

# VUORITEOLLISUUS

---

# BERGSHANTERINGEN

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

## *Sisältö — Innehåll:*

*Ilmari Harki, Jarmo Soininen ja Urmas Runo-  
linna:*

Otanmäki.

*Matti Kalliokoski:*

Jumiskon voimalaitoksen tunnelilouhinta.

*Matti Tikkanen, Paavo Asanti y.m.:*

Kaasut ja metallit.

*Juho Tuomikoski:*

Havaintoja USA:n valimoteollisuudesta.

*Vladi Marmo:*

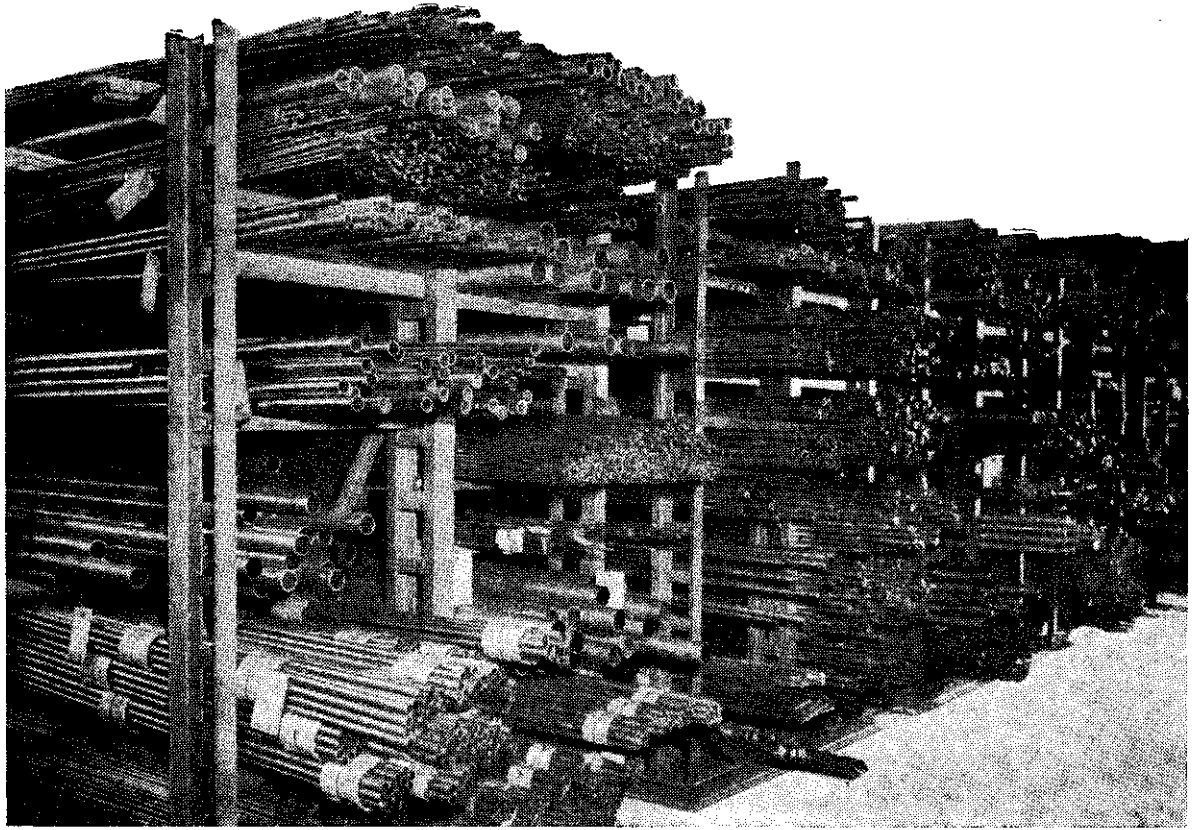
Huomioita Sierra Leonen geologiasta ja  
vuorityöstä.

*Aimo Mikkola:*

Kaivosgeologin työstä USA:ssa.

*Toivo Mikkola:*

Geologian opiskelusta Baltimoressa.



# Samoin kustannuksin

Uusien standardimääräysten ansiosta voivat nyt kaikki rakennuttajat käyttää täysin hyväkseen kuparin verrattomia laatuominaisuuksia. Nämä seikat tekevät kupariputkiston jo perustamiskustannuksiltaan täysin kilpailukykyiseksi.

**Putken seinäpaksuus pienempi.**

Kuparin erinomaisen syöpmiskestävyuden ja riittävän lujuuden ansiosta voidaan käyttää ohutseinäistä putkea.

**Putken sisäläpimitta pienempi.**

Koska kupariputken sisäpinta pysyy sileänä, eikä putki tukkeudu ruostumisen vuoksi, kupariputkien sisäläpimitta saa olla oleellisesti pienempi kuin rautaputken.

**Liitokset huokeampia.**

Kapillaarijuotos, kovajuotos ja hitsaus ovat huomattavasti huokeampia kuin kierrelliitos.

**Asennustyö helpompaa.**

Kupariputken taipuvuus käy helposti, mikä myös osaltaan vähentää liitoksia ja nopeuttaa asennustyötä.

**Tilansäästö.**

Kupariputken pienistä mitoista on etua, kun useita putkia sijoitetaan samaan kanavaan.

## sadoiksi vuosiksi

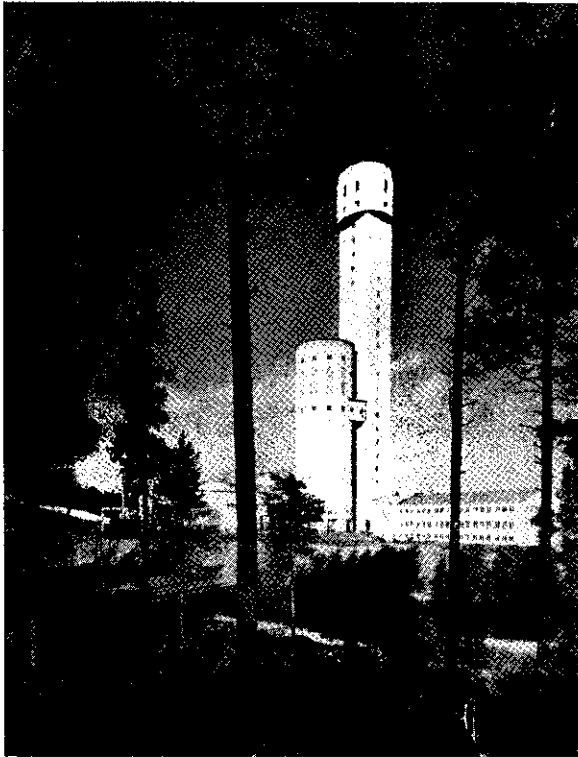
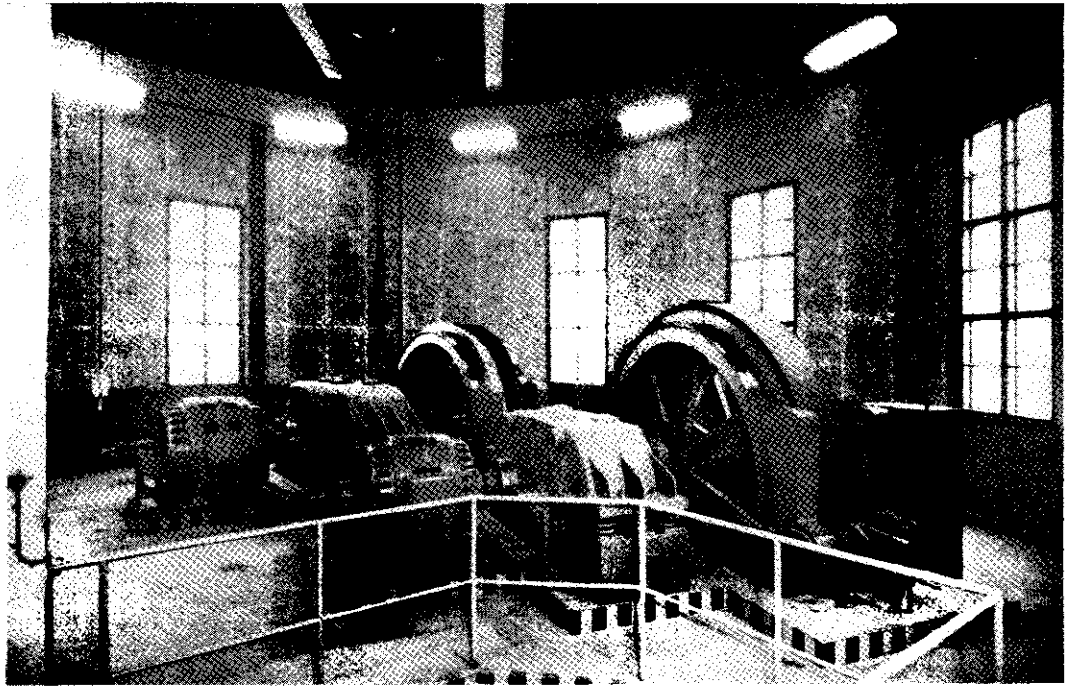
Kuitenkin kuparin kuningasominaisuudet paljastuvat vasta käytössä. Kupariputkistoa ei tarvitse uusia aina 20—30 vuoden kuluttua, sillä oikein asennettuna se kestää käytännöllisesti katsoen ikuisesti — korjaamatta



# Outokumpu Oy

Myyntikonttori: Malminkatu 16 — Helsinki — Puhelin 10 510





## OUTOKUMPU OY:n

*Keräin uutta kuilua varten olemme toimittaneet:*

- painonappiohjattavan, automaattisen Koepe-rakennetta olevan kahdella köydellä varustetun malminostokoneen, jonka pääarvot ovat:

<b>Hyötykuorma</b>	<b>5,5 tonnia</b>
<b>Nostokorkeus</b>	<b>400 m</b>
<b>Nostonopeus</b>	<b>7 m/sek</b>
<b>Käyttöpöytä</b>	<b>∅ = 3 m</b>

- käsin ohjattavan Koepe-rakennetta olevan ja kahdella köydellä varustetun henkilönostokoneen:

<b>Hyötykuorma</b>	<b>max. 5000 kg</b>
	<b>norm. 30 henkeä</b>
	<b>eli 2600 kg</b>
<b>Nostokorkeus</b>	<b>400 m</b>
<b>Nostonopeus</b>	<b>7 m/sek</b>
<b>Käyttöpöytä</b>	<b>∅ = 3 m</b>

# ASEA

Helsinki Citykäytävä Puh. 12 501  
 Turku Kaskenkatu 2 b Puh. 16 808  
 Kuopio Haapaniemenkatu 32 Puh. 50 71

*sitäpaitsi kuuluu toimitukseemme:*

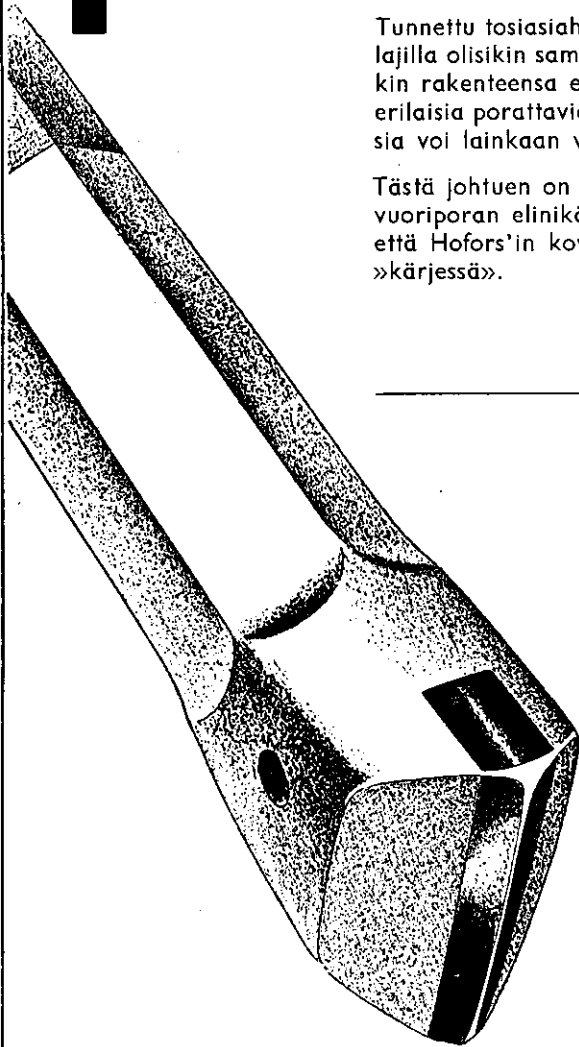
2 pohjasta tyhjennettävää kappaa  
 1 varakappaa  
 2 mittataskua  
 2 automaattista, mittataskuihin yhteenrakennettavaa hydraulista vaakaa



# „Vakiovuoria” ei ole olemassa

Tunnettu tosiasiahan on, että vaikka kahdella kivilajilla olisikin sama Mohs-kovuus, voivat ne kuitenkin rakenteensa erilaisuuden takia olla niin täysin erilaisia porattavia, ettei niistä saatuja poraustuloksia voi lainkaan verrata keskenään.

Tästä johtuen on mahdotonta ennakolta ennustaa vuoriporan elinikää. Sen voimme kuitenkin taata, että Hofors'in kovametallivuoriporat ovat tänään »kärjessä».



## Det finns inga „Standardberg”

En del berg är lättborrade, andra har man svårt att få bukt med. Två typer kan ha samma hårdhet, mätt med Mohs' skala, och ändå uppvisa så stora olikheter i strukturen, att de är fullständigt ojämförbara vad borrbarheten beträffar.

Man kan därför aldrig lova en bestämd livslängd för bergborrar. Men vad vi kan garantera är att Hofors' borrar med hårdmetallskär står på toppen av vad som kan åstadkommas i dag.

### SKF HOFORS BRUK

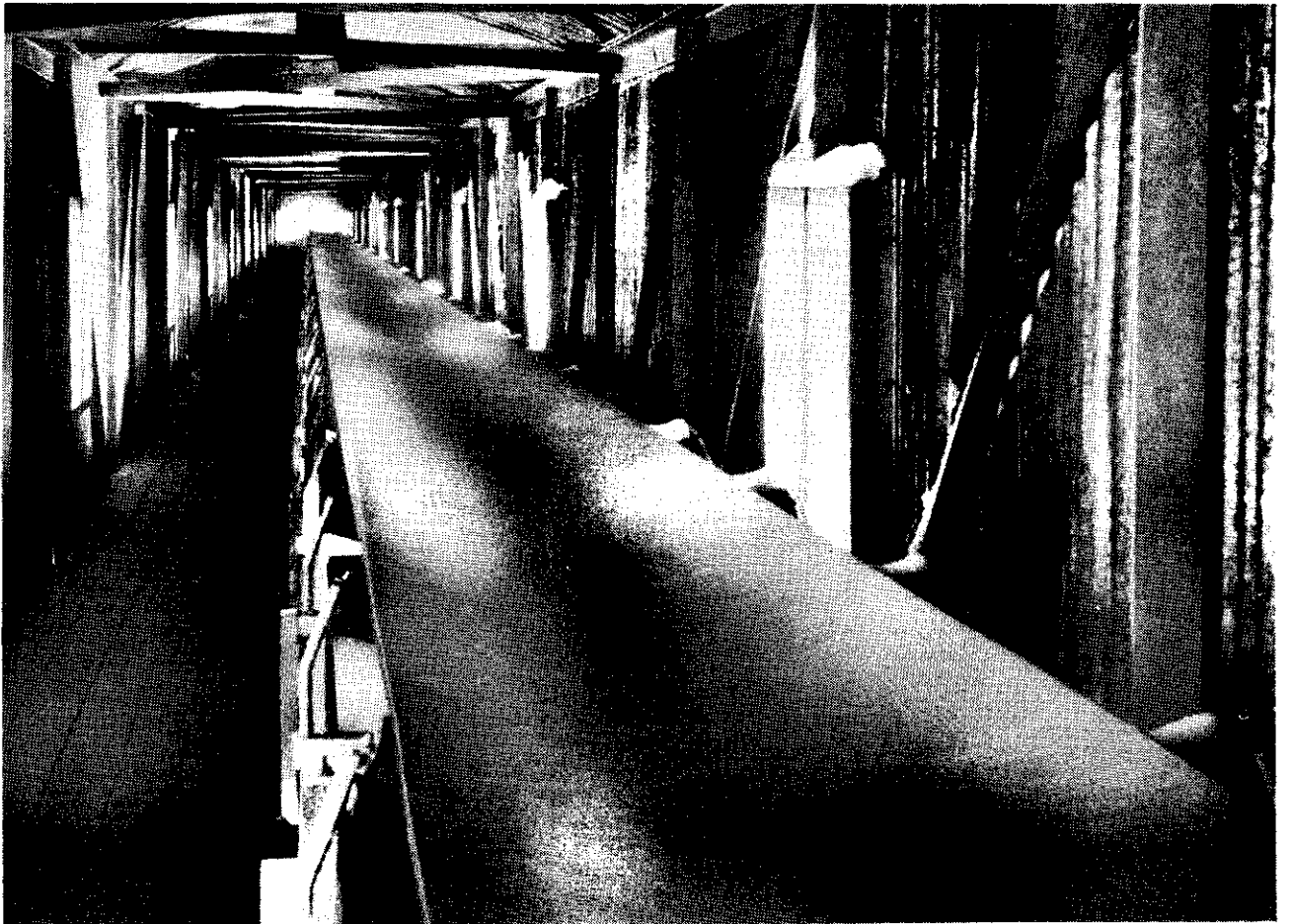
#### VUORIPORAT

PYSTYVÄT HYVIN KAIKKIIN  
KIVIIN

#### BERGBORRAR

BITER BRA I ALLA BERG

HELSINKI  
HELSINGFORS



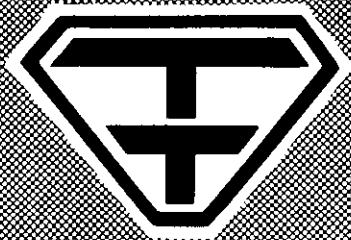
*Varma ja taloudellinen kuljetus*

# **TAMMER** kuljetushihnoilla

**TAMMER** kuljetushihnoja tehdään myös erikoisvalmisteina, kuten:

- lämpöä kestäviä laatuja,
- kumipäällysteisinä kohokkein suuriin nousukulmiin,
- kumipäällyste-puskurikudoksisena (Breaker Strips) kivi-, malmi- ja propsikuljetuksiin

**Nostohihnoja** eri tarkoituksiin.

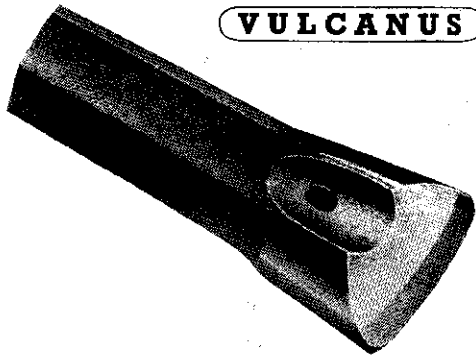


*Tammer Tehtaat Oy*

Hihna-, kumi- ja muoviliimateollisuus

TAMPERE

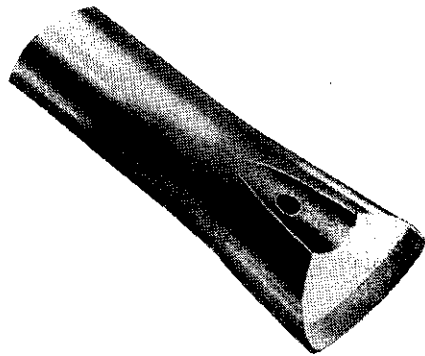
# Kovametallikallioporia eri tarkoituksiin



**VULCANUS**

kallioporia kuusikulmaisesta teräksestä.

Kuusikulmaisesta teräksestä tehtyjä poria on varastossa seuraavina mittoina: 3/4", 7/8" ja 1". Pituudet ovat 3/4":n teräksestä 4 m:iin ja 7/8" sekä 1":n teräksestä aina 6,4 m:iin saakka. Tilauksesta toimitetaan poria aina 20 m:n pituuksiin saakka. Porat toimitetaan varustettuina ruostumattomalla vuorauksella, t.s. huuhtelureikä on vuorattu ruostumattomalla teräksellä. Tämä vuoraus muodostaa tehokkaan suojan huuhteluveden aiheuttamia syöpymiä vastaan ja lisää siten poran kestoaikaa.

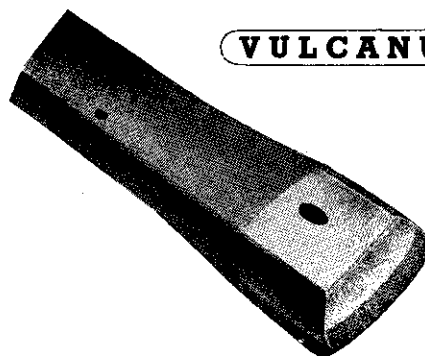


**VULCANUS**

kallioporia pyöreästä teräksestä.

Pyöreät porat valmistetaan erikoiskäsittelystä, pyöreäksi hiottusta porateräksestä ja niissä on ruostumaton vuoraus. Erikoiskäsittelyn tarkoituksena on lisätä poratangon sitkeyttä ja se lisää, kuten tasaiseksi hiottu pinta ja vuorauskin poran käyttövarmuutta ja estää poratankojen katkeamisen.

Pyöreisiin poriin voidaan valmistaa kulmikkaiden porien tankomittoihin nähden teriä, joissa on pienempi halkaisija kuin kulmikkaissa porissa. Pienemmän terähalkaisijansa ansiosta on poran tunkeutumisenopeus suurempi, mikä puolestaan vähentää koneen kulumista ja ilman käyttöä porattua metriä kohti.



**VULCANUS**

kallioporia erilaisiin tarkoituksiin.

Vulcanus kovametalliporia toimitetaan myös lukuisina erikoisvalmisteina. Valmistusohjelmaamme sisältyy mm. laattaporia, jatkoporia, kiilareikäporia kiviteollisuutta varten, neliteräporia sekä flottman- ja leyner-niskaisia poria. Valmistamme myös pyöröporia ja avarruskruunuja suur-reikäporauksia eli n.s. »Hellefors»-kiiloja varten.

Valmistaja:

*Hellefors*

BRUKS AB

Hällefors — Sverige

Edustajamme on

*Rautakonttori Oy*

Rautatalo, Keskuskatu 3, Helsinki

Puhelin 12121

**GRÖSSTE WIRTSCHAFTLICHKEIT  
DURCH HÖCHSTE HALTBARKEIT**

BEI VERWENDUNG VON STEINEN MIT DER ANKERMARKE  
IN DEN SCHMELZOFEN DER STAHL- UND GRAUGIESSEREI



**ANKROM**

CHROMMAGNESITSTEINE

**ANKROM-V**

MAGNESITCHROMSTEINE

**ANKRAL**

SPEZIALMAGNESITSTEINE

**ANKRIT**

SPEZIALMAGNESITSTEINE

**STEELKLADSTEINE**

**MAGNESITSTEINE**

**SPEZIAL-MAGNESIT-  
STAMPFMASSEN**

**MAGNESIT-FORMSAND**

**MAGNESIT-AUSGÜSSE**

**VEITSCHER MAGNESITWERKE ACTIEN-GESELLSCHAFT**  
WIEN AUSTRIA

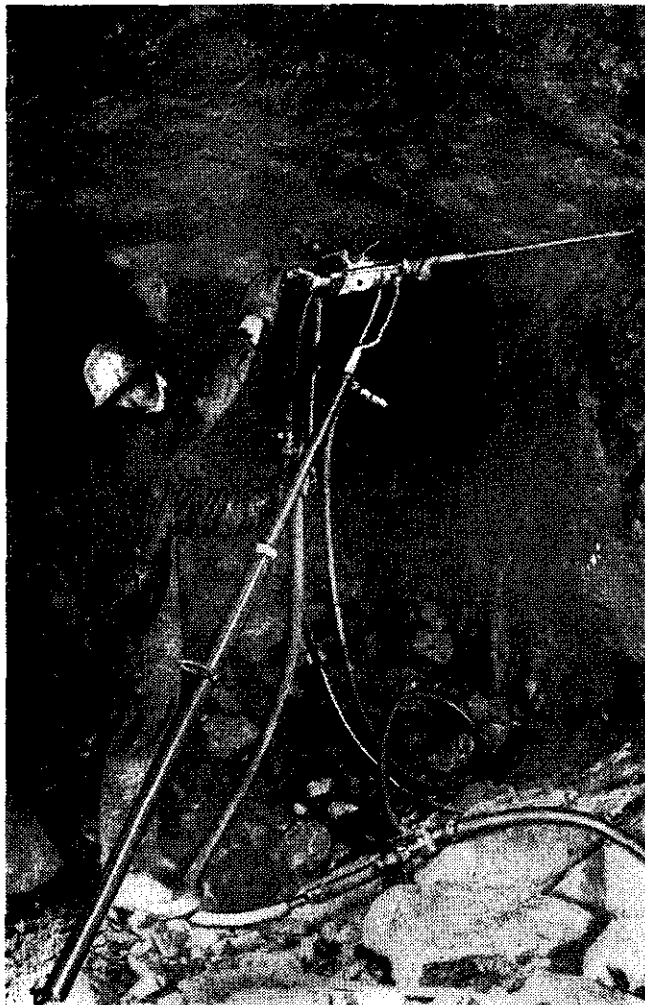
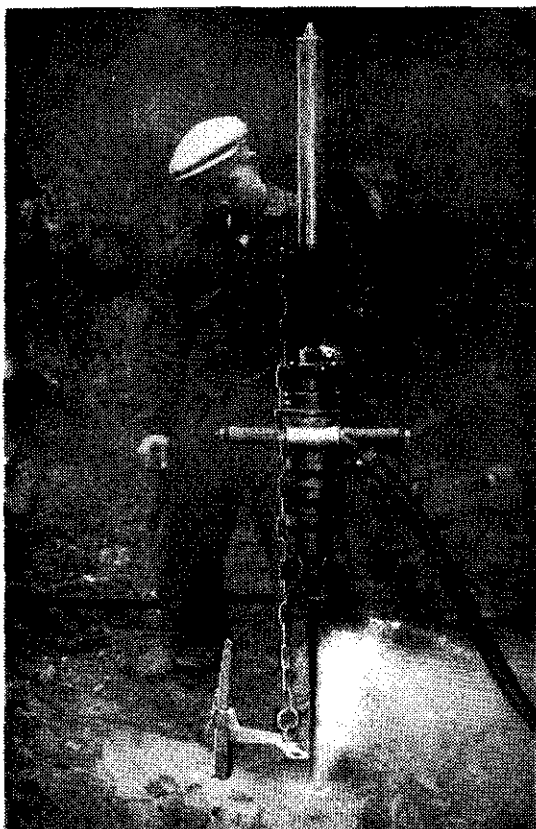
VERTRETEN IN FINNLAND DURCH  
AB. INDUSTRITEGEL, HELSINGFORS, BANGATAN 21

# Kallioporakone Tampella T 10

kaikkeen raskaaseen poraustyöhön

Tunneli- ja kaivosporauksessa  
polvisyöttölaitteella varustettuna

Avolouhoksissa ja kuiluissa  
yleissyöttölaitteella varustettuna.



**Koneen päämitat:**

Pituus	500 mm	Ilmankulutus	2—2,8 m <sup>3</sup> /min.
Paino.	24 kg	Ilmaletku	3/4 t. l."
Pora, 6 kulm. olake	7/8"	Vesiletku	1/2"
Syl. halkaisija	108 mm	Tunkeutumisnopeus graniitissa pora, ø 34 mm	40—70 cm/min.
Ilmanpaine	7 icy		

**Lyhyet toimitusajat — varaosat suoraan varastosta**

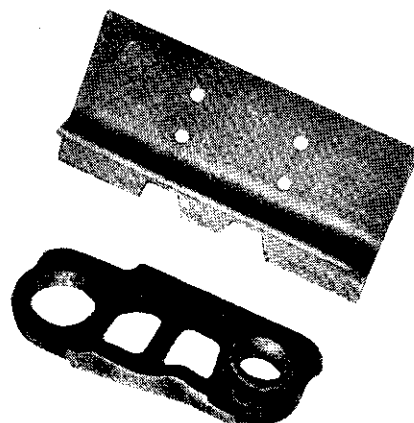
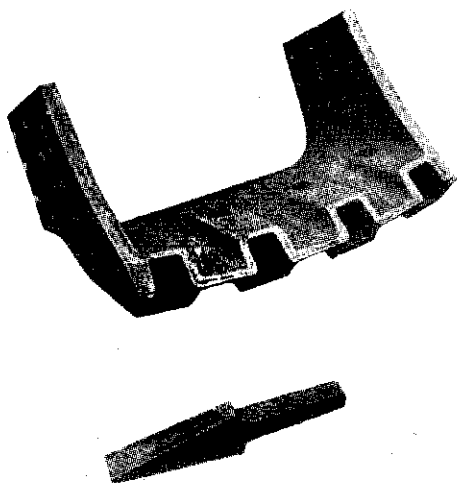
**Keveyeen poraustyöhön  
kallioporakone Tampella T 6,5**

# Tampella

Tampereen Konepaja  
Perustettu 1842

# VARAOSIA

KAIVINKONEILLE, TRAKTOREILLE JA MURSKAAJILLE

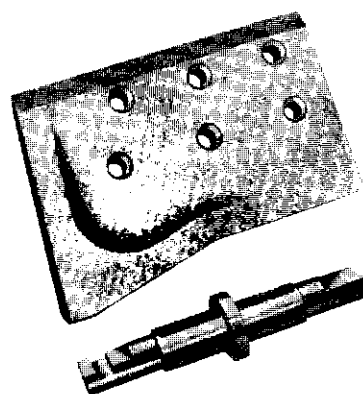
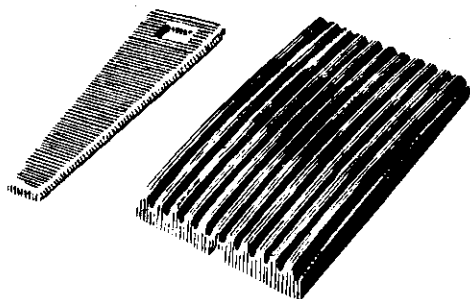


# BOFORS

**OY SUOMEN BOFORS AB**

HELSINKI — LÖNNROTINK. 32 — PUHELIN 61 356

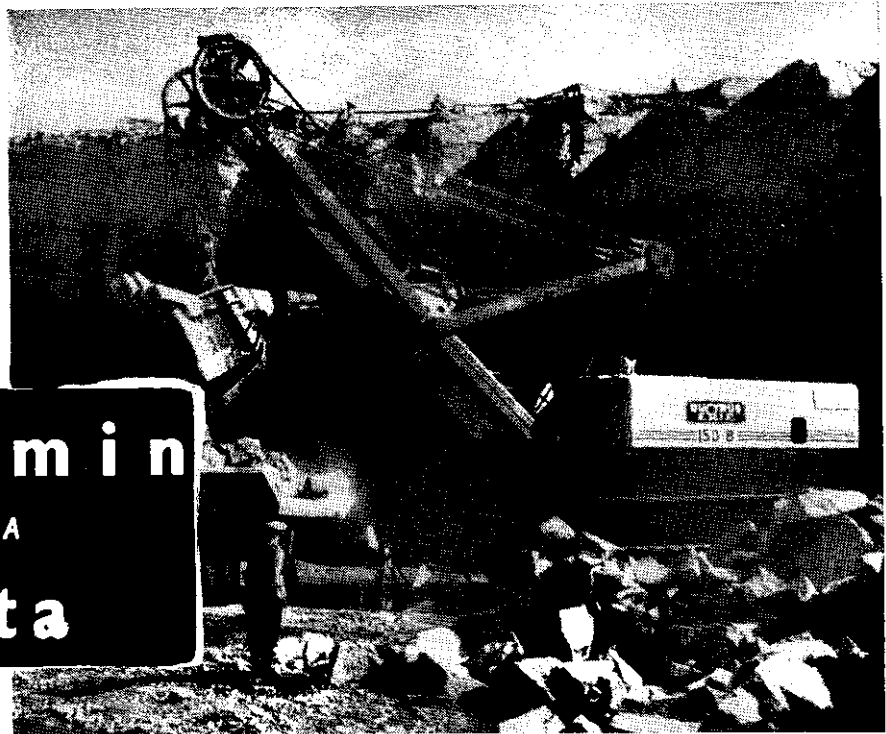
HELSINGFORS — LÖNNROTSG. 32 — TELEFON 61 356



## RESERVDLAR

FÖR GRÄVMASKINER, TRAKTORER OCH KROSSAR

**Maamme kaivoksilla ja pohjoisilla voimalaitostyömailla — kaikkialla, missä voimakkaita, nykyaikaisia työkoneneita käytetään, näette**

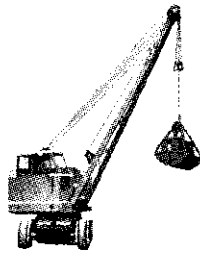


# Ekströmin TOIMITTAMIA koneita

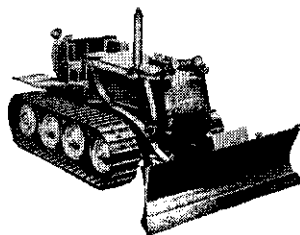
Kysykää asiakkailtamme, mitä he arvelevat BUCYRUS-kaivukoneesta, JOY-porakoneesta, VICKERS-traktorista! Tai sallikaa meidän kertoa Teille käyttökokemuksista lukemattomilla Suomen työmailla — ja siitä **huollosta**, joka tulee jokaisen Ekströmin asiakkaan osalle.

Kalliolouhintaa voimalaitostyömailla. 180 tonnin BUCYRUS, varustettuna uuden aikaisella puomirakenteella sekä  $4\frac{1}{2}$  m<sup>3</sup>:n kauhalla, joka on suurin maassamme käytetty pistokauhakoko. BUCYRUS-yhtymä on maailman suurin kaivinkoneiden valmistaja.

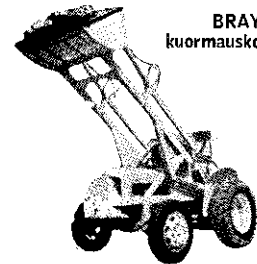
**Ensiluokkainen työkoneneiden valikoimamme käsittää mm.:**



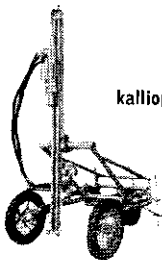
**JONES**  
liikkuvia nostureita



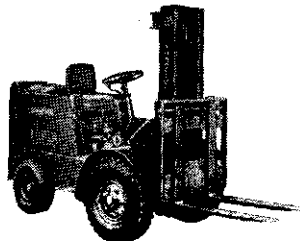
**VICKERS**  
telaketju-traktoreita



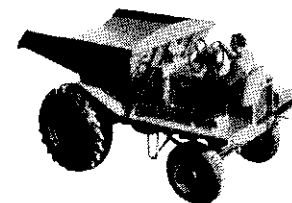
**BRAY**  
kuormauskoneita



**JOY**  
kallioporakoneita



**TOWMOTOR**  
haarukkatrukkeja



**AVELING**  
keikkavaunuja

**OSAKEYHTIÖ**  
Helsinki, puh. 11421

*Ekströmin*

**KONELIIKE**  
Postilokero 310



**vuoriteollisuus-koneita**

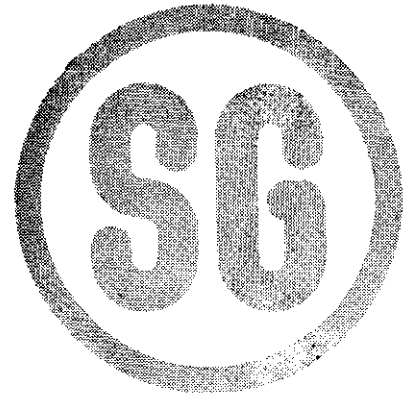
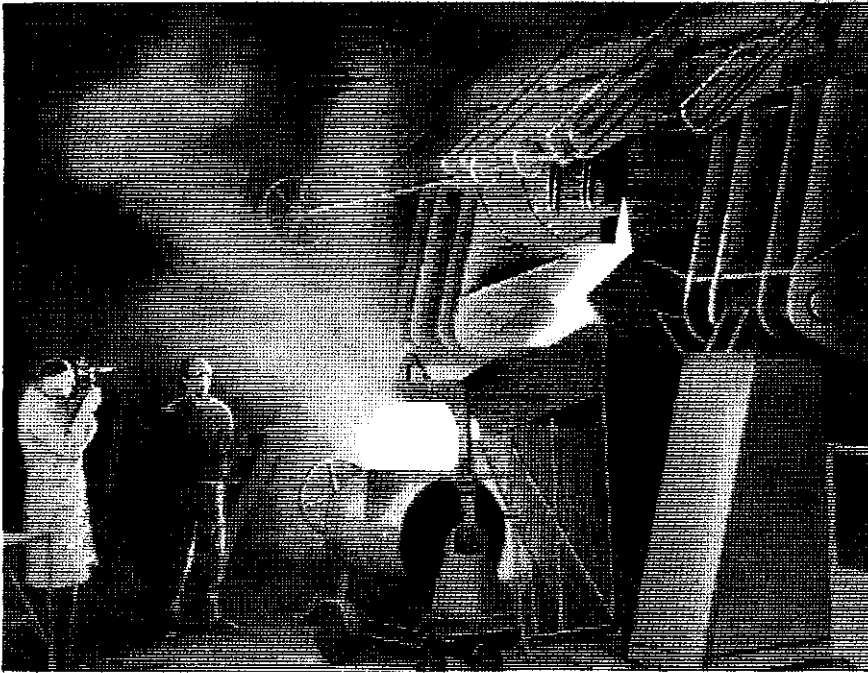
*mercantile*



**30 731**

**KONEOSASTO**  
Helsinki - Mannerheimintie 12

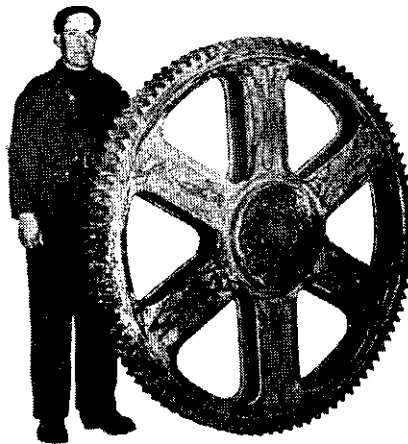




# SG-rauta

**uusi, lujempi ja sitkeämpi \*) valurauta**

SG-rauta on valuraudan erikoislaji, jossa grafiitti on saatettu pallomaiseen muotoon (= pallografiittirauta). Viime vuosina tämä uusi rakennemateriaali, joka monissa tapauksissa korvaa teräksen ja jota mm. voidaan sekä hitsata että karkaista, on yhä yleisemmin otettu käytäntöön eri puolilla maailmaa, nyt myös Suomessa. Valmistusmenetelmä on patentoitu.



SG-raudan erinomaisten lujuusominaisuuksien ansiosta voidaan mm.

- keventää valurautarakenteita
- korvata takeita, muottitakeita, hitsattuja rakenteita ja metallivalua
- korvata eräissä tapauksissa teräs- ja adusolhua valua

*)	Perliittinen SG-rauta	Ferriittinen SG-rauta
Vetomurtolujuus väh.....	58 kg/mm <sup>2</sup>	42 kg/mm <sup>2</sup>
Myötöraja » .....	42 »	32 »
Venymä » .....	1 %	10 %
Taivutuslujuus » .....	87 kg/mm <sup>2</sup>	87 kg/mm <sup>2</sup>
Puristuslujuus » .....	102 »	76 »
Kimmomoduli .....	17.600 »	17.600 »
Iskusitkeys (Charpy) loveamaton .....	1,1 kgm	10 kgm
Brinell-kovuus .....	250—320	140—200

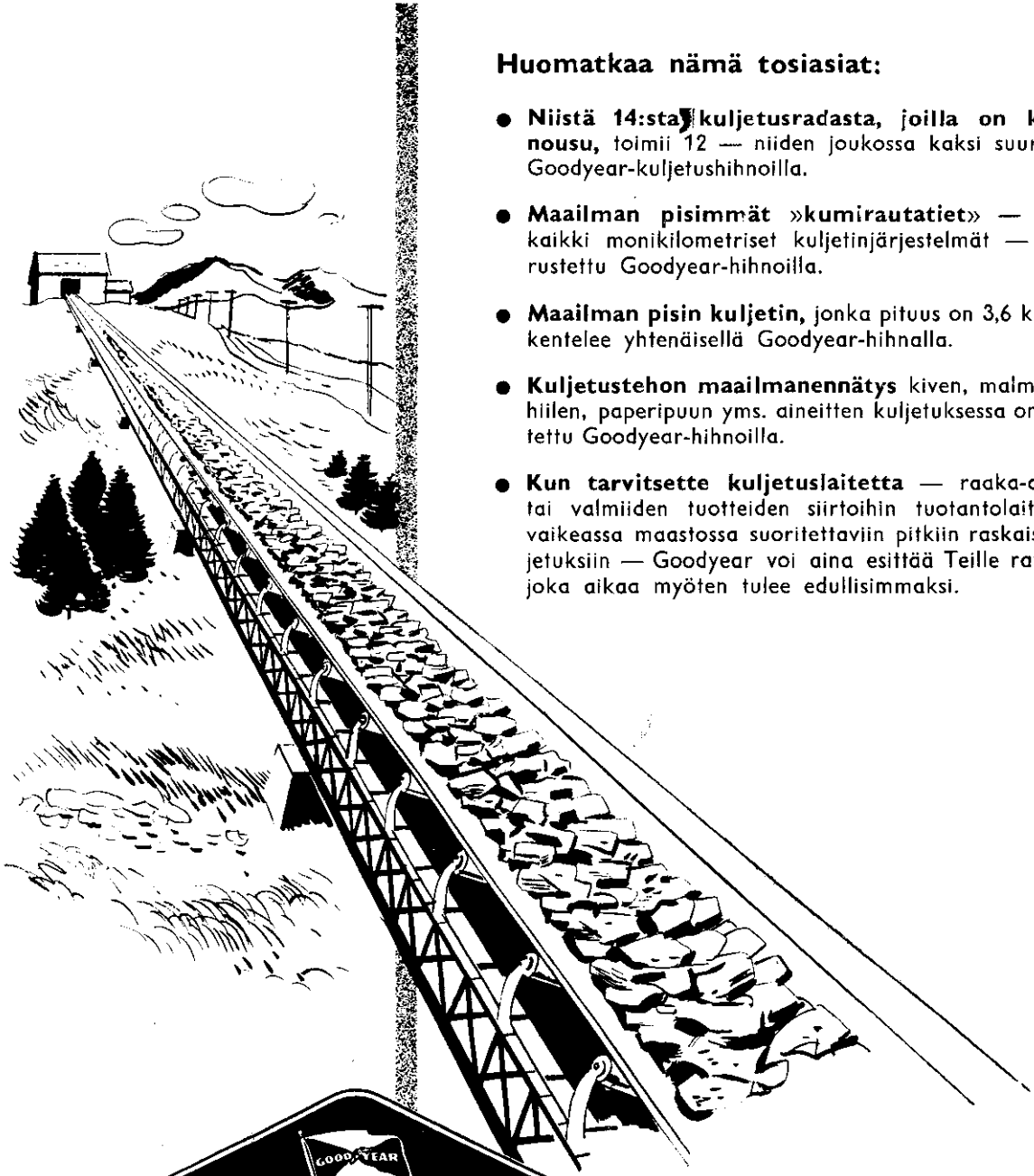
Lisäksi valmistetaan erilaisia seostettuja SG-rautalaatuja (esim. austeniittista ja asikulaarista) eri käyttötarkoituksiin.

## VALMET

Enemmän tonneja kuljetetaan

# Goodyear-kuljetushihnoilla

kuin millään muilla



## Huomatkaa nämä tosiasiat:

- Niistä 14:stä kuljetusradasta, joilla on korkein nousu, toimii 12 — niiden joukossa kaksi suurinta — Goodyear-kuljetushihnoilla.
- Maailman pisimmät »kumirautatiet» — yleensä kaikki monikilometriset kuljetinjärjestelmät — on varustettu Goodyear-ihnoilla.
- Maailman pisin kuljetin, jonka pituus on 3,6 km, työskentelee yhtenäisellä Goodyear-ihnalla.
- Kuljetustehon maailmanennätys kiven, malmin, kivihiilen, paperipuun yms. aineitten kuljetuksessa on saavutettu Goodyear-ihnoilla.
- Kun tarvitsette kuljetuslaitetta — raaka-aineiden tai valmiiden tuotteiden siirtoihin tuotantolaitoksissa, vaikeassa maastossa suoritettaviin pitkiin raskaisiin kuljetuksiin — Goodyear voi aina esittää Teille ratkaisun, joka aikaa myöten tulee edullisimmaksi.



Päämyyjä

*Oy Premio Ab*

Helsinki, Aleksanterink. 13  
Puh. 12271. A 8446

MAAHANTUOJA Oy TELKO Ab

**Maailmankuuluja  
englantilaisia**

**Världs-  
berömda  
engelska**

**AW-kallioporakoneita  
terien teroituslaitteita  
ym. paineilmatyökaluja**

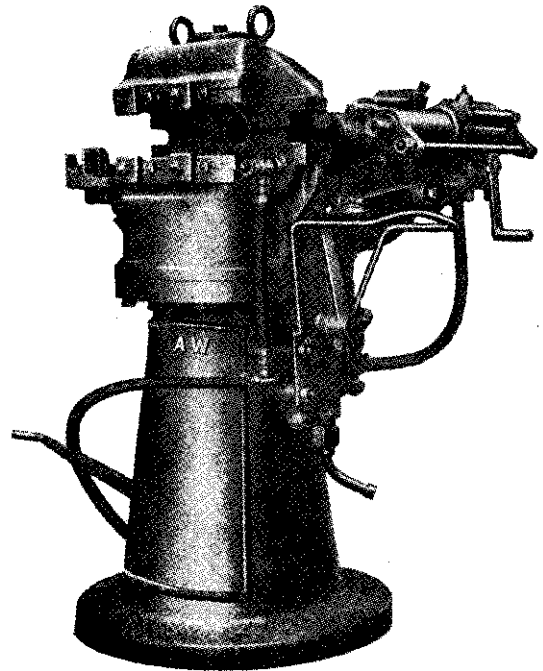
kaikkia tarkoituksia varten

Valmistaja: Armstrong Whitworth & Co Ltd.

**AW-bergbormaskiner  
bettslipmaskiner  
mfl. pneumatiska verktyg**

för alla ändamål.

Tillverkare: Armstrong Whitworth & Co Ltd.



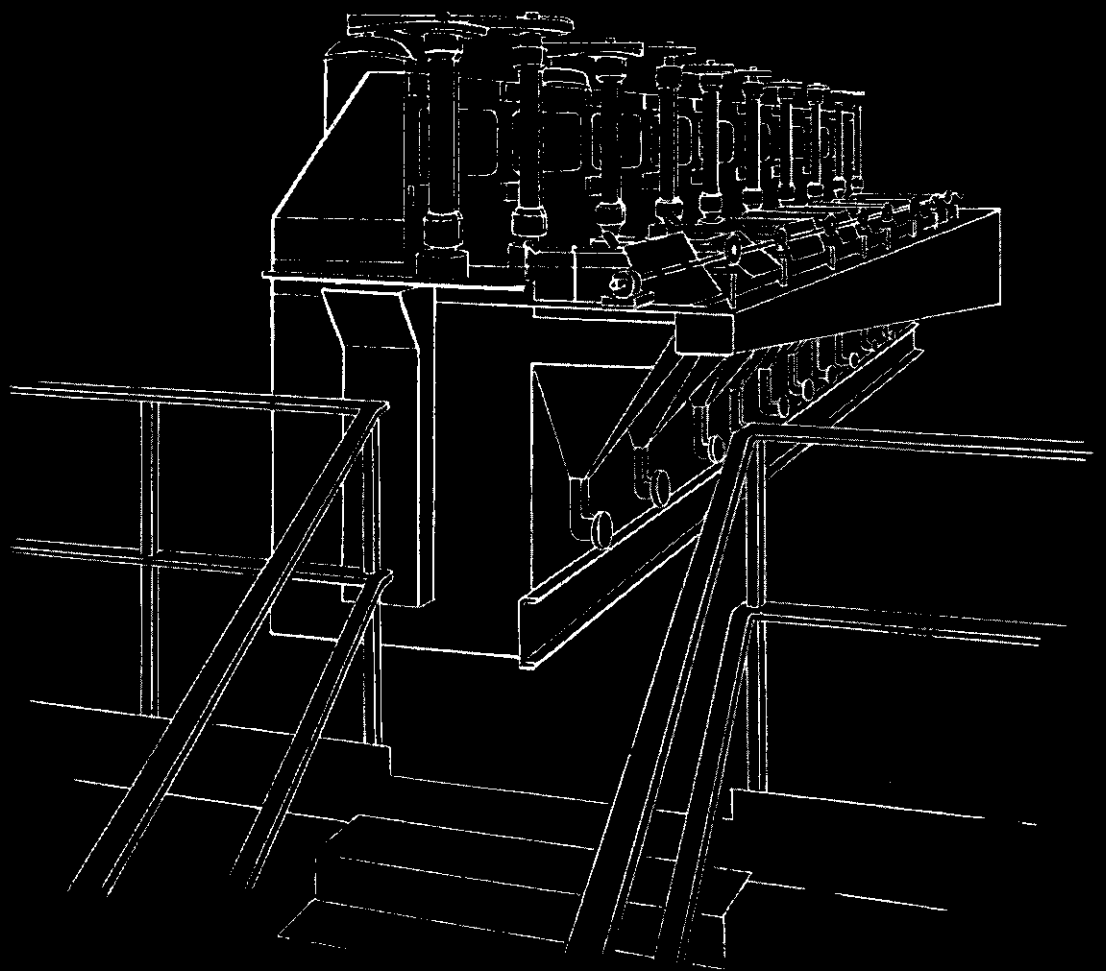
EDUSTAJA — REPRESENTANT:

*Machinery*

Helsinki — Mannerheimintie 4. Puh. 61 861  
Helsingfors — Mannerheimvägen 4, Tel. 61 861

**WEDAG**

**Koneita  
rikastamoon ja murskaamoon**



**WESTFALIA DINNENDAHL GRÖPPEL AG, BOCHUM**

OY. LILIUS & Co AB. — HELSINKI

# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

Julkaisija: VUORIMIESYHDISTYS r.y. — BERGSMANNAFÖRENINGEN r.f.

Hallitus: yli-ins. John Ryselin, puheenjohtaja, fil.tri Åke Bergström, varapuheenjohtaja, tekn. tri Eino Ilmonen, dipl. ins. Michael von Timroth, yli-ins. Ilmari Harki, dipl. ins. Gunnar Smeds, prof. Aarne Laitakari ja dipl. ins. Urho Valtakari.

Rahastonhoitaja: dipl. ins. Kalervo Nieminen, Jääkärinkatu 10 A, virkapuh. 82-2631.

Sihteeri: tri ins. Paavo Asanti, Töölöntullink. 5, virkapuh. 11 151.

Kaivosjaosto: prof. Kauko Järvinen puheenjohtaja, dipl. ins. Pentti Pesola sihteeri, Paakkila Tuusniemi.

Metallurgijaosto: prof. Heikki Miekko-oja puheenjohtaja, dipl. ins. Antti Autio sihteeri, Haahkatie 10 A, Lauttasaari, Helsinki, virkapuh. 11 721.

Geologijaosto: fil. tri Erkki Aurola puheenjohtaja, fil. maist. Antti Mikkonen sihteeri, Pihlajatie 37, virkapuh. 46 14 80.

Toimitusvaliokunta: dipl. ins. Fjalar Holmberg, professori Risto Hukki, professori Kauko Järvinen, fil. tri Aarno Kahma, dipl. ins. Olli Simola ja ins. Eskil Strandström.

Toimitus: teollisuusneuvos Herman Stigzelius, päätoimittaja, puh. 28 714, tri ins. Paavo Asanti, apulaistoimittaja, puh. 11 151, rouva Karin Stigzelius, toimitussihteeri, puh. 35 546.

Toimituksen osoite: Bulevardi 26 A 10, Helsinki, puh. 35 546.

Ilmoitushinnat: Kansilehdet 16000:—, muut lehdet 13000:—, puolisivu 8000:—, neljännessivu 4500:—.

Lehti ilmestyy kahdesti vuodessa.

N:o 1

1955

13. VUOSIKERTA



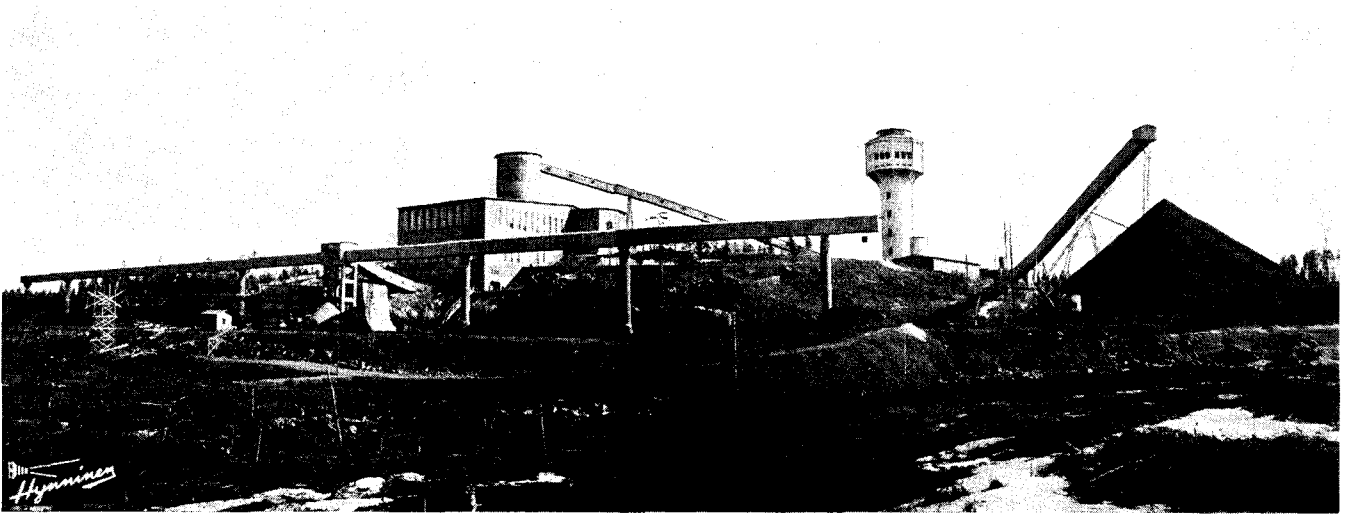
## *BERGSRÅDET EMIL SARLIN*

Den 1 mars drog sig bergsrådet, teknologie doktor h.c. Emil Sarlin tillbaka från sin befattning som verkställande direktör vid Pargas Kalkbergs Aktiebolag, men kvarstår han som styrelsemedlem i bolagets ledning.

Hans halvsekelånga verksamhet som chef för landets ledande kalk- och cementindustri har varit en helgjuten, av städse djärv framåtanda besjälad livsgärning av

sällsynta mått, vars betydelse även för landets övriga bergshantering och gruvindustri har varit utomordentligt stor. Även utanför landets gränser har hans grundliga och mångsidiga fackkänedom tagits i anspråk.

För sina stora förtjänster till bergsbrukets fromma kallades bergsrådet Sarlin till Bergsmannaföreningens hedersmedlem 1945.



# Otanmäki

## Otanmäki tänään

*Yli-ins. ILMARI HARKI*

Maantieteellisesti sijaitsee Otanmäki melkein Suomen keskipisteessä Oulunjärven etelärannalla n. 450 km linnuntietä pohjoiseen Helsingistä. Vaikka tämän tiitaanirautamalmin löytämisestä on kulunut vasta n. 17 vuotta on se kotimaan piireissä jo hyvinkin tuttu nimi, koska se alkuvaiheista lähtien on ollut yleisen sekä mielenkiinnon että väittelyn kohteena. Mielenkiinto on ollut sekä geologinen että kansantaloudellinen ja väittely on etupäässä kohdistunut sen liiketaloudelliseen puoleen. Kun kuitenkin sekä koelouhinta että rikastuskoetehdas olivat antaneet myönteisiä tuloksia ja geologinen jatkotutkimus alkoi edellyttää kaivostoimintaan ryhtymistä ja koska sodan ja senjälkeinen aika oli selvästi antanut viittauksia siihen, että Suomen raaka-

ainepohja oli perin yksipuolisesti puuhun nojautuva teki hallitus keväällä 1951 ratkaisevan päätöksen kaivostoiminnan alkamiseen Otanmäessä ensimmäisenä tavoitteena 500.000—600.000 vuosilouhinta tuotteena n. 250.000 t. magnetiitti- ja ilmeniittirikasteita.

Kokonaan valtion omistama Otanmäki Oy sai näin tehtäväkseen laajan työmaan kun keskelle korpea piti lyhyessä ajassa luoda olosuhteissamme suuri kaivosteollisuus ja siihen liittyvä nykyaikainen yhdyskunta. Samanaikaisesti aloitti valtio myös rautatien rakentamisen Iisalmi—Kajaani linjalta kaivokselle pituudeltaan 26,5 km. Noin kahdessa ja puolessa vuodessa olivat rakennustyöt valmiit ja vuotta 1954 voidaan pitää puolesta vuodesta jo tavoitteen mukaisena normaali-tuotantovuotena. Kaivoksen perustamiskustannukset ilman rautatietä mutta yhdyskunta huomioonottaen ovat olleet n. 3.000 mmk. Tähän sisältyy myös kustannukset täysin koneellisesta rikasteen laivaussatamasta Oulussa. Otanmäkeen on muodostunut yhtiön palveluksessa oleiviin



*Kuva 1.* Otanmäen yhdyskunta, taustalla teollisuusalue.



*Kuva 2.* Otanmäki Oy:n malmisatama Oulussa.

n. 400 henkeen perustuen lähes puolentoistatuhannen asukkaan yhdyskunta, joka saa toimeentulonsa välittömästi tai välillisesti kaivosyhtiöltä.

Kun Otanmäki vasta tämän vuoden alusta on aloittanut ensimmäisen täyden tuotantovuoden on vielä liian aikaista puhua markkinoinnista, kannattavuudesta ja pitkän tähtäimen ohjelmasta. Tuotantoteknillisesti voidaan kuitenkin tyydytyksellä todeta, että kaikki aikaisemmissa laskelmissa käytetyt numerot, joihin päätös kaivostoimintaan ryhtymisestä perustui, ovat pitäneet paikkansa positiivisesti usein tultua ylitetyksikin. Magnetiittirikasteen melko olematon fosforipitoisuus (= jälkiä) on markkinoilla jo herättänyt huomiota kun taas sen korkea vanadiinipitoisuus (0,6 % V) on lähinnä herättänyt aktiivista mielenkiintoa yhtiömme omassa piirissä. Ilmeniittirikaste on uutena tulokkaana Euroopan markkinoilla otettu hyvin vastaan ja useampivuotisia sopimuksia on joko tehty tai tekeillä. Otanmäki Oy:n tulevista suunnitelmista on niinkään vielä liian aikaista puhua muuta kuin todeten, että olisi outoa, ellei vasta tuotantonsa aloittaneessa titaani-rauta-vanadiinikaivoksessa olisi mielenkiintoisilla suunnitelmissa oma arvostettu sijansa yhtiön toimintaa johdettaessa.

Tässä yhteydessä haluan erikoisesti mainita johtokuntamme jäsenen professori Kauko Järvisen osuuden Otanmäen vaiheisiin. Hän on Otanmäen tutkimusvaiheista lähtien ollut mukana löydöksen kehitystä ohjaamassa ja johtanut toimitusjohtajan teknillisenä neuvonantajana kaivoksen suunnittelua ja rakentamista. Edelleenkin hän samassa ominaisuudessaan on läheisesti yhteyksynyt Otanmäki Oy:n uusiin kehityssuunnitelmiin.

## Otanmäen kaivos

*Dipl.ins. JARMO SOININEN*

### Viimevuosien kehitys.

Kun lopullinen päätös Otanmäen malmivarojen hyväksikäytöstä keväällä 1951 tehtiin, oli paikalla noin + 100 metriin (kaulus = + 15 metriä) ulottuva tutkimuskuilu, josta käsin oli ajettu 1-raiteista tutkimusperää tasolla + 75 lähimpään malmioon ja pitkin sitä yhteensä noin 500 metriä.

Kuilun syventämiseen ryhdyttiin huhtikuun alussa -51 ja se saavutti nykyisen syvyytensä + 305 metriä kesäkuussa -52.

Nostokoneitten asennus päästiin aloittamaan syyskuussa ja ne olivat koekäyttövaiheessa joulukuussa -52. Talvi-, kevät- ja kesäkuukaudet -53 kuuluivat kuljetusperien jatkamisen, kaatonousujärjestelmän ajon sekä murskaamon louhinnan merkeissä ja varsinaisiin malmissa suoritettaviin valmistelutöihin päästiin elokuussa maanpäällisen murskaamon ja rikastamon siilon valmistuttua. Koko vuoden 1953 kivennosto oli noin 130.000 tonnia — pääasiassa raakua perän- ja nousunajoista.

Viime vuonna saavutettiin maaliskuussa 30.000 tonnin, toukokuussa 40.000 tonnin ja heinäkuussa 50.000 tonnin nostorajat niin että vuoden kokonaisnosto muodostui 503.803 tonniksi.

### Luonteenomaiset piirteet.

Leimaa-antavia piirteitä Otanmäen olosuhteille + 225:n yläpuolella ovat

1. *Malmioitten epäyhtenäinen sijoittuminen laajalle vyö-*



*Kuva 3. Otanmäen kaivostorni lähiympäristöineen.*

*hykkeelle, jonka tunnettu vaakasuora pituus on lähes 2 km ja leveys noin 200 metriä.*

On arvioitu, että jokaista + 225-tason yläpuolelta louhittavaa miljoonaa tonnia kohti on ajettava noin 1.5 km kuljetusperiä sekä 3 km muita valmistavien töiden ja louhinnan vaatimia periä ja nousuja vastaten keskimäärin 2.2—2.3 km periä ja nousuja vuodessa. Mainitut määrät edellyttävät nykyistä kuljetustasojakoa sekä makasiinilouhintaa poikkilastausperiä käyttäen. Viime vuonna ajettiin nousuja ja periä yhteensä 4045.6 metriä vuoden -53 vastaavan määrään oltua 2173.4 metriä.

Malmioitten pieniuudesta ja kuljetusmatkojen pituudesta johtuen eivät louhinta eikä lastaus ole keskitettävissä kovin suurten koneitten käyttämiseksi.

2. *Malmiot ovat pystyjä ja sivukivi kestäväää.*

Tämä mahdollistaa painovoiman hyväksikäytön louhintamenetelmää valittaessa eikä täyttömenetelmien käytäntöönnotto ainakaan toistaiseksi näytä tarpeelliselta.

Valittu louhintamenetelmä — makasiinilouhinta ilman täyttöä — on täyttänyt sille asetetut tehovaatimukset eikä raakkujen sekaantumista seinistä lohkeamalla makasiinien tyhjennysvaiheessa ole vielä ilmennyt ollenkaan.

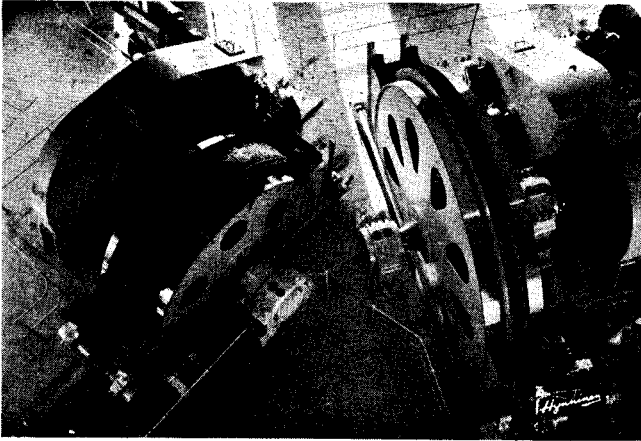
Perät on ajettu ilman tukemista.

3. *Malmi on helppoa porata sekä kuluttaa kovametallia (porauksessa) ja terästä (murskauksessa yms.) verrattain vähän. Myös räjäytettävyyys on keskinkertainen.*

Esimerkkeinä mainittakoon, että kovametalliporan keskimääräinen kestoikä vuonna 1954 oli 206.3 po.m./pora, lastauskoneen kauhan kovahitsauksen noin 10.000 tonnia ja leukamurskaimen leukojen kidan alapäässä 250.000 tonnia ja yläpäässä puolta enemmän.

4. *Louhintakelpoisen malmin raja ei ole selvä ja saattaa tehdä runsaasti mutkia ja kielekkeitä.*

Tämä on aiheuttanut sen, että joko malmia jää louhimatta tai louhitaan liikaa raakua, ellei rajoja voida pikkupiirteitä myöten seurata. Esimerkiksi pitkien räjäytysreikien systemaattinen käyttö ei malmintunte-



Kuva 4. Nostokoneet kaivostornissa.

muksen ja sen rajojen seuraamiskeinojen nykyisessä vaiheessa ole ollut mahdollista. Pitkien reikien käyttömahdollisuutta kuitenkin tutkitaan jatkuvasti, koska myös magneettiset mittausten menetelmät kehittyvät.

Edellämainitut ominaisuudet ovat olleet päätekijöinä kaivoksen toimintamuotoja ratkaistaessa.

#### Nosto.

Kaivoskuilu on sijoitettu malmivyöhykkeen pohjoispuolelle noin 100 metrin päähän siitä, paikkaan, johon nyt tunnetun esiintymän tonnakilometrit 500 metrin syvyyteen arvioiden näyttävät olevan lähellä minimiään.

Kuilun poikkileikkaus on  $5.5 \times 3.5$  metrin mittainen suorakaide, joka on jaettu viiteen osastoon: 2 osastoa malminnostokippoja, 2 osastoa henkilö- ja tavarahissikoria sekä sen »kuollutta» vastapainoa sekä 1 osasto kaivokseen johtavia portaita ja niiden viereen sijoitettuja putkia ja kaapeleita varten.

Malminnostokone on Koepe-rakenteinen, nostonopeus 6,25 m/sek ja hyötykuorma nykyiseltä nostosyvyydeltä 6,5 tonnia, yksiköysikone, jolla nyt nostetaan tasolta + 275 säiliöön tasolla -1 nostotehon ollessa 250—300 tonnia tunnissa. Moottori on 560 kW, 3000 V. Tehon käyttö on 1,25 kWh/nostettu tonni.

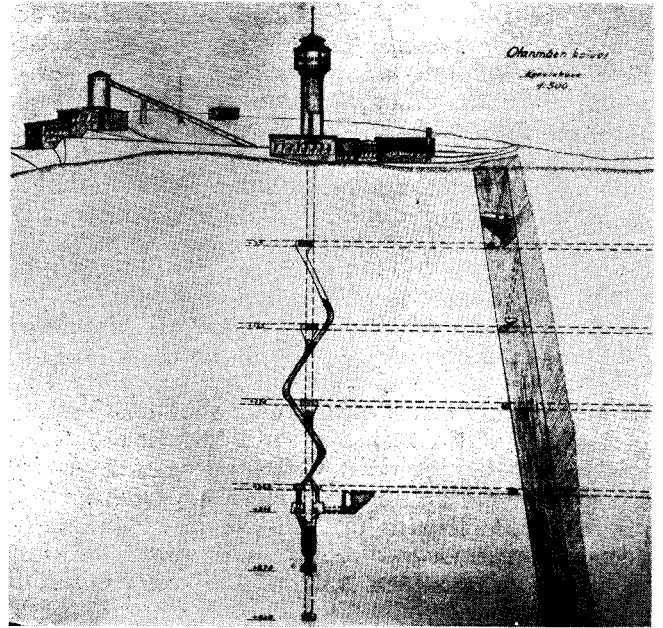
Henkilönostokone on samoin Koepe-rakenteinen, mutta 2-köysikone, nostonopeus 4,0 m/sek ja hyötykuorma 5 tonnia. Moottorin teho 200 kW 3000 V jännitteellä.

Molemmat nostokoneet ovat sijoitetut betoniseen nostotorniin tasolle -29 ja ne ovat riittävästi mitoitettuja vielä nostoa varten 500 metrin syvyydestä.

#### Kuljetukset.

Pääkuljetustasot sijaitsevat 50 metrin korkeuseroin tasoilla + 75, + 125, + 175 ja + 225. 2-raiteiset valta-perät  $4.5 \text{ m (leveys)} \times 3.0 \text{ m (korkeus)}$  johtavat kuilulta malmivyöhykkeelle, jossa ne haarautuvat 1-raiteisiksi  $3.0 \times 3.0 \text{ m}$  kuljetusperiksi länteen, etelään ja itään. Kuljetusperät ajetaan noin  $3 \text{ ‰}$  kaltevuudella ja  $> 20$  metrin kaarresätein. Raideväli on 750 mm, kiskon paino 30 kg/jm ja kosketin- (trolley) johtimen poikkipinta-ala  $100 \text{ mm}^2$ . Valtaperien paineilmaputkien  $\varnothing$  on 6" ja painevesiputkien  $\varnothing$  2".

Kuljetusperiä ajetaan kaikilla tasoilla nykyisin lähes 50 jm kuukaudessa kullakin. Ohjelma edellyttää, että + 75-taso saavuttaa äärimmäiset reunaosat malmista ko tasolla v. 1957, + 125-taso 1962 jne. Nykyinen ajo-vahti ei edellytä yhteyksiä esim. Vuorokkaalle.



Kuva 5. Pystyleikkauskaavio kuilusta ja kaatonoususta.



Kuva 6.  $4 \text{ m}^3$  Granby-vaunujen kaato.

Vetokaluston muodostavat 3 kpl 8 tonnin trolleyveturia, joista 1 on sijoitettu tasolle + 75 ja kaksi + 125:een, sekä 2 kpl 4 tonnin akkuveturia, joita voidaan käyttää myös trolley-virranottimella varustettuna. Akkuveturit ovat sijoitetut kahdelle alimmalle tasolle. Ne mahtuvat purkamatta hissikoriin.

Kaivosvaunut ovat  $4 \text{ m}^3$  Granby-vaunuja (30 kpl) sekä  $1 \text{ m}^3$  kuoppavaunuja (5 kpl), edelliset konelastausta, jälkimmäiset käsin suoritettavia puhdistuslastauksia varten, Granby-vaunut tyhjennetään kullakin kuljetustasolla sijaitsevalla kaatopaikalla paineilmasylinterien avulla kaatonousujärjestelmään, joka päättyy tasolla + 225 sijaitsevaan ränniin. Myös vaunut mahtuvat — kun puskurit niistä on irroitettu — hissikoriin. Samoihin G-vaunuihin lastataan Salzgitter HL-400-koneilla sekä päästä että sivusta.

#### Maanalainen murskaus.

Kaatonousujärjestelmä mutkittelee  $55^\circ$  kaltevuudessa siten, että suunnanvaihto tapahtuu hieman kunkin kuljetustason yläpuolella. Kaatopaikoilta kaatonousuun johtava aukko on pysty niin että kaatonousujärjes-



telmää tyhjennettäessä kivet valuvat ensin näistä pysty-suorista osista.

Ränni + 225-tasolla on paineilmasylinterillä toimiva ja se laskee kivensä noin 200 tonnin vetoiseen leuka-murskaimen syöttösuppilon, johon myös + 225-tasolta tulevat vaunut kaadetaan. Rännisyylinteri on paino-nappiohjattu murskaamosta.

Leukamurskain tasolla + 240 on sisääntuloaukoltaan 1250×950 mm. Säleikköä ei ole koko kaivoksessa vaan kiven karkeuden säännöstelevät lastauskoneet. Leuka-murskaimen syöttäjänä on Ross-tyyppinen ketjussyöttäjä ja syöttörännin kaltevuus on 45°. Murskaimesta ulos-tuleva tavara on 160 mm asetuksella 200 mm. Itse murskain on Schlagbrecher-tyyppinen ja sen teho on syötön karkeudesta riippuen 300—400 tonnia tunnissa. Murskaimen iskuluku on 295 iskua minuutissa ja sitä käyttää kiilahihnavälityksellä 145 kw, n=1450, liukurengas-moottori. Murskattu kivi — sekä malmi että sivukivi — putoaa tasojen + 240 ja + 275 välille louhittuun noin 1000 tonnin vetoiseen säiliöön, josta se lasketaan paineilmarännien avulla mittataskuihin ja niistä edelleen paineilmaluukkujen välityksellä pohjasta tyhjeneviin malmikippoihin.

Leukamurskaimen alasäiliö on varustettu säiliöhälyt-timellä.

#### Ilmanvaihto.

Kaivoksen läntisin nousu on ajettu läpi maan pintaan ja sinne on asennettu 60.000 m<sup>3</sup> tunnissa antava puhallin, joka on kauko-ohjattu kaivostuvalta käsin. Lisää ilmanvaihtoaukkoja avataan kaivoksen edistymisen mukaan.

#### Vedennosto.

Murskaamotasolla + 240 on paikka myös varamurskaimelle ja sen sekä tason + 225 välille on louhittu 900 m<sup>3</sup> suuruinen vesisäiliö, johon kaikkien ylempien tasojen vesi johdetaan  $\varnothing$  4" galvanoidulla putkella. Itse pumppuasema on vesipintareilillä täysin automa-tisoitu. Pumput, 2 kpl, ovat 6-asteisia keskipakoispump-puja, nostokorkeus 260 m ja teho 500 l/min. Kuilun-pohjapumput ovat sähköisesti täysautoma-tisoituja Bulldozer-suihkuruiskupumppuja. Pumppujen pakoputket ovat  $\varnothing$  6" tuubia kokonaan hitsatuin saumoin.

Kaivoksen keskimääräinen vedentulo oli marras-kuussa 1954 mitattaessa 215 litraa minuutissa.

#### Paineilma.

Kaivoksen paineilmararpeen tyydyttävät 2 kpl 50 m<sup>3</sup>/min. mäntäkompressoria, jotka ovat varustetut synkroonimoottoreilla ja sellaisilla jälkijäähdyttimillä, joista jäähdytysvesi saadaan + 60°C lämpöisenä. Tällä lämpimällä vedellä lämmitetään kevät-, kesä- ja syys-aikana kaivostuparakennus ja sitä käytetään ympäri vuoden pesuvenenä koko teollisuusalueen lämminvesi-verkostossa. Kompressoreilta kuilulle johtava sekä kuilussa sijaitseva paineilmaputki on  $\varnothing$  8" tuubia hitsatuin liitoksiin. Kullekin pääkuljetustasolle haarautuu siitä 6" tuubit.

Kompressorien yhteensä antama ilmamäärä on hädin tuskin riittävä. Niitten kuluttama sähkövoima 4 kwh/nost.tonni edustaa yli 50 % koko kaivososaston energian tarpeesta. Kolmas samanlainen kompressori on tilattu.

#### Sähkö.

Kaivokseen johdetaan sähkö 3000 V jännitteisenä. Jokaisella tasolla kuilun lähellä on 3000/400/231 V muuntoasema ja tasolla + 75 on 250 V/600 A tasesuuntaus-

asema trolley-vetureita varten. Sama asema, jonka tasa-suuntaajana on seleenitasasuuntaaja, syöttää veturi-virtaa myös tasoille + 125 ja + 175. Tasoilla + 175 ja + 225 on pienet lataustasasuuntaajat akkuvetureita varten. Koko kaivoksen tehontarve maan alla on 1.5 kwh/nost.ton. Nykyinen veturikanta kuormittaa tasa-suuntausasmaa keskimäärin vain noin neljänneksellä sen nimellistehosta.

#### Poraus.

Poraus tapahtuu A-D:n koneilla RH-754 (joita on 11 kpl) sekä RH-656 (42 kpl). Ensimmäinen oli aluksi »halveksittu», mutta nyttemmin suosiossa erikoisesti peränajossa. Näyttää siltä, että RH-754:n tunkeutumis-nopeus *lyhyillä porapituuksilla* olisi edullinen kaikissa Otanmäen kivilajeissa eikä porakulutuksessa olla huomattava eroa toiseen konetyyppiin nähden. Tunkeutumis-nopeus malmissa  $\varnothing$  34 mm poralla ja koneella RH-656 on 30—35 sm/min ja »pahimmissa» anortosiiteissa vastavasti 20—25 sm/min.

Mainittakoon, että porien hiojan ansio määräytyy %:ssa poraajien ansiosta porien kestojen perusteella ja porakonekorjaajien (2 miestä) koneitten korjauskustan-nusten perusteella.

#### Lastaus.

Kaivoksella on 9 kpl Salzgitter HL-400 ja 1 kpl pikku-Eimco sekä venäläisestä sähkölastauskoneesta paineilma-käyttöiseksi muutettu EPM-1. Muuta koneellista lastaus-välineistöä ei ole ja näillä hoidetaan sekä peränajot että louhinnan lastaus.

Peränajolastauksessa on vaunun täyttöaste verrattain huono. Teho on noin 55 tonnia vuorossa, johon sisältyy lastaajan toiminta junan apumiehenä veturin tullessa noutamaan hänen vaunuaan. Kutakin peränajolastaus-pistettä kohti on enimmäkseen vain 1 vaunu ja veturi käy kultakin peränajolastauspisteeltä vuorollaan nou-tamassa lastatut vaunut.

Poikittaislastauksessa suppiloinnin ja louhinnan yh-teydessä oli lastausteho vuonna 1954 keskimäärin 180.7 tonnia vuorossa, jolloin lastaukseen luetaan myös rikkoammunta, koneitten siirrot ja junan apumiehenä olo. Lastaaja lastaa aina yksin (ilman apumiestä), mutta poikittaislastauksessa pyritään asettamaan 2 konetta lähekkäisiin poikkiperiin niin että sama veturi, sijoit-tuen vaunujonon keskelle, voi palvella molempia lastaajia yht'aikaa ja lastaajille muodostuu eräänlainen kilpailu tahdin säilyttämiseksi.

Itse koneet ovat kestäneet rasitukseensa nähden hyvin. Eniten käyttöhäiriöitä on aiheuttanut alavaihdelaatikko, jonka eräs hammaspyöräakseli murtui säännöllisesti koneen ehdittyä noin 50.000 lastatun tonnin »ikään». Nämä käyttöhäiriöt sekä kompressorikapasiteetti ovat aiheuttaneet, että lastausta suoritettiin vuoden 1954 puolella osittain (2—3 konetta) myös yövuorossa. Seuraava 50.000 tonnin särkymiskierros on odotettavissa, joten koneita on päätetty hankkia 2 kpl lisää vahvis-tetuin vaihdelaatikkokonstruktiioin. Kokeilumielessä on ilman sisääntuloaukkoa kuristettu 1 1/2":sta 1 1/4":aan ilman että lastausteho olisi kärsinyt. Kuristettujen ko-neiden kohdalla ei edellä mainittuja akselin murtumisia ole esiintynyt.

#### Louhinta ja sen valmistavat työt.

Kuljetusperät pyritään ajamaan sellaisella etäisyy-dellä pystyn malmin keskiviivasta että suppiloverkko saataisiin malmin alle sen keskelle.

Kuljetusperistä ajetaan kymmenen metrin välein poikkilastauseriä, joista avarretut suppilot yhtyvät suppiloverkostoksi noin 10 metrin korkeudella kuljetusperien pohjasta. Poikkilastauserien ihannepituus on 7.5 metriä ja sen sekä vastaavan suppilon teko suoritetaan rinnan kuljetusperien ajon kanssa lastauksen keskittämiseksi.

Makasiininosut ajetaan joko malmion ala- tai yläliepeen suuntaisina pitkin sitä, jolloin kaltevuudeksi tulee 45°. Nousun lähtökohta on aina jonkun poikkilastauserän päässä, jotta lastaus nousun alta voisi tapahtua tehokkaampana sivustalastauksena vaunuun.

Jos malmin on vaakasuunnassa pitkä, jaetaan se pystynousuilla alle 100 metrin pituisiin makasiineihin. Pystynousut ajetaan nyttemmin väliseinä rakentamatta, jolloin tarvitaan vain 1 mies.

Makasiiniperät eli »viikset» ajetaan 6—8 metrin korkeusvälein niin pieninä kuin suinkin (1.5 × 1.5 m). Nousut ovat 2 × 2 m.

Nousuja ajetaan nykyisin keskimäärin 50 jm (vastaten yhtä pystynousua) kuukaudessa ja poikkilastauseriä sekä »viiksiä» yhteensä noin 100 jm kuukaudessa. Suppiloita valmistuu 3—7 kpl kuukaudessa. Yhteensä nämä työt vastaavat 50 metrin pituisen makasiinin valmistelua, joka 6—7 metrin makasiinileveydellä vastaa kuukauden louhintaa. Kaikkien valmistavien töiden yhteisteho vuonna 1954 oli 9.55 ton/miesvr.

Varsinainen louhinta tapahtuu — makasiinin olosuhteista riippuen — joko vaakasuorilla reijillä »katkoittain» tai ylöspäin suunnatuilla reijillä laajempina kattopinta-ammuntoina. Louhintareijät ovat 4 metrisiä, räjähdysaine valtaosalta triniittia ja nallit lyhytintervallinalleja. Irroitettu kivimäärä porametria kohti oli viime vuonna keskimäärin 4.10 ja räjähdysainekiloa kohti 7.67, makasiinin leveyden mukaan yksityistapauksissa suurestikin vaihdellen. Tämän lisäksi on räjähdysainetta kulunut lastaajien toimesta rikkoammuntaan 43.7 kg/1000 tonnia niin että louhinnan kokonaistulos oli 5.77 tonnia/räjähdysainekilo vaunuun asti laskettuna.

Louhinnan kokonaisteho — ilman lastausta — oli v. 1954 103.5 tonnia miesvuorossa ja lastauksineen 66.2 tonnia miesvuorossa.

Makasiineista on jo 3 suurehkoa sekä eräitä pienempiä lastattu tyhjiksi. Tällöin todettiin, että louhinnan ai-

kana lastattavissa oleva kivimäärä oli 40 % ja makasiinoituva 60 %. Seinien tai katon sortumista tyhjäksi lastausaikana tai sen jälkeen ei vielä ole esiintynyt.

Pienempien malmioitten nousupilarit on tarkoitettu louhia pois makasiinin tyhjäksi lastauksen kanssa rinnan. Päätasopilarit jatkona alapuolella olevan makasiinin louhinnalle. Suurimpiin malmioihin on suunniteltu jätettäväksi eräitä nousupilareita tukipilareiksi maanpintaa vastaan. Kun pilarien louhintaa ei vielä ole aloitettu, ei kokemuksen puuttuessa voida sanoa niihin jäävistä malmivaroista mitään varmaa.

#### Henkilöstö ja kokonaisteho.

Kaivososaston koko henkilövahvuus vuoden 1954 jälkipuoliskolla oli keskimäärin 150, joista insinöörejä ja maistereita 4, työnjohtajia 9, toimistohenkilökuntaa 4 ja kaivosmiehiä 133. Työn laadun mukainen jakaantuminen oli suunnilleen seuraava:

— porauksessa ja latauksessa .....	35 %
— lastauksessa ja veturinkuljetuksessa .....	25 %
— rakennustöissä (radat, putket yms) .....	8 %
— koneitten huollossa ja korjauksessa .....	5 %
— kaivosmitt. ja geol. tutkimuksissa .....	8 %
— nostokön. käyt. + vahtimestareina .....	6 %
— muissa töissä .....	8 %
— poissa työstä (sairaus, tapaturma) .....	5 %

Kokonaisteho, joka v. 1953:n aikana oli keskimäärin 6.3 nostettua tonnia/kaikki osaston työvuorot, kohosi vuoden 1954 I neljänneksellä 8.75:een, II neljänneksellä 14.9:ään ja III neljänneksellä 19.4:ään niin että koko vuoden keskitehoksi tuli 14.61 kaikkia ja 16.22 tonnia maan alla tehtyjä työvuoroja kohti.

Kuluvan vuoden alkukuukausina on edellämäinut keskitehot tuntuvasti ylitetty.

## Otanmäen rikastamo

Tekn. lis. URMAS RUNOLINNA

#### Yleistä.

Otanmäen malmin tyyppistä magnetiitti-ilmeniittimalmia rikastetaan Otanmäen lisäksi tiettävästi vain

Taulukko 1.

Magnetiitti-ilmeniittimalmien laadun vertailu

	Mineraalisäily			Pitoisuudet			
	Magnet. %	Ilmen. %	Muita %	Fe %	TiO <sub>2</sub> %	FeS <sub>2</sub> %	V %
Otanmäki	33—35	30—28	37 7 % Plagioklaasia 17 % Sarvivalketta 12 % Kloriittia y.m. kiilteitä 1 % Pyriittia	40.0	15.5	1.0	0.26
A/S Titania	5	35	60 35 % Plagioklaasia 25 % Pyroksenia	20.0	17.0		
National Lead Co, Tahawus, N.Y.	37	32	31 16 % Maasälpää 15 % Muita mineraaleja kuten: sarvivalketta, pyroksenia, granaattia, biotiittia, apatiittia		16.5		

kahdessa muussa rikastamossa maailmassa. Nämä ovat A/S Titania<sup>1</sup> Norjassa ja National Lead Co, MacIntyre Development, Tahawus, N.Y.<sup>2</sup> Amerikassa. Edellinen rikastamo on aloittanut toimintansa nykyisessä muodossaan vuonna 1936 ja jälkimmäinen vuonna 1941. Kyseisten malmien laatu verrattuna Otanmäen malmiin on seuraava:

Taulukosta 1 ilmenee, että kaikkien kolmen malmin ilmeniittipitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa. Otanmäen ja Tahawus'in malmit ovat myös magnetiittipitoisuuksiltaan toistensa kaltaisia, mutta Titanian malmin magnetiittipitoisuus on pieni. Malmit eroavat toisistaan puhtaaksijauhautuvaisuuden ja harmeaineksen suhteen.

Otanmäen magnetiittirikasteen seulaluokkien analysointi ja mikroskooppiset tutkimukset ovat osoittaneet, että Otanmäen malmi on magnetiitin ja ilmeniitin eroitusta silmälläpitäen puhtaaksijauhettu 100 meshin (0.147) raesuuruudessa.

Otanmäen magnetiitti sisältää sellaisia ilmeniittisulkeumia, joita ei saada jauhamalla irroitettua. Laboratoriossa rikastettujen mahdollisimman puhtaiden magnetiittirikasteiden analyysit ovat antaneet seuraavia arvoja:

Fe .....	68.5 — 70.1 %
TiO <sub>2</sub> .....	0.45 — 1.65 %
V .....	0.50 — 0.70 %

Samalla tavoin esiintyy ilmeniitissä hematiittisulkeumia sekä harvemmin magnetiittilamellemia, jotka eivät ole jauhamalla eroitettavissa.

Eri malmioista rikastettujen ilmeniittirikasteiden rikastusteknillisesti puhtaan ilmeniitin analyysit ovat vaihdelleet rajojen 47.0—48.5 % TiO<sub>2</sub> välillä.

### Malmin rikastustutkimus.

Otanmäen malmin rikastamista on laboratoriokeihin tutkittu useita vuosia. Pääasiassa tutkimukset on suoritettu Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen vuoriteknillisessä laboratoriossa. Laboratoriokeiden perusteella suunniteltiin ja rakennettiin koetehdas Otanmäkeen vuonna 1949. Koetetaan syöttö oli noin 1 tn/h malmia ja se käsitti pienoiskoossa koko nykyisen tehtaan kaavion.

Tutkimukset kohdistuivat seuraavien seikkojen selvittelyyn.

- Malmin magneettinen karkeaseparointi
- Magneettinen hienoseparointi ja magneettisen separaattorityypin valitseminen
- Ilmeniitin ominaispainorikastus
- Ilmeniitin vahvamagneettinen rikastus
- Ilmeniitin vaahdotus

Tutkimuksissa ilmeni seuraavaa:

1. Varsinainen malmiaines on voimakkaasti magneettista ja kappalekoossa (70—5 mm) helposti magneettisesti sivukivistä eroitettavissa. Ilmeniitti seuraa melko hyvin magnetiittia ja vielä 5—10 mm:n raeluokassa ilmeniittitappiot eivät ole sen suuremmat kuin karkeammassakaan raeluokassa.
2. Tankomyllyn syöttömateriaalia vastaavaa —15 mm:n materiaalia, jossa on 1—2 % kosteutta, ei voi kuivaseparoida, sillä tämäkin vähäinen kosteus iskostaa rakeet toisiinsa. Märkäseparointi sitävastoin toimii selektiivisesti eivätkä ilmeniittitappiot ole liian suuria.

3. Kun mennään tankomylllyjauhatusa vastaavaan hienouteen (—2 mm), on ilmeniitti suureksi osaksi vapaaksi jauhautunut. Epämagneettisen osan TiO<sub>2</sub>-pitoisuus on suurempi, kuin magneettisen osan. Karkeaseparointi ei ilmeniittitappioiden takia sovellu näin hienolle tavaralle.

4. Koetehdaassa oli käytettävissä seuraavat separaattorityypit:

Crocket separaattori  
 Löwenhjelm »  
 Myötävirta-rumpuseparaattori  
 Vastavirta- »

Isoon tehtaaseen valittiin vastavirta-rumpuseparaattorit. Tämä tyyppi antaa suunnilleen samanlaatuiseen rikasteeseen kuin muutkin tyypit, mutta jäte on selvästi muiden antamia jätteitä parempi. Varjopuolena on tukkeutumisvaara.

5. Magnetiitin ja ilmeniitin eroittamisen vaatiman hienon jauhatuksen tähden ominaispainoeroon perustuvat rikastusmenetelmät antavat heikkoja tuloksia. Otanmäen ilmeniittiä voidaan rikastaa tärypöydillä ja sitä seuraavalla rikasteen vahvamagneettisella kuivaseparoinnilla, mutta rikasteen pitoisuus on suuruusluokkaa 44—45 % TiO<sub>2</sub> ja saanti korkeintaan 65 %.

6. Ilmeniitin vaahdotusta tutkittiin useamman vuoden ajan melko perusteellisesti. Tuloksena oli menetelmä, joka antaa vähintään yhtä hyvän rikasteen kuin tärypöytä-vahvamagneettinen rikastus saannin ollessa 75 %.

Vaahdotustutkimuksessa kokeiltiin mm. seuraavia kokoojia

- aminit
- öljyhappo
- palmitiinihappo
- mäntyöljyn eri tislusfraktiot
- Cyanamid 700-sarja reagenssit
- » 800-sarja »

Koetehdaassa ajettiin jonkun aikaa Cyanamid 800-sarjan reagensseilla mutta rikasteen pitoisuutta oli vaikea saada riittävän korkeaksi ja tutkimusten edistytessä päädyttiin kotimaiseen mäntyöljyyn. Mäntyöljy osoittautui myös paremmaksi kuin öljyhappo. Mäntyöljyn tislusfraktioista hartsihappovapain on tehokkain. Vaahdotus vaatii mahdollisimman tarkan liejuneroituksen sekä sopivan valmennuksen.

Tutkimusten perusteella suunniteltiin ja rakennettiin Otanmäkeen seuraavan kaavion mukainen rikastamo:

Kaivoksesta tuleva alle 20 cm:n malmi ja sivukivi murskataan kahdessa vaiheessa alle 15 mm:n raesuuruuteen. Murskausvaiheiden välissä on seulonta ja karkeaseparointi. Seulot eroittavat alle 15 mm:n tavarain pois ennen karkeaseparointia. 15—70 mm:n materiaali joutuu magneettiseen karkeaseparointiin. Magneettinen malmiaines hienomurskataan ja johdetaan rikastamon siiloon yhdessä seulojen erottaman —15 mm:n tavarain kanssa.

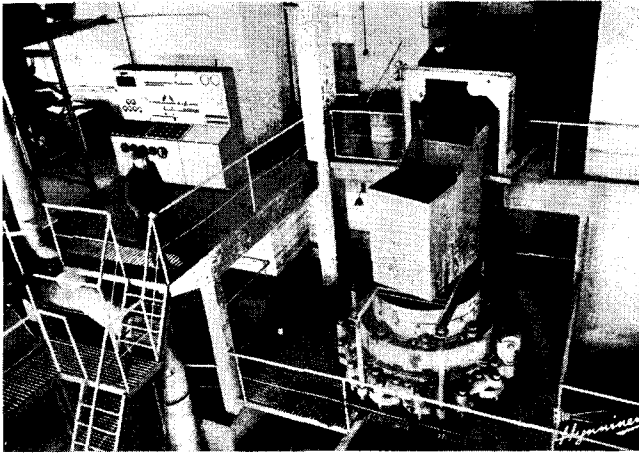
Rikastamon siilon ja jauhatuksen välillä on vielä yksi magneettinen karkeaseparointi. Malmiaines jauhetaan tanko-kuulamyllypiirissä. Jauhatuksen jälkeen rikastetaan ensin magnetiitti rumpuseparaattoreilla, sitten vaahdotetaan pyriitti ja lopuksi ilmeniitti. Ilmeniitti-vaahdotusta edeltää liejuneroitus ja valmennus. Rikasteet sakeutetaan, suodatetaan ja kuljetetaan hihnoilla varastoalueelle.

### Murskaamo.

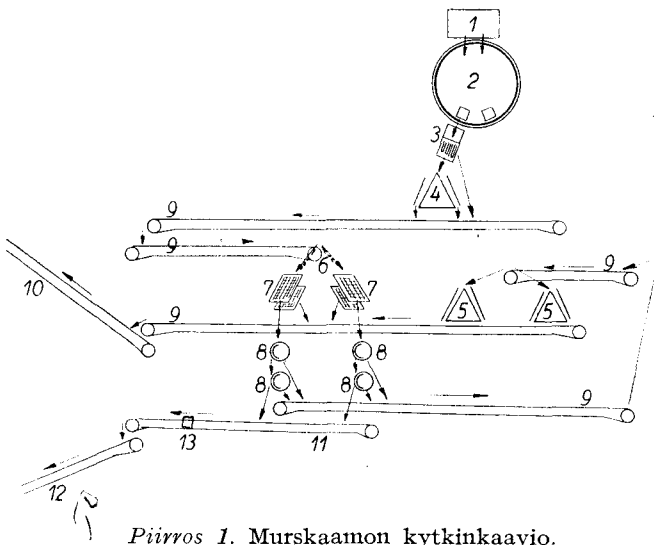
Murskaamo suunniteltiin seuraavia näkökohtia silmälläpitäen:

<sup>1</sup> »Aktienselskapet Titania», av Joh. Lenschow, Tidskrift for Kjemii, bergvesen og metallurgi, No 26-1950.

<sup>2</sup> »Metallurgy at National Lead Company, MacIntyre Development» by Frank R. Milliken, Mining Technology May 1948.



Kuva 7. Murskaamon »hermokeskus».



Piirros 1. Murskaamon kytkinkaavio.

1. Nostokuilu
2. Tornisiilo, 450 tonnia
3. Epäkeskotärysyöttäjä, 50 mm säleikkö
4. 5 1/2' Symons St. kartiomurskain, asetus 30 mm
5. 5 1/2' Symons SH kartiomurskain, asetus 10 mm
6. Vibro-syöttöränni, leveys 800 mm
7. Kaksitasoseula, 1200×3000 mm, seula-aukot 40×30 ja 16×20 mm
8. Magneettinen karkeaseparaattori Ø 600×1400 mm
9. Hihnakuljetin, 800 mm, 1,0 m/s
10. Teräs-kumi-hihnakuljetin, 800 mm, 1,6 m/s
11. Hihnakuljetin, 500 mm, 1,0 m/s
12. Teräs-kumi-hihnakuljetin, 500 mm, 2,2 m/s
13. Adequate hihnavaaka

- Murskaamon maksimikapasiteetti on 300 tn/h, hihnakuljettimien huippukapasiteetti 500 tn/h.
- Käyttömiehistön vuoroa kohti muodostaa yksi murskaamon hoitaja ja yksi raudanpoimija, yhteensä kaksi.
- Avoin piiri murskauksessa ja seulonnassa.
- Murskaamon tärkeimmät koneet, murskaimet, seulat ja separaattorit on sijoitettava mahdollisimman lähelle toisiaan niin, että ne ovat helposti yhden miehen valvottavissa.
- Kaikkien murskaamon koneiden pitää olla saman murskaamon pituussuuntaan kulkevan 10 tonnin traverssin hallittavissa.

— Vastaisen laajennustarve on otettava huomioon siten, että murskaamoon varataan tilat kaksinkertaiselle murskaus-, seulonta- ja separaattori-kapasiteetille.

Louhittu ja kertaalleen kaivoksessa murskattu kivi nostetaan tornisiiloon, jolloin sen maksimiraesuuruus on noin 200 mm. Siilo, jonka tehollinen tilavuus on 500 tn, toimii tasaaajana noston ja murskauksen välillä. Siilon pohjassa olevasta syöttösupilosta syöttää säleikköosalla varustettu epäkeskotärysyöttäjä kiven 5 1/2' Symons Standard-kartiomurskaimen. Säleikköväli syöttäjässä on 50 mm ja sen läpi mennyt materiaali ohittaa murskaimen. Symons Standard, jota käyttää 145 kW:n liukurengasmoottori ja jonka asetus on 30 mm, murskaa kiven alle 50 mm:n raesuuruuteen. Materiaali nostetaan 800 mm leveillä kuljetushihnoilla seulojen yläpuolella olevaan kahtiajakolaatikkoon. Jakolaatikosta syöttää kaksi vibromoottorilla varustettua ränniä kiven kahdelle kaksitasoiselle epäkeskotäryseulalle. Seulapinta on kummasakin 1200×3000 mm ja seulakankaiden aukot 40×30 ja 16×20 mm. Seulojen läpi mennyt kiviaines on riittävän hienoa jauhatukseen ja putoaa suoraan rikastamoon vievälle kuljettimelle.

Seulakankailta yhdistetään karkeat raeluokat, 16—50 mm, ja separoidaan magneettisilla rumpuseparaattoreilla, joiden läpimitta on 600 mm ja leveys 1400 mm. Separatoreilla jakautuu kivi magneettiseksi malmiaineeksi ja epämagneettiseksi sepeliksi. Etuseparaattoreilta saatu sepeli kerrataan vielä toisissa separaattoreissa. Sepeli putoaa 500 mm leveälle hihnakuljettimelle, vaihtuu pitkälle varastokuljettimelle ja kuljetetaan rautatien varteen. Pitkä kuljetin on 500 mm leveä kumitettu teräsihna. Kuljetin nousee 30 m:n korkeuteen, joten sepeliä mahtuu varastoon 50.000 tonnia.

Kaikilta neljältä magneettiseparaattorilta yhdistetään malmiosa 800 mm leveälle kumihihnakuljettimelle, joka nostaa malmin 5 1/2' Symons-SH murskaimen edelleen murskattavaksi. Murskaimia on kaksi, joista toinen on varamurskain. SH-murskainten asetus on 10 mm ja ne murskaavat malmin alle 16 mm:n raesuuruuteen. Murskattu materiaali putoaa 800 mm leveälle kuljettimelle, samalle, jolle seulojen läpimennyt tavara joutui. Kuljettimelta malmi vaihtuu rikastamoon johtavalle pitkälle 800 mm leveälle kumiteräskuljettimelle. Siilon tehollinen tilavuus on 3000 tonnia.

Kaikki murskaamon koneet saa käynnistettyä ja pysäytettyä kauko-ohjauspöydästä. Pöydään on myös kytketty murskainten kW-mittarit, separaattorien tasavirran A-mittarit ja säätövastukset. Koneet voidaan käynnistää vain määrättyssä järjestyksessä. Pöydän pystylevyllä on esitetty murskauskaavio. Käynnistettäessä syttyy konetta vastaava lamppu kaavioon palamaan. Mikäli joku kone syystä tai toisesta pysähtyy, pysähtyvät kaikki sitä edeltäneet koneet paitsi murskaimet. Kaaviosta näkee heti mikä kone on ollut häiriöön syyppää. Rinnakkaisia piirejä voidaan ajaa erikseen tai yhdessä automatiikan silti säilyessä.

Murskaamosta on vuoden 1954 loppuun mennessä ajettu läpi 628000 tn ja käyttö on osoittanut seuraavaa:

- Murskaamo käy kahta vuoroa ja päivässä murskattava kivimäärä on noin 2100 tn.
- Tehollinen kapasiteetti on 220 tn/h ja tehollinen murskaus aika 5 h/vuoro.
- Murskaamon hetkellinen huippukapasiteetti on noin 450 tn/h ja tällöin on vain yksi SH-murskain käynnissä.

Huomattavimmat käyttökokeemukset ovat seuraavat: — Vuoroa kohti on täytynyt ottaa vielä kolmas käyttömies, jonka tehtävänä on kuljetinten valvominen ja puhdistustyöt. Hihnakuuljetin alahihnalta tippuvan tavaran aiheuttama murskaamon likaantuminen ja ylimääräinen puhdistustyö on saatu suureksi osaksi eliminoidua varustamalla alarullat 2 cm korkeilla ja 2 cm leveillä kumirenkailla. Renkaita on 800 mm'ia leveän hihnakuuljetin alarullalla 4 kpl. Kaavauksen jälkeen hihnaan kiinni jäänyt tavara putoaa vain näiden kaapeiden rullien kohdalta, lopun tavaran pysyessä hihnassa.

— Murskaamosta ulos johtavat sepeli- ja malmihihnat, jotka ovat ensimmäiset Suomeen asennetut kumi-päällysteiset Sandviken'in teräshihnat, ovat toimineet erittäin tasaisesti ja käyttövarmasti. Hihnat ovat hankintakustannuksiltaan halvempia kuin tavalliset hihnat silloin, kun kanvaasikerrosten lukumäärä on 5 tai sitä korkeampi. Teräshihna kestää huomattavasti suuremman vetojännityksen kuin kumihihna, mikä määrättyissä raskaasti kuormitetuissa hihnoissa merkitsee yksinkertaisempaa käyttökoneistoa. Niinpä Otanmäen malmihihnassa vältyttiin teräshihnan avulla tandemvedosta.

— St-murskaimen läpi on ajettu vuoden 1954 loppuun mennessä 628000 tn ja SH-murskaimen läpi 310000 tn. Murskainten vaippoja ei ole vielä tarvinnut vaihtaa.

— Murskaamon primäärisyöttäjänä toimiva säleiköllä varustettu epäkeskotärysyöttäjä ei toiminut tyydyttävästi. Karkea, hieno, kuiva ja kostea kivi juoksevat aivan eri nopeudella siiloaukosta ja syöttäjää pitkin. Karkea ja kuiva kivi nopeasti, hieno ja kostea hitaasti. Syöttäjän tehoa voidaan säätää kaltevuutta muuttamalla, mutta tämä säätötapa on liian ahdas. Kiven laatu saattaa vaihdella useaan kertaan vuoron aikana. Lisäksi siiloaukosta ränniä pitkin vapaasti juokseva kivi asettui useimmiten paksuksi kerrokseksi syöttäjän päälle. Syöttäjän tärykoneisto ylikuormittui eikä säleikköosa päässyt seulomaan tehokkaasti.

Asia korjattiin asentamalla siilon ränniin paineilmalla toimiva sulku- ja säätöluukku. Luukun avulla syöttö on hallittavissa kaikenlaisella kivellä ja tärysyöttäjän seulontatyö tehostuu. Luukku säätää raudanpoimija, joka siis samalla toimii syöttäjänä. Otanmäen magneettisella malmilla ei magneettisia raudanpoimijoita voida käyttää. Rauta on poimittava käsin. Vuoroa kohti löytyy 10—20 erilaista rautakappaletta ja 300 litran tynnyrillinen puunkappaleita. Yksi leka on päässyt Symons Standardin läpi häiriöitä tuottamatta.

— Murskaamossa esiintyvät useat vaihtosuppilot ja rännit suunniteltiin alunperin siten, että niissä kiven putoamiskohtiin muodostui kulutuspatjat malmista. Useista suppiloista kulutuspatjat on täytynyt korvata teräslevyistä tehdyillä liukupinnoilla, sillä patjat hidastivat liiaksi kiven juoksua. Vaihtosuppiloissa on huomioitava se seikka, että materiaalivirran suunnan muuttuessa materiaalin nopeus pienenee, minkä takia supillon tulee olla avara pysyäkseen tukkeutumatta.

— Karkeaseparoinnin tulokset ovat erittäin hyvät. Sepelin magneettiipitoisuus on suoritetuissa tutkimuksissa ollut 1.5—1.6 % ja TiO<sub>2</sub>-pitoisuus 4—5 %. Magneettiin ja ilmeniitin saannit karkeaseparoinnissa ovat 98 % ja 90 %.

Separointia haittaa malmin kosteus. Separoinnin luonteeseen kuuluu, että rakeiden pitää olla mahdollisimman erillään toisistaan, jotta ne voivat suorittaa omakoh-taisen valinnan magneettisen kentän suhteen. Soija-aines liisteröi koko syötön yhdeksi patjaksi, joka tosin pääasiassa nousee rikasteeseen, mutta vie samalla raakua

mukanaan. Seulonnan tarkoitus on poistaa tämä haitta. Kosteus aiheuttaa magneettiitappioita, myös siten että sepelikiven pintaan tarttuu hienoa magneettiisoijaa.

Taulukko 2 esittää magneettisen karkeaseparoinnin tulokset.

Taulukko 2.

	Karkeaseparointi	
	Rikaste	Jäte
Käsin poimittuja magn.rakeita, paino-%	96.2	0.3
Käsin poimittuja epämagn.rakeita, paino-%	3.8	99.7
Magneettiä, % (anal.)	37.4	1.6
Fe, % (anal.)	41.7	12.4
TiO <sub>2</sub> , % (anal.)	16.7	4.3
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> saanti, %	95.9	4.1
Fe TiO <sub>3</sub> saanti, %	79.0	21.0

### Rikastamo.

Rikastamon kytkinkaavio on esitetty piirroksessa 2. Kytkinkaavio on yritetty tehdä mahdollisimman yksinkertaiseksi ja koneyksiköt on valittu suhteellisen suuriksi.

Koneiden valinnassa ja sijoituksessa on noudatettu seuraavia periaatteita:

— Tehtaan pitää täyden tuotannon aikana tuottaa vuodessa 175000 tn rautarikastetta, 80000 tn ilmeniittirikastetta ja 4000 tn rikkirikastetta. Nämä rikastemäärät edellyttävät 520000 tn rikastamon syöttöä ja 660000 tn louhintaa. (Louhitusta kivistä erotetaan 21 % eli 140000 tn sepeliä karkeaseparoinnin avulla murskaamossa.)

— Materiaalikulun runkona on lietteen virtaus painovoiman avulla. Pääkoneryhmät: myllyt, magneettiset separaattorit ja vaahdotuskennot sekä kolmanneksi saakeuttajat ja suotimet on porrastettu pystysuunnassa.

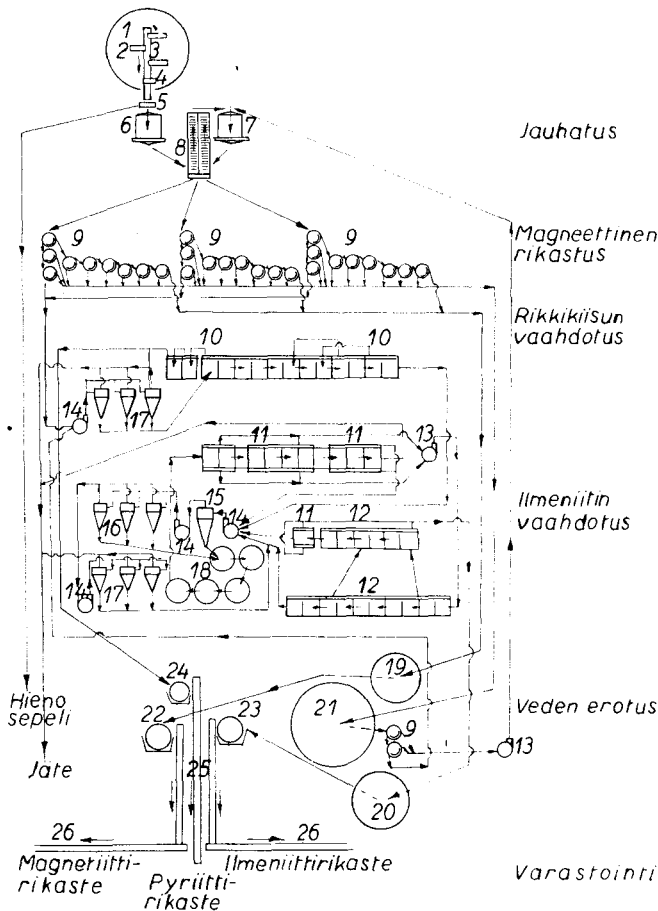
— Vastainen laajennus on huomioitu sikäli, että poistamalla rikastamon toinen päätyseinä voidaan rikastamo kaksinkertaistaa. Koneet joutuvat nykyisten traverssien alle pidentämällä vain traverssien kiskoja. Sellaiset rakennusosat ja koneet, joita on myöhemmin hankala kaksinkertaistaa, on jo nykyiseen rikastamoon varattu miljoonan tonnin tuotantoa varten. Tällaisia laitteita ovat suotimet ja rikasteen varastoimishihnat.

### Rikastamon syötön järjestely.

Rikastamon siilon tehollinen tilavuus on 3000 tn. Siilo on 20 m korkea ja sen läpimitta on 12 m. Siilon alla on kolme syöttöaukkoa. Syöttäjinä toimii kolme lyhyttä hidasta syöttöhihnaa, jotka syöttävät yhteiselle kokoojahihnalle, joka vuorostaan syöttää malmin tankomyllyyn.

Syötön määrä kontrolloidaan viimeksimainitulle hihnalle asennetulla Adequate-hihnavaa'alla. Suunnittelu-vaiheessa suhtauduttiin pienellä epävarmuudella korkean siilon kykyyn syöttää tasaisesti, mutta käyttö on osoittanut syöttöjärjestelmän toimivan erittäin tasaisesti ja varmasti. Lyhyistä syöttöhihnoista ei tarvitse olla kuin yksi kerrallaan käytössä.

Hihnavaa'an avulla on suoritettu syötön tasaisuuden käyttötutkimus siten, että vaa'an lukema luettiin tarkalleen joka 10 min. kuluttua vuoron aikana. Näin saatiin kunkin 10 min aikana syötetty tavaramäärä. Havaintoarvojen keskiarvon keskivirhe oli 1.3 % ja suurimmat poikkeamat —4.4 % ja +2.6 %.



Piiros 2. Rikastamon kytkinkaavio.

1. Siilo, 3000 tonnia
2. Syöttösuppilot ja syöttöhihnat, 800 mm
3. Hihnakuljetin, 800 mm
4. Adequate hihnavaaka
5. Magneettinen karkeaseparaattori,  $\varnothing 600 \times 1400$  mm
6. Tankomylly,  $9' \times 12'$
7. Kuulamylly,  $9' \times 12'$
8. Luokittelija, Dorr — Duplex FX,  $8' \times 30'$
9. Magneettiset separaattorit,  $\varnothing 400 \times 1400$  mm
10. Rheinhausen vaahdotuskennot, 1500 l
11. Fagergren vaahdotuskennot,  $66'' \times 66''$
12. Knapp & Bates vaahdotuskennot,  $47'' \times 47''$
13. 4" Wilfley pumput
14. 6" Wilfley pumput
15. Liejuneroituskartio,  $\varnothing 750$  mm
16. Liejuneroituskartiot,  $\varnothing 10''$
17. 3 ryhmää liejuneroituskartioita,  $\varnothing 4''$
18. Valmentajat,  $6' \times 6'$
19.  $\varnothing 4$  m sakeuttaja
20.  $\varnothing 6$  m sakeuttaja
21.  $\varnothing 8$  m sakeuttaja
22. Magneettinen rumpusuodin,  $\varnothing 2000 \times 1400$  mm
23. Rumpusuodin,  $5' \times 8'$
24. Rumpusuodin,  $3' \times 4'$
25. Hihnakuljetin, 500 mm, 1,0 m/s
26. Teräs-kumi-hihnakuljetin, 500 mm, 1,0 m/s

Hihnavaaka nollataan joka päivä. Noin kerran viikossa, kun tankomyllyyn syötetään tankoja, hihnavaaka vaakitaan. Tyhjänäkäynnin keskivirhe on ollut 0.35 % ja vaakitusarvojen keskivirhe 1.06 %.

#### Hienosepelin magneettinen erotus.

Rikastamon syöttömateriaali sisältää seulojen läpäisemän sivukiven, sekä malmin hienomurskauksessa vapautuneen raakun. Tämä harmeaines poistetaan ennen

tankomyllyä magneettisella separoinnilla. Tavara syötetään lietteenä rummun päälle. Separattorin rumpuna on väliaikaisesti murskaamon yksi vararumpu, jonka mitat ovat  $1400 \varnothing 600$  mm. Varsinaisiksi rummuiksi on tilattu kaksi kestomagneettirumpua, jotka asennetaan siten, että epämagneettinen aines kertaantuu.

Karkeaseparointi erottaa käyttötulosten mukaan noin 10 % syöttömalmista ja sepelin  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -pitoisuus on 3—4 % ja  $\text{TiO}_2$ -pitoisuus 6—8 %.

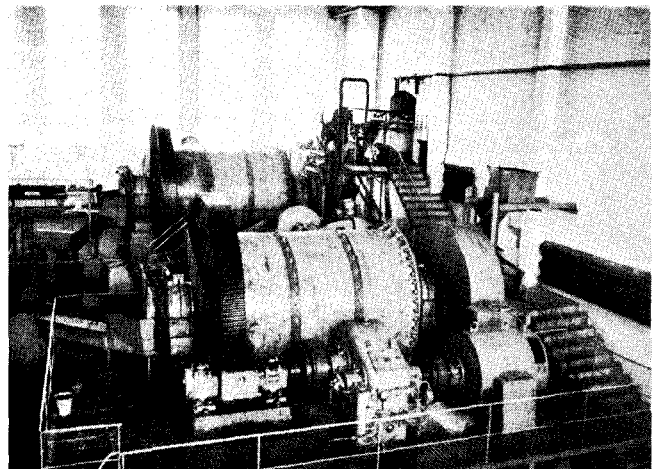
#### Jauhatus.

Jauhatus tapahtuu kahdessa vaiheessa tanko- ja kuulamyllyssä. Myllyjen välissä on luokittelija, johon kummankin ulostulotavara syötetään ja joka palauttaa karkean tavarankuulamyllyyn. Sekä kuula-, että tankomylly ovat ylijuoksutyyppejä, kooltaan  $9' \times 12'$  ja identtiset. Tankomyllyn syöttö on järjestetty siten, että kaulan sisään menee 350 mm:n pituinen ja 300 mm:n läpimittainen putki, joka on kiinni syöttösuppilossa. Syöttösuppilon ja tankomyllyn välinen tiivistys on järjestetty labyrinttitiivistyksen mukaisilla estelevyillä ja talitiivistellä. Kuulamylly on varustettu kaksipuolisella syöttökauhalla.

Kumpaakin myllyä voidaan ajaa millä tahansa seuraavista kolmesta kierrosluvusta 15,5, 17,8 ja 20,3. Kierrosluvun korottamiseen tarvittavat hammaspyörät tilattiin varapyörinä hammasvaihteiden mukana.

Vuorauksena on kolmiosainen palkkivuoraus. Palkit ovat yhtä pitkät ja ne kiinnitetään kahden kiilapalkkirenkaan ja päätyvuorauslevyjen avulla. Palkkien välissä on 25 mm leveät puusäleet. Niiden tarkoituksena on keventää vuorauksen painoa ja samalla turpoamisen vaikutuksesta ponnistaa vuoraus yhdeksi liikkumattomaksi ja samalla joustavaksi kokonaisuudeksi.

Vuorauksen kulumisesta ei ole vielä lukuja. Puusäleiden käyttö kuulamyllyssä on osoittautunut päteväksi. Puun kuluessa tarttuu palkkien väliin kuularivi, joka suojaa puun enemmältä kulumiselta. Tankomyllyssä jauhettava tavara on karkeampaa ja kuluttaa puuta enemmän. Siellä ei myöskään ole sopivan kokoista rautaa, joka tarttuisi vuorauspalkkien väliin. Tankomyllyn ulostulopään puoleisessa vuorausrenkaassa puusäleet ovat kuluneet niin paljon, että palkit ovat päässeet liikahtamaan. Kun vuorauspalkit ladotaan uudestaan tullaan



Kuva 8. Jauhatusosasto.

Taaempana tankomylly, edessä kuulamylly. Tankomyllyn syöttöpäässä näkyy syöttöhihna ja karkeaseparaattorin rumpu.

Taulukko 3.  
Myllyjen teknilliset arvot

	Tankomylly	Kuulamylly
Koko .....	9' × 12'	9' × 12'
Käyttömoottori .....	550 kW, liukurengas	sama
Kierros-luku .....	15.5 kierr/min.	17.8 kierr/min.
Jauhinkappaleet .....	30 tn tankoja, Ø 80 mm	30 tn kuulia, Ø 30 mm
Lietetiheys .....	70 %	60 %
Tehontarve 70 tn:n syötöllä .....	270 kW	260 kW
Tankokulutus .....	300 g/tn	—
Kuulakulutus .....	—	300 g/tn
Jauhatus (—200 mesh) .....	21 %	30 %

palkkien välissä käyttämään vain 7 mm leveitä puusäleitä. Tankomyllystä poistetut palkit voidaan käyttää kuulamyllyssä loppuun. Kun tankomyllyssä kohopalkki on kulunut liian matalaksi, poistetaan matalin palkki ja korvataan korkealla. Tällaisen vuoraustyypin käyttökelpoisuus selviää vasta ajan kanssa ja määräytyy käytövarmuudesta ja palkkien romuprosenttiluvusta.

#### Magneettinen rikastus.

Varsinaisen rikastusprosessin ensimmäisenä vaiheena on magnetiitin magneettinen separointi.

Jäljessä seuraava ilmeniitin vaahdotus asettaa magneettiselle separoinnille sellaisen vaatimuksen, että saannin pitää olla käytännöllisesti katsoen 100 %. Magneetti vaahdotuu nim. aivan samoin kuin ilmeniitti ja jos ilmeniittivaahdotuksen syötössä on magnetiittia, nousee se ilmeniittirikasteeseen ja tekee rikasteen myyntikelvottomaksi.

Toisena vaikeutena on ilmeniitin magneettisuus. Kenttävoimakkuuksien pitäisi olla sellaiset, että magneetti nousee rikasteeseen mutta ei ilmeniitti.

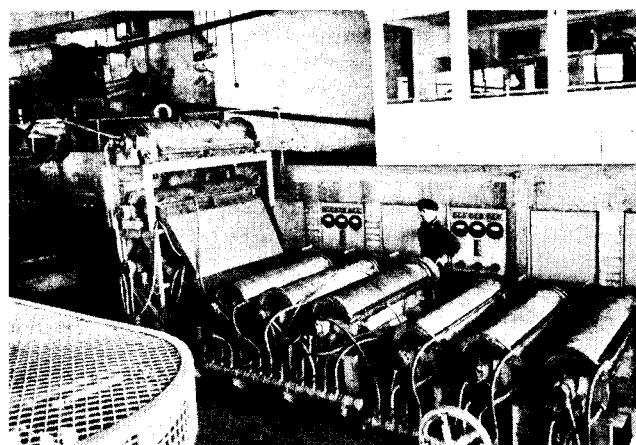
Nämä vaikeudet huomioonottaen on separaattorit ryhmitetty tavallisuudesta poikkeavalla tavalla. Magneettiseen separointiin tilatut 30 rumpua oli aluksi asennetut rinnakkain kolmen rummun sarjoissa. Aivan koe-käytön alkuvaiheessa rummut asennettiin uuteen järjestykseen 9 rummun ryhmiin. Valmiiksi jauhettu materiaali syötetään kolmeen samanlaiseen piiriin, joissa kussakin on siis 9 magneettirumpua (Ø 400 mm × 1400 mm). Ensimmäiseltä rummulta saatu jäte kerrataan kahdesti ja saadaan lopullinen magneettiijäte. Eturikaste kerrataan kuusi kertaa. Eturumpuja ajetaan täydellä virranvoimakkuudella, 13—14 A. Säätoivastusten avulla pienennetään kertausrumpujen amperimäärä 5—7 A. Kahden alemman eturummun rikasteet ja kertausrumpujen jätteet yhdistetään välituotteeksi, joka sakeutetaan 8 m Ø sakeuttajassa ja pumpataan 4" Wilfley-pumpulla separaattoriryhmään, jonka erottama magneettinen tuote jaetaan kolmeen osaan ja syötetään kertausrummuille uudelleen rikastettavaksi. Eimagneettinen osa johdetaan pyriitinvaahdotukseen. Sakeuttajan ylitevesi on ilmeniittiliejua ja johdetaan jäte-ränniin.

Vanha järjestelmä ei antanut riittävän magnetiittivapaata jätettä eikä kunnollista rikastetta. Uusi järjestelmä takaa magnetiittivapaan jätteen. Kuusi kertausta entisen kahden asemasta antaa hyvän rikasteen vaikkakin rumpuja kuormitetaan 3-kertaisesti alkuperäiseen ryhmittymiseen verraten.

Nykyisen kytkennän idea ei rikastusteknillisesti ole uusi, vaikka se ei ehkä ole näin selvästi toteutettu muissa

magneettisissa rikastuslaitoksissa. Mm. kaikissa vaahdotuspiireissä se on käytössä. Vaahdotuksessahan eturikaste otetaan kennoryhmässä, jossa on useampia yksiköitä sarjassa. Ensimmäisen kennon antaa parhaan rikasteen, mutta sen jätteessä on vielä paljon arvomineeraaleja. Kenno kennonlta rikaste huononee, mutta jäte paranee. Tällä tavoin saadaan hyvä saanti. Eikä myöskään eturikasteen tarvitse olla huonoa, sillä kertaukseen otetaan vain ensimmäisten kennon rikaste, viimeisten kennon rikasteen palautuessa syöttöön. Aivan samoin on eturummut järjestetty Otanmäen magneettisessa piirissä. Rummot on asennettu alekkain, jotta edellisen rummun jäte saadaan kätevästi ohjattua seuraavalle rummulle.

Laatikkotyypin kokeilu on jatkunut myös varsinaisessa tehtaassa. Kolmessa rinnakkaisessa piirissä oli kertausrumpujen laatikoina 1) Löwenhjelmin periaatteen mukaiset, 2) myötävirta- ja 3) vastavirtalaatikat. Kunkin ryhmän etuseparaattoreissa oli myötävirtalaatikat. Käytökokeissa todettiin, että näiden laatikkotyypin antama rikaste oli pitoisuudeltaan samaa suuruusluokkaa, mutta vastavirtalaatikon antama jäte oli selvästi magneettiivapaampi. Myötävirtalaatikko on käyttövarmin sikäli, että se sietää suuria vaihteluja syötteen liete-tiheydessä, rapkoossa ja määrässä. Vastavirtalaatikkaa pitää ajaa tasaisissa olosuhteissa, sillä liian sakea, liian karkea ja liian vähäinen syöte tukkeavat laatikon. Kaikki kertauslaatikat on muutettu vastavirtalaatikoiksi.



Kuva 9. Magneettinen separaattoriryhmä. Kuvassa näkyy päällekkäin asennetut eturummut sekä 6 kertausrumpua.



Taulukko 4.  
Rikastustuotteet huhtikuussa 1954.

	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>		Fe %	TiO <sub>2</sub>		S		V %	Co %	H <sub>2</sub> O %
	%	Saanti %		%	Saanti %	%	Saanti %			
Rikastamon syöte ..	31	100	39.2	14.9	100	0.60	100	0.24		1.2
Hienosepeli*) .....	4.5	0.7	19.3	8.4	2.5	0.52	3.9	0.10		
Tankomylllyn syöte ..	32	99.3	40.1	15.2	97.5	0.60	96.1	0.25		
Magneetiittirikaste ..	89	97.7	65.7	5.5	13.6	0.44	8.6	0.52		10.0
Pyriittirikaste .....	0.0	0.0	44.4	0.62	0.0	47.4	69.6	0.00	0.74	6.4
Ilmeniittirikaste ..	1.2	0.7	37.7	44.8	50.8	0.12	3.4	0.19		7.7
Jäte + lieju .....	0.7	0.9	18.1	12.0	33.1	0.21	14.5	0.095		

Taulukko 5.  
Magneetiittirikasteen seulaluokkien analysit.

Seula		Paino %	Fe, %	TiO <sub>2</sub>	
Mesh	mm			%	Saanti %
	0.485	---			
	.223	0.39	29.1	4.6	0.4
	.175	0.71	48.1	6.0	0.7
100	.147	2.05	60.0	5.0	1.7
150	.104	15.50	65.8	4.5	12.3
200	.074	19.20	67.1	4.5	15.1
—200	—0.074	62.15	66.4	6.4	69.8
Yht.		100.00	66.03	5.70	100.0

Taulukko 6.  
Magneetiittirikasteen luokitteluanalyysi.

Raeluokka		Paino, %	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , %
Mesh	mm		
200	0.074	93.0	96
270	0.053	3.8	64
400	0.037	1.5	12
	0.026	1.0	1.3
	—0.026	0.7	0.6
Yht.		100.0	91.7

Syötemateriaalin magneetiittipitoisuudet eri eturumuilla ovat seuraavat: ylin 40–45 %, keskimäinen 10 %, alin 2 % ja jäte 0.2–0.4 %. Ylimmän rummun rikaste johdetaan kertausrummuille, joissa se puhdistuu niin, että lopullisen rikasteen magneetiittipitoisuus on lähellä 90 %, mikä vastaa yli 65 %:in Fe pitoisuutta.

Taulukossa 4 esiintyy käyttötulokset huhtikuussa 1954. Magneetiittirikasteen pitoisuus oli 65.7 % Fe ja 5.5 % TiO<sub>2</sub>. Valtaosa rikasteen sisältämästä ilmeniitistä on hienoimmista raeluokissa. Taulukon 5 mukaan 69.8 % rikasteen TiO<sub>2</sub>-sisällöstä on alle 200 meshin raeluokassa ja siis vapaana ilmeniittinä. Tämä hieno ilmeniitti on sikäli magneettista, että se magneettisessa kentässä tarttuu magneettisiin flokkeihin eikä tahdo erota märkäseparoinnissa. Kun magneettista kenttää ei ole läsnä saadaan ilmeniittihiukkaset sekoittamalla eroamaan magneettisista flokkeista ja esiintymään omina rakeinaan. Tämä ilmenee taulukosta 6, jossa on esitetty magneetiittirikasteen luokitteluanalyysi. Luokittelu on suoritettu dekantoimis menetelmällä käyttäen laskuissa magneetiitin ominaispainoa 5.0. Magneetiitti on sikäli flokkulointunutta, että se luokittelussa esiintyy + 200 meshin

tavarana, vaikka rikaste sisältää yli 60 % alle 200 meshin yksittäisrakeita. Luokittelun erottamat hienot raeluokat ovat ilmeniittiliejua.

Luokitteluperiaatetta pyritään käyttämään hyväksi mm. seuraavissa magneetiitin rikastusvaiheissa.

Suuri vedenkäyttö kertauseraattoreiden vastavirtalaatikoissa. Vastavirtalaatikko muodostaa altaan, jossa on mahdollisuus luokitteluun, kunhan laimennus on vain riittävä.

8 metrin sakeuttaja, joka toimii kaikkien välituotteiden kokoojana, poistaa välituotteesta hienon ilmeniitin. Sakeuttajan ylite sisältää vain 0.2 % magneetiittia, mutta sitävastoin 21 % TiO<sub>2</sub>. Ylite johdetaan jäteränniin, sillä vaahdotuksessa ei hienoa ilmeniittiä kuitenkaan saada talteen.

#### Pyriitin vaahdotus.

Pyriitin vaahdotus on normaali.

Piirin kytkentä ilmenee piirroksista 2. Vaahdotuskennona on Stahlbau Rheinhausenin valmistama jonkun verran muunneltu Denver kennotyyppi. Vaahdotusreakgenssina käytetään 125 g/tn kaliumetyliksantaattia, 25 g/tn vaahdottajaöljyä Oulu TJ ja 15 g/tn rikkihappoa. pH arvo on 5.0–5.3.

Rikkirikasteen pitoisuus on 47.4 % S ja saanti 69.6 %, kuten taulukosta 4 ilmenee.

#### Ilmeniitin vaahdotus.

Ilmeniittivaahdotuksen vaikeutena on myyntikelipaisen ilmeniittirikasteen laatuvaatimus: TiO<sub>2</sub>-pitoisuuden alaraja 44 %. Kun Otanmäen rikastusteknillisesti puhtaan ilmeniitin TiO<sub>2</sub>-pitoisuus on 48.0 % pitää rikasteen puhtausasteen olla 92 %. Näin puhtaaseen rikasteeseen ei esim. kiisuvaahdotuksessa useinkaan päästä.

Ensimmäisenä vaiheena ilmeniittivaahdotuksessa on liejuneroitus. Tyypillisenä oksidivaahdotuksena ilmeniittivaahdotuksen tulee olla liejuvapaata. Lieju poistetaan driessenin kartioilla. Liejuneroituslaitteet toimitti Dorr Co:n hollantilainen sisaryhtiö. Laitteisiin kuului yksi suuri etukartio ja 36 pientä jälkikartiota. Jälkikartiot toimivat rinnan kuuden kartion sarjoissa. Pumpauksen suoritti kaksi 6" Wilfley-pumppua. Paineet olivat 0.5 atm. etukartiassa ja 2.5 atm. jälkikartiassa. Liejuneroituslaitteita ei saatu tyydyttävästi toimimaan. Jälkikartioiden aliteputkisto ei pysynyt auki eikä suljetussa kytkennässä tiennyt mitkä jälkikartiosta olivat tukossa. Seurauksena olivat raskaat ilmeniittitapit liejussa.

Ilmeniitin vaahdotus asettaa liejuneroitukselle sellaisen kertakaikkisen vaatimuksen, että alitteen tulee olla liejuvapaata. Driesseneitä täytyy näin ollen ajaa suljetuina alitteen lietetiheyden ollessa maksimi, eli noin 70 % kiintoainesta. Tällöin driessenit toimivat ylikuormitetuina ja ylitteen mukana karkaa kiintoainesta.



Nykyisessä kytkennässä liejuneroitus on kolmiasteinen. Ensimmäisenä eroittimena on 750 mm läpimittainen kartio, joka erottaa alitteen karkeimman aineksen. Ylite pumpataan 2.5 atm. paineella 10" kartioihin, joita on viisi kappaletta, mutta joista vain 3 tai 4 on samanaikaisesti käytössä.

10" kartioiden ylite pumpataan 2.5 atm. paineella alkuperäisiin jälkikartioihin, joita on 3 ryhmää ja kussakin 6 kpl 4" kartioita. Näiden kartioiden ylite on lopullista liejua. Alite johdetaan takaisin ensimmäisen kartion pumppusäiliöön. Alitteen lietetiheys on 30—40 % kiintoainesta ja alitetta kuristetaan mahdollisimman vähän, jotta erotusraja pysyisi matalana.

Näin kytkettyinä driessenit ovat toimineet paremmin kuin alkuperäisessä kytkennässä mutta niiden toiminta ei ole vielä kukaan tyydyttävä. Toimiakseen häiriöttä kartiot vaativat vakiosyöttömäärän, vakiolietetiheyden, vakioapaineen ja kulumattomat osat. Näin muuttumattomia olosuhteita on mahdotonta saavuttaa käytännön rikastamossa.

Vaahdotusagensseina ilmeniille käytetään mäntyöljyä, soodaa ja rikkihappoa. Mäntyöljyä kuluu runsaasti, 1.1—1.3 kg rikastamon syöttötonnille. Tämä määrä on noin 3—4 kertaa suurempi kuin mitä laboratoriotutkimusten perusteella oletettiin. Suuren kulutuksen aiheuttaa pääasiassa rikastamon käyttöveden humushapopitoisuus. Humushapot pidentävät valmennusaikaa, lisäävät reagenssikulutusta ja huonontavat saantia. Rikasteen pitoisuuteen ne sitävastoin eivät vaikuta. Humushapoilla on siis aivan ilmeinen vaahdotuspainajan luonne. Tämä ilmenee mm. ilmeniitin kertauksissa, joissa lisätty tuorevesi sammuttaa vaahdon kokonaan, ellei samalla lisätä huomattavasti mäntyöljyä.

Mitä enemmän mäntyöljyä syötetään, sitä parempi on saanti, rikasteen silti huonontumatta. Suuri mäntyöljymäärä parantaa myös vaahdon asua. Ilmeniittivaahdo on asultaan hyvin raskasta ja vaahdotkerros on ohut. Vaahdon luonteen parantamiseksi on tehty tutkimuksia, mutta mikään tunnettu vaahdottaja ei auta tilannetta. Lietepintojen tulee kennoissa olla tarkkaan kohdallaan, jotta vaahdo voitaisiin kuoria ilman lietettä. Pieninkin pH vaihtelu tai pumppujen epätasainen toiminta aiheuttaa vaihteluita lietemäärissä ja vaikeuttaa tasalaatuisen ja -määräisen tuotteen aikaansaamista.

Vaahdotusjätteen laatua seurataan jatkuvasti pienellä tärypöydällä. Kalvopumppu pumppaa jätettä pöydälle ja rikasteena erottuvan ilmeniittivyön leveydestä voidaan arvioida vaahdotussaanti.

Soodaa käytetään valmennuksessa nostamaan syöttöveden pH 5,4 arvoon 6,6. Valmennus lähellä neutraalipistettä parantaa selvästi saantia. Valmennusaika on 20 min.

Rikkihapolla säädetään rikasteen pitoisuutta. Etuvaahdotuksessa on pH 4,8 ja kertauksissa 4,5 ja 3,5. Oikeiden pH-arvojen pysyttäminen vaahdotuksessa on ensiarvoisen tärkeää. Vaahdotuspiiriin on Leads & Nothrup Co:lta tilattu jatkuvakäyttöinen pH-mittauslaite, joka on varustettu Speedomax 6-pistepiirillä.

#### Veden erotus.

Saadut rikasteet kuivataan rumpusuotimilla. Suotimet on toimittanut Sala Maskinfabrik Ab Ruotsista.

Pyyriitti- ja ilmeniittirikasteiden kosteus vaihtelee 6—9 %:iin riippuen suodinkankaan kunnosta.

Magneetiin suodattimena on magneettinen rumpusuodin, joka on toinen kpl tyyppiään maailmassa. Siinä normaalin rumpusuotimen sisällä on voimakkaat mag-

neetit. Magneetit auttavat imua tartuttamaan rikasteen rumpun pintaan. Tuloksena on normaalia paksumpi suodinkakkukerros ja suuri kapasiteetti. Lisäksi suodin toimii viimeisenä magneettisena kertatajana. Suodin on arempi käyttöhäiriöille kuin normaali rumpusuodin ja antaa kosteamman rikasteen. Suotimen lähempi arviointi saa jäädä myöhempään, sillä sen käyttötutkimukset jatkuvat.

#### Varastointi.

Rikasteet varastoidaan ulos 300 m pitkälle varastoalueelle. Rikasteen kuljetuksen ja jakelun suorittavat hihnat, jotka kulkevat 15 m:n korkeudessa. Rikaste kaavataan halutulla kohdalla ja pudotetaan automaattisella pudotuslaitteella 100—200 kg:n erissä alas. Pakkasan aiheuttamat jäätymis- ja huurtumisvaikeudet on eliminoitu liimaamalla alarullien päälle 4 mm paksu kumisukka. Kovalla pakkasella rikaste jäätyy kiinni myös hihnaan. Joustavat kaavarit eivät tällöin sovellu. Kiinteä kaavari, joka on asennettu 1—2 mm:n päähän hihnasta päätyrumpun vaakatasoon, puhdistaa hihnan riittävästi.

Ulkovarastosta lastaa 1.5 m<sup>3</sup> kauhalla varustettu Weserhütte No 12 kaivinkone rikasteen rautatievaunuihin edelleen kuljetettavaksi Oulun satamaan. Varastoalueella on tilaa 6 kuukauden tuotannolle, joka vastaa Oulun sataman jäässäolokautta talvella.

#### Rikastamon käyttömiehistö, sähkövoima ja vesi.

Taulukko 7 esittää rikastamon käyttömiehistön vuoroa kohti. Murskaamo käy kahta vuoroa, rikastamo kolmea.

Rikastuosaston koko asennettu moottoriteto on noin 2000 kW. Taulukko 8 osoittaa tehon jakautumisen rikastuksen eri vaiheissa elo-lokakuussa 1954.

Rikastamon vedenkulutus on noin 8 m<sup>3</sup>/tn eli 9 m<sup>3</sup>/min. Suurin veden kuluttaja on magneettinen rikastus. Vesi pumpataan 4 kilometrin päässä sijaitsevasta joesta. Joen äärellä on automaattinen pumppuasema. Vesijohto on läpimitaltaan 500 mm, valurautaputkea. Paine- korkeus joelta Otanmäen vesisäiliöön on 60 m.

Taulukko 7.

Rikastuosaston käyttömiehistö

	vuoroa kohti	päivää kohti
<i>Murskaamo</i>		
Murskaamon hoitaja . . . . .	1	2
Syöttäjä . . . . .	1	2
Puhdistaja . . . . .	1	2
Yhteensä	3	
<i>Rikastamo</i>		
Ylimestari . . . . .		1
Korjaus ja huoltomestari		1
Koneiden huoltaja . . . . .		1
Sähkölaitteiden huoltaja		1
Korjausryhmä . . . . .		4
Vuoromestari . . . . .	1	3
Jauhatusmies . . . . .	1	3
Magneettiseparointimies	1	3
Vaahdottaja . . . . .	1	3
Suodinmies . . . . .	1	3
Hihnakuuljetinmies . . . . .	1	3
Apumies . . . . .	1	1
Vuorottelija . . . . .	1	3
Yhteensä	8	38

# Jumiskon voimalaitoksen tunnelilouhinta

*Dipl.ins. MATTI KALLIOKOSKI*

*Pohjolan Voima Osakeyhtiö*

Suomen ensimmäistä tunnelivoimalaitosta Jumiskoa aloitettiin Pohjolan Voima Osakeyhtiön toimesta rakentaa vuoden 1951 lopussa. Suunnitelman mukaan oli vuosien 1952—53 aikana louhittava n. 7500 m poikkileikkaukseltaan 28 m<sup>2</sup> suuruista tunnelia sekä lisäksi konehelli kalliota sisään. Vuosi 1952 kului rakennustöiden yleisjärjestelyihin ja louhintatöiden pääosa jouduttiin suorittamaan vuonna 1953.

Kalliota laatu koko tunnelityöalueella oli graniittia, joka louhintaominaisuuksiltaan ja sopivaisuudeltaan tunnelirakennelmiin oli suhteellisen hyvää. Vain hyvin rajoitetulla alueella esiintyi gneissia ja liusketta. Mitään tunnelikatkon tukemisia ei tarvinnut tehdä.

Työn yleisjärjestely perustui ajatukseen käyttää koulutettuja porareita ainoastaan poraukseen samoin kuin lastaus- ja kuljetuskoneiden ajajia vain louhittujen kalliomassojen käsittelyyn. Luonnonolosuhteet antoivatkin tähän ensiluokkaisen mahdollisuuden, sillä louhintaa voitiin suorittaa kahdeksassa eri kohdassa. (Kuva 1)

Louhintatyöt suoritettiin yleensä kolmivuorotyönä. Työmaalla oli samanaikaisesti aina neljä työperää, joissa poraus- ja lastaustyöt vuorottelivat.

## Yleisjärjestely:

Ylimestari

→

Tunnelitöiden vastaava mestari

→

Työvuorot klo 6.00—14.00

14.00—22.00

22.00—6.00

Kukin työvuoro käsitti kaksi porausryhmää ja kaksi lastausryhmää:

Työvuoro	2 poraustyönjohtajaa (rak.mestari)	2 ×	6 poraria
			1 laturi
	2 lastaustyönjohtajaa (rak.mestari)	2 ×	1 porausharjoittelija
			2 pumpparia
2 lastaustyönjohtajaa (rak.mestari)	2 ×	1 Kimco lastauskoneen käyttäjä	
		3 Tournarocker-kuljetusauton kulj.	
		3 rusnaria	

Taulukko 8.

Sähkövoiman kulutus elo-lokakuussa 1954.

	kWh/murskattu tn	kWh/rikastettu tn
Murskaus .....	1,22	1,59
Jauhatus .....	6,31	8,22
Magneettinen separointi .....	0,46	0,59
Pyriitin vaahdotus	1,19	1,55
Ilmeniitin vaahdotus	3,76	4,90
Veden eroitus .....	2,01	2,62
Varastointi .....	0,07	0,09
Vesi .....	2,06	2,69
Valo y.m. ....	0,46	0,60
Yhteensä	17,54	22,84

## Jäte.

Jäte johdetaan kumilevyllä vuoratulla puurännillä rikastamon alapuolella leviävälle laajalle suolle.

## Rikastusosaston vastaiset suunnitelmat.

Rikastusosaston vastaisiin suunnitelmiin kuuluu magnetiittirikasteen edelleen puhdistaminen ja ilmeniitin saannin parantaminen liejunerostusta ja vaahdotusta tehostamalla.

Näistä tärkein on magnetiitin edelleen rikastaminen. Märkäseparointitietä on hyvin vaikea päästä eteenpäin, vaikka konekapasiteetti lisättäisiin kaksinkertaiseksi.

Kuivaseparoinnin avulla sitävastoin saadaan rikaste, jonka Fe-pitoisuus on 69 % ja TiO<sub>2</sub>-pitoisuus 2 %. Kuivaseparoinnissa voidaan lähtöaineena käyttää joko raa-

kamalmia tai kuivattua märkäseparointirikastetta. Syötön kosteuden tulee olla alle 0.1 % H<sub>2</sub>O.

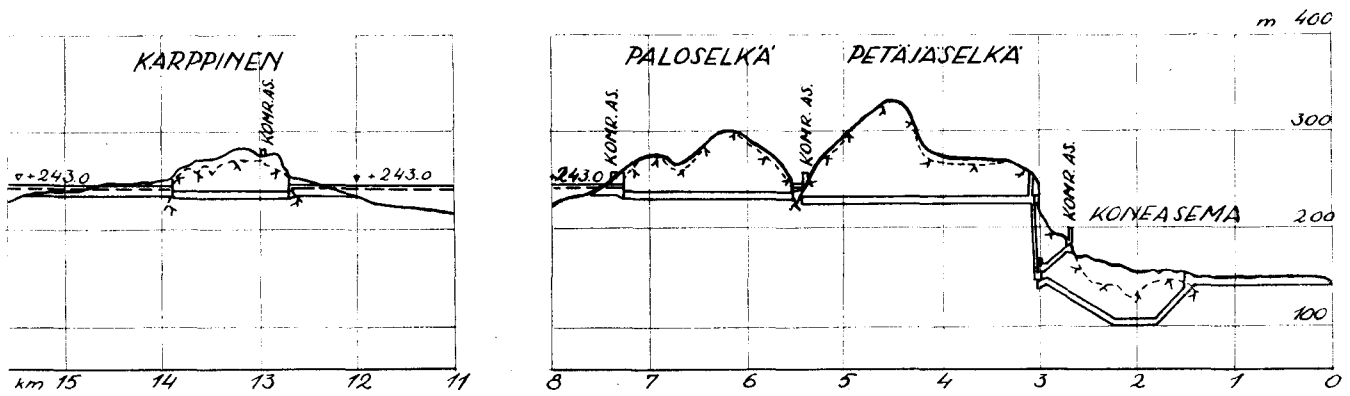
Separoinnin selektiivisyys perustuu itse separaattori-konstruktioon, joka on prof. Laurilan suunnittelema kestomagneettiseparaattori. Siinä sekä kestomagneettirumpu että vaippa pyörivät, mutta toisistaan riippumatta ja eri nopeuksille. Magneettisen rummun kehällä navat vuorottelevat. Rummun kierrosluku valitaan sellaiseksi, että napojen vuorottelu ravistaa magneettiset flokit rikki ja vaipan kierrosluku sellaiseksi, että magnetiittirakeiden vetovoima juuri ja juuri voittaa keskipakovoiman, mutta ilmeniitti- ja silikaattirakeet sinkoutuvat pois. Magnetiitti poistetaan vaipalta piikkipyörän avulla.

Märkäkoneena Laurila-separaattori ei ole muita separaattorityyppejä parempi. Vesi on väliaineena niin paljon ilmaa tiheämpää, että koneen selektiivinen toiminta estyy.

## Summary.

The report gives a general description of the Otanmäki mine and concentrator and of the problems encountered in the treatment of the Otanmäki ore. As the wheels have been turning one and a half year only, the operation is in its experimental stage yet. The figures given in this report represent present situation and my change in the future.

Otanmäki ore is a magnetite-ilmenite ore which contains 33—35 % magnetite, 28—30 % ilmenite, 1 % pyrite and 36 % silicates. In the year 1955 the planned production will be 175,000 tons of magnetite concentrate, 83,000 tons of ilmenite concentrate and 4,000 tons of pyrite concentrate.

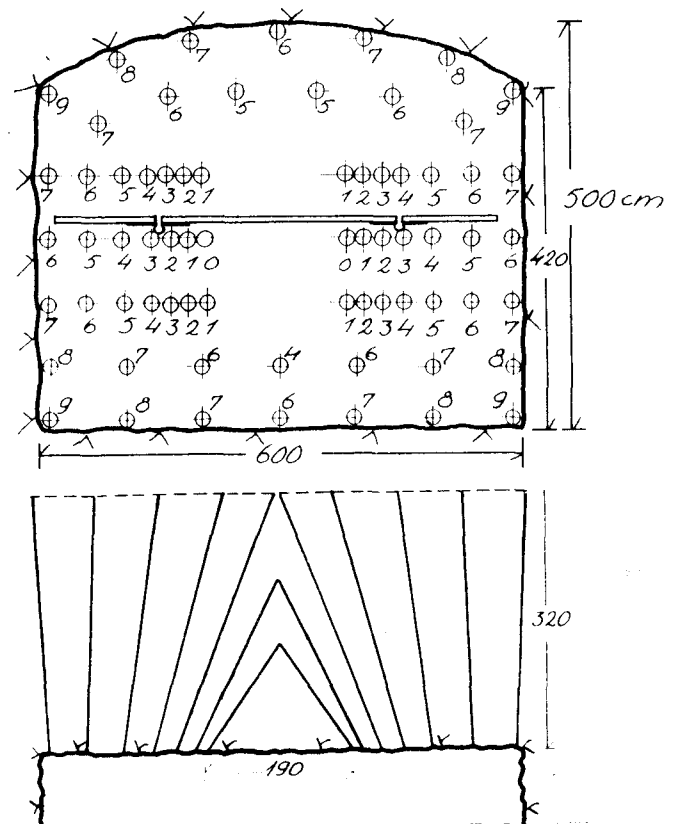


Kuva 1.

Lisäksi oli tunnelitöiden vastaavan mestarin alaisena suoraan työryhmä käsittäen työnjohtajan ja viisi miestä tuuletin-, paineilma- ja vesiputkistojen jatkajina.

### Työkoneet ja työkalusto

- Porauskoneina käytettiin porakonetta Atlas-Diesel RH-656-2W ja siihen kuuluvana polvisyöttölaitteena mallia BMK-61 A 2.
- Porat olivat Sandvik Coromant kovametalliporia, joista käytettiin pituuksia 160 sm, 320 sm ja 400 sm.
- Lastauskoneena oli amerikkalainen diesel-käyttöinen telaketjuilla kulkeva Eimco 10% varustettuna 900 lt kauhalla.
- Kuljetuskalustona olivat pääasiallisesti amerikkalaiset Tournarocker kuljetusautot, joiden nettokuormana on 10 ton.
- Paineilmakompressorit olivat Atlas-Diesel AR3 -tyyppiä, teho 12,5 m<sup>3</sup>/min ja saksalaista FMA-tyyppiä, teho 24<sup>3</sup>/min. Koko kompressoriteho oli 100 m<sup>3</sup>/min.
- Tunnelituulettimet olivat Valmetin valmistamia, teho 18000 m<sup>3</sup>/tunti. Näitä koneyksiköitä voitiin tarpeen mukaan kytkeä rinnan useampia. Tuuletusputket olivat  $\varnothing$  100 sm itsevalmistettuja teräslevyputkia.
- Paineilmaputkistot olivat  $\varnothing$  5"– $\varnothing$  6" teräsputkea ranskalaisin liittimin. Ilmanpaine oli työpaikoilla 7 ilmakehää.
- Porien huuhteluvesiputkistot olivat  $\varnothing$  1 1/2" ja vesipaine porakoneessa 8–10 ilmakehää.

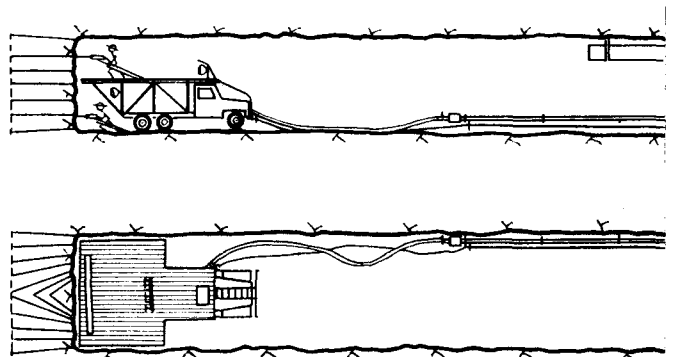


Kuva 2.

### Poraus- ja räjäytystyöt

Poraus suoritettiin yleensä saman porauskaavion mukaan. Muutoksia siihen tehtiin vain kallion laadun sitä vaatiessa. Kuvan 2 mukaiseen porauskaavioon päädyttiin pitkällisten kokeilujen ja tutkimusten tuloksena.

Poraustyötä varten ajettiin tunnelin perään ns. porausvaunu. Se oli kuorma-auton alustalle rakennettu teline, jonka päältä perän yläosan reijät porattiin ja ladattiin. Poravaunuun oli laitettu valmiit liittimet porakonekalustolle sekä paineilmaa että porienhuuhteluvettä varten. Auton putkistot liitettiin tunnelin paineilmaverkostoon  $\varnothing$  3" kumiletkulla ja painevesiverkostoon  $\varnothing$  1 1/2" kumiletkulla. Myös sähkölaitteet, valonheittimet y.m. olivat valmiina poravaunussa. Sähkön jännite oli 40 V. (Kuva 3)



Kuva 3.

## Poraustyön aikataulu

Työvuoron 4 ensimmäistä tuntia työperä A:ssa:

Poravaunun peräänajo, paineilma- ja huuh-	
teluvesiputkien liittäminen sekä poraus ...	2,5 tuntia
Lataaminen ja poravaunun poisajo perästä	1,0 »
Perän tuuletus .....	0,5 »
Yht.	4,0 »

Tuuletuksen aikana porausryhmä vaihtoi työperä B:hen ja ruokaili tai teroitti poransa. Työvuoron toinen puoliaika oli työaikajaoittelultaan samanlainen. — Jokaisessa työvuorossa oli kaksi porausryhmää toisen vuoro-  
tellessa työperä C ja D välillä.

Porarit oli jaettu siten, että alhaalla porasi 4 poraria ja ylhäällä lavalla 2 poraria ja porariharjoittelija.

Porien keskimääräinen kestoikä ennen loppuunkulumista oli 173 m valmista reikää. Kun huomioidaan kaikki porat, loppuun kuluneet ja särkyneet, niin keskimääräinen reikämäärä poraa kohti oli 15½ m. Paras pora kesti 301 reikämetrin porauksen. — Keskimäärin porattiin teoreettista kallio m³ kohti 2,0 m reikää.

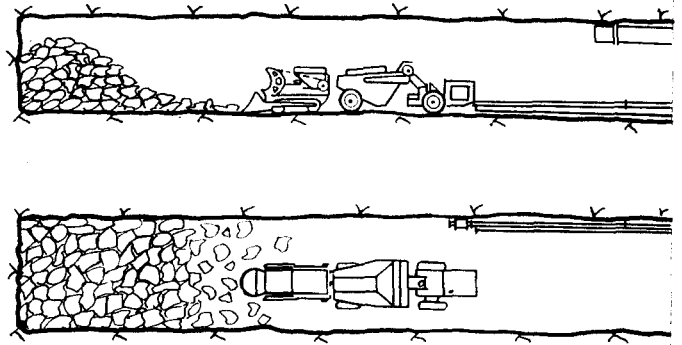
Perän räjäyttämistyössä käytettiin yksinomaan dynamiittia, pääasiallisesti tavallista kaupoissa olevaa laatua. Eri dynamiittilaatujen, »kauppalaatu», 70 % ja 90 % välillä suoritettiin paljon kokeiluja. Lopulta päädyttiin ratkaisuun, jossa käytettiin muutamia peränreikiin 70 % laatua »kauppalaadun» rinnalla. 90 % laatu ei antanut taloudellisesti tyydyttäviä tuloksia, joten sen käytöstä luovuttiin kokeilujen jälkeen. — Dynamiitin kulutus teoreettista kalliokuutiometriä kohden oli 840 gr ja todellista irroitettua m³ kohti 930 gr. Etenemän pituus oli keskimäärin 2,5—2,7 m.

Nalleina käytettiin yksinomaan länsi-saksalaisia millisekuntinalleja. Nallien sytytys tapahtui 80 nallin laukaisulaitteella. Kaikki nallit toimivat ehdottoman varmasti. Käytännöllisenä seikkana latauksen ja ammunnan suorittamisesta mainittakoon, että jokainen porari latasi itse poraamansa reiät ja laturi huolehti vain nallien jaosta, kytkennästä ja laukauksesta. Täten saatiin latausaika mahdollisimman lyhyeksi.

## Kivimassojen ulosajo

(Kuva 4)

Työvuoron alkaessa ja poraustyön tapahtuessa työperissä A ja C aloitettiin perän tyhjennystyöt työperissä B ja D. Kummallekin lastausryhmälle kuului 1 kpl Eimco 104 lastauskoneita ja 3 kpl Tournarocker -kuljetusautoja. Perän ulosajo kesti 3,5 tuntia. 0,5 t. vuoron puoliajasta käytettiin vaihtoon toiseen perään, kaluston huoltoon ja ruokailuun. Lastaustehoa olisi voitu kuljetuskalustoa lisäämällä huomattavasti nostaa, sillä Eimco 104 lastauskyky on n. 50 m³/t, mutta se ei ollut tarpeen, koska porausta ei voitu jouduttaa. — Kolme rusnaria hakkasi lastauksen aikana kalliioseinästä irto-lohkareet pois.



Kuva 4.

## Paineputken louhinta

Paineputki louhittiin alhaalta ylöspäin käyttäen valmista tilaa kivimassasiilonä. Poraus suoritettiin noususyöttölaitteilla varustetuilla porakoneilla kivikasan päältä. Siilorakennelmaa rakennettiin jatkuvasti tunnelin valmistumisen mukaan. Kiviä siilosta laskettiin vain niin paljon, että porareilla oli sopiva työtila kivikasan päällä.

## Tuuletus

Tuuletus tapahtui yksinomaan painamalla raitista ilmaa tunneliin. Tuulettajat olivat Valmetin valmistamia 18000 m³/t tehoisia matalapainetuulettimia ja tuuletusputkena käytettiin 1 mm levyistä valmistettuja Ø 100 sm putkea, joka ripustettiin tunnelin kattoon. — Tuuletus-ilmamäärät tunnelia kohti määrättiin yleisen käytännön 2 × N m³/min. mukaan. (N=tunnelissa yhtäaikaan työskentelevien koneiden, yhteinen hv määrä.). Täten jouduttiin tuuletusarvoihin n. 60000 m³/tunnissa.

## Yleisiä havaintoja

Käsitykseni mukaan tällainen tunnelityö on täysin verrattavissa järjestelyssään tehtaan sarjatyöjärjestelyyn. Koko toiminnan häiriintymisen estämiseksi on kiinnitettävä huomio häiriöiden syiden poistamiseen, joka tällaisessa työssä on lähinnä löydettävissä lastaus-työkoneissa. Niiden riittävä reservi ja erinomainen huolto ovat välttämättömät. Huolimatta lisenssivaikkeuksien takia vajaan määräksi jääneestä kalustosta kykenimme tekemään valmista tunnelia keskimäärin 150 m viikossa ja parhaina jopa yli 180 m eli tonneissa 11000—14000 ton/vk.

## Summary

The first Finnish tunnel-power-plant, Jumisko, was built in 1951—1953 by Pohjoian Voima Osakeyhtiö. During this time 7500 m of tunnel, with a profile of 28 m², were driven. Swedish Atlas-Diesel drilling equipment and American Eimco 104 and Tournarocker E-9 loading- and transportequipment were used in this work, which on the whole was made in three shifts and the weekly advancement changed between 150—180 m.

# Kaasut ja metallit

*Metallurgisen jaoston viime syksynä järjestämien esitelmäpäivien teema oli »Kaasut ja metallit», kuten muistettaneen. Esitelmät käsittelivät sekä teorian että käytännön kannalta tätä varsin monipuolista kysymystä. Erityisesti teollisuuden taholta — tilaisuudessa oli mm. suuri osanottajamäärä valimo- ja hitsausteollisuudesta sekä yleensä konepajateollisuudesta — toivottiin, että esitelmät julkaistaisiin. Lehtemme onkin pyrkinyt täyttämään tämän toivomuksen, aikaisemmat hyvät kokemukset huomioon ottaen. Julkaisemme seuraavassa pidetyt esitelmät ja alustukset lyhennelminä. Valitettavasti emme ole saaneet kaikkia esitelmiä julkaistavaksi. Tilan puutteen takia ei myöskään kuvia ole voitu ottaa mukaan.*

P. A.

Prof. MATTI TIKKANEN:

## Kaasu — metalli — systeemin termodynamiikasta

(Lyhennelmä)

Tosiasia on, että metallurgit ovat kautta aikojen saaneet kamppailla kaasuvaikeuksien kanssa sulattaessaan erilaisia metalliseoksia. Vaikka nykyisin olemme jo kutakuinkin selvillä niistä syistä, jotka aiheuttavat mainittuja vaikeuksia, ei voida väittää, että asia olisi kokonaan ratkaistu käytännön olosuhteissa. Tähän on eräänä vaikuttavana tekijänä se seikka, että käytännön miehillä ei aina ole riittävää tietoa vaikuttavien ilmiöiden perusteesta. On varsin opettavaa lukea sellaista teosta, kuin Daniel Hullin »Casting of Brass and Bronze», jossa tekijä kuvailee teknillistä kehitystä kupariseosvalimoissa vuosina 1900—1950. Vaikka jo vuosisadan alkupuolella eräät tiedemiehet saattoivat väittää, että liennut vety oli useimmiten syynä eräisiin tyypillisiin valuvikoihin, niin kuitenkin työskenneltiin käytännöllisesti katsoen jokaisessa metallivalimossa siltä pohjalta lähtien, että kaikkeen syynä oli liennut happi. Sulatus oli aina suoritettava puuhiilikerroksen alla ja pelkistys vietävä mahdollisimman pitkälle fosforin avulla. Hull kertoo varsin vaikuttavalla tavalla, miten hän kerran järjesti kokeen, jossa pronssia sulatettiin mahdollisimman pelkistävässä olosuhteissa, jotta kerrankin olisi saatu selvä todistus hapenpoiston tehokkuudessa. Upokkaaseen ladottiin kolme harkkoa, jotka täyttivät vain puolet upokkaasta ja kaikki välit sekä loppu upokkaasta täytettiin mitä perusteellisimmin puuhiilellä. Ennen kaatoa poistettiin vain osa puuhiilestä, jotta sula kupari sai juosta kuuman puuhiilikerroksen läpi muottiin. On helppo ymmärtää Hullin ihmetystä, kun metalli paisui muotissa niin paljon, että suurin osa valui reunojen ylitse lattialle. Huolimatta tästä ja muista samankaltaisista kokemuksista, eivät metallurgit yksinkertaisesti uskaltaneet ryhtyä epäilemään, että perusolettamuksissa olisi virhettä, sillä niin

voimakas oli silloisen metallurgisen hierarkian vaikutus, että siihen mitä käytännön miehet opettivat, luotettiin kuin aikanaan Aristoteleen oppeihin. Ja Hull jatkaa: »Niin sidottu oli ajatuksenkulkumme näihin auktoriteetteihin, että kaksikymmentä vuotta tämän jälkeen vielä sulatimme tinapronssia, alumiinipronssia, pii- ja kromipronsseja puuhiiltä käyttäen ja ihmetellen, mikä oli vikana».

Voimme todeta, että käytännöllisesti katsoen tilanne oli selvillä kolmikymmenluvun alkupuolella, vaikkakin vain ns. johtavien metallurgien osalta eri puolilla maailmaa. Vähitellen on tietous näistä seikoista levinnyt laajemmalle ja tilanne jatkuvasti parantunut. Kaikesta tästä huolimatta rohkenen väittää, että suurimmassa osassa maamme metalli- ja kevytmetallivalimoita kaasujen aiheuttamat virheet ovat mitä yleisimpiä. Aivan viime vuosina on asia saanut suurempaa huomiota osakseen ja lähiaikoina lienee odotettavissa lisää parannuksia. Voidaan täydellä syyllä kysyä, mistä johtuu sellainen tilanne, että olemassa olevaa tietoa ei osata riittävästi käyttää. Olen sitä mieltä, että eräänä tärkeänä tekijänä tässä ovat riittämättömät perustiedot ilmiöiden todellisesta luonteesta. Ilman perustietoja metallurgi on todellisuudessa vain eräänlainen kokki, joka työskentelee reseptien avulla. Kun vaatimukset kasvavat tai kun joudutaan uusien asioiden kanssa tekemisiin, eivät vanhat reseptit enää riitä, vaan on saatava uudet. Tämä on mahdollista vain käyttämällä hyväksi kaikki se tieto, jonka metallurginen tiede ja tekniikka voivat antaa.

Tarkastellessamme kirjallisuutta, joka käsittelee kaasujen liukenemistä sekä kiinteään että sulaan metalliin huomaamme helposti, miten epämääräinen käsityksemme näistä asioista on. Tavallista on, että eri kaasujen ja eri

metallien kohdalla liukenemisreaktiot käsitellään ja ehkä käsitetäänkin toisistaan eroaviksi ilmiöiksi. Niinpä yleisesti mainitaan hapen liukenevan sulaan rautaan rautaksiduulina, ts. molekyyliyhdistyksenä, saman kaasun sanotaan liukenevan sulaan hopeaan happena, useimmiten asiaa mitenkään tarkemmin määrittelemättä ja vihdoin, kiitos oppikirjoissa esiintyvän Sievertsin lain, mainitaan vedyn liukenevan atomaarisena. Seurauksena tällaisesta sekavuudesta on, että tämän alan opiskelijoilla ja muillakin tämän alan miehillä ei ole mitään yhtenäistä, selvää käsitystä näistä ilmiöistä, vaan jokainen tapaus käsitellään erillisenä, jolloin selvittelyssä on seurattava enemmän empiiristä kuin teoreettista linjaa.

Tarkoitukseni on tässä esityksessä lyhyesti esimerkkien avulla osoittaa, millä tavoin on mahdollista termodynaamiikkaa hyväksi käyttäen muodostaa eri tapauksista yhtenäinen kuva, jonka avulla on helpompi ymmärtää mainittuja ilmiöitä ja myöskin mahdollisesti keksiä erilaisia menettelytapoja kulloinkin esiintyvien pulmien ratkaisemiseksi. Seuraavassa esityksessä tulen rajoittumaan kuitenkin sellaisiin tapauksiin, joilla on merkitystä myöskin käytännössä.

Ennenkuin alan käsitellä asian termodynaamista puolta, yritän lyhyesti luoda katsauksen siihen, mitä tiedämme metallien sisäisestä rakenteesta ennenkaikkea huomioiden nestemäisen olotilan.

Hienostruktuuritutkimuksen ansiosta on meillä suhteellisen perusteellinen kuva kiinteän metallin sisäisestä rakenteesta. Me tiedämme, että kiinteän metallin hilassa atomit eivät ole täysin liikkumattomia, vaan, että ne voivat vaihtaa paikkoja nopeudella, joka riippuu ennenkaikkea lämpötilasta. Edelleen tiedämme, että hila ei ole täysin virheetön, vaan että siinä esiintyy monenlaisia virhekohtia, joista tässä mainittakoon tyhjä atomipaikat eli reiät. Kun kiinteän metallin sulamislämpötila saavutetaan, hajaantuu metallihila ja metalliatomien liikkumisvapaus kasvaa huomattavasti. Hienostruktuuritutkimukset osoittavat, että varsinkin lähellä sulamispistettä olevissa lämpötiloissa sulan atomirakenne muistuttaa huomattavasti kiinteän metallin rakennetta. Samaan suuntaan viittaa sekin seikka, että metallin tilavuus ei sulana ole kuin muutamana prosentin verran suurempi kuin kiinteän metallin. Sulan metallin sisäistä rakennetta voidaan yksinkertaisesti kuvata sillä, että toteamme sen olevan periaatteessa samanlaisen kuin kiinteän metallin, mutta, että siinä on tyhjien atomipaikkojen määrä lisääntynyt ja sen atomeilla on vastaavasti kasvanut liikkumisvapaus ja nopeus.

Koska meidän tietomme kiinteän metallin rakenteesta ovat melkoiset ja koska me niiden perusteella voimme selvästi osoittaa, että metallin hilassa voi olla liunneena vain atomien suuruiset hiukkaset, niin siitä johtuen meillä on oikeus päätellä samaa myös sulan metallin osalta. Nykyaikaisen käsityksen mukaisesti sula metalli, metalliseos tai metallin ja epämetallin välinen liuos on käsiteltävä koostuneeksi atomeista. Sellaisessa systeemissä ei ole tilaa molekyylielle, ainakaan siinä muodossa kuin molekyylikäsite tavallisesti esitetään. Binäärisessä metalliliuoksessa on niin muodoin perusmetallin atomien lisäksi liunneen aineen atomeja. Niin kauan kuin molemmat atomilajit eivät millään tavoin vaikuta toisiinsa, on systeemin teoreettinen tarkastelu verraten yksinkertaista, mutta mikäli niiden välillä esiintyy voimakkaita kemiallisluontoisia voimavaikutuksia, tulee asia mutkikkaammaksi. Selvää lieneekin, että juuri sellaiset tapaukset, joissa esim. sulan metallin ja siihen liunneen kaasun atomien välillä vallitsevat niin voimakkaat kemialliset vetovoimat,

että määrättyissä olosuhteissa saattaa syntyä pysyvä kemiallinen yhdistys, ts. molekyyli, ovat antaneet sysäyksen siihen, että on alettu puhua yhdistyksen liukenemisesta sulaan metalliin. Tällaiset tapaukset eivät kuitenkaan saa sekoittaa käsitystämme sulan metalliseoksen atomaarisesta luonteesta. Kuvataksemme metalliliuoksen olotilaa silloin kuin metalliin on liunneena sellainen atomilaji, jolla on suuri affiniteetti ko. metallin atomeihin, käytämme nimitystä »short range order» ts. lyhyen matkan järjestys. Tällä tarkoitamme seuraavaa: puhtaan metallin sulassa kuvittelemme eri atomien olevan tilastollisessa epäjärjestyksessä siten, että atomien välisissä voimakentissä ei esiinny mitään muita paikallisia häiriöitä tai eroavaisuuksia, kuin mitä aiheutuu atomien ja termisten virhekohtien liikkeistä. Jos tällaiseen hilaan tuodaan sellaisia vieraita atomeja, joilla on suurempi vetovoima ts. affiniteetti perusmetallin atomeihin kuin kummallakin atomilaadulla on keskenään, niin merkitsee se sitä, että kunkin vieraan atomin lähistöllä syntyy häiriöitä sekä sähköisessä voimakentässä että atomien välisissä etäisyksissä. Tällaisessa tapauksessa muodostuu vieraan atomin ympärille keskimääräistä suurempi tiheys metalliatomeja ja sen vapausaste pienenee. Jos tässä yhteydessä käytämme käsitettä aktiviteetti, niin merkitsee se sitä, että vapausasteen pienentyessä liunneen aineen aktiviteetti myöskin pienenee. Kun vieraan aineen pitoisuus liuoksessa kasvaa, lisääntyvät paikalliset eroavaisuudet tilastollisesta epäjärjestyksestä, atomirakenne saavuttaa yhä suuremman järjestyksasteen, joka lopulta voi päätyä siihen, että vieraiden atomien ja metalliatomien välille syntyy täysin määrätty rakennelma, ts. yhdistys. Kun tämä vaihe saavutetaan, eroaa tämä erillisenä faasina liuoksesta.

Kun olemme äskeisellä tavalla saaneet itsellemme kuvan metalliliuosten atomaarisesta rakenteesta, voimmekin siirtyä käsittelemään sitä erikoistapausta, että metalliin liukenee aine, joka tavallisissa olosuhteissa on kaasumainen. Eräs tapa käsitellä tällaista ilmiötä on tarkastella sitä kemiallisena tasapainoreaktiona, jossa reaktio tapahtuu kahden faasin välillä. Tällöin voimme käyttää samoja käsitteitä ja menetelmiä kuin fysikaalisessa kemiassakin.

Yhtenäisen esityksen laatiminen edellyttää jonkinlaista systematisointia, jottei esitys tulisi liian hajanaiseksi. Tässä yhteydessä en kuitenkaan yritä luoda mitään täydellistä systeemiä, vaan esitän erään luokittelun, joka on tarkoitettu vain käytännön tarpeita varten ja jonka avulla käytännön miehen on ehkä helpompi erottaa kulloinkin kyseessä oleva tapaus oikeaan karsinaan:

- 1) Systeemi, jossa kaasukomponentti sisältää vain yhtä atomilajia
  - a) Kaasuatomien ja metalliatomien välillä vallitsee suhteellisen pieni affiniteetti, ts. vallitsevissa olosuhteissa ei synny stabiilia yhdistystä
  - b) Kaasuatomien ja metalliatomien välillä vallitsee suhteellisen suuri affiniteetti, ts. vallitsevissa olosuhteissa voi syntyä stabiili yhdistys
- 2) Systeemi, jossa kaasukomponentti sisältää kahta atomilajia
  - a) Kaasuatomien ja metalliatomien välillä vallitsee siksi pieni affiniteetti, että vallitsevissa olosuhteissa molemmat vieraat atomilajit voivat samanaikaisesti pysyä liuoksessa
  - b) Kaasuatomien ja metalliatomien välillä vallitseva affiniteetti aiheuttaa toisen vieraan atomilajin erottumisen liuoksesta sen ja metallin välisenä erittäin stabiilina yhdistyksenä

Kuten jo mainitsin, ei tämä luokittelu missään nimessä pyri olemaan teoreettisesti ja loogillisesti virheetön. Sen ainoana tarkoituksena on selvittää juuri niitä tapauksia, joita tietääksemme esiintyy yleisimmin käytännön olosuhteissa.

Tarkastelemme ensin kohtaa 1) a), johon kuuluvista systeemeistä mainittakoon seuraavat, kvantitatiivisesti tutkitut järjestelmät:  $H_2/Al$ ,  $H_2/Cu$ ,  $H_2/Fe$ ,  $N_2/Fe$  ja  $O_2/Ag$ . Kaavoissa esiintyvät merkinnät tarkoittavat seuraavaa: alaviitta I merkitsee sulaa liennuttua ainetta (liquid), s merkitsee kiinteään aineeseen liennuttua ainetta ja g kaasufaasia. Aloitamme termodynaamisen käsittelyn tarkastelemalla systeemiä  $H_2/Al$  (Sula). Kuten mainittu voidaan tällaista liukenemistapahtumaa käsitellä kemiallisena tasapainoreaktiona, joka tässä tapauksessa voidaan kirjoittaa seuraavaan muotoon:



Tasapainovakio on tällöin:

$$K_T = \frac{[H]_{(l)}^2}{P_{H_2}} \quad (2)$$

Termodynamiikasta tiedämme, että  $K_T$  laskemisessa on käytettävä aktiviteettiarvoja, joiden sijasta voidaan käyttää väkevyysarvoja siinä tapauksessa, että liuos on termodynaamisesti ideaalinen. On osoittautunut, että tämä pitää paikkansa useimmissa tapauksissa, koska liuoksien väkevyydet ovat hyvin pieniä. Niinpä kaikissa seuraavissa laskuissa ei väkevyyksien käyttäminen aktiviteettien sijasta aiheuta merkittävää virhettä. Huomaamme, että matemaattisesti operoimalla tasapainoyhtälön kanssa saamme sen seuraavaan muotoon:

$$[H]_{(l)} = K_T^{1/2} P_{H_2}^{1/2} \quad (3)$$

Viimeksiesiintyvä yhtälö on itse asiassa nk. Sievertsin laki, joka näin ollen ei ole mikään luonnontieteellinen laki, vaan suora seuraamus termodynamiikan toisesta peruslaista.

Reaktioyhtälöstä (1) voidaan laskea termodynaamiset perussuureet  $\Delta^\circ G$ ,  $\Delta^\circ H$ ,  $\Delta^\circ S$ , mikäli liukoisuus on määrätty lämpötilan funktiona seuraavien kaavojen avulla:

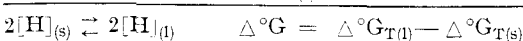
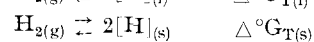
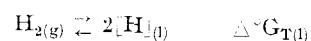
$$\Delta^\circ G_T = -RT \ln K_T$$

$$\Delta^\circ H_T = \frac{d(\ln K)}{dT} \cdot RT^2$$

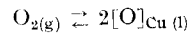
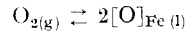
$$\Delta^\circ S_T = \frac{\Delta^\circ H_T - \Delta^\circ G_T}{T}$$

Suurin käytännöllinen merkitys lienee kuitenkin sillä seikalla, miten suuri ero on liukoisuudella sulan ja kiinteän metallin välillä. Metallikiteiden määrän kasvaessa jähmettymisprosessin aikana kasvaa jäljelläolevan ja jatkuvasti vähenevän sulan metallin kaasupitoisuus, kunnes se aikanaan saavuttaa kyllästymisrajan. Tämän jälkeen alkaa ylimääräinen kaasu erottua mokylaarisessa muodossa, ts. ensimmäiset kaasukuplat syntyvät. Ellei näillä kuplilla ole tilaisuutta poistua metallista jäävät ne kiinteään metalliin muodostaen tunnetun kaasuluokoisuuden.

Tilannetta jähmettymislämpötilassa kuvaavat seuraavat yhtälöt:



Tarkastelemme nyt esimerkiksi 1) b), josta tyypillisinä ja erittäin perusteellisesti tutkittuina systeeminä voidaan mainita  $O_2/Fe$  ja  $O_2/Cu$ . Hapen liukenemistä rautaan voidaan jälleen kuvata tasapainoreaktiolla:

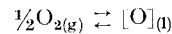
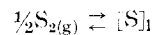


Tämä reaktio eroaa edellisestä tyypistä siinä, että hapenpaineen noustessa määrättyyn arvoon syntyy stabiili yhdistys,  $FeO$ , jonka hapenpaine määrälämpötilassa on vakio. Vaikka ulkoista, systeemiin vaikuttavaa hapenpainetta kohotettaisiin yli tämän arvon, ei rautaan siitä huolimatta liukene enemmän happea, koska tämä ylimääräinen happi yhtyy jatkuvasti raudan kanssa  $FeO$ :ksi. Tämä merkitsee sitä, että rauta on kyllästetty hapella. Mainittakoon, että hapen osapaine kaasufaasissa on siksi pieni, että sen mittaaminen suorasti on mahdotonta. Tämä mittaaminen suoritetaan epäsuorasti käyttämällä esim. vesihöyryn ja vedyn seosta. Sama koskee systeemiä  $Cu/O_2$ .

Siirrymme nyt esimerkkiin 2) a), jonka puitteisiin mahtuu useita käytännössä tärkeitä systeemejä, kuten hiili-happi raudassa, vesihöyry-vety raudassa ja kuparissa sekä rikkidioksidi raudassa, hopeassa ja kuparissa. Tarkastelemme ensin systeemiä  $SO_2/Cu$ , joka on erittäin perusteellisesti tutkittu. Floen ja Chipmanin tulokset osoittavat, että liukenemisreaktio voidaan kvantitatiivisesti tulkita seuraavan reaktioyhtälön avulla:



Teoreettisesti pitäisi ensimmäisen reaktioyhtälön lisäksi kirjoittaa seuraavat:



Tämä ei kuitenkaan ole tarpeen, koska sekä hapen että rikin osapaineet kaasufaasissa ovat niin pienet, että niiden arvojen huomioiminen ei vaikuttaisi huomattavasti rikkidioksidin höyrynpaineeseen.

Mikäli systeemissä alkuun olivat vain  $Cu$  ja  $SO_2$ , niin voimme kirjoittaa:

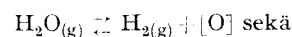
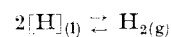
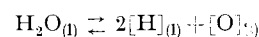
$$K_T = \frac{[S][O]^2}{P_{SO_2}} \text{ sekä } [S] = [O] \text{ ja } [S] = K_T \sqrt[3]{P_{SO_2}}$$

siis eräänlainen Sievertsin kuutiojuurilaki!

Tarkastelemme erästä toista tähän kohtaan kuuluvaa systeemiä:  $H_2O/Cu$ , jolla käytännössä on myös suuri merkitys. Perusyhtälönä voimme kirjoittaa:



Teoreettisesti on meidän kuitenkin huomioitava tasapainoreaktio liuennun vedyn ja kaasufaasin vetykaasun välillä. Asia on näet siten, että vesihöyryn hajotessa liukenemisreaktiossa huomattava osa vedystä jää kaasufaasiin siten, että tasapainoreaktio  $H_2/2H$  pitää paikkansa. Jos tämä reaktioyhtälö kirjoitetaan edellisen alle ja lasketaan molemmat yhtälöt yhteen, niin saamme:

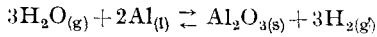


$$K_T = \frac{P_{H_2} \cdot [O]}{P_{H_2O}}$$

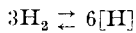
Huomaamme tästä, että kaasufaasissa voi esiintyä vetyä reaktiotuloksena, vaikka esimerkiksi valimome-

tallurgisessa kirjallisuudessa useimmiten esitetään väite, jonka mukaan vetyä ei voisi kaasufaasissa esiintyä, koska se aina yhtyisi jonkin atomin kanssa yhdistykseksi.

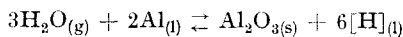
Käsittelemme vielä tapauksen 2)b), josta tyypillisenä esimerkkinä valitsen systeemin  $H_2O/Al$ . Kuten tunnettua on  $Al_2O_3$  erittäin stabiili yhdistys, jonka hapen paine on tavallisissa lämpötiloissa erittäin pieni. Sikäli kuin asiaa tunnetaan, tiedämme, että sen liukoisuus metalliseen alumiiniin on vastaavasti äärettömän pieni. Reaktiotasapainoyhtälö voidaan kirjoittaa muotoon:



Koska toisaalta vetykaasun jakautumisen metalliin määrittää reaktiotasapaino:



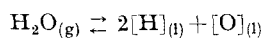
saadaan lopullinen yhtälö laskemalla osayhtälöt yhteen:



Viimeksiesitetylle reaktioyhtälölle voidaan taulukoista laskea termodynaamiset perusuureet, jotka tulevat osoittamaan, miten perusteellisesti sula alumiini reagoi vesihöyryn kanssa.

Näiden teoreettisten tapausten jälkeen tarkastelen lyhyesti, miten teoria voi antaa viitteitä tämän kysymyksen käytännölliseen selvittelyyn. Koska tämä esitys on tarkoitettu ennenkaikkea käytännön insinöörin tarpeisiin, olen seuraavassa valinnut eräitä tyypillisiä esimerkkejä käytännöstä jättäen kuitenkin terässulatuksen vailinai-seksi, koska sitä käsitellään erikseen tässä tilaisuudessa.

Tarkastelen ensimmäiseksi puhtaana kuparin sulatusta. Siinä tulee kysymykseen sekä vesihöyryn että rikki-dioksidin liukeneminen sulaan metalliin:



Kummassakin tapauksessa voidaan suurentamalla  $[O]$ -arvoa pitää sekä vety- että rikkipitoisuutta mielivaltaisen alhaisena. Tämä onkin useimmissa tapauksissa käytetty keino. Huomattava on, että metallissa olevan ylimääräisen hapen poistaminen on suoritettava viimeksi. Tavallisimmin lisätään tällöin metalliin alkuainetta, joka yhtyy hapen kanssa kiinteäksi oksidiksi, jonka erottaminen metallisulasta on helppoa. Tällaisia aineita ovat mm. fosfori ja litium, joista edellinen on tavallisimmin käytetty.

Useissa tapauksissa on mahdollista käyttää keinoa, joka pohjaltaan on termodynamiikkaan perustuva, mutta jonka todellinen vaikutus on siinä, että se lisää reakti-onopeutta. Tarkoitin tällä nk. kaasupuhallusta, jossa sulan metallin läpi puhalletaan kaasukuplia, tavallisimmin tyyppiä tai klooria. Termodynaamisesti on asia siten, että esim. tyypikuplassa on liunneen kaasun osapaine käytännöllisesti katsoen nolla ja näin ollen pyrkii liunnut kaasu erottumaan kuplaan. Kineettisesti katsoen lisää kuplien esiintyminen sulassa huomattavasti metallin ja kaasufaasin välisen rajapinnan suuruutta helpottaen täten kaasun erottumista. Tätä menetelmää on varsin menestyksellisesti käytetty tinapronssien sulatuksessa. Kuten tunnettua on tinalla suurempi affiniteetti happeen kuin kuparilla ja tästä johtuen on liunneen hapen aktiviteetti sulassa tinapronssissa pienempi kuin esim. puhtaassa kuparissa ja edelleen siitä johtuen vedyn liukoisuus huomattava. Tinapronssisulatuksessa on käytetty hapettavaa sulatusta myöskin menestyksellisesti, mutta tällöin on laskettava mukaan myöskin lisääntynyt tinan kuonaantumisen.

Messingin sulatuksessa ei kaasuvaikeuksia esiinny lainkaan, jos rikkipitoisuus on korkea. Sinkin kiehumisen aiheuttaa sen, että sulassa vallitsee koko sulatuksen ajan

samanlainen tilanne kuin kaasupuhalluksen aikana; kaasukuplat ovat sinkkihöyryä, joka estää muiden kaasujen liukenemisen.

Kaikkia niitä kupariseoksia varten, joissa on alumiinia, piitä, kromia tai mangaania, on olemassa ainakin yksi varma sääntö: niissä ei saa käyttää hapettavaa sulatusta. Tämä on aivan luonnollinen asia, sillä tunnetusti kaikki mainitut lisäaineet omaavat erittäin suuren affiniteetin happeen ja tulevat hapettavassa sulatuksessa kuonaantumaa. Tällaisissa tapauksissa ainoa mahdollinen keino toistaiseksi on typpipuhallus, mikäli kysymys on vedyn poistamisesta.

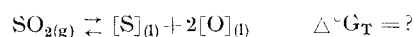
Alumiinin ja sen seosten sulatuksessa esiintyy tunnetusti poikkeuksetta kaasuvaikeuksia. Kysymyksessä oleva kaasu on aina vetykaasu, joka tulee sulaan vesihöyrystä. Tämän poistamiseksi käytetään hyvin erilaisia aineita ja menetelmiä. Aikaisemmin olivat yleisimpiä erilaiset metallikloridit ja -fluoridit. Ne väitteet, joiden mukaan liunnut vety muodosti näiden yhdistysten kanssa kloorivetyä, lienevät väärä, sillä tutkimukset osoittavat, että sulassa syntyi vaihtoreaktion tuloksena alumiinikloridia, joka sublimoituu ja kloridin metalli liukenee alumiiniin. Nykyisimmin käytetään sekä kloorikaasua että tyyppiä puhalluksessa. Molemmilla saavutetaan hyviä tuloksia, mutta ilmeistä on, että typpipuhallukselle on annettava etusija käytännöllisessä mielessä.

Viimeisenä esimerkkinä esitän kysymyksen rikin siirtymisestä liekkikaasuista sulaan teräkseen. Tämä esimerkki on tavallaan eräs tärkeimpiä esitetystä, koska se osoittaa, miten eräissä tapauksissa tällaisia liukenemiskysymyksiä voidaan laskea etukäteen.

Joitakin vuosia sitten, kun alettiin teräksen lieskauuni-sulatuksessa käyttää öljylämmitystä, huomattiin selvästi, että teräksen rikkipitoisuus seurasi melko tarkasti öljyn rikkipitoisuutta. Oli siis selvää, että rikkitransportti tapahtui kaasufaasin kautta. Keskusteluissa, joita tällöin käytiin asian johdosta, esitettiin yleisesti se käsitys, että ainoa mahdollisuus tähän olisi, että liekkissä esiintyisi rikkivetyä, joka aikaisempien tietojen mukaan pystyi luovuttamaan rikkiä teräkselle. Vaikka toisaalta oltiin selvillä siitä, että rikkivety on aivan liian instabiili kaasumolekyylillä pysyäkseen hajaantumatta sulan teräksen lämpötiloissa ja erittäin hapettavissa olosuhteissa, ei tätä käsitystä muutettu, koska muutakaan selitystä ei löytynyt.

Todellisuudessa rikki esiintyy mainituissa olosuhteissa rikkidioksidina. Kirjallisuudesta ei kuitenkaan löydy tietoja rikkidioksidin liukoisuudesta sulaan teräkseen. Tätä asiaa voidaan kuitenkin tarkastella seuraavaan tapaan:

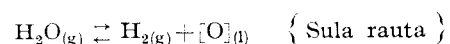
Reaktio on:



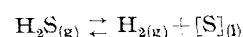
Tämän reaktion  $\Delta^\circ G_T$ :n määrittäminen edellyttää kuitenkin seuraavien suureiden tuntemista:



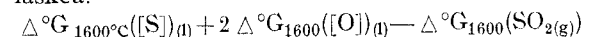
Nyt kuitenkin tunnetaan seuraavat tasapainot:



josta saadaan  $\Delta^\circ G_{1600^\circ C} ([O])$  sekä:



josta saadaan  $\Delta^\circ G_{1600^\circ C} ([S]_{(l)})$ . Koska myös  $\Delta^\circ G (SO_2)$  on tunnettu taulukoista voidaan reaktion  $\Delta^\circ G_{1600^\circ C}$  laskea:





ja siitä tasapainovakio ja siitä liukenemismahdollisuudet eri tapauksille. Tämän perusteella voidaan esimerkiksi laskea, että, jos sulassa on 0,05 % rikkiä ja 0,02 % happea, niin tasapainossa on rikkidioksidin osapaine  $2 \times 10^{-8}$ . Siis sula voi ottaa rikkiä kaasufaasista, vaikka rikkidioksidin pitoisuus on aivan mitättömän pieni.

Edelläesitetyt esimerkit muodostavat vain murto-osan käytännössä esiintyvistä tapauksista. Monet niistä so-

pivat näennäisesti erittäin hyvin esitettyjen teorioiden kanssa, toiset sen sijaan ovat täydellisessä ristiriidassa jokaisen tunnetun teorian kanssa. Todellisuudessaahan on asia siten, että kaikki tapaukset sopivat teoriaan, jos vain teoria on oikea. Muistakaamme, että teoria on todellisuudessa jonkin ilmiön selitys ja teknikon tärkeänä tehtävänä on löytää oikea ja hyödyllinen selitys ilmiöille, joita hänen on tehtävissään pystyttävä hallitsemaan.

*Tri. ins. PAAVO ASANTI:*

## Kaasujen poistamisesta kupari- ja alumiinivaluseoksista

*(Lyhennelmä)*

Sen jälkeen, kun noin 30 vuotta sitten opittiin tuntemaan kaasujen merkitys metalleissa ja niiden osuus epätiivien valukappaleiden syntymiseen, on useita menetelmiä kehitetty kaasujen poistamiseksi sulasta metallista. Useita käyttökelpoisia menetelmiä on käytännössä. Tosin ne eivät meillä vielä ole yleisessä tiedossa taikka niitä käytetään vain suhteellisen vähän ja usein tällöinkin aivan väärin. Tämä valitettava väärinkäyttö, jonka tuloksena tavallisesti saadaan täysin epäonnistunut valu, johtuu useimmiten tietämättömyydestä. Tämä ei olekaan mikään ihme, sillä kysymykseen tulevissa menetelmissä on usein niin paljon salakuoppia, että hyvään lopputuloksen saavuttamiseksi vaaditaan valimomieheltä melko hyvää metallin tuntemusta. Ne tekijät nimittäin jotka vaikuttavat kaasuhuokoisuuden tai rakkuloiden syntymiseen ovat lukemattomat. Ne voivat johtua metalleihin liuenneista kaasuista, metallissa tapahtuvista kemiallisista reaktioista, sulan metallin ja muotin välisestä kosketuksesta jne. Seuraavassa tullaan käsittelemään juuri kaasunpoistoa metalleista, niitä keinoja joiden avulla voidaan aikaansaada kaasuvapaata metallia. Aihe on tavattoman laaja, sillä eri metalleissa kaasuhuokoisuus aiheutuu eri syistä. Kaasunpoisto on myös täysin erilainen useissa tapauksissa jne. Käsittelemällä kuitenkin ne pääperiaatteet jotka kaasunpoistossa tulevat kysymykseen, voitaneen eräiden tärkeimpien valumetallien kohdalla esitettävien esimerkkien avulla saada edes jonkinlainen yleiskuva nykyisestä kehitysvaiheesta tällä alalla.

Lähtökohtana on se tunnettu tosiasia, että kaasujen liukenevuus sulaan metalliin on oleellisesti suurempi kuin kiinteään. Kun metalli jäähtyy sulassa tilassa, pyrkii kaasu siitä osittain poistumaan. Kun metalli jähmettyy, on tämä kaasunpoisto erittäin voimakas. Juuri tässä vaiheessa syntyy valukappaleessa helposti kaasurakkuloita tai kaasuhuokoisuutta. Metallin jähmettyessä syntyy siinä kiinteään metallin rajoittamia osia, joissa vielä on sulaa metallia. Jos jähmettyminen tapahtuu siten, että tätä sulaa metallia ympäröi kaikkialla kiinteä jähmettynyt metalli, ei kaasu pääsekään poistumaan tällaisesta »taskusta», vaan jää sinne aiheuttaen huokosen.

Lähdettäessä tarkastelemaan niitä keinoja, joiden avulla kaasut voidaan poistaa metalleista, on pidettävä mielessä, missä muodossa kaasut ovat sulassa metallissa. Yleisin ja vaarallisin kaikista kysymykseen tulevista kaasuista on vety, joka liukenee miltei kaikkiin valimoissa esiintyviin metalleihin. Toisia kaasuja, joiden merkitys ei ole yhtä suuri kuin vedyn, ovat ns. reaktiokaasut, kuten vesihöyry, hiilimonoksidi ja rikkidioksidi, jotka syntyvät kemiallisten reaktioiden johdosta joko itse metallissa

taikka metallin pinnassa sen joutuessa kosketuksiin muotin kanssa. Tällaiset kaasut ovat vetyyn nähden aivan toista tyyppiä. Ne jäävät liukenemattomina metalliin. Niitä ei saada siitä hehkutuksenkaan avulla pois kuten vetyä.

Ne keinot, jotka on käytettävissä kaasujen poistamiseksi sulasta metallista, ennen valua voidaan jakaa seuraaviin 5:een päätyyppiin:

1. esijähmetys
2. pesukaasujen käyttö
3. kemiallisesti aktiivisten kaasujen, haihtuvien nesteiden tai kiinteiden aineiden käyttö
4. ei-hapettavan fluxin käyttö
5. hapetus-pelkistys menetelmä

Muitakin menetelmiä kaasujen poistamiseksi on olemassa. Mainittakoon vain erilaiset sulatustavat, kuten induktiounisulatus sekä vakuumisulatus. Edelleen ultraäänien käyttömahdollisuus, jota saksalaiset ovat tutkineet m.m. alumiiniseosten yhteydessä. Näihin menetelmiin ei kuitenkaan ole tilaisuutta tässä yhteydessä enemmälti puuttua.

### 1. Esijähmetys

Metallin jähmettyessä kaasun liukoisuus siihen vähenee oleellisesti, kuten aikaisemmin esitettiin. Esim. sulamislämpötilassaan puhdas, sula alumiini liuottaa vetyä noin  $0.7 \text{ cm}^3/100 \text{ mg}$ , kiinteässä tilassa samassa lämpötilassa liukenevuus on paljon pienempi, noin  $0.05 \text{ cm}^3/100 \text{ mg}$ . Tästä syystä, jos kaasupitoinen metalli jähmettyy, kylästy kulloinkin jällellä oleva sula metalli kaasulla, ja kaasunpoisto jatkuu niin kauan kunnes kaikki metalli on jähmettynyt. Jos jähmettyminen on tapahtunut progressiivisesti, on kiinteässä metallissa hyvin vähän kaasua jällellä.

Esim. Y-seoksen (4 % Cu, 2 % Ni, 1.5 % Mg) tiheys on  $2.80 \text{ gm/cm}^3$ . Sulatettaessa tätä metallia tavallisessa upokasunissa oli metallin tiheys ilman esijähmetystä hiekkavalun jälkeen  $2.735 \text{ gm/cm}^3$ . Tämä vastaa noin 2.3 %:n huokoisuutta. Käytettäessä esijähmetystä, minkä jälkeen lämpötila nopeasti nostettiin valulämpötilaan, saatiin muuten vastaavissa olosuhteissa tiheydeksi  $2.78 \text{ gm/cm}^3$ , mikä vastaa noin 0.7 %:n huokoisuutta.

Tällä menetelmällä ei nykyisin ole juuri muuta kuin historiallista merkitystä. Sitä on käytetty magnesiumteollisuudessa sekä eräissä yksittäistapauksissa muillekin metalleille.

### 2. Pesukaasumenetelmä

Jos metallissa on liuennutta kaasua G niin sen pitoisuus metallissa tasapainon vallitessa on riippuvainen metallin

kaussa kosketuksessa olevan kaasufaasin osapaineesta  $P_G$ . Tällöin on voimassa tunnettu Sievertin kaava  $M = \frac{K\sqrt{P_G}}{K\sqrt{P_G}}$ . Diatominen eli kaksiatominen kaasu on liuenneena metalliin atomin muodossa. Jos näin ollen kaasupitoinen metalli on kosketuksessa sellaiseen faasiin, jossa ei ole mainittua metalliin liuennutta kaasua, pienenee metalliin liunneen kaasun pitoisuus. Tämä periaate, jonka tunnettu sovellutus on ammoniakkin poistaminen kyllästetystä liuksesta vety- tai typpihuuhtelun avulla, on perustana kaasujen poistamiselle sulasta metallista. Menetelmän lienee ensimmäisenä ottanut käytäntöön ROSENHAIN v. 1925 Typpi on yleisimmin käytetty huuhtelu- eli pesukaasu, joskin muitakin kaasuja käytetään. Puhallettaessa typpikaasua sulan kaasupitoisen metallin pinnalle, saadaan puhdistusvaikutus aikaan. Paras tulos saavutetaan, kun typpi johdetaan sulan metallin läpi esim. niin että se nousee alimmasta kohdasta sulatteen yläpintaan. Mitä pienemmät typpikuplat tällöin ovat, sitä parempi tulos saavutetaan. Typpikaasun johdattamiseksi sulaan metalliin käytetään yleisesti sopivaa putkea, joka usein on päällystetty tulenkestävällä kerroksella. Putken alapäähän on porattu pieniä reikiä, joista typpi hajaantuu sulaan metalliin. Toisinaan käytetään putken päässä huokoista grafiittikappaletta tai tulenkestävää tiiltä. Mikäli kaasunpoisto suoritetaan säännöllisesti esim. päivittäin on edullista tietyissä tapauksissa johtaa typpikaasu metalliin esim. kuljetuksen keraamisen vuorauksen kautta. Tällä tavalla kaasunpoisto-operatio ei vie paljon aikaa, metallin lämpötila ei laske normaalia enemmän, pesukaasun kulutus on suht. pieni ja kaasunpoisto metallista on tehokas.

Typpikaasumäärä on esim. kupariseoksille käytännössä noin 25 l/100 kg ja alumiiniseoksille noin 70 l/100 kg. Kaasun virtausnopeus on noin 10 . . . 13 l/min.

Kaasupesua käytetään nykyisin jo melko yleisesti, useimmiten ei-rautametalleille, mutta joskus myös rautametalleille. Huuhtelukaasuna voidaan käyttää muitakin kuin typpeä, edellyttäen, ettei tämä kaasu reagoi vetyyn taikka vesihöyryyn. Kuiva typpi on sopiva kupariseoksille ja alumiinilejeeringeille, kloorikaasu magnesiumille, argon ja helium raudalle ja teräkselle. Kuivaa ilmaa käytetään silloin, kun hapen ja typen liukeneminen ei ole haitallista tai sitä ei tapahdu. Mikäli käytetyssä työssä on kosteutta, hajaantuu kosteus vedyksi ja hapeksi. Metallin joutuu tällöin lisää vetyä, mistä syystä kaasunpoisto hidastuu. Alumiinipitoisissa metalleissa muodostaa typen mukana sulaan metalliin tuleva happi typpikuplan ympärille alumiinioksidifilmin, joka estää vedyn siirtymisen sulasta metallista kuplaan ja sen mukana pois metallista.

Sulan metallin pinnalle korkeassa lämpötilassa muodostuva oksidifilmi läpäisee vetyä enemmän tai vähemmän. Mikäli uunin kaasutilassa on vedyn osapaine suuri, verrattuna metallin vedynpaineeseen siirtyy vetyä sulaan metalliin. Alumiinipitoisissa metalliseoksissa pinnalle muodostuva sitkeä alumiinioksidikalvo estää suuressa määrässä vedyn liukenemisen metalliin. Toisaalta vety ei myöskään pääse helposti poistumaan kaasupitoisesta metallista. Typen käyttö on näissä olosuhteissa myös edullista, koska sen avulla vety voidaan poistaa metallista ja vedyn uudelleen liukeneminen estyy suojaavan alumiinioksidikalvon takia. Hyvälle kaasunpoistolle on edellytyksenä, että oksidifilmi poistetaan tai rikotaan. Eräissä tapauksissa ei tällaista kiinteätä oksidifilmiä muodostu lainkaan. Esim. fosforipronssissa muodostavat syntyvät metallioksidit fosforin kanssa sulan kuparifosfaatin. Tällainen kalvo läpäisee helposti vetyä, mistä syystä vety

poistuu sulasta metallista ollessaan vain ilman vaikutuksen alaisena. Kokeissaan BAKER ja CHILD toteivat, että 1250°:ssa vetykaasutettu fosforipronssi (0.39 % P) saadessaan jäähtyä ilmassa valulämpötilaan 1050°:een oli koesauvoiksi jähmetyttyään täysin tiivis.

Kuten asken mainittiin, voidaan huuhtelukaasuna käyttää muitakin kaasuja kuin typpeä. Kupariseokselle käytetään joskus kuivaa ilmaa, joka puhalletaan muutamien minuuttien ajan sulatteen läpi. Toisinaan käytetään grafiittiupokkaan pohjalla mangaanimalmia, joka reagoi dessaan grafiittiin muodostaa hiilimonoksia sulatuksen aikana ja jonkin ajan kuluessa metallin ollessa jo sulaa. Mangaanimalmin määrä on  $\frac{1}{2}$  . . . 2 % metallin painosta. Kalkkikiveä voidaan myös käyttää, noin  $\frac{1}{4}$  . . . 1 % metallin painosta. Syntyvä hiilidioksidi toimii huuhtelukaasuna.

### 3. Kemiallisesti aktiivisten kaasujen, haihtuvien nesteiden tai kiinteiden aineiden käyttö.

Tämä menetelmä tulee ensi sijassa kysymykseen alumiiniseosten käsittelyssä. Pitkäaikainen kokemus onkin jo olemassa erityisesti kloorin ja eräiden kloridien käytöstä. Sulassa alumiiniseoksessa on tavallisesti liuenneena kaasuja, vetykaasua, ja sen lisäksi usein oksidisulkeutumia. Alumiinioksidin tiheys on samaa suuruusluokkaa kuin alumiininkin, mistä syystä se ei nousekaan ilman muuta metallin yläpintaan, vaan jää uiskentelemaan pieninä hiukkasina metallissa. Tällainen oksidi pilaa metallin, mistä syystä se on saatava pois. Tämä onkin toinen syy, minkä takia alumiini käsitellään sopivien suolasulatteiden taikka kaasupesun avulla. Viimemainitussa käytetään usein kloorikaasua tai typpi-kloorikaasua. On todennäköistä että kloori vaikuttaa samaan tapaan kuin typpikin. Sen teho on kuitenkin suurempi kuin typen, sillä typen mukana joutuu metalliin miltei aina jonkin verran happea, joka estää vedyn diffuusion. Magnesium-pitoisen alumiiniseoksen yhteydessä käytetään kloorikaasua typen sijasta, sillä happipitoinen typpi synnyttää sulatteessa magnesiumnitriidiä ja -oksiidia kun taas kloori muodostaa magnesiumkloridia, joka edistää diffuusiota. Paitsi DARDEL'ia ovat myös BUSK ja BOBALEK sitä mieltä, että kloorilla on enemmänkin pesu- kuin kemiallinen vaikutus.

Kloorikaasun käyttö valimoissa tuottaa myrkyllisyytensä takia vaikeuksia. Se edellyttää tehokkaita ilmastointilaitteita, mistä syystä kloorin käyttö tulee kysymykseen vain suurmittakaavassa. Sen sijaan eräiden haihtuvien kloridien käyttö kaasunpoistajana on helppoa. Periaatteessa tulevat seuraavat aineet kysymykseen: hiilitetrakloridi, piitetrakloridi, titanitetrakloridi, stannikloridi, alumiinikloridi, ferrikloridi, sinkkikloridi ja tetrakloretaani. Booritrikloridia on käytetty sekä myös hexakloretaania, joka on kiinteä huoneenlämpötilassa ja jonka etuna on ettei se ole hygroskooppinen. Sitä on käytetty huomattavassa laajuudessa teollisuudessa.

Useimmat haihtuvat kloridit hydrolysoituvat joutuessaan kosketuksiin kosteuden kanssa. Tämä koskee erityisesti titanitetrakloridia, joka muodostaa suolahappoa ja titanioksidia tukkien helposti laitteet ja putket joissa sitä käsitellään. Hiilitetrakloridin ja ja hexakloretaanin yhteydessä ei tapahdu hydrolysoitumista. Kiinteät kloridit, kuten alumiinikloridi lisätään pieninä kappaleina sopivan laitteen avulla upokkaan pohjalle.

Paitsi edellämainituilla aineilla on hyviä tuloksia saavutettu tetrakloretaanilla, jossa on 1 paino% vetyä.

Kuten aikaisemmin mainittiin, käytetään kloori- ja typpikaasua samanaikaisesti pesukaasuna. Esim. suhde

50:50 on sopiva. Eräissä tutkimuksissa on pyritty kloorin sijasta käyttämään typhen ohella haihtuvia klorideja. Paras tulos saavutettiin typpi-titanitetrafluoridilla, jolloin kaasunpoisto oli parempi kuin kloridilla yksin. Kloridin kulutus oli pienempi ja titanioksidihöyryjen muodostus pienempi. Hiilitetrafluoridi-typpi-seoksen käytössä ei typestä ollut mitään oleellista etua. Käytettäessä tätä sekoitusta magnesiumille saavutettiin tyydyttävä tulos.

Alumiinikloridi, joka huoneenlämpötilassa on kiinteä aine, kaasuuntuu joutuessaan sulaan alumiiniin. Syntyvä kaasu toimii pesukaasuna. Sinkkikloridin käyttö perustuu siihen, että se muodostaa sulassa alumiinissa alumiinikloridia. Eräkohtana on sinkin joutuminen sulatteeneseen.

#### 4. Ei-hapettavan fluxin käyttö

Kuten myöhemmin esitetään, käytetään eräiden kupariseosten kaasunpoistoon hapettavaa fluxia. Aluminiseoksille sekä aluminipitoisille ja eräille muillekin metalliseoksille ei tietenkään voida käyttää hapettavaa fluxia. Sen sijaan ei-hapettava fluxi on yleisesti käytännössä. Tällainen fluxi on tavallisesti kokoonpantu alkaliklorideista. Eräs hyvin tunnettu ja tehokas suolafluxi on seuraava: 50 % KCl, 40 % NaCl ja 10 % NaF. Käytettävä määrä on 2 % metallin painosta sulatteen pinnalla. Upokas peitetään kannella. Metallia sekoitetaan varovasti ja samanaikaisesti johdetaan upokkaan pohjalle kuivaa typpi-kaasua, mutta myös hiilimonoksidia tai hiilidioksidia voidaan erään tiedon mukaan käyttää. Usein saadaan pelkästään sekoituksen avulla hyvä kaasunpoisto. Tämä edellyttää kuitenkin, että uuniatmosferaari on täysin vapaa vedystä eikä kosteutta ole läsnä.

Tämän menetelmän epäkohtana on upokkaan voimakas syöpyminen. Sen välttämiseksi riittää kuitenkin, että vain noin 10 % sulan metallin pinnasta on fluxin peitossa.

Nyt voidaan kysyä, eikö esim. typpihuuhdeltu yksin riitä liuenneiden kaasujen poistamiseen. Kuten aikaisemmin mainittiin, vaikeuttaa sulan metallin pinnalla oleva sitkeä alumiinioksidikalvo vedyn poistumista. Tästä syystä joudutaan metallia sekottamaan, mikä puolestaan aiheuttaa oksidimuodostusta. Tämän takia typpihuuhdeltu ei aina anna lopullisesti hyvää tulosta. Yleisesti hyväksytyt käsitykset mukaan alkalihalogenifluxin vaikutuksesta alumiinioksidikalvo menee rikki ja vety pääsee helpommin diffusoimaan metallista uuniatmosferaariin. Käytetty fluxi ei itse asiassa liuota alumiinioksidia, sillä alumiinioksidin liukoisuus näihin suoloihin on hyvin pieni taikka olematon. Alkalimetallien affiniteetti hapteen on suuri, mistä syystä on mahdollista että osa alumiinioksidista reagoi Na-fluoridiin muodostaen Al-fluoridia. Reaktio tapahtuu sulan fluxin tunkeutuessa oksidifilmiin ja metallin väliin. Esim. fluorijonit tunkeutuvat oksidifilmiin, jolloin syntyy aluminifluoridia.

Kaasujen poistaminen alumiiniseoksista joko typpikloori-kaasujen taikka fluxin avulla aiheuttaa metallin kiderakenteen karkenemisen. Kuten tunnettua, esiintyy sama ilmiö silloin, kun metallia on ylikuumennettu liikaa. Tämä epäedullinen vaikutus voidaan välttää lisäämällä sulaan Al-seokseen titaania taikka booria. Näitä metalleja käytetään nyttemmin yleisesti useimpien valualumiiniseosten kiderakenteen hienontamiseksi. Ne lisätään esim. epäorgaanisina suoloina metallin puhdistuksen tai kaasunpoiston yhteydessä.

Fluxien käytössä on huomattava, että niiden tulee olla täysin kuivia. Kuivaaminen uunin reunalla ei tavallisesti riitä, sillä suolat ottavat itseensä kidevettä, joka ei poistu edes kuumennettaessa useiden satojen asteiden lämpötilaan. Tätä selventää seuraava esimerkki.

Alumiini (4 %Cu) fluxattiin kolme kertaa samalla fluxilla. 1. fluxi otettiin varastosta: metallin vetypitoisuus 0.83 cm<sup>3</sup>/100 gm. 2. fluxi kuiv. 40 min. uunin reunalla metallin vetypitoisuus 0.55 cm<sup>3</sup>/100 gm. 3. fluxi kuiv. 4 h 400°:ssa metallin vetypitoisuus 0.21 cm<sup>3</sup>/100 gm.

#### 5. Hapetus-pelkistys menetelmä

Edellä on esitetty menetelmiä, joiden avulla ensi sijassa metalliin liuenneet vety voidaan poistaa. Eräänä tällaisena menetelmänä mainittakoon vielä hapetus-pelkistysmenetelmä, joka viime vuosina on tullut verraten yleiseksi. Liuenneet vety voidaan poistaa eräistä kupariseoksista hapetuksen avulla. Mutta Al-metalleille ei menetelmä sovi. Vety ja happi voivat olla samanaikaisesti liuenneina esim. sulassa kuparissa, jolloin niiden konsentraatiot noudattavat massavaikutuksen lakia. Tämä tarkoittaa sitä, että mitä enemmän kuparissa on happea sitä vähemmän siinä on vetyä. Kuten yleensä, on vedyn liukeneminen kupariin sitä suurempi mitä suurempi lämpötila on. Käytännössä menetellään siten, että metalliin lisätään hapettavaa fluxia, jossa tehollisena aineena on tavallisesti kuparioksidia tai kaliumnitraatti sekä lisänä sopivia suoloja, kuten booraxia, natriumfluoridia, natriumkloridia jne. Metalliin joutunut liika happi poistetaan myöhemmin fosforikuparin avulla.

Hapetusmenetelmä soveltuu ainoastaan sellaisille metalleille, joissa ei ole mukana helposti hapettuvia seosmetalleja.

Niinpä jos happea johdetaan vetypitoiseen alumiinisolatteeneseen taikka siihen lisätään hapettavaa fluxia, olisi ainoana tuloksena alumiinin hapettuminen oksidiksi eikä vedynpoistoa tapahtuisi. Vastaavasti esim. kuparitia seoksissa, kuten tina- ja fosforipronssissa, joissa on enemmän kuin 0.05 % fosforia tai 0.5 % sinkkiä ei vetyä voida poistaa hapetusmenetelmällä, kuten äsken mainittiin. Ennen kuin vety voitaisiin poistaa, olisi mainitut aineet poistettava.

Sinkkipitoisissa kupariseoksissa, joissa Zn on enemmän kuin 20 %, ei yleensä esiinny liuenneita kaasuja, mikä johtuu sinkin suuresta höyryn paineesta ko. sulan metallin lämpötilassa. Niinpä messinki, erikoismessinki ja useat uushopeaseokset ovat vapaita vetyhuokoisuudesta. Kaikki muut kupariseokset ovat alttiita vedyn liukenemiselle. Tässä suhteessa saadaan huonoimmat tulokset metalliseoksilla, joilla on laaja jäähmetysohyöke, kuten tinapronssilla, fosforipronssilla ja punametallilla. Tämä johtuu siitä, että kaasu pääsee vaikeammin poistumaan jäähmetyvästä metallista, kuten aikaisemmin esitettiin.

Eräät kupariseokset ovat alttiita reaktiokaasuhuokoisuudelle. Tämä tarkoittaa sitä, että happi yhtyy metallissa siinä olevaan vetyyn, hiileen tai rikkiin metallin jäähmetysohyökeessä. Tällaisesta tapauksesta välttyään desoksidoimalla metalli kunnollisesti ennen valua. Alumiinipronssissa ei tämänlaatuista huokoisuutta esiinny, koska happi on liuenneena vain erittäin vähäisessä määrässä. Myös metallit, joissa on enemmän kuin noin 0.05 % fosforia tai enemmän kuin 1 % Zn ovat vapaat vesihöyryn aiheuttamasta kaasuhuokoisuudesta. Mikäli niissä esiintyy kaasuhuokoisuutta, johtuu se vedystä. Sama koskee rikki-dioksidihuokoisuutta. Nikkelipitoisissa kupariseoksissa, myös sellaisissa, joissa on yli 20 % Zn, esiintyy hiilimonoksidihuokoisuutta. Hiilen liukoisuus sulaan kupariin on erittäin pieni. Toistaiseksi ei ole voitu osoittaa, missä määrin hiilimonoksidia aiheuttaa huokoisuutta muissa kuin nikkelipitoisissa kupariseoksissa.

Kupariseoksissa yleisimmin käytetyt desoksidatioaineet ovat fosfori, sinkki ja mangaani. Pii on huomattavin seos-

aine piipronseissa, magnesiumia käytetään toisinaan nikkelipitoisten seosten loppupelkistykseen ja kromi on tärkeänä seosaineena erikoispronseissa. Nämä metallit muodostavat hyvin pysyviä oksideja, joten hapen liukeneminen vastaavaan kuparilejeerinkiin on pieni (siihen saakka, kunnes ko. metallit ovat hapettuneet). Käytännöllisesti katsoen kaikissa valimoissa kysymykseen tulevissa kupariseoksissa on joko huomattavan suuria määriä pelkistysaineita taikka näitä on vähäisemmässä määrin johtuen paluromussa olevasta desoksidatioaineesta. Tästä johtuukin, että vain hyvin harvoissa tapauksissa riittää ns. hapettava sulatus, jolloin uunin atmosfääristä happea liukenee metalliin. Sama koskee kiertoromun käyttöä. Ilman muuta on sanottava että hapettava sulatus on oikea, koska siinä mahdollisuus vedyn liukenemiselle metalliin on pienempi. Kiertoromun pinnassa oleva hapettuma vaikuttaa usein edullisesti. Vetyvapaan metallin saaminen on sekä hapettavassa sulatuksessa että usein hapetus-pelkistysmenetelmääkin käytettäessä vaikea. Tällöin on käytettävä muita menetelmiä, kuten kaasuhuuhuteluja, josta jo aikaisemmin puhuttiin.

Ei-rautametallien kohdalla mainittakoon vielä pari esi-

merkkiä kaasujen poistamisesta hieman epätavallisin keinoin. Kun metalli on saatu täysin kaasuvapaaksi ja on valmis valettavaksi, on kaasuhuokoisuusvaara edelleenkin olemassa. On nimittäin muistettava, että monet ei-rautametallit absorpoivat hiekkamuotista suuretkin määrät vetyä. Kaasuabsorptio johtuu metallipinnan ja hiekkamuotissa vallitsevan vesihöyryatmosfäärin reaktiosta. Absorpoitunut kaasumäärä riippuu metallin pinnalla olevan oksidifilmin laadusta. Kuten aikaisemmin mainittiin, on fosforipitoisissa metalleissa syntyvä hapetus-tulos tehoton, sillä siinä ei muodostu suojaavaa oksidikalvoa. Reaktiotuloksena syntyvä vety pääsee tästä syystä esteettä liukenemaan muotissa olevaan metalliin. Useissa tapauksissa syntyvä oksidikerros kuitenkin estää vedyn liukenemisen. Haitallisen reaktion estämiseksi nimetään fosforipronssin yhteydessä on kehitetty kaksi menetelmää. Toisen mukaan lisätään metalliin piitä, joka aikaansaa sopivan oksidifilmin valukappaleen pintaan. Toisen menetelmän mukaan käsitellään hiekkamuotin pinta sopivalla alumiini-magnesiumpulverilla. Edellinen menetelmä ei sovellu lyijypitoisten kupariseosten käsitelyyn.

Prof. OLAVI EIRO:

## Vety hitsauksessa

(Lyhennelmä)

Käytännössä tapahtuneiden hitsattujen rakenteiden murtumista ei ole yhtään todistettavasti voitu esittää vedyn aiheuttamiksi. Vedyn vaikutus teräksessä on jo vuosikymmeniä ollut tunnettu. On myös selvitetty miten lujuusominaisuudet ja mitkä seosaineet edistävät ja mitkä estävät vedyn diffusiota teräksessä.

Hitseissä vedyn vaikutus esiintyy hitsimetallin haurautumisena, varsinkin on hauraus suuri kohta hitsauksen jälkeen. Tavallisesti vetyvaikutus ilmenee nk. vetyläikkien vetokokeessa.

Eräissä tapauksissa voi syntyä huokosia hitsiin tai kuumahalkeamia muutosvyöhykkeessä esim. seosteräksissä.

Hitsauksessa ovat olosuhteet erittäin edulliset vedyn jäämiselle hitsiin:

- 1) metallisula on kuuma, jopa monasti ylikuumentunut, jolloin se halukkaasti ottaa vetyä,
- 2) jäähtyminen tapahtuu nopeasti, vety ei ehdi poistua
- 3) hitsi on enemmän tai vähemmän huokos- ja kuonapitoista,
- 4) hitsausprosessin aikana vapautuu runsaasti vetyä useassa hitsaustavassa tai hitsaus tapahtuu vetyatmosfäärissä.

Hitsaustavalla on ratkaiseva vaikutus hitsissä olevaan vetymäärään, kaasuhitsauksessa jää pieni määrä vetyä, kun taas kaarihitsauksessa erällä puikkolaaduilla tulee vetymäärä erittäin suureksi! Monipalkoinen, monikerroksinen kaarihitsi on vetyköyhempiä kuin yksipalkoinen samalla puikkolaadulla. Saksalaisen tutkimuksen mukaan kaarihitsin vetymäärä on n. 10 kertaa suurempi kuin elektrodilangan ja n. 1½ kertaa suurempi kuin kaasuhitsin vetymäärä.

Kaarihitsauksessa vety tulee elektrodin päällysmassasta hitsiin, lanka-aineen vetymäärällä ei ole merkitystä. Niinpä Lefèvre totesi, että hitsin vetypitoisuus oli sama 1) jos lanka oli normaalin, 2) jos siitä oli poistettu vety kuumentamalla 6 tuntia 1000°C:ssa tai 3) jos lanka oli ladattu

vedyllä, niin että vetymäärä oli 80 cm<sup>3</sup>/100 g Fe. Kuinka ratkaiseva vaikutus päällystysmassalla on selviää Larsonin ja Bennekin tutkimuksista. Larson sai analysoidessaan 6 Ø mm 110 g painoisen elektrodin päällystyksestä kehittyneitä kaasuja, että vetyä vapautui 3400 cm<sup>3</sup> ja Bennek on saanut 4040 cm<sup>3</sup> vetyä 100 g elektrodia kohti. Vety kehittyi ennenkaikkea massassa olevista orgaanisista aineista ja sidotusta vedestä ja ilman kosteudesta. Yleisenä sääntönä on vedyn kehityksen estämiseksi, että elektrodien tulee olla kuivia. Hitsistä vety poistuu normalisoimilla ja jännityskehkuksella siinä määrin, että normaaliset lujuusominaisuudet saavutetaan. Jo alhaisemmissakin lämpötiloissa saadaan vetyläikät häviämään, kunhan käsittelyn aika on riittävän pitkä. 250°C:ssa riittää useimmiten 2—3 tuntia, 120°C vaatii jo 25—75 tuntia ja huoneenlämpötila 1—3 kuukautta.

### Lujuusominaisuudet.

Lukuisat tutkijat ovat selvittäneet vedyn vaikutusta teräksen lujuusominaisuuksiin, murtolujuus ja myötäraja kohoavat, venymä mutta erikoisesti kuroutuma pienenevät vetymäärän kasvaessa. Hitsimetallin lujuusominaisuudet muuttuvat vedyn vaikutuksesta aivan vastaavasti. Taulukosta 1 selviää lämpökäsittelyn vaikutus.

Taulukko 1.

$\delta_S$ kp/mm <sup>2</sup>	$\delta_B$ kp/mm <sup>2</sup>	$\delta_5$ %	$\lambda$ %	Huom!
49,1*	56,9	18	33,6	Lämp. käsittelemätön Kaikissa vetyläikkä
46,0*	55,0	26,8	56,0	Lämpökäsittely 250°C/2h

\*Kuuden koesauvan keskiarvoina.

Tri Keel (Sveitsi) on todennut iskulujuuden suuren muutoksen ajan mukana, kun ensimmäiset iskukokeet tehdään heti hitsauksen jälkeen. 40—60 min. hitsauksesta hän sai kaasuhitsatun hitsimetallin iskulujuudeksi 1—2 kpm/cm<sup>2</sup>. 10—14 vuorokauden kuluttua oli arvo 8 kpm/cm<sup>2</sup>, jona se sitten pysyi muuttumattomana.

VTT:n metallitekn. laboratoriossa tehtyjen väsytyскоeiden perusteella voidaan sanoa, että vedyn poistaminen hitsimetallista vaikuttaa kuormavaihtolukuun ainakin suurilla kuormituksilla, taulukko 2.

Taulukko 2.

Lämpökäsittelymätön	250°C/2h lämpökäsittely
Kuormitus 46 kp/mm <sup>2</sup>	Kuormitus 46 kp/mm <sup>2</sup>
Kuormavaihtoluku (6 koesauvan keskiarvona) 26000	Kuormavaihtoluku (6 koesauvan keskiarvona) 83000

Lämpökäsittelymättömän aineen  $\delta s = 49,1$  kp/mm<sup>2</sup> ja lämpökäsittelyn  $\delta s = 46$  kp/mm<sup>2</sup>. Vaikka lämpökäsi-

tellyn aineen väsytyскоormitus on epäedullisemmässä suhteessa myötörajaan, on kuormavaihtoluku kuitenkin yli kolminkertainen.

Taulukossa 3 on väsytyскоe tuloksia, jotka on saatu 15 % myötörajaa pienemmällä kuormituksilla tykytyскоe-keessa.  $\delta s$  on määrätty erikseen kummassakin tapauksessa.

Taulukko 3.

$\delta s$ kp/mm <sup>2</sup>	Kuormitus		Kuorma- vaihtoluku	Huom.
	$\delta$ max. kp/mm <sup>2</sup>	$\delta$ min. kp/mm <sup>2</sup>		
51	43	12,3	149000	Lämpökäsittelymätön. Vetyläikkää
45	38	12,3	482000	Lämpökäsittely 500°C/2h

Edelläolevista tuloksista nähdään, että vedyllä on huomattava vaikutus väsytyскоe tuloksiin. Hitsimetallin vety-määriä ei aparaaturin puuttuessa ollut mahdollista mitata

Dipl.ing. JOHAN NIKUS:

## Bestämning av gaser i järn och stål

(Resumé)

### Väte.

Det finns i huvudsak två olika förfaringslinjer: dels extrahering under vakuum vid temperaturer, som ligger under provmaterialets smältpunkt, och dels vid temperaturer över smältpunkten. Om det gäller att enbart bestämma vätet, är varmextrahering mähända den lämpligaste metoden. Den kräver en betydligt enklare och billigare apparatur och ger sannolikt de noggrannaste analysvärdena.

Extraheringstemperaturen ligger mellan 600°—700°. Man har funnit att vätagasavgivningen har ett svagt maximum vid ca 600°. Som känt är gamma-gittret mindre genomträngligt för väte än alfa-gittret, varför man strävar att hålla temperaturen under den kritiska gränsen för att vätes diffusion skall vara så stor som möjligt. Austenitiska stål uppvisar också en påfallande långsammare väteavgivning. De flesta såväl legerade som olegerade stål avger vid de nämnda temperaturerna sitt väte inom 1—2 timmar.

En extraheringsapparat består i huvudsak av en rörugn, ett ugnsrör av kvartsglas, två kvicksilverångpumpar, en förvakuum pump och en McLeods vakuummätare. Apparaten ger enligt uppgift en noggrannhet på  $\pm 0,00003$  %. Analytid: Omkring 1 1/2 timme. Extraheringstemperatur: 600°—650°.

Att märka är att den extraherade gasen inte kan analyseras, men är enligt uppgift praktiskt taget rent väte.

Utföres vätebestämningen enligt vakuumsmltmetoden, smältes analysprovet vid en temperatur av 1500°—1600° och vätet avgår på några få minuter. I synnerhet vid laga vätehalter inverkar de betydligt större tomgångsvärdena vid denna metod försämrande på noggrannheten. För vätehalter över 0,0002 % fås överensstämmande värden mellan de båda förfaringsätten.

Stål i fast form håller normalt väte från 0,0001 % till 0,002 %. I basiskt martin- och elektrostål brukar halterna ligga mellan 0,0001 % och 0,0002 %.

### Kväve.

Den metod, som vanligen kommer till användning för kvävebestämning, är rent kemisk och består i att det som nitrid bundna kvävet vid lösning i någon syra eller syrablandning omvandlas i ammoniumförening, varefter kvävet kan utdrivas härifrån som ammoniak med lut och uppfångas i vatten, och denna ammoniaklösning titreras sedan med starkt utspädd saltsyra eller bestämmas kolorimetriskt. Såvida provet löser sig normalt i syran, tar detta förfarande ca 2 timmar i anspråk. Noggrannheten uppskattas till  $\pm 0,001$  %. Vissa legeringsämnen ger emellertid svårösliga nitrider, t.ex. krom, vanadin, wolfram, titan, tantal och niob. Man får öslösliga rester, som fordrar särskild uppslutning, varigenom metoden blir besvärligare och framför allt tar längre tid i anspråk.

En ur denna synpunkt elegant metod är vakuumsmltmetoden, där även de svårösligaste nitriderna sönderdelas. Rent teoretiskt sett är denna metod också fullständigare, därför att här kommer de lät vara mycket små mängder obundet kväve, som finns i järn och stål, med i analysresultatet. Noggrannheten är betydligt större, nämligen av storleksordningen  $\pm 0,0003$  %.

De kvävehalter man normalt påträffar i martin- och elektrostål ligger i allmänhet omkring 0,005 %, medan konverterstål håller 3 a 4 ggr mera. Särskilt utsatta för att uppta kväve är kromstål, och man kan därför hos värmebeständiga eller syrafasta stål, som framställts ur flera gånger omsmält skrot, stöta på höga kvävehalter.

### Syre.

Om det är fråga om att bestämma totala syrehalten i ett järn eller stål, är vakuumsmltmetoden den som snabbast leder till målet och ger pålitliga värden.

Vill man dessutom ha någon uppfattning om, huru syret är fördelat i provmaterialet, kan mähända en mikroskopisk undersökning vara tillfyllest. Önskar man få fullt klarlagt de olika oxidernas inbördes relation, är man hänvisad till

någon specialmetod, som lämpar sig för just det provmaterial det är fråga om. Dessa metoders användningsmöjligheter är vanligen starkt begränsade. Gemensamt för dem är att järn- eller stålprovet upplöses på ett sätt, som lämnar oxiderna oangripna. Oxidresten undersökes sedan mikrokemiskt eller på spektralanalytisk väg. Dessa metoder användes huvudsakligen vid vetenskapliga undersökningar.

Vid vakuumbefäring höjes provets temperatur över smältpunkten. Dessförinnan evakueras all luft ur apparaten, så att det inre trycket går ner till ca 0,0001 mm Hg, ofta ännu lägre. Smältningen sker i grafitdegel. Under de rådande försöksbetingelserna avges analysprovet sitt väte och kväve i elementär form, medan alla oxider i närvaro av kol som vandrar in i provet från degeln, reduceras och syret avgår som kolmonoxid. Gasblandningen pumpas kontinuerligt från ugnsummet medels en kvicksilverångpump och samlas i en samlingspipett, därifrån den, sedan gasavgivningen upphört, kan överföras till en apparat för gasanalys och vidare undersökas.

På detta sätt fås samtidigt både väte, kväve och syre bestämt. Vätet avgår lätt. Vissa nitrider kan fordra något förlängd extraheringstid och möjligast lågt vakuum. Samtliga oxider reduceras sånär som på CaO och MgO, som tillfälligt kan ingå i slagginneslutningar. Vid den normala arbetstemperaturen 1600° reduceras de endast till hälften.

Uppvärmningen sker antingen på högfrekvent väg eller medels motstånd. I motståndsgnarna får smältdegeln sin värme antingen från en kolspiral, som omger denna, eller som hos Ströhlein-aggregaten från en slags grafitbrännare, som omsluter degeln.

En viktig sak, som man får lov att ta hänsyn till vid vakuumsmltmetoden, är olika legeringsämnenas lättflyktighet vid de rådande försöksbetingelserna. Det har nämligen visat sig att vissa metaller vid den höga temperaturen förångas för att sedan igen avsätta sig på ugnsrörets kallare väggpartier och där bilda en beläggning, som har en viss gasabsorptionsförmåga. Farligast är härvidlag mangan men också molybden, wolfram, koppar, nickel och aluminium har en liknande tendens fast i mindre grad. Man måste därför se till att t.ex. manganhalten i den smälta provsubstansen i degeln inte överstiger 1 %. Har man för analys ett manganstalsprov med t.ex. 12—15 % Mn måste det spådas ut med andra prover med lägre Mn-halt. Samma är fallet med de andra nämnda metallerna.

Den apparat, som användes i Dalsbruk för gasbestämning i järn och stål, har levererats av firman Ströhlein & Co i Düsseldorf. Den kan indelas i fyra huvuddelar:

1. En smältugn jämte transformator,
2. två vakuumpumpaggregat, det ena för låg- det andra för högvakuum,
3. en kvicksilverdroppump som tjänstgör som gasuppsamlare,

4. en gasanalysator.

Ugnen, som utvecklats av Thanheiser och Brauns, är av motståndstyp, i vilken en grafitbrännare matas med växelström från en särskild transformator, vars sekundärsida ger en ström på ca 13,5 V och upptill 1200 A. Brännaren omslutes vakuumbädd av ett kvartsrör vilket i sin tur är omgivet av ett spiralförmigt kopparrör, som är vattenkyllt och som har till uppgift att hålla nere kvartsrörets temperatur och förhindra en kraftig värmestrålning till omgivningen.

Ugnsummet står i förbindelse med en kvicksilverdiffusionspump, som ger ett vakuum på 0,0001 mm Hg. Denna står i sin tur i förbindelse med kvicksilverdroppumpen, som under extraheringen uppsamlar gasen alltefter som denna avges av den smälta provsubstansen. För tryckbestämning finnes 2 st. McLeods vakuummätare inkopplade på ömse sidor om kvicksilverdiffusionspumpen.

När gasavgivningen upphört, överföres den samlade gasmängden till en särskild gasanalysator. Här mätes först gasblandningens volym, varpå tillsättes en viss mängd syrgas, tillräcklig för att förbränna gasblandningens väte och kolmonoxid. Förbränningen sker antingen i en explosionspipett och utlöses genom en gnista från en gnistinduktor, eller genom att gasblandningen ledes genom ett upphettat kapillarrör av platina. Ur de kontraktioner, som gasblandningen vid förbränningen undergår, dels genom vätets förbränning till vattenånga, som kondenserar, och dels genom den uppkomna koldioxiden, vilken absorberas i kalilut, kan halterna av väte och kolmonoxid i den ursprungliga gasblandningen beräknas. Resten är kväve.

En gasbestämning kräver en tid av ½—1 timme. Sex a åtta bestämningar kan göras efter varandra. Analysproverna, vilka har cylinderform, ligger nämligen i rad efter varandra i ett vertikalt rör i ugnsummets övre del och införes i tur och ordning med magnet i smältdegeln. Efter varje analysserie måste smältdegeln bytas och, då denna är av grafit, måste den underkastas en noggrann avgasning, vilket sker genom att glödga den vid en temperatur, som ligger åtminstone 100° över den temperatur som användes vid analyseringen. Glödgningen fortsättes, tills trycket i ugnen går ner till det för analyseringen erforderliga (nägra tiotusendels millimeter). Denna avgasning tar en tid av 10—20 timmar i anspråk.

De erhållna analysdata räknas om till att gälla ml per 100 gr provsubstans eller i viktprocent. På laboratoriet i Dalsbruk har använts cylinderformade analysprover med en diameter av ca 10 mm och en vikt av omkring 15 gr.

Som ett allmänt omdöme om Ströhlein-apparaten kan måhända nämnas, att samtidigt som det enkla motståndsuppvärmningssystemet gör apparaten relativt lätthanterlig medför dennas konstruktion i övrigt vissa svårigheter att erhålla erforderligt vakuum på grund av de talrika möjligheter till uppkomsten av läckor i de många rörfogarna.

*Tekn.dr. MATS SNELLMAN:*

## Stålfärskningsreaktionens termodynamik och kinetik (Resumé)

Den kemiska jämvikten enligt Vacher och Hamiltons, Phragmen och Kallings samt Marschall och Chipmans undersökningar resumerades. Jämviktens tryck-, temperatur- och koncentrationsberoende behandlades med tonvikten lagd på det faktum att den nuvarande kunskapen i detta avseende tillfredsställer de tekniska kraven. Främmande elements kvantitativa inverkan på reaktionens jämvikt konstaterades ännu vara rätt otillfredsställande undersökt.

De mest uppmärksammade teorierna rörande reaktionens kinetik behandlades i korthet. De olika teorierna

tillämpades på ett antal kritiskt valda data ur litteraturen. Varken de på kemisk reaktionshastighet byggande teorierna av Schenck, Körber och Olsen eller Brower och Larsen lika litet som Darkens teori baserad på kritisk syrediffusionshastighet kunde visas verifiera de valda data. En bättre överensstämmelse mellan teori och verklighet kunde påvisas under antagande av kritisk koldiffusionshastighet. Undersökningar noterande samtliga variabler i alla teorier efterlystes för tillförlitlig jämförelse av de existerande teorierna.»

# Havainnointi

## USA:n valimoteollisuudesta

*Dipl. ins. JUHO TUOMIKOSKI*

*Valmet Oy, Jyväskylä*

Kirjoittaja teki vv. 1953–54 Yhdysvaltoihin matkan, jonka pääosa — edestakaiset matkat ja lukuvuoden opiskelu Cornell-yliopistossa — tapahtui Asla-stipendin turvin. Matkaan liittyi kolmen kuukauden tutustumiskierros USA:n valimoteollisuuteen, pääasiassa rautavalmoihin, Valmet Oy:n kustannuksella syksyllä 1954. Suurin osa tästä ajasta oli kirjoittajalla tilaisuus viettää *Lehigh Foundries*-yhtiön uudenaikaisessa valimossa Eastonissa Pennsylvaniassa.

Amerikkalaisten teollisuuslaitosten suhtautuminen vierailijaan oli useimmissa tapauksissa erittäin myönteinen, mikä vaikutti suuresti matkan onnistumiseen. Useimmat tehdaskäynnit olivat vain yhden päivän kestäviä; vierailijan opastukseen uhrattiin aikaa auliisti ja useista tuotantomenetelmistä annettiin tietoja yllättävän avomielisesti. Salaisuuksiakin oli ja niitä varjeltiin; tähän ilmoitettiin syyksi useimmiten menetelmän kokeiluluontoisuus tai kilpailun pelko eikä se että vieras tuli ulkomailta. Tietojen antaminen teollisuuslaitoksesta ja sen menetelmistä katsotaan tärkeäksi mainoksen lajiksi, ja kehityksen kärjessä kulkevat laitokset ovat ylpeitä, paitsi menetelmistään, siitakin että nämä menetelmät ovat yleisesti tiedossa.

Tällaisella matkalla saadut vaikutteet ovat siksi moninaiset että tiivistetyn ja samalla tasapuolisen yhteenvedon esittäminen niistä on ylivoimainen tehtävä. Allaolevaan on siksi tyydytty kokoamaan havainnointia vain muutamilta niistä aloista, jotka olivat matkalla kirjoittajan suurimman mielenkiinnon kohteita.

Ne valimot, jotka kirjoittajalla oli tilaisuus nähdä, olivat kooltaan hyvin erilaisia ja muodostivat siten edustavan näytteen USA:n valimoteollisuudesta, missä isot ja pienet valimot palvelevat teollisuutta käsi kädessä, mutta missä samalla kova kilpailu jatkuvasti suurentaa valimoiden keskikokoa. *GMC:n* adusointivalimo Saginaw'ssa, lajissaan maailman suurin, tuottaa 175,000 tonnia valua vuodessa, kun taas monet valimot, jotka pysyvät pystyssä erikoistumisensa ansiosta, ovat suomalaisittainkin mitaten vain keskikokoisia.

### Valimon järjestely

Pitkälle viety mekanisointi amerikkalaisissa valimoissa on yleensä silmiinpistävin poikkeus siitä mitä suomalainen valimomies on tottunut näkemään. Äärimillään koneellistettu valimo on siellä suunnittelun ihanteena, ja koko USA:n valimoteollisuudessa tuntuu nyt olevan käynnissä prosessi, missä joko rakennetaan uusia kuljettimia parantamaan tavaran käsittelyä jo olevissa tiloissa tai rakennetaan kokonaan uusia rakennuksia varustaa ne uudenaikaisimmilla ajateltavissa olevilla kuljetuslaitteilla. Teollisuuden mittakaavan valtavuus ja siitä johtuva mahdollisuus erikoistumiseen tekevät täl-

laisen suurisuuntaisen mekanisoinnin mahdolliseksi. Monet suuret valimot ovat »metallurgin ihannevalimoja», joissa sulatetaan ja valetaan päivästä päivään ja vuodesta vuoteen vain yhtä rautalaaatua. Keskisuuriin valimoihin mennessä rautalaaatujen lukumäärä ja valukappaleiden moninaisuus yleensä kasvaa ja mekanisoinnin edellytykset niinollen vähenevät.

Koneellistaminen ja automatisointi käsittää yleensä kaiken mahdollisen: hiekan valmistuksen ja kuljetuksen, keurnanteon, kaavauksen, muottien käsittelyn, sulatuksen, valun, valutavaran kuljetuksen, puhdistuksen ja romun ja rankojen kuljetuksen. Isojen kappaleiden teos- sa hiekkalinko valtaa jatkuvasti alaa käsikaavaukselta.

Konekaavauksessa on »pullakaavaus» yleisin menetelmä: kaavaaja käyttää jatkuvasti samaa useimmiten päästöllä varustettua ja lukittavaa saranakehää, ja muotti jatkaa matkaansa kuljettimella vain pienellä tukikehällä tuettuna tai ilman sitäkin. Yleisiä tämän menetelmän sovellutuksia ovat sekä kaksipuolisen mallipohjan käyttö että ylä- ja alakehän kaavaus eri koneilla.

Kiertävä kuljetin kaavaus-, valu-, jäähdytys- ja tyhjennysasemineen muodosti ylivoimaisesti yleisimmän muottikuljettintyyppin niissä pikkuvalua valmistavissa valimoissa mitkä kirjoittaja joutui näkemään. Painavien muottien siirto kaavauskoneelta tällaiseen »muottijunaan» tapahtuu joko paineilmanostimella tai rullarataa pitkin. Muottijunan nopeus on 2–4 m/min, mikä yleensä riittää estämään ruuhkautumista koneilla ja samalla on tarpeeksi hidasta jotta muottien liike ei häitää raudan kaatoa. Heti valupaikan jälkeen muottijuna menee yleensä tunnelin kautta, jossa valukaasut imetään imurilla ja jossa toisinaan muotteja jo jäähdytetään vesisuihkulla.

Senkkojen kuljetus sulatusuneilta valupaikalle ja takaisin suoritetaan melkein poikkeuksetta monorailriippukuljettimilla, joihin on yleensä järjestetty loiva alamäki siihen suuntaan mihin senkat joudutaan kuljettamaan täysinä. Senkkojen siirto kuljettimella tapahtuu käsivoimin, mutta hyvin kevyesti. Senkkojen valukorkeus on yleensä valajan säädettävissä. Kahdessa valimossa kirjoittaja joutui näkemään, että valaja seisoi nauhakuljettimella, joka kulki muottijunan vieressä samaan suuntaan ja samalla nopeudella.

Muotin tyhjennys junasysteemissä tapahtuu täryseulalla, jolle hydraulisesti toimiva työntövarsi yleensä automaattisesti työntää tunnelista tulevan muotin. Tyhjennyspaikalle on poikkeuksetta järjestetty voimakas imu- tuuletin, koska se olisi muuten valimon pahimpia pölynlähteitä. Tyhjennystä valvoo yleensä yksi mies; jos rangat lyödään kappaleesta irti tyhjennyspaikalla, on siinä työssä kaksi tai kolme miestä. Nämä työntekijät siirtävät kappaleet ja rangat omiin kuljettimiinsa ja tukikehät omaansa.



Valut kulkevat tyhjennyspaikalta puhdistamoon yleensä riippukuljettimissa, joko koreissa tai ankkurin muotoon järjestettyihin koukkuihin ripustettuina. Myös nauha- ja vaunukuljettimia käytettiin tähän tarkoitukseen. Yhdessä valimossa valut kulkevat riippukoreissa pitkän, ulkoilmaan sijoitetun jäähdytysradan kautta toiselle täryseulalle, millä tapahtui pääosa keernojen poistosta. Tyhjennyspaikalta puhdistamoon kulkevan radan varteen oli parissa tapauksessa järjestetty asema, missä rangat lyötiin irti ja missä myös tapahtui ensimmäinen tarkastus ja hylkyvalujen erottelu; rangat ja »sudet» jatkoivat sitten omalla kuljettimellaan matkaansa paluromuvarastoihin.

Painojen käsittelyksi valuraudalla oli tehty useita ratkaisuja. Milloin painot tulivat omaa, loivasti laskeutuvaa riippukuljetintaan valuradalle ja laskeutuivat automaattisesti muottien päälle juuri ennen valua ja nostettiin taas valun jälkeen takaisin painokuljettimen koukkuihin, milloin ne yksinkertaisesti siirrettiin nostimilla valettujen muottien päältä viereisellä rataosalla kulkevien valamattomien päälle, milloin oli taas näiden rataosien väliseen tilaan sijoitettu pyörivä pöytä, jolle oli tilaisuus varas- toidakin painoja tilanteen mukaan.

Seuraavassa eräitä malliesimerkkejä niistä valimoista, joiden järjestelyssä oli huomattavan paljon tavallisuudesta poikkeavaa.

*Budd Co:n* Red Lion-valimossa Philadelphiassa on päätuotteena Ford-henkilöautojen jarrurummut. Pitkälle kehitetyn mekanisoinnin tuloksena tämän valimon tuotanto miestä kohti on staattista hiekkavalua suorittavaksi valimoksi erittäin suuri: henkilökuntaa on 65 ja tuotetun puhtaan valun määrä on 75 tonnia/päivä. Muotit kulkevat kaavauskoneilta heilurikuljettimella yläkerrassa sijaitsevalle tyhjennysasemalle, missä myös rangat lyödään irti. Riippuratakuljetin — tilan säästämiseksi valimon seinien ulkopuolella — vie jarrurummut puhdistamoon. Rangat pudotetaan tyhjennysasemalla ränniin, jota pitkin ne kulkevat toisella riippuratakuljettimella olevaan koriin. Kun koriin on tullut määrätty paino rankoja, vaaka antaa impulssin, kuljetin siirtyy yhden askeleen eteenpäin ja seuraava tyhjä kori tulee rännin alle. Kuljetinradan toisessa päässä on automaattinen tyhjennys sulatusosaston romusäiliöön. Valimo on myös sekä sisältä että ulkoa puhtain kirjoittajan näkemistä. Kaavaushiekassa käytetty bentoniitti on rakeista, ja hiilipölyn sijasta käytetään hiilimurskaa. Rakeisten aineiden käyttö vähentää syntyvän pölyn määrää, ja lisäksi on voimakkaat imurit järjestetty niihin valimon kohtiin missä pölyä pakosta muodostuu. Kupoliuunien savu puhdistetaan vesisuihkulla; sama vesi granuloi sitten kuonan ja vie kaikki kiinteät aineet mennessään pihalla olevaan saostustankkiin.

*Textile Machine Works'in* ylpeytenä Readingissa, Pennsylvaniassa, on maailman suurin valimohalli, mitoitetaan 75 × 250 m. Tämä halli sisältää pitkälle mekanisoidun konekaavausosaston, mutta siinä tehdään myös paljon lattiakaavausta sekä linko- että käsityönä. Halli on erittäin valoisa; sen seinistä ja katosta on yli puolet lasipintaa, jota vakinainen työryhmä pitää jatkuvasti puhtaana. Tämän katsotaan kannattavan, koska siten lisätty valoisuus lisää viihtyisyyttä, työtehoa ja työn tarkkuutta.

*Engineering Castings, Inc.*, Marshall, Michigan, on järjestänyt rautavalimossaan kaavauksen ja valun ainoalaatuisella tavalla. Kaavaus on yksinomaan tapulikaavausta, ja muotit työnnetään kiskorataa pitkin koneilta valokaariuunien rännien alle, mistä valu tapahtuu ilman senkkoja. Valimo on suhteellisen pieni; työntekijöitä on n. 60.

*National Malleable and Steel Castings Co.*, Clevelandissa, on pisimmälle mekanisoituja valimoita. Niiden riippukuljetinratojen pituus, jotka kuljettavat valuja valimon sisällä, on yli 2 km.

Lopuksi esimerkki valimosta, joka vielä pystyy kilpailuun vanhanaikaisia menetelmiä käyttäen, koska se siten saavuttaa mittatarkkuuden, johon ei kuljettimia käyttäen päästä: *Pennsylvania Malleable Iron Corporation*, Lancasterissa. Valujen koko vaihtelee välillä 2 g—5 kg, ja ennätyksenä mallien lukumäärästä yhdessä kehässä mainittakoon adusoitu vasaran kiila, joita kaavataan kehään 968 kpl. Tarkkamittaista pikkuvalua tehdään paljon; apumiehet asettavat konekaavatut muotit permannolle, missä kaavaaja itse valaa ne lieskauunista käsin kalla ottamallaan raudalla.

### Kaavaus- ja keernahiekat

Useimmat USA:n valimot ovat siirtyneet, varsinkin konekaavauksessa, luonnonhiekkan käytöstä synteettisiin hiekkoihin, mutta luonnostaankin savipitoista hiekkää näki kaavaushiekkan perusaineena vielä monessa paikassa. Luonnonhiekkojen laadun väitetään viime aikoina huonontuneen, koska niiden kaivu tapahtuu nyt koneellisesti eikä hiekkää enää valikoida niin huolellisesti kuin lapiotyön aikana. Syynä synteettisten hiekkojen yleistymiseen on että kaavaushiekkan ominaisuudet ovat helpommin hallittavissa ja lisäysten avulla paremmin säädettävissä kuin luonnonhiekkää käyttäen. Synteettisten rautavaluhiekkojen pääainekset ovat — hiekan ja veden lisäksi — useimmiten läntinen ja toisinaan myös eteläinen bentoniitti sekä melkein aina hiilijauhe. Useimmissa tapauksissa näiden on katsottu riittävän; niiden aineiden valikoima, mitä valimot käyttävät mainittujen lisäksi on sangen kirjava ja myös tarkoitukseltaan moninainen: peräänannon lisäämiseen (puupöly), valun pinnan parantamiseen (maissituotteet), kaavattavuuden parantamiseen (»Ogro» tai »Stabilizer»), tuorelujuuden parantamiseen (tukekestävä savi) jne. Hiekan kosteutta, tuorelujuutta ja läpäisevyyttä valvottiin tiheillä kokeilla, jopa kolme kertaa tunnissa. Harvemmin olivat hiekan kuumalujuus ja deformatio jatkuvan valvonnan kohteina. Palavien aineiden määrää kaavaushiekassa tarkkaillaan muutamissa valimoissa, joissa hiililisyksen määrä säädetään sen mukaan. Ominaisuudet, jotka hiekkalle pyritään saamaan, luonnollisesti vaihtelivat paljon valettavien kappaleiden laadusta, kaavaustekniikasta ja hiekanvalmistusmenetelmästä riippuen. Mallihiekkojen käyttö oli runsasta konekaavauksessakin, vaikka siitä yleensä pyrittiin pääsemään eroon jotta koneellistaminen olisi saatu täyteen oikeutukseensa.

Käytössä nähdyistä keernahiekoista olivat öljyllä sidotut yleisempiä kuin hartsilla sidotut. Viimeksimainituissa oli ureahartsin käyttö yleisintä. Hartsia lisättiin hiekkään useimmiten nestemäisessä muodossa. Maissituotteita sekoitetaan yleisesti sekä öljy- että hartsihiekkään. Rautaoksidin käyttö on niinkään yleistä. Hartsihiekoissa käytettiin pieniä paraffiini- ja paloöljylisäyksiä, edellistä estämään kosteuden imemistä muotista ja jälkimmäistä parantamaan keernan irtoamista laatikosta. Zirkonihiekkokoja kirjoittaja näki käytettävän mm. pronssi- valun keernoissa.

### Kuorikaavaus

Viime vuosina valimotekniikan alalla tehdyistä ja kehitetyistä keksinnöistä pallografiittivalu ja kuorikaavaus ovat ne, joiden soveltamiseen USA:n rautavalimoissa nyt eniten tunnetaan mielenkiintoa. Pallografiittivalu on jo



vakiintunut tuotantomenetelmäksi tietyissä valimoissa, kun taas kuorikaavaus näyttää vielä hakevan soveltajiaan valimoiden joukosta ja tällä menetelmällä valmistettaviksi sopivia tuotteita. Yksinkertaiset kuorikaavausvälineet — pieni kippilaatikko ja lämmitys- ja paistouuni — olivat kokeiluluontoisessa käytössä hyvin monissa valimoissa.

Vaikka amerikkalaisilla on oma, viime vuosina kehitetty ja paljon mainostettu kuorikaavausmenetelmänsä, Dietert- eli *D-menetelmä*, on Euroopasta lähtöisin oleva Croning- eli *C-menetelmä* kuitenkin se mitä valtaosa kuorikaavausta tuotantomenetelmänään käyttävistä tai sitä kokeilevista valimoista soveltaa. *D-menetelmässä* kuoret puhalletaan ohuina öljyhiikkakeernoina suoraan kuivausalustoilleen. Kuoret liimataan yhteen muoteiksi, jotka valetaan makuuasennossa; pakkausaineita ei näinollen tarvita. Menetelmää suositellaan myös tapulikaavauksena käytettäväksi. *D-menetelmän* eduiksi mainitaan mm. halpa sideaine ja se ettei tarvita kalliita erikoiskoneita. *C-menetelmässä* muotinpuolikkaat ja keernat valmistetaan saattamalla hiikkaseos kosketukseen kuuman mallilaatan tai keernalaatikon kanssa, jolloin sideaineena oleva fenoliformaldehydihartsia kovettaa mallia lähinnä olevan hiikkakerroksen kuoreksi. Kuoret on tämän jälkeen paistettava. *C-menetelmän* parhaaksi eduksi mainittiin sillä saavutettava mittatarkkuus ja sen pahimmiksi varjopuoliksi sideaineen kalleus sekä runsas pakkausaineen tarve hankalaine käsittelyineen.

*C-menetelmässä* herätti huomiota Australiasta tuotettujen zirconiittihiikkojen runsas käyttö. Niillä päästiin suurempaan mittatarkkuuteen kuin silikahiekalla, koska zirconiittimuotin muodonmuutos on hyvin vähäinen. Zirconiittihiekan kalleus korvautuu osittain silläkin, että se vaatii vähemmän sideainetta kuin silikahiekka.

Pystyssä valamista varten *C-muotit* pakataan laatikoihin. Pakkausaineena käytetään esim. teräspuhallus-hiekan ja omassa valussa syntyvien haulien seosta. Syy miksi pakkausaineen tarve on suuri on se, että jo yhdessä valussa pakkaus lämpiää niin paljon että sitä ei välillä jäädyttämättä voi käyttää seuraavassa valussa. Lämpötilaerot aiheuttaisivat liian suuria eroja esim. valumetallin rakenteessa ja valujännitysten suuruudessa. Toinen hankaluus on se että pakkausaine on usein seulottava sintrautumisen estämiseksi. Kirjoittaja joutui näkemään käytössä kaksi menetelmää, joissa nämä vaikeudet oli onnistuttu kiertämään.

*Lehigh Foundries* pakkasi *C-menetelmällä* valmistetut kuorimuotin puolikkaat tuoreeseen konekaavaushiekkaan makuuasentoon. Tekemällä jokaiselle valettavalle kappaleelle oma kuoriparinsa ja saamalla siten ohjauspinta mahdollisimman pieneksi päästiin erittäin hyvään mittatarkkuuteen; mittaerot olivat harmaavalukappaleille n. 0.1 mm kappaleen paksuudessa ja vielä pienemmät muissa suunnissa. Pakkaaminen tapahtui kaavauskoneilla normaalin kaavauksen tapaan. Erikoista pakkausainetta ei tässä menetelmässä tarvita, koska tuorehiekkaa on joka valimossa saatavissa. Toinen etu on mallikustannusten pienuus, sillä yksi malli riittää isoonkin tuotantoon. Tämän vuoksi menetelmän kerrottiin sopivan mainiosti esim. pieniin sarjoihin ja koevaluihin. Tällä menetelmällä valmistettiin mm. kytkinlevyjä.

Erääksi kuorikaavauksen suureksi eduksi on mainittu että tarvittava hiikkamäärä vähenee murto-osaan tavallisessa valussa tarvittavasta. Tätä etua ei yllämainitulla menetelmällä saavutettu. *GMC* käytti *C-menetelmän* muunnosta, jossa pakkausaineen tarve oli kokonaan eliminoitu. Kuorimuotit tehtiin tavallista paksummiksi ja

sijoitettiin yksitellen makuuasentoon riippukuljettimelle valettaviksi. Tämän menetelmän haittana on, paitsi suurempi hartsihiekan kulutus, myös se että mittatarkkuudesta joudutaan tinkimään.

Kuorikaavausta varten on jo kaupan useita eri mallisia erikoiskoneita, mutta monet valimot käyttivät itse konstruomiaan koneita. Erikoisuutena mainittakoon *Beloit Foundry Co.*, jolla ei ollut omaa kuorikaavauskonetta mutta joka valoi pallografiittivalua asiakkaan lähettämiin kuoriin. Isojen *C-muottien* teko erikoiskoneilla on tois-taiseksi hidasta ja vie aikaa n. 5 minuuttia kuoriparia kohti. Kirjoittajan käsitys on, että kuorikaavaus tulee olemaan kannattava menetelmä ennen kaikkea sellaisessa valussa missä sen avulla saavutettavan tarkkuuden ansiosta säästetään paljon koneistuskustannuksia. Nyt se on käytössä — näköjään epätaloudellisena — monessa sellaisessakin paikassa missä sen avulla saadaan erittäin siistin näköinen »myyvä» pinta kappaleissa, missä epätasainenkin, halvemmilla menetelmillä saavutettava pinta riittäisi.

### Kupoliuunisulatus

Kupoliuuni on Amerikassa hyvin puolustanut paikkansa harmaan raudan ylivoimaisesti käytetyimpänä sulatusuunina ja on joutunut vain seostettujen rautojen osalta luovuttamaan paikkansa sähköuunille. Suomalaisen kävijän silmään pistivät eniten uunien mittasuhteet, se ettei etusäiliöitä ollut ja se että paikkaus suoritettiin yleensä ruiskulla.

Kupoliuunien keskimääräinen sulatusteho oli 15—20 tonnia tunnissa. Huippuna olivat *GMC:n* kuusi kupoliuunia, joista kukin antoi 40 tonnia adusointirautaa tunnissa, edelleen valokaariuunissa kuumennettavaksi.

Etusäiliöiden sijalla ovat kallistettavat säilytyssekat, ellei sitten rautaa lasketa suoraan uunista kuljetussenkaan.

Paikkausruiskuina oli käytössä kaksi jotakuinkin yhtä yleistä päätyyppiä: Bondactor ja BRI-ruisku. Paikkausmassana käytettiin yleensä valmiina ostettuja seoksia, harvemmin valimon itse sekoittamia. Poikkeuksena yleisestä säännöstä oli muuten erittäin pitkälle mekanisoitu clevelandiläinen automoottorivalimo, joka oli siirtynyt takaisin käsin tapahtuvaan paikkaukseen. Syyksi ilmoitettiin, että ruiskuun on johdettava niin paljon vettä ettei massa ehdi kunnolla kuivua käytettävissä olevana lyhyenä aikana.

Useat valimot briketoivat valurautalastua kupolisulatasta varten. Briketointi tapahtui kylmänä ja ilman sideainetta. Brikettien kerrottiin kestävän koossa juuri niin kauan kuin on tarpeen; pitempiäaikaisessa säilytyksessä ne pyrkivät hajoamaan itsestään.

Kuumailmapuhallus on Amerikassa suhteellisen harvinaista; kirjoittaja joutui näkemään käynnissä vain yhden kuumaa puhallusilmaa käyttävän kupoliuunilaitoksen.

Erikoisuutena voi mainita, että *Ingersoll-Rand* sulattaa Phillipsburgin valimossaan punametallia parikymmentä tonnia viikossa kupoliuunissa. Vain sinkkiä piti palohäviöiden vuoksi lisätä senkkaan; muut seosaineet tulivat metalliin jo panoksen mukana.

### Adusoitu valu

Adusoidun valun vuosituotanto USA:ssa on vajaat miljoona tonnia, siitä n. kymmenesosa perliittistä. Adusoidun valun tuotanto ei ole vähentynyt pallografiittiraudan tullessa markkinoille; viimeksimainittu korvaa

useimmiten valuterästä ja terästakeita, mutta ei ainakaan vielä pysty Amerikassa hinnassa kilpailemaan adusoidun valun kanssa.

Se joka on tutustunut amerikkalaiseen adusoituun valuu vain julkaisujen välityksellä, on jonkin verran yllätynyt nähdessään miten useassa tapauksessa valun pinnassa sallitaan suhteellisen suuri hiilen poistuminen ja miten monet valimot vielä käyttävät adusoinnissaan vanhanaikaisia pakkausmenetelmiä. Adusointi on yleensä saatu halvemmaksi kuin eurooppalaisessa »valkoodynimenetelmässä», koska lämpötilaksi riittää n. 900°C ja koska polttoaine, jona useissa tapauksissa on luonnonkaasu, on erittäin halpaa. Matalan adusointilämpötilan tekee mahdolliseksi raakavalun korkea piipitoisuus. Hiilipitoisuus vaihtelee välillä 2.2—2.6 % ja piipitoisuus 1.1—1.7 %. Suurin sallittu kromipitoisuus sulassa raudassa on 0.02—0.05 %.

Raakavalun sulatus tapahtuu useimmissa valimoissa lieskauunissa kylmästä panoksesta lähtien. Isot valimot sulattavat raakavalunsa yleensä kupoliuunissa ja tasoitavat ja ylikuumentavat sulan raudan valokaari- tai lieskauunissa. Kaksi valimoa suoritti sulatuksen alusta loppuun sähköuunissa: *Lehigh Foundries* valokaariuunissa ja *I. F. Sales Co.* pienjaksoiduktiouunissa. Sähköuunisulatuksessa tarkkailtiin kuonan kokoomusta; liian suuren FeO-pitoisuuden sanottiin sekä pahentavan silikaavuorauksen syöpymistä että aiheuttavan temperhiilelle liian karkean rakenteen. »Puulaus» puunrungoilla juuri ennen raudan laskua uunista oli yleinen käytäntö sekä sähkö- että lieskauunisulatuksessa.

Adusointiraudan metallurgian kehitys viime vuosina on enimmäkseen ollut sulan raudan kokoomuksen valvonnan tarkentamista, mikä puolestaan on aiheuttanut taloudellisia säästöjä, koska adusointiaikaa on voitu lyhentää. Johtavat suurvalimot — *GMC* ja *Albion Malleable* — ovat päässeet perliittisessä valussa n. yhden vuorokauden adusointiin. Nopeimmat adusoimisunit ovat kaasulla lämmitettyjä, ja valut pinotaan niihin hyllyille ilman pakkausta. Ilmakehä on kontrolloitu siten että hiiltä ei pitäisi poistua valuista. Useat pienemmät valimot pakkaavat adusoitavan valunsa hiekkaan ja adusoivat kolmesta viiteen vuorokauteen. Pakkausastiat ovat useimmiten tulenkästävä terästä ja tiivistetään savella. Toisinaan valut pinotaan tiiviisiin astioihin ilman pakkausainetta. Adusoidun valun oikaisu tapahtuu yleensä valimossa; tähän tarkoitukseen käytetään sekä vasaroita että puristimia aina 1500 tonniin asti. Useissa tapauksissa valun tilaaja toimittaa isoa tilausta varten valimolle sekä mallin että oikaisumuotin. Perliittistäkin adusoitua valua oikaistaan puristamalla, vaikka se vaatii lujutensa vuoksi suuremman puristusvoiman kuin ferriittinen rauta. Mikäli pintahilseen poisto oli tarpeen adusoinnin jälkeen, se suoritettiin yleensä rikkihapolla.

Boorin käyttö adusointiraudassa kromin haitallisen vaikutuksen poistamiseksi ja adusointiajan lyhentämiseksi on käytännössä useimmissa valimoissa. Vaikka boorin mainitaan jonkin verran huonontavan valun lujuusominaisuuksia, sillä saavutettava etu adusoinnin onnistumisvarmuuden paranemisen muodossa arvioidaan suuremmaksi. Boorin ja vismutin lisääminen yhdessä paksujen valujen rautaan, menetelmä minkä *GMC* ensin otti käyttöön, on saamassa jalansijaa muissakin valimoissa. Vismutin tehtävänä on sekä varmistaa raakavalun valkoisuus että hävittää mahdollisen booriylimäärän adusoitumista hidastava vaikutus. Lisäykset ovat alle sadasosaprosentin suuruusluokkaa. Käyttämällä vismuttia ja booria yhdessä on päästy siihen, että jopa

100 mm:n paksuiset kappaleet jähmettyvät valkoisina ja kuitenkin adusoituvat kohtuullisessa ajassa.

Suhteellisen pieni osa valusta lämpökäsitellään adusoinnin jälkeen. Perliittistä valua pystyttiin karkaisemaan 60 RC-kovuuteen asti. Lämpökäsittelylaitteet ovat pitkälle mekanisoituja, uunin läpi jatkuvasti vievine kuljettimisineen.

### Pallografiittirauta

Mielenkiintoisinta nähtävää metallurgille USA:n rauta-valimoissa on epäilemättä pallografiittiraudan valmistus ja valu. International Nickel Co:n lisenssillä pallografiittirautaa valmistavia valimoita on yksin Yhdysvalloissa toistasataa. Tuotanto on tonnimäärältään samaa suuruusluokkaa adusoidun valun kanssa. Valmistus tapahtuu yksinomaan magnesiummenetelmällä, mutta sulatustekniikan, saatavissa olevien raaka- ja ympärysainneiden ja valun seinämävahvuuksien moninaisuuden takia menetelmästä on käytössä monta muunnosta.

Raakauraudan sulatus happamassa kupoliuunissa on yleistä, eikä läheskään joka tapauksessa suoriteta muuta rikinpoistoa kuin minkä magnesium vaikuttaa. Rautaan jäävä Mg-pitoisuus on 0.05—0.08 ja rikki-pitoisuus 0.02 %:n suuruusluokkaa. Useat valimot sulattavat raudan sähköuunissa vähärikkisistä raaka-aineista ja pääsevät siten helpommin alhaiseen S-pitoisuuteen. Esiseoksina käytetään sekä Ni-Mg- että Ce-Fe-Si-Mg-seoksia. Piiympäys suoritetaan useimmissa tapauksissa, mutta voidaan jättää pois jos valut hehkutetaan.

Sitä mukaa kuin pallografiittiraudan tuotanto on noussut nykyiseen määräänsä, on pahimmista alkuhan-kaluuksista päästy. Raudan puhtauden, ympäryslämpötilan ja muiden valun laatuun vaikuttavien tekijöiden tarkalla valvonnalla on päästy lähes sataprosenttiseen varmuuteen siitä, että raudalla on valetuissa kappaleissa oikea rakenne. Suurimpia vaikeuksia on ollut tehokas kuonan erottaminen; tämä vaikeus on yleensä voitettu käyttämällä »teekannusenkkaa» joko kuljetus- tai valusenkkana. Pallografiittirauta on myös imevämpää ja arempaa rakkulavioille kuin harmaa valurauta; näissäkin suhteissa ovat tehokkaat vikojen torjuntakeinot käytännössä.

Suurin osa pallografiittivaluista hehkutetaan ferriittiseksi. Isokokoinen valu toimitetaan ostajalle hehkuttamattomana. Esim. *Beloit Foundry Co.*, joka on isojen pallografiittivalujen tuottaja — aina 15 tonnin painoisin asti — toimittaa melkein kaiken valunsa lämpökäsittelmättömänä; rakenne on usein valun jäljiltä ferriittinen, minkä tekevät mahdolliseksi suhteellisen korkea piipitoisuus ja suuret seinämänpaksuudet. Pieniäkin kappaleita toimitetaan luonnollisesti jonkin verran ilman lämpökäsittelyä. Pienen määrän pallografiittivaluja valimot myyvät karkaistuna. Austeniittisen raudan valmistus on toistaiseksi vähäistä. Pallografiittivalun suureksi kasva-neesta tuotannosta huolimatta kirjoittaja ei tavannut yhtään valimoa joka olisi vielä valmistanut yksinomaan sitä; valmistus tapahtui useimmiten harmaan raudan ohella.

### Laaduntarkkailu

Järjestelmällistä ja keskitettyä laaduntarkkailua, johon kuuluu raaka-aineiden, tuotantoprosessin ja valmiin tavaran laadun valvonta, ei kirjoittaja nähnyt täydellisenä käytännössä, mutta useissa valimoissa ilmoitettiin pyritävän siihen. Lisäksi myönnettiin olevan paljon työtä jäljellä, jotta laatuvaatimukset saataisiin selvästi täsmennyiksi valimon ja asiakkaan kesken.

Valimoiden suorittama raaka-aineiden valvonta on tarkkaa, ja varmoista ja tasaisista raaka-ainelähteistä johtuen se vaikutti olevan Amerikassa helpompaa kuin meidän olosuhteissamme. Sulan raudan kokoomusta ja valuhiekan ominaisuuksia tarkkailtiin tiheään. Useimmilla valimoilla oli oma kemiallinen laboratorio; muutamilla oli spektrografi, kun taas muutamat lähettivät näytteensä säännöllisesti analysoitavaksi ulkopuolisille laboratorioille. Harmaan raudan valkopituus määrättiin yleensä joka laskusta. Tällöin valettiin joko yhdeltä sivultaan kokillijähdytetty näyte tai kokonaan keernaan valettu kiilanäyte. Useissa adusointivalimoissa oli Magnaflux-laite pintahalkeamien toteamiseksi adusoinnin jälkeen. Läpivalaisua suoritettiin, useimmiten  $\text{Co}^{60}$ -isotopilla. Valujen kovuutta tarkkailtiin brinellkoneilla ja mittatarkkuutta erikoistulkeilla, milloin se oli tarpeen.

*Lehigh Foundries* oli ottanut käytäntöön tavan pitää kerran viikossa kokous, jossa valimon työnjohtajat olivat mukana. Tässä kokouksessa esitettiin kuluneen viikon ajalta tarkkailukäyrät eri rautalaatujen kokoomuksesta, vetokokeitten tuloksista, hiekan ominaisuuksista ja päivittäin lähetettyjen valujen ja todettujen »susien» määrästä. Näissä kokouksissa esitettiin vilkkaasti mielipiteitä, ja asianomaiset pantiin vastaamaan epätasaisuuksista käyriä. Joka päivä pidettiin keskimäärin 15 minuuttia kestävä työnjohtajakokous, missä käsiteltiin edellisen päivän sudet ja esitettiin ehdotukset samojen virheiden välttämiseksi vastaisuudessa.

Susien lukumäärä vaihteli luonnollisesti paljon riippuen tuotannon laadusta ja määrästä, ostajan vaatimuksesta ja valimon laadunvalvonnan tehokkuudesta. Ilmoitetut määrät vaihtelivat 0:sta 25 prosenttiin. Yleisenä piirteenä näytti olevan, että tarkastajat hylkäsivät herkästi ns. rajatapauksia, ja siten saatiin tilaajan palauttamien susien määrä pysymään erittäin pienenä; koneistuksessaakin ilmeneviä susia oli ainakin annettujen tietojen mukaan hyvin vähän. Valimot olivat arkoja kunnistaan, ja kärsivät ehkäisevänä toimenpiteenä suoritettujen uuden valun aiheuttamat kustannukset paljon mieluummin kuin susipalautuksen asiakkaalta. Kalliimpien valujen korjaus joko valimossa tai konepajalla oli kuitenkin suhteellisen yleistä; käytännössä olevista menetelmistä mainittakoon kylmän kappaleen hitsaus nikkelirautapuikolla, metalliruiskutus, vesilasitiivistys ja tiivistys erilaisilla hartsituotteilla.

#### AFS:n kongressi ja näyttely

Amerikan valimomiesten yhteistoiminnan jokavuotinen kohokohta on *American Foundrymen's Society'n* kongressi keväisin sen yhteyteen järjestettyine näyttelyi-

neen. Tämä tilaisuus pidettiin vuonna 1954 Clevelandissa ja kesti viikon; kirjoittaja pääsi ottamaan osaa siihen muutamaksi päiväksi. Valimoalan liikkeiden järjestämät messut, joilla oli neljättäsataa näytteillepanijaa, joukossa eurooppalaisiakin toiminimiä, olivat auki koko viikon esitellen nykyistä ja tulevaa valimotekniikkaa. Joka päiväksi oli järjestetty tehdaskäyntejä paikkakunnan huomattavimpiin valimoihin sekä kokouksia ja luento- ja neuvottelutilaisuuksia missä alustuksia tehtiin valimotekniikan kaikilta eri aloilta. Näissä tilaisuuksissa oli silmiinpistävää se avomielinen tapa millä menetelmistä keskusteltiin; Amerikassa on opittu, että parhaisiin tuloksiin päästään yhteisvoimin.

#### Korkeakouluopetus

Kirjoittajan ajasta Amerikassa suurin osa kului korkeakouluopintojen parissa, joista lopuksi muutama sana. Amerikkalaisen metallurgi-insinöörikoulutuksen tasoa yliopistossa ei voi ilmaista yhdellä sanalla; koulujen lukumäärä on suuri, ja ne ovat tasoltaan hyvin erilaisia. Cornell-yliopiston insinöörikoulua voitaneen pitää tyypillisenä amerikkalaisena teknillisenä korkeakouluna; metallurgi-insinöörin koulutus kestää siellä viisi vuotta, ja opinto-ohjelma muistuttaa kokoonpanoltaan paljon meidän Teknillisen korkeakoulumme ohjelmaa. Metallurgian osaston ohjelman huomattavimmat erot meikäläiseen ohjelmaan verrattuna ovat pakollinen englanninkielen (!) opiskelu ensimmäisenä vuonna, esiintymistaidon toisella kurssilla, kurssi kirjaston käytössä ja patenttiasioissa kolmantena vuonna, erittäin käytännölliseksi järjestetty valun, takomisen ja hitsauksen opetus kolmantena, neljäntenä ja viidentenä vuonna sekä historian kurssi viidentenä vuonna; lisäksi pisti silmään vapaavalintaisten aineiden runsaus. Koulu oli kova, karsintaa suoritettiin joka kurssilla, ja niistä n. kahdestakymmenestä, jotka vuosittain aloittivat metallurgian opiskelun, keskimäärin viisi valmistui.

#### SUMMARY

The author has returned from the United States, where he took studies in metallurgical engineering at Cornell University for an academic year and studied foundry production methods by visiting several foundries during a period of three months. Subjects discussed in the article are: Planning of the Foundries and Production Flow, Molding and Core Sands, Shell Molding, Cupola Melting, American Malleable Iron, Ductile Iron, Quality Control in the Foundries, AFS Annual Congress and Exhibition, and University Education in Metallurgical Engineering.

# Huomioita Sierra Leonen geologiasta ja vuorityöstä

*Fil.tri VLADI MARMO*

Sierra Leone on noin Etelä-Suomen kokoinen, jokseenkin ympyränmuotoinen maa Länsi-Afrikassa. Sen maantieteellinen asema on  $7^{\circ}$ — $10^{\circ}$  pohjoista leveyttä ja  $10^{\circ}30'$ — $13^{\circ}$  läntistä pituutta. Se on Englannin siirtomaan, joka rajoittuu etelässä Liberiaan, lännessä Atlantin Valtamereen sekä muilla suunnilla Ranskan Guineaan.

Sierra Leonessa on 2 miljoonaa asukasta, joista valtaosa neekereitä. Nämä taas kuuluvat 1/4:ään eri heimoon, ja maassa puhutaan pariakymmentä erilaista kieltä tai murretta. Eurooppalaisia on maassa vain tuhatkunta, ja heistä suurin osa asuu Freetownissa, maan pääkaupungissa, jossa on 80 000 asukasta. Lisäksi asuu maassa kauppiaina, liikemiehinä ja osaksi myös kaivosteollisuuden yrittäjinä joitakin satoja vähä-aasialaisia ja intialaisia.

Sierra Leonen alkuasukasneekerit ovat luonnonvaraisella asteella, ja heidän pää-elinkeinonsa on kaskiviljelys sekä tärkeimmät viljelyskasvit riisi, kasawa, maissi, hirssi ja jamssi.

Atlantin rannikolla, etenkin Freetownissa, asuu ns. »kreoleja», jotka ovat vapautettujen orjien jälkeläisiä. He muodostavat valistuneen neekeriasujaimiston.

Maan länsiosa on jokseenkin tasaista ja alavaa, itäosa taas vuorista ja siellä on myös maan korkein huippu — Bantumane, jonka korkeus on noin 2 300 metriä ymp.

Myös Atlantin rannikolla on satakunta kilometriä pitkä ja toistakymmentä kilometriä leveä vuoristo, jonka muodostaa gabro-noriitti-massiivi. Sen korkeimmat huiput ovat n. 1 000 m. ymp. Tämän vuoriston joista on huuhdottu jonkin verran platinaa, mutta nykyään on tuotanto lopetettu. Gabro-massiivin molemmissa päissä on pienehköt ilmeniitti-magnetiitti malmit, joiden kokoa ei tarkemmin tunneta.

Maan jakaa keskeltä vuorijono, joka on amfiboliitin ja kvartsiitin muodostama, mutta sen itäreunaa seuraa leveähkö serpentiniitti jakso. Samanlaisia, mutta pienempiä liuskevyöhykkeitä on maassa muuallakin, ja lounaassa eräisiin niistä liittyy loughintakelpoisia kromiittilinsseja.

Liuskevuorten joet ovat kultapitoiset, ja niistä eurooppalaiset, vähä-aasialaiset sekä alkuasukasyrittäjät huuhtovat kultaa. Sierra Leonen kaakkoisosassa taas huuhdotaan timantteja, joilla on ratkaiseva merkitys maan taloudessa.

Maan länsiosassa on Marampan rautakaivos, joka on ollut jo vuosia toiminnassa, mutta maan keskiosassa on toinenkin, noin 100 miljoonan tonnin rautamalmi, jonka loughintaan ryhdyttäneen lähiaikoina. Kummatkin rautamalmit ovat hematitimalmeja, lateriittiutumalla rikastuneita, ja samanlaiset kuin on myös Liberian Bomi Hills kaivosten malmi.

Sulfidi-malmeja Sierra Leonessa tunnetaan toistaiseksi vain pari, joista toinen on boulangeriitti-menegeeniitti-sinkkivälke-kulta-malmi ja toinen köyhä, tuskin loughintakelpoinen molybdeenimalmi.

Kun ruvetaan arvostelemaan Sierra Leonen vuorityötä ja malminetsintää, meidän on pidettävä mielessä, että tämä maapallon kolkka on geologisen tutkimuksen kannalta vielä jokseenkin neitseellisessä tilassa. Myös maan rautatieverkosto on hyvin niukka käsittäen vain noin sadan km. pituisen Marampasta rannikolle johtavan kaivosradan ynnä noin 500 km. pituisen kapearaiteisen rautatien Freetownista maan kaakkoisosiin. Maantieverkosto päättyy käytännöllisesti katsoen vuoristoon maan keskiosassa, ja siitä itään alkaa todellinen polkujen Afrikka.

Maan geologista tutkimusta ovat omiaan vaikeuttamaan paitsi tiheätä, kaskeamisen jäljiltä kasvanutta pensasviidakkoa sekä maan eteläosissa kasvavia sademetsiä, myös varsin laajalle levinnyt lateriittiutuminen, joka täysin peittää useita geologisesti mielenkiintoisia alueita.

Maan geologinen tutkimus nykyaikaisessa mielessä pääsi alkamaan vasta ensimmäisen maailmansodan aikoihin. Sierra Leonen ikivanhaa, prekambrista kallioperää pidettiin aluksi täysin malmittomana, aivan kuin oli laita myös oman maamme kallioperän. Vasta 1920-luvun lopulla löydettiin maan ensimmäiset arvokaivannaiset, ja kaikki vain joko huuhdontakokeita tekemällä tai suoraan puhkeamista jokivarsilla. Näin ollen Sierra Leonen kaivostoiminta pääsi alkuun vasta pari vuosikymmentä sitten, ja upamallit ovat olleet, Marampan rautamalmin ja maan kaakkoisosien kromiitin lisäksi, tärkeimmät vuorityön kohteet.

Myös malminetsintä on tähän asti perustunut enimäkseen vain huuhdontaan, ja maan geologista kartoitusta on tehty etupäässä vain jokileikkauksia ja maantieverkostoa seuraten. Tästä syystä on kallioperäkartoitus ollut hyvin ylimalkaista, ja vasta kolmisen vuotta sitten päästiin alkamaan geologista tutkimusta nykyaikaisessa mielessä. Ensimmäinen karttalehti ilmestyy selostukseen kuluvan vuoden aikana.

Syväkairauksiin ei malmeja etsittäessä tai inventoitaessa ole tähän mennessä vielä ryhdytty, mikä on johdonmukainen seuraus siitä, että Sierra Leonen kaltaisessa, geologisesti neitseellisessä maassa, puhkeamalmienkin löytäminen on vielä täysin mahdollista, jopa luultavaakin, ja niihinhan voidaan soveltaa halpaa avoloughintaa.

Tällaisena ei tilanne ole kumminkaan kestävä, sillä malmitaloudellinen tilanne vaatii kaikkien malmivarojen entistä tarkempaa hyväksikäyttöä. Niinpä syväkairauksiin, etenkin lateriittiutuneilla alueilla, ryhtymistä onkin jo vakavasti harkittu.

Epäilemättä timanttikairaustoiminta trooppillisissa olosuhteissa, etenkin sademetsävuoristossa, asettaa vallan toisenlaatuisia vaatimuksia kuin kotoisilla soillamme. Kun koneiden porauspaikoillekuljettamisen on tapahduttava miesvoimin ja usein hyvinkin vaikeakulkuisessa viidakkovuoristomaastossa, kuljetuskysymyksen järjes-

# Kaivosgeologin työstä USA:ssa

*Filtri AIMO MIKKOLA*

*Outokumpu Oy, Vihanti*

Tämän artikkelin kirjoittajalla oli tilaisuus olla kolme vuotta Outokumpu Oy:n Säätiön stipendiaattina USA:ssa, sekä jatkaa oleskelua omalla kustannuksella vielä yhden vuoden ajan. Kaksi vuotta tästä ajasta kului Harvardin yliopiston kaivosgeologisessa laboratoriossa research fellow'na ja loput käytännön työssä. Seuraava esitys perustuu tänä aikana saatuihin kokemuksiin yliopistojen piirissä ja kaivostyössä sekä henkilökohtaiseen kosketukseen ammattiveljien kanssa alan suurissa kokouksissa ja tutustumiskäynneillä monilla kaivosalueilla ja yksityisissä kaivoksissa.

Peruskoulutuksen USA:n geologit saavat college'issa, yliopistoissa ja niitä vastaavissa kaivosalan erikoiskouluissa. Suoraan koulunpenkeiltä ei sielläkään tulla valmiiksi ammattimieheksi, vaan siihen tarvitaan jatkokoulutus, joka usein tapahtuu käytännön työssä vanhemman geologin opastuksella. Monet suuret kaivosyhtiöt ovat kumminkin järjestäneet jatkokoulutuksen vakinaiselle pohjalle. Niinpä Kennecott Copper Corp.

järjestää kesäisin 8 viikon kurssin Texas'n valtion yliopistossa. Yhtiö kustantaa sinne kaikki nuoret ja vasta taloon tulleet geologit. Ohjelma käsittää pääasiassa käytännön työtä maustettuna riittäväällä määrällä luentoja. Anaconda Copper Mining Co. on keskittänyt geologien ja kaivosinsinöörien koulutuksen Butte'n kaivoksille Montana'n valtiossa. Tavallinen käytäntö on, että juuri koulusta päässeet miehet aloittavat kaivostyönsä näytteiden ottajina sekä sen jälkeen apulaisena kaivosmittausosastossa. Koulutuskausi on tarpeesta riippuen puolesta vuodesta vuoteen.

Kaivosgeologin työn piiriin kuuluvat karkeasti jaotellen seuraavat tehtävät: kartoitus, uusien malmien etsintä, näytteidenotto, raportit ja malmiarviot sekä laboratorio- ja tutkinustyö. Asianomaisen organisaation laajuudesta riippuu, kuinka monen henkilön osalle nämä tehtävät jakaantuvat. Mutta vaikka erikoistuminen on valttia USA:ssa, on jokaisen kaivosgeologin pyrkimyksenä olla pätevä huolehtimaan mistä tahansa niistä.

täminen asettaa aivan omat vaatimuksensa. Työvoiman halpuus, toisaalta, asettaa taas poraukset Länsi-Afrikassa jopa edullisempaan asemaan kuin sivistysmaissa.

Trooppillinen ilmasto vaatii puolestaan omia erikoistoimenpiteitä. Rautaosat ruostuvat siellä helposti, ja siis koneenosat pilaantuvat suhteellisen nopeasti, ja kun vaativampia korjauksia ei maassa voida suorittaa muualla kuin Freetownin korjauspajoissa, varustautuminen totuttua suuremmalla varaosavarastolla on Länsi-Afrikan oloissa välttämätöntä.

Sähköistä malminetsintää ei Sierra Leonessa ole lainkaan suoritettu. Siihen ryhtyminen edellyttäisikin nykyisellään joitakin alustavia lisätutkimuksia, laajallelevinnee lateriittiutumisen vuoksi. Lateriittipatjojen paksuushan saattaa olla toistakin kymmentä metriä, ja ne ovat lisäksi usein huomattavan rautapitoisia, hematiittia, vähemmässä määrin myös limoniittia sisältäviä. Sen vuoksi lateriitin johtokyky saattaa olla hyvänlaisen sulfidimalmin johtokyvyn suuruusluokkaa. Näin ollen lateriitin suhtautumista nykyaikaisiin sähköisiin malminetsintämenetelmiin olisi ensin tutkittava.

Magneettisten malminetsintämenetelmien käyttöä on sen sijaan Länsi-Afrikassakin jo menestyksellisesti kehitetty. Rautamalmien seuraaminen niiden avulla on täysin mahdollista, sillä vaikka kyseessä ovatkin hematitiittimalmit, ne useimmiten ovat itabiriitti-tyyppisten magneetiittikvartsiittien lateriittijohdannaisia.

Sulfidimalmeihin ei sen sijaan magneettisia menetelmiä ole Sierra Leonessa kokeiltu, eikä siinä olisi kaivononistumisen mahdollisuusiakaan, koska magneetiikkiä näyttää tyystin puuttuvan sikäläisistä sulfidimalmeista. Toisaalta taas useimmissa kivilajeissa, niin malmipitoisissa kuin malmittomissakin, magneetiitti esiintyy yleisesti eri vahvuisena pirotteena.

Biogeo- ja geokemiallinen malminetsintä on ollut viime aikoina suuren huomion kohteena kaikkialla maail-

massa. Sitä on kokeiltu myös Länsi-Afrikassa, jolloin Nigeriassa pidettiin lähtökohtana jokien ja purojen vesiä. On huomattu, että malmien yli virtaavien purojen vesien raskasmetallipitoisuus saavuttaa maksiminsa välittömästi puhkeaman alapuolella. Uusia malmeja ei siellä ainakaan toistaiseksi mainitulla menetelmällä kumminkaan ole löydetty.

Etenkin vesitutkimuksiin perustuvaa geokemiallista malminetsintää on harkittu kaikissa Länsi-Afrikan maissa, ja Ranskan siirtomaissa on tietääkseni jo kerätty tarvittavaa materiaaliakin, mutta esimerkiksi Sierra Leonessa näihin suunnitelmiin on toistaiseksi suhtauduttu suurella varauksella, lähinnä tietoisina alustavien perustutkimusten tarpeellisuudesta, ennen kuin geokemiallisesti mahdollisesti saatavien häiriöitten tulkintaa voitaisiin pitää edes kohtuullisen luotettavana.

Sierra Leonen geologia ja sen malmiesiintymät kiinnostavat suomalaista geologia lähinnä siksi, että sikäläinen kallioperä on tyypillistä peruskalliota, ja monessa suhteessa se on hyvin samanlaista kuin on omankin maamme ikivanha kallioperä.

## SUMMARY

### ON THE GEOLOGY AND MINING OF SIERRA LEONE

In the present paper a short summary of the geography, geology, and mineral resources of Sierra Leone is given, and thereby diamonds, gold, chromium, and iron ores are mentioned. Also the geophysical prospecting methods, applicable in Sierra Leone, are discussed. There are, so far, only magnetic methods used; the electric ore prospecting, in the opinion of the writer, needs, owing to lateritisation, certain preliminary investigations, before these methods could there be successfully used. The possibilities of the diamond drilling in the tropical conditions are considered from the point of view of a Finnish driller.

### Geologinen kartoitus.

Kaiken kaivosgeologisen työn perustana on kartoitus, ja se viekin suurimman osan geologin ajasta. On vaikea antaa mitään yleispätevää kuvaa kartoituksen laadusta tai tyylistä. Nehän vaihtelevat aina paikallisten olosuhteitten mukaan. Monien yhtiöiden kartoitusmenetelmät ovat kiteytyneet vuosien työn tuloksena palvelemaan juuri kysymyksessäolevaa kaivosta. Pohjakarttana geologisessa kartoituksessa käytetään insinööriosaston päivän tasalla pitämää mittauskarttaa, jossa näkyvät kiintopisteet sekä työtilojen ääriviivat. — Varsinainen kaivosmittaus ei kuulu geologien tehtäviin. — Paikoin, kuten esim. Butte'ssa, Mont., geologin työkartalle merkitään vain kiintopisteet, ja geologi merkitsee rakennetta kartoittaessaan ääriviivat sikäli kuin tarvitsee.

Amerikkalaisille ominainen standardisoiminen näkyy kaivosgeologinkin työssä. Karttalehtijako laaditaan siten, että lehtikoko on sama, ja mikäli mahdollista joku standardikoko, läpi koko kaivoskentän ja pinnalta pohjaan saakka. Vieläpä työkartatkin pyritään pitämään standardikoossa. Tämä tietenkin helpottaa karttojen vertailua ja arkistointia. Jokaisessa kaivoksessa tarvitaan vähintään kolmenlaisia peruskarttoja, nim. tasoja, poikkileikkauksia ja pitkittäisleikkauksia. Kaksi ensimmäistä ovat ne, joille kartoittaminen useimmiten suoritetaan. Nämä karttasarjat joudutaan usein pitämään kahdessa eri mittakaavassa, nim. kartoitus- ja kokoomamittakaavassa. Tämä tietenkin riippuu esiintymän laadusta. Kii-suesiintymähän yleensä vaativat yksityiskohtaista kartoitusta suuressa mittakaavassa, kun taas esim. suurissa rautamalmiesiintymissä ei tarvitse mennä detaljeihin. — Niinpä Vermont Copper Co:ssa, jossa olin geologina, kaivoskartoitus suoritettiin mittakaavassa 1"=10' (eli n. 1:120), ja kokoomakartat olivat mittakaavassa 1"=40', joka oli pienennys edellisestä. Tavallisia eri kaivoksilla käytännössäolevia mittakaavoja ovat 1"=20', 1"=40' tai 1"=50'. Kokonaiskuvan saamista varten laaditaan luonnollisesti koko kaivoskentästä tai jostain erillisestä kaivoksesta pienimittakaavainen yleiskartta.

Muutama sana itse kartoittamisen teknillisestä suorituksesta lienee paikallaan. Yleisesti voidaan sanoa, että kartoittaminen kaivoksessa onnistuakseen vaatii lukemattoman määrän mittauksia sekä kyvyn siirtää näkemänsä mahdollisimman todenmukaisesti paperille. Varsinaiset kartoitusvälineet ovat yksinkertaiset. Siihen tarvitaan: mittanauha, mittatikku, Brunton kompassi, mittakaava-astelevy, metallinen kartoitusalus, kynät ja paperia. On olemassa monia eri tapoja kartoittaa, sillä jokainen malmihan on yksilö ja on sillä omat paikalliset probleemansa. Peristä voidaan kartoittaa seinä määräk korkeudella. Mikäli kompleksinen rakenne tai jokin muu syy edellyttää detaljikarttaa, kartoitetaan silloin katto. Se, mitä kartalle merkitään, riippuu tietenkin paljon asianomaisesta geologista, mutta yleisenä pyrkimyksenä näyttää olevan, että rakennetta piirretään mahdollisimman paljon ja tarkasti. Litologiset, petrologiset, mineralogiset ja muut seikat merkitään muistiin lyhennyksinä työkartalle asianomaisiin kohtiin. Samoin voidaan pitää sääntönä, että työkartta laaditaan valmiiksi kaivoksessa asianomaisessa paikassa ja konttorissa suoritetaan vain sen tushaaminen. Koska työkartta on kaivosgeologin kartoitustyön ainoa näkyvä »tuote», on luonnollista, että se pyritään tekemään mahdollisimman selvä ja että se säilytetään, olkoonpa se kuinka vaatimaton tahansa. — Niinpä Anaconda yhtiön Butte'n kaivosten geologisessa osastossa, jossa työskentelee n. 15—20 geologia, oli useita suuria arkistokaappeja, jotka

sisälsivät yksinomaan työkarttoja. Niitä oli aivan vuosisadan vaihteen ajoilta asti, jolloin kaivosgeologinen työ siellä aloitettiin. Ja vielä nytkin joudutaan usein turvautumaan näihin alkuperäiskappaleisiin.

Työtilojen kartoitusfrekvenssi riippuu jälleen paikallisista olosuhteista. Eräänlaisena kaivosgeologin kultaisena sääntönä pidetään, että perän pää pitäisi kartoittaa päivittäin. Jos näin voidaan tehdä, riittää varsinaisen tasokartan viikottainen laatiminen, olettaen että perä etenee normaalisti. Aktiivisissa louhoksissa ei useinkaan ole tilaisuutta keskeyttää louhintaa määräajoin, vaan geologin täytyy sovittaa kartoituksensa louhinnan mukaan. Mutta esim. Homestake-kultakaivoksessa South Dakotan valtiossa jokaisella tuotantotasolla on oma geologinsa, jota varten louhos aamuisin pestään ja hän suorittaa siinä kartoituksen tai antaa ohjeet louhinnan jatkamisesta. Miten louhoksia kartoitetaan, riippuu taasen louhintamenetelmästä. Tavallisessa makasiinilouhinnassa kartoitetaan louhoksen katto määräk korkeuksin tasona, mutta esim. pengelrouhinnassa on kartoitus suoritettava poikkileikkauksina määrävällein ja niistä kootaan tasokartta, mikäli sellaista tarvitaan. Nousut pyritään kartoittamaan niin täydellisesti ja nopeasti kuin mahdollista, sillä tämän ulottuvaisuuden suunnassa geologisen tiedon saanti on aina hitainta, ja kumminkin sitä kaivataan yhtä kipeästi kuin tasoillakin.

Kaivoksessa tehtävän työn ohella geologi joutuu suorittamaan myöskin pintakartoituksen kaivoksen välittömässä läheisyydessä. Tavallisestihan tämä työ on tehty jo tutkimusvaiheen aikana tai viimeistään kaivoksen avaamisen yhteydessä. Mutta usein on tarpeellista tarkistaa paljastumahavainnot sitä mukaa kuin louhinta etenee ja tietomäärä kaivoksessa kasvaa.

Geologisen kartoituksen päätarkoitus on tietenkin geologinen. Sen avulla pyritään keräämään mahdollisimman runsaasti havaintoja, joita tulkitsemalla päästään selville malmin sijaintia määrävistä tekijöistä. Tulkinta on vähintään yhtä vastuunalainen ja aikaa vievä kuin havaintojen kokoaminenkin. Niin pian kuin malmiesiintymän sijainnin kontrolli tai vaikkapa vain hyvä hypoteesi siitä on selvillä, on geologilla käsissään oivat aseet seurattessaan malmin jatkeita ja etsiessään uusia malmeja kaivoskentällään.

### Uusien malmien etsintä.

Tehtävän laajuus riippuu täysin organisaatiosta. Yleisenä käytäntönä näyttää olevan, että kaivosgeologi huolehtii etsinnästä omalla kentällään, mutta varsinaiseen prospektaukseen kaivosgeologilla tuskin on aikaa. Se vaatii oman henkilöstönsä ja toimii tavallisesti suoraan yhtiön johdon alaisena. Kaivoksessa ja kaivoskentällä suoritettavan etsinnän tärkein työmuoto on timanttikairaus. Sen suunnittelu, valvonta ja tulosten esittäminen ovat siten tärkeänä osana kaivosgeologin jokapäiväisessä työssä. Kairauksen teknillisessä valvonnassa on monenlaista käytäntöä; eräissä kaivoksissa se on geologin huolena, toisissa kaivososaston, tai suu-remmissa kaivoksissa siihen on palkattu erikoinen mies.

### Näytteenotto.

Kompleksimalmeissa, joissa laatu vaihtelee suuresti tai rajat malmin ja mineralisoituneen kiven välillä ovat konjunktoureista riippuvat, on geologin vastuu suuri siinä, että hänen työnsä tuloksena määrätään, mitä kulloinkin louhitaan ja mitä viedään rikastamolle. Tämän asian geologi kontrolloi osaksi kartoituksensa osaksi näytteiden otton ja analysoinnin avulla. Kaivoksen or-

ganisaatiossa kuuluu geologiseen osastoon näyttteenottaja tai -ottajia. Heidän lukumääränsä ja koulutuksensa riippuu kokonaan malmin laadusta, sillä kulta-malmi edellyttää toisenlaista näyttteenottotähteyttä kuin homogeneeninen rautamalmi. Mutta myöskin v.m. tapaisissa on näyttteenotolla suuri merkityksensä. Tästä antaa oivan esimerkin Morenci'n kaivos Arizona'ssa. Esiintymä on porfyryrikuparimalmi. Rikastamon syötön etukäteinen kontrolli tapahtuu sekundaarisesti rikastuneen pintaosan (gossan) mineraalikoostumuksen perusteella. Tässä nim. näkyy protomalmin kupari-rautasuhde.

Näyttteenottotavat ovat monet ja itse kullekin kaivokselle tai kaivoskentälle ominaiset. Sellaisia ovat esim. timanttikairan sydän, soija-, pala-, ura- ja kasanäytteitten ottaminen. Paikalliset olosuhteet ja kehitys määräävät käytännössä olevan tavan.

Näytteiden analyysitulokset on tietenkin esitettävä havainnollisesti. Tämä tapahtuu karttojen avulla. Esim. Vermont Copper Co:ssa oli tapana tehdä kaksi kertaa kuukaudessa analyysikartat, joitten pohjana käytettiin pitkittäisleikkausta  $1''=40'$ . Tulokset oli merkitty asianomaisille paikoille. Lastattaessa otettujen näytteiden keskiarvo ja lukumäärä oli merkitty lastauspisteen kohdalle.

#### Raportit ja malmiarviot.

Edellämainittu materiaali ei suinkaan jää vain asianomaisen geologin tai geologisen osaston haltuun. Kaikilla kaivoksilla ja kaikissa yhtiöissä kirjoitetaan määräaika raportit, tavallisesti kuukauden vaihteessa. Tällainen raportti käsittelee mm. kuukauden aikana tehdyn työn, kuten kartoituksen, timanttikairauksen, näytteet jne., suunnitelmat seuraavaa kuukautta varten ja ehdotukset jonkin uuden työn aloittamisesta. Kuukausiraporttiin liitetään tilanekartat, joissa näkyy sekä työtilat että kaikki kuukauden aikana kertynyt geologinen tieto. Näissä kuukausiraporteissa on geologeilla erinomainen tilaisuus esittää tulkintansa kerääntyneestä materiaalista ja soveltaa sitä vielä tuntemattomaan osaan. Raportin jakelu on yllättävän laaja. Se jaetaan kaikille kaivoksen osastoille, johdolle sekä myöskin yhtiön johdolle. Yhtiön koon mukaan kopioiden lukumäärä saattaa vaihdella 5—10.

Kuukausiraporttien ohella joutuu geologi kirjoittamaan erillisraportteja milloin mitäkin tarkoitusta varten. Tavallisimpia ovat jonkun uuden malminaiheen tutkimusten yhteydessä kirjoitettavat raportit. Myöskin malmiarviot kuuluvat raporttien ryhmään. Tavallisesti täydelliset malmiarviot tehdään vain kerran vuodessa tilivuoden vaihteessa, mutta monista syistä joudutaan niitä tarkistamaan välilläkin.

Se, miten malmiarviot tehdään, on artikkelin aihe sinänsä, joten lyhyt maininta riittänee tässä yhteydessä. Kaivoksilla on paikallisiin olosuhteisiin perustuva luokittelunsa, mutta tavallisesti pidetään malmiarviot laadittuina useampien perusteiden mukaan. Eniten käytetty jakoperuste on malmien varmuusaste, jolloin luokat ovat todettu, todennäköinen ja mahdollinen. Tyyppiluokittelu tulee kysymykseen kompleksimalmeissa. Koska louhin-

nan kannattavuus riippuu täysin konjektuureista, on syytä pitää myöskin pitoisuuksiin perustuvaa luokittelua, jota voisi sanoa taloudelliseksi luokitteluksi. Tällaisia luokkia ovat malmi, rajamalmi ja mineralisoitunut kivi. USA:n osavaltioiden moninaisten kaivoslakien vuoksi myöskin omistusoikeuksiin perustuva luokittelu on usein välttämätön.

#### Laboratorio- ja tutkimustyö.

Jo pienikin nykyaikaisesti hoidettu kaivos edellyttää jonkinlaista tutkimustyötä. Vain suuret yhtiöt pitävät omia tutkimuslaboratorioita, mutta pienille yhtiöille avautuu mahdollisuus tällaisen työn tekemiseen tai teettämiseen joko neuvottelevien geologitoimistojen avulla tai käyttämällä hyväksi college'ien ja yliopistojen laboratorioita.

V.m. tapauksessa työ annetaan joko oppilaiden tai opettajien tehtäväksi a.o. koulussa, tai usein myöskin kaivoksen oma geologi saa käyttää hyväkseen lähelläolevan koulun tutkimustiloja. Tämä tie on tietenkin sekä kaivoksen että geologin kannalta paras, mikäli siihen vain on mahdollisuuksia.

Edelläesitetty jo osoittaa, kuinka moninaiset tehtävät kaivosgeologilla on USA:n kaivoksissa. Niiden tärkeys ilmenee siitä, että jo keskikokoista pienemmissä kaivoksissa (esiintymän laadusta riippuen) geologiosasto kuuluu kaivoksen organisaatioon tasavertaisena kaivososaston ja rikastamon kanssa.

#### SUMMARY

The author of this article had an opportunity to stay four years in the U.S. on a scholarship of the Outokumpu OY:n Säätio. The experiences in the mining geology gained during these years are discussed in the article. The task of the mining geologist is important and the scope of his duties broad. Briefly five different branches can be listed, namely: mapping, exploration and prospecting, sampling, writing the reports, and the laboratory work.

The mapping takes most of the time of a geologist. The importance of the structure by controlling the location of the orebodies is realized, and hence all the available informations of the structure are mapped. This often means a detailed mapping. The scales like  $1''=10'$  and  $1''=20'$  are common in the underground mapping, and even bigger scales can be used in special cases. The sizes of the map sheets are standardized, including even the work sheets. This, of course, helps the interpretation and the filing of the maps.

The mapping and especially the interpretation of the data are, indeed, parts of the exploration in a mine. The planning of the diamond drillholes and the logging of the cores are other parts. The diamond drilling is often done by contractors. This gives more time to the geologist to struggle with the geological problems.

The daily sampling in the mine is important for controlling the grade of the millheads. This is done by the sampler. The way to take the samples varies from mine to mine, and is developed during the years to fit with the local conditions. All the data collected are discussed in the monthly reports, copies of which are sent to the other departments of the mine, to the management, and the directors of the company. — Many companies have not their own facilities for the laboratory research. This is often done by consultants or in the laboratories of the nearby schools.



# Geologian opiskelusta Baltimoreessa

*Fil.mag. TOIVO MIKKOLA*

*Suomen Malmi Oy, Otaniemi*

*Autoreferaatti esitelmästä Vuorimiesyhdistyksen Geologijaoston kokouksessa 19.11.-54.*

Vuoden opiskelu Amerikassa ei anna mahdollisuutta esittää kovinkaan objektiivisia käsityksiä sieltä. Kun kuitenkin ei liene tarkoitus, että ASLA-stipendiaatti pitää kaikki kokemuksensa omana hyötynään, niin jokunen hajahavainto, juttu ja ehkäpä ajatuksen tynkäkin liene paikallaan.

The Johns Hopkins University on Baltimoreessa, joka itsessään on rumimpia kaupunkeja mitä olen nähnyt. Sen keskuksessa olevaa Washingtonin patsasta en edes uskaltanut valokuvata, kun arvelin ettei kamera kestä. Keidas tässä tiilierämaassa on yliopiston campus, täysin erillinen puistoalue, jonne rakennukset on ryhmitetty melko vapaasti. Geologin kannalta on tärkeintä, että melkein kaikki muodostumat n.s. prekambriasta nykyaikaan ovat amerikkalaisittain katsoen käden ulottuvilla, t.s. muutaman tunnin automatkan päässä. Ilmasto sallii 9 kk:n kenttätyön.

Yliopiston koko opiskelijamäärä on 2 500 ja opettajia on 1 000. Geologian opiskelijoita on n. 20 ja professoreja 6+1 tutkimusprofessori. Geologian laitos ei siis voi valittaa opettajapulaa. Siitä huolimatta harkitaan malmigeologian professuurin perustamista. — Hopkins on etupäässä n.s. graduate school, jossa opiskellaan tohtorintutkintoa varten. Tämä tekee vertailun meikäläisiin oloihin perin vaikeaksi. Kun Hopkins on yksityinen ja hyvässä maineessa, on lukuvuosisumma korkea, 800\$ + laboratoriomaksut. Pyrkijöitä on silti paljon enemmän kuin voidaan ottaa. Opiskelijoilla on USA:ssa tapana kiertää eri yliopistoissa, suorittaa Bachelor yhdessä, Master toisessa ja Ph.D. kolmannessa. Mitä suositeltavin tapa, sitenhan jokainen tutustuu asioihin useammasta näkökulmasta. Meillä ehkä tulisi kysymyksen harjoittelu mahdollisimman monessa paikassa, ulkomaita myöten. Nuoret miehet, mikä teitä estää lähtemästä?

Hopkinsin geologian professoreista tunnetuimmat ovat tektoonikko Cloos, ooliittideformatio ja savikakkukokeet karpäsenään, sekä sedimentologi Pettijohn. Hänen kirjansa »Sedimentary Rocks» on minusta aivan erinomainen, mutta arvostelulta ei sekään ole säästynyt. Tutkimuksessaan Amerikan geosynkliineistä Kay hyökkää ankarasti Pettijohnin käsitysten kimppuun. Tämän ottelun Pettijohn taitaa voittaa, sillä juttu tietää Kayn löytäneen mikrogeosynkliinejä, joita ennen luultiin aallonmerkeiksi. — Muut Hopkinsin professorit eivät ole meillä tunnettuja, mutta sitä paremmin Amerikassa, varsinkin petrologi Waters. Hän opettaa myös geokemiaa. Tähän tieteenhaaraan ei Hopkinsissa kiinnitetä erityistä huomiota.

Jokaisella stipendiaatilla lienee kaino toivomus saada itse valita yliopisto ja opintosuunta. Minua onnistui, mutta silti ASLA-systeemissä on paljon vikaa. Lopullisen

valinnan ja sijoittelun suorittaa Institute of International Education, joka ei ilmoita asianomaisille mitään, ei salli mitään neuvottelua ja kieltää kaiken yhteydenoton tulevaan oppilaitokseen. Voisikohan sanoa byrokraatiaksi, kun Hopkinsissa helmikuussa päivätty kirje tuli minulle I.I.E.:n kautta kesäkuussa. Miten sitten lie ehdollepano kotimaassa. Luonnontieteilijöitä pääsee vuosittain yksi, valtiotieteilijöitä joskus kymmenkunta.

Katsoin parhaaksi opiskella sedimentologiaa ja tektoniikkaa, nehän ovat meille hieman vieraita, mutta tärkeitä aloja. Prof. Metzger kirjoitti viime keväänä »Geologissa» tästä asiasta. Itse sanoisin, että petrologiaa ja malmigeologiaa voi Suomessa opiskella yhtä pätevästi kuin USA:ssa, mutta varsinkin sedimentologiaan on hyödyllistä tutustua muualla ymmärtääkseen prekambri-sedimenttejä. Sedimenttiteoriat voittavat alaa myös malmigeologiassa, eikä tektoniikkakaan ole siinä tarpeeton. Metamorfismin kulun ymmärtämiseksi se on aivan välttämätön.

Hopkinsissa on kaikkiaan 20 geologian kurssia. Cloos narrasi minut ottamaan niistä 6, vaikka hyvin tiesin, että 3 on tarpeeksi. Jouduinpahan sillätavoin tutustumaan amerikkalaiseen opiskeluvauhtiin, joka ei anna aikaa opiskelijain edes keskustella paitsi ruoka-aikoina. Sunnuntait ja arjet, päivät ja yöt, aina on suuri osa opiskelijoita laitoksella, joku taisi asua siellä. Suurin syy vauhtiin on opiskelun tavaton kalleus ja kurssin laajuus. — Tulos tällaisesta opiskelusta on osin positiivinen, osin negatiivinen. Opiskelijat tietävät erittäin paljon, mutta heillä ei ole omia ajatuksia. Kait niitä saa jälkeenpäin, jos sattuu tarvitsemaan.

Yksityiskohtaisemman kuvauksen annan vain tärkeimmistä kursseista. Cloosin tektoniikan kurssille lähdettiin joka lauantai klo 8 ja takaisin tultiin iltapimeällä. Kaikki nähdyt rakennepiirteet kuvattiin muistikirjaan ja yhdistettiin lopuksi raporttiin, joka joillakin oli 150 konekirjoitussivua. Piirroksia saattoi olla satakunta ja kaiken kruunasi profiili yli South Mountainin. Maastossa selvitettiin myös eri oppikirjantekijäin käsitys asioista. Cloosin mielestä paras oli Hills: Outlines of Struct. Geology tai Lahee: Field Geology. Billingsiä hän sanoi keittokirjaksi. — Joulun jälkeen ratkaistiin tektoonisia probleemoja Schmidtin verkolla ja suoritettiin savikakkukokeita. Toivottavasti Cloos julkaisee nykyiset menetelmät, jotta näitä havainnollisia kokeita alettaisiin harrastaa muuallakin.

Pettijohnin kurssilla seurattiin suunnilleen hänen oppikirjaansa. Mikroskooppitöitä ja erilaisia mittauksia oli paljonpuoleisesti. Kun kuitenkin nähtiin juuri niitä asioita joista olin kiinnostunut, unohdin vanhan mikroskooppikauhuni. Esim. grauwwackan vähittäinen muuttuminen omamuotoisia kvartsi- ja plagioklaasikiteitä sisältäväksi kiveksi antoi miettimisen aihetta. Omamuotoi-



suus näyttää olevan varsin yleistä sedimenteissä. — Ke-  
vätpuolella tutkittiin hiekkain raskaita mineraaleja,  
tehtiin mekaanisia analyysejä savesta ja hiekasta, suun-  
tauslaskuja rantamuodostumain kivistä ja olipa joku  
tenttikin, niinkuin kaikilla kursseilla. — Ohimennen,  
joku Pettijohnin tapainen luennoitsija vierailijana täällä  
edes lukukauden ajan hyödyttäisi vielä paljon enemmän  
kuin stipendiaatti silloin tällöin Amerikassa, eikä tulisi  
sen kalliimmaksi. Fullbright Fond maksaa matkat,  
ehkäpä joku säätiö maksaisi palkkion.

Kirjallisuuskerho vastasi meidän »Vasaraa». Keskus-  
telu esitelmistä erosi meikäläisestä. Opiskelijat kysyivät  
vain lisää asiaa. Samoin he kysyivät tunnilla, vaikka ei  
niin paljon kuin olin luullut. — Myös vierailijoita kävi  
esitelmöimässä erikoisaloilta. Maininnan ansaitsee esi-  
telmä iänmääräysmenetelmistä ja niitten luotettavuus-  
desta. Esitelmöitsijä selosti myös uuden menetelmän,  
joka perustuu lyijyn isotooppisuhteen vaihteluun, ei  
siis radioaktiiviseen muuttumiseen. Toivottavasti sitä  
ei aleta käyttää, sillä jälkeinpäin saamaini tietojen mu-  
kaan se johtaa myös negatiivisiin arvoihin, jopa 1½  
miljardia vuotta. Muilla menetelmillä ei saada juuri näin  
huonoja arvoja, mutta parhaissakin on teoreettinen  
mahdollisuus lähes 40 % virheeseen. Näin ollen mil-

jardin vuoden ikäero prekambriassa on vielä virherajain  
sisällä.

Hopkinsin kirjasto vaatii erikoismaininnan. Kuten  
prof. Eskola jälkeinpäin totesi, tulee suurin ansio sen  
erinomaisesta kunnosta Cloosille. Kirjasto oli ahkerassa  
käytössä. Meikäläisestä tavasta poiketen jaettiin joka  
kurssilla kirjallisuusluetteloita ja kirjallisuuteen oli aivan  
pakko tutustua, aika vain ei tahtonut riittää.

Washingtonin läheisyydestä johtuen kävimme sään-  
nöllisesti kuuntelemassa Petrologikerhon esitelmiä Geo-  
fysikaalisessa Laboratoriossa. Niistä ja esitelmöitsijöistä  
olisi paljon kerrottavaa, mutta asianomaisten omat  
julkaisut varmaan antavat luotettavamman kuvan asi-  
oista. Esitelmät koskivat useimmiten mineraaleja ja  
niitten pysyvyysalueita.

Lopuksi voin todeta, että vuosi Hopkinsissa ei ole  
hukkaan heitettyä aikaa. Kaikkialla on spesialisteja,  
mutta sellaista ryhmää kuin Hopkinsin, on vaikea  
löytää muualta.

#### SUMMARY

After one years visit to the geological department of the  
Johns Hopkins University in Baltimore, Md., the writer  
discusses some differences and similarities between the  
American and Finnish education of geologists.

## Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna

Dipl. ing. *Bruce Ahlfors* är numera anställd vid Oy  
Julius Tallberg Ab Atlas Copco-avdelningen. Adress:  
Tomtekulla Mattby.

Genraldirektör *Hans Ahlström* har tilldelats bergsråds-  
titel.

Dipl. ing. *Leo Andersin* har utsetts till verkställande  
direktör för Orlipuikko Oy. Adress: Runebergsgatan  
53 B, Helsingfors.

Dipl. ins. *Heikki Aulanko* on nimitetty Outokumpu  
Oy:n Outokummun kaivoksen kaivososaston päälliköksi.

Dipl. ins. *Carl-Erik Carlsson* on nimitetty Suomen Mi-  
neraali Oy:n apulaistoimitusjohtajaksi. Osoite: Merikatu  
3 B 15, Helsinki.

Fil. dr. *Nils Edelman* är numera anställd som geolog  
vid Oy Vuoksenniska Ab:s Haveri gruva. Adress: Viljak-  
kala.

Minister *Åke Gartz* har utnämmts till Finlands ambas-  
sador i Moskva.

Dipl. ing. *Caj-Erik Gustafssons* adress är numera Bu-  
levarden 10, Helsingfors.

Dipl. ins. *Ilmari Heinonen* on kutsuttu Rikkihappo- ja  
Superfosfaattitehtaat Oy:n johtokunnan jäseneksi ja siirtyy  
pääkonttorin teknilliselle osastolle.

Övering. *Fjalar Holmberg* har såsom första icke-brit-  
tiska medborgare tilldelats Sir Robert Hadfield-medaljen

för år 1955, som erkänsla för hans förtjänstfulla insatser  
på järn- och stålproduktionens område.

Dipl. ing. *Ben Linden* tjänstgör numera som rationali-  
seringsingenjör vid Finska Kabelfabriken Ab.

Ylijohtaja *Uolevi Raade* on nimitetty Neste Oy:n toi-  
mitusjohtajaksi.

Dipl. ins. *Matti Saari* on muuttanut Outokumpu Oy:n  
Vihannin kaivokselle, missä hän toimii rikastusinsinööri-  
nä. Osoite: Alpuu.

Dipl. ing. *Erik Sarlin* har utnämmts till verkställande  
direktör för Pargas Kalkbergs Ab.

Fil. mag. *Georg Strandström* är anställd vid Oy Vuok-  
senniska Ab:s bergstekniska avdelning i Helsingfors.

Dipl. ins. *Juho Tuomikosken* osoite on nyttemmin Va-  
lajankatu 1, Jyväskylä.

Dipl. ins. *Lasse Vanha-Honko* toimii kaivosinsinöörinä  
Outokumpu Oy:n Vihannin kaivoksella. Osoite: Alpuu.

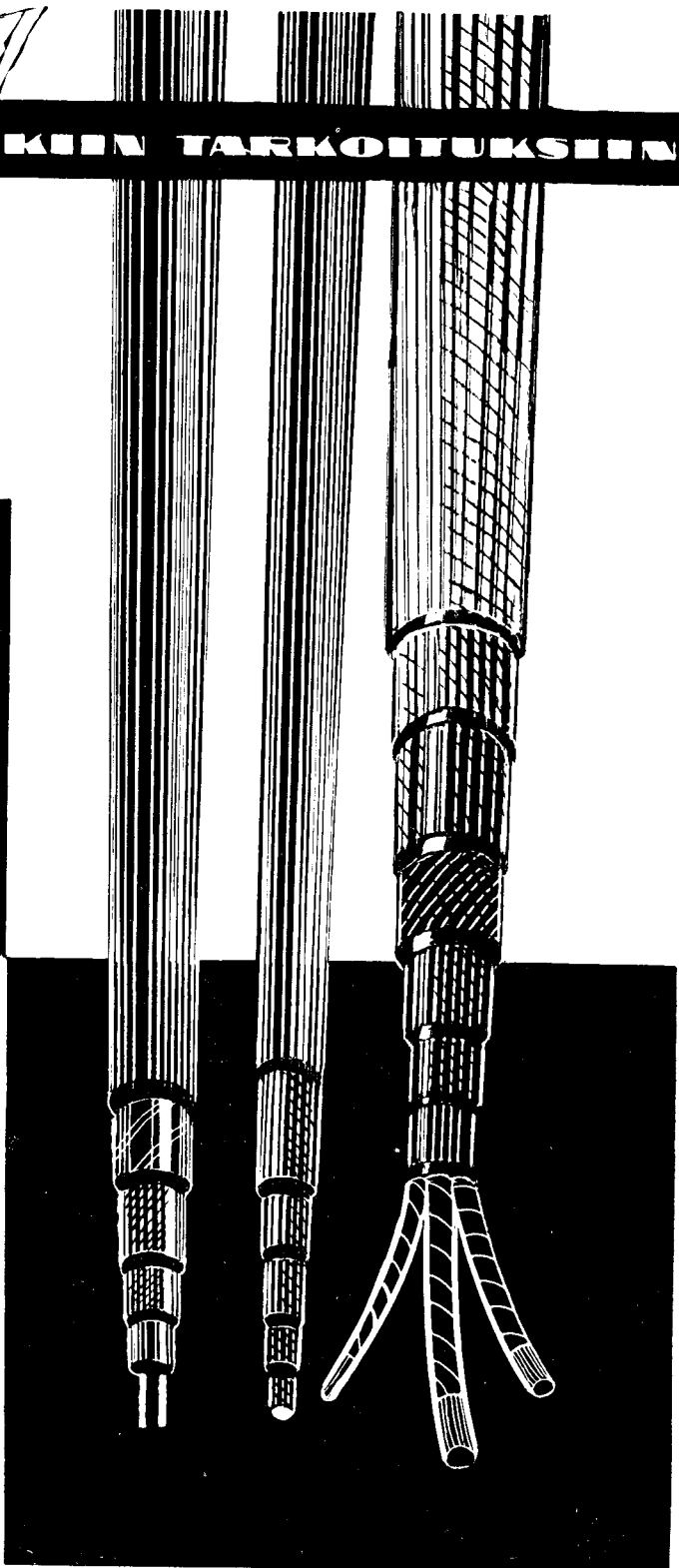
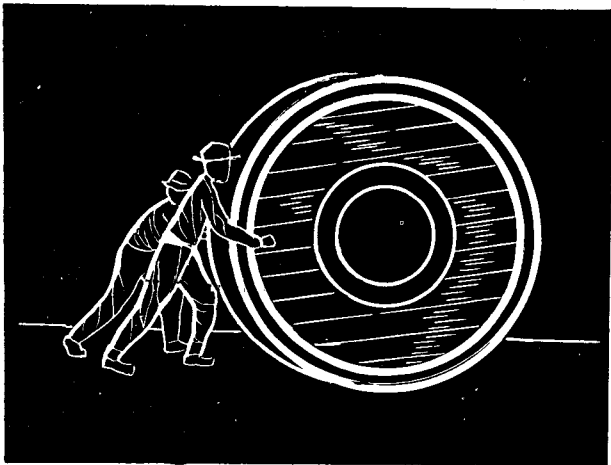
Dipl. ins. *Lars Wetzell* on muuttanut Outokumpu Oy:n  
Vihannin kaivokselle, missä hän toimii kaivosinsinöörinä.  
Osoite: Alpuu.

## Vuoriteollisuusosasto teknillisessä korkeakoulussa

Dipl. insinööri-tutkinnon kaivostekniikan opinto-  
suunnalla ovat suorittaneet *Carl-Fredrik Bäckström* ja  
*Pentti Eerikki Similä*.

Dipl. insinööri-tutkinnon metallurgian opintosuun-  
nalla ovat suorittaneet *Nils Erik Arppe*, *Nils Håkan*  
*Hakulin*, *Veijo Jackie Levanto* ja *Simo Antero Mäkipirtti*.

**KAAPELEITA KAIKKIIN TARKOITUKSIIN**



**SUOMEN  
KAAPELITEHDAS OY**

Helsinki — Pursimiehenkatu 29—31

Puh. 11 721 (vaihde)

# EKONO

on 44 vuoden ajan ollut puolueetto-  
masti käytettävissä kaikissa

voima-,  
lämpö-,  
sähkö-,  
ilmanvaihto-  
ja kuljetus-  
teknillisissä  
kysymyksissä

**EKONO**

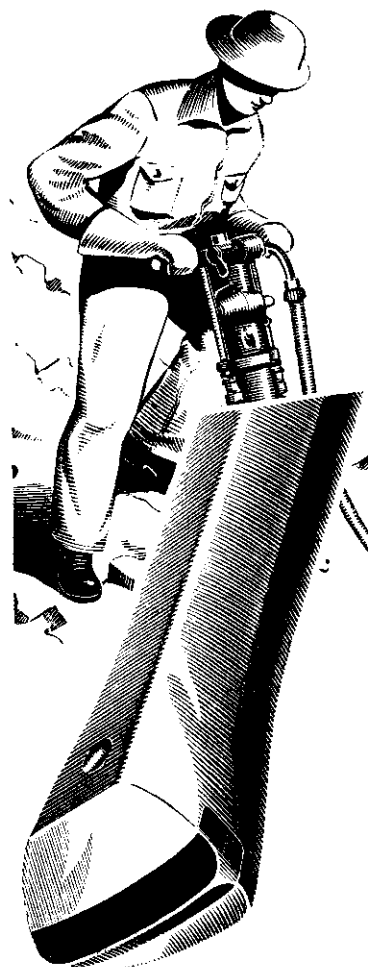
VOIMA- JA POLTTOAINE-  
TALOUDELLINEN YHDISTYS

HELSINKI — E. ESPLANAADIK. 14 — VAIHDE 10 011

# KOMETA

## KOVAMETALLI- KALLIOPORIA

Vakiosarjoja varastosta



Valmistaja:

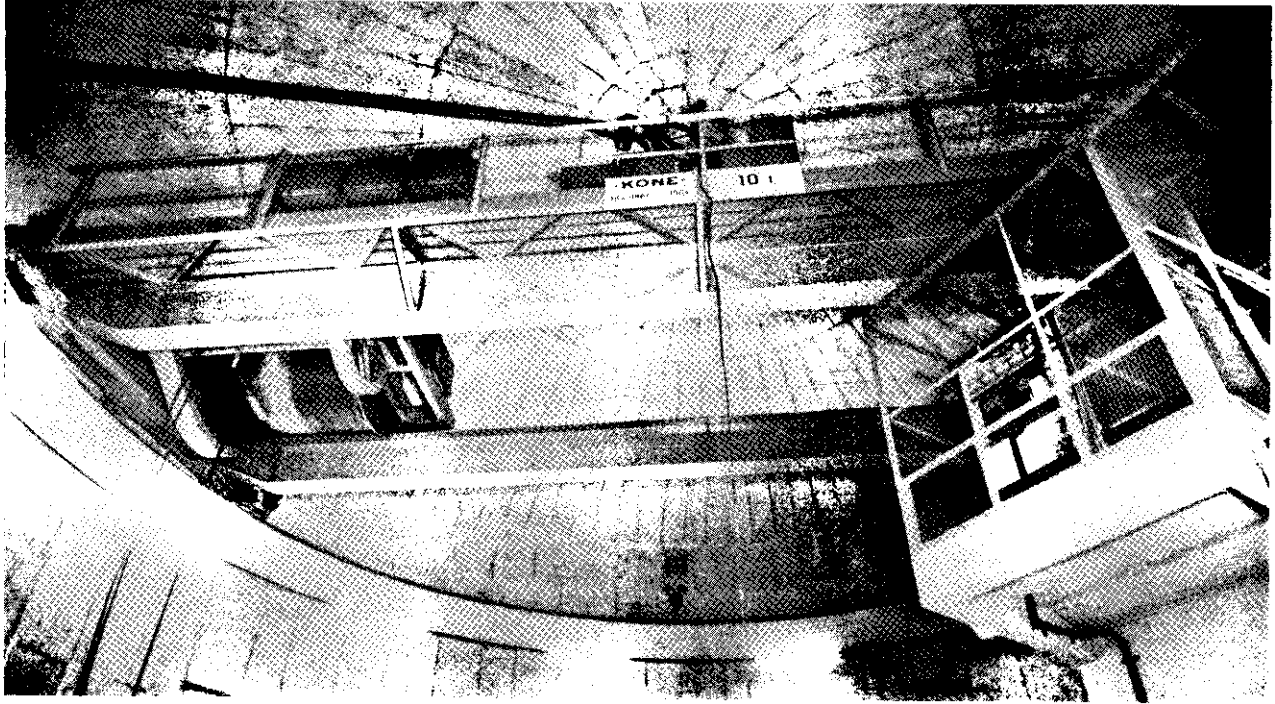
**Oy KOVAMETALLI Ab**

Päädustaja:

**Oy GRÖNBLOM Ab**

HELSINKI • TURKU • TAMPERE • OULU • LAHTI

# NOSTUREITA VUORITEOLLISUUDELLE

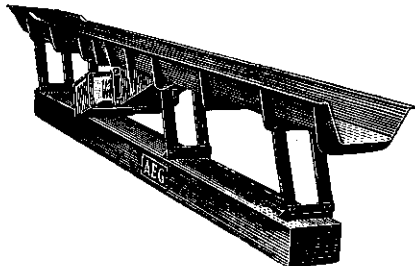


Karusellimaisesti kääntyvä 10 tonnin  
KONE-siltanosturi Outokummun kaivostornissa.

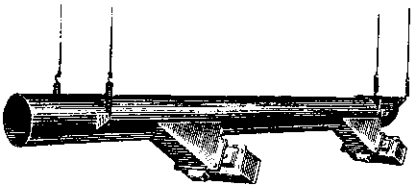
HISSITEHDAS



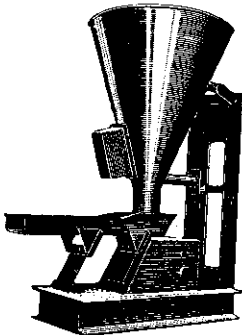
Haapaniemenk. 6,  
Helsinki  
Puh. 70 511



Avoin kuljetin



Putkikuljetin



Annostelu-uurna

## Kuljettimia ja annostelu- urnia sähkömagneettisin värähtelijöin

Kuljettimet ja annostelu-urnat soveltuvat kuivien ja tietyin edellytyksin myös kosteiden, mielivaltaista jyvääkokoa olevien materiaalien kuljetukseen, jopa ylöspäinkin.

Liikellepanevana voimana on sähkömagneettinen värähtelijä, joka värähtelee 3000 tai 6000 kertaa minuutissa.

Toimitamme myös tärytinlaitteita hiili-, hake- y.m. bunkkereita varten.

Laitteissa ei ole pyöriä, kuluvia osia.

# AEG

Länsi-Saksa

PÄÄDUSTAJA SUOMESSA:

## SÄHKÖLIKKKEIDEN OY

Helsinki - Pormestarinrinne 8 - Puh. 11 501

Valsattua kanki- ja  
muototerästä  
Erikoisteräksiä  
Kylmänävedettyä, hiottua  
ja sorvattua  
pyöröterästä  
Harkkorautaa  
Teräsvalua  
Hitsattuja putkia  
Vuorivanua

Valsat stång- och profilstål  
Specialstål  
Kalldraget, slipat och  
svarvat rundstål  
Tackjärn  
Stålgjute  
Svetsade rör  
Vulkanvadd



# VUOKSENNISKA

HELSINKI — HELSINGFORS  
Eteläranta 10 Södra kajen  
Puh. 61 266 Tel.



TOIMITAMME VUORITEOLLISUUDELLE

KUULAMYLLYJÄ

TANKOMYLLYJÄ

HARALUOKITTELIJOITA

SEKÄ MUITA ALAAN KUULUVIA  
KONEITA JA LAITTEITA

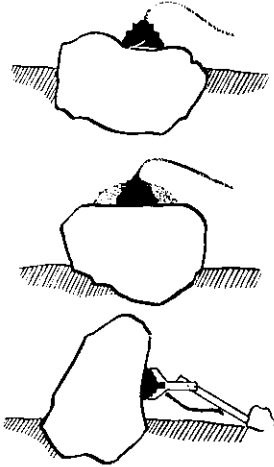
KÄÄNTYKÄÄ PUOLEEMME SUUNNITELLESSANNE LAITOKSENNE UUSI-  
MISTA TAI LAAJENTAMISTA.

## WÄRTSILÄ-YHTYMÄ O/Y

KONE JA SILTA

HELSINKI

## Säästää aikaa — poistakaa porauskustannukset



**K**ivipommi — tehokas atomi-  
kauden ase kiviä vastaan —  
asetetaan kiven päälle tai pi-  
dikkeen avulla sen kaltevaa  
pintaa vastaan. Tulilanka sy-  
tytetään — ja suuri kivi on  
väistynyt.

Ottakaa Tekin kivipommi raivaustyö-  
hönne! Saatavana räjähdysainekau-  
poista kautta maan.



Suomen Forsiitti-  
Dynamiitti O.Y.



Rikkihappo- ja  
superfosfaattitehtaat Oy

**VALMET**

Valmet Oy

**R**äjähdysaine  
Runebergink. 8 F

Helsinki - Runebergink. 8 F - Puh. 44 16 02

### Tarkkuutta ja nopeutta konstruktiotyöhön FROMMEN tarkkuuskoordi- natograafilla

Tarkkuuskoordinatograafi N:o 322  
650x1000 mm:n työalalle. Kartoitus-  
mittakaavat 1:500, 1:1000 ja 1:2000.  
Pistinlaite liikkuu kuulalaakerilla.

Hinta n. 92.000.—

Pienoiskoordinatograafi N:o 324/a  
200x400 mm:n työalalle. Kartoitus-  
mittakaavat 1:500, 1:1000 ja 1:2000.

Hinta n. 42.000.—

Pyytäkää lähempää esittelyä!

**WULFF AB**

Teknillisten kojeiden ja piirustustarvikkeiden  
erikoisosasto

Helsinki, P. Esplanaadik. 43, puh. 12171.

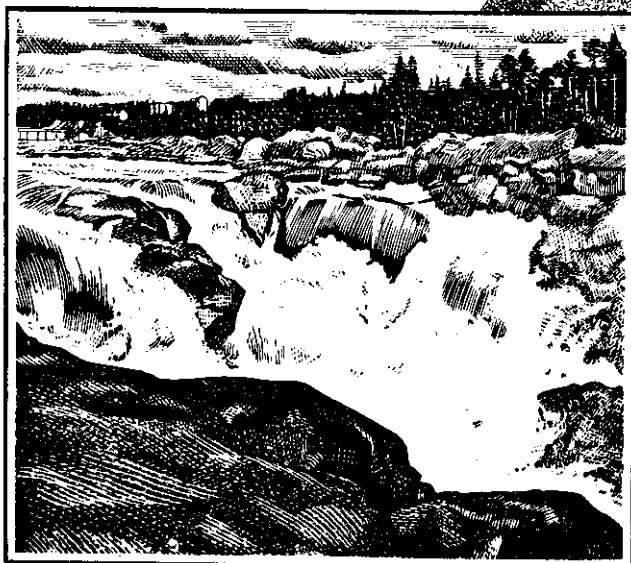
### Ilmoittajaluettelo: Annonserförteckning:

ASEA  
EKONO  
OY EKSTRÖM AB  
OY GRÖNBLOM AB  
INDUSTRIEGEL  
JULIUS TALLBERG  
KARHULA  
KNORRING  
KONE OSAKEYHTIÖ  
LILIUS OY  
LOKOMO  
MACHINERY  
MERCANTILE  
OUTOKUMPU OY  
RAUTAKONTTORI OY  
RÄJÄHDYSAINEKONTTORI  
SUOMEN BOFORS  
SUOMEN KAAPELITEHDAS OY  
SÄHKÖLIIKKEIDEN OY  
TAMMER TEHTAAT  
TAMPELLA  
TELKO OY  
VALMET OY  
WULFF  
VUOKSENNISKA  
WÄRTSILÄ-YHTYMÄ

# SANDVIK *Coromant*

## KOVAMETALLIPORAT

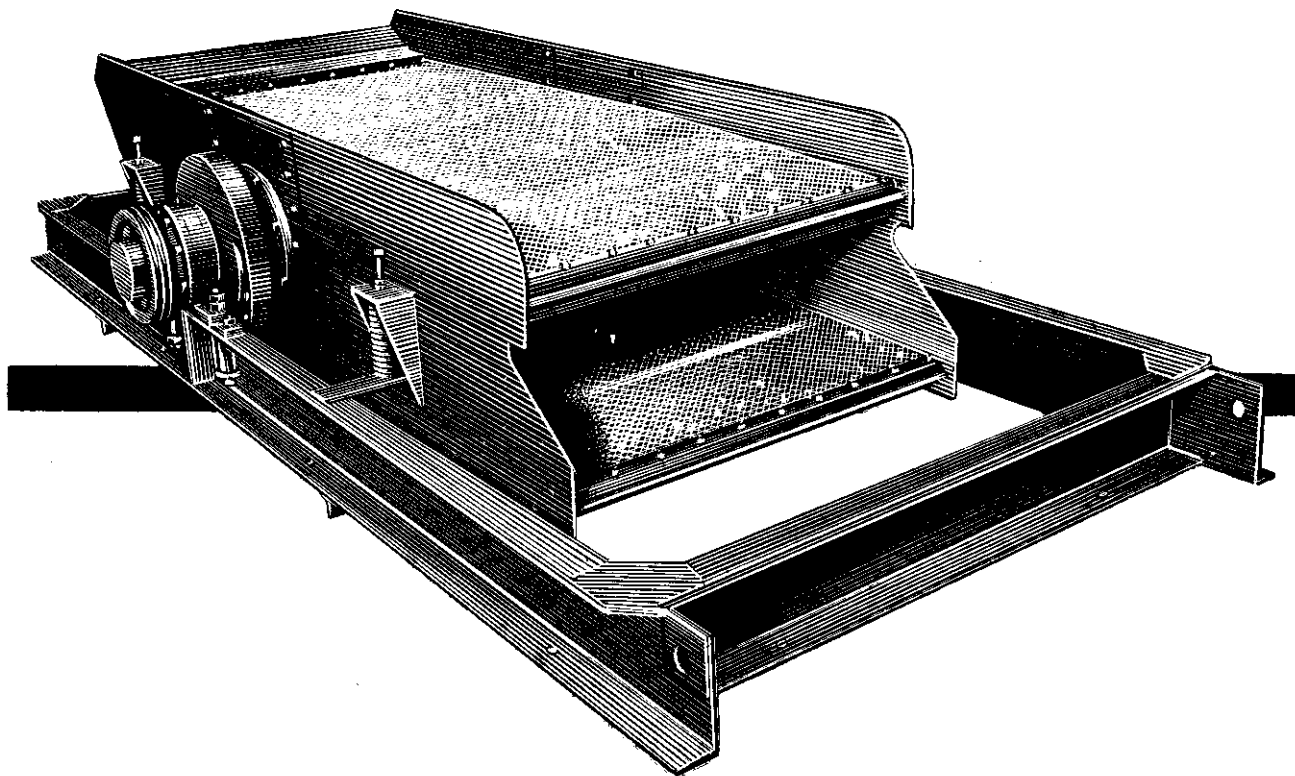
ovat taloudellisuuden ja tehokkuuden takeena kaikissa louhintatöissä. Tästä syystä rakentajat kautta maailman käyttävät Sandvik Coromant kovametalliporia.



**JULIUS TALLBERG** 

Atlas Copco-osasto — Helsinki — Aleksanterinkatu 21 — Puhelin 13611

# TÄRYSEULOILLEMME



## Koneita kaivoksille ja rautatehtaille

- Leukamurskaimia
- Symons-kartiomurskaimia 22" IC
- Syöttökoneistoja
- Täryseuloja
- Kuulamylyjä
- Tankomylyjä
- Laahauskauhoja
- Romunvyyhtimiä
- Nostopöytiä
- Jäähdytysarinoita, automaattisia
- Valssaamoja
- Saksia

on tunnusomaista pitkälle kehitetty soveltu-  
vaisuus jokaisen asiakkaan omakohtaisiin  
tarpeisiin. Asiakas voi myös olla vakuut-  
tunut siitä, että niiden konstruktioit ovat  
jatkuvassa käytössä osoittautuneet kovia rasi-  
tuksia kestäviksi.



Yhteistyössä Morgårdshammars Mek. Verkstads Ab:n  
kanssa