkinnan hyväksikäyttö kallioperän ruhjeisuuden arvioinnissa".

*Isotalo, Tuulikki*: "Hautaperän altaan turvegeologinen tutkimus".

*Kielosto, Sakari*: "Kallioperän vaikutus korkokuvaan Mikkelin maalaiskunnan pohjoisosassa".

*Kinnunen, Kari*: "Detritaalisien kvartsin alkuperäiskivilajit eräissä Etelä-Suomen sedimenteissä".

*Koskinen, Sakari*: "Tekopohjaveden valmistus sekä maaperän ja suodatinaineksen tukkeutuminen".

*Lahti, Seppo*: "Baltian kilven länsiosan prekambriasta fossiileista, fossiilirakenteista, -painanteista ja jäljistä".

*Seppänen, Riitta-Stiina*: "Kvartsirakeiden pyöristymis-, muoto- ja pintarakennetutkimuksia".

*Simola, Marja*: "Tuulen ja veden kerrostamien sedimenttien lajittuneisuudesta".

*Torkkeli, Pentti*: "Heinolan seudun pohjavesigeologia".

### OULUN YLIOPISTO

#### Geologian laitos

#### Filosofian kandidaatin tutkintoja:

*Jaako, Mikko*: "Koillismaan hydrogeologisista oloista ja niiden vääräväri-ilmakuvantulkinnasta". Tarkastajina olivat professori A. Aario ja vt. apulaisprofessori P. Lindroos.

Tutkimus käsittelee Koillismaan hydrogeologiaa oloja ja niiden tutkittavuutta 1:60 000-mittakaavaisista vääräväri-ilmakuvista (Kodak Ektachrome Infrared Aero Film Type 8443).

Tutkimusalueen merkittävimmät pohjavesimuodostumat liittyvät glasifluviaalimuodostumiin. Eniten pohjavettä esiintyy ns. synkliinisissä harjuissa, jotka saavat pohjaveteensä täydennystä korkeammalta ympäristöstä virtaavista vesistä. Antikliiniset muodostumat voivat sisältää runsaasti pohjavettä, mikäli ne esiintyvät tarpeeksi laajoina kenttinä. Maaperän ohella pohjavettä esiintyy runsaasti myös kallioperän ruhjevyyöhykkeissä. Kun myös glasifluviaaliset jaksot usein liittyvät näihin, yhtyvät kallio- ja maaperän pohjavesivyyöhykkeet tällöin hydraulisesti toisiaan täydentäviksi kokonaisuuksiksi.

Tutkimuksessa käytetyt 1:60 000-mittakaavaiset kuvat soveltuvat erittäin hyvin yleisluontoisiin alueellisiin pohjavesitutkimuksiin. Suurempaa tarkkuutta vaativiin tutkimuksiin, esim. lähdeinventointeihin, tarvittaisiin kuitenkin suurempimittakaavaisia ilmakuvia.

*Mattila, Hannu Olavi*: "Karelidit Savukosken Tanhuan alueella, Keski-Lapissa". Tarkastajina olivat professori J. Seitsaari ja vs. apulaisprofessori J. Paakkola.

Keski-Lapin liuskealueen itäreunassa tavataan pohjagneissikompleksin päältä transgressiivinen sedimenttisarja eli Lapponium: kvartsipalloinen konglomeraatti — karsikivi — kvartsiitti — kiillegneissi — para-amfiboliittimuodostuma, alumiinirikas kiillegneissi. Erikoispiirteistään huolimatta se on stratigrafialtaan rinnastettavissa Itä-Suomen Karelideihin. Alueen länsiosaan ulottuvan Oraniemisarjan suhteesta Lapponiumiin on voitu esittää vain näkökohtia. Emäkssistä magmatismia edustavista pienistä gabrointrusiiveistä esitetään yhteenvedo. Näistä yksi, joka on differentoitunut, kuvataan yksityiskohtaisemmin. Gabroiiniin liittymättöminä tavataan ultraemäkssisten kivien jaksoja ja nuoria graniitteja. Alumiinirikaiden kiillegneissien mineralogian perusteella on osoitettu alueellisen metamorfoosin progressiivinen kohoaminen koillista kohden.

*Mäkelä, Tuomo*: "Emäkssisen magman kiteytyminen ja differentiaatio Porttivaaran alueella, Koillismaalla". Tarkastajina olivat professori J. Seitsaari ja apulaisprofessori T. Piirainen.

Työssä on selvitelty Porttivaaran emäksisen kerrosintruusion (n. 3 x 30 km) kiteytymistä ja magman differentiaatiota petrologisten ja geokemiallisten tietojen pohjalta.

Intruusio on jaettu reunavyöhykkeeseen ja kerrokselliseen osaan. Kerroksellisessa osassa ovat edustettuna sekä rytmien että kryptinen kerroksellisuus. Rytmisyys ilmenee vaihteluna mineraalien raekoossa, raemuodossa ja paljousuhteissa, kryptisyys puolestaan kuvastuu vähittäisenä muutoksena plagioklaasin ja pyrokseenien koostumuksessa sekä eräiden mineraalien äkillisenä ilmaantumisenä tai katoamisena kerrossarjaa stratigrafisessa mielessä tarkasteltaessa. Intruusion kivien silikaattiset päämineraalit ovat plagioklaasi, oliviini, augiitti, ortopyrokseeni ja inversiopigeoniitti. Spinelliryhmän oksideista esiintyy varhaisimmista differentiaateissa aksessorisesti kromiittia ja kerrossarjan yläosissa päämineraalina ilmenomagneetiittia. Plagioklaasia, ortopyrokseenia ja ilmenomagneetiittia tavataan sekä cumulus- että intercumulus-mineraaleina. Oliiviinia ja kromiittia on ainoastaan cumulus-materiaalina ja yksinomaan intercumulusfaasissa esiintyviä mineraaleja ovat augiitti ja inversio pigeoniitti. Yleisin kivilajityyppi on pyrokseenigabro, jossa on cumulus-mineraalina plagioklaasia ja intercumulusfaasissa augiittia ja ortopyrokseenia.

*With, Esko:* "Oulun seudun postglasiaalisedimenttien fysikaalisista ja fysikaalis-kemiallisista ominaisuuksista". Tarkastajina olivat professori R. Aario ja vt. apulaisprofessori P. Lindroos.

Tutkielma käsittelee Oulun ympäristön hienorakeisten sedimenttien eräitä fysikaalisia ja fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia sekä näiden ominaisuuksien keskinäistä ja geologista riippuvuutta. Tutkielman mukaan voidaan Oulun ympäristön hienorakeiset sedimentit jakaa kahteen sedimenttipatjaan, jotka eroavat toisistaan varsinkin raekoon, humuspitoisuuden ja sähkönjohtokyvyn suhteen.

### **Teknillisen fysiikan osasto**

Diplomi-insinöörin tutkintoja:

*Höynälänmaa, Matti:* "Kartonkikoneen nopeusohjaus ja lajinvaihto tietokoneen avulla".

*Karjalainen, Tapani:* "Maksimiperiaatteen soveltaminen kolmidimensionaalisen siltanosturin ohjaukseen".

*Kekäläinen, Jorma:* "Erään mikroprosessorin ohjelmiston suunnittelu strukturoidun ohjelmoinnin periaatteita käyttäen".

*Kinnunen, Juhani:* "Suursaantosulfiittivuokeiton matemaattinen malli ja simulointi".

*Kippo, Asko:* "Linearisoidun monimuuttujajärjestelmän aikaoptimaalinen säätö".

*Krapu, Markku:* "Pientietokoneella toteutetut mikroprosessorien assemblerit ja simulaattorit".

*Kulju, Aarno:* "Pasutusuunin kokeellinen malli ja stabiloivan säädön säätöstrategia".

*Lakkala, Ossi:* "Pataolosuhteiden vaikutus pinnoitteen ominaisuuksiin kuumasinkityksessä".

*Lappalainen, Markku:* "Pienellä energialla etenevä sitkeä murtuma niukkahiilisisä rakenneteräksissä".

*Lukkari, Jussi:* "Eräiden NDT-menettelmien soveltuvuus hitsausvirheiden tutkimiseen".

*Marjoniemi, Pentti:* "Kiinteistöjen energian käyttöä säättävä mikroprosessorijärjestelmä".

*Piirainen, Esa:* "Graafinen näyttöpäätte sekvenssi-ohjausjärjestelmässä".

*Saukkonen, Samuli:* "Ultraäänihologrammin automaattinen mittaus- ja prosessointisysteemi".

*Vähä, Pentti:* "Suoran digitaalisen säädön suunnittelu prosessin ohjaus- ja valvontajärjestelmässä".

*Ylivainio, Matti:* "Automaattisen puheentunnistuksen perusteiden tutkiminen ja nopean mittauksen toteuttaminen".

### **Prosessitekniikan osasto**

Tekniikan lisensiaatin tutkinto:

*Tolonen, Matti Adolf:* "Tutkimuksia mikrotalain kehittämiseksi Lahnaslammen vuolukivestä". Työtä valvoi prof. Urmas Runolinna ja työn tarkasti vt. prof. Sakari Kurronen.

Diplomi-insinöörin tutkintoja:

*Huusko, Timo Sakari:* "Portaattomasti säädettävän lipeäruiskun kehitys soodakattilalle". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

*Höynälänmaa, Mikko Johannes:* "Soodakattilan lämpötaseeseen, emissioihin ja liikaantumiseen liittyviä tutkimuksia". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

*Joki-Korpela, Eero Juhani:* "Soodakattilan kemikaalitaseet". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

*Juntunen, Seppo Antero:* "Kuitususpensioiden sekoitus". Työtä valvoi vt. prof. Sakari Kurronen.

*Jylhä, Juha Erik:* "Vaahdotusprosessin lietevirtausten simulointi ja säätöpiirien viritys". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

*Järkkälä, Jouni Matti:* "Prosessivesien ja flokkaus-kemikaalien vaikutus kuorimon jätevesien kiintoainepitoisuuteen". Työtä valvoi vt. prof. Sakari Kurronen.

*Keränen, Tapio Valdemar:* "Raneyrauta ammoniakisynteesin katalyyttinä". Työtä valvoi prof. Väinö Veijola.

*Kinnari, Pekka Aarre:* "Raneykatalyyttien hiilettyminen metaanin höyryreformoinnissa". Työtä valvoi prof. Väinö Veijola.

*Kouri, Risto Juhani:* "Ristivirtauspohjan tehokkuuden arviointi dispersiomallilla". Työtä valvoi prof. Jorma Sohlo.

*Kuukkanen, Kari Kalevi:* "Rikkidioksidin ja rikki-vedyn adsorptio molekyyliseuloihin". Työtä valvoi prof. Jorma Sohlo.

*Käkönen, Raimo Olavi:* "Vaahdotuskineettiset tutkimukset Outokumpu Oy:n Hammaslahden malmille". Työtä valvoi vt. prof. Sakari Kurronen.

*Leiviskä, Kauko Johannes:* "Meesauunin ajon digitaalinen simulointi". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

*Liisanantti, Risto Heikki:* "Kromiittipellettien pelkistyskokeet". Työtä valvoi prof. Jorma Sohlo.

*Mensonen, Kari Taisto:* "Imeytystornilla varustetun Kamyrkeitin mallitutkimuksia". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

*Pietilä, Risto Veikko:* "Huippulämpökeskuksen automaattisen ohjaus- ja säätöjärjestelmän suunnittelu". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

*Pulkkinen, Tapio Mikael:* "Hiilivetyjen erottaminen molekyylliseuloilla". Työtä valvoi prof. Väinö Veijola.

*Puru, Erkki Olavi:* "Hydraulisen Kamyrkeitin mallitutkimuksia". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

*Rantala, Hannu Henrik:* "Tutkimuksia erään kivauskoneen märkään toiminnasta". Työtä valvoi vt. prof. Sakari Kurronen.

*Rönkkö, Ahti:* "Kaasuvuotojen tyypit ja testaus". Työtä valvoi prof. Jorma Sohlo.

*Sarkkinen, Seppo Tapio:* "Rikkidioksidin adsorptio molekyylliseuloihin hiilidioksidin ja vesihöyryn läsnäollessa". Työtä valvoi prof. Jorma Sohlo.

*Syväjärvi, Timo Hannu:* "Rikkikaasun jäädytyksen kineettinen malli". Työtä valvoi prof. Jorma Sohlo.

*Tarvainen, Matti:* "Märän semiautogeenimyllyn audiometrisen säädön tutkiminen". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

*Torikka, Esko Tapio:* "Turpeen tuotanto ja jalostus. Eräitä alueen osakysymyksiä". Työtä valvoi prof. Jorma Sohlo.

*Viitanen, Kari Matti:* "Kemin Viianrannan malmin rikastustutkimuksia". Työtä valvoi vt. prof. Sakari Kurronen.

*Järvelä, Pentti:* "Erään alumiiniseoksen erkautumisen tutkiminen pienenkulmanröntgenin avulla". Työtä valvoi prof. Pentti Kettunen.

Työssä käytettiin röntgensäteiden pienenkulmansirontaa (SAS) ja elektroniläpivalaisumikroskopiasa (TEM) erkautumisen tutkimiseen A1+3.5 % Cu-seoksessa. Seoksen homogenisointi suoritettiin lämpötilassa 813 K, jonka jälkeen suoritettiin erkautushehkutukset lämpötiloissa 403 K ja 463 K.

Erkaumien koko ja muoto määritettiin ensin SAS:n avulla, jonka jälkeen tuloksia verrattiin TEM:n avulla saatuihin. SAS:n ja TEM:n avulla saadut tulokset olivat yhdenmukaisia G.P.-vyöhykkeiden ja  $\theta'$ -erkaumien suhteen.  $\theta'$ -erkaumien tapauksessa olivat SAS:n avulla saadut tulokset pienempiä kuin TEM:n avulla saadut tulokset. Tähän on syynä se, että normaalin pienenkulmanröntgenin erotuskyky on muutamasta kymmenestä ångströmistä noin 1000 Å, joten TEM on tarkempi menetelmä  $\theta'$ - ja  $\theta$ -erkaumien tutkimisessä.

*Miraftabi, Turadj:* "Hadfield-teräsvalun suorasammutus". Työtä valvoi prof. Pentti Kettunen.

*Ström, Kaj:* "Sivutuulen vaikutus MIG-hitsauksessa". Työtä valvoi prof. Pentti Kettunen.

Työssä tarkasteltiin eri parametrien vaikutusta CO<sub>2</sub>-suojaakaasukaarihitsauksessa tuuliolosuhteissa. Kokeellisessa osassa tehtiin hitsauskokeita niukkahiiliselä laivanrakennusteräksellä. Tuulen vaikutuksen eliminoimiseksi kokeiltiin eri tyyppisiä suuttimia sekä tuulitunnelissa että hitsauskokein. Hitsin huokosmuodotuksen selvittämiseksi saumoista tehtiin veto- ja iskukoesauvoja ja ne röntgenläpivalaistiin. Sivutuulen häiritsevä vaikutus eliminoitiin menetelmäkehittelyllä suhteellisen suurin tuulennopeuksiin saakka.

## TAMPEREEN TEKNILLINEN KORKEAKOULU

### Materiaaliopin laitos

Materiaalioppi (metalliset materiaalit) pääaineenaan valmistuneet v. 1975.

Diplomi-insinöörin tutkintoja:

*Aarinen, Pekka:* "Niukkahiilisten terästen myötölujuus suurilla muodonmuutosnopeuksilla". Työtä valvoi prof. Pentti Kettunen.

Niukkahiilisen teräksen myötölujuutta tutkittiin erilaisilla muodonmuutosnopeuksilla ja sen todettiin olevan voimakkaasti riippuvaista muodonmuutosnopeudesta. Tulokset saatiin vertaamalla normaalilla vetokokeella saatuja tuloksia ja nk. Hopkinson-Split-Bar-menetelmällä saatuja.

Hopkinson-Split-Bar-menetelmässä koesauvan kuormitus tapahtuu iskuna ja mittaustulokset saadaan aaltoliikeoppia hyväksi käyttäen. Muuttujina työssä olivat mm. terästen analyysi, lämpökäsittely ja muodonmuutosnopeus. Myötämisen teoreettista taustaa selvitettiin dislokaatioteorian pohjalta.

## TURUN YLIOPISTO

### Geologian ja mineralogian laitos

Filosofian kandidaatin tutkintoja:

*Heikkilä, Ritva:* "Stormin alueen kallioperästä". Tarkastajina prof. K.J. Neuvonen ja apul.prof. Heikki Papunen.

Tutkielmassa selvitetään sitä geologista ympäristöä, johon Ni-malmeja sisältävät Tyrvään Stormin ultraemäksiset intrusiot ovat sijoittuneet. Aiheen käsittely on sekä petrologinen että rakenteellinen.

Stormin Ni-kriittiset intrusiot ovat mantteliainesta ja edustanevat eri magmaattista sarjaa kuin alueen kvartsidioriitit. Erilaiset migmatiittirakenteet ja kivien korkea metamorfoosiaste osoittavat kallioperän syvää leikkausta.

*Laurikko, Jukka:* "Hyrkkälän massiivi". Tarkastajina prof. K. J. Neuvonen ja apul. prof. Heikki Papunen.

Hyrkkälän emäksinen syväkivimassiivi sijaitsee lähellä rapakiven kontaktia Savitaipaleen kunnassa, Kymen läänissä. Työssä todetaan rapakiven aiheuttaneen massiiviin kapeita, hydrotermisesti muuttuneita vyöhykkeitä. Massiivin terveet ja muuttuneet kivet kuva-

taan ja erityisesti on tutkittu muuttumisen vaikutusta kivien tummien silikaattimineraalien ja sulfidifaasin nikkelpitoisuuteen. Voimakkaasti muuttuneissa kivissä todettiin kivien sulfidifaasin nikkelpitoisuuden laskeneen, mutta silikaattifaasin nikkelpitoisuuden säilyneen samana muuttumisasteesta riippumatta.

### Maaperägeologian laitos

*Mäkinen, Kalevi:* "Maapeitteen paksuudesta Keski-Lapissa". Tarkastajina prof. Kauko Korpela ja vt. apul.prof. Gunnar Glückert.

Tutkielma käsittelee kvartaaristen kerrostumien paksuuksia ja niiden alueellisia vaihteluja Keski-Lapissa. Runsaasta 20 000 luotsaus- ja kairauspisteestä valittiin käsiteltäväksi noin 5 000 pistettä. Tilastollisesti Keski-Lapin maapeitteen keskipaksuudeksi saatiin 5.87 metriä ja mediaaniksi 4.00 metriä. Tulosten perusteella kvartaaristen kerrostumien paksuudet Lapissa ovat huomattavasti pienempiä kuin muualla Suomessa.

*Romu, Martti:* "Savien tiiliteknisistä ominaisuuksista Lopella ja Tuusulassa". Tarkastajina prof. Kauko Korpela ja apul.prof. Gunnar Glückert.

Tutkimuksessa tarkastellaan pääasiassa Lopen ja Tuusulan kunnissa olevia savikerrostumia ja niiden tiiliteknisiä ominaisuuksia. Savikerrostumien kuiva-kuoresta otettiin kierrekairalla näytteitä, joiden rakenne ja laatu tutkittiin silmämääräisesti. Saadusta näytemateriaalista määritettiin tiilitekniset ominaisuudet ja osasta näytteitä myös rakeisuus, vaihtuvat kationit sekä kartioupouma muovauskosteudessa.

Tutkittujen näytteiden tiilitekniset ominaisuudet riippuvat suureksi osaksi raaka-aineen savespitoisuudesta, lajittuneisuudesta ja humuspitoisuudesta.

Tutkimustulosten mukaan Lopen ja Tuusulan savikerrostumat eroavat huomattavasti toisistaan. Lopen savet ovat yleensä kerrallisia ja laihoja, kun taas Tuusulan savet ovat lihavia tai erittäin lihavia (saves yli 75%). Tämä ilmenee myös selvästi koetiilien tiiliteknisissä ominaisuuksissa.

Tutkituista savikerrostumista tiiliteollisuuden raaka-aineksi soveltuvat parhaiten Lopen kerralliset glasiaalisavet.

## TEKNILLINEN KORKEAKOULU

### Vuoriteollisuusosasto

Tekniikan lisensiaatin tutkinnot:

*Myyri, Jorma:* "Tutkimus titaanikarbidipohjaisten kovametallien sintrauksesta" professori Tikkasen johdolla.

Työssä on tutkittu TiC-Ni- ja TiC-Co-systeemien sintrauksen kinetiikkaa sekä sulan että kiinteän alueella sintrattaessa.

Työn kirjallisuusosassa on käsitelty sulafaasisintrauksen teoriaa ja tarkasteltu sulafaasisintrauksessa esiintyvää hikoiluilmiötä ja todettu, että sitä esiintyy,

kun sulan ja kiinteän välinen kostutus huononee ja/tai kun kompaktin sisällä kehittyvä kaasuja.

Kokeellisessa osassa tutkittiin sintrauksen kinetiikkaa dilatometrimenetelmällä modifioitua Avrami-Erofeejevin yhtälöä käyttäen. Aktivaatioenergiat saatiin Arrheniuksen suorilta. Sulan alueella sintraus tapahtui kahdessa vaiheessa, joita kontrolloi hiilen diffuusio titaanikarbidissa.

*Särkkä, Pekka:* "Rakoilun tilastollisesta analysoinnista", professori Maijalan johdolla.

Työssä on esitetty menetelmä suuntien tilastolliseen analysointiin.

Suuntakeskittymät l. ryppäät haetaan iteratiivisesti. Niiden merkittävyys testataan Poisson-jakautumalla. Merkitsevien ryppäiden estimaatit lasketaan Fisher-jakautumaa käyttäen. Havaintojen jakautuma ryppäiden sisällä testataan Fisher-jakautumaa vastaan Kuiper-testin avulla. Menetelmällä saatuja tuloksia on verrattu muilla suunta-analyysimenetelmillä saatuihin.

Diplomi-insinöörin tutkintoja:

*Anttonen, Reijo:* "Tutkimus Hituran Ni-rikasteen MgO-pitoisuuden alentamisesta", professori Hukin johdolla.

Tutkimustyössä on tehokkaimmaksi silikaattien painajaksi Hituran malmia vaahdotettaessa osoittautunut karboksimetyyliselluloosa (CMC). Parhaimmat tulokset on saatu, kun lietteen pH on ollut vähintään 6,5 ja pH-arvon säätöön on käytetty soodaa. Rikasteen MgO-pitoisuus on alentunut 6...10 %-yksikköä käsitellystä malmityypistä riippuen.

*Bärs, Guy Magnus Gustav:* "Struktur och egenskaper samt korrosionsbeständighet hos legeringen NiCr15Fe", dosentti Forsténin johdolla.

I arbetets litteraturoversikt redogörs bl.a. för mikrostruktur, mekaniska egenskaper, jämn och selektiv korrosion hos legeringen NiCr15Fe. Två varianter av legeringen med olika kolhalt korrosionsprovades i kokande 65-procentig salpetersyra.

*Eronen, Harri Juhani:* "Pneumaattinen seula", professori Hukin johdolla.

Tutkimuksen tarkoituksena oli uuden pneumaattisen hienoseulontalaitteen kehittäminen ja sen sovellusmahdollisuuksien tutkiminen. Pääavoitteena oli ylikarkeiden rakeiden täydellinen poistaminen hienotuotteesta, joka teollisuusmittakaavaisessa prosessissa on osoittautunut erittäin vaikeaksi tehtäväksi.

Koeseuloina käytettiin 300 μm:n säleseulaa ja 360 μm:n ja 180 μm:n seulakankaalla varustettuja seuloja, joissa seula-aukko oli neliömäinen. Rumpuseulan pinta-ala oli 0,26 m<sup>2</sup>.

Pneumaattisella seulalla saatujen tulosten arvostelemiseksi on suoritettu vastaavia vertailukokeita pneumaattisella keskipakoluokittimella.

Koetulosten perusteella voidaan todeta, että VTT:n vuoritekniiikan laboratoriossa kehitetty uusi pneumaattinen seula soveltuu hienoudeltaan 95 % — 400 μm tai sitä hienompien jauheiden jatkokäsittelypro-

sessiksi, jossa ylikarkeat rakeet pystytään poistamaan 100-prosenttisesti käyttämällä neliömäisillä seula-aukoilla varustettua seulaa. Tavanomaisten tasoseulojen kapasiteetteihin rinnastettaessa on pneumaattisen seulan kapasiteetti moninkertainen.

*Flinck, Peter:* "Tutkimus raakaöljyn tislauskolonnin kloridikorroosiosta", apul.prof. Yläsaaren johdolla.

Tutkimustyö on suoritettu Neste Oy:n Porvoon tuotantolaitoksilla. Raakaöljyn tislausprosessin yhteydessä lauhtuu suolahappopitoista vesihöyryä. Kloridit ovat peräisin öljyn sisältämistä pienistä vesimääristä (0,1—0,5 %). Tehtävän tarkoituksena oli selvittää kloridien kulku sekä minimoida niiden aiheuttamat vahingot.

*Fröberg, Per:* "Dilatometer- och anlöpningsundersökning av ett Cr-Mo-V tryckkärlsstål", dosentti Forsténin johdolla.

I arbetet undersöktes austenitiseringsstidens inverkan på ett låglegerat tryckkärlsstål (0.16 % C, 2.8 % Cr, 0.6 % Mo, 0.3 % V) S-kurvor och CCT-diagrammen efter austenitiserings vid 950 °C och 1070 °C uppgjordes.

Anlöpningshårdningen efter austenitiseringsarna 950 °C/2 h/W<sub>0</sub> och 1100 °C/10 h/W<sub>0</sub> kartlades. De extraherade utskiljningarna identifierades med hjälp av röntgendiffraktion och konstaterades vara M<sub>4</sub>C<sub>3</sub> och M<sub>7</sub>C<sub>3</sub>. Ytterligare kartlades dessa karbidens stabilitetsområden och deras gittervärden bestämdes som en funktion av en anlöpningsparameter.

*Hagström, Pirkko:* "Plasmaleikkauksen työsuojeluanalyysi", professori Sulosen johdolla.

Työssä on systemaattisen vaara-analyysin avulla selvitetty plasmaleikkauksen vaara- ja haittatekijät: myrkylliset kaasut ja höyryt, voimakas melu, ionisoimaton ja ilmeisesti myös ionisoiva sähkömagneettinen säteily sekä korkea jännite ja lämpötila.

Vaaratekijöiden vaikuttaminen työntekijöihin estetään tehokkaimmin koteloimalla leikkauslaitteisto melua vaimentavalla, säteilyä absorboivalla materiaalilla sekä varustamalla se kauko-ohjauslaitteella ja paikallisilmanvaihdolla. Työssä on esitetty myös parannuksia laitteen rakenteeseen, henkilökohtaisiin suojavälineisiin, työpaikan järjestelyyn ja lainsäädäntöön.

*Hanniala, Teuvo Pekka Tapio:* "Hiilen kaasutuksen termodynaamiskineettistä tarkastelua", vt. professori Liliuksen johdolla.

Työssä on tutkittu kiinteän polttoaineen kaasutuksen termodynamiikkaa tekemällä tietokoneohjelma, joka laskee kaasun termodynaamisen tasapainon adiabaattisessa reaktiolämpötilassa. Tutkimuksessa on pyritty selvittämään miten happirikastus ja vesihöyryn lisäys vaikuttavat kaasun ominaisuuksiin. Termodynamiikan lisäksi on kirjallisuuden perusteella selvitetty kaasutuksen yleistä kinetiikkaa.

*Hooli, Paavo:* "Vanadiini-typiseostuksen ja fluksinkuivauslämpötilan vaikutuksista pinnoitteen rakenteeseen ja adherenssiin kuumasinkityksessä", professori Sulosen johdolla.

Tutkimuksissa todettiin sinkkipinnoitteeseen tulevan enemmän haurasta rautasinkkifaasia, kun teräksessä oli seostettu typpeä ja vanadiinia. Juoksuteaineen kuivauslämpötila vaikutti seoskerrosten paksuuteen siten, että korkeampi kuivauslämpötila johti paksumpiin seoskerroksiin. Kylvyn lyijyseostuksen havaittiin aiheuttavan paksumpia seoskerroksia samoin kuin heikentävän pinnoitteen mekaanisia ominaisuuksia. Tyypivanadiiniseostus, kuten juoksuteaineen kuivauslämpötilan nostokin heikensivät pinnoitteen mekaanisia ominaisuuksia.

*Judin, Vesa-Pekka Sakari:* "Tutkimus arseenin käytäytymisestä kuparikivessä", professori Tikkasen johdolla.

Työssä määrättiin arseenin aktiivisuuskerroin ja rikin höyrynpaine sulassa Cu-(Fe)-As-S-systeemissä kuljetusmenetelmällä käyttäen kuljetuskaasuna argonia.

Arseenin aktiivisuuskerroin putosi 1/10...1/100:aan, kun sulan koostumus muuttui liukoisuusaukon ulkopuolelta liukoisuusaukon alueelle. Arvot vaihtelivat koostumuksesta riippuen 3,7 · 10<sup>-2</sup>:sta 3,3:een. 10p-%:n rautalisäys nosti aktiivisuuskertoimen arvoa 46...75 %.

Rikin höyrynpaineen arvo putosi jyrkästi sulan kationianionisuhteen kasvaessa yli yhden. Rautalisäys las-ki arvoa 8...27 %.

*Juva, Ari Olavi:* "Mikrorakenteen vaikutus erään austeniittisen hitsatun pinnoitteen raerajakorroosiokestävyyteen", dosentti Forsténin johdolla.

Tutkittiin CrMoV-teräkselle hitsattua kolmikerros-pinnoitetta. Verrattiin mikrorakenteita Straussin testin ja polarisaatiokäyrien tuloksiin.

Pohjakerroksessa oli erittäin vähän deltaferriittiä ja austeniitin raerajoilla oli M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>-karbidiverkko, jota ilmeisesti ympäröi kromiköyhä vyöhyke. Pohjakerros oli erittäin altis raerajakorroosiolle.

Pintakerros, jossa oli 5—7 % ferriittiä hajanaisina saarekkeina ja M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>-karbideja ainoastaan ferriitti/austeniitti-rajoilla, kesti sen sijaan hyvin Straussin testissä.

Käsinhitsatussa pohjakerroksessa oli liiallisen tunkeuman perintönä martensiittia sekä raerajoilla että makroskooppisina aaltolina. Nämä syöpyivät Straussin testissä voimakkaasti.

Raerajojen herkistyminen ja martensiitin selektiivinen syöpyminen aiheuttivat pohjakerrosten polarisaatiokäyriin selvästi leveämmät aktiivipiikit ja suuremmat virrantiheydet, kuin pintakerroksen käyrässä.

*Kauppinen, Kalle Pentti:* "Liuonnon niobin ja vanadiinin vaikutus ferriitin primääriiseen rekristallisaatioon kylmävalssatussa IF-teräsnauhassa", professori Sulosen johdolla.

Tutkimusmateriaalina oli kaksi titaanilla stabiloitua IF (Interstitial Free) -terästä, joista toinen oli seostettu niobilla, toinen vanadiinilla. Työssä tutkittiin, miten ferriittiin liuennut niobi ja vanadiini vaikuttavat kylmävalssatun ohutlevyn rekristallisaatioon ja muovattavuuteen erityisesti nopeasti suoritettavassa rekristallisaatiohehkuksessa.

Todettiin, että niobi ja vanadiini hidastavat voimakkaasti primäärisen rekristallisaation ydintymistä ja raekenkasvua. Raekoko hehkutuksen jälkeen oli pieni ja lähes tasainen koko levyn poikkipinnalla. Terästen rekristallisaatiohehku voidaan tutkimuksen mukaan suorittaa nopeasti jatkuvatoimisessa uunissa, jonka lämpötila on n. 800...850 °C.

Kummallakin teräksellä oli hehkutuksen jälkeen hyvin alhainen myötölujuus/murtolujuus-suhde, mikä on edullista levyn muovattavuuden kannalta.

*Koskela, Veikko:* "Teknis-taloudellinen tutkimus paineilman käytöstä kaivoksissa", professori Majjalan johdolla.

Outokummun kaivosten paineilmalaitosten teknisten ratkaisujen ja kustannusten perusteella on selvitetty vastaavantyyppisten paineilmajärjestelmien kaivoksen eliniän ja paineilman kulutuksen mukaiset taloudellisuusrajat.

*Krogerus, Erkki Viktor Samuel:* "Mustavaaran vanadiiniprosessin liuotusjätteen pyrometallurginen käsittely", professori Tikkasen johdolla.

Työn tarkoituksena oli tutkia mahdollisuutta erottaa Mustavaaran vanadiiniprosessin liuotusjätteen sisältämä rauta ja titaani toisistaan pyrometallurgisella, hiilellä tapahtuvalla selektiivisellä pelkistyksellä niin, että raudan oksidit pelkistyvät metalliseksi raudaksi ja titaani pysyy oksidisena. Pelkistysoptimoinnin jälkeen kokeiltiin natriumin ja fosforin vaikutusta raudan partikkelikoon kasvattamiseksi sekä faasien pallottamiseksi, jotta magneettinen erotus paranisi ja tulokseksi saataisiin metallinen rauta ja titaanirikas oksidifaasi erilleen toisistaan.

*Lönnberg, Henry Wilhelm:* "Tutkimus kapillaariputken irtotuurnavedosta", professori Sulosen johdolla.

Tutkimuksessa tarkasteltiin irtotuurnan muotoilun vaikutusta vetovoimaan ja putken seinämän kovuusjakaumaan kapillaariputken irtotuurnavedossa. Erityisesti huomiota kiinnitettiin tuurnan kartiokulman arvoon, lieriöosan pituuteen, lieriöosan päästökulmaan ja kartio- ja lieriöosan yhtymäkohdan pyöritykseen.

Tutkimuksessa havaittiin, että riittävä päästö irtotuurnan lieriöosalla ja sopiva pyöritys kartio- ja lieriöosan yhtymäkohdassa helpottivat vedon onnistumista ja alensivat muokatun putken vetovoimaa.

*Markkanen, Mauri Heikki:* "Tutkimus täryseulonnan perustekijöistä", professori Hukin johdolla.

Tutkimus käsittelee täryseulontaa, jossa seulan täryliike on suunnattu. Seulontakokeet on suoritettu käytännön mittakaavassa koeseulontaa-asetelmalla, jossa koemateriaali kierrätetään sulkeispiirissä. Käytetty raekoalue oli 0...200 mm.

Tutkimuskohteina on ollut seulonnan terävyyden ja kapasiteetin välinen riippuvuus, sekä iskunpituuden, värähdysnopeuden, seulakulman ja iskun suuntakulman vaikutus seulontatulokseen. Erillisenä tutkimuskohteena on ollut kumiseulaverkkojen tukkeutuminen seulan kiihtyvyyden funktiona.

*Mietola, Jorma:* "Kartiroleikkausten ja kolmiulotteisten kappaleiden kuvien tuottamisesta tietokoneella", tekn. lis. M. Syrjäsen ja R. Sulosen johdolla.

Työssä on ensinnäkin esitetty homogeenisten kordinaattien teoriaa, joka on tärkeä matemaattinen apuväline graafisessa tietojenkäsittelyssä. On esitetty algoritmi, jonka avulla voidaan tuottaa kartiroleikkauksia ja algoritmin pohjalta laadittu FORTRAN-ohjelmisto. Toisen pääosan työstä muodostaa kolmiulotteisten kappaleiden esittämiseen liittyvät tarkastelut, eritoten piiloviivojen eliminointi. On laadittu ohjelmisto, jonka avulla käyttäjä voi näyttöpäätteellä luoda, muuntaa ja hävittää kuutioiden perspektiivikuvia.

*Mäkipää, Martti:* "Tutkimus kuonan ja kuparin välistä reaktioista", professori Tikkasen johdolla.

Työssä tutkittiin kuparin liukenemista sulaan rautasilikaattikuonaan kuparin, kuonan ja CO/CO<sub>2</sub>-atmosphäerin välisissä tasapainoissa, ja kuonan jäähtyessä tapahtuvia ilmiöitä. Kuparin liukoisuus riippui hapen osapaineesta (p<sub>O<sub>2</sub></sub>) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-upokkaissa kuparin liukoisuus oli lämpötilassa 1270°C n. 1,2 %, kun p<sub>O<sub>2</sub></sub> oli 10<sup>-9,1</sup> atm ja n. 4,3 %, kun p<sub>O<sub>2</sub></sub> oli 10<sup>-7</sup> atm.

Liukoisuus riippui yhtälön

$$\text{Cu (\%)} = 30,3 (a_{\text{Cu}_2\text{O}})^{1/2}$$

mukaan kuparioksiduulin aktiivisuudesta. Joidenkin koepisteiden mukaan yhtälö on lämpötilasta riippumaton. Kuparipitoisia kuonanäytteitä jäädytettäessä oksidisena liunneen kuparin todettiin suurimmalta osaltaan olevan metallipisaroina. Joskus niiden kaikkien koko oli alle 1 µm.

*Nikkilä, Risto Lauri:* "Alumiinijohdinseosten ominaisuuksien vertailu erilaisten hehkutusten jälkeen", professori Sulosen johdolla.

Työssä tutkittiin EC-alumiinista ja kahdesta johdin-alumiiniseoksesta valmistettuja Al-lankoja. Hehkutuksia suoritettiin kiertoilmauunissa, suolakylvyssä ja ns. pulssihehkutusmenetelmällä. Langoista mitattiin mekaanisia ominaisuuksia ja sähkönjohtavuus.

Tulosten tarkastelussa pyrittiin selvittämään eri materiaalien keskinäinen paremmuus ja saavutettujen ominaisuuksien riippuminen hehkutusmenetelmästä.

*Nurmisalo, Martti Kalervo:* "Tutkimus kiviainesten murskauksesta Suomessa ja säädettävän epäkeskotäryseulan kokeilemisestä kivimurskaamoon", professori Hukin johdolla.

Tutkimuksen alkuosassa on käsitelty kiviainesten murskausta Suomessa tilastojen ja aikaisempien tutkimusten pohjalta. Loppuosassa on suoritettu koeajoa säädettävällä epäkeskotäryseulalla, jonka tehtävänä on saada aikaan murskeisiin entistä enemmän hienompia raeluokkia.

*Pajunen, Timo:* "Tutkimus päästön aikana Cr-Mo-V-paineastiateräksen mikrorakenteesta tapahtuneista ja niiden yhteyksistä eräisiin mekaanisiin ominaisuuksiin", dosentti Forsténin johdolla.

Työssä tutkittiin vetokokeilla mitattujen myötölujuuksien ja Pellini-kokeilla mitattujen nollasitkeys-lämpötilojen riippuvuutta rae- ja sellikosta sekä ra-



kenteessä esiintyvien karbidien koosta ja niiden välistä efektiivisestä etäisyydestä. Tutkitulla päästöalueella 620—760°C todettiin teräksen myötölujuudessa ja nollasitkeysämpötilassa tapahtuneiden muutosten johtuvan lähes yksinomaan rakenteessa olevien hienojakoisten vanadiinikarbidien karkeutumisesta.

*Pitkänen, Heikki:* ”Seularummun karkeatuotteen pesuja poistolaitteiston kehittäminen”, professori Hukin johdolla.

Työn tarkoituksena oli kehittää kartiopohjaisten hydraulisten luokitus- ja seulontalaitteiden pesujärjestelmää siten, että karkeatuotteeseen vielä joutuvan hienon aineksen määrä olisi minimoitavissa ja luokitus- ja seulontaterävyys samanaikaisesti maksimoitavissa. Toisena tavoitteena oli saada aikaan automaattisesti toimiva hiekanpoistolaite. Kokeet suoritettiin VTT:n Vuoritekniikan laboratoriossa ns. seularummun avulla.

Kokeissa käytetyllä uudella hiekan pesu- ja poistolaitteella varustetulla seularummulla päästiin seuraaviin tuloksiin: Syötemateriaalista, joka oli tavanomaisista syklonin alitetta, saatiin 315 µm:n seulalla puhdistettua karkeatuotetta, jossa oli 1,1...4,5 % alle 74 µm:n materiaalia. Pesuvettä käytettiin tällöin 1...6 m<sup>3</sup>/h syöttökapasiteetin ollessa 8...11 t/h kiintoainetta. Erotusraja oli 95 % alle 205...220 µm ja erotusterävyys 74 µm:n raekoissa 88...99 %.

*Pitkänen, Rauno Juhani:* ”Välitasolouhinnan louhintaperien sijoittelusta”, professori Majjalan johdolla.

Välitasolouhinnan louhintaperien sijoitukseen olennaisesti vaikuttavia tekijöitä ovat louhinnan valmistavien töiden kustannukset, esiintymän geologiset olosuhteet sekä louhinnan kustannukset. Työssä tarkasteltiin näiden tekijöiden vaikutusta erikseen ja yhdessä pyrkien löytämään optimiratkaisu näiden kahden toisistaan riippuvan toimintakokonaisuuden, louhinnan valmistavien töiden sekä louhintaporauksen ja -panostuksen välille. Käytännön esimerkkinä välitasolouhinnan louhintaperien sijoittelusta käytettiin kotalahden kaivoksen Huuhtijärven malmion + 600- tason alapuolista osaa.

*Puhakka, Olli:* ”Ohkoputkitekniikalla suoritettujen lopputiivistyksen vaikutus teräkseen muodostuviin epämetallisiin sulkeumiin”, professori Pietikäisen johdolla.

Työn yhteydessä konstruointiin ensiksi ns. ohkoputkivalssain, jolla valmistettiin pulveritäytteistä putkea. Pulverina käytettiin erilaisia CaSiMn:n ja Al:n seoksia. Putken avulla suoritettiin tankovalun yhteydessä lopputiivistys. Teelmistä leikattiin koekappaleet, joille suoritettiin kemiallisia ja metallurgisia kokeita. Tutkimuksella yritettiin selvittää teelmien sisältämää epämetallisten sulkeumien koostumusta ja jakautumaa eri kokoalueille.

*Rintamaa, Rauno Hannu Olavi:* ”Muokkauksen ja lämpökäsittelyn vaikutus epästabiliin austeniittisen ja ferriittisen ruostumattoman ohutlevyn kylmämuovattavuuteen”, professori Sulosen johdolla.

Työssä tutkittiin austeniittisen 18 Cr — 8 Ni ja ferriittisen 18 Cr -tyyppisen ohutlevyn muovattavuutta käyttäen muuttujina kylmävalssausta ja sen jälkeistä hehkutusta. Muovattavuutta tarkasteltiin R ja n -arvon, tasavienymän, rajamuovattavuuskäyrän, paksuusvienymäjakauman ja tekstuurin avulla.

Tutkimuksessa kävi ilmi, että kyseisillä käsittelyillä voidaan melko vähän vaikuttaa terästen muovattavuuteen. Suurempina vaikuttajina olivat riittävän korkea valssauserduktio ja pitkä hehkutus, jotta edullista rakenkasvua pääsi tapahtumaan. Keskinäisistä eroavaisuuksista austeniittinen teräs omasi ferriittistä terästä paremmat edellytykset kyseisten muuttujien vaikutuksille.

*Rouhiainen, Pekka:* ”Paikanmääritys ja navigointi matalalentomittauksessa”, professori Tiurin johdolla.

Päähuomio on kohdistettu menetelmiin, jotka soveltuvat parhaiten matalalentomittaukseen.

Työssä tarkastellaan Doppler-navigointijärjestelmän periaatetta, virheitä ja käyttömahdollisuuksia navigoinnissa ja paikanmäärityksessä.

Maa-asemilla toimivista menetelmistä esitetään analyysi. Tarkastellaan toimintaan oleellisesti vaikuttavia seikkoja, kuten radioaaltojen etenemisnopeutta, vaimenemista ja tarvittavien kellojen käyttäytymistä. Kolme laiteratkaisua esitetään, joista yksi on uusi mahdollisuus.

*Sihvo, Matti Sakari:* ”Imacron soveltuvuus diffuusio-kromaukseen”, professori Sulosen johdolla.

Kirjallisuuden perusteella tarkastellaan diffuusio-kromauksen perusteita niukkahiilissä teräksessä. Kromaukset on suoritettu kahdelle eri Imacro-sulatukselle sekä Armco-raudalle. Kromatuista kappaleista tutkitaan pinnoniteen koostumusta, rakennetta, kovuutta ja sitkeyttä. Vetokokeen avulla selvitetään kromauksen vaikutusta kappaleen lujuuteen ja muihin mekaanisiin ominaisuuksiin.

*Söderlund, Karl Johan:* ”Provning av tätningen hos anodiserade oxidskikt”, apul. professori Yläsaaren johdolla.

I diplomarbetet jämförs några snabba metoder för provning av tätningen hos anodiserade oxidskikt. De i varierande förhållanden tätade oxidskiktens färgabsorption, viktsförlust och admittans bestämde. Dessutom undersökte möjligheten att bedömma tätningens kvalitet genom mätning av oxidskiktets anodiska polarisation. Även accelererade korrosionstesters lämplighet för provning av tätningen undersökte.

*Tuomi, Lasse:* ”Tutkimus kahden arvoisen mangaanin ja magnesiumin sekä eräiden elektrolyysilisiä aineiden vaikutuksesta sinkin sähkökemialliseen saostukseen happamasta sulfaattiliuoksesta”, professori Tikkasen johdolla.

Tutkimuksessa havaittiin sinkinseostuksen virtahyötysuhde riippumattomaksi happaman sulfaattielektrolyytin mangaani- ja magnesiumpitoisuudesta konsentraation 20 g/l saakka. Mangaani- ja magnesium-

epäpuhtauksien ja lisäaineiden todettiin parantavan aineensiirtoa katodille.

Puhtaalla elektrolyytillä sinkin saostuminen todettiin pintadiffuusion kontrolloimaksi. Mangaani- ja magnesiumepäpuhtauksien todettiin haittaavan pintadiffuusiota alhaisella ylipotentialilla. Vaikutus selitettiin johtuvaksi adsorptiosta katodilla.

Tutkimuksessa käytettiin pyörivää katodia.

*Vatilo, Heikki Veli Kaleva:* "Kahden faasin alueella suoritettujen kontrolloidun valssauksen vaikutus eräiden niukkahiilisten mikrooseosterästen ominaisuuksiin ja Bauschingerefektiin", professori Sulosen johdolla.

Tutkimuksessa on selvitelty kolmen eri Nb-V-mikrooseosteräksen lujuus-sitkeysominaisuuksien riippuvuutta valssausparametreistä: hehkutuslämpötila, lopplämpötila ja Mn-pitoisuus. Hehkutuksissa käytettiin kahta eri lämpötilaa siten, että toisessa osa erkaumista oli liukenematta ja toisessa kaikki erkaumat olivat liuennet. Valssauksen viimeiset pistot suoritettiin austeniitti/ferriitti-alueella.

UO-putkenvalmistusprosessissa esiintyvää Bauschingerefektiä tutkittiin prosessia jäljittelevillä taivutus-

kokeilla, jolloin erityistä huomiota kohdistettiin terästen myötämistapaan.

*Virtanen, Pertti Antero:* "Kallion lujitusmenetelmistä ja niiden kehittämismahdollisuuksista", professori Maijalan johdolla.

Tutkintotehtävä Suomessa 1970-luvulla käytössä olevista kallion lujitusmenetelmistä, uusista alan tutkimuskohteista ja lujitusta käsittelevästä kirjallisuudesta.

*Väinölä, Reima:* "LD-prosessin palamismekanismien tutkimus", professori Tikkasen johdolla.

Työssä tutkittiin LD-prosessin palamismekanismia konvertterista puhalluksen aikana otettujen emulsio- ja sulanäytteitten pohjalta. Emulsion metallipisaroitteen hiili- ja mangaanipitoisuuksia verrattiin sulan pitoisuuteen prosessin eri vaiheissa.

Pisaroitteen hiilipitoisuudet todettiin koko puhallusvaiheen aikana selvästi sulan pitoisuuksia pienemmiksi. Myös mangaanipitoisuuden kehitys emulsion metallipisaroiissa oli sulan keskimääräistä kehitystä nopeampi. Tulosten mukaan pisarat välittävät osan panoksen palamisreaktioista.

## Uusia jäseniä Nya medlemmar

Vuorimiesyhdistys r.y:n hallitus on kokouksessaan 1975-10-14 hyväksynyt seuraavat henkilöt yhdistyksen jäseniksi:

*Ahlskog, Mikael, I, f. 1940-01-02.* Rautaruukki Oy, Brahestads järnverk, driftsing. vid masugnen. Adress: Ollinsaarentie 41 C 17, 92120 Brahestad 2.

*Elo, Arto Niilo, DI, s. 1943-04-20.* Suomen Talkki Oy, myyntijohtaja. Osoite: Kasavuorentie 12 D 15, 02700 Kauniainen.

*Eronen, Harri Juhani, DI, s. 1951-02-17.* Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, rikastustekniikan laboratorio, assistentti. Osoite: Punavuorenkatu 9 A 25, 00120 Helsinki 12.

*Hakala, Matti Ilmari, DI, s. 1948-11-08.* Oy Fiskars Ab, materiaaliteknillinen osasto, tutkimusins. Osoite: Vestergård A, 10410 Äminnefors.

*Hughes, David Victor, DI, s. 1946-05-02.* Outokumpu Oy, Vihannin kaivos, rikastamon tutkimusins. Osoite: Laationtie 3 B, 86440 Lampinsaari.

*Ivonen, Erkki Veikko Johannes, FL, s. 1941-02-01.* Turun yliopisto, geologian ja mineralogian laitos, Lapin nikkeliProjektin päägeologi. Osoite: Kengittäjänkatu 2 E 37, 20880 Turku 88.

*Inkiläinen, Juha Antero, DI, s. 1946-10-01.* Tähtivalu Oy, tuotantojohtaja. Osoite: Laukontori 6 B, 33200 Tampere 20.

*Karlsson, Kurt Ragnar, FK, f. 1947-12-11.* Myllykoski Oy, Luikonlahti gruva, gruvgeolog. Adress: 73670 Luikonlahti.

*Kinnunen, Aulis Antero, FK, s. 1946-11-25.* Myllykoski Oy, Luikonlahden kaivos, malmietsintägeologi. Osoite: 73670 Luikonlahti.

*Koskinen, Pasi Armas, DI, s. 1949-07-22.* Outokumpu Oy, Harjavallan tehtaas, sulaton käyttö- ja kehitysins. Osoite: Saimaantie 10 B 7, 29200 Harjavalta.

*Leväaho, Jaakko Matti, DI, s. 1948-05-30.* Outokumpu Oy, Outokummun kaivos, säätö- ja systeemiins. Osoite: Nousukuja 10 as. 7, 83500 Outokumpu.

*Lindfors, Jorma Kalevi, DI, s. 1946-06-25.* Outokumpu Oy, Harjavallan tehtaas, sulaton käyttöins. Osoite: Keskuskoulu, 29250 Nakkila.

*Litja, Satu Irina, DI, s. 1951-05-16.* Valtion teknillinen tutkimuskeskus, teollisuussuhteerijaosto, tutkija. Osoite: Hakatie 12 B 37, 00200 Helsinki 20.

*Nyman, Atte Eirik Olavi, DI, s. 1922-01-18.* Suomen Talkki Oy, toimitusjohtaja. Osoite: Pihkapolku 40, 87500 Kajaani 50.

*Paatsola, Olavi*, DI, s. 1949-09-12. Rautaruukki Oy, kaivosgeologinen osasto, kaivosgeofyysikko. Osoite: Nuolihaukantie 6 B 38, 90250 Oulu 25.

*Patrikainen, Pekka Harri*, FM, s. 1938-04-01. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, geotekniikan laboratorio, kalliomekaniikan jaos, tutkija. Osoite: Matinraitti 7 D 39, 02230 Espoo 23.

*Pihlaja, Pekka Johannes*, FK, s. 1939-07-30. Turun yliopisto, geologian ja mineralogian laitos, Lapin nikkeliprojektin tutkija. Osoite: Luolavuorentie 46 C 59, 20720 Turku 72.

*Pitkänen, Rauno Juhani*, DI, s. 1950-03-28. Outokumpu Oy, Kotalahden kaivos, kaivosins. Osoite: 71470 Oravikoski.

*Rusila Heikki Olavi*, DI, s. 1949-12-10. Rautaruukki Oy, Raahen rautatehdas, masuunin käyttöins. Osoite: Ollinsaarentie 43 H 56, 92120 Raahel 2.

*Salmi, Veli Juhani*, DI, s. 1949-03-24. Outokumpu Oy, Harjavallan tehtaas, sulaton käyttö- ja kehitysins. Osoite: Urheilutie 5 A, 29200 Harjavalta.

*Salonen, Seppo K*, DI, s. 1948-11-24. Rautaruukki

Oy, Raahen rautatehdas, tutkimuslaitos, tutkimusins. Osoite: Pajaniityntie 3 J 88, 92120 Raahel 2.

*Seppälä, Kari O*, DI, s. 1945-09-17. Kymin Oy, Högforsin valimo, metallurgi. Osoite: Kahilaisentie 1 A 8, 03600 Karkkila.

*Seppälä, Pekka Aulis Pellervo*, FK, s. 1940-05-22. Myllykoski Oy, Luikonlahden kaivos, kaivosgeologi. Osoite: 73670 Luikonlahti.

*Sörensen, Tom Mikael*, DI, f. 1946-03-18. Oy Aga Ab, gasgruppen, avdelningschef för metallurgisegmentet. Adress: Munksnäsallen 1B 43, 00330 Helsingfors 33.

*Tarnanen, Pentti Olavi*, DI, s. 1948-12-06. Teknillinen tarkastuslaitos, suunnittelutoimisto, suunnittelija. Osoite: Kauppalamtie 34 B 20, 02700 Kauniainen.

*Toivonen, Eero Olavi*, DI, s. 1948-03-24. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, metallurgian laboratorio, tutkija. Osoite: Albertinkatu 17 A 6, 00120 Helsinki 12.

*Turunen, Olof Herman*, DI, s. 1937-11-07. Outokumpu Oy, Teknillinen vienti, laatu- ja kehitysins. Osoite: Iivisniemenkatu 4 F 97, 02260 Espoo 26.

## Uutta jäsenistä Nytt om medlemmarna

DI *Pontus Abrahamsson* har utnämnts till chef för Pargas Kalk Ab:s cementfabrik i Pargas.

I *Heino Alaniska* on siirtynyt Rauma-Repola Oy:n palvelukseen Lokomon Oulun konttorin myynti-insinööriksi. Osoite: Torikatu 57 B 7, 90120 Oulu 12.

DI *Christian von Alfthan* har utnämnts till utvecklingschef för Outokumpu Oy:s fysikaliska förskningsanläggning. Adress: Idvägen 5 G, 02170 Esbo 17.

TL *Jaakko Anttila*. Osoite: Pihlajatie 47 A 1, 00270 Helsinki 27.

DI *Veikko Appelberg*. Osoite: Tuohivirsu 4 B 11, 02130 Espoo 13.

TD *Lars J Aschan*. Adress: Huggarvägen 3, 13700 Västerhaninge, Sverige.

TL *Jussi Asteljoki*. Osoite: Pikiruukintie 2, 67200 Kokkola 20.

DI *Heikki Aurasmaa* toimii nykyään prosessien säädön ja dynamiikan yliassistenttina Oulun yliopiston prosessitekniikan osastolla. Osoite: Haapanatie 35 C 4, 90150 Oulu 15.

FD *Alf Björklund*. Adress: Brovägen 1 A 24, 02400 Kyrkslätt.

DI *Seppo Blomqvist* on nimitetty Outokumpu Oy, Tornion tehtaaiden tuotantojohtajaksi. Osoite: Lemminkinkatu 1 A, 95430 Tornio 3.

DI *Ilkka Eerola* on nimitetty Outokumpu Oy, jalote-rästehtaan kylmävalssaamon tuotantopäälliköksi. Osoite: Untolankatu 3 C 1, 95420 Tornio 2.

DI *Pekka Fomin* on nimitetty Plan-Sell Oy:n toimitusjohtajaksi. Osoite: Hämeenkatu 3 — 5 D, 18100 Heinola 10.

FT *Gunnar Glückert* on nimitetty Turun yliopiston maaperägeologian apulaisprofessorin virkaan.

DI *Timo Hakkarainen*. Osoite: Jousenkaari 9 B 78, 02120 Espoo 12.

Yli-ins. *Matti Haltia* on nimitetty Rautaruukki Oy, Hämeenlinnan tehtaas johtajaksi. Osoite: Ainola, 13100 Hämeenlinna 10.

DI *Taisto Hannukainen* on nimitetty Rautaruukki Oy, Oulun suunnitteluosaston projektipäälliköksi. Osoite: Kirkkokatu 73 B 3, 90120 Oulu 12.

DI *Hannu Haveri* on siirtynyt Suomen Talkki Oy:n palvelukseen Lahnaslammen kaivokselle. Osoite: Rajamiehentie 7 C 53, 87400 Kajaani 40.

FM *Matti Havola* toimii nykyään Geologisen tutkimuslaitoksen Väli-Suomen aluetoimistossa kallioperäosaston tutkijana. Osoite: Hiihtäjätie 10 A 4, 70200 Kuopio 20.

DI *Yrjänä Heikinheimo* on kutsuttu Jaakko Pöyry & CO Oy:n palvelukseen erikoistehtäviin.

FL *Aulis Heikkinen*. Osoite: Kuutamokatu 6 B 47, 02210 Espoo 21.

Prof. *Sakari Heiskanen*. Osoite: Ristiaallokonkatu 4 A 27, 02320 Espoo 32.

DI *Pentti Hokkanen* on nimitetty Outokumpu Oy, Tornion ferrokromitehtaan sintraamon päälliköksi.

DI *Matti Honkaniemi* on nimitetty Outokumpu Oy, Tornion ferrokromitehtaan sulaton päälliköksi. Osoite: Keskikatu 17 — 19 B, 95400 Tornio.

FM *Rauno Hugg*. Osoite: Aronpuisto C 2, 90810 Kiviniemi.

DI *Tor-Leif Huggare* har utnämnts till direktör för zinkfabriksprojektet vid Industrial Minera Mexico S.A. Adress: Rio Rhin No 22, 7 Piso, Mexico 5, D.F., Mexico.

DI *Matti Hukki*. Osoite: Ihanakatu 13 A 5, 33100 Tampere 10.

DI *Rolf Hultin*. Osoite: Suvitie 1 C 7, 92100 Raaha.

DI *Jorma Hyvärinen*. Osoite: Ilomäentie 11 B 35, 00840 Helsinki 84.

DI *Seppo Härkki* on nimitetty Outokumpu Oy:n pyrometallurgian pääinsinööriksi.

DI *Seppo Härkönen* on nimitetty Ovako-ryhmän teknisen asiakaspalveluosaston päälliköksi. Osoite: Revontulentie 2 E, 02100 Espoo 10.

DI *Tenho Hätönen* toimii tutkimusinsinöörinä Ovako-ryhmän Imatran tutkimuskeskuksessa. Osoite: Astaninkatu 20, 55100 Imatra 10.

DI *Hannu Jokinen*. Osoite: Tehtaankatu 3, 11100 Riihimäki 10.

DI *Rauno Kaija* toimii nyttemmin Outokumpu Oy, Teknillisen suunnittelun prosessi-insinöörinä. Osoite: Tammitie 21 B 37, 00330 Helsinki 33.

DI *Heikki Kallio* on nimitetty Rautaruukki Oy, Otanmäen kaivoksen rikastamon päälliköksi.

DI *Pekka Ketonen* on nimitetty Oy Cronvall Ab:n prosessitekniikan tulosyksikön päälliköksi. Osoite: Kasvevuorenkuja 4 C 41, 02360 Espoo 36.

Professori *Pentti Kettunen* toimii Tampereen teknillisen korkeakoulun materiaaliopin professorina.

DI *Matti Kilpinen* on nimitetty Rauma-Repola Oy:n markkinointijohtajaksi. Osoite: Orisaarentie 5 C, 00840 Helsinki 84.

FK *Matti Kontio*. Osoite: Niiralankatu 14 B 9, 70600 Kuopio 60.

DI *Jorma Koponen* on siirtynyt Oy Lohja Ab:n palvelukseen Semkan sementti- ja kevytsorastehtaitten päälliköksi.

DI *Juha Korhonen*. Osoite: Linnustajantie 4 L 61, 02940 Espoo 94.

FL *Caj Kortman*. Adress: Månskensgatan 6 A 21, 02210 Esbo 21.

DI *Jouko Koskinen*. Osoite: Vattuniemenkatu 4 A 20, 00210 Helsinki 21.

I *Erno Kosonen* on nimitetty Oy Partek-Machines Ltd:n vientipäälliköksi.

Prof. *E. H. Kranck*. Adress: 28 Brookdale Cres. apt. 402, Dartmouth N.S., Canada.

DI *Reijo Kukkoso* toimii Rautaruukki Oy:n pääkonttorissa markkinatutkijana.

DI *Jorma Kuortti* on nimitetty Kemira Oy, Vihtavuoren teknilliseksi johtajaksi.

DI *Heikki Laapas* toimii nyttemmin Helsingin teknillisen korkeakoulun rikastusteknillisessä laboratoriossa assistenttina. Osoite: Kyösti Kalliontie 8 B 24, 00570 Helsinki 57.

TL *Heikki Lantto* on nimitetty Rautaruukki Oy, Otanmäen kaivoksen tuotantopäälliköksi.

DI *Pekka Lappalainen* toimii Finnwater Co:n geologina. Osoite: P.O. Box 26, Mtwara, Tanzania.

DI *Jaakko Lautjärvi* on nimitetty Rautaruukki Oy, Raahen rautatehtaan henkilöstöasiainosaston johtajaksi.

TL *Esa Lecklin*. Osoite: Ruuvikuja 9, 01650 Vantaa 65.

TL *Matti Leiponen* on nimitetty Outokumpu Oy, Teknillisen viennin tuotekehityspäälliköksi. Osoite: Kivitie 21 A, 02240 Espoo 24.

DI *Eero Lempainen*. Osoite: Urheilutie 8 A, 29200 Harjavalta.

DI *Arto Levanto* on nimitetty Rautaruukki Oy:n koulutus- ja rationalisointitoimen johtajaksi.

DI *Matti Lindström* on nimitetty Rautaruukki Oy, Hämeenlinnan tehtaan laadunvalvontapäälliköksi. Osoite: Peuranpolku 4, 13500 Hämeenlinna 50.

DI *Juhani Luhtala* on nimitetty Tehdaspalkki Oy:n toimitusjohtajaksi.

FK *Väinö Makkonen*. Osoite: Kanervatie 8, 90650 Oulu 65.

DI *Lauri Mannerkoski* on nimitetty Rautaruukki Oy, Raahen rautatehtaan teräs-sulatto-osaston päälliköksi. Osoite: Kuljunniemi D, 92160 Saloinen.

FM *Esa Mattila* toimii Rautaruukki Oy:n malminetsintäosastolla geologina. Osoite: Kukkakuja, 90810 Kiviniemi.

DI *Juhani Mattila* toimii nyttemmin Suomen suurlähetystön kaupallisena sihteerinä Quitossa. Osoite: Casilla 553 A, Quito, Ecuador.

DI *Kalevi Mauno*. Osoite: Länsitie 7 A, 11120 Riihimäki 12.

FK *Pekka Mielikäinen*. Osoite: Kaartokatu 18 A 20, 96100 Rovaniemi 10.

TT *Tapani Moisio* toimii Oulun yliopiston konetekniikan osastolla metalliopin v.s. professorina. Osoite: Petäjätie 3, 90230 Oulu 23.

DI *Jukka Murtoaro* on nimitetty Oy Lohja Ab, Lahden Betonin päälliköksi. Osoite: Koivuvuuta 8 A, 02180 Espoo 18.

DI *Onni Mäkelä* on nimitetty Outokumpu Oy, Outokummun kaivoksen kaivossuunnitteluosaston päälliköksi.

TT *Juha Mäkinen* ja DI *Tuula Mäkinen*. Osoite: Karttiinankatu 22 B 1, 28100 Pori 10.

DI *Esko Nermes*. Osoite: Vuoksentie 10, 29200 Harjavalta.

FK *Pertti Nieminen* toimii nykyään Tampereen teknillisen korkeakoulun rakennusgeologian assistenttina. Osoite: Lääkäritalo, 36760 Luopioinen.

I *Seppo Nieminen* on nimitetty Rautaruukki Oy:n myyntipäälliköksi.

DI *Bengt-Ola Nordström* arbetar numera vid Oy Fiskars Ab som produktutvecklingsing. Adress: 10470 Fiskars.

DI *Antti Närhi* on nimitetty Outokumpu Oy, Tornion tehtaiden laadunvalvontapäälliköksi.

DI *Asko Ojanen* on nimitetty Outokumpu Oy, Kokkolan sinkkitehtaan teknilliseksi johtajaksi.

DI *Tauno Paalumäki* on nimitetty Ruskealan Marmorin Oy, Louhen kaivoksen ja tehtaan päälliköksi. Osoite: 58220 Louhi.

FT *Jyrki Parkkinen* on nykyään senior economic geologist, Ministry of Commerce and Industry, Geology and Mines Division, Ore Department. Osoite: P. O. Box 903, Dodoma, Tanzania.

DI *Esko Partio* on nimitetty Outokumpu Oy, Tornion tehtaiden kunnossapitopäälliköksi. Osoite: Untolankatu 3 F 2, 95420 Tornio 2.

DI *Asko Parviainen* on nimitetty Outokumpu Oy:n hydrometallurgian pääinsinööriksi. Osoite: Iivisniemenaukio 4 as 10, 02260 Espoo 26.

DI *Risto Pellikka* on nimitetty Outokumpu Oy, jaloterästehtaan terässulaton päälliköksi. Osoite: Jääkärintie 4 as 17, 95400 Tornio.

DI *Jussi Peltonen*. Osoite: Terästehdas B 99, 55610 Imatra 61.

DI *Pietari Peltonen* on siirtynyt Suomen Malmi Oy:n palvelukseen, missä hän toimii lentomittauksen osastopäällikkönä. Osoite: Palotie 25 02760 Espoo 76.

TL *Markku Peltoniemi*. Osoite: Kuutamokatu 6 D 76, 02210 Espoo 21.

TL *Herkko Pesonen* on nimitetty Oy Airam Ab:n markkinointijohtajaksi.

DI *Bengt Pettersson* har utnämnts till fabrikschef vid Oy Fiskars Ab, Åbo Båtvarv. Adress: Österlånggatan 9 B 26, 20520 Åbo 52.

DI *Vesa Pihlaja*. Osoite: Härkäsalmenkatu 23, 92100 Raaha.

FK *Eero Pokki*. Osoite: Kallioruohonkuja 3 A, 01300 Vantaa 30.

DI *Pertti Puranen* on nimitetty Outokumpu Oy, Kokkolan kobolttitehtaan pasuton päälliköksi.

FT *Kauko Puustinen* on siirtynyt Geologisen tutkimuslaitoksen Pohjois-Suomen aluetoimistoon, missä hän toimii malmiosaston geologina. Osoite: Valtakatu 4 C 2, 96100 Rovaniemi 10.

DI *Ahti Pynnä* on nimitetty Outokumpu Oy:n kehitysjohtajaksi.

DI *Pentti Raike* on nimitetty Paraisten Kalkki Oy, Lappeenrannan kaivoksen päälliköksi. Osoite: Paraisentie 12 B, 53650 Lappeenranta 65.

DI *Keijo Rantala* toimii nyttemmin Kymin Oy, Högforsin valimon osastoinsinöörinä. Osoite: Huhdintie 14 A 3, 03600 Karkkila.

DI *Heikki Rautajoki* toimii nyttemmin Osuuskuunta Metexin vienti-insinöörinä. Osoite: Kivivuoretkuja 2 E 28, 01620 Vantaa 62.

FM *Matti Ravaska* toimii nykyään tutkimusinsinöörinä Oulu Oy, Nuottasaaren tehtailla. Osoite: Sepänkatu 9 B 5, 90100 Oulu 10.

DI *John Relander* har utnämnts till teknisk ledare för Outokumpu Oys ferrokromfabrik i Torneå. Adress: Lemmikinkatu 1 D, 95420 Torneå 2.

DI *Pekka Rikka* toimii nykyään tutkimusinsinöörinä Kymin Oy, Högforsin valimolla. Osoite: Kahilaisentie 8 A 12, 03600 Karkkila.

DI *Paavo Rouvala*. Osoite: Fredrikintie 3, 07900 Loviisa.

DI *Jouko Rutanen* toimii nyttemmin Outokumpu Oy, Teknillisen viennin projekti-insinöörinä. Osoite: Haagan Pappilantie 13 A 23, 00320 Helsinki 32.

TT *Raimo Rätty* on nimitetty Outokumpu Oy, Tornion tehtaiden tutkimuspäälliköksi.

DI *Olavi Salminen* toimii nykyään Outokumpu Oy, Porin tehtailla tuotekehitysinsinöörinä. Osoite: Itsenäisyydenkatu 59 D, 28100 Pori 10.

FK *Esa Sandberg*. Osoite: Petkeltie 4 E 133, 20540 Turku 54.

DI *Kai-Markus Saurio* on nimitetty Ovako-ryhmän markkinointipalvelun päälliköksi.

DI *Heikki Savolainen* on nimitetty Oy Lohja Ab:n mineraali-tuoteryhmän tuotantopäälliköksi. Osoite: Pähkinätie 2 A 2, 08700 Virkkala.

DI *Jürgen Schmidt* har utnämnts till viceverkstälände direktör för Pargas Kalk Ab.

Yli-ins. *Rauno Seeste*. Osoite: Keltontie 8 C, 02180 Espoo 18.

DI *Pertti Selänne*. Osoite: Haukantie 8 A 8, 02170 Espoo 17.

Yli-ins. *Olli Simola*. Osoite: Mustalahdenkatu 17 A 20, 33210 Tampere 21.

DI *Ilkka Sipilä*. Osoite: Terästehdas B 108 A 3, 55610 Imatra 61.

DI *Ville Sipilä* on nimitetty Outokumpu Oy, Kokkolan sinkkitehtaan elektrolyysiosaston päälliköksi.

DI *Jukka Sulanto* toimii nykyään Outokumpu Oy, Harjavallan tehtaiden tutkimusinsinöörinä. Osoite: Vuoksentie 2 D, 29200 Harjavalta.

Yli-ins. *Holger Sveins* on nimitetty Rautaruukki Oy:n kaupalliseksi johtajaksi. Osoite: Munkkiniemen Puistotie 2 B 42, 00330 Helsinki 33.

DI *Kalevi Taavitsainen*. Osoite: Kallelankatu 3 A 11, 55100 Imatra 10.

DI *Pekka Taskinen*. Osoite: Torkkelinkatu 21 B 26, 00530 Helsinki 53.

DI *Heikki Tilander* on siirtynyt Oy Bang & Co Ab:n palvelukseen kaoliiniosastolle. Osoite: Munkkiniemen Puistotie 4 A 7, 00330 Helsinki 33.

DI *Antti Tuomala* on nimitetty Outokumpu Oy Porin tehtaitten johtajaksi.

DI *Osmo Tuori* on nimitetty Oy Airam Ab:n projektijohtajaksi.

DI *Heikki Tuovinen* on nimitetty Outokumpu Oy, Metallurgisen tutkimuksen apulaisjohtajaksi. Osoite: Rantalalanalue, 28400 Ulvila.

DI *Antero Turunen*. Osoite: Kallenkatu 3 B, 55100 Imatra 10.

DI *Anja Ukkola* toimii nykyään tutkimusinsinöörinä Rajaville Oy:ssä. Osoite: Järvitie 8 C 26, 90550 Oulu 55.

DI *Esko Ulvelin* on nimitetty Teknillisen tarkastuslaitoksen kaivostoimiston toimistopäällikkönä toimivaksi ylitarkastajaksi.

FT *Olavi Urvas* toimii nyttemmin erikoisavustajana Suomen Moskovan suurlähetystössä. Osoite: UM:n kuiriiritoimisto, Aleksanterinkatu 3 C, 00170 Helsinki 17.

TT *Eino Uusitalo* on nimitetty Kemira Oy:n teknillisen osaston johtajaksi.

FK *Olavi Walden*. Osoite: Nynäs 3, 67700 Kaarlela.

DI *Jaakko Viitasalo* toimii nykyään projekti-insinöörinä Outokumpu Oy, Teknillisessä suunnittelussa. Osoite: Töölönkatu 54 A 9, 00250 Helsinki 25.

Yli-ins. *Maunu Wirtanen* on nimitetty Riihimäen Lasi Oy:n varatoimitusjohtajaksi.

Prof. *Alexis Volborth* is professor of Geology and Chemistry at Geology Department of North Dakota State University. Adress: Fargo, North Dakota 58102, U.S.A.

DI *Seppo Väisänen* on nyttemmin Outokumpu Oy:n edustajana Cia Minera Toachi'ssa sijoituspaikka Quito. Osoite: Embajada de Finlandia, Casilla 553-A, Quito, Equador.

FM *Ragnar Åberg* har utnämnts till chef för Pargas Kalk AB:s gruva i Pargas. Adress: Malmnäs, 21600 Pargas.

FK *Matti Äyräs*. Osoite: Koulukuja 1 F 34, 96500 Rovaniemi 50.

## WORLD MINING CONGRESS DÜSSELDORF'ISSA TOUKOKUUSSA 1976 (24—29. 5. 1976)

- 1 Esite jaetaan marraskuussa 1975.
- 2 Ilmoittautuminen viimeistään 1976—03—15.  
Matkatoimisto TRAVEK (os. Humalistonkatu 3, 20100 Turku 10, puh. 337 111/Rvat Vartiainen tai Quattrocchi) järjestää yhteismatkan, johon halukkaat voivat liittyä.
- 3 Ohjelmaan on ilmoitettu 95 esitelmää, joista vain 50—60 voidaan esittää kongressissa. Kaikki painetaan ohjelmakirjaan.
- 4 Näyttelyyn on tähän mennessä (75—10—14) ilmoittautunut 200 saksalaista ja 100 ulkomaalaista 20 eri maasta. Näyttely on avoinna 1976—05—22 — 29 ja sen osoite on: Düsseldorf Messegesellschaft

schaft mbH — NOWEA — Zentralbereich 1, D—4 DÜSSELDORF 30, Postfach 320 203.

- 5 Yksitoista ekskursionia on suunniteltu tehtäväksi, joista yksi suuntautuu Ruotsiin.
- 6 Teknisten filmien esitykselle järjestetään tila ja mahdollisuus näyttelyalueella. Ehdotus filmeistä sisällä ennen 1976—01—01 ja lähetettynä kongressille ennen 1976—04—01. Sen jälkeen esitysohjelma tehdään Düsseldorfissa.
- 7 Kongressin johto: Bergrat Helmut Ernst

IXth World Mining Congress  
c.o. Steinkohlen Bergbauverein  
D-43 ESSEN 13, BRD.

4. 11. 1975

VMY:n KAIVOSJAOSTO  
psta URHO VALTAKARI

KAIVOSTEN TAPATURMATILASTOJA V. 1972—74

	vuosi	tapaturmia	Vaikeat tapaturmat	Kuolemaan johtaneet tapaturmat	Kaivos-työntekijöitä	Kaivoksessa tehty työ-tunteja	Tapaturmien johdosta menetetty työvuoroja	Tapaturmia 100 työntekijää kohti	Tapaturmia miljoonaa työtuntia kohti	Menetettyjä työvuoroja 1000 työtuntia kohti
a	b	kpl c	kpl d	kpl e	kpl f	h g	h	i	j	k
Malmi-kaivokset	1972	240	2	4	1153	2 214 367	3761	20,8	108,4	1,70
	1973	247	1	1	1208	2 320 148	3751	20,4	106,5	1,62
	1974	228	1	1	1224	2 350 418	2850	18,6	97,0	1,21
Kalkkikivi-kaivokset	1972	34	—	2	284	545 665	481	12,0	62,3	0,88
	1973	61	—	—	265	509 536	829	23,0	119,7	1,63
	1974	59	—	1	274	528 549	742	21,5	111,6	1,40
Mineraali-kaivokset	1972	8	—	—	40	76 297	164	20,0	104,9	2,15
	1973	3	—	—	28	54 557	22	10,7	55,0	0,40
	1974	7	—	1	28	53 392	116	25,0	131,1	2,17
Muut kaivokset	1972	—	—	—	4	8 302	—	—	—	—
	1973	1	—	—	6	11 761	10	16,7	85,0	0,85
	1974	—	—	—	10	19 912	—	—	—	—
Kaikki kaivokset	1972	282	2	6	1481	2 844 631	4406	19,0	100,0	1,55
	1973	312	1	1	1507	2 896 002	4612	20,7	107,7	1,59
	1974	294	1	3	1536	2 952 271	3438	19,1	99,6	1,16
Maanalaiset kaivokset	1972	250	2	5	1276	2 450 786	3623	19,6	102,0	1,48
	1973	280	1	1	1305	2 505 590	4215	21,5	111,8	1,68
	1974	249	1	2	1324	2 542 228	3176	18,8	97,9	1,25
Avo-louhokset	1972	32	—	1	205	393 845	783	15,6	81,3	1,99
	1973	32	—	—	202	390 412	397	15,8	82,0	1,02
	1974	45	—	1	212	410 049	262	21,2	109,74	0,64

a) Kaivos on luettu maanalaisiin kaivoksiin tai avolouhoksiin sen mukaan, kummassa kaivoksen osassa tehtyjen työtuntien määrä on suurempi

h) d ja e sarakkeissa mainittuja tapaturmia ei ole otettu huomioon



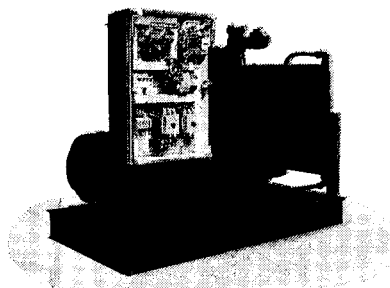
**Sarjassamme kestäviä koneita Machinerylta:**

# Tekniikastaan TAMROCK on maailmankuulu.

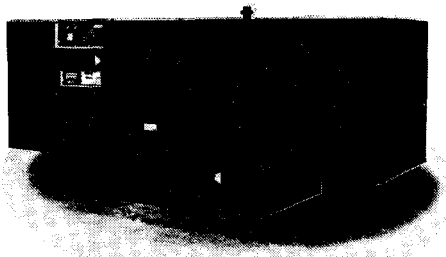
Juuri niin. Lyhyen ajan kuluessa Tamrockin kompressoreista ja poravaunuista on tullut maailmankuuluja. Ensimmäisenä kompressorinvalmistajana Tamrock on käyttänyt epäsymmetrisiä ruuveja roottoreina kaikissa malleissaan, myös pienimmissä. Tämän ansiosta hyötysuhde on huomattava – ja tärinä taas huomaamaton. Lisäksi Tamrockin laitteistot on varustettu kevennysautomaatiikalla, mikä vähentää oleellisesti tyhjäkäyntitehon tarvetta.

Tamrock-kompressorit tulevat erittäin modernista, vasta 3-vuotiaasta tehtaasta, missä tutkimus- ja kehitystyön uusimmat tulokset on sovellettu käyttöön. Esimerkiksi Tamrockin kehittämä Novox-eristyskori sai meluntorjuntapalkinnon vuonna 1975.

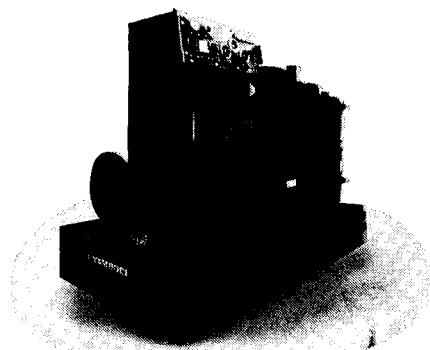
Tamrockin vaunuporakoneet taas tunkeutuvat parhailaan läpi Alppien mm. Seelisbergin ja Arlbergin tunneleissa, Oberhaslin voimalassa ja monessa muussa paikassa eri puolilla maailmaa. **Tamrock Zoomtrak** on vaikeakulkuisen maaston vaunuporakone, jossa on 180 asteen nivelpää ja teleskooppipuomi. **Tamrock Twintrak** on kaksipuominen pengerialueiden vaunuporakone ja **Tamrock Fixtrak** yksipuominen. Kuten ehkä tiedättekin, edustamme vain korkealaatuisia koneita. Siksi Tamrockit ovat nyt siirtyneet Machineryn edustukseen.



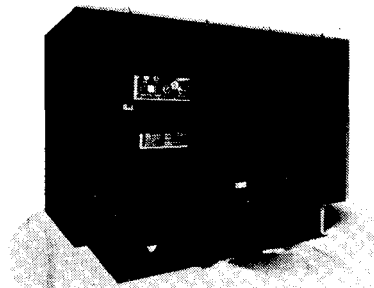
**100 EA** Tuotto 2,9 m<sup>3</sup>/min  
Suurin jatkuva työpaine 8,5 bar  
Tehontarve 7,0 bar paineella ja täydellä tuotolla 17,5 kW



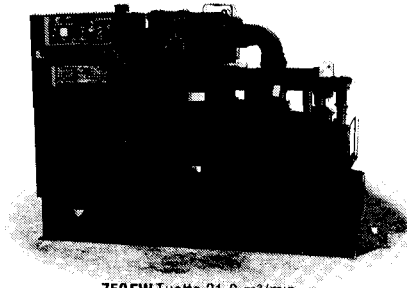
**170 EA** Tuotto 4,9 m<sup>3</sup>/min  
Suurin jatkuva työpaine 8,0 bar  
Tehontarve 7,0 bar paineella ja täydellä tuotolla 29 kW



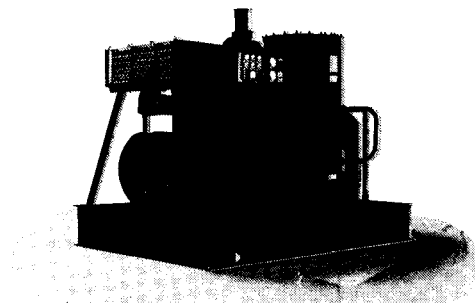
**250 EA** Tuotto 7,1 m<sup>3</sup>/min  
Suurin jatkuva työpaine 8,0 bar  
Tehontarve 7,0 bar paineella ja täydellä tuotolla 43 kW



**550 EA** Tuotto 15,5 m<sup>3</sup>/min  
Suurin jatkuva työpaine 8,0 bar  
Tehontarve 7,0 bar paineella ja täydellä tuotolla 86 kW



**750 EW** Tuotto 21,0 m<sup>3</sup>/min  
Suurin jatkuva työpaine 8,0 bar  
Tehontarve 7,0 bar paineella ja täydellä tuotolla 122 kW



**1250 EW** Tuotto 35,5 m<sup>3</sup>/min  
Suurin jatkuva työpaine 200 kW moottorilla 8,5 bar Suurin jatkuva työpaine 250 kW moottorilla 11,0 bar



**Tamrock Fixtrak** varustettuna Tamrock L 750 porakoneella



**Tamrock Zoomtrak** varustettuna Tamrock L 750 porakoneella



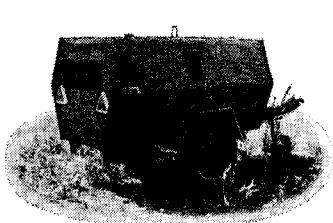
**Tamrock Twintrak** varustettuna Tamrock L 400 porakoneella Porausala vaunua siirtämättä 20 m<sup>2</sup>

# Laajasta paineilmalaitteiden valikoimastaan **MACHINERY** on kohta maankuulu.

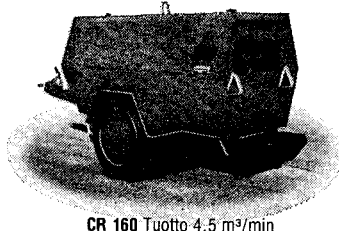
Tamrockien siirryttyä edustukseemme voimme sanoa kompressorien ja vaunuporakoneiden valikoimamme olevan todella laaja. Se kattaa käytännöllisesti katsoen kaiken louhintatyön sekä teollisuutemme paineilmarapen.

Holman on kansainvälinen englantilainen siirrettävien kompressorien, vaunuporakoneiden ym. valmistaja, jolla on tytäryhtiötä lähes 20 maassa. Jatkuva tutkimus- ja kehitystyö on pitänyt Holmanin koko ajan kompressorien valmistajien kärkijoukossa. Holman valmisti ensimmäisenä Britanniassa yksiportaisen öljyjäähdytteisen ruuvikompressorin sekä ensimmäisenä korkeapainekompressorin uppoporaukseen.

Juuri Holmanin kompressoreista löydätte normaaliversioiden lisäksi myös korkeapainekompressorit, jotka aikaansaavat poikkeuksellisen korkeat paineet. Esimerkiksi 12,3 tai 17,6 bar! **Holman Holtrac** on yksipuominen vaunuporakone, joka on suunniteltu nimenomaan vaikeaan, jopa upottavaan maastoon. Siinä on harvinaisen tasainen liikkeellelähtö ja markkinoiden paras vetokyky. Tarkoin ajateltujen välityssuhteiden ansiosta sen koko voima tulee tehokkaasti käytetyksi. Holman Holtrac on hinnaltaan hyvin kohtuullinen vaunuporakone, joka kuitenkin edustaa huippulaatua. Mutta kuten sanottu, me itse edustamme vain korkealaatuisia koneita.



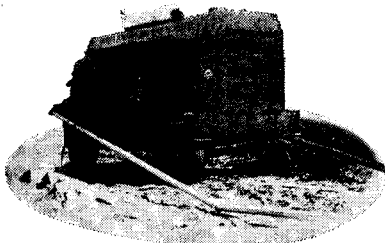
CR 125 Tuotto 3,5 m<sup>3</sup>/min  
Paine 7,7 bar



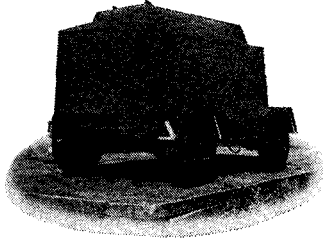
CR 160 Tuotto 4,5 m<sup>3</sup>/min  
Paine 7,7 bar



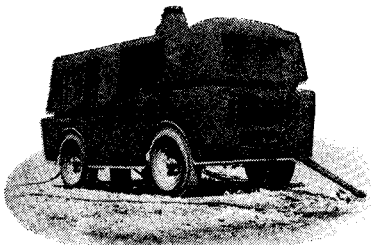
CR 250 S äänivaimennettu  
Tuotto 7,1 m<sup>3</sup>/min Paine 7,7 bar



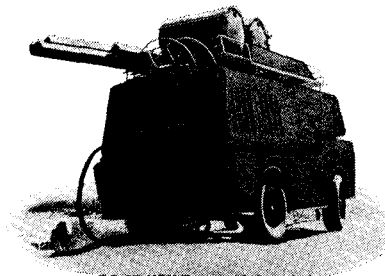
RO 120 P Tuotto 34 m<sup>3</sup>/min  
Paine 7,7 bar



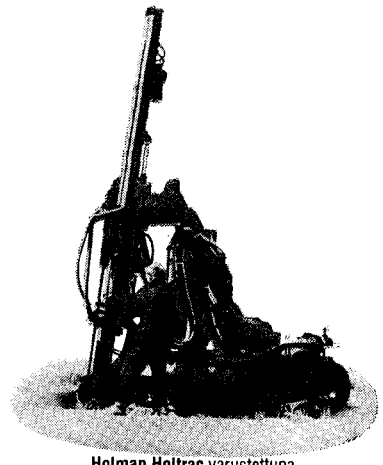
CR 400 Tuotto 11,3 m<sup>3</sup>/min  
Paine 8,8 bar



RO 60 HP Tuotto 17 m<sup>3</sup>/min  
Paine 9,84 bar



RO 37 HPX Tuotto 10,5 m<sup>3</sup>/min  
Paine 11,6 bar



Holman Holtrac varustettuna  
Holman Silver 115R porakoneella



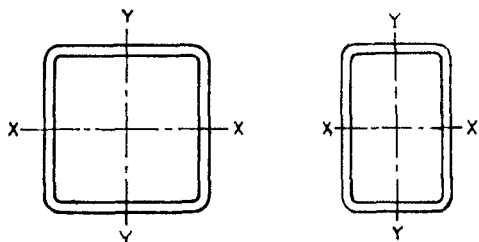
Kysykää ensin meiltä.

## MACHINERY OY

Teollisuuskatu 29, PL 129, 00101 Helsinki 10, puh. 716 711  
Pidämme huolen siitä, että Suomi pyörii ja pyörittää.

# RHS -teräsprofiilit nykyaikaiseen rakentamiseen

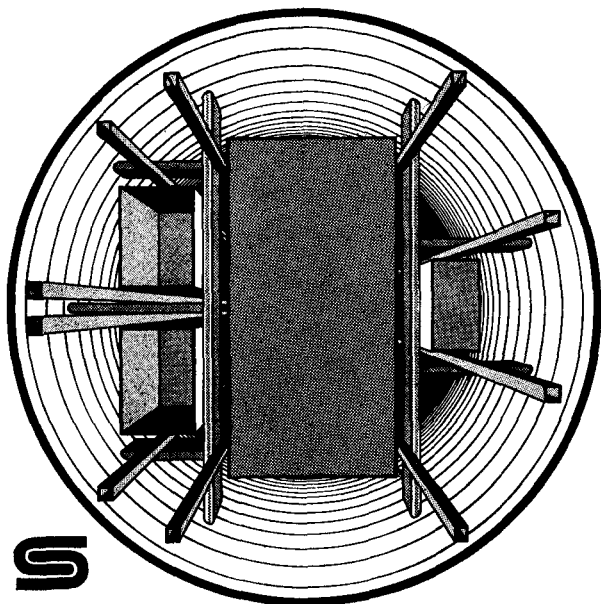
- RHS-profiilit ovat muototeräksien uusin muoto
- Muodot joko neliö- tai suorakaiteisia
- Profiilit valmistetaan kuumavalssaamalla
- Teräslaatuja DIN 17100/RSt 42-2 ja RRSt 52-3
- Valittavana 117 mittaa kummassakin teräslaadussa
- Mitta-alueet neliö 25–355 mm (1"–14") ja 50 x 25 – 457 x 254 mm (2" x 1" – 18" x 10") suorakaiteisina



## Uusinta uutta kaivoskuiluissa

- Hissijohteet RHS-profiileista
- Sirot rakenteet = tehokkaampi ilmastointi
- Ilmavaa lisätilaa kuiluissa – kuten kuvassa

Pyytäkää meiltä lisätietoja.



# S

Valmistaja:  
British Steel Corporation Tubes Division S&L

## RAUTAKONTTORI OY

00100 Helsinki 10, Keskuskatu 3, puh. 90-12 121

**VUORIMIESYHDISTYS –  
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:n**

## VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 19.—20. 3. 1976

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin  
postitettavassa kutsussa.

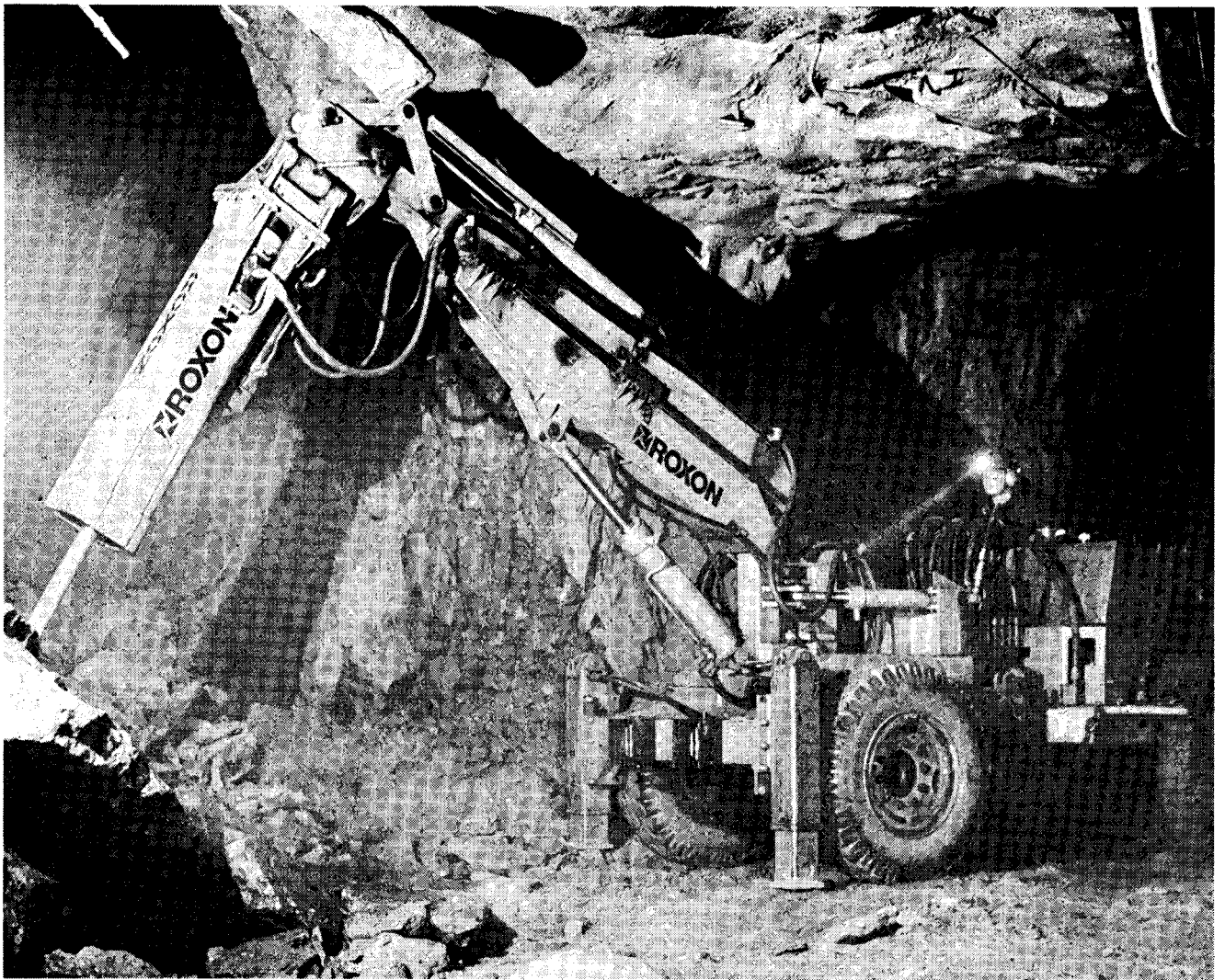
**VUORIMIESYHDISTYS –  
BERGMANNAFÖRENINGEN ry:s**

## ÅRSMÖTE

hålles i Helsingfors den 19.—20. 3. 1976

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

# RIKOTUS- JA RUSNAUSVAUNU



Rusnaus- ja rikotusvaunu Outokumpu Oy:n Kotalahden kaivoksessa.

Perinteiselle kankirusnaukselle ja rikkoammunnalle on olemassa parempi ja turvallisempi vaihtoehto: Roxonin hydraulinen iskukone B 200 hydrauliseen teleskooppipuomiin asennettuna.

Mekanisoitu rusnaus jättää luotettavan katon.

Ylisuurten särkeminen räjäyttämättä poistaa monta

hankalaa toimenpidettä.

Iskukone tasoittaa kumi-pyöräkalustolla ajettavat väylät ja pienentää kaivoksen käyttökustannuksia. Iskukone on kaivoksen yleiskone.

**ROXON**

Roxon Oy 15860 Salpakangas Puh. 918-801311

# Paraisten Kalkin koko tuotannolla on yksi yhteinen tunnus

## **partek**

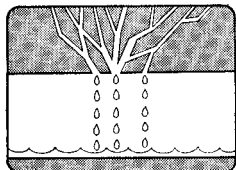
Yhtiömme virallinen nimi Paraisten Kalkki Oy — Pargas Kalk on vanha ja tunnettu. Se on kuitenkin hieman vaikeakäyttöinen eikä se kata kuin osan yhtiön toiminta-alueesta. Sen vuoksi nyt on otettu käyttöön uusi markkinointinimi, Partek. Se tulee sanoista Paraisten tekniikka.

Yhtiömme tuottaa nykyisin teollisuusmineraaleja, rakennusaineita ja -tarvikkeita sekä rakennusosia. Harjoittaa metalli- ja muoviteollisuutta sekä kaivostoimintaa ja merenkulkua. Yksi yhteinen nimi tälle kaikelle on Partek.

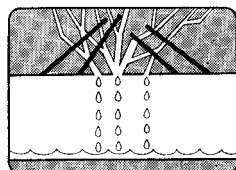
**PARAISTEN KALKKI OY**



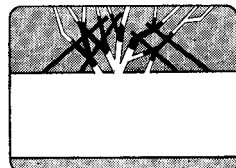
# Siellä missä paikat eivät pidä on injektointi paikallaan



Kallioruhje tunnelissa



Injektioreitit porattuna ruhjeisiin



Injektointi on suoritettu

Injektoinnin tarkoitus on stabiloida ruhjeista kalliota tai heikkolaatuista maaperää.

Jos veden virtaamisnopeus ja sen virtaava määrä aikayksikössä on niin suuri, että sementti-injektioseos hajaantuu ennen kovettumista on seokseen lisättävä muita aineita kovettumisen nopeuttamiseksi. Erikoisinjektiokemikaalit AM-9 on kahden orgaanisen aineen sekoitus, monomeriacrylamidin ja N,N'-metyleeni-bisacrylamidin. Nämä saavat aikaan hyvin jäykkiä geelejä laimennetuista

vesiliuoksista oikein kiihdytettyinä. Erikoiskemikaalit AM-9 kuuluvat The American Cyanamid Co:n injektioaineisiin.

Osakeyhtiö Ekströmin Koneliikkeellä on menetelmään yksinoikeus Suomessa ja Ruotsissa.

**OSAKEYHTIÖ**  
**Ekströmin**  
**KONELIIKE**

00101 Helsinki 10 • PL 310  
Puh. 90-11 421

## Katastrofin jälkeenkkin injektointi

# **GEOFYSIKAALISIA MATALALENTO- MITTAUKSIA**



Mittaamme

- protonimagnetometrillä magneettista kenttää
- siivenkärkislingramilla sähköjohtokykyä
- 8-kanavaisella spektrometrillä gamma-säteilyä

Analoginen ja digitaalinen tulostus.

Tulokset voidaan käsitellä tietokoneella ja luovuttaa valmiiksi piirrettyinä tasa-arvokäyräkarttoina.

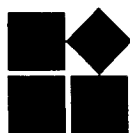


## **SUOMEN MALMI OY**

02150 Espoo 15, puh. 460 633 Telex 121856 smoy sf

# **KUN TARVITSETTE**

**kvartsihiekkää, luonnonhiekkää,  
betoniittiä, kalkkia,  
kalkkikiveä, sementtiä**



## **OY LOHJA AB**

08700 Virkkala, puh. 912-41 511





**GEOFINN<sup>®</sup> OY**

## **NORMET- kaivosajoneuvot**

### **PK-3000 ja uusi nostolava**

- tukeva, kevyt kotelopalkkirakenne
- kallistettava työskentelytaso  $\pm 15^\circ$
- hydrauliset lavan levikkeet, myös jatkopankko mahdollinen
- työkorkeus 1,1—3,7 m
- nostokuorma maksimi 1000 kg
- peruskoneena luotettava PK-3000 (joko 60 tai 75 hv)



### **PK-1500 H huoltoajoneuvo**

- ketterä ja helppokäyttöinen ajoneuvo kaivosten ja tunnelityömaiden huolto- ja kuljetustehtäviin
- varustettu uudella hydrostaattisella voimansiirrolla ja automaattisella turvajarrulla



**ORION-YHTYMÄ OY  
NORMET**

74510 Peltosalmi  
puhelin 977-22 241





## **Suomalainen teräsvaari. Raskas on sepän käsi.**

Raudan ja teräksen valmistuksessa  
meillä on vuosisataiset perinteet.

Alkaen tarunomaisesta huuliveikosta ja  
takojasta Seppo Ilmarisesta tämän päivän  
maailman uudenaikaisimpiin terästehtaisiin.

OVAKO-erikoisteräs on ulkomailla kova  
sana. Siihen luottavat suuret autotehtaat.

Miksi et sitten Sinä, joka saat laadun  
lisäksi monia muitakin etuja?



# **OVAKO**

Imatra — Äminnefors — Turku — Koverhar  
Helsinki — puh. 90-670 091/myynti

## **Ilmoittajat - Annonserer**

Airam/Kometa  
Algol  
Ekströmin Koneliike  
Enso  
Geofinn  
Grönbloom  
Kemira  
Knorring  
Lohja Oy  
Lokomo  
Machinery  
Nokia/Kaapelitehdas  
Nokia/Kumitehdas  
Normet/Orion

Outokumpu  
Ovako  
Hans Palsbo  
Partek  
Rautakonttori  
Rautaruukki  
Rotator  
Roxon  
Structor  
Suomen Malmi  
Tallberg  
Tampella/Tamrock  
Tulenkestävät Tiilet  
Witraktor

**Rouva Karin Stigzelius hoitaa Vuorimies-  
yhdistys r.y:n jäsenkortistoa, joten pyy-  
dämme Teitä ilmoittamaan mahdollisista  
paikan- tai osoitteenmuutoksista suoraan  
hänelle.**

**Puh. 90-427 260, osoite: Niittykumpu 7 C 20  
02200 Espoo 20.**

**Fru Karin Stigzelius sköter om Bergsman-  
naföreningens medlemsregister, varför vi  
be Er meddela henne eventuella tjänste-  
eller adressförändringar.**

**Tel. 90-427 260, adress: Ängskulla 7 C 20,  
02200 Esbo 20.**



# ALGOL

**TOIMITTAA KAIVOS-, METALLURGISELLE  
JA PROSESSITEOLLISUUDELLE:**

- KAIVOSHISSEJÄ
- HIHNAKULJETINLAITTEITA
- MOBILINOSTUREITA
- PASUTUKSEEN, MALMIEN SINTRAUKSEEN JA  
SINTTERIN JÄÄHDYTTÄMISEEN TARVITTAVIA  
KONEISTOJA
- TYHJIÖKUIVAUSRUMPUJA
- URAANIMALMIN KÄSITTELYKONEISTOJA
- UUNIEN VUORAUKSEEN TARVITTAVIA  
TULENKESTÄVIÄ KERAAMISIA AINEITA
- SÄHKÖSUODATTIMIA
- YM.

**LURGI, DEMAG, DIDIER YM. TOIMINIMET  
NEUVOTTELEVAT MIELELLÄN KANSSANNE**

**ALGOL**

Eteläranta 8 00130 H:ki 13  
Puh. 90/12 631  
Telex 12-1430 algol sf

# RADEX

Qualität  
aus  
Tradition



ÖSTERREICHISCH-AMERIKANISCHE  
MAGNESIT AKTIENGESELLSCHAFT

A-9545 RADENTHEIN  
A U S T R I A

Oy TULENKESTÄVÄT TIILET Ab

Bulevardi 17 C 14 00120 Helsinki 12 — Puh. 645341 — 645342 — 645249 — telex 12—1015  
Bulevarden 17 C 00120 Helsingfors 12 — Tel. 645341 — 645342 — 645249 — telex 12—1015

# GARDNER-DENVER



## Diesel Mini-bore -tunnelijumbo

soveltuu erinomaisesti sellaisten tunnelien ja perien poraukseen, joiden poikkipinta-ala on korkeintaan 20 m<sup>2</sup>.

Koneen ominaisuuksista mainittakoon:

1. Gardner-Denverin MINI-BORE tunnelijumboa varten suunnittelema erikoisaluksa, joka muodostaa tukevan poraustason varsinaisille porausyksiköille. Nousukyky on 25%, ja voimansiirto hydrostaattinen. Pakokaasujen puhdistuslaite vakiovarusteena.
2. Gardner-Denver Jumbossa on kaksi rotapuomia, käytännössä luotettaviksi ja tehokkaiksi havaitut ruuvisyöttölaitteet sekä erillispyörityksellä varustetut Gardner-Denver porakoneet.
3. Täysin automaattinen poraustoiminnan hallinta- ja valvontajärjestelmä.

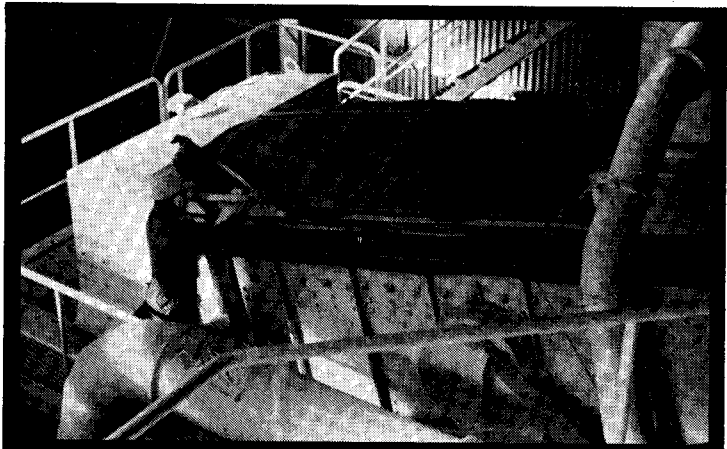
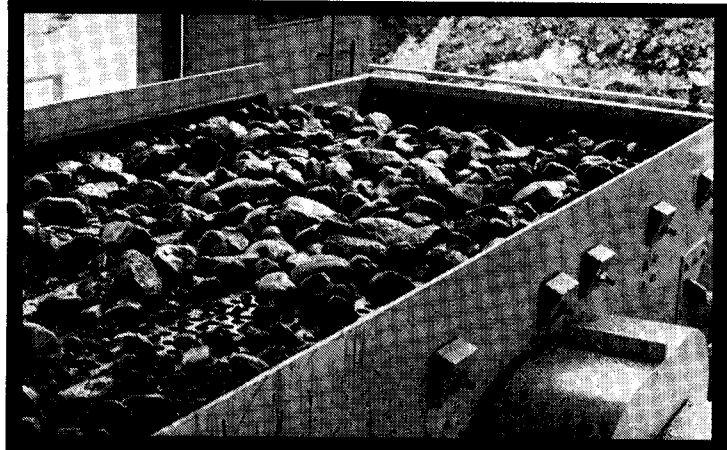
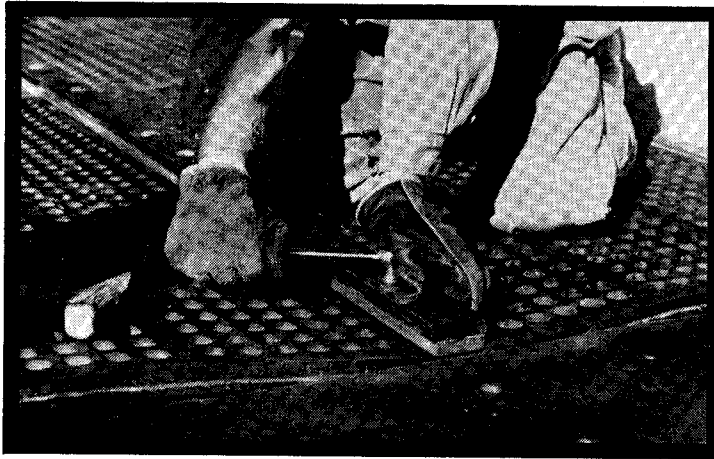
**WITRAKTOR** 

HELSINKI - TAMPERE - OULU - ROVANIEMI  
puh. 826 311 670 200 344 235 15 271





# Ilman Nokian seulalevyjä ja pölysuojia seulonta olisi tosi hankalaa ja pölyistä hommaa.



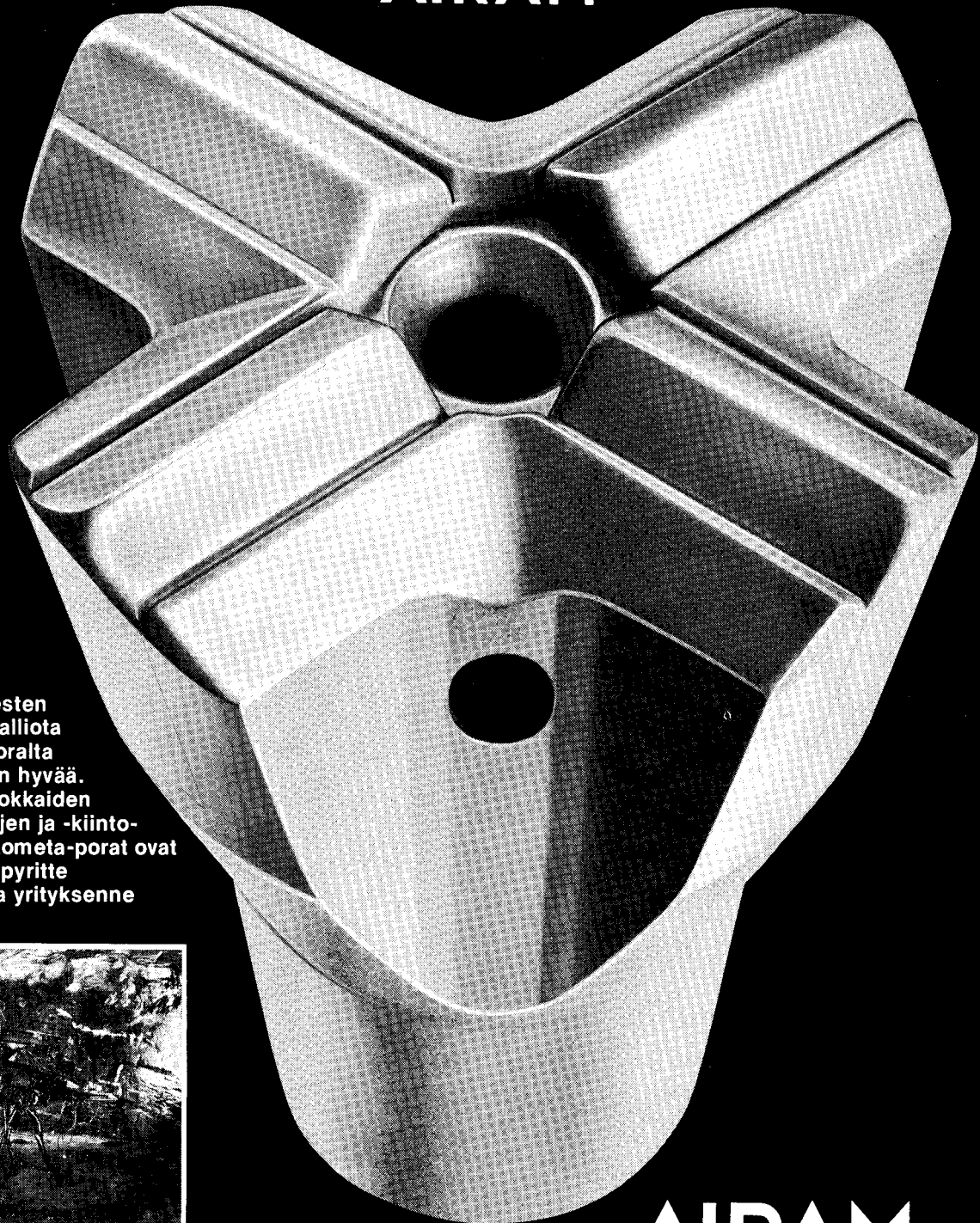
Kumi on oikea materiaali seulalevyille. Kimmoisuutensa ansiosta kumiset seulalevyt kestävät hyvin kulutusta. Ne ovat äänettämiä, puhdistuvat itsestään eivätkä tukkeudu kosteitakaan aineita seulottaessa. Valittavana useita kokoja, paksuuksia ja rei'itystyypppejä.

Seulontapölyn ja -äänien leviäminen voidaan estää tiiviiksi kumitetulla peitekankaalla. Kangas kiinnitetään paikoilleen Nokia kiinnityslistoilla. Tarvittaessa asennus voidaan helposti purkaa.

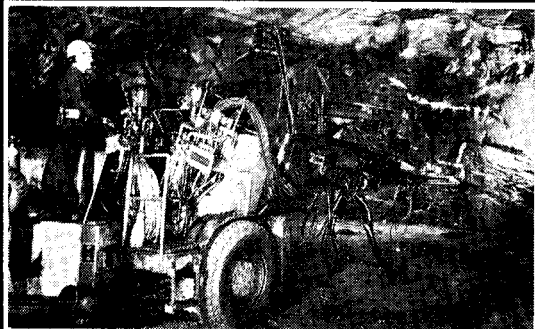
# Kovaan työhön Kometa

M&S

**AIRAM**



Poraaminen on kovien miesten kovaa työtä. Taistelussa kalliota vastaan vaaditaan myös poralta paljon. Vain paras on kyllin hyvää. Tämä on lähtökohtana tehokkaiden Kometa-jatkotankokalustojen ja -kiintoporien valmistamisessa. Kometa-porat ovat oikea ratkaisu silloin, kun pyritte taloudelliseen tulokseen ja yrityksenne menestymiseen.



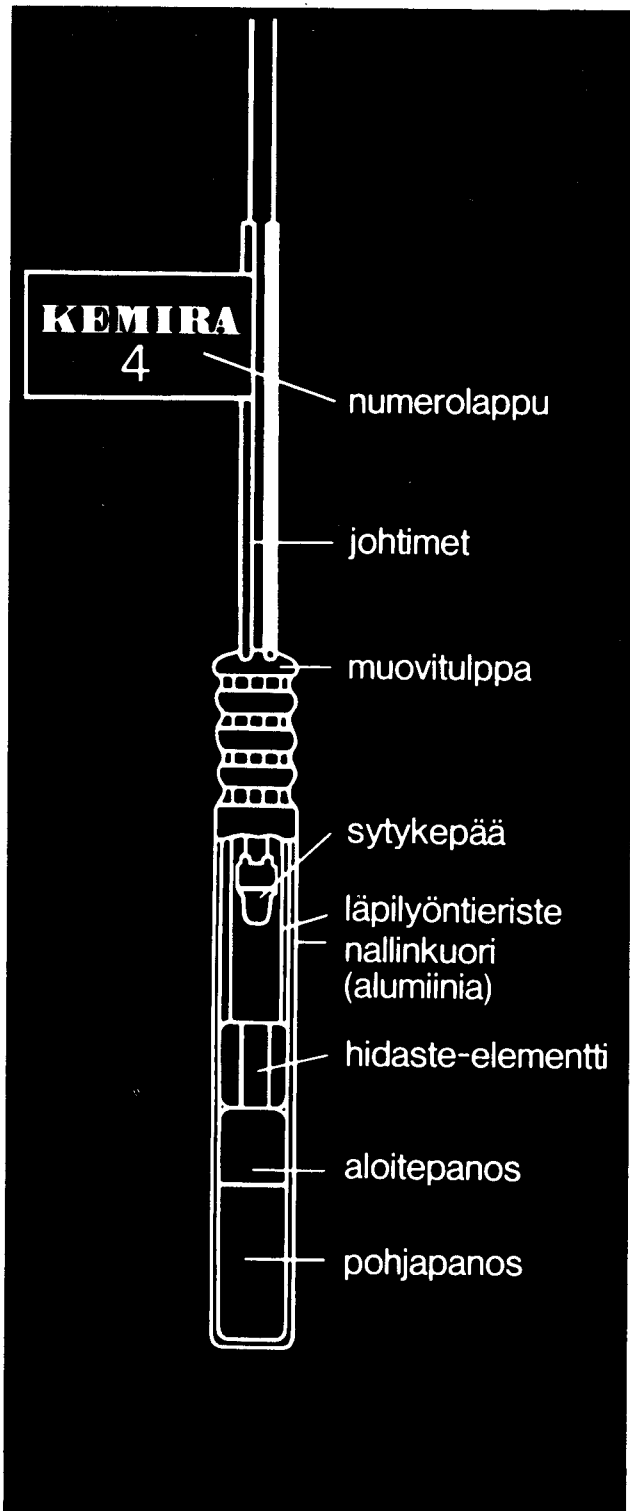
**KOMETA**

Kiintoporat,  
jatkotankokalustot,  
tarvikkeet.

**AIRAM**  
on paljon muutakin

Oy Airam Ab, Kometa tehtaat, 02660 Lintuvaara, puh. 90-514 066, Telex Helsinki 12-1257

# VIHTAVUOREN sähkörajäytysnalleja



## Pienvirtanalli

on korkealaatuinen, toimintavarma sähkönalli. Sen ominaisuuksia kehitetään ja seurataan jatkuvasti tehokkaan tutkimustyön ja tiukan laadunvalvonnan avulla tuotannon kaikissa vaiheissa.

## UR-sähkönalli

on entistä turvallisempi pienvirtanalli. Tavalliseen pienvirtanalliin verrattuna staattisia varauksia vastaan 16 kertaa turvallisempi. Hajavirtojen, radiolähettimien ja korkeajännitejohtojen aiheuttamia tahattomia syttymisiä vastaan yli 5-kertainen varmuus.

## VA-sähkönalli

on varmuusominaisuuksiltaan huomattavasti turvallisempi kuin pienvirtanalli. Ei syty ihmisen kehon sähkövarauksesta. Voimajohtojen, radio- ja tutkalähettimien sekä ukonilman aiheuttama vaara on pienempi kuin pienvirtanalleja käytettäessä.

## SEA-sähkönalli

on vaativiin louhintaolosuhteisiin tarkoitettu erikoisnalli, erityisesti vedenalaisiin louhintakohteisiin. Valmistettu vedenkestäväksi suurissakin vesipaineissa.

## Tilaukset

Kemira Oy, osasto Vihtavuori, 90-440 281  
Kemira Oy, Vihtavuoren tehtaalla, 941-32 622

**KEMIRA**



# ME OSAAMME

Lokomon tuotannon korkea laatu on heijastumaa ammattitaitoisten työntekijöiden osaamisesta, aktiivisesta suunnittelusta sekä tarkoista tutkimus- ja testausmenetelmistä.

Lokomo valmistaa koneita, jotka nykyään uurastavat kaikkialla maailmassa: autonostureita, kaivukoneita, metsätyökoneita, murskauskalustoa sekä teräsvaluja ja takeita.

## LOKOMO

Rauma-Repola Oy Lokomon tehtaat  
PL 306—307 33101 Tampere 10  
Puh. 931-33100, telex 22133 rrlok sf

Käyttäjiltä, myös Suomen kaivoksilta, saamiensa käyttökoke-  
musten perusteella on WAGNER uusinut kuormaajasarjansa  
kaksi perusmallia

# ST-5 A ON NYT ST-5 E ST-2 B ON NYT ST-2 D

UUDISTUKSET ja PARANNUKSET tähtäävät koneen käyttö-  
kustannusten pienentämiseen sekä kuljettajan turvallisuuden  
ja mukavuuden lisäämiseen.

Muutamia oleellisia parannuksia:

- runkoa vahvistettu käyttämällä paksumpaa levyä kriittisissä kohdissa
- keskinivel uusittu, se on nyt kiristettävää rakennetta
- ilmahydrauliset HD-levyjarrut rumpujarrujen sijasta
- niveltappien läpimittaa suurennettu, tapinrei'issä vaihdettavat teräsholkit
- moottori ja vaihteisto kiinnitetty joustavasti
- nopeampi ja kevyempi ohjaus suuremman ohjausventtiilin ansiosta
- ohjaamotila suurempi ja suojatumpi
- hydrauliset hallintalaitteet
- lisäksi yli 30 muuta merkityksellistä parannusta



Edelläkävijä  
kaivoskoneista puhuttaessa

Maahantuoja:

**palsbo**  
OY HANS PALSBO AB

Pulttitie 20  
00810 HELSINKI 81  
Puh. 782 100  
Telex 12-434

# Malminetsijä, kaivosmies, teräksentekijä ja valssaaja



ovat eräitä ammatteja Rautaruukin suuressa kokonaisuudessa. He ovat osaltaan tärkeitä renkaita ketjussa, jossa kallioperän rautamalmi muutetaan suomalaiseksi teräkseksi.

Suurimman osan tarvitsemastaan rautamalmista Rautaruukki louhii omista kaivoksistaan. Myös uusia malmiesiintymiä etsitään jatkuvasti yhtiön geologisen tutkimuksen toimesta.

Teräksen tekijänä Rautaruukki on noussut Pohjoismaiden eturiviin. Käynnissä olevat suuret laajennukset sekä kaivos- että raudanvalmistustuotannossa tulevat merkitsemään vieläkin enemmän.

Tämän päivän Rautaruukki merkitsee monille uutta mielenkiintoista työpaikkaa. Metalliteollisuudelle Rautaruukki merkitsee kestävästä kotimaista raaka-ainepohjaa.

Hyvinvointia monin tavoin — Rautaruukki.

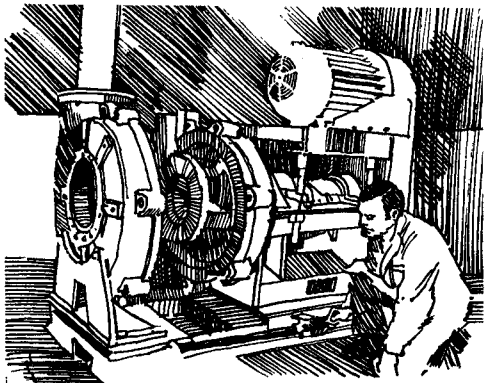
## RAUTARUUKKI OY

# Uusin tieto Tallbergilta.

## Lietteiden käsittelyssä nyt entistä enemmän mahdollisuuksia.

Tallbergilta on suorat yhteydet lietteidenkäsittelyn johtavaan asiantuntijaan SALA:aan. Uusinta lietteenkäsittelylaitteiden alalla ovat SALA:n laajentunut pumppuvalikoima ja mallitädennykset erityisesti SPV-pystypumppusarjaan, itsesekoittavien kuoppapumppujen sarjaan sekä vaaka-akselisiin pumppuihin. Myös monet muut uutuudet antavat varmasti ajattelemisen aihetta prosessinne suunnittelussa.

**Ottakaa yhteys  
"lieteneuvokseemme"  
Hän on tämän alan  
asiantuntija.**



SALA:n suurta suunnitteluvoimaa kuvaa hyvin se, että yhtiö voi kauttamme toimittaa vaikkapa täydellisen rikastamon koneet ja laitteet "avaimet käteen"-periaatteella. Esimerkiksi nämä VASA G -kuoppapumput ovat varsin tunnettuja suomalaisessa kaivos- ja kemianteollisuudessa.

**TALLBERG**  
**VUORIKONEET**

Aleksanterinkatu 21. 00100 Helsinki 10  
puh. 90-13611