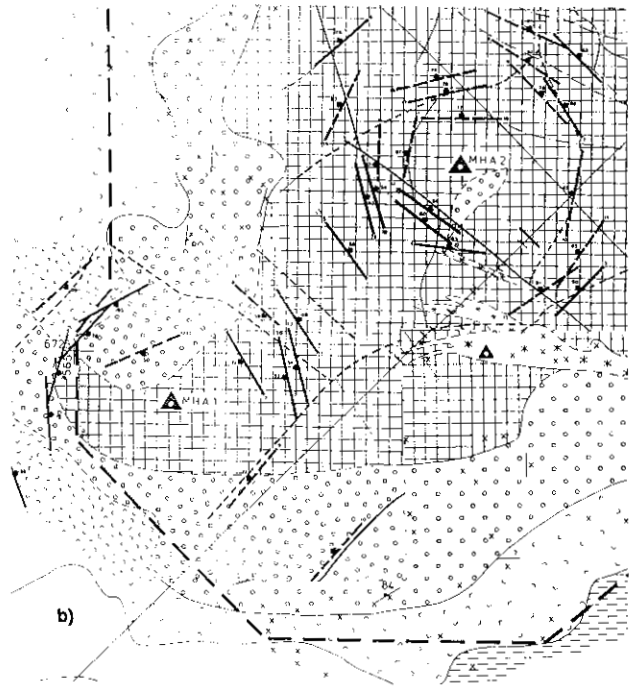
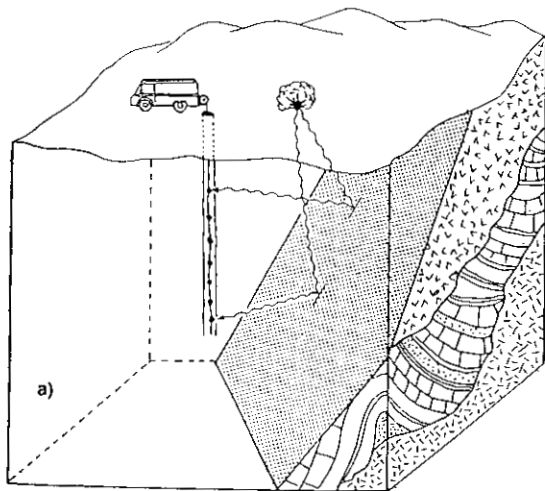


VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1990
48. vuosikerta

Julkaisija: Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.



MAAKAASUN KALLIOSYVÄVARASTOINTI

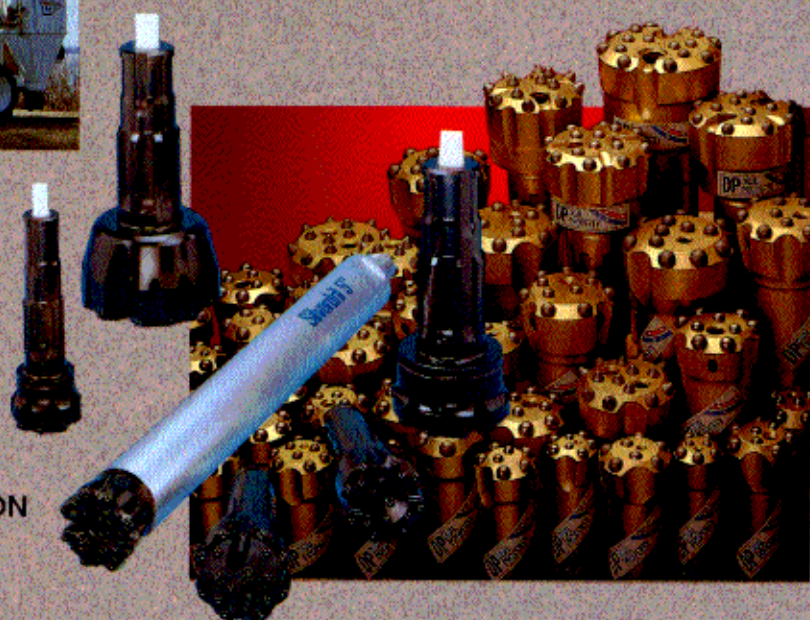
TUOTTAVIA RAHAREIKIÄ

Näillä niitä tehdään. Merkkituotteilla, jotka kertovat laadusta ja luotettavuudesta. Tuottavasta työstä. Tehosta. Huipputason huollosta ja varaosapalvelusta. Tässä niitä tehdään. Merkeillä, jotka saat täyden palvelun louhintatalosta. Machinerysta.



TAMROCK

- avolouhintaan
- maanporaukseen
- kaivonporaukseen
- rakennuskivilouhintaan




SANDVIK MISSION

- uppoterät
- oppoasarat

SANDVIK COROMANT

- maailman tunnetuin ja täydellisin porakalustovalikoima

 **MACHINERY OY**
LOUHINTA

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

NYT OVAKO 520 ON SEKÄ ETTÄ



OVAKO TOI AINESPUTKET NYKYAIKAAN: NYT MAKSAT VAIN PUTKESTA, ET TURHISTA KILOISTA.

AINESPUTKI JA TANKO
SAMAA
OVAKO 520-TERÄSTÄ

Kun rakenneteräksen kyljessä on merkintä OVAKO 520, niin teräksen käyttäjä tietää jo kokemuksesta, että sen ominaisuudet takaavat häiriöttömän tuotannon. Nyt kun myös ainesputken kyljessä lukee OVAKO 520, niin luvassa on samat lyömättömät

edut teräksessä:

- hyvä M-luokan lastuttavuus
- hyvä hitsattavuus
- tasainen laatu toimituserästä toiseen
- taatut mekaaniset ominaisuudet
- puhtasoppinen käyttäytyminen lämpökäsittelyssä
- varma kotimainen saatavuus

OSTAT MÄÄRÄMITAN,
ET YLIMÄÄRÄISTÄ TYÖSTÖÄ
JA LASTUJA

Tämä on mahdollista OVAKO 520 -teräksen ansiosta. Siitä valssatun ainesputken toleranssit ovat tiukat niin suuruuden

kuin ulko- ja sisämittojenkin suhteen. Lisäksi uusi mittasarja, alueella 30 - 200 mm, mahdollistaa valmismittaa lähellä olevan materiaalihankinnan. Lastuamistarve vähenee ja maksat vain määrämitasta.

Neuvottele myyjiemme kanssa aiheesta:
"Mitä teen ainesputkesta".

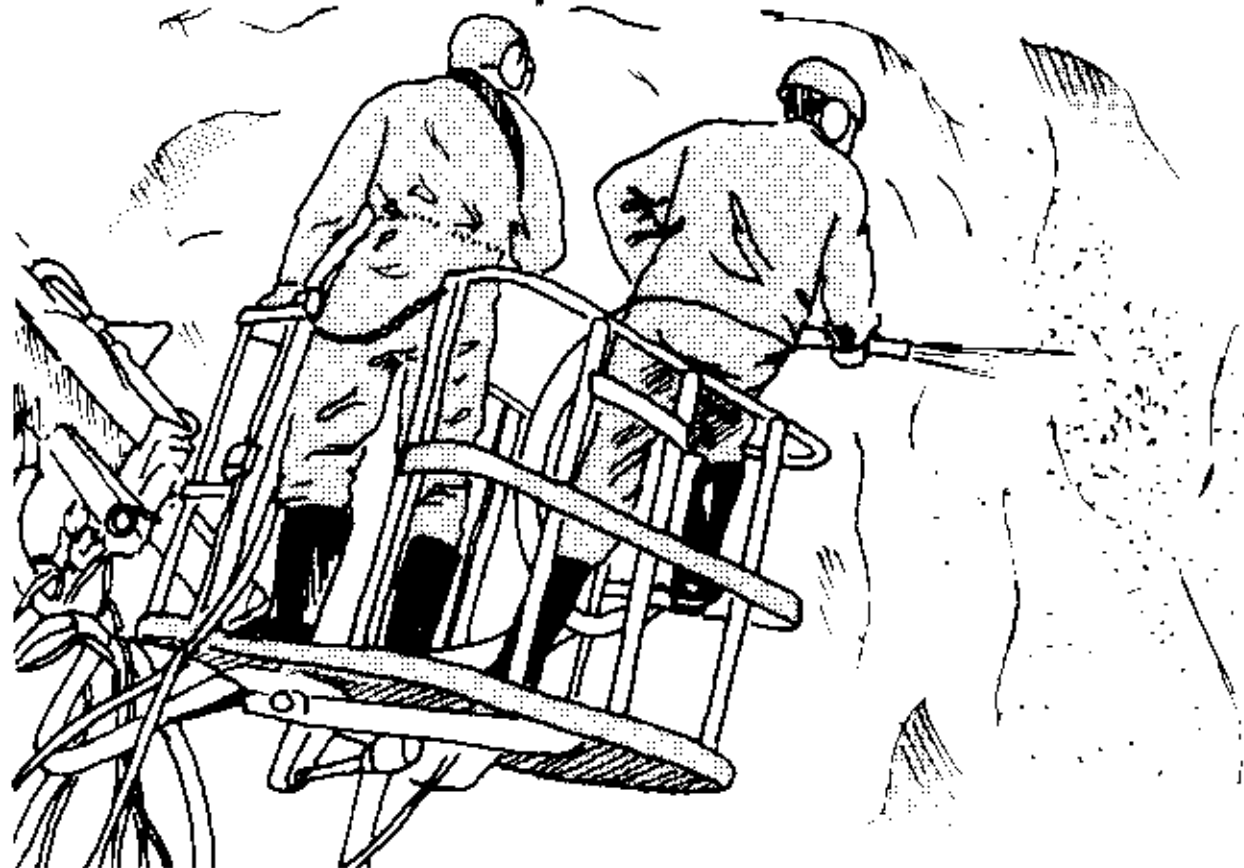
OVAKO

OVAKO TERÄSMARKKINOINTI Oy

MASALA:
02430 Masala
Puh. 90-297 6166
Telefax 90-297 5499
Telex 121392

TAMPERE:
Yrittäjänkatu 20
33710 Tampere
Puh. 931-635 300
Telefax 931-634 240
Telex 22471

Lohjan tuotteet vuoriteollisuuden tarpeisiin



Silika

- notkistettu liete
- suursäkki
- irto
- piensäkki/25 kg

Lohjan Silikalla
parempaan ruisku-
betonitulokseen.

Kuonajauhe KJ 400

Parempaan kaivostäyttöön
jauhettu, granuloitu
masuunikuona.

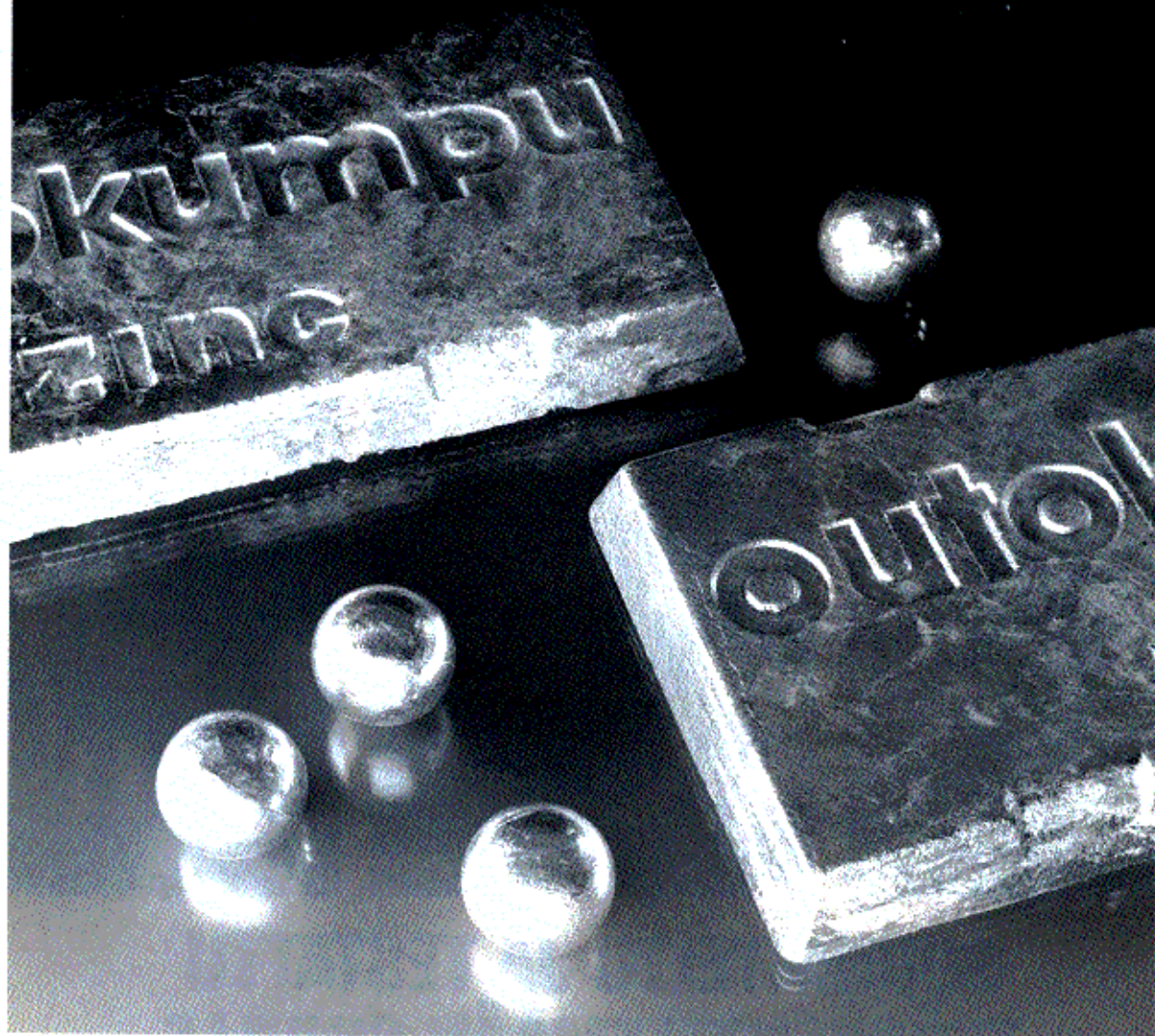
Kysy lisää
teknisestä palvelustamme



LOHJA

Oy Lohja Ab
Sementtitehdas
Tekninen palvelu
08700 Virkkala
puh. (912) 4511

Sinkkiyhtiö parhaasta päästä.



Outokumpu Zinc Oy on kasvava kansainvälinen sinkkiyhtiö, joka hallitsee sinkin tuotannon koko ketjun aina kaivoksilta tuotteisiin – malmista metalliksi.

Outokumpu Zinc on suuri eurooppalainen kaivostuottaja,

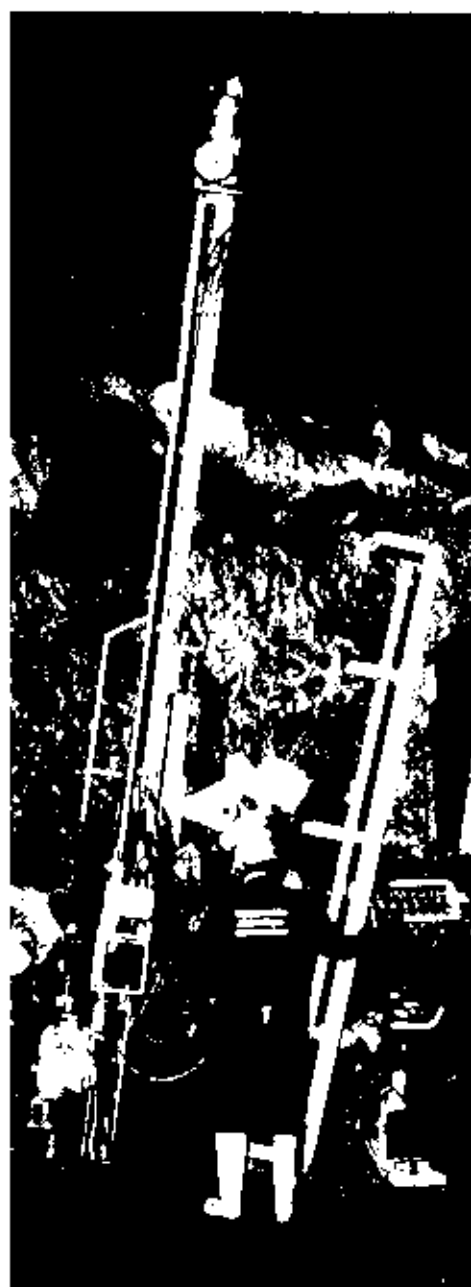
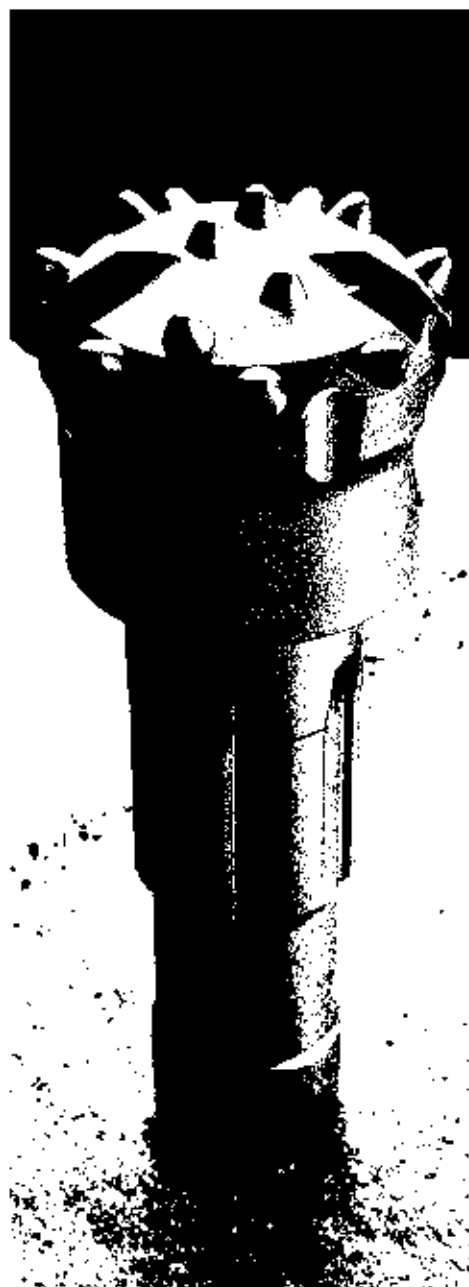
jonka Irlannissa sijaitseva sinkki-lyijykaivos Tara on maanosan suurin. Kokkolan sinkkitehdas tuottaa vuosittain 170.000 tonnia sinkkiä eli noin kolme prosenttia läntisen maailman tuotannosta.

Tuotettu sinkki on vaativaa

Special High Grade -laatua, puhdasta 99,995 % sinkkiä. Valtaosa käytetään terästen kuumasinkitykseen estämään korroosiota. Tekniikan ja tarpeiden kehittyessä sinkki saa alati uusia käyttökohteita.

 **outokumpu zinc**

TIEDOTUS: Rihitontuntie 7 A, PL 87, 02201 ESPOO
Puh. (90) 421 3265, Telefax (90) 452 2273, Telex 126004 omt sf



SUUNNITELTU JA TESTATTU TYÖSKENTELEMÄÄN SINULLE

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

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

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

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

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

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

Atlas Copco
**ROCK
TOOLS**

KALLIOPORAKALUSTEN KOKONAISTEKNIIKKA

Atlas Copco Louhinta ja rakennustekniikka
02430 Masala, Puh. 90-296 442, Fax 90-296 4218

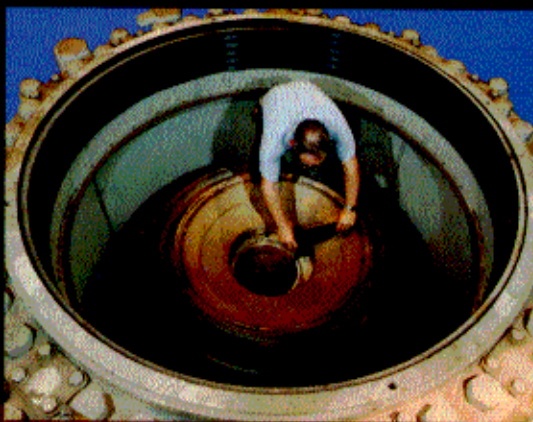
You're never far from a local Nordberg Group team



In today's world of mergers and acquisitions, does anyone consider the customer? The Nordberg Group does, by bringing together the three world powers in the manufacture and supply of aggregate processing equipment that will benefit you most.

Whether your business is multi-national, national or local; large, medium or small, and whether you know the products by the Lokomo, Bergeaud or Nordberg name, you are never far from a local Nordberg Group team. They can offer you the broadest range of aggregate equipment. Everything in the crushing circuit — primary, secondary, tertiary and fine crushing, feeding, screening, conveying and stacking. Products and the engineering resources available to solve any problem.

All Nordberg Group companies have outstanding reputations in the aggregate industry that go back many years. Today, all these companies work for the future of the customer through the design and production of top quality equipment and innovative solutions to customer's needs.



Combined they bring the customer well established sales and service organizations with representation covering all major countries throughout the world.

The Nordberg Group unites companies dedicated solely to the business of crushing. Those that have always been and always will be the professionals, that will keep you on the leading edge of aggregate process technology.

For more information on the Nordberg Group, contact:

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

Nordberg Americas, U.S.A.;
Nordberg International, U.K.;
Lokomo Oy, Finland
Bergeaud S.A., France

Subsidiaries in Norway, Sweden, West Germany, Spain, Italy, Portugal, Canada, Brazil, Chile and Singapore.

Serving customers worldwide

Nordberg
GROUP

TM



KALKKI ON LUONNON OMA LÄÄKE HAPPOSÄDEVAHINKOIHIN

Luonnolla on uskomaton kyky toipua ja lääkitä itseään. Kovin nopeisiin ja voimakkaisiin muutoksiin, kuten esimerkiksi happosateiden vaikutuksiin, se ei kuitenkaan ehdi ja jaksaa reagoida.

Onneksi apua on saatavilla: luonnosta löydetty kalkki



Partekin toimittamaa kalkkia käytetään Suomessa sekä muualla Skandinaviassa korjaamaan happosateiden vesistöille aiheuttamia vaurioita.

on osoittautunut hyväksi lääkkeeksi vesistöille.

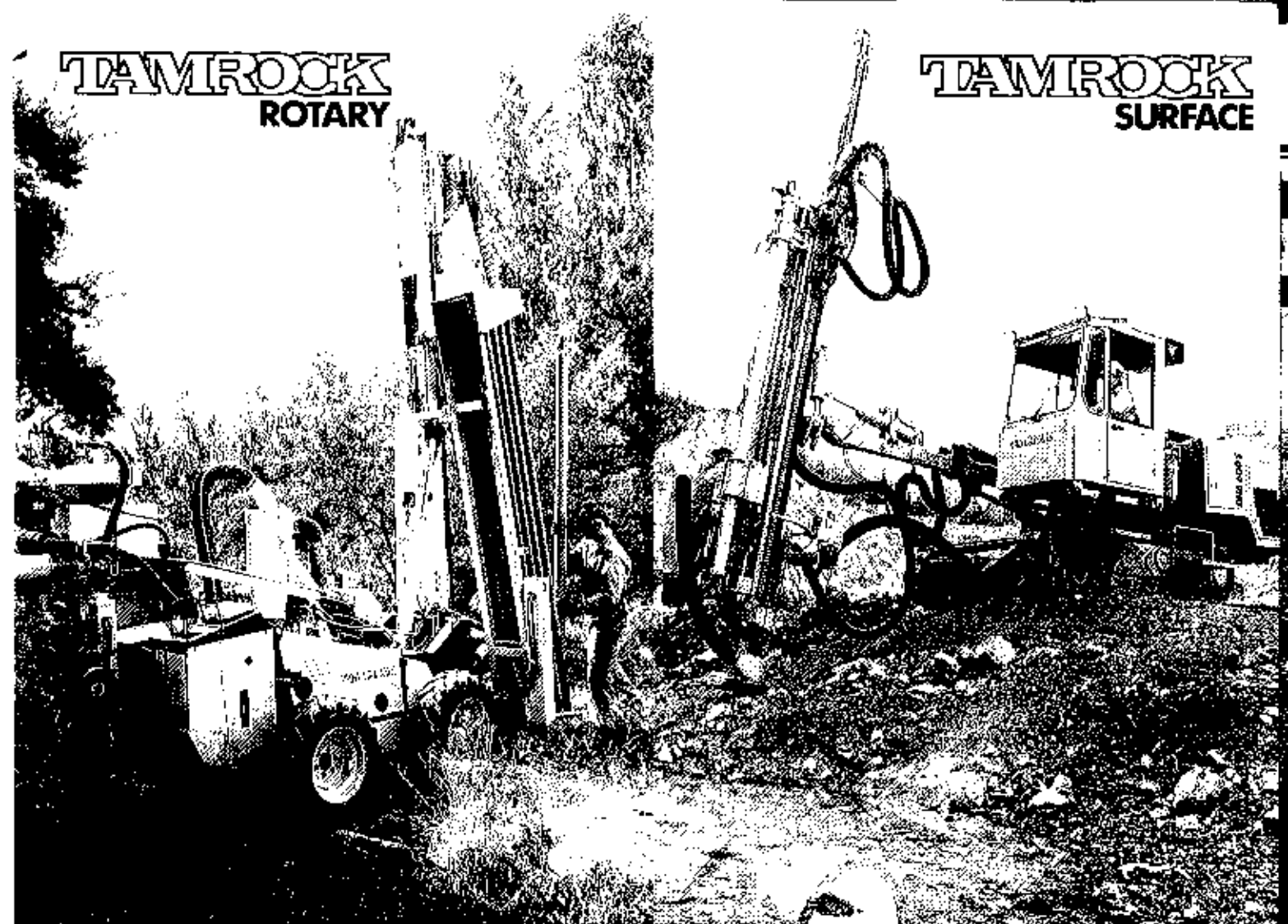
Partek Perusmateriaalit tuottaa maanparannusaineita ja mineraaleja teollisuudelle, maataloudelle ja ympäristönhuoltoon sekä sementtiä ja betonin lisäaineita rakennusteollisuudelle.

partek

Partek on rakennusmateriaalien sekä lastinkäsittelylaitteisiin erikoistunut yritys, jonka liikevaihto on 9 miljardia markkaa. Partekilaisia on noin 15 000 yli 20 maassa

TAMROCK
ROTARY

TAMROCK
SURFACE



TAMROCK
UNDERGROUND

TAMROCK
LOADERS

Osaavat ihmiset vievät terästä pidemmälle.



Rautaruukki on Suomen johtava, kansainvälisesti menestyvä teräs-yritys.

Kehittyvä ja kansainvälistyvä Rautaruukki tarjoaa osaaville ihmisille mielenkiintoisia ja haastavia työpaikkoja sekä hyvät urakehityksen mahdollisuudet.

Rautaruukin toiminnan laajeneminen edellyttää henkilöstöltä monipuolisia tietoja ja taitoja sekä kykyä toimia ja palvella asiakkaita yhtä hyvin kotimaassa kuin ulkomailla. Rautaruukin vahva yrityskulttuuri luo edellytykset sekä tehokkaalle yhteistyölle että onnistuneille yksilösuorituksille.

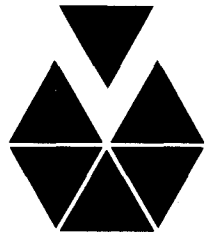
AVAITIEDOT 1989

Liikevaihto	6300 milj. markkaa
Viennin ja ulkomaan-toimintojen osuus liikevaihdosta	53 %
Terästuotanto	2,5 milj. tonnia
Henkilöstö	9600

 **RAUTARUUKKI**

TERÄS RAKENTAA TULEVAISUUTTA

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1990
48. vuosikerta

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

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

VUORITEOLLISUUS — BERGSHANTERINGEN:

Päätoimittaja — Editor-in- Chief:

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

Toimittaja — Editor:

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

Toimitussihteeri ja ilmoituspäällikkö —
Managing Editor and Advertising Sales
Director:

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

Toimitusneuvosto — Editorial Board:

DI Matti Palperi, pj. 90-6162 415
Ovako Oy Ab
Bulevardi 7
00120 Helsinki

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

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

FM Marjatta Virkkunen 90-4693 387
Geologian tutkimuskeskus
02150 Espoo

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

Ilmoitushinnat vuodelle 1991

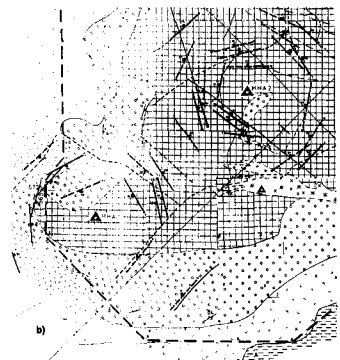
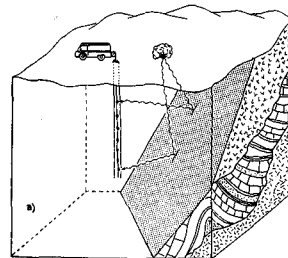
II ja III kansi = 4.830,-	1/2-sivu = 2.760,-
takakansi = 5.570,-	1/4-sivu = 1.640,-
1/1-sivu = 4.090,-	Lisäväri/kpl = 1.500,-

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

Vuosikerta = 95,- ◇ ulkomaille = 130,-
Irttonumero = 60,- ◇ ulkomaille = 70,-

SISÄLTÖ ■ INNEHÅLL

Pekka Särkkä, Maria Puhakka: Maakaasun kalliosyvävaraston kenttätutkimukset	85
Pertti Heikkilä: Kalliomurskeiden laatu ja sen parantaminen.	
Osa II: Laadun parantaminen	93
Veli Suominen: Kiviainestutkimukset Geologian tutkimuskeskuksessa	100
Jan af Geijerstam, Robert Lilljeqvist: Yhdistyneiden Kansakuntien luonnonvarain tutkimussäätiö	102
Arimo Lankila: Uudet lujat kuumasinkityt teräsohutelevyt	106
Antero Jokinen: Isostaattinen kuumapuristus (HIP) ja sen sovellutukset	110
Kari Heiskanen: Rikastus- ja prosessimiehet Kuolassa	113
In Memoriam	115
Uusia jäseniä — Nya medlemmar	115
Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna	116
Suoritettuja tutkintoja — Avlagda examina	116
Kirjautuus; Matti H. Tikkanen: Helppoa termodynamiikka — Prosessimetallurgeille ja kemisteille	117
Pekka Taskinen: Kirja-arvostelu	118



Kansikuva: Maakaasun kalliosyvävarastoinnin suunnittelua.
Cover: Plan of a deep rock storage for natural gas.

VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUS
16.3.1990

DI, KTK Pertti Voutilainen 90-4211
puheenjohtaja
Outokumpu Oy
PL 280
02101 ESPOO

Prof. Raimo Matikainen 90-4511
varapuheenjohtaja
Teknillinen korkeakoulu
Materiaali- ja kalliotekniiikan laitos
Vuorimiehentie 2
02150 ESPOO

DI Veijo Vartiainen 931-2414111
Oy Tampella Ab
Tamrock
PL 279
33101 TAMPERE

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

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

Prof. Heikki Papunen 921-6335480
Turun Yliopisto
Geologian laitos
20500 TURKU

Johtaja Raimo Rantanen 939-358111
Outokumpu Harjavalta Metals Oy
29200 HARJAVALTA

Johtaja Jan Owren 912-4511
Oy Lohja Ab
08700 VIRKKALA

DI Lauri Siirama 971-400111
Kemira Oy
Siilinjärven tehtaat ja kaivos
PL 20
71801 SIILINJÄRVI

DI Ismo Suominen 916-24480
Kartanonatie 6 A
30100 FORSSA 10

DI Timo Vanttilä 973-5561
Outokumpu Mining Services
83500 OUTOKUMPU

Yhdistyksen sihteeri:
I DI Erkki Pimiä 90-4211
Outokumpu Mining Oy Fax 90-4522273
PL 87
02201 ESPOO

II DI Martti Järvenpää 917-1502528
Rautaruukki Oy Fax 917-1502355
Ohutlevyryhmä
13300 HÄMEENLINNA

Yhdistyksen rahastonhoitaja:
LuK Marjatta Parkkinen 90-4212442
Outokumpu Oy Fax 90-4213888
PL 280
02101 ESPOO

Geologijaosto
FL Elias Ekdahl, puh.joht. 971-205111
Geologian tutkimuskeskus
PL 1237
70701 KUOPIO

FK Sirkku Halonen, siht. 90-46931
Geologian tutkimuskeskus
Betonimiehenkuja 4
02150 ESPOO

Kaivosjaosto
DI Kimmo Kekki, puh.joht. 957-254151
Ruskealan Marmori Oy
57100 SAVONLINNA

DI, KTM Antti Pihko, siht. 957-381371
Outokumpu Finmmines Oy
Enonkosken kaivos
58160 KARVILA

Metallurgijaosto
DI Matti Ketolainen, puh.joht. 982-302434
Rautaruukki Oy
Raahen terästehdas
PL 93
92101 RAAHE

Ins. Eero Parviainen, siht. 982-302355
Rautaruukki Oy
Raahen terästehdas
PL 93
92101 RAAHE

Rikastus- ja prosessitekniiikan jaosto
Prof. Kari Heiskanen, puh.joht. 90-4512789
Teknillinen korkeakoulu
Mineraali- ja kalliotekniiikan laboratorio
Vuorimiehentie 2
02150 ESPOO

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

Tutkimusvaltuuskunta
Johtaja Tom Bröckl, puh.joht. 921-742111
Oy Partek Ab
21600 PARAINEN

Geologinen toimikunta:
Prof. Heikki Niini, puh.joht. 90-4511
Teknillinen korkeakoulu
Materiaali- ja kalliotekniiikan laitos
02150 ESPOO

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

Rikastusteknillinen toimikunta:
DI Jarmo Aaltonen, puh.joht. 971-400111
Kemira Oy
Siilinjärven tehtaat ja kaivos
PL 20
71801 SIILINJÄRVI

Tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien
sihteeri:
FT Jyrki Parkkinen 90-46931
Geologian tutkimuskeskus Fax 90-462205
Betonimiehenkuja 4
02150 ESPOO

Maakaasun kalliosyvävaraston kenttätutkimukset

TkT Pekka Särkkä, Neste Oy Maakaasu, Espoo
DI Maria Puhakka, Oy Tampella Ab Tamrock, Tampere

Neste Oy on tuonut maakaasua Neuvostoliitosta Suomeen vuodesta 1974 lähtien. Maakaasun kulutus lähti voimakkaaseen kasvuun 1980-luvun puolivälissä (kuva 1). Vuonna 1989 maakaasulla tuotettiin noin 6 % Suomen energiatarpeesta, kaakkois-Suomessa paikallisesti yli 30 %.

Viime vuosien aikana Neste on selvittänyt eri mahdollisuuksia maakaasun toimitusten varmistamiseksi /1/. Keväällä 1989 selvitykset johtivat toimeksiantoon valmistella suunnitelma maakaasun kalliosyvävarastosta, jonka aktiivitelavuus olisi 100 miljoonaa m³ kaasua ja sijoitusvyvyys 800–900 m.

Toimeksiantoa edelsi selvitys kalliosyvävaraston sijoittamiseen soveltuvista kallioalueista /2/. Varsinaisen toimeksiannon ensimmäinen vaihe käsitti näistä alueista parhaimpien tutkimukset riittävien kallioteknisten lähtötietojen saamiseksi itse varastosuunnittelua varten.

SIJOITUSPAIKKASELVITYS

Varaston sijoitusalue rajattiin enintään 20 kilometrin päähän runkoputkesta. Etsittävien kalliolohkojen minimikoko oli 2 · 2 km², koska alueelle haluttiin 300–500 Mm³ lisävarastovarausta. Kiven

puristumurtolujuuden alarajaksi oli asetettu 150 MPa ja vedenjohdavuuden ylärajaksi 10⁻⁹ m/s. Paikan valinnassa tuli lisäksi huomioida varaston rakentamisvaiheessa syntyvän kivimurskeen sijoitus sekä vedenottomahdollisuudet.

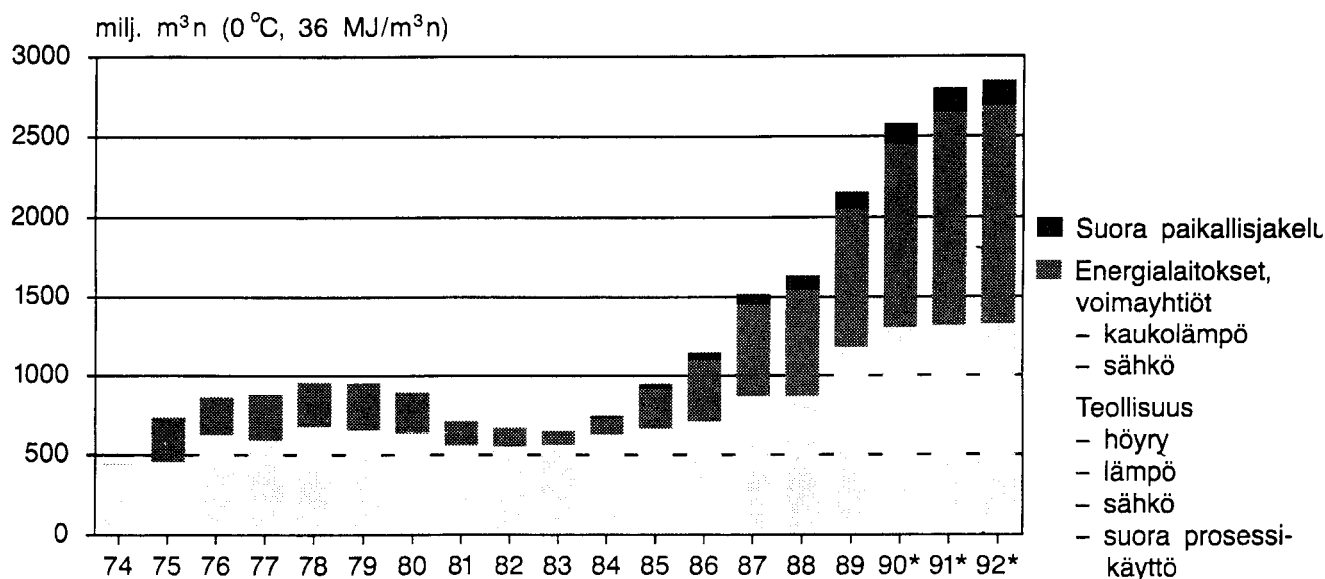
Tutkimusmenetelminä /2/ käytettiin kartta- ja kuvatulintoja kallioperän ruhje- ja lohkovyöhykkeistä sekä maastotöitä. Ruhjevöhykkeet jaettiin voimakkuudeltaan neljään luokkaan. Varaston mahdollisiksi sijoitusalueiksi valittiin näistä kolmeen ensimmäiseen luokkaan kuuluvien ruhjeiden rajaamat riittävän suuret alueet, joiden sisällä ei esiinny IV luokan rakoja.

Tällaisia kalliolohkoja löytyi 66, joista 34:llä parhaalla suoritettiin maastotutkimuksia. Valittujen 34:n lohkon vertailussa arvioitiin lohkojen kokoa, topografiaa, ruhjeisuutta, rakoilua, paljastuneisuutta sekä etäisyyttä putkesta.

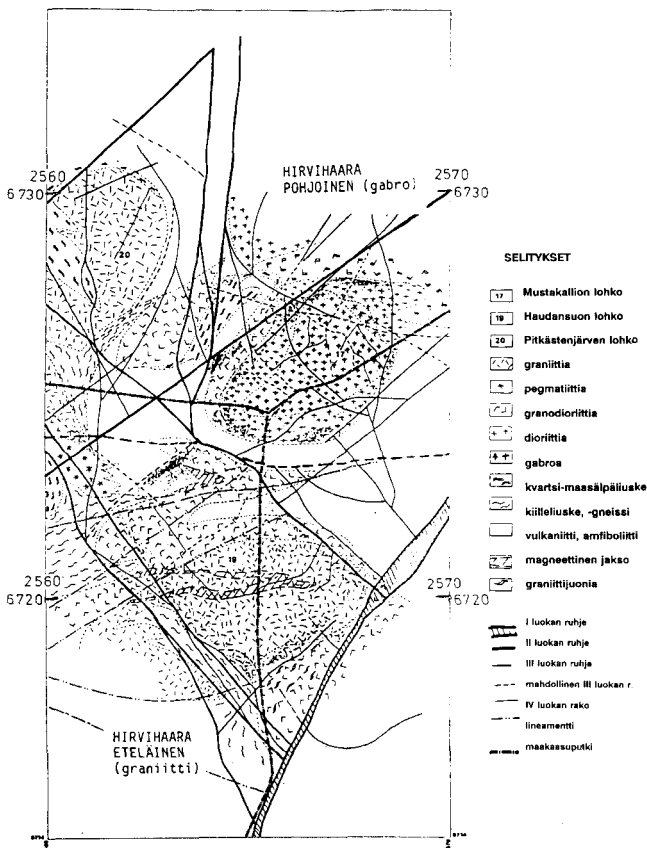
Lopullisessa arvioinnissa painottui erityisesti löydettyjen kalliolohkojen sijainti. Jatkotutkittaviksi esitettiin:

Mäntsälä : Haudansuo, Mustakallio
Kouvola : Raitvierinen
Kerava : —

sekä painopistealueiden ulkopuolelta Sudenkuopanmäkeä ja Suorvenmäkeä.



Kuva 1. Maakaasun käyttö (-ennuste) 1974–1992.
Fig. 1. The use (prognose) of natural gas in 1974–1992.



Kuva 2. Hirvihaaran tutkimusalueiden geologia.
Fig. 2. The geology of Hirvihaara N and S.

Näistä alueista valittiin ensimmäisten aluetutkimusten kohteiksi Haudansuo ja Mustakallio (kuva 2), joita alettiin kutsua työnimillä Hirvihaara S ja N (eteläinen ja pohjoinen).

ALUETUTKIMUKSET

Pohjoisen alueen geologia

Pohjoisen tutkimusalueen pinta-ala on 9 km². Se vaihtelee topografialtaan suurimman korkeuseron ollessa n. 30 m. Alueelta löytyy runsaasti paljastumia, joiden välissä on paksun maapeitteen omaavia laaksoja.

Alueen pääkivilaji on gabro. Se vaihtuu vähitellen dioritiiksi ja kvartsidioritiiksi, granodioritiin esiintyessä alueen reunoilla. Kiviaines on homogeenista, mutta gabromassiivia leikkaavat useat pegmatiittijuonet. Juonien leveydet vaihtelevat alle sentistä kymmeneen metriin. Valtaosa juonista on itä-länsisuuntaisia ja pystyasentoisia.

Päärakosuuntia selvitetiin jakamalla tutkimusalue kymmeneen osa-alueeseen ja piirtämällä jokaisesta alueesta suuntaruusut raoilte. Tutkimusalueen keskimääräinen rakotiehyys oli 1.2 rako/m, vaihteluväli 0.2–3.0 rako/m. Rakotiehyysvaihtelut olivat alueella vähäisiä.

Pegmatiittia lukuunottamatta kivilajit ovat hieman suuntautuneita. Liuskeisuus on suurimmaksi osaksi pystyä tai pystyhyköä, sen kulkusuunta vaihtuu länsiosan koillis-lounaissuunnasta pohjois-eteläsuuntaan ja takaisin muodostaen kaartuvan rakenteen.

Eteläisen alueen geologia

Eteläisen tutkimusalueen pinta-ala on 17 km². Topografialtaan alue on tasaista korkeimman kohdan poiketessa 30 metriä muusta maastosta. Pohjoisosastaan alue on hyvin paljastunut ja avokallioita on

myös eteläosissa. Keskiosaa peittää huuhtoutunut moreeni, jossa on koillis-lounaissuuntaisia jääkauden muovaamia selänteitä.

Tutkimusalueella on pintakivilajeja, kuten kiillegneissejä ja vulkaniitteja, sulkeumina pääkivilajeissa granodioritiissa ja graniitissa. Viimeksi mainittu lävistää kaikkia muita alueen kivilajeja.

Myös eteläisellä alueella suoritettiin rakosuuntien kartoitus kivilajeittain. Vallitseva tyyppi on kiilarakoiu, jossa kaksi selvempää rakosuuntaa leikkaa toisensa n. 20°–60° kulmassa.

Granodioritiista mitattiin havaittujen rakojen tiheydeksi 1.5 rako/m. Vastaava luku graniitin ja amfiboliitin kohdalla on 1.7 rako/m. Suurimmat yksittäiset rakotiehydet olivat graniitilla 7.3 /m, granodioritiilla 4.9 /m ja amfiboliitilla 3.1 /m.

Kivilajit ovat suuntautuneita graniittia lukuunottamatta. Liuskeisuuden kulku on itä-länsisuuntainen ja kaateet jyrkkiä.

Pintakairaukset

POKA-kairauksen tarkoituksena oli kartoittaa kivilajien jatkuvuutta alueilla, joilla ei ollut kalliopaljastumia. Kohdissa, missä maapeite oli niin paksu ettei sitä kyetty poraamalla lävistämään, voitiin epäillä sijaitsevan ruhjeita. Tällaisia tuli työssä vastaan kaksi kappaletta.

Kaikki kolmekymmentä reikää kairattiin pystysuoraan. Maapeitteen paksuus oli keskimäärin 5.9 m, vaihtelu 1.2–16.0 m. Kalliota lävistettiin keskimäärin 10.6 m jokaisella reiällä. Neljältä pisteeltä ei onnistuttu saamaan näytettä lainkaan.

Suurin osa saaduista näytteistä edusti rapautumatonta kiveä (Rp0). Muutamissa näytteissä pintaosa oli rapautuneempi (Rp1). Rikkonaista (Ri III) kalliota tavattiin kymmenessä kohdassa.

Atmogeokemia

Koeluontoisesti myös atmogeokemiallisia tutkimuksia (MFE) käytettiin apuna. Niiden tarkoituksena oli kartoittaa syvältä pintaan ulottuvia ruhjeita, joita pitkin jotkut alkuaineet voivat, todennäköisesti molekyylimuodossa, kulkeutua jopa useita kilometrejä.

Maastossa liikuteltava laitteisto käsittää näytteenottopään, pöly- ja aerosolisuodattimen, absorptiolaitteiston, kontrollipöydän ja sähköpumpun. Itse näytteenotto tapahtuu imemällä laitteiston läpi 30 l ilmaa noin 70 cm:n korkeudelta maan pinnasta. Ilma johdetaan absorbanttiin läpi, jolloin siinä olleet metallimolekyylit jäävät liuokseen. Kiinni saaduista molekyyleistä mitataan lopuksi K-, Ca ja Zn-konsentraatiot atomiabsorptiospektrometrillä.

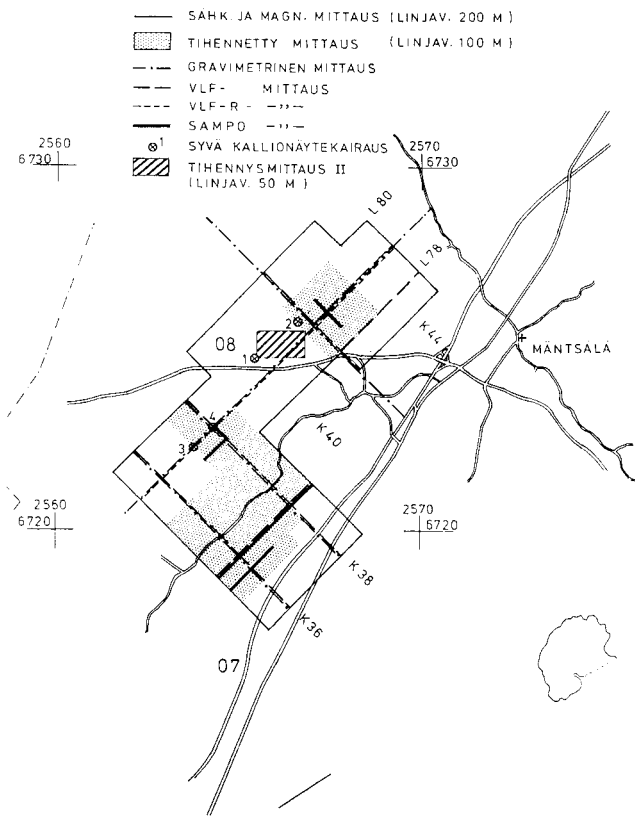
Geofysikaaliset maastomittaukset

Geofysikaalisten maastomittauksien (kuva 3) tarkoituksena oli kartoittaa alueiden kallioperän suurimmat ruhjeet ja rajata ehjät lohkot. Molemmat tutkimusalueet katettiin Slingram-mittauksilla. Käytetty taajuus oli 14 kHz ja kelaväli 60 m.

Magnetometraus suoritettiin Slingram-mittausten kanssa samanaikaisesti. Osalla Hirvihaaran aluetta tehtiin myös tihennysmittauksia 100 m välein. Erityisen tiheä pelkkä magneettinen mittaus 10 m pistevälein ja 50 m linjavälein suoritettiin syväkairausreikien MHA-1 ja MHA-2 välisellä alueella tiettyjen pegmatiittijuonien jatkeiden selvittämiseksi.

Alueella suoritettiin mittauksia myös VLF- (very low frequency) menetelmällä. Lähetinasemana käytettiin Norjassa sijaitsevaa, 16.4 kHz:n taajuutta käyttävää radioasemaa. VLF-mittausten pisteväli oli 20 m. Niitä suoritettiin kuudella erillisprofiililla sekä VLF-R-mittauksia yhdellä profiililla.

Kallioperän syvempiä osia pyrittiin kartoittamaan sähkömagneettisella monitaajuus-Slingramilla (SAMPO). Luotettavia tuloksia saatiin aina 1000 m kelaväliin asti, jolloin myös syvyysulottuvuus oli noin 1000 m. SAMPO-luotauksia tehtiin viidellä profiililla 100–200 m pisteväleillä. Lisäksi 10 luotausta tehtiin irtomaan johtavuuden selvittämiseksi.



Kuva 3. Geofysikaaliset maastomittaukset.
Fig. 3. Geophysical field surveys.

Alueen painovoimaprofiilit mitattiin WORDEN-gravimetrilla. Painovoimaprofiileja mitattiin ensin neljä erillistä 20 m pistevälillä sekä lisätilauksesta vielä systemaattisesti 50 m linjavälillä pegmaattijounten paikantamiseksi.

Seisminen refraktioliuotus

Refraktioliuotauksella selvitettiin pienen syvyyden rajapintoja, kuten maapeitteen paksuutta. Kokemusperäinen tarkkuus menetelmälle on ± 1 m, kun maapeitteen paksuus on alle 10 m ja ± 10 % kun maapeitteen paksuus on yli 10 m.

Homogeeniset olosuhteet parantavat tulostarkkuutta, epäjatkuvuuskohdat, kuten kallioperän painanteet ja maalajien vaihtelut, heikentävät sitä. Tulosten tulkinnat jaettiin neljään luotettavuusluokkaan (A–D), joista A-luokka edustaa parasta mahdollista laskenta-aineistoa ja luokassa D taas on ollut erittäin paljon häiriötekijöitä.

Seisminen reflektioliuotus

Menetelmällä selvitettiin kallioperän horisontaalisia heikkousvyöhykkeitä ja ruhjeiden kaateita. Reflektioliuotuksen syvyysulottuvuus oli noin 1000 m, joskin tutkimuksen pääpaino asetettiin syvyysvälille 600–800 m.

Linjojen paikkoja sekä pituuksia jouduttiin muuttamaan maastossa, kun osassa ennalta valittuja linjoja paksu maakerros peitti kallioperää. Geofonien sijoittaminen irtomaahan heikensi erotuskykyä. Yhdelläkään linjalla heijastusaaltoa ei voitu rekisteröidä kaikilla linjan geofoneilla.

Tulkinnassa heijastuspintojen oletettiin olevan luotauslinjan alla. Tämä saattaa aiheuttaa virheitä pinnan kaltevuuteen ja syvyyteen. Pisimmät saadut heijastukset erottuvat 80–90 m matkalla, jolloin heijastuspinta on todennäköisesti <50 m pitkä.

REIKÄTUTKIMUKSET

Aluetutkimusten jälkeen valittiin tutkittujen lohkojen sisältä kaasun varastointiin parhaiten soveltuvia alueita viisi kappaletta. Näistä kaksi sijaitsee pohjoisessa ja kolme eteläisessä lohossa. Kahdella näistä päätettiin jatkaa reikä tutkimuksilla, ts. syväkairauksella, saatujen kairasydänten analysoinnilla ja kairanrei'issä tehtävillä geofysikaalisilla ja kalliomekaanisilla tutkimuksilla.

Syväkairaukset

Molemmilla alueilla kairattiin kaksi syväreikää, toinen pystysuora (mahdollinen kuilun sijaintipaikka) ja toinen hieman kalteva, varastosyvyydelle yltävä reikä.

Sydännäytteet kairattiin $\varnothing 56$ mm:n teräkoolla, jolloin itse näytteen halkaisija oli 42 mm. Poikkeuksen muodosti reiän MHA-3 loppuosan kairaus, jossa jouduttiin käyttämään ruhjeen johdosta suoja putkia ja sydännäytteen halkaisija pieneni 32 mm:iin. Kairasydämet raportoitiin geologisesti (kuva 4 seuraavalla sivulla) ja valokuvattiin. Rei'issä suoritettiin lisäksi vesimenekikokeet sekä sivusuunta- ja taipumamittaukset.

Rei'illä MHA-2 ja MHA-4 otettiin suunnattuja näytteitä rakosuuntien selvittämiseksi. Kallion rikkonaisista kohdista putoilleet kivenpalaset estivät paikoitellen suuntausjäljen jäämisen näytteeseen. Osa jäljistä jouduttiin myös hylkäämään epätarkkuuden vuoksi.

Merkittäviä voimakkaammin rapautuneita kohtia tavattiin eteläisellä alueella yhteensä kolme kappaletta. Reiällä MHA-3 jouduttiin laajan ruhjevöhykkeen takia kairaus lopettamaan suunniteltua aikaisemmin. Ruhje alkaa syvyydessä 489 metriä ja päättyy syvyydessä 561 metriä. Molemmilla puolilla sitä lävistettiin 0.5–1.0 metrin savikerros. Reiän MHA-4 kaksi vyöhykettä sisälsivät ns. korppukiveä, jossa osa mineraaleista on liennut pois ja jäljelle on jäänyt tyhjiä onkaloita.

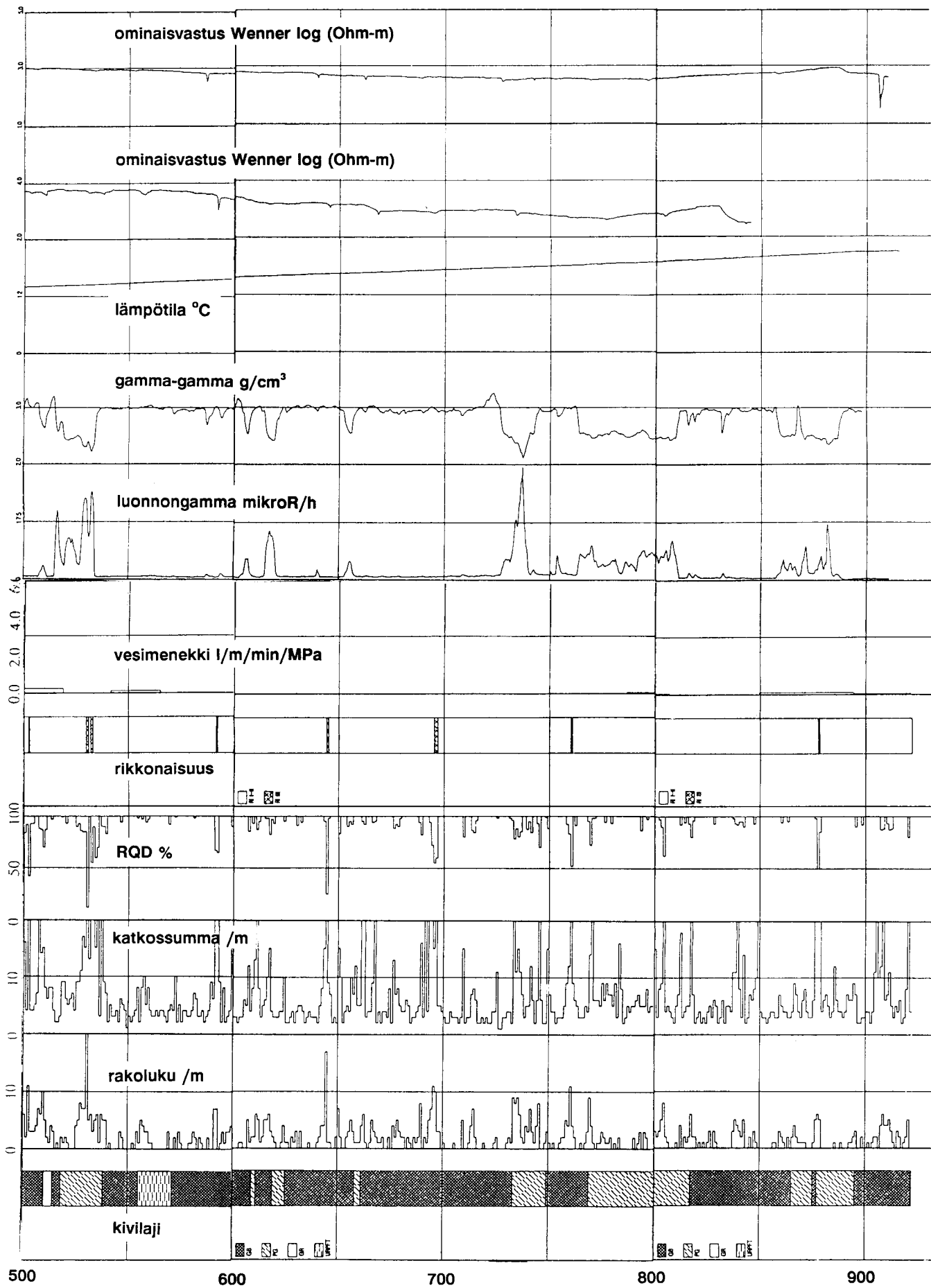
Geofysikaaliset reikämittaukset

Valmistuneissa kairanrei'issä mitattiin veden ominaisvastus, veden lämpötila, kallion ominaisvastus, gammasäteily (luonnon radioaktiivisuus) sekä sen takaisinsironta (tiheys) (kuva 4). Reikä MHA-3 oli osittain sähköisesti eristetty siinä olevan suoja putken takia ja lisäksi alaosaan pelättiin sortuvan, joten mittauksia ei siinä suoritettu. Gamma-gamma-mittaus ei onnistunut reiän MHA-1 lopussa tukkoisuuden vuoksi.

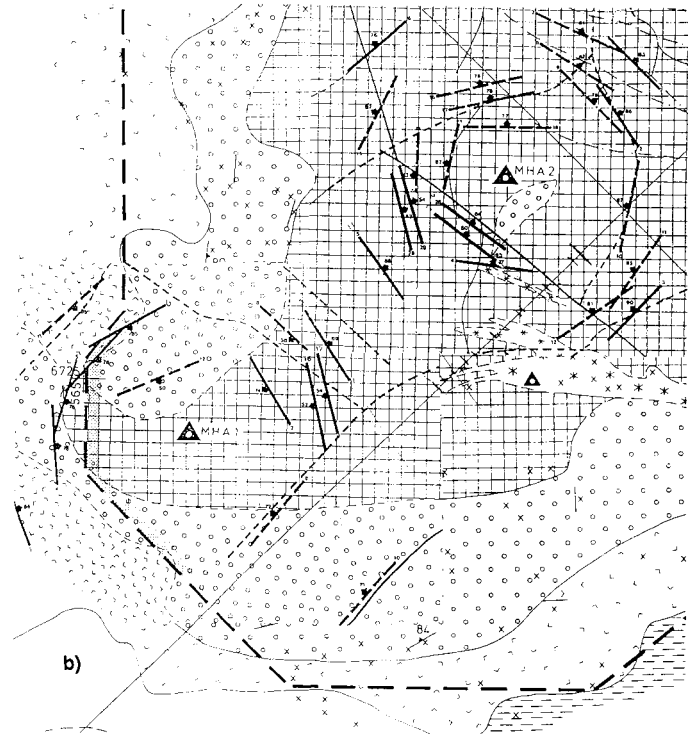
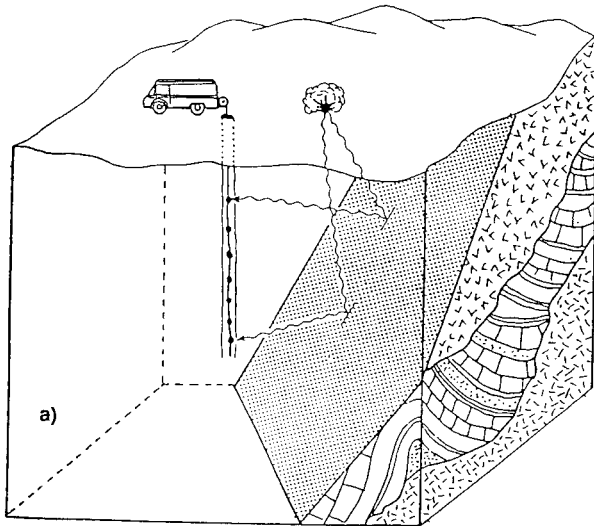
Veden ominaisvastus mitattiin fokusoivalla Wenner-menetelmällä, jossa reikään laskettavat elektrodit ovat muoviputken sisällä 4 cm:n välein. Kallioperän ominaisvastuksen mittaukseen käytettiin suuremman elektrodivälin omaavaa Wenner-järjestelmää. Menetelmä perustuu sähköjohtavuuden vaihteluun kalliiossa ja raoisissa, jotka vesitäyteisinä näkyvät tuloksissa ominaisvastusminimeinä. Kallion ominaisvastus saadaan n. 25 cm säteeltä. Kalliiossa tavattu suolapitoinen vesi alensi ominaisvastusta ja vaimensi aiheutuneita muutoksia.

Luonnon radioaktiivisuuden mittaukseen käytettiin tuikelaskinta 1. skintillometriä. Siinä ilmaisimeen saapuva gammakvantti saa NaJ-kiteen elektroniin osuessaan aikaan jännitepulssin. Luonnon gammasäteily riippuu kivilajeissa esiintyvien radioaktiivisten mineraalien määrästä. Kivilajikontaktit ovat siten usein havaittavissa gammasäteilyn muutoksina.

Tiheyden mittauksessa käytettiin gamma-anturia, joka on varustettu Cs¹³⁷ säteilylähteellä. Laitteella mitataan keinoitekoisesti luodun säteilyn takaisinsirontaa kallioperästä. Yleisten rakenneominaisuuksien lisäksi voidaan sironnan intensiteetistä arvioida myös kallion huokoisuutta ja koostumusta. Mikäli reiän sisällä on laajentumia, ne näkyvät alentuneina tiheyksinä keskimääräisen tiheyden muuttuessa.



Kuva 4. Reikämittaustulostus. MHA-2 alaosa.
Fig. 4. Drill hole survey report. Lower part of MHA-2.



Kuva 5. Seisminen pystyluotaus. a) menetelmä, b) tulostus.
Fig. 5. Vertical seismic profiling. a) method, b) results.

Seismiset reikämittaukset

Kairanrei'issä suoritettiin myös VSP-luotausta (Vertical Seismic Profiling). Kairanreikään lasketaan ketju hydrofoneja ja pieni dynamiittipanos räjäytetään kallion pinnassa värinäaallon synnyttämiseksi. Mikäli kallioperässä on rakoja tai teräviä kivilajirajoja, aalto heijastuu ja voidaan rekisteröidä hydrofoneilla (kuva 5a).

Kunkin kairareian ympärille oli porattu kahdeksan matalaa vesitäytteistä reikää 250 metrin päähän räjäytyspanoksia varten. Profiileja saatiin siten kahdeksan jokaista reikää kohden.

VSP-mittauksen tuloksina saatiin reflektoreille kaade, kaateen kulku sekä suhteellinen voimakkuus (kuva 5b). Lisäksi voitiin määrittää kohta, jossa heijastepinta leikkaa kairanreian.

Tulkinnassa on luokiteltu vain sellaiset melko jyrkät reflektorit, jotka puhkeavat pintaan tutkimusalueen sisäpuolella. Näin ollen loivimmatkin esitetyt heijasteet ovat kaateeltaan vähintään 50°.

Jännitystilamittaukset

Rei'issä MHA-2 ja MHA-4 suoritettiin jännitystilamittauksia hydraulisella murtamisella. Kairareistä eristettiin tulpilla 0.6 m mittausvyöhyke, johon pumpattiin vettä. Vedenpaineen ylittäessä kiven vetolujuuden ja reiän tangentiaalijännitykset, rikkoutuu reiän seinämä. Syntyvää reiän suuntaista halkeamaa kutsutaan hydrauliraoksi.

Hydraulirako syntyy kiven antaessa periksi vähimmän vastuksen suunnassa, ts. tasossa, joka on kohtisuorassa pienintä pääjännitystä vastaan. Mittaamalla syntyneiden rakojen suunta kompassin ja jälkitulpan avulla saadaan selville pääjännitysten suunta. Pystyreissä saatujen tulosten voidaan olettaa vastaavan vaakatason minimi- ja maksimipääjännityksiä.

Reiän seinämän murtuminen havaitaan hydraulipaineen äkillisenä laskuna. Tällöin veden pumppaus lopetetaan ja paine reiässä asettuu arvoon, jolla rako sulkeutuu. Tämän jälkeen reikään pumpataan uudelleen vettä kunnes rako jälleen avautuu. Raon syntymisen ja uudelleen avautumisen välinen erotus edustaa kiven vetomurtolujuutta.

Koesarjoissa käytetyillä laitteistolla voidaan suorittaa mittauksia aina 1000 metrin syvyydelle asti. Murtamiseen käytetyn pumppaussysteemin maksimipaine on 100 MPa. Laitteisto on kiinteästi asennettu kuorma-auton lavalle siirtämisen helpottamiseksi.

Molemmilla rei'illä havaittiin suurimman pääjännityksen olevan melko tarkkaan itä-länsisuuntainen. Alueen pääjännitykset ovat hyvin korkeita (kuva 6 seuraavalla sivulla). Mittauskohta jouduttiin kolmasti hylkäämään koska kivi ei käytetyllä paineella murtunut.

Aikataulu muodosti erään ongelman laitteiston juutuessa mitta-reikään kiinni neljäksi päiväksi. Reiän murtuminen vaakatasossa aiheutti suurimmat vaikeudet tulostulkintaan. Myös erilaisia muita toistaiseksi selittämättömiä murtumismekanismeja havaittiin suoritetuissa kokeissa.

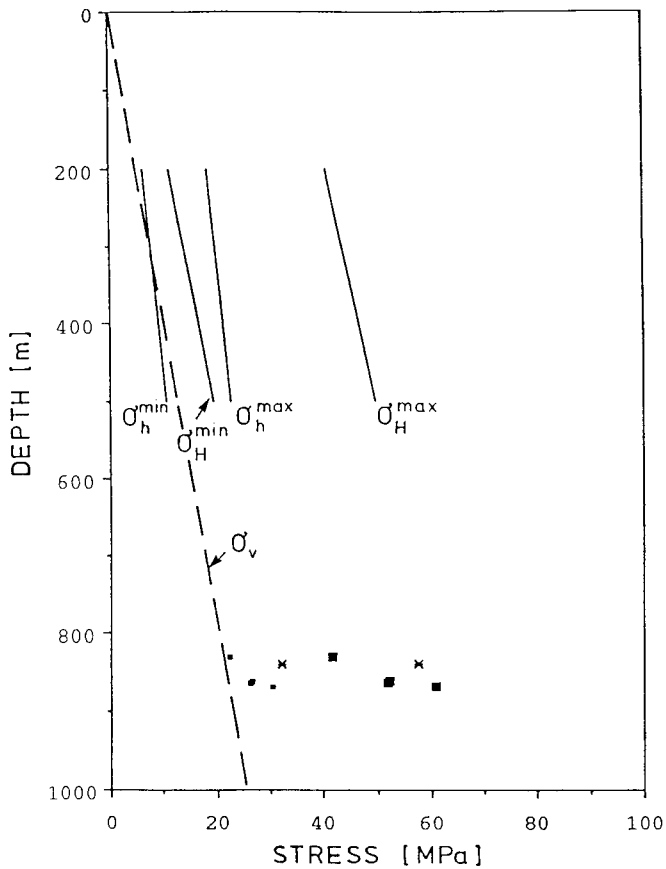
Kalliomekaaniset laboratoriokokeet

Näytekokeita suoritettiin kolmea eri tyyppiä. Yksiaksiaalisessa puristuskokeessa mitattiin siirtymäanturien avulla kiven muodonmuutosta puristuksen suunnassa. Kimmomoduli voitiin laskea, kun tiedettiin kuormituksen muutos. Kun mittaus oli suoritettu kaikista näytteistä, ne puristettiin murtumaan asti. Tällöin saatiin selville kyseisten kivilajien puristusmurtolujuus.

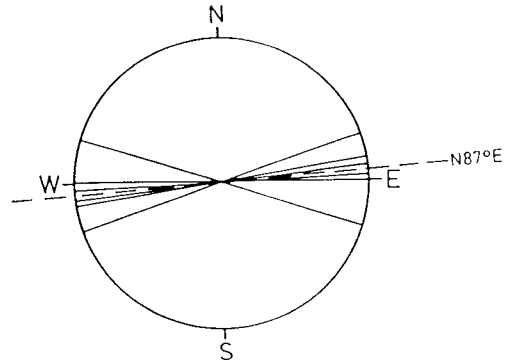
Brasilian kokeella mitattiin samoista kohdista otettujen näytekiekkojen avulla kivilajien epäsuoraa vetomurtolujuutta. Koe tapahtui puristamalla kiekkoa tietyn tyyppisten leukojen välissä kairasydämen akselitasossa.

Kolmantena koetyyppinä oli pistekuormituskoee, jolla mitattiin myös epäsuoraa vetomurtolujuutta. Näytteitä ei tarvinnut valmistella, jolloin kokeita voitiin suorittaa runsaasti. Saaduista pistekuormitusindekseistä voitiin arvioida myös puristusmurtolujuutta. Pistekuormituskoee suoritettiin 20 metrin välein syväkairauksesta saadulle näytemateriaalille.

Pohjoisella tutkimusalueella oli kimmomodulien keskiarvo 84 GPa ja eteläisellä 75 GPa. Puristusmurtolujuuksien keskiarvoksi rei'illä MHA-1 ja MHA-2 saatiin 228 MPa ja rei'illä MHA-3 sekä MHA-4 208 MPa.



Kuva 6. Kallion jännitystila.
Fig. 6. The state of stress in bedrock.



Kairasydännäytteistä laskettaessa saatiin rei'ille MHA-1, MHA-2 ja MHA-4 RQD-luvuksi 95 %. Reiän MHA-3 arvoa pudotti loppupäässä tavattu ruhje ja RQD-luvuksi tuli 85 %. Saatuja arvoja voidaan pitää alueita hyvin edustavina. RQD-luku on suurella osalla matkaa 100 % ja pienenee voimakkaasti pegmatiittijuonten kohdalla. Myös pintarakoilun vaikutus RQD-lukuun on havaittavissa jokaisen reiän kohdalla. Kallioperä on tyypillisesti hyvin harvarakoista.

Kalliomassalle arvioidut puristumurtolujuudet olivat pohjoisella alueella 173 MPa ja eteläisellä 126 MPa. Pohjoisen tutkimusalueen kallioperä on hieman kovempaa ja vähemmän rakoillutta kuin eteläisen alueen.

ALUEIDEN MALLINTAMINEN

Horizontaalimalli perustuu pelkästään pintatutkimusten käsittelyyn, jolloin syvyysulottuvuus jää muutamiin kymmeniin metreihin. Vertikaalimallissa on käytetty hyväksi syvältä saatua informaatiota, jolloin vastaavasti vaakaulottuvuus on rajallista. Kallioperän kolmiulotteinen hahmottaminen tukeutuu näiden kahden mallin samanaikaiseen käsittelyyn [3].

Pohjoinen alue

Tarkasteltaessa painovoima- ja magneettisten mittausten tulkintakarttaa vasten pohjoisen alueen kivilajikarttaa, voidaan havaita reiän MHA-2 eteläpuolelle merkityn pegmatiittijuonten jatkuvan pidemmälle kuin pintahavainnot osoittavat. Vastaavasti reikien MHA-1 ja MHA-2 väliltä on löydetty kaksi selvää pegmatiittijuontta, joista on pinnassa tehty vain yksittäisiä havaintoja. Lisäksi alueella on muutama mahdollinen ruhje kyseisten tulkintojen mukaan.

Verrattaessa havaintoja alueelta tehtyihin suuntaruusuihin havaitaan pegmatiittijuonten olevan alueen lounaisosassa suurelta osin tarkalleen kolmannen pääarakosuunnan mukaisia, lähes itä-länsisuuntaisia. Kaakkoisosassa vastaavasti rakosuunta on enemmän kaakkois-luoteissuuntaista ja pegmatiittijuonet toisen pääarakosuunnan mukaisia. Koska myös muissa kohdin tutkimusalueella jokin pääarakosuunta yhtyy pegmatiittijuonten suuntaan, voidaan niiden yhteydessä odottaa rakoilua kallioperässä. Pegmatiittijuonet halkovat koko tutkimusalueella lähes itä-länsisuunnassa, joskin pohjoisosassa kääntyen hieman kaakkois-luodesuuntaan.

Slingram-anomaliaissa ei ole pegmatiittijuonten kohdalla tavattu ruhjeisuutta juuri lainkaan. Pohjoisosassa slingram-anomaliat ovat saman suuntaisia kuin alueen kvartsidioriittiesiintymä. Kun siirrytään tarkastelemaan atomeokemiallisen tutkimusmenetelmän tuloksia, havaitaan molekyylikonsentroitumia erityisesti kivilajirajoilla. Tutkimusalueen länsireunalla kulkevan dioriitti/kvartsidioriitin sekä gabron välisellä rajalla on joka mittauslinjalla esiintynyt kalium-konsentraatioita. Koko dioriittiesiintymän yli on lisäksi mitattu sinkkiä, joka mahdollisesti indikoi ruhjeisuutta alueella. Tätä tukee samalta kohdilta saatu slingram-havainto. Eteläpuolella kulkevien pegmatiittien yhteydessä ei taas yhtä lukuunottamatta ole saatu talteen mitattavia molekyylikonsentroitumia. Tämä yhdessä slingram-tulkinnan kanssa saattaa viitata siihen, ettei pegmatiittien yhteydessä kuitenkaan ole merkittävää ruhjeisuutta.

MFE-menetelmällä saadut sinkkinäytteet tukevat myös refraktioluotausten tuloksia. Kohdat, joissa on havaittu luotausten avulla selviä voimakkaampia ruhjeita, ovat tulleet esiin myös sinkkikonsentraatioina. Kahdella profiililla ei MFE-menetelmällä oltu havaittu luotauksessa ilmi tullutta ruhjetta. Näillä kohdilla maapeitteen paksuudet oli muita mitattuja alueita suurempi, n. 10 m, mikä on saattanut vaikuttaa asiaan.

Painovoima- ja magneettisen tulkintakartan informaatio pegma-

tiittijuonten sijainnista korreloi hyvin muiden saatujen havaintojen kanssa. Yhden pinnasta löytyneen pegmatiittijuonen voidaan melkoisella varmuudella todeta leikkaavan reiän MHA-1 syvyydellä 664 m. Tämä on saatu selville VSP-luotauksella, joka osoittautui erääksi eniten syvältä tietoa antaneeksi menetelmäksi.

Seismisellä reikäluotauksella (VSP) havaittiin useita reflektoreita reikien ympäristössä. Reiällä MHA-1 heijasteet ovat melkein pystysuoria muutamaa koillisessa olevaa lukuunottamatta. Reiän MHA-2 ympäristössä eteläpuolelle jäävät heijasteet kaatuvat reikään päin ja pohjoispuolelle siitä pois päin. Myös tällä puolen kaateet ovat melko jyrkkiä.

Rei'issä suoritettujen geofysikaalisten mittausten tuloksena havaittiin luonnon gamman olevan korkeampi aina pegmatiittijuonten kohdalla, joten ne sisältävät enemmän radioaktiivisia mineraaleja kuin ympäröivä pääkivilaji gabro. Veden ominaisvastus pieneni rikkonaisilla alueilla, missä vesi pääsee virtaamaan. Vastaavasti löytynyt suolainen vesi laski myös ominaisvastusta, mutta indikoi, päinvastoin kuin edellinen, hyvin kauan virtauksilta säästynyttä aluetta. Veden lämpötila kasvoi lineaarisesti syvemmälle mentäessä eikä siinä voitu havaita hyppäyksiä.

Jännitystilamittaukset osoittivat hyvin korkeita jännityksiä suunnitellulla varastosyvyydellä. Tämä aiheuttaa lujitukselle omat vaatimuksensa ja on siten tarkkaan huomioitava kalliovarastoa suunniteltaessa.

Horisontaalimalli

Kivilaji- ja rakokartoituksen /2/ yhteydessä on Geologian tutkimuskeskus rajannut pohjoiselta tutkimusalueelta pintahavaintojen perusteella kolmeen eri paremmuusluokkaan sijoituvia lohkoja, joita halkoo kaksi pegmatiittivyöhykettä. Parhaaksi osoittautuneet alueet sijaitsevat reiän MHA-2 ympäristössä.

Vertikaalimalli

Vertikaalimalli on tutkimusalueen molempien syväkairausreikien kautta kulkeva pystyleikkaus, jossa on kuvattu alueen kallioperää saadun informaation pohjalta (kuva 7). Saadut havainnot on projisoitu kyseiselle tasolle aina kun se on ollut mahdollista. Merkittäessä heijasteiden sijaintia on myös kaateen suunta huomioitu las-kennallisesti.

Työssä on käytetty apuna kairasydännäytteiden antamaa tietoa kivilajivaihteluista, rikkonaisuusvyöhykkeistä, vesimenekistä sekä suunnatun näytteen rakosuunnista. Heijasteiden paikat on piirretty lähinnä VSP-mittausten perusteella. Pegmatiittijuonista pintatietoa on löytynyt painovoima- ja magneettisesta kartasta sekä kivilaji-kartasta. Myös reflektio- ja refraktioluotauksen tuloksia on tässä yhteydessä tarkasteltu.

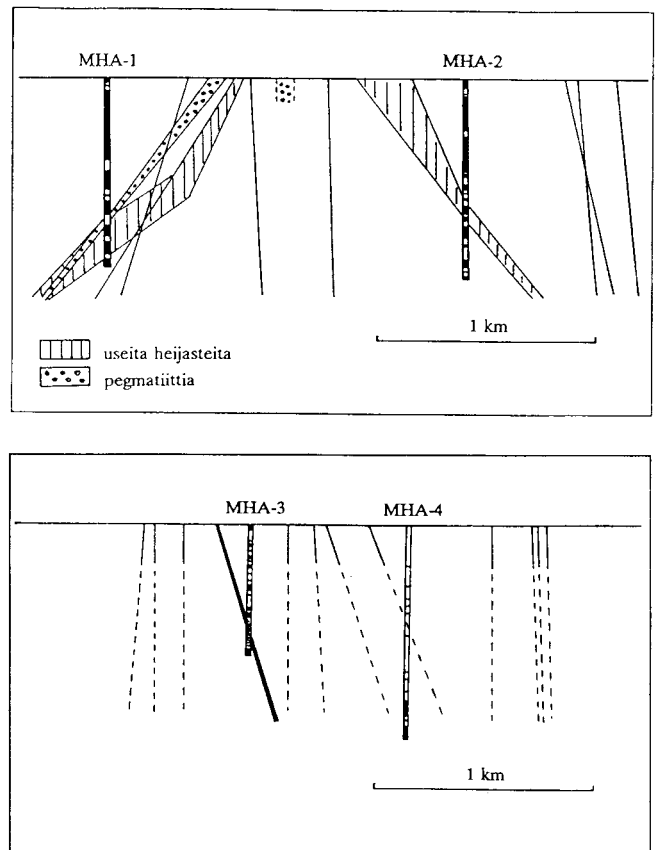
Eteläinen alue

Alueen suuntaruusut on tehty kivilajeittain. Tarkasteltaessa samanaikaisesti alueelta saatuja slingram-mittaustuloksia havaitaan niissä ilmenneiden ruhjesuuntien kulun olevan lähes kohtisuoraan ensimmäistä tai toista päärakosuuntaa vasten.

MFE-profiileilla havaittiin jälleen kaliumia kivilajirajoilla. Ainoa pelkkä sinkkiä sisältynyt näyte on pohjoisosassa ja sen lähettyvillä on ruhjeisuuteen viittaavia slingram-havaintoja, joten ne tukevat toisiaan. Samalta profiililta saatiin kuitenkin yksi kaliumnäyte keskeltä graniittialuetta. Lisäksi osaa kivilajirajoista sekä niillä mitattuja ruhjevyöhykkeitä ei menetelmällä ole kyetty havaitsemaan. Tähän syny saattavat olla maapeitteen paksuus tai syvemmällä kallioperässä vaikuttavat erilaiset olosuhteet.

Tutkimusalueen pohjoisosassa on tehty kaksi alueen viidestä refraktioluotausprofiilista. Molemmista havaitut ruhjeet korreloivat hyvin slingram-havaintojen kanssa.

Eteläisellä tutkimusalueella on suoritettu vastaava kairasydän-



Kuva 7. Pystyleikkaukset kairareikien väliltä.
Fig. 7. Vertical sections between drill holes.

näytteiden tarkastelu kuin pohjoisellakin alueella. Reiällä MHA-4 suunnatuista näytteistä nähtiin, että rakoilu alueella on pääasiassa vaakasuora tai hyvin loivakaateista. Jonkin verran oli lisäksi reikää jyrkässä kulmassa leikkaavia rakoja. Pinnassa havaittujen ruhjeiden kaade on miltei pystysuora. Eräs pinnassa havaittu ruhje saattaa leikata reikää syvyydellä 450 m, missä havaittiin kohonnuttua vesimenekkiä vesipainekokeissa.

Seisminen reikäluotaus (VSP) oli myös tällä alueella antanut eniten informaatiota reikien läheisyydestä. Heijasteiden projisiot reikien kautta kulkevalla suoralla ovat lähes pystysuoria tai noin 70° kaateeltaan. Vinot heijasteet kaatuvat pääasiassa koilliseen.

Reiässä MHA-3 ei geofysikaalisia mittauksia kyetty suorittamaan. Reiän MHA-4 antamista tuloksista havaitaan ominaisvastuksessa laskua aina rikkonaisen vyöhykkeiden kohdalla, joissa ilmeisestikin tapahtuu veden virtaamista. Veden ominaisvastus putoi kahdessa kohtaa (syvyyksillä 200 ja 710 metriä) hyppäyksellisesti. Tämä viittaa veden suolaisuuden kasvuun. Wenner-ominaisvastusmittauksessa näkyy syvyydellä 455 metriä korppukiven vaikutus. Reflektioluotaus reiän MHA-4 läheisyydessä antaa viitteitä useammasta heijasteesta noin 300 metrin syvyydellä.

Horisontaalimalli

Varsinaisen lohkotarkastelun tekeminen alueelta on hankalaa edellä käsitellyn materiaalin pohjalta. Ruhjevyöhykkeitä esiintyy selvästi kivilajien rajoilla sekä muutoin kiilamaisina. Tämän johdosta kallioperä on todennäköisesti rakenteeltaan mosaiikkimaista. Mikäli rakenne jatkuu syvälle, on se kalliorakentamisen kannalta hankalaa.

Koillis-lounaaisuunta on vallitseva ruhjesuunta. Lisäksi alue koostuu useammasta kivilajista, joiden rajapinnoilla on havaittu rikkonaisuutta. Selkeiden lohkojen rajaamiseen pintamittauksilla ei tässä kuitenkaan ole ryhdytty. Pintatarkasteluna alue vaikuttaa so-

pivalta kalliorakentamiselle, mutta kaikkia siihen vaikuttavia seikkoja, kuten mahdollista mosaiikkimaista rakennetta sekä kivilajijuonien vaikutusta syvemmällä, ei pystytä ilman riittävää kairausta ennakoimaan.

Vertikaalimalli

Eteläisen alueen pystyleikkaus muodostettiin samalla tavalla kuin pohjoisen alueen. Täältä alueelta ei kuitenkaan ollut käytettävissä VSP-mittausten tuloksia 1000 metrin syvyydeltä, joten heijasteiden kaateet on määritetty lähempää pintaa.

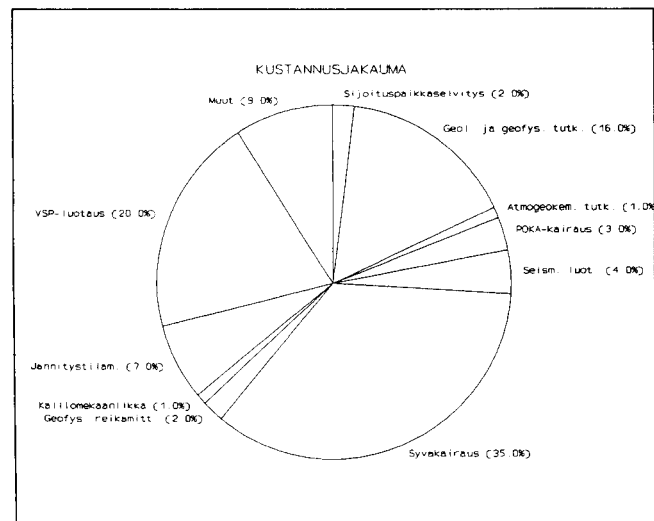
Tämän mallin yhteydessä selvisi reiällä MHA-3 yli 500 metrin syvyydessä tavatun rikkonaisen vyöhykkeen jatkuvuus pintaan asti. VSP-luotauksissa oli havaittu erään pinnassa esiintyvän ruhjeen leikkaavan reikää. Kairasydännäytteiden geologisessa tarkastelussa tuli ilmi ruhjeen kaateen olevan n. 63° ja lävistyksen pituuden 72 metriä, joten vyöhykkeen todellinen paksuus on n. 33 metriä.

Käytettävissä olleiden tulosten avulla muodostettiin pystyleikkaus, joka kulkee kairanreikien kautta (kuva 7). Siinä on kuvattu katkoviivoilla ne heijasteet, joiden jatkuvuudesta ei ole informaatiota syvältä. Lähteenä tässä mallissa käytettiin pääasiassa VSP-luotausta sekä kairasydännäytteitä, mutta tarkastelussa olivat mukana myös alueella suoritettujen muiden mittausten tulokset.

TUTKIMUSTEN KUSTANNUSJAKAUTUMA

Tutkimusten kustannusjakaumasta (kuva 8) havaitaan selvä painotuminen muutamalle menetelmälle. Suurimmat kustannukset syntyivät kalliönäytekairauksista. Huomioitaessa kaikki alueilla suoritettu kairaus ja poraus (syvä- ja POKA-kairaus sekä VSP-apuporaus) niiden osuudeksi muodostuu 50 % kokonaiskustannuksista.

Verrattaessa kustannuksia tutkimuksista saadun informaation arvoon, havaitaan syvältä kallioperästä saadun informaation myös maksaneen eniten. Kustannuksista huolimatta ainoa luotettava tieto



Kuva 8. Tutkimusten kustannusjakautuma.
Fig. 8. The cost distribution in the survey.

syvältä saadaan kuitenkin juuri kairaamalla sekä rei'issä tehtyjen luotausten avulla.

Pinta- ja syvätkimusten osalta kustannukset jakautuvat siten, että pintatutkimusten osuus koko kustannuksista on 23 %. Niillä saadaan runsaasti informaatiota maanpinnalta, mutta kyseisten mittausten arvo on ilman syvätkimuksia varsin vähäinen 800 m syvyyteen rakennettavan varastotilan suunnittelua ajatellen.

Tutkimusten kokonaiskustannukset olivat n. 6 Mmk. Lukuun ei ole laskettu mukaan mitään suunnittelun kustannuksia. Kohdassa Muut on huomioitu mm. teiden rakennuskustannukset.

KIRJALLISUUS-REFERENCES

- Särkkä, P., Roinisto, J., Orivuori, E., Salmelainen, J. ja Autio, J. (1989). Maakaasukalliovaraston suunnittelu. Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen ry, julkaisu B 46, IV/1...13+liitt.
- Vuorela, P., Jokinen, T., Kuivamäki, A., Paulamäki, S. ja Särkkä, P. (1989). Maakaasukalliovarastojen sijoituspaikkatutkimukset. Vuori-

- miesyhdistys-Bergsmannaföreningen ry, julkaisu B 46, III/1...15.
- Tiitola, Maria. (1990). Maakaasuväestön tutkimusalueiden mallintaminen ja kalliotekninen analyysi. Teknillinen korkeakoulu, materiaali- ja kalliotekniikan laitos, diplomityö. 57 s + liitt.

SUMMARY

SITE SURVEYS FOR A DEEP ROCK NATURAL GAS STORAGE

In spring 1989 Neste Gas prepared a survey on different ways to store natural gas, which resulted in a job to plan a deep unlined hard rock storage for natural gas with an active volume of 100 million m³. Finland does not have any aquifer formations or salt domes.

Site surveys and detailed planning were done in summer — autumn 1989. Field work in Mäntsälä (60 km north of Helsinki) consisted of geological and geophysical surveys followed by diamond drilling, drill hole seismics and rock stress measurements.

Kalliomurskeiden laatu ja sen parantaminen

Osa II: Laadun parantaminen

TkL Pertti Heikkilä, Teknillinen korkeakoulu, kalliotekniikan laboratorio, Otaniemi

JOHDANTO

ASTO-projekti on kokonaisvaltainen asfalttipäällysteiden kehittämissuunnitelma, joka kattaa kaikki päällystystekniikan osa-alueet. Tutkimuksen suoritusajaksi on viisi vuotta, 1987–1992. Projektin kokonaiskustannusarvio on noin 27 miljoonaa markkaa. Vuosina 1987–1989 Teknillisen korkeakoulun Kalliotekniikan laboratoriossa toteutettiin ASTO-projektin kiviainestyöryhmän osatutkimus ”Louhinta- ja murskaustavan vaikutus päällystekiviaineeseen laatuun.”

Osatutkimuksen tavoite oli selvittää valmistustekniikan vaikutus kiviaineeseen mekaanisiin lujuusominaisuuksiin ja miten louhinta- ja murskaustekniikkaa säätämällä voidaan parantaa päällystekiviaineeseen mekaanisia lujuusominaisuuksia sekä muoto-ominaisuuksia. Lopullinen tavoite oli laatia louhinta- ja murskaustapasuositus päällystekiviainesten tuotantoa varten. Projektin loppuraportti julkaistiin helmikuussa 1990 /1/.

Vuonna 1989 Vuoriteollisuus-Bergshanteringen-lehdessä julkaistussa artikkelissa /2/ esitettiin tutkimustuloksia laadun syntymisestä louhinta- ja murskausprosessissa. Tässä jatko-osassa esitetään havainnot laadun parantamisesta sekä lopputuloksena annettu murskaustapasuositus ja sen kenttäkokeilussa saadut kokemukset. Artikkelin perustuu projektin loppuraportissa julkaistuihin tuloksiin sekä niiden myöhempiin jatkokäsittelyyn.

LAADUN PARANNUSMAHDOLLISUUDET

Murskeiden laatuvaatimukset /3/ muodostuvat murskeen lujuus- ja muoto-ominaisuuksista. Lujuusparametrina parannettu haurausarvo määräytyy murskekappaleiden muodosta ja sisäisestä lujuudesta.

Hyvämuotoisen tuotteen raekokoalue riippuu murskaimen asetuksista. Päällystekiviaineen tuotannossa jälkimurskaimen asetus on lähinnä halutun lopputuotteen raekokoaluetta ja siten jälkimurskaimen tuote on muodoltaan parasta.

Räjätys heikentää kiven rakenteellista lujuutta. Seuraavissa murskausvaiheissa kivi pyrkii rikkoutumaan pitkin heikkousvyöhykkeitä. Jälkimurskaimen tuote sisältää vähiten räjäytyksen aiheuttamia vaurioita ja on siten rakenteeltaan lujempaa kuin prosessin alkupään tuotteet.

Suomen päällystekiviainetuotannossa käytettävissä murskauskaavioissa kaikki prosessiin syötettävä louhe pyritään hyödyntämään lopputuotteeksi. Tällöin murskaamon lopputuote muodostuu yhdestä hyvälaatuisesta ja yhdestä tai useammasta heikkolaatuisesta komponentista siten, että hyvälaatuinen jälkimurskaimen tuote laimennetaan laadullisesti heikoilla välituotteilla.

Lopputuotteen laadun parantaminen on siten mahdollista

- ☆ parantamalla prosessin alkupään tuotteiden laatua ja vähentämällä niiden määrää varovaisella räjäytyksellä,
- ☆ seulomalla heikompa aineesta eroon prosessin alkupäässä tai
- ☆ laittamalla esi- ja välimurskain sekä jälkimurskain eri piireihin siten, että prosessin alkupää tekisi tuotetta, joka sisältää huonomuotoisen ja rakenteellisesti vaurioituneen lopputuotefraktion ja jälkimurskain tekisi korkealaatuisia lopputuotteita.

Mahdollista on myös

- ☆ jälkikäsitellä koko prosessin tuote lujuuden ja/tai muodon parantamiseksi esimerkiksi
 - iskumurskaimella tai
 - välppämällä.

TEHDYT KOKEET

Edellä mainittuja laadunparannuskeinoja kokeiltiin tutkimusprojektin kenttäkokeissa. Kokeet tehtiin päällystekiviainesta tuottavilla murskaamoilla tuotantomittakaavassa. Kenttäkohteet ja niiden kivilajit olivat taulukon 1 mukaiset.

Vuorimäen murskaamolla tehdyissä kokeissa otettiin näytteet kolmivaiheisen murskaamon jälkimurskaimen tuotteesta sekä lopputuotteesta. Lopputuotetta murskattiin lisäksi Hazemag SM-08 -iskumurskaimella, jonka tuotteesta otettiin myös näytteet. Tutkitut kivet olivat Siikaniemen kiillegneissi ja Vuorimäen vulkaniitti. Kesällä 1988 Kuopion tiepiiri teki samoista kiviaineksista koetien valtatielle 5. Koetien kulumismittauksista saatiin vertailutietoja normaalin tuotteen ja jälkimurskaimen tuotteen sekä iskumurskatun (=kubisoidun) sepelin kestästä.

Kemiön, Kettukallion, Koskenkylän, Papumäen ja Tervanevan louhoksilla otettiin näytteet murskauksen aikana louhekasasta, esimurskaimen tuotteesta, välimurskaimen tuotteesta, jälkimurskaimen (jälkimurskainten) tuotteesta ja murskaamon lopputuotteesta. Normaalityötuotannon näytteenoton lisäksi näissä kohteissa räjäytettiin kevyesti panostettu koekenttä. Koekentän kiven murskauksen aikana otettiin murskenäytteet samoin kuin normaalituotannosta. Lisäksi Kemiössä, Papumäessä ja Tervanevalla otettiin näytteet vastaavista tuotteista karkeaa louhetta murskattaessa. Karkea louhe oli normaalisti räjäytetyn kentän louhetta, josta oli kuormausvaiheessa erotettu ensin hienoaines pois. Kemiön kokeiden näytteenotto ei kattanut kaikkia murskaimia ja siten tuloksia ei voida pitää luotettavina eikä niitä käsitellä tässä artikkelissa.

Taulukko 1. Projektin kenttätutkimuskohteet ja kivilajit.
Table 1. Test sites and rock types in the research programme.

KIVILAJIRYHMÄ	KIVILAJI	KÖHDE
VAALEAT SYVÄKIVET	Graniitti	Kettukallio
TUMMAT SYVÄKIVET	Gabro	Kemiö
	Peridotiitti	Kemin kaivos
HAPPAMAT VULKANIITIT	Plagioklaasiporfyyriitti	Tervaneva
	Plagioklaasiporfyyriitti	Papumäki
EMÄKSISET VULKANIITIT	Amfiboliitti	Vuorimäki
METAMORFISET KIVET	Kiillegneissi	Siikaniemi
	Migmatiitti	Koskenkylä

Kemin kaivoksella tehdyissä murskauskokeissa selvitettiin välituotteiden laadun lisäksi myös eri vaiheissa syntyvien tuotteiden määrät. Jatkokokeissa Lokomo Oy:n koemurskaamalla Tampereella tutkittiin murskaimen asetuksen vaikutusta tuotteen laatuun. Tutkittu kivi oli kaivoksen sivukivenä esiintyvää peridotiittia.

TULOKSET

Räjätystävän vaikutus

Varovaisen räjäytyksen vaikutusta välituotteiden ja lopputuotteen laatuun käsitellään tässä neljällä louhoksella saatujen tulosten perusteella. Koekentän räjäytyksessä ominaispanostusta pienennettiin normaalituotannossa käytetystä 0,1–0,16 kg dyn/m³ kohteesta riippuen. Normaalituotannossa käytetty ominaispanostus ja varovaisen koekentän panostuksen kevennys on esitetty kohteittain taulukossa 2. Ominaispanostukset on laskettu varsipanoksen osuudelle.

Taulukko 2. Kokeiltu panostuksen kevennys eri kenttäkohteissa.
Table 2. Decrease in specific charge at different field test sites.

Kohde	Normaalikentän ominaispanostus kg dyn/m ³	Ominaispanostuksen muutos kg dyn/m ³
Kettukallio	0.510	- 0.10
Koskenkylä	0.523	- 0.14
Tervaneva	0.463	- 0.10
Papumäki	0.515	- 0.16

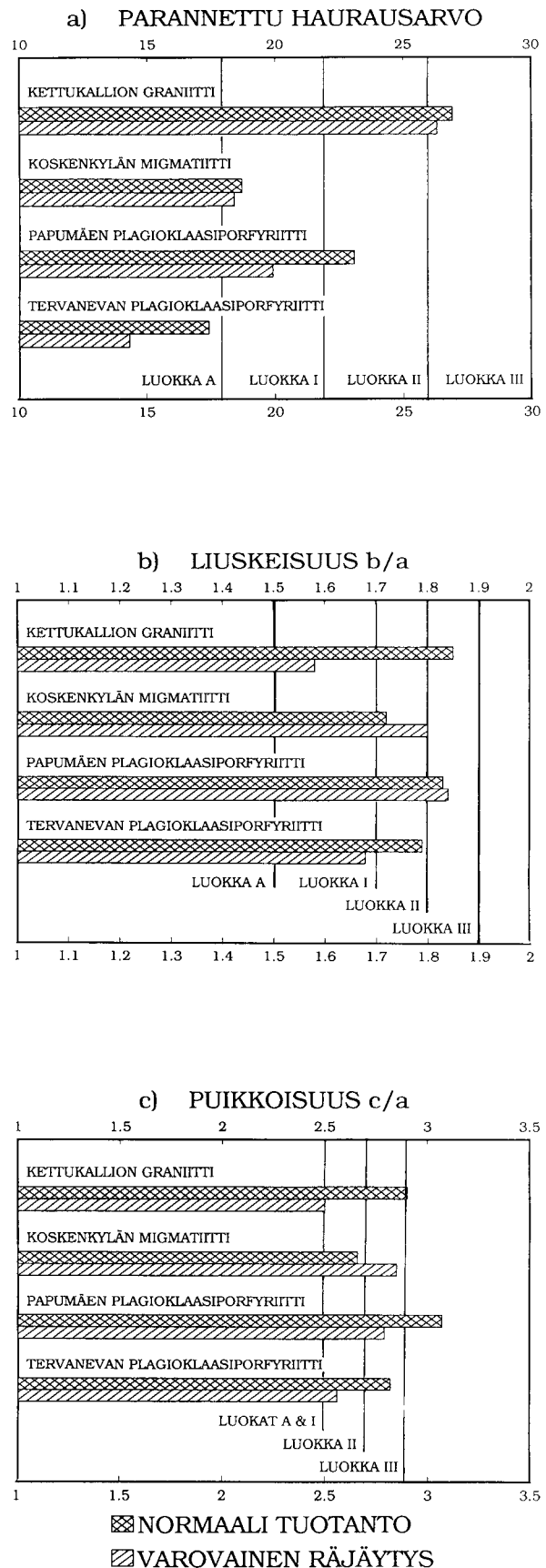
Normaalituotannon ja varovaisen koekentän murskauksen lopputuotteiden laatuparametrit ovat kuvassa 1. Lopputuotteen lujuuteen saatiin parannusta kaikissa kohteissa. Kun otetaan huomioon haurausarvon riippuvuus muotoarvoista, Tervanevalla ja Papumäessä saatua lujuuden parannusta voidaan pitää merkittävänä.

Kiven rakenteellisen lujuuden tarkastelemiseksi Kettukallion, Papumäen ja Koskenkylän 8–12 mm murskenäytteistä erotettiin välppäämällä muodoltaan homogeeniset näytteet, joille määritettiin parannettu haurausarvo. Kuvassa 2 on esitetty normaalituotannon ja varovaisen louhinnan välppälajitteiden parannetut haurausarvot prosessin eri vaiheissa. Havaitaan, että murskeen lujuus kasvaa systemaattisesti murskausprosessin aikana. Räjätystävän vaikutus ei kuitenkaan ole yhdenmukainen. Papumäessä välppälajitteiden lujuus on prosessin alkupäässä varovaisella louhinnalla parempi ja lujuus kasvaa normaalituotantoa hitaammin. Sama ilmiö nähdään myös Koskenkylän tuloksissa, mutta toisin kuin Papumäessä, varovaisen louhinnan jälkimurskaimen tuote on normaalituotantoa heikompi. Kettukalliolla kaikki varovaisen louhinnan välituotteet ovat normaalituotantoa heikompiä.

Tulokset osoittavat, että räjäytyksen kiveen aiheuttama vaurio syntyy tapauskohtaisesti ja satunnaisesti. Mitä suurempi on räjäytyksen aiheuttama lujuuden menetys sitä nopeammin murskeen lujuus paranee prosessin aikana.

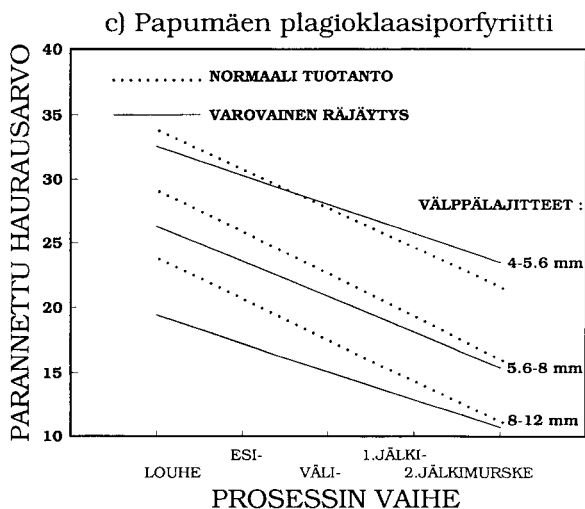
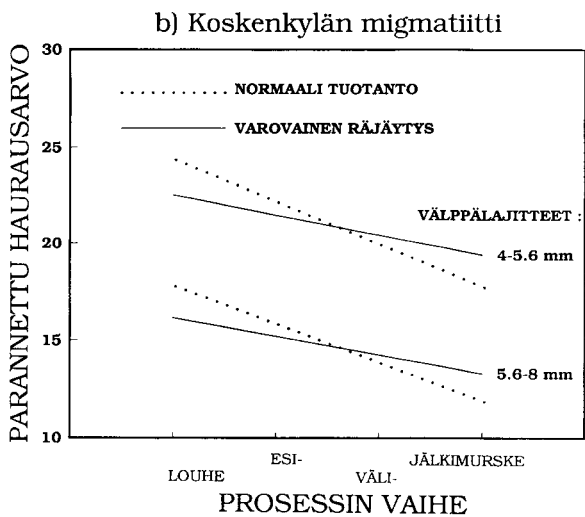
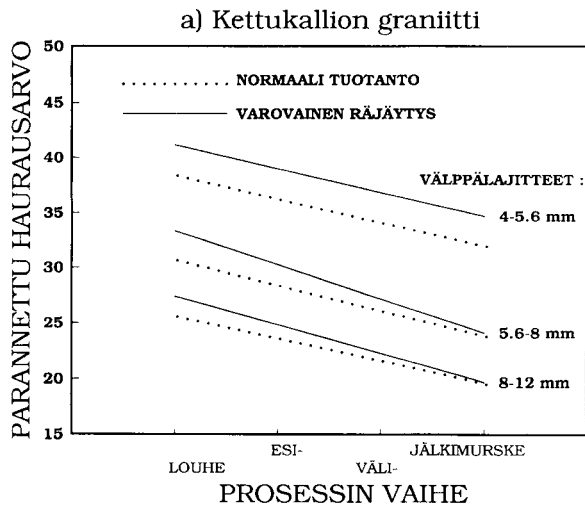
Karkean louheen murskaus

Selektiivisesti lastatun karkean louheen murskausta kokeiltiin kolmessa kenttäkohteessa: Papumäessä, Tervanevalla ja Kemiössä. Karkea louhe oli normaalisti räjäytetyn kentän louhetta, josta oli kuormausvaiheessa erotettu ensin hienoaines pois. Karkean louheen murskauksella simuloitiin prosessia, jossa erotetaan räjäytyksen



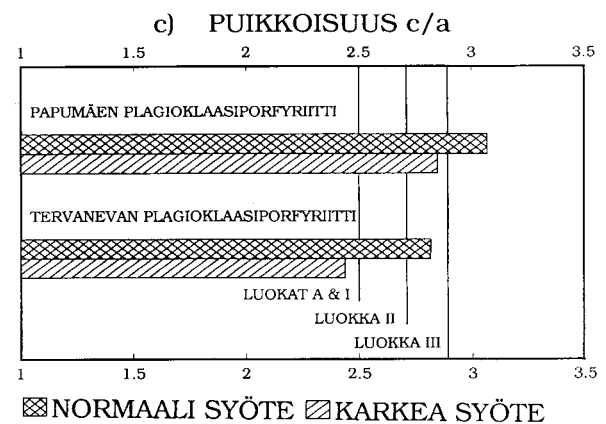
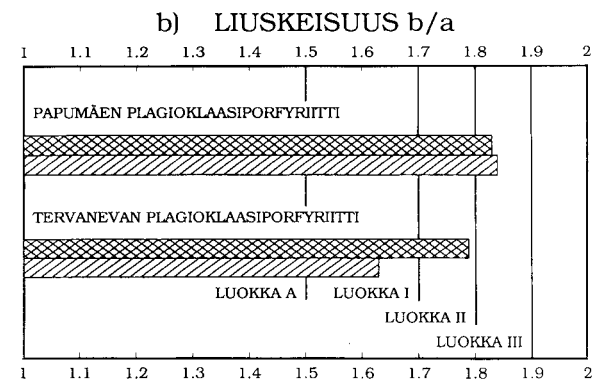
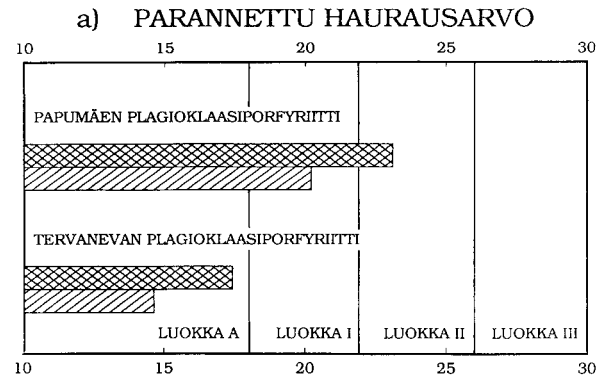
Kuva 1. Neljän kenttäkohteen normaalituotannon ja varovaisesti louhitun syötteen murskauksen lopputuotteiden a) haurausarvo, b) liuskeisuus ja c) puikeisuus.

Fig. 1. a) Impact value, b) flakiness and c) elongation of the final product obtained in normal production and when crushing carefully blasted rock at four field test sites.



Kuva 2. Kolmen kenttäkohteen normaalituotannon ja varovaisen louhinnan näytteiden välppälajitteiden parannetut haurausarvot murskausprosessin eri vaiheissa. a) Kettukallio, b) Koskenkylä ja c) Papumäki.

Fig. 2. Impact value of riddled aggregate samples from different stages of the crushing process in normal production and when crushing carefully blasted rock at three field test sites. a) Kettukallio, b) Koskenkylä and c) Papumäki.

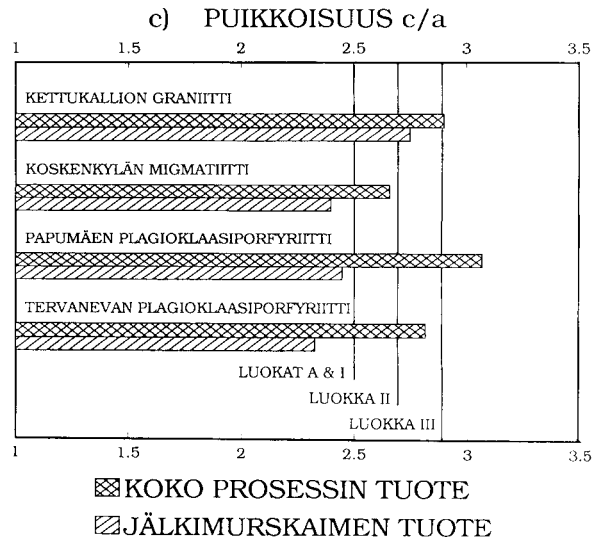
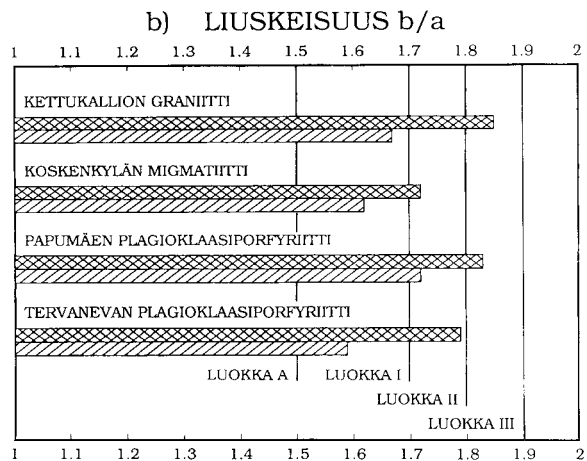
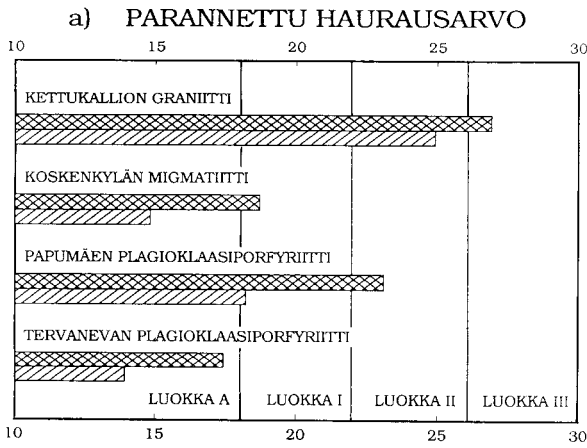


Kuva 3. Kahden kenttäkohteen normaalituotannon ja selektiivisesti lastatun karkean louheen murskauksen lopputuotteiden a) haurausarvo, b) liuskeisuus ja c) puiikkoisuus.

Fig. 3. a) Impact value, b) flakiness and c) elongation of the final product obtained in normal production and when crushing selectively loaded coarse rocks at two field test sites.

vaurioittama louheosa pois prosessista esimurskaimen välppällä.

Kuvassa 3 on esitetty Papumäessä ja Tervanevalla saadut prosessin lopputuotteiden hauraus- ja muotoarvot sekä normaalituotannon vastaavat laatuparametrit. Louheen hienoimman osan erotuksella saatiin kummassakin kohteessa merkittävä parannus lopputuotteen lujuteen.

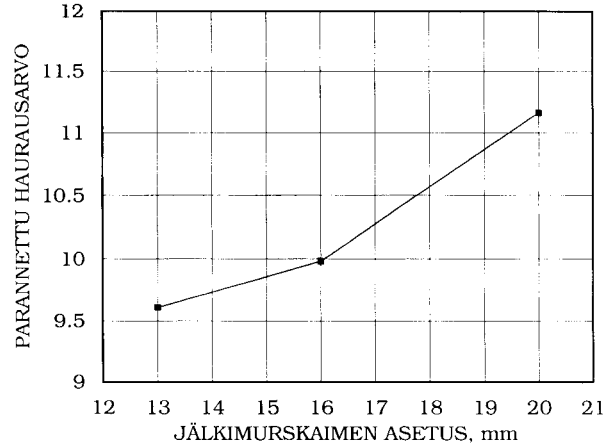


Kuva 4. Neljän kenttäkohteen lopputuotteiden ja jälkimurskaimen tuotteiden a) haurausarvo, b) liuskeisuus ja c) puikkoisuus.

Fig. 4. a) The impact value, b) flakiness and c) elongation of the final product and the product of the final crusher at four field test sites.

Jälkimurskaimen tuote

Kuvassa 4 on esitetty neljän kenttäkohteen lopputuotteiden ja viimeisen murskausvaiheen tuotteiden laatuparametrit. Erotus edustaa sitä parannusta, joka on saavutettavissa jos viimeistä murskainta edeltävien murskausvaiheiden tuotteet erotetaan heikompilaatuiseksi tuotteeksi.



Kuva 5. Murskaimen asetuksen vaikutus tuotteen haurausarvoon. Murskain G1814, syöte Kemin peridotitiita. Avoin piiri.

Fig. 5. The influence of the setting of the crusher on the impact value of the product. Crusher: G1814, feed: peridotite of Kemi. Open circuit.

Kuvasta nähdään, että haurausarvoon on saavutettavissa yhden laatuluokan parannus kaikissa niissä kohteissa joiden lopputuote ei normaalituotannossa yllä A-luokkaan. Muotoarvoihin saatava parannus on 1–3 laatuluokkaa. Kuopion tiepiirin koetien ensimmäisen talven kulumismittaukset osoittivat, että Vuorimäen vulkaniitin kulutuskesto päällysteessä parani 16 prosenttia kun jälkimurskaimen tuotetta käytettiin koko prosessin tuotteen sijasta.

Kemin peridotitiin murskauskokeissa Lokomon koemurskaamalla + 8 mm syötettä murskattiin eri asetuksilla. Kuvassa 5 on tuotteen parannettu haurausarvo murskaimen asetuksen funktiona. Tutkituista asetuksen arvoista pienin, 13 mm, antoi murskaimen tuotteelle parhaan lujuuden. Tuloksista nähdään, että tutkittava lajite on lujuudeltaan sitä parempaa mitä lähempänä lajitteen koko-luokkaa murskaimen asetus on ollut.

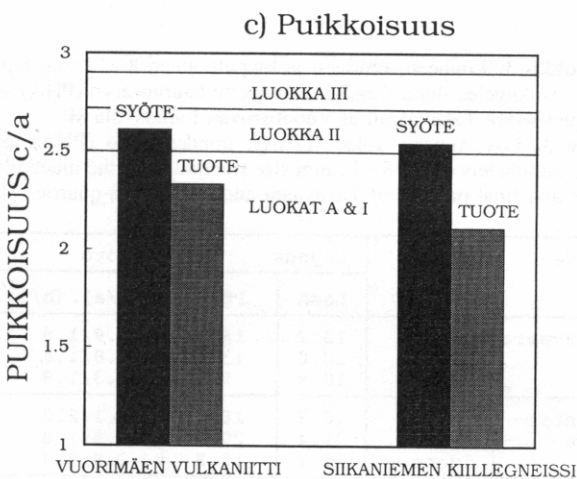
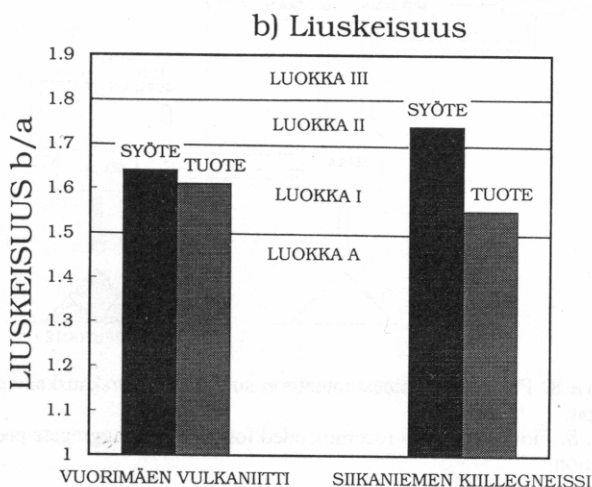
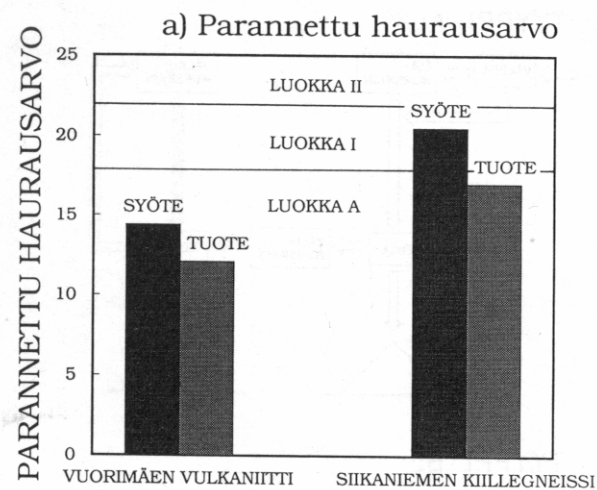
Iskumurskauksen vaikutus murskeen laatuun

Vuorimäen murskaamalla tehdyissä murskauskokeissa tutkittiin iskumurskauksen vaikutusta tuotteen laatuun. Tutkitut kivet olivat Vuorimäen vulkaniitti ja Siikaniemen kiillegneissi. Iskumurskain oli pystyakselista tyyppiä, Hazemag SM-08, ja sen syötteenä käytettiin kolmivaiheisen murskausprosessin 8–30 mm tuotetta. Syötteen ja tuotteen 8–12 mm lajitteen parannetut haurausarvot, Los Angeles -luvut ja muotoarvot on esitetty kuvassa 6.

Kuvan 6 mukaisesti iskumurskauksella saatiin kahden tutkitun kiven haurausarvoa parannetuksi 2–4 yksikköä, liuskeisuutta 0.25 yksikköä ja puikkoisuutta 0.5–1 yksikköä. Kuopion tiepiirin koetien ensimmäisen talven kulumismittaukset osoittivat, että kubi-sointi iskumurskaimella paransi tutkituista kivistä heikomman, Siikaniemen kiillegneissin, kulutuskestoja tienpäällysteessä 26 prosenttia kun taas lujuuden, Vuorimäen vulkaniitin, kesto ei parantunut. Tulokset osoittavat, että kubi-soinnilla voidaan parantaa heikkolaatuisten kiviainesten kestoja mutta lujuudella kivistä ei saada parannusta.

Lopputuotteen välppäys

Lopputuotteen laadun parantamista välppämällä tutkittiin kolmella eri kivellä laboratoriomittakaavassa. Papumäen, Kettukallion ja Kemin lopputuotteiden 8–12 mm seulafraktioista valmistettiin näytteet, joista oli poistettu huonomuotoisin osa. Kustakin tuotteesta valmistettiin välppämällä kolme näytettä: 4 mm välppälle jäävä aines, 5.6 mm välppälle jäävä aines ja 8 mm välppälle jäävä aines. Näille lajitteille määritettiin laatuparametrit. Kuvassa 7 on

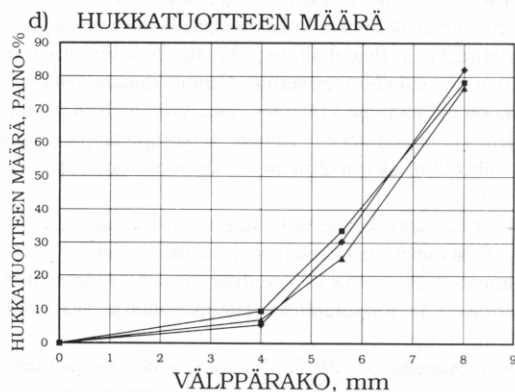
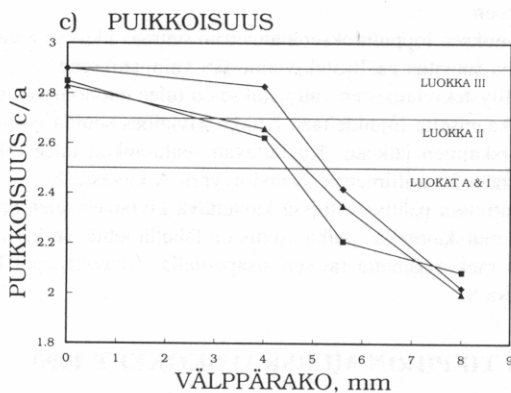
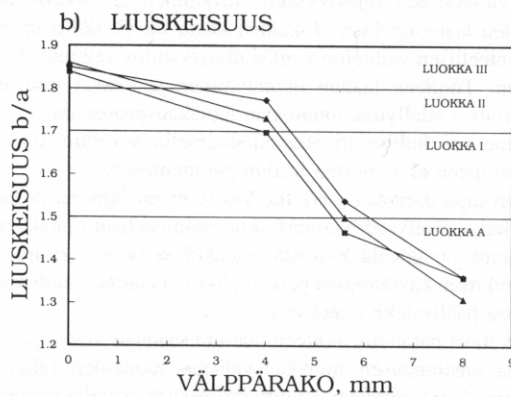
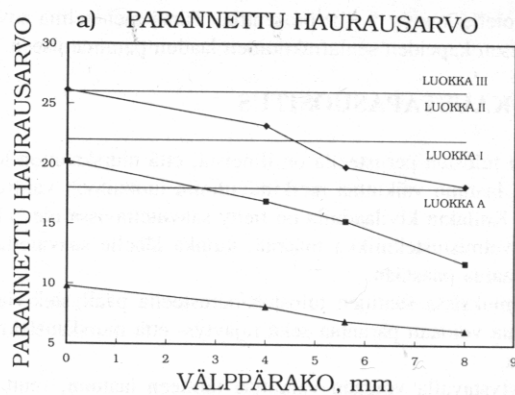


Kuva 6. Iskumurskaimen syötteen ja tuotteen a) parannettu haurausarvo, b) liuskeisuus ja c) puikkoisuus. Kivilajit Siikaniemen killegneissi ja Vuorimäen vulkaniitti.

Fig. 6. a) Impact value, b) flakiness and c) elongation of the feed and product of an impact crusher. Rock types: mica gneiss of Siikaniemi and volcanite of Vuorimäki.

esitetty parannettu haurausarvo ja muotoarvot sekä syntyvän hukkatuotteen määrä välppäraon funktiona. Välppäräko 0 mm vastaa välppämätöntä 8–12 mm lajitetta.

Kuvasta nähdään, että välppäraon kasvaessa paranevat lopputuotteen kaikki laatuparametrit. Samalla kasvaa syntyvän heikkolaatuisen tuotteen määrä. Lopputuotteen käsittely neljän millimetrin välillä paransi tuotteen haurausarvoa 11–16 prosentilla ja



—■— PAPUMÄEN PLAGIOKLAASIPORFYRIITTI
—●— KETTUKALLION GRANIITTI
—▲— KEMINI PERIDOTIITTI

Kuva 7. Välppäyksen vaikutus kolmen kenttäkohteen lopputuotteiden 8–12 mm lajitteen a) haurausarvoon, b) liuskeisuuteen, c) puikkoisuuteen ja d) syntyvän hukkatuotteen määrään.

Fig. 7. The effect of riddle opening on a) impact value, b) flakiness, c) elongation and d) percentage of waste produced from three different rock types.

hukkatuotetta syntyy 5–10 prosenttia. Tämä menetelmä soveltuu suhteellisen kapeiden seulafraktioiden laadun parantamiseen.

MURSKAUSTAPASUOSITUS

Saatujen tulosten perusteella on ilmeistä, että murskaamon lopputuotteen laatuun vaikuttaa merkittävimmin tuotantoon valittu kalliolaue. Kullakin kivilaadulla on tietty saavutettavissa oleva laatu-taso ja valmistustekniikka määrää, kuinka lähelle saavutettavissa olevaa laatua päästään.

Tutkimuksissa saatujen tulosten perusteella päällystekiviaineksen laatua voidaan parantaa sekä räjäytys- että murskaustekniikan keinoilla.

Räjäytystavalla voidaan vaikuttaa tuotteen laatuun, mutta pelkäästään varovaiseen räjäytykseen siirtyminen ei ratkaise kalliomurskeiden laatuongelmia. Jokainen kaato on yksilöllinen ja kalliion rakenteellisen vaihtelun vuoksi räjäytystulos vaihtelee kaadosta toiseen. Tuotteen laadun parantaminen ja laadun tasaisuuden varmistaminen edellyttää muutoksia murskausprosessiin.

Kiviaineksen kubitointi iskumurskaimella soveltuu ainoastaan heikkolaatuisten kiviainesten laadun parantamiseen.

Varmin tapa parantaa merkittävästi tuotteen lujuutta ja muotoa on, että koko päällystekiviainesfraktio valmistetaan murskaimella, jonka asetus on lähellä kyseistä seulakokoa tai sen sisäpuolella. Tämä merkitsee käytännössä pelkän jälkimurskaimen tuotteen hyödyntämistä päällystekiviainekseksi.

Huomattava parannus tuotteen laatuun saadaan myös, jos räjäytyksen ja ensimmäisen murskausvaiheen tuotteiden rakeisuusalueen hienoin osa erotetaan sivuun prosessista seulalla esimurskaimen jälkeen.

Tutkimuksen lopputuloksena annettiin seuraava kuvan 8 havainnollistama suositus päällystekiviainesten valmistukseen:

Päällystekiviainesten valmistuksessa tulee huonomuotoinen ja mekaaniselta lujuudeltaan heikko kiviaines seuloa eroon esimurskaimen jälkeen. Käytettävän seula-aukon tulee olla vähintään 20 millimetriä. Kaaviotyyppi A kuvassa 8.

Vaativissa päällystystöissä käytettävä kiviaines tulee valmistaa murskaimella, jonka asetus on lähellä tehtävän kiviaineksen raekokoaluetta tai sen sisäpuolella. Kaaviotyyppi B kuvassa 8.

LAPIN TIEPIIRIN MURSKAUSKOKEET 1990

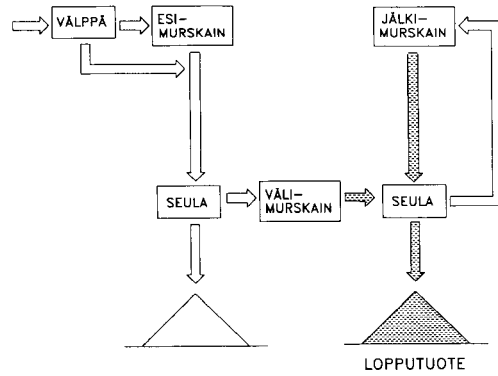
Tielaitoksen Lapin piiri kokeili kevätkaudella 1990 suositusluonnoksen ensimmäistä kohtaa kolmessa päällystekiviurakassa. Takavaaran (vihreäkivi), Peurakallion (vihreäkivi) ja Vuontisrovan (amfiboliitti) murskauksessa erotettiin esimurskaimen jälkeen lopputuotekokoon hienontunut kiviaines, joka suunniteltiin käytettäväksi sorateiden kunnossapitoon. Tämän heikkopilaatuisen murskeen määrän vähentämiseksi louhintareian läpimitta rajoitettiin 64 millimetriin. /4/.

Tulokset on saatu kahdesta kohteesta, Takavaarasta ja Vuontisrovasta. Syntyneen heikkolaatuisen tuotteen ("ohite") määrä oli Takavaarassa 8 prosenttia ja Vuontisrovassa 5–8 prosenttia. Louheen, ohitteen ja lopputuotteen laatuparametrit ovat taulukossa 3./4/.

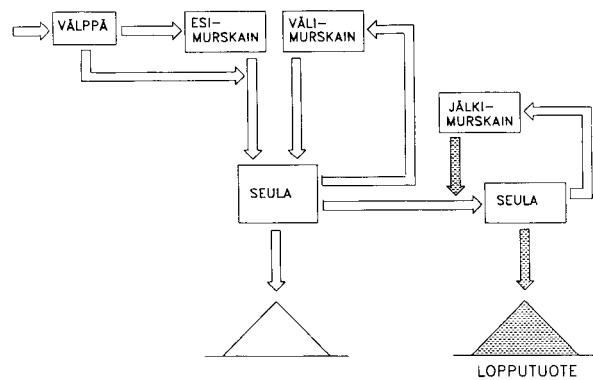
Ohitteen haurausarvo oli 3–4 yksikköä huonompi kuin lopputuotteen. Kun otetaan huomioon tuotteiden määrät, havaitaan että lujuusarvoihin saatu parannus oli pieni. Vuontisrovan tapauksessa tuote parani yhdellä luokalla nykyisessä laatuoluokituksessa. /4/.

Lisäksi havaittiin, että pintamaiden jäännökset samoin kuin syötteessä olleet puun palaset kertyivät ohitteeseen, joka ei heikon lujuuden ja epäpuhtauksien vuoksi soveltunut sorateiden kunnossapitoon kuten oli aiottu. Murskaamoiden lopputuotteet eivät sisältäneet näitä epäpuhtauksia. Kohteissa murskattiin osittain talvisaikaan ja syötteen sisältämä lumi ja jää jäivät myös ohitteeseen ja väli- sekä jälkimurskain kävivät kuivina. Odotettavissa on myös,

TYYPPI A:



TYYPPI B:



Kuva 8. Päällystekiviainestuotantoon suositellut murskauskavio-tyypit.

Fig. 8. Flowsheet types recommended for pavement aggregate production.

Taulukko 3. Louheen, ohitteen ja lopputuotteen 8–12 mm lajittien Los Angeles -luku (LosA), parannettu haurausarvo (PHA) sekä muotoarvot Takavaaran ja Vuontisrovan louhoksilla /4/.

Table 3. Los Angeles value (LosA), impact value (PHA) and shape parameters of the 8–12 mm size fraction from the muckpile, waste and final product of Takavaara and Vuontisrova quarries /4/.

Kohde	Näyte	Lujuus		Muoto
		LosA	PHA	(c/a) / (b/a)
Takavaara	Louhe	13.2	16.9	2.9/1.9
	Ohite	13.0	13.8	2.8/1.8
	Tuote	10.9	9.7	3.3/1.9
Vuontisrova	Louhe	18.7	18.8	3.1/2.0
	Ohite	21.4	20.8	2.9/1.8
	Tuote	18.2	17.8	2.8/1.7

että kalliion rapautuneet ja rikkonaiset osuudet erottuvat ohitteeseen ja siten kokeiltu menetelmä mahdollistaa aiemmin marginaalisina pidettyjen esiintymien hyödyntämisen./4/.

YHTEENVETO

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

Murskaamoilla normaalissa käytössä olevissa tuotantoprosesseissa lopputuote sisältää hyvälaatuisen jälkimurskaimen tuotteen lisäksi yhden tai useamman heikkolaatuisen välituotteen. Varmoin

tapa parantaa merkittävästi murskeen laatua on estää näiden heikkolaatuisten välituotteiden pääsy lopputuotteeseen. Samalla erottuvat syötteen sisältämät epäpuhtaudet.

Lopputuotteen laadun parantaminen lisää valmistuskustannuk-

sia. Kun kiviaineksen keston vaikuttavat tekijät opitaan tuntemaan riittävän tarkasti, pystytään arvioimaan parantuneen laadun tuottama taloudellinen hyöty ja osataan maksaa laadusta.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Heikkilä, P., Jokinen J. ja Matikainen R.: Louhinta- ja murskaustavan vaikutus päällystekiviaineksen laatuun. Asfalttipäällysteiden tutkimusohjelma (ASTO), loppuraportti. PANK ry, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Tie- ja Liikennelaboratorio, Espoo, 1990.
2. Heikkilä P., Jokinen J. ja Niemi J., Kalliomurskeiden laatu ja sen parantaminen; Osa I: Murskeen laatu tuotantoprosessissa. Vuoriteollisuus — Bergshanteringen, 47 (1989) 1, s. 44–47.
3. Tie- ja vesirakennushallitus. Kunnossapitotoimisto. Päällystystöiden työselitys 1988.
4. Saarenketo T., Takavaaran ja Vuontisrovan murskausurakat. Julkaisen maton aineisto. Tielaitos, Lapin piiri, 1990.

SUMMARY

QUALITY OF CRUSHED AGGREGATES AND WAYS OF IMPROVING IT PART II: IMPROVING THE QUALITY OF AGGREGATES

Every rock has a certain potential maximum strength level to be obtained in production. Hence the most important single factor defining the quality of the aggregate is the rock type chosen for production.

The current practice in pavement aggregate production in Finland is to mix the top quality product of the final crusher with poor

quality aggregate produced by blasting and the first crushing stages. This results in irregularity and decline in the quality. The best way to improve the quality of crushed rock aggregate is to eliminate these poor quality products from the top quality aggregate required. Additionally, the impurities like remnants of overburden soil and pieces of wood will be removed from the process.

paino- työt

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

PYYTÄKÄÄ TARJOUS, SE KANNATTA!

tryck- saker

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

BEGÄR OFFERT, DET LÖNAR SIG!



HANGON KIRJAPAINO OY HANGÖ TRYCKERI AB

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

Kiviainestutkimukset Geologian tutkimuskeskuksessa

FL Veli Suominen, Geologian tutkimuskeskus, Kiviainestutkimukset, Espoo

Kallion kiviainekseen liittyvät tutkimukset ja inventoinnit sopivat erinomaisesti Geologian tutkimuskeskuksen entistäkin selvempään pyrkimykseen tutkia ja inventoida monipuolisesti Suomen raaka-ainevaroja. Kallion kiviaines on yhä enenevässä määrin se raaka-aine, jota jalostamalla saadaan luonnon soraa ja hiekkaa korvaava kiviaines siellä, missä harjut on säästettävä pohjaveden tai maisema-arvojen tähden. Kallion kiviaineksen tarve laadukkaina murskeina ja soraa korvaavana kiviaineksena on jatkuvasti lisääntynyt etenkin pääkaupunkiseudulla. Soravarat ovat jakaantuneet epätasaisesti tiheään asutuilla seuduilla.

Vuoden 1989 alusta lähtien on Geologian tutkimuskeskuksessa toiminut Tiehallituksen (TIEH), Ympäristöministeriön (YM) ja GTK:n yhteisrahoitteinen Kiviainekseltaan arvokkaiden kallioalueiden inventointiohjelma. Tarkoituksena on inventoida kymmenen vuoden aikana noin 30 % Suomen pinta-alasta. Työ kohdistetaan lähinnä alueille, joilla on puutetta karkeista, etenkin laadukkaista kiviaineksista, siis suurimpien asutuskeskusten ympäristöt, tärkeimmät tielinjaukset ja suurten rakennuskohteiden ympäristöt.

Suomen kalliooperässä on suuria alueellisia vaihteluja ja laadukkaiden, kulutuskestävien kivilajien etsiminen etenkin asfaltin kiviaineksi on teiden urautumisen tähden välttämätöntä. Kuitenkin asfaltin kiviaines on vain pieni osa kaikesta käytetystä kiviaineksesta, joskin sen laatuvaatimukset ovat kovimmat. Myös teiden sitomattomien kerrosten ja esim. rautateiden ja lentokenttien rakenteiden tulee kestää suuria kuormia ja olla rapautumattomia ja routimattomia. Betonin kiviaineksellakin on laatuvaatimuksensa, ja osa kallioista jalostetuista murskeista käytetään soraa korvaavana kiviaineksena betonissa.

Kyseessä on alueellinen inventointi, jossa karttatyönä karsitaan pois ne kallioalueet, jotka on suojeltu tai varattu muuhun käyttöön (asema- ja seutukaavat sekä suojeluohjelmat). Jäljelle jäävistä selvitetään olemassa oleva kalliooperätieto sekä pyritään saamaan kyseisistä kivilajeista ja kallioalueista mahdollisesti aikaisemmin tehty testausaineisto. Maastotyö kohdistetaan esitulkittuihin kallioalueisiin: siis kaikkiin esitulkittuihin. Kyseessä on alueellinen in-

ventointi, ei tietyn hyväksi oletetun kivilajityypin etsintä. Näin on löytynyt aivan parhaiden laatuluokkien kiviä kallioalueilta, joissa niitä ei oletettu löytyvän.

Tieto murskekäyttöön tulevien kivilajien ominaisuuksista on lisääntynyt huomattavasti. Kallioalueiden mahdollinen kivilajivaihtelu, rakenteet, seoksisuus ym. ominaisuudet selvitetään edustavan näytteenoton pohjaksi mikroskooppisia ohuthietutkimuksia ja edustavien tutkimusnäytteiden ottoa varten. Kivilajien kulutuskestävyys ja lujuusominaisuuksien testaus teetetään VTT:n Tielaboratoriossa tai, jos testaus teetetään muualla, varmistetaan kaksoisnäytteillä tulosten keskinäinen vertailtavuus. Toistaiseksi laatuluokitusta perustuu Los Angeles-, parannettu haurausarvo- ja hioutuvuustestiin. Luokittelun pohjaksi on tulossa esim. pistekuormitusindeksi ja siksi projektissa on varauduttu vaihtamaan testit ja luokitukset.

Kerättävä aineisto muodostuu hyvin laajaksi ja siksi tieto on alusta lähtien tallennettu tietokannaksi, jota täydentävät digitaaliset kartat tutkituista alueista. Tietokantaa täydennetään ja ylläpidetään tilaajien viranomaiskäyttöön. Aluekokonaisuuksien valmistuttua kunnittain raportoitava aineisto julkistetaan.

Vuosittainen työjärjestys eri osissa maata ratkaistaan kiviainetarpeen ja suojelupaineiden aiheuttaman harkinnan perusteella. Hanke työllistää 7 henkilöä ja sen kokonaiskustannukset 10 vuodelta ovat vuoden 1989 hintatason mukaan n. 20 milj. mk.

On luonnollista että GTK:n Kiviainestutkimukset-yksikkö voi hyödyntää tähän suureen alueelliseen työhön osallistuvien geologien perehtymisen kallion kiviaineksen laatuselvityksiin yleisemminkin. Yksikkö tekee myös pienempiä kohteellisia tilaustöitä maksullisina palvelututkimuksina.

Kalliorakentamiseen liittyvät geologiset alue- ja paikkatutkimukset ja selvitykset ovat myös tilattavissa GTK:sta.

Kiviaineksista suurin osa on edelleen maa-aineksia. Niiden tutkimukset ja inventoinnit on keskitetty Maa-ainestutkimukset -yksikölle.

SUMMARY

BEDROCK QUALITY FOR HARD ROCK AGGREGATE

An inventory of bedrock areas suitable for high quality hard rock aggregate production is carried out at the Geological Survey of Finland since 1989. The project, financed jointly by Ministry of Environment, National Board of Roads and Geological Survey, is

planned for ten years. The studied area will cover 30 % of the country's area in regions where the gravel resources are scarce and the demand for construction material is great.

outokumpu chrome

TIEN - JA TALONRAKENNUKSEEN , PIHOILLE

FERROKROMIKUONAA

- eristyshiekkana ja murskeina

PERIDOTIITTIA

- murskeina ja sepeleinä

OUTOKUMPU CHROME OY

Osoite	Puhelin	Telefax	Telex
95400 TORNIO	9698-4521	9698-452703	3518 okto sf

EAPKY — KUSTAANA KÖSSÖLÄSSÄ

Yhdistyneiden Kansakuntien luonnonvarain tutkimussäätiö

Free-lance toimittaja Jan af Geijerstam, Frilandsgruppen NOSTRA, Stockholm, Sverige
Projektin johtaja Robert Lilljeqvist, Raw Materials Report, Stockholm, Sverige

Yhdistyneiden Kansakuntien Yleiskokous perusti 1973 rahaston UN Revolving Fund for Natural Resources Exploration (UNRFNRE, Lainausrahasto luonnonvarojen tutkimiseen). Lainausrahaston tarkoituksena on tutkia lupaavia mineraaliesiintymiä ja geotermisiä varoja sekä johtaa niiden hyödyntämistä. Lainausrahasto suunnittelee ja toimeenpanee tutkimusohjelmia ja antaa asiantuntija-apua, koneita ja työvoimaa sekä auttaa kannattavuustutkimuksissa ja kannustaa sijoitustoimintaa.

Lainausrahaston toimintasuunnitelma julkaistiin 1985 ja siinä selvitettiin UNRFNRE:n toiminnan pääperusteet:

— 155 kehittyvästä maasta ainoastaan 78 maalla on mineraalituotantoa. 50 kehittyvästä maasta, joilla on mahdollisuudet geotermiseen energiantuotantoon, vain seitsemällä on tuotantoa.

— Koska kehittyvillä mailla ei ole tarpeeksi tietoa maan luonnonvaroista, ne ovat huomommassa asemassa arvioitaessa kuinka näitä varoja tulisi parhaiten hyödyntää.

— Mineraalivarojen ja geotermisten varojen tutkiminen ja käyttöönnotto on taloudellisesti raskasta ja kehittyvillä mailla ei ole tähän varaa. Kyseiset maat turvautuvat myös uudenaikaisiin huipputekniikkoihin, joita ne eivät tarvitse.

— Huomattavista löydöistä hyödytään vasta pitkän ajan kuluttua. Yksityinen riskipääoma on vähäistä — ja se menee tavallisesti kohteisiin, joista saadaan nopeasti tuottoa ja joiden poliittiset sekä taloudelliset riskit ovat pieniä.

Lainausrahaston toimintasuunnitelmassa mainitaan seuraavat mahdolliset tulokset:

— **Kehittyville maille:** taloudelliseen kehitykseen ja sosiaalisiin uudistuksiin tarvittavien pääomien sekä uusien työpaikkojen ja hankintamahdollisuuksien lisääminen, teollistumiseen tarvittavien raaka-aineiden hankkiminen, tuotannon perusehtojen kehittyminen, työvoiman taitojen ja tekniikan mahdollisuuksien lisääntyminen.

— **Teollistuneille maille:** turvattu mineraalituotanto ja kehittyviin maihin suuntautuvan viennin kasvu.

Lainausrahaston kiertävä periaate on ainutlaatuinen järjestäytymismalli YK:ssa. Hallitukset, jotka vastaanottavat apua, sitoutuvat antamaan täydennystä Lainausrahastolle. Kuitenkin vain siinä tapauksessa, että toiminta johtaa kaupalliseen tuotantoon tietyn ajanjakson aikana (30 vuotta). Rahastoa täydennetään tiettyyn ylärajaan saakka. Mineraalivarojen löytämisestä rahaston täydennys on kaksi prosenttia vuosituotannosta; vähiten kehittyneiden maiden osalta täydennys on yhden prosentin suuruinen. Rahastoa täydennetään 15 vuoden ajan tai korkeintaan kymmenen kertaa projektin rahoitusmäärä. Geotermisten löytöjen osalta rahaston täydennys on 5 % energiantuotannosta saaduista tuloista 15 vuoden aikana tai korkeintaan kolme kertaa projektin rahoitusmäärä.

Lainausrahaston merkitys on ristiriidassa sen organisaation kokoon nähden. New Yorkissa sijaitsevan pääkonttorin teknillinen henkilökunta muodostuu alle kymmenestä kansainvälisestä asiantuntijasta. Noin kymmenen henkilöä on palkattu pääkonttorin apu-työvoimaksi. Eräs vastaavista toimihenkilöistä on geologi Markku Mäkelä, joka on työskennellyt ennen mm. Outokumpu Oy:ssä.

Lainausrahasto aloitti toimintansa 1975, jolloin hyväksyttiin

kaksi ensimmäistä mineraalitutkimusprojektia Boliviassa ja Sudanissa. Vuoden 1987 loppuun mennessä Lainausrahasto oli käyttänyt 62 miljoonaa USA:n dollaria (USD) 23 projektiin ja tämän tuloksena oli löydetty useita esiintymiä, joiden arvo oli noin 1.3 miljardia USD. Lainausrahaston vuotuinen liikevaihto on noin 10 miljoonaa USD.

Lainausrahasto saa varansa YK:n jäsenvaltioiden vapaaehtoisina lahjoituksina tai läheisessä yhteistoiminnassa olevilta elimiltä. Varoja saadaan myös erityisten projektien yhteisrahoituksen lahjoittajilta ja lopuksi täydennysrahastoon tulleista maksuista.

Lainausrahasto on ollut ympäri maailmaa tekemisissä projektien kanssa, jotka kattavat laajan osan mineraalialan tutkimuksista. Geotermisten energiatutkimusten lisäksi Lainausrahasto on rahoittanut perusmetallien (kupari, lyijy, tina, volframi ja sinkki), jalometallien (kulta ja hopea), terästeollisuuden metallien (nikkeli, niobi ja tantal) sekä teollisuusmineraalien ja jalokivien (kaoliini, fosfaatit, timantit ja harvinaiset maametallit) tutkimusta. Potentiaalisesti tärkeitä mineraalivaroja on löydetty useista maista, mm. Argentiinasta, Beninistä, Kongosta, Kyprokselta, Ecuadorista, Panamasta, Perusta ja Surinamista, katso karttaa.

Markku Mäkelä painottaa niitä etuja, jotka saadaan kanavoimalla kehitysapu UNRFNRE:n kautta. Kehitysavun tehokkuus lisääntyy ja riskit vähentyvät verrattuna bilateraaliseen kehitysapuun. Markku Mäkelä on sitä mieltä, että Suomi voisi panostaa merkittävästi UNRFNRE:n toiminta-alueilla.

Suomella on erittäin suuri kokemus mineraalivarojen tutkimisessa ja hyödyntämisessä, sanoo Mäkelä. Geologian tutkimuskeskus on maailmankuulu aerogeofysikaalisista malminetsintämenetelmistään. Outokumpu on hyvin tunnettu nimi maailmalla. Meillä on useita yhtiöitä, jotka toimivat teollisuusmineraali- ja rakennuskiivialalla. Suomi on myös maailmankuulu turvesoistaan.

Kaikki edellä mainittu kuuluu UNRFNRE:n toiminta-alueeseen.

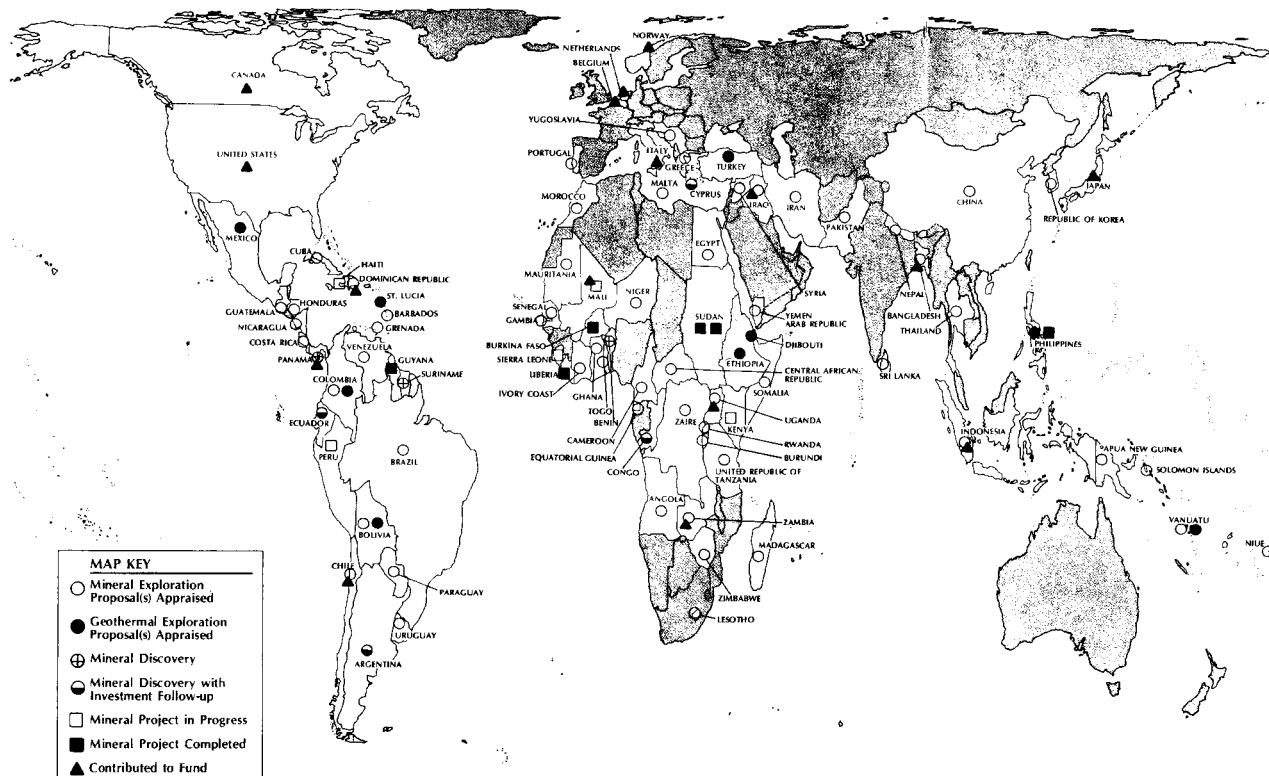
PERUN KULTA

Yksi tunnetuimmista kultaesiintymistä on Etelä-Sierrassa sijaitseva Ananean kultaupamalmi, jota nähtävästi jo inkat hyödyntivät. Ananea on tänä päivänä yksi UNRFNRE:n onnistuneimmista projekteista.

Ananea sijaitsee lähellä Bolivian rajaa. Alue on nykyään harvaanasuttua, kuva 1. Lähin merkityksellinen kaupunki on Juliaca, joka sijaitsee noin 175 km lounaaseen Ananeasta.

Kulta esiintyy kvartääri- ja jäätikkösyntyisissä moreeneissa ja glasifluviaalikerrostumissa. Nämä kerrostumat esiintyvät metamorfisten paleozoisten kivilajien päällä. Sorakerrokset voivat olla jopa 250 metrin paksuisia ja ne ovat levittäytyneet noin 30 000 hehtaarin alueelle (300 km²). Kultaa esiintyy sorissa pirootteena ja pitoisuudet vaihtelevat jopa 1.0 g Au/m³ asti. Suurin osa kultahiipuista vaihtelee kooltaan 125–250 mikronin välillä.

Nykyään Ananean kultaesiintymää tutkitaan tai hyödynnetään neljällä tavalla: vuoristossa sijaitsevilla kaivoksilla, pienimittakaavaisena kullanhuuhtontana laaksossa, valtionomistaman Mine-



roperu-yhtiön toiminnan kautta ja UNRFNRE:n tutkimusten avulla.

Vuoristossa on varsinaisia kultakaivoksia. Malmia louhitaan käsin paleozoisissa liuskeissa sijaitsevista ohuista kvartsijuonista. Malmin murskaus tapahtuu myös käsivoimin kultahippujen löytämisen varmistamiseksi. Joihinkin kaivoksiin pääseminen tapahtuu jäätikköjään läpi. Kvartsijuonet voivat sisältää 8–18 g Au/t.

Yksittäiset työntekijät ja heidän perheensä suorittavat laaksossa

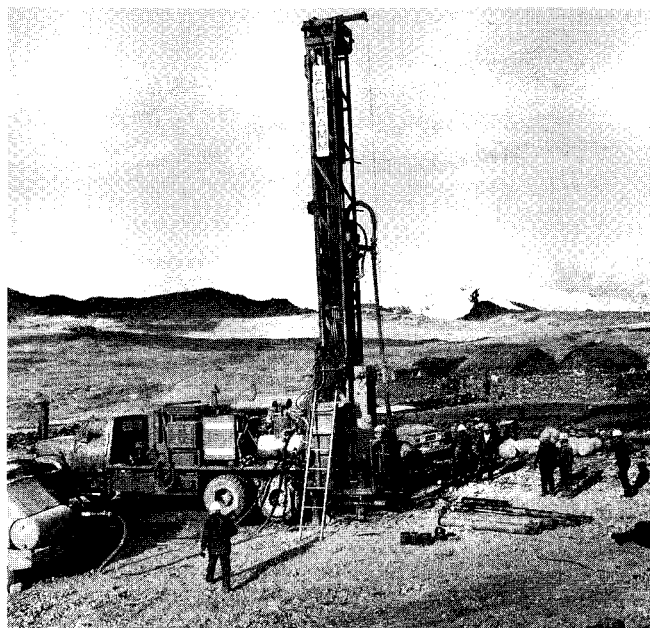
kullanhuuhdontaa, mutta Mineroperun toiminta on kaikkein tärkeintä. Nykyään Mineroperun rikastuslaitoksen maksimikapasiteetti on 4000 m³/päivä ja kullasta saadaan talteen 90 %. Mineroperu työllistää Ananeassa 300 henkilöä ja tuotanto on 20 kg kultaa kuukaudessa.

Mineroperulla ei ollut taloudellista mahdollisuutta tutkia koko aluetta. Vuonna 1982 Perun hallitus kutsui UNRFNRE:n arvioimaan kokonaiskultavarat 28 500 hehtaarin (285 km²) alueella Ananean kultaesiintymästä.

Tähän tutkimukseen kuului geologisia ja geofysikaalisia tutkimuksia, porauksia, mineraalijalostusta ja malmiarvioiteja, kuva 2 seuraavalla sivulla. Kenttätyöt alkoivat toukokuussa 1984. Kokonaiskulut arvioitiin 4.4 miljoonaksi USD.

Ananean potentiaaliset kultapitoiset moreenit on arvioitu lähes 300 miljoonaksi m³ ja keskimääräinen malmipitoisuus on 0.15–0.25 g Au/m³, kuva 3 seuraavalla sivulla. Noin 12 % kullasta on niin hienojakoista, että sitä ei pystytä ottamaan talteen. Suurta osaa esiintymästä voidaan louhia vähin kustannuksin ruoppaamalla.

Projektin loppuraportti luovutettiin Perun hallitukselle huhtikuussa 1990. Pienimuotoinen tuotanto on jo käynnissä ja Mineroperu on jo tilannut täysipainoisen tuotantoon tarvittavan suuren ruoppajan.



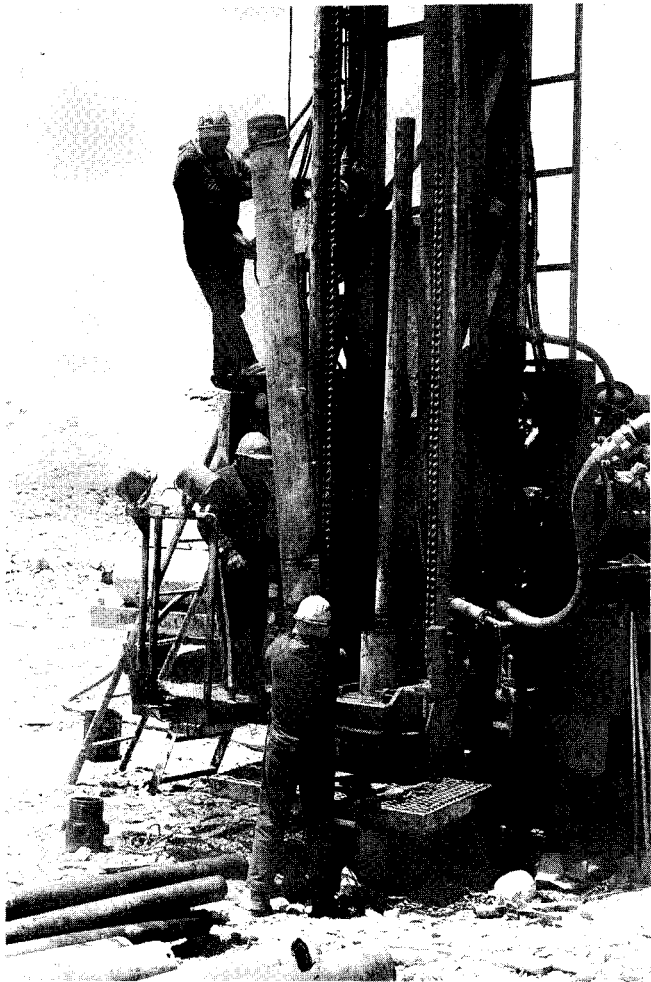
Kuva 1. Kullanetsintää Ananeassa, Perussa. 4600 metriä meren pinnan yläpuolella.

Fig. 1. Exploration for gold in Ananea, Peru. 4600 m above sea level.

HONDURASIN KULTA

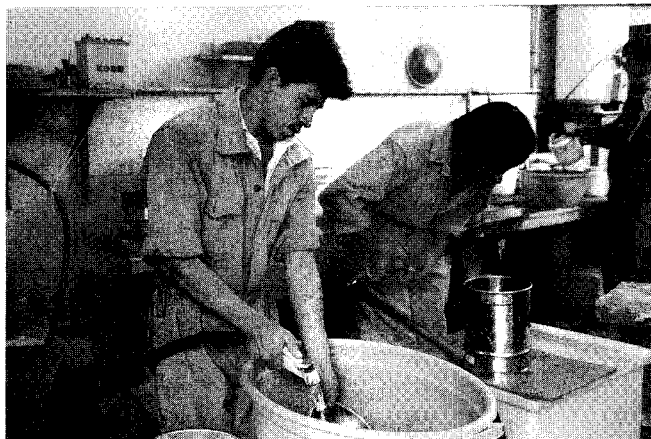
Vuosina 1983–1984 UNRFNRE aloitti mahdollisten kaivosprojektien rahoituksen Hondurasissa. Vuonna 1985 oli valikoitu kuusi lupaavaa kohdetta jatkotutkimuksia varten, joista myöhemmässä vaiheessa valittiin kolme tärkeää aluetta kulta-, hopea-, lyijy-, kupari- ja sinkkitutkimuksia varten. Lainausrahasto rahoitti näiden kolmen jo tunnetun, mutta riittämättömästi tutkittujen, mineraali-esiintymien tutkimukset.

Projektin kustannukset arvioitiin 2.39 miljoonaksi USD. Lainausrahasto sai lisäksi 1.5 miljoonan USD rahoituksen Italian hallitukselta, jotta Yuscaran tutkimusvaihe saataisiin valmiiksi. Kyseinen alue sijaitsee noin 45 km lounaaseen Hondurasin pääkau-



Kuva 2. Tutkimukset Ananeassa on tehty osittain chileläisen yhtiön toimesta.

Fig. 2. Chilean workers at the Ananea project in Peru.

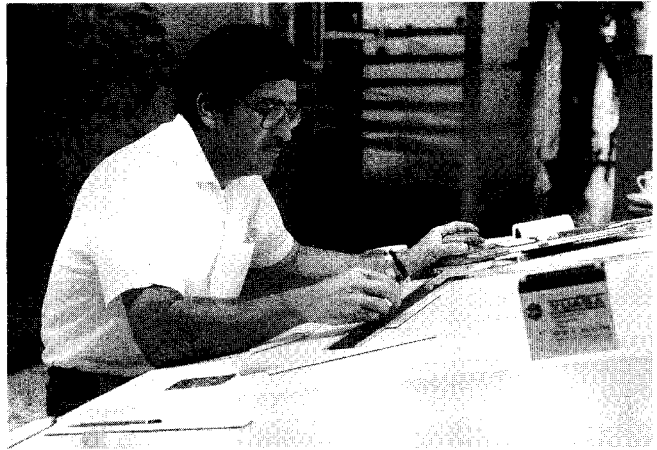


Kuva 3. Näytteiden analysointi Ananeassa.

Fig. 3. Analysis of samples in Ananea.

pungista Tegucigalpasta. Tämä oli ainoa alue, jota kannatti tutkia tarkemmin.

Yuscaran alueella on runsaasti vanhoja louhoksia kulta- ja hopeapitoisissa juonissa. Louhokset ovat nykyään hylättyjä. Yhtä näistä vanhoista louhoksista, Guayabillas, sekä Capiron kulta-hopeakaivosta tutkittiin nyt lähemmin, kuva 4.



Kuva 4. Suunnittelutyöt tehdään paikallisissa toimistoissa. Freddy Ramirez työskentelee Hondurasissa teknillisinä assistenttina YK:n Luonnonvarainsäätiön projektissa.

Fig. 4. Planning in Hondurian capital Tegucigalpa. Freddy Ramirez, technical assistant.

Täydentävien jatkotutkimusten jälkeen, johon kuului 34 timanttikairareian kairaus (yhteensä 8 800 m), tehtiin esitutkimus toteutettavissa olevasta suunnitelmasta. Potentiaaliset varat arvioitiin 1 060 000 tonniksi todennäköistä malmia, jonka keskimääräinen kultapitoisuus on 10,90 g/t ja tämän lisäksi mahdolliset malmivarat ovat 450 000 tonnia. Jatkotutkimuksia tullaan tekemään esiintymien alaosissa sekä nk. sivujuonen länsipuolella ja näiden otaksutaan kaksinkertaistavan malmiarvion.

GEOTERMINEN ENERGIA ST LUCIASSA

St Lucia on yksi Karibian meren pienistä ja kauniista saarista. Saarella asuu noin 140 000 henkilöä ja he saavat elantonsa pääasiassa turismista ja maataloudesta. St Lucia on tulivuorisaari, jonka yksi merkittävimmistä turistinähtävyyksistä on Gimie-vuoren rinteillä sijaitsevat poreilevat rikkilähteet (Sulphur Springs).

Sähkö tuotetaan St Lucialla dieselkäyttöisissä voimalaitoksissa. Tästä syystä saari on täysin riippuvainen tuontipolttoaineista.

St Lucian geotermiset varat ovat olleet keskustelun aiheena jo kolmen vuosikymmenen ajan, mutta vasta öljykriisin aikana 1973 harkittiin vakavasti sähköntuottoa edellä mainituista rikkilähteistä. St Lucia oli vielä silloin brittiläinen siirtokunta ja englantilaiset suorittivat seitsemän porareian porauksen. Porareiat olivat syvyydeltään matalia ja keskisyviä. Näistä seitsemästä porareiestä kolme tuotti noin yhden megawatin verran energiaa, mutta projekti täytyi lopettaa rahoitusvaikeuksien takia.

Vuonna 1983 USAID rahoitti Los Alamosin laboratorion suorittamat kannattavuustutkimukset. Los Alamos suositteli kolmen syvän porareian sijaintipaikat ja arvioi kunkin porareian kustannukset.

Toinen porareikä näytti lupaavimmalta (kuva 5) ja arvioitiin että se tuottaisi yli 7 MW. Kokeilun loppuvaiheessa huomattiin, että porareian vesi osoitti happamuutta ja reiän seinämät alkoivat karista. Tiivistymättömien kaasujen pitoisuus oli erittäin korkea, muutamissa tapauksissa 25 %. Tuotannon lasku oli paljon suurempi kuin oli ennakoitu. Nykyään porareikä pystyy tuottamaan 5–5.5 MW sähköä.

Materiaali on aikaisemmin julkaistu julkaisussa Raw Materials Report, vol 6, no 4, 1989. Kirjoitusta on lyhennetty ja ajankohtaistettu.



Kuva 5. Maaliskuussa 1988 löydettiin tuottava geoterminen lähde St Lucialla.

Fig. 5. A rich source of geothermal energy was discovered on St Lucia in March 1988.

SUMMARY

THE UN REVOLVING FUND FOR NATURAL RESOURCES EXPLORATION

In 1973 the United Nations General Assembly established the UN Revolving Fund for Natural Resources Exploration (UNRFNRE, The Revolving Fund). The objective of the Revolving Fund is to explore, and lead towards the exploitation of promising mineral deposits and geothermal reserves. To this end, the Revolving Fund designs and executes exploration programmes by providing expertise, machinery and manpower, follow-up feasibility studies and investment stimulation.

Three projects of the Revolving Fund are presented in the article:

1. The Ananea Placer Gold deposits in Peru. The reserves of auriferous gravels potentially mineable in Ananea are now estimated to be close to 300 million cubic meters at average tenors of 150 to 250 mg of recoverable gold per cubic meter.

2. The Yuscaran area in Honduras. The potential reserves are estimated to be 1 060 000 tonnes at an average grade of 10.90 g/t Au equivalent as probable reserves, and 450 000 tonnes as possible reserves.

3. The geothermal project of St Lucia. At present it appears to be able to produce between 5 and 5.5 MW of electricity.

Photos: Jan af Geijerstam

VUORITEOLLISUUS
BERGSHANTERINGEN

*toivottaa kaikille
lukijoilleen ja
ilmoittajilleen
Hyvää Joulua ja
Onnellista Uutta Vuotta*



VUORITEOLLISUUS
BERGSHANTERINGEN

*tillönskar alla sina
läsare och
annonsörer
God Jul och
Gott Nytt År*

Uudet lujat kuumasinkityt teräsohutlevyt

DI Arimo Lankila, Rautaruukki Oy, Hämeenlinna

JOHDANTO

Nykyisin käytetään enenevässä määrin pitkälle jalostettuja teräsohutlevyjä. Kun tuotteet valmistettiin aikaisemmin kylmävalssasta teräksestä ja kastosinkittiin kappaletavarana, valmistetaan ne nykyään sinkitystä ohutlevystä. Samanaikaisesti valmiiksi muovinnoitettujen teräsohutlevyjen käyttö kasvaa.

Siirtyminen kylmävalssatuista kuumasinkittyihin teräsiin koskee myös lujia teräksiä, joita käyttämällä pyritään rakenteiden painon vähentämiseen ja kustannussäästöihin. Uusien lujien kylmävalssattujen terästen valmistukseen on kehitetty nykyaikaisia jatkuvatoimisia hehkutuslinjoja. Hankitusta metallurgisesta osaamisesta on luonnollisesti apua myös valmistettaessa teräksiä jatkuvatoimisilla kuumasinkityslinjoilla.

Kuumasinkityn teräsohutlevyn raaka-aineena käytetään tavallisesti kylmävalssatussa tilassa olevaa teräsnauhaa, jolloin suurimmat paksuudet ovat 2...3 mm. Erikoistapauksessa paksut nauhat voidaan valmistaa myös kuumavalssatusta materiaalista. Kylmävalssatun nauhan etuna on kuitenkin parempi pinnanlaatu ja pienemmät paksuustoleranssit.

SINKITYSLINJA

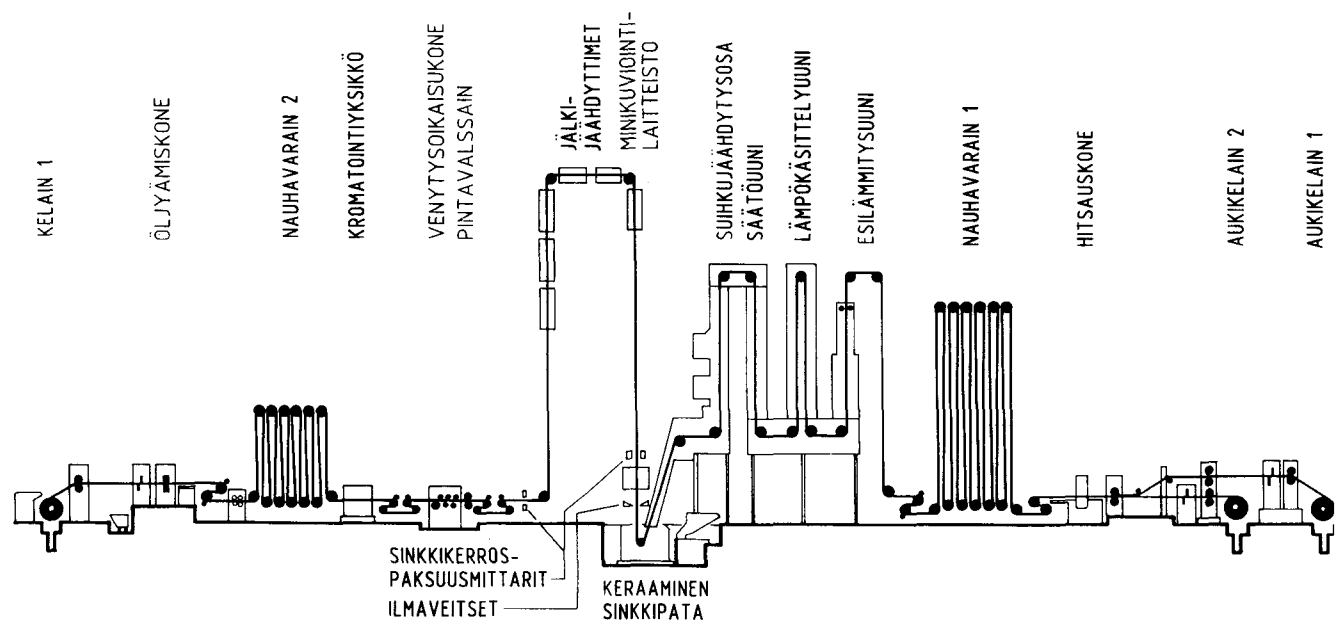
Ohutlevyjen kuumasinkitys suoritetaan jatkuvatoimisilla sinkityslinjoilla (kuva 1). Prosessi jakautuu teräsnauhan puhdistus- ja lämpökäsittelyyn, sinkitykseen ja nauhan viimeistelykäsittelyyn.

Sinkityslinjan alussa kylmävalssatut teräsnauhakelat hitsataan yhteen jatkuvaksi nauhaksi. Liittämisen aikana nauha puretaan nauhavarastosta, jotta itse sinkitystapahtumalle saadaan vakionopeus. Nauhan lämpökäsittely kokonaisuudessaan kestää vain 1...3 minuuttia ja se käsittää seuraavat vaiheet:

Nauha kuumennetaan esilämmitysruunissa ja samalla sen pinnalta haihdutetaan valssausemulsiojäänteet. Ruunin maksimilämpötila on noin 1260°C ja nauha kuumennetaan siinä suunnilleen 650°C:een. Ei-hapettavassa ruunissa poltto kaasun palamistuotteet pääsevät kosketuksiin nauhan pinnan kanssa. Atmosfääriin laatua voidaan säätää ja pitää halutussa koostumuksessa polttoilmasuhteella. Yleensä palokaasujen CO+H₂-pitoisuus on 4...6 %. Valssausneiteet ja muut epäpuhtaudet poistuvat tällöin nauhan pinnalta höyrystymällä eikä nauhan pinnalle jää palamisjätteitä.

Lämpökäsittelyruunissa kylmävalssauksessa muokkauslujittuneelle nauhalle annetaan haluttu lämpökäsittely. Yleensä tavoitteena on nauhan rekristallisointi ja raekoon kasvattaminen, mutta joskus voidaan teräs myös austenitoida. Ruunin lämpötila on 800...1000°C ja nauhan tavoitelämpötila 700...850°C. Ruunivähykkeiden lämpötilaa mitataan termoelementeillä ja nauhan lämpötilaa pyrometreillä. Hapettumisen estämiseksi lämpökäsittely tapahtuu suojakaasussa (n. 30 % H₂ + 70 % N₂). Nauha lämmitetään säteilyputkien välityksellä.

Lämpökäsittelyruunista nauha kulkee säätöruuniin (lämpötila 600...700°C), ja suihkujäähdytysruuniin, jossa nauha jäähdytetään 460...500°C:een ennen sinkkilyppyyn kastausta. Jäähdytys tapahtuu



Kuva 1. Sinkityslinjan periaatepiirros.

Fig. 1. Layout of continuous hot dip galvanizing line.

suojakaasulla, jota kierrätetään lämmönvaihtimen kautta. Suihku-jähdytysuunin ja sinkkipadan välissä on suojatorvi, jonka tarkoitus on estää nauhaa hapettumasta ennen sinkkikylpyä.

Sinkkikylvyn lämpötila on noin 460°C. Kylpy sisältää normaalisti noin 0,2 % alumiinia ja 0,1 % lyijyä, joilla vaikutetaan pinoitteen ja kylvyn ominaisuuksiin. Kylvystä nousevaan nauhaan tarttuneen sinkkikerroksen paksuutta säädetään ilmaveitsillä muuttamalla niiden puhalluspainetta ja etäisyyttä. Sinkin jähmettymisrakennetta pienennetään tarvittaessa minikuviointilaitteella. Minikuviointi tapahtuu ruiskuttamalla jähmettyvään pintaan sinkkipölyä, höyryä tai suolaliuosta, jolloin pintaan ruiskutetut hiukkaset toimivat jähmettymisytiminä.

Nauhan viimeistelykäsittelyssä suojataan sinkkipinnoite valko-ruostetta vastaan kromatoinnilla tai vaihtoehtoisesti öljymällä. Venytysoikaisulla saadaan aikaan hyvä tasomaisuus, ja haluttaessa voidaan nauha vielä viimeistelyvalssata.

VALMISTUKSEN METALLURGIAA

Teräsnauhan kulku sinkkityslinjan uunin läpi kestää vain 1...3 minuuttia nauhan paksuudesta riippuen. Lyhyt hehkutusaika on ongelmallista erityisesti muovattavien terästen valmistuksessa. Riittävän suuren raekoon ja hyvän syvävetotekstuurin aikaansaamiseksi onkin jouduttu tekemään runsaasti tutkimustyötä. Sinkitystä seuraavassa nopeassa jähdytyksessä ei ferriittiin liennut hiili ehdi myöskään täydellisesti erkautua, mikä johtaa muovattavuutta huonontavaan vanhenemiseen. Ongelma voidaan välttää suorittamalla teräkselle erillinen ylivanhennushehkutus tai käyttämällä raaka-aineena erittäin matalahiilisiä teräksiä, joissa kaikki hiili on sidottu titaaniin tai niobin avulla (IF-teräkset).

Lujien ferriittis-perliittisten terästen valmistuksessa lyhyt hehkutusaika ei ole yhtä haitallista, sillä niiltä ei edellytetä varsinaisia syväveto-ominaisuuksia. Niiden pitää kuitenkin kestää taivutusta ja jonkin verran venytysmuovausta. Pieni raekoko ja tiheä erkaumarakenne ovat jopa eduksi suuria lujuuksia tavoiteltaessa. Toisaalta rekristallisaatiolämpötila nousee seostuksen lisääntyessä ja samalla riski lujuusvaihteluihin kasvaa.

Osittain martensittisten terästen valmistuksessa oikean hehkutuslämpötilan ja jäähtymisnopeuden saavuttaminen on erityisen tärkeää. Tarkka lämpötilan hallinta nopeassa hehkutuskäsittelyssä on kuitenkin osoittautunut hankalaksi.

ESIMERKKEJÄ SINKITYSLINJALLA VALMISTETTAVISTA TERÄKSISTÄ

Mikroseostetut teräkset

Kuumasinkittyjen rakenneterästen standardit perustuvat vielä C-Mn-teräksiin vaikka käyttöön otetut uudet lujat muovattavat teräkset ovatkin tavallisesti mikroseostettuja.

Rautaruukin Z32, Z36 ja Z40-rakenneteräkset ovat olleet valmistusohjelmassa jo useita vuosia. Terästen valmistustapaa on kuitenkin uudistettu ja nykyiset ominaisuudet ovat huomattavasti alkuperäisiä arvoja parempia. Terästen kemialliset koostumukset nähdään taulukossa 1 ja tyypilliset mekaaniset ominaisuudet taulukossa 2. Z32-teräksen lujittajina käytetään hiiltä ja mangaania, mutta Z36- sekä Z40-terästen lujuus on aikaansaatu niobi-mikroseostuksen avulla, jonka lujittava vaikutus perustuu sekä erkaumarakenteeseen että ferriitin raekoon pienemiseen. Kyseisten terästen valmistuksessa pyritään ainoastaan rakenteen rekristallisoimiseen. Sinkityslinjan lyhyestä hehkutusajasta johtuen joudutaan kuitenkin käyttämään niin korkeita hehkutuslämpötiloja (yli 800°C), että osa rakenteesta austenitoituu ja muuttuu jähdytyksessä ferriitiksi sekä perliitiksi.

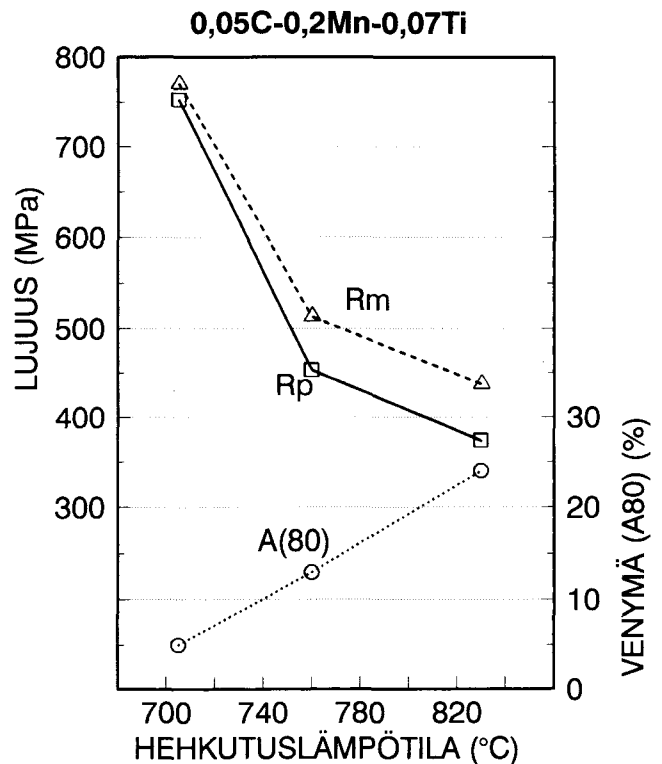
Kuvassa 2 nähdään hehkutuslämpötilan vaikutus titaanilla mikroseostetun teräksen mekaanisiin ominaisuuksiin. Lämpötilan 720°C alapuolella teräksen ominaisuuksissa ei vielä tapahdu mai-

Taulukko 1. Rakenneterästen tyypilliset kemialliset koostumukset.
Table 1. Chemical compositions (wt %) of the structural steels.

	C (%)	Mn (%)	Al (%)	Nb (%)
Z 32	0,12	0,80	0,030	-
Z 36	0,09	1,10	0,030	0,030
Z 40	0,09	1,40	0,030	0,045

Taulukko 2. Rakenneterästen tyypilliset mekaaniset ominaisuudet.
Table 2. Mechanical properties of the structural steels.

	Myötölujuus Rp0,2 (MPa)	Murtolujuus Rm (MPa)	Murtovenymä A(80) (%)
Z 32	350	470	28
Z 36	400	510	25
Z 40	450	570	22



Kuva 2. Hehkutuslämpötilan vaikutus Ti-mikroseostetun teräksen mekaanisiin ominaisuuksiin.

Fig. 2. The effect of annealing temperature on the mechanical properties of titanium-microalloyed steel.

nittavia muutoksia. Teräksen toipuminen, rekristallisoituminen ja rakeenkasvu tapahtuvat lämpötilaa edelleen nostettaessa. Lämpötilassa 830°C rekristallisoituminen on käytännössä tapahtunut.

Dual-faasi-teräkset

Kylmävalssatun teräksen jatkuvatoiminen hehkutus on mahdollistanut uusien teräslajien kehittämisen. Esimerkiksi dual-faasi-teräs-

ten valmistamiseksi on tehty runsaasti tutkimustyötä. Dual-faasi-teräkset sisältävät 5...20 % kovaa martensiittia jakautuneena pehmeään ferriittimatriisiin. Eroina ferriittis-perliittisiin teräksiin ovat mm. matala myötö-/murtolujuussuhde (alle 0.6) ja voimakas muokkauslujittuminen. Dual-faasi-teräksiä käytetään nykyisin lähinnä autoteollisuudessa mm. levyvyörien raaka-aineena.

Jatkuvatoimisesti hehkutettujen dual-faasi-terästen valmistukseen kuuluu rekristallisointi, osittainen austenitointi ja riittävän nopea jäähtyminen, jotta austeniitti saadaan muuttumaan martensiitiksi. Tarvittava jäähtymisnopeus riippuu seosainepitoisuudesta, jota kuvataan Mn-ekvivalentin avulla /1/:

$$\text{Mn.ekv.} = \text{Mn} (\%) + 124 \text{ B} (\%) + 3 \text{ Mo} (\%) + 3/2 \text{ Cr} (\%) + 1/3 \text{ Si} (\%) + 1/3 \text{ Ni} (\%) + 1/2 \text{ Cu} (\%) \quad (1)$$

Martensiitin muodostumiseksi tarvittava kriittinen jäähtymisnopeus (CR) voidaan laskea kaavasta:

$$2,5 \geq \log (\text{CR}) \geq -1,1 \text{ Mn.ekv.} + 2,8 \quad (2)$$

Muutamalla Mn-ekvivalentin arvolla lasketut kriittiset jäähtymisnopeudet on esitetty taulukossa 3. Kaavat (1) ja (2) on määritetty laboratoriokeiden avulla, joissa hehkutuslämpötilaa, pitoaikaa ja jäähtymisnopeutta voidaan tarkasti säätää. Todellisissa valmistuslinjoissa prosessiparametrejä on vaikeampi hallita, eivätkä kaavoista lasketut arvot välttämättä päde. Oikeat ajotavat ja teräskoostumukset on selvitettävä koeajojen avulla vaikka kaavoja voidaan käyttää hyödyntäen seostustarvetta arvioitaessa.

Taulukko 3. Kriittiset jäähtymisnopeudet eri Mn-ekvivalentin arvoilla.

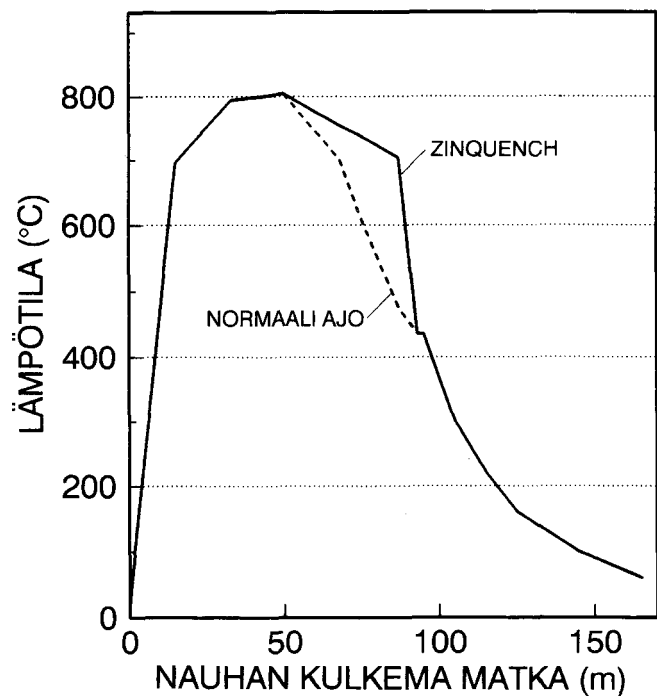
Table 3. The effect of manganese equivalent on the critical cooling rate.

Mn-ekvivalentti	Jääht. nopeus vähintään, °C/s
0,8	83
1,2	30
1,5	14
2,0	4

Dual-faasi-terästen valmistuksessa hehkutuslämpötilan ja jäähtymisnopeuden tarkka hallinta on tärkeämpää kuin normaaleilla rakenneteräksillä. Lisäksi venytysoikaisu ja/tai viimeistelyvalssaus on pidettävä pienenä, jottei teräksen muokkauslujittumiskyky pienene ja myötölujuus kasva tarpeettomasti.

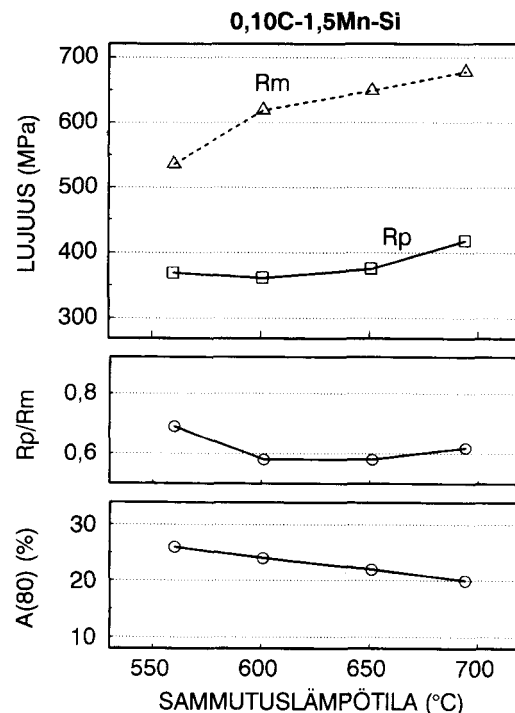
Perinteisessä kuumasinkityslinjassa jäähtymisnopeuden säätömahdollisuudet ovat vähäiset, joten dual-faasi-terästen valmistamisen tulee perustua riittävän seostuksen käyttöön. Suomessa kehitetyllä Zinquench-lämpökäsittelymenetelmällä /2/ voidaan kuitenkin aikaansaada suuri jäähtymisnopeus. Zinquench-menetelmässä teräsnauha sammutetaan sinkkikylpyyn (kuva 3) ja nauhan mukana kylpyyn tuleva ylimääräinen lämpö poistetaan lämmönvaihtimen avulla.

Sammutuslämpötilan vaikutus 0,10C-0,5Si-1,5Mn -teräksen mekaanisiin ominaisuuksiin nähdään kuvassa 4. Kun sammutuslämpötilaa nostetaan, muuttuvat ominaisuudet dual-faasi-teräksen suuntaan. Selvästi havaittavia muutoksia ovat murtolujuuden voimakas kasvu ja murtovenymän pieneminen. Myötölujuus sitä-



Kuva 3. Kuumasinkityslinjan lämpökäsittely Zinquench-lämpökäsittelymenetelmää käytettäessä.

Fig. 3. Thermal cycle of the hot dip galvanizing line equipped with a zinc bath cooling device.



Kuva 4. Sammutuslämpötilan vaikutus 0,10C-0,5Si-1,5Mn-teräksen mekaanisiin ominaisuuksiin.

Fig. 4. The effect of zinc quenching temperature on the mechanical properties of 0.10C-0.5Si-1.5Mn steel.

vastoin pienenee aluksi, mutta kasvaa lämpötilaa edelleen nostettaessa.

Kun kuvan 4 eri lämpötiloista sammutettujen terästen käyttöominaisuuksia arvioidaan voidaan todeta, että lämpötilasta 550°C sammutettu teräs sopii sellaisiin rakennetarkoituksiin, joissa korkea myötölujuus on ensisijainen vaatimus. Myös teräksen murtovenymä on lujuuteen nähden hyvä. Lämpötiloista 600...650°C tahtunut sammutus on sitävastoin johtanut dual-faasi-rakenteeseen, jolla on tyypillisesti matala myötölujuus murtolujuuteen ver-

rattuna. Tällaisen teräksen edut eivät tule esille, jos vertailu tehdään yksinomaan myötölujuuden perusteella. Dual-faasi-teräksestä voidaan kuitenkin muovaamalla valmistaa monimutkaisempia kappaleita kuin samanlujuisista ferriittis-perliittisistä teräksistä. Lisäksi etuna on voimakas muokkauslujittuminen, jonka seurauksena lopputuotteen lujuus voi kasvaa lähelle lähtömateriaalin murtolujuutta.

Erikoislujat teräkset

Erikoislujuksi teräksiksi kutsutaan tässä yhteydessä teräksiä, joilla myötölujuus on vähintään 550 MPa ja murtolujuus yli 800 MPa. Yksinkertaisin tällainen teräs on valssauskovana toimitettava ns. full-hard-teräs, joka on ajettu kuumasinkityslinjan läpi niin matalassa lämpötilassa, että se ei ole rekristallisoitunut. Tällaisen teräksen muodonmuutoskyky on kuitenkin huono ja käyttömahdollisuudet rajoitetut. Kohtuulliset muovattavuusominaisuudet tässä lujuusluokassa voidaan saavuttaa joko toivutushekkuttamalla (recovery annealing) terästä sopivasti tai valmistamalla karkaistuja tuotteita. Erikoislujuja teräksiä käytetään mm. erilaisissa tukirakenteissa autoteollisuudessa ja niistä valmistetaan myös lujimmat pakkauste-räsvannenuhat.

Martensiitin määrän vaikutus teräksen murtolujuuteen voidaan esittää kaavassa /3/:

$$R_m \text{ (MPa)} = 453 + 12,13 (\% M) \quad (3)$$

Esimerkiksi 40 % martensiittia vastaa murtolujuutta 938 MPa ja 50 % murtolujuutta 1060 MPa.

Hehkutuslämpötilan ja -ajan vaikutusta syntyvän martensiitin määrään teräksellä 0,11C-1,3Mn-0,55Si-0,09Mo on tarkasteltu taulukossa 4 /4/. Koeterästen jäähtymisnopeus oli 100°C/s. Hehkutuslämpötilan nosto kasvattaa martensiitin määrää selvästi, mutta eri hehkutusaikojen väliset erot jäävät pieniksi.

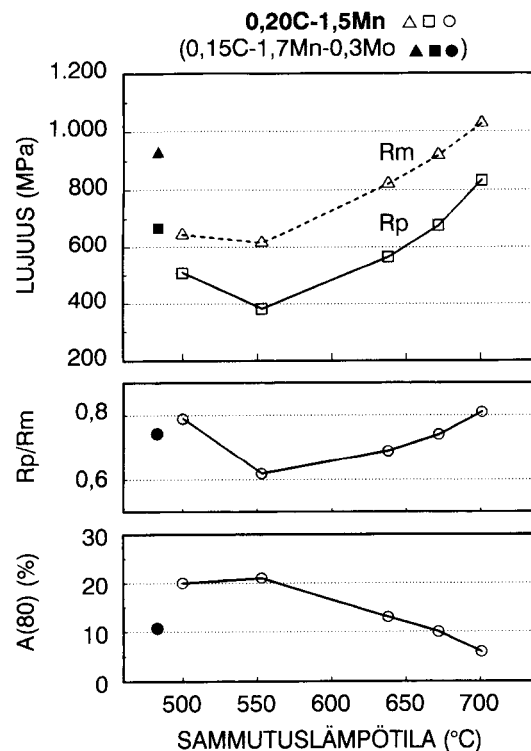
Karkenevuutta lisäävien seosaineiden merkitys on saman tyyppinen kuin dual-faasi-teräksillä. Teräksellä 0,20C-1,5Mn päästään

Taulukko 4. Hehkutuslämpötilan ja -ajan vaikutus martensiitin määrään.

Table 4. The effect of annealing temperature and time on the amount of martensite.

Hehkutuslämpötila °C	Hehkutusaika sek.	Martensiitin määrä %
760	30	20,4
760	60	29,7
760	120	29,5
790	30	36,4
790	60	38,0
790	120	34,7
830	30	50,8
830	60	50,7

suureen lujuuteen, kun käytetään yli 650°C:n sammutuslämpötiloja (kuva 5). Selvästi runsaammin seostetulla teräksellä 0,15C-1,7Mn-0,3Mo samaan tulokseen päästään jopa normaaleilla kuumasinkityslinjan kastolämpötiloilla. Koeajoissa teräksille käytettiin noin 830°C:n hehkutuslämpötilaa. Kun lämpötila vaikuttaa ratkaisevasti austeniitin osuuteen ja myös syntyvän martensiitin määrään, on hehkutuslämpötilalla voimakas vaikutus lopputuotteen lujuuteen. Tämä luonnollisesti vaikeuttaa mekaanisten ominaisuuksien hallintaa normaalissa tuotantotoiminnassa.



Kuva 5. Sammutuslämpötilan vaikutus 0,20C-1,5Mn-teräksen mekaanisiin ominaisuuksiin.

Fig. 5. The effect of zinc quenching temperature on the mechanical properties of 0.20C-1.5Mn steel.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

1. Nakazato, Y., Tanaka, T., Hashiguchi, K., Soeda, N.: Offenlegungsschrift 2933670, 20.8.79: Hochzugfester Stahl und Verfahren zu seiner Herstellung.
2. Mäkimattila, S.J. and Sippola, P.: Hot- and Cold-Rolled Sheet Steels, AIME Conf. Proc., Warrendale, PA, 1988, 255.
3. Hansen, S.S. and Pradhan, R.R.: Fundamentals of Dual-Phase Steels, AIME Conf. Proc., Warrendale, PA, 1981, 113.
4. Park, Y.J. and Eldis, G.T.: Metallurgy of Continuous-Annealed Sheet Steel, AIME Conf. Proc., Warrendale, PA, 1982, 321.

SUMMARY

NEW HOT DIP GALVANIZED HIGH STRENGTH STEEL SHEETS

The application of high strength steel sheets to structural components is an effective way of reducing construction weight and saving material. A separate corrosion protection can be avoided by using hot dip galvanized steel sheets instead of cold rolled sheets.

This article discusses the effect of production parameters on the properties of new hot dip galvanized steels. On the basis of microstructure and properties these steels can be classified as microalloyed structural steels, dual-phase steels and ultra high strength steels.

In the annealing of microalloyed steel sheet the aim is to recrystallize the cold-worked microstructure. The annealing temperature must be higher than that used for carbon steels. Dual-phase steels must be annealed at an accurate intercritical temperature and cooled in a suitable manner to form the desired amount of martensite in the structure. Partially martensitic ultra high strength steels contain about 50 % hard phases. An accurate annealing temperature is important in the production of these steels. High strength can be achieved either by fast cooling or by sufficient alloying.

Isostaattinen kuumapuristus (HIP) ja sen sovellutukset

DI Antero Jokinen, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, metallurgian laboratorio, Espoo

JOHDANTO

Materiaaleille asetetaan yhä suurempia fysikaalisia ja mekaanisia vaatimuksia, mistä johtuen on metallisten materiaalien seosainepitoisuuksia lisätty, raekokoa pienennetty ja pyritty yhä homogeenisempiin mikrorakenteisiin sekä otettu käyttöön komposiitti- ja yhdistelmä-rakenteita. Runsaasti seostettujen metalliseosten kalleuden ja vaikean työstettävyyden vuoksi pyritään tuote valmistamaan 'lähelle lopullista muotoa' (near net shape) mahdollisimman aikaisessa tuotantovaiheessa ja mahdollisimman vähällä hukkamateriaalilla.

Isostaattisella puristusmenetelmällä voidaan valmistaa erilaisia jauhemaisista lähtöaineista joko aihioita tai tuotteita. Saavutetut ominaisuudet ja tuotteiden tasalaatuisuus tekevät kyseisistä menetelmistä varteenotettavan valmistusmenetelmän täydentämään tavanomaista valmistustekniikkaa. Isostaattinen kuumapuristus (hot isostatic pressing, HIP) on pisimmälle viety isostaattinen puristusmenetelmä. Isostaattisessa kuumapuristuksessa yhdistyvät puristus ja sintraus.

ISOSTAATTINEN KUUMAPURISTUSTEKNIikka

HIP-menetelmässä valmistettavaa tuotetta puristetaan paineastiassa isostaattisesti kaasun välityksellä, jolloin siihen vaikuttaa joka puolelta yhtä suuri paine. Tavallisimmin käytetyt kaasut ovat argon ja helium. Puristus-paine on yleensä 100–300 MPa, -lämpötila 500–2000 °C ja -aika useita tunteja materiaalin ja kappaleen mukaan. HIP-käsittelyn eri vaiheet on esitetty kuvassa 1.

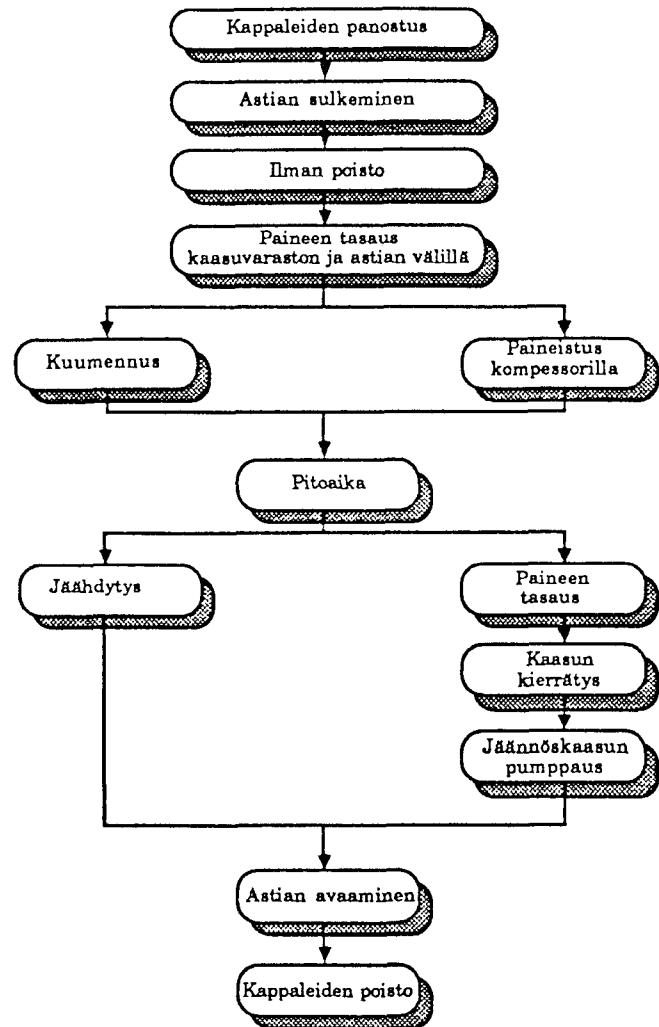
Isostaattisen kuumapuristukseen käytettävä laitteisto koostuu paineastiasta, uunista, kaasunkäsittelylaitteistosta, valvonta- ja ohjauksyksiköstä sekä lisävarusteista, kuva 2, ja sitä sovelletaan pääasiassa seuraaviin tarkoituksiin /3/:

1. Metallijauheiden kiinteyttäminen
2. Diffuusioliittäminen
3. Esisintrattujen tuotteiden tiivistäminen
4. Valujen tiivistäminen
5. Viruneiden materiaalien ominaisuuksien parantaminen.

Metallijauheiden kiinteyttäminen

Metallijauheita kiinteyttämällä voidaan valmistaa aihioita, puolivalmiita myöhemmin mittoihin työstettäviä tuotteita ja 'lähellä lopullista muotoa' olevia kappaleita /3/. Menetelmällä saadaan täysin tiiviitä tuotteita, joissa ei ole haitallisia erkaumia, koloja eikä säröjä. Mekaaniset ominaisuudet ovat paremmat kuin perinteisillä tekniikoilla valmistetuilla kappaleilla. Lisäksi HIP-tekniikalla voidaan valmistaa rakenteita, joita on mahdoton tehdä tavanomaisella valmistustekniikalla.

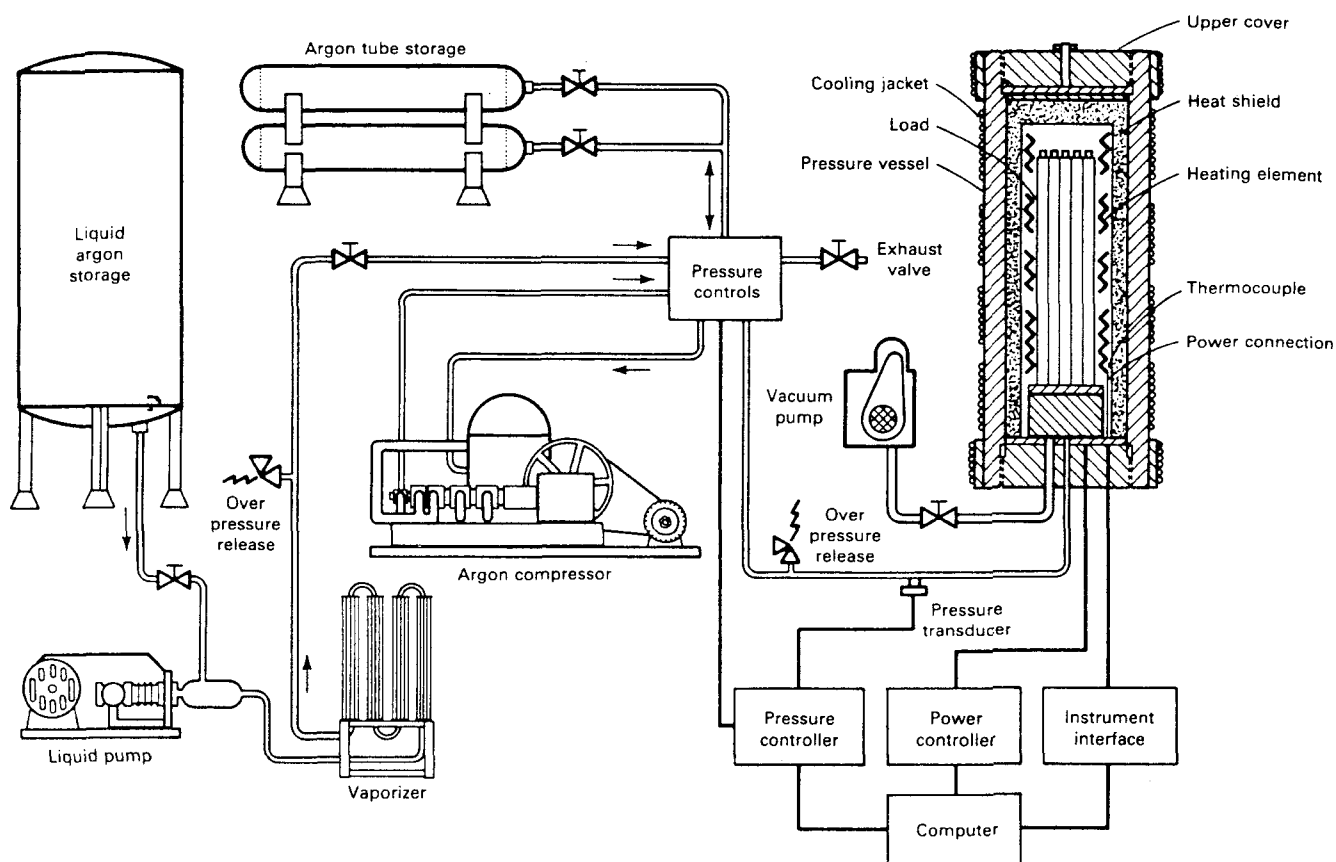
Isostaattista kuumapuristusta varten metallijauheet pakataan metalli-, lasi- tai keraamikapseliin. Täydestä kapselista poistetaan kaasut ja se suljetaan. Metallijauheelle voidaan antaa esimuoto ruiskupuristamalla, muottiinpuristamalla tai isostaattisella kylmäpuristuksella. Tällöin käytetään yleensä lasikapselointia. Mikäli



Kuva 1. Isostaattisen kuumapuristuksen vaiheet /1/.
Fig. 1. The hot isostatic pressing process /1/.

esisintratun puristeen pinnalla ei ole avointa huokoisuutta kapselointi on tarpeeton.

Jauheiden HIP-käsittelyssä on tavoitteena tuottaa huokosettomia kappaleita mahdollisimman lyhyessä ajassa. Tällöin käytetään suurta puristus-painetta ja alhaista lämpötilaa rakeenkasvun estämiseksi. Isostaattisen kuumapuristuksen lämpötila, aika, paine sekä lämmitys- ja jäähdytysnopeudet, joilla saadaan halutut ominaisuudet ja voidaan hallita mittamuutokset, on etsittävä kokeellisesti. Metallien yleinen puristus-paine on noin 100 MPa ja pitoaika 2–4 tuntia /2/. Lämpötilat metallien käsittelyssä on esitetty taulukossa 1.



Kuva 2. HIP-laitteisto /2/.
Fig. 2. The HIP-equipment /2/.

Taulukko 1. Eri metallien HIP-käsittelyn lämpötilat
Table 1. The temperatures for different metals by HIP-treatment.

Metalli	Lämpötila-alue, °C
nikkelipohjaiset seokset	1100–1200
rautapohjaiset seokset	1000–1100
titaanipohjaiset seokset	850– 950
alumiinipohjaiset seokset	480– 530
kuparipohjaiset seokset	750– 850
hienot molybdeeni- ja niobijauheet	1200–1650

Jauhepartikkelien koko vaikuttaa HIP-olosuhteiden valintaan. Mikrometrin kokoluokkaa (0,1–1,0 µm) olevat jauheet voidaan tiivistää 100–200°C matalammissa lämpötiloissa kuin karkeammat (100 µm) jauheet /2/. Tätä hyödynnetään käsiteltäessä kuuma- lujia metalleja (esim. molybdeeniä).

Komposiittimateriaaleissa perusaineeseen on lisätty kulutusta- kestäviä partikkeleita tai lujittavia materiaaleja, jolloin saadaan esim. dispersiolujitettuja tai kuitulujitettuja metalleja. Komposiit- teihin saadaan erittäin hyvä kulumiskestävyys ja korkealämpötila- ominaisuudet. Merkittävin komposiittien etu on niiden suoma mah- dollisuus valmistaa materiaaleja ominaisuuksiltaan kullekin käyttö- kohteelle sopivaksi.

Diffuusioliittäminen

Kaasunpaineen avulla tapahtuva liittäminen on yleistynyt valmis- tettaessa korroosiota ja kulutusta kestäviä levyjä sekä yhdistelmä- rakenteita. HIP-diffuusioliitokset tehdään yleensä n. 1100°C:n lämpötilassa ja 100 MPa:n paineessa /3/. HIP-diffuusioliittämisen

etuna on mahdollisuus käyttää jauhemaisia materiaaleja. Kahden kiinteän materiaalin liitoskohdassa saattavat ongelmaksi muodostua kiillotuksessa ja puhdistuksessa pintaan nousseet kovat partik- kelit esim. karbidit, jotka estävät täydellisen kosketuksen. Tällöin liitoskohdassa joudutaan käyttämään pehmeää välikalvoa, vaikkei se diffuusion kannalta olisi välttämätöntä.

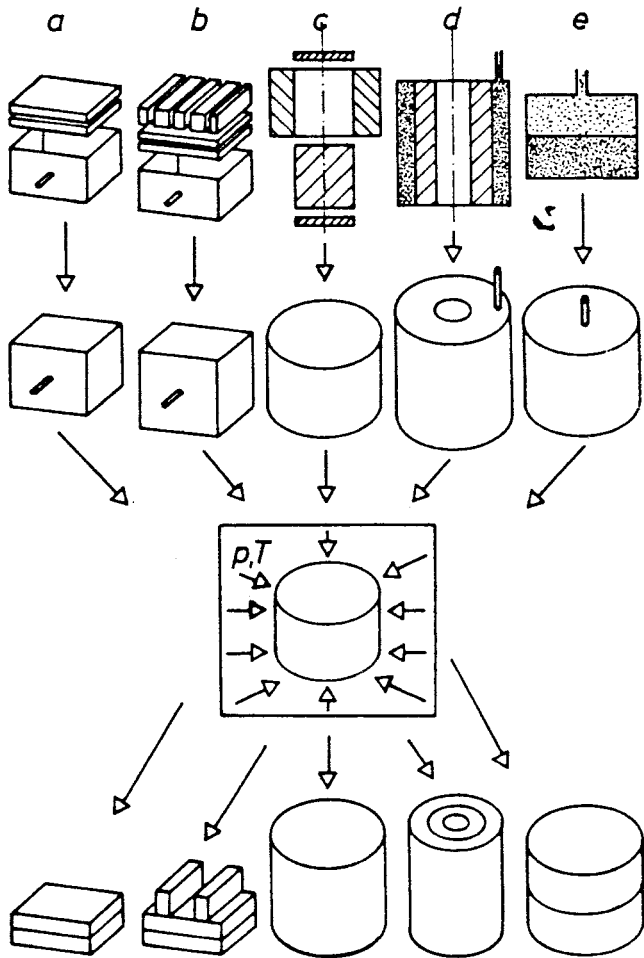
Diffuusioliittäminen voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

1. Kiinteä/kiinteä diffuusioliittäminen
 - päällystäminen (kuva 3a seuraavalla sivulla)
 - moniosaisten rakenteiden valmistaminen (kuva 3b)
 - pinnoittaminen (kuva 3c)
 2. Kiinteä/jauhe-diffuusioliittäminen (kuva 3d)
 3. Jauhe/jauhe-kiinteäyttäminen ja -diffuusioliittäminen (kuva 3e)
- Merkittävimmät HIP-diffuusioliitoksen edut ovat:

- liitokseen saadaan perusmateriaalin ominaisuudet
- voidaan yhdistää hyvinkin erilaisia materiaaleja
- hauraita materiaaleja voidaan liittää ilman murtumisvaaraa
- monimutkaisten kappaleiden liittäminen on mahdollista
- kuitu- ja dispersiolujitteisia materiaaleja voidaan liittää omi- naisuuksien muuttumatta.

Valujen tiivistäminen

Valujen virheitä ovat kaasuhuokokset, haitalliset erkaumat, seosai- neiden suotautuminen ja kutistumat. Suurin osa virheistä voidaan välttää huolellisella suunnittelulla, mutta sisäisten huokosten vält- täminen valuissa on lähes mahdotonta /5/. Valuissa ilmeneviä si- säisiä huokosia ja myös imuonteloita voidaan tiivistää HIP-tekniik- kalla /3/. Valun tiivistäminen parantaa tuotteen lujuutta ja sitkeyttä. Erityisesti väsymislujuus saattaa nousta moninkertaiseksi valu- tilaan verrattuna. HIP-tiivistystä käytetään yleisesti tarkkuusvalu- jen laadun varmistamiseen. Valujen tiivistyksessä käytettävät läm-



Kuva 3. Diffuusioliitoksen toteuttamistavat: a) päällystäminen, b) moniosainen rakenne, c) pinnoitus, d) kiinteä/jauhe-diffuusioliitos ja e) jauhe/jauhe kiinteytyminen ja -diffuusioliitos /4/.

Fig. 3. Fabrication techniques for HIP diffusion bonding, a) claddings, b) complex structures, c) coatings, d) solid/powder diffusion bonding and e) powder/powder densification and diffusion bonding /4/.

pötilat ovat noin 1300°C ja paineet jopa 200 MPa /3, 5/.

Reaktiivisten valujen tiivistyksessä puristavan kaasun on oltava hyvin puhdasta, sillä valua ei kapseloida /3/. HIP-uuni panostetaan aina kylmänä, sillä esilämmittäessä valun hapettumiselta ei voida välttyä. Lämpökäsittelyn yhdistäminen tiivistykseen, mikä on joskus mahdollista, parantaa materiaalin ominaisuuksia.

HIP-MENETELMÄN KÄYTTÖKOhteITA

Isostaattisen kuumapuristuksen sovellutukset ovat lisääntyneet merkittävästi 1980-luvulta lähtien. Nykyään HIP-tekniikkaa käytetään monille tunnetuille materiaaleille ja niistä valmistettaville tuotteille /2, 3/, kuten:

- pikateräksille, ruostumattomille teräksille (18/8–17/4), maraging-teräksille, duplex-teräksille: työkalut, offshore-tarvikkeet
- superseoksille ja titaaniseoksille: turpiinin pyörät, lentokoneen laskutelineen osat
- kovametalleille: kovametallikäntöpalat
- stelliiteille: venttiilin istukat, tiivisterenkaat, holkit, työkalut
- keraamisille materiaaleille: moottorien ja kaasuturpiinien osat, laakerit, leikkaustyökalut
- ei-rautametalleille: lentokoneiden kevytmetalliset osat.

Isostaattista kuumapuristusta käyttäen voidaan jauhemetallurgian suomat edut täysipainoisesti hyödyntää. Metallijauheiden seosainepitoisuuksia voidaan nostaa huomattavasti, sillä jauheiden

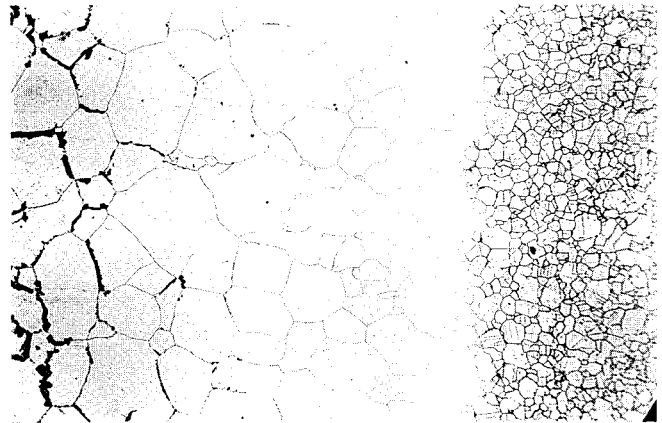
valmistustekniikka estää makroerkautumisen ja usein myös mikroerkautumisen. Isostaattisessa kuumapuristuksessa nopealla jäähdytyksellä (RS, rapid solidification) aikaansaatu rakenne säilyy lähes muuttumattomana, jolloin menetelmällä saadaan mikrorakenteeltaan erittäin homogeeninen ja virheetön tuote. Isostaattisessa kuumapuristuksessa jauhe tiivistyy täyteen tiheyteensä, sillä jauheen tiivistymisessä vaikuttavat diffuusion (vrt. paineeton sintraus) lisäksi virumisdeformaatio. Vastaavat ominaisuudet voidaan saavuttaa ainoastaan pursotuksella tai voimakkaalla muokkauksella.

Isostaattinen kuumapuristus soveltuu erinomaisesti suurten ja yksinkertaisten kappaleiden valmistukseen, jopa 10 tonnin aihioita on kuumapuristettu. Suurten kappaleiden kapselointikustannukset ovat häviävän pieni osa raaka-aineen kustannuksista. Kapselointitekniikan kehittyminen tai HIP-käsittelyn yhdistäminen CIP-käsittelyyn tai ruiskupuristukseen mahdollistavat myös vaikeat muodot.

TUTKIMUSTULOKSIA VTT:SSA

VTT:n metallurgian laboratoriossa on tutkittu stelliitti 21-jauheen ja ruostumaton teräs (AISI 316) -jauheen kiinteyttämistä isostaattisella kuumapuristuksella sekä kyseisten metallien diffuusioliittämistä. Lisäksi on tutkittu TiC- ja kovametallipartikkeleilla (WC-Co) lujitetun teräksen valmistusta ja ominaisuuksia. Materiaalien HIP-käsittelyt on teetetty alihankintana Ruotsissa ja niiden tutkiminen on suoritettu VTT:ssa /6, 7/.

Isostaattisessa kuumapuristuksessa jauheet kiinteytyivät täysin tiiviiksi kappaleiksi ja niiden mikrorakenne oli hyvin hienojakoinen ja homogeeninen. Teräksen ja stelliitin diffuusioliitos oli korkealuokkainen eikä siinä ollut huokosia tai epäpuhtauksia, kuva 4. Yhdistelmämaterialien vetokokeissa kaikki sauvat murtoivat teräksen puolelta, mikä osoittaa sidoksen olleen erittäin vahva /6/.



Kuva 4. Isostaattisella kuumapuristuksella valmistettu diffuusioliitos. Vasemmalla stelliitti 21, keskellä diffuusiiovyöhyke ja oikealla ruostumaton teräs AISI 316.

Fig. 4. The hot isostatic pressed diffusion bonding. From left to right: Stellite 21, diffusion zone, stainless steel (AISI 316).

Teräsmatriisikomposiiteista TiC- ja kovametallipartikkelit (WC-Co) jakautuivat tasaisesti rakenteeseen eivätkä muodostaneet kasautumia, kuva 5 sivulla 113. Materiaalien kulutuskestävyys oli erinomainen sekä voitelemattomissa tappikulutuskokeissa laakeriterästä vasten että kumipyörää vasten tehdyissä abrasiivisissa hiekkakulutuskokeissa. Partikkelit pysyivät hyvin kiinni matriisissa osoittaen, että sidos niiden välillä oli voimakas. Kuitenkin kitkeroin oli suuri tappikulutuskokeissa ja komposiitit aiheuttivat vastinmateriaalin kulumista /7/.

Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaförening ry:n tutkimuslustoet, kirjat ja julkaisut

Tutkimuslustoet: sarja A

	hinta
A 9 "Rikastamoiden jätealuiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"	20,-
A 10 "Kuulurakenteet"	20,-
A 20 "Rikastamoiden instrumentointi"	20,-
A 22 "Tulenkestävät keraamiset materiaalit"	20,-
A 24 "Kaivosten ja avolouhosten geologinen kartoitus"	20,-
A 25 "Geofysikaaliset kenttätöyt I – Painovoimamittaukset"	20,-
A 27 "Kallion rakenteellisten ominaisuuksien vaikutus louhitavuuteen"	45,-
A 32 "Seulonta"	40,-
A 34 "Geologisten joukonäytteiden analysointi"	50,-
A 36b "Pakokaasukomitea – uusimpien julkaisujen sisältämät tutkimustulokset dieselmoottorien saastetuoton vähentämiseksi"	50,-
A 39 "ATK-menetelmien käyttö kallioeräkartoituksissa"	25,-
A 42 "Kaivosten työympäristö"	50,-
A 47 "Murskeen varastointi talviolosuhteissa"	40,-
A 50 "Kaukokartoitus malminetsinnässä"	100,-
A 52 "Suunnattu kairaus"	50,-
A 53 "Kivilajien kairattavuusluokitus"	50,-
A 54 "Nykyaikaiset murskauspiirit"	50,-
A 55 "Murskaus- ja rikastusprosessien asettamat tekniset olosuhdevaatimukset Suomessa"	50,-
A 56 "Pölyntorjunta kaivoksissa"	50,-
A 57 "Palontorjunta kaivoksissa"	50,-
A 58 "Paikan ja suunnan määrittäminen geofysikaalisissa tutkimuksissa"	50,-
A 59 "Utveckling av seismiska metoder för geologiska och bergmekaniska undersökningar"	50,-
A 60 "Holvaautuminen purkumenetelmät"	50,-
A 61/I "Rakeisen materiaalin kosteuden mittaus"	50,-
A 62 "Luettelo Suomessa olevista ja tänne helposti saatavista elementtiyhdistyksistä"	30,-
A 63 "Avolouhoksen seinämän kaltevuuden optimointi"	50,-
A 64 "Suomessa tehdyt kallion jännitystilamittaukset"	50,-
A 65 "Kiintoaineen ja veden erotus"	50,-
A 66 "Pohjavesikysymys kallioiltoissa"	50,-
A 67 "Crosshole seismic investigation"	70,-
A 68 "Automation of a drying process"	70,-
A 69 "Rakeisen materiaalin jatkuvatoiminen kosteuden mittaus"	50,-
A 70 "Happamien ja intermediaaristen magmakivien kivilajimäärittäminen pääalkuainekoostumuksen perusteella"	50,-
A 71 "Kallion tarkkailumittaukset"	50,-
A 72 "Elementtimenetelmien käyttö kaivostilojen lujuuslaskennassa"	50,-
A 73 "Crosshole seismic method"	50,-
A 74 "Pölynerotus ja ilmansuojelu"	70,-
A 75 "Heikkousvyöhykkeiden geofysikaaliset tutkimusmenetelmät"	90,-
A 76 "Teollisuusmineraaliesiintymien raaku- ja malmityyppikartoitus geofysikaalisten menetelmien avulla"	50,-
A 77 "Kaivosten jätevedet, kiinteät jätteet ja ympäristönsuojelu"	50,-
A 78 "Suomen kaivokset ja ympäristönsuojelu"	50,-
A 79 "Kaivosten kiinteiden jätteiden ja jätevesien käsittely – Ohjeita ja suosituksia"	50,-
A 80 "Hienojen raeluokkien rikastus"	100,-
A 81 "Measurement of Rock Stress in Deep Boreholes"	50,-
A 82 "Avolouhosseinämien puhdistus"	70,-
A 83 "Economic Blasting in Open Pits"	50,-
A 84 "Näytteenotto ja havainnointeiko kaivosteknisten kalliominisuuksien selvityksessä"	50,-
A 85 "Mineralisaatioiden luokittelu taajuusalueen spektri-IP-mittauksia käyttämällä"	100,-
A 86 "Kalliokaivojen paikantaminen"	30,-
A 87 "Syvä sähköiset malminetsintämenetelmät"	100,-
A 88 "Suomen nikkelimalmien petrofysikaaliset ominaisuudet."	150,-
A 89/I "Näytteenotto jauheista"	70,-
A 89/II "Näytteenotto jauheista"	70,-
A 91 "Panostuksen mekanisointi ja automatisointi"	70,-
A 92 "Painealvimurskain – kirjallisuus selvitys"	70,-

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

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

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

Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta kirjallisesti osoitteella:

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

LuK Marjatta Parkkinen hoitaa Vuorimiesyhdistyksen jäsenrekisteriä. Mikäli osoite, tehtävät tai vakanssi on muuttunut, pyydämme lähettämään muutostietojen kirjallisena siinä muodossa, jossa haluatte sen "Uutta jäsenistä" palstalle.

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

NatK Marjatta Parkkinen sköter om Bergsmannaföreningens medlemsregister. Om er adress, arbetsuppgifter eller tjänst har ändrats, anholder vi om skriftlig ändringsanmälan, till "Nytt om medlemmarna" spalten.

Adr.: Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PB 280, 02101 ESBO
eller telefax 90-4213888

ILMOITAJAT — ANNONSÖRER

- Oy ATLAS COPCO Ab
- DALSBROK Oy Ab
- HANGON KIRJAPAINO Oy
- KEMIRA Oy, Vihtavuoren tehtaas
- KOMETA Oy
- LAROX Oy
- Oy LOHJA Ab, Sementtitehdas
- MACHINERY Oy, Louhinta ja maansiirto
- OUTOKUMPU CHROME Oy
- OUTOKUMPU ZINC Oy
- OVAKO Oy Ab
- Oy PARTEK Ab
- RAUMA-REPOLA Oy, Nordberg-ryhmä
- RAUTARUUKKI Oy
- Insinööritoimisto SAANIO & RIEKKOLA
- SANDOZ OY
- SUOMEN MALMI Oy
- Oy TAMPELLA Ab, TAMROCK
- Oy TRELLEX Ab
- VOLVO AUTO Oy Ab, Koneosasto

OHJEITA KIRJOITTAJILLE

Lehden painatuskustannusten pienentämiseksi ja ulkoasun yhtenäistämiseksi kirjoittajia pyydetään noudattamaan seuraavia ohjeita:

Käsikirjoitukset on kirjoitettava koneella yhdelle puolelle arkkiä 2-välillä. On pyrittävä lyhyeen ja ytimekkääseen esitystapaan. Artikkelien **suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukkoineen ja kirjallisuuvilitteineen** on 5 painosivua. Toimituksen mielestä lyhennettäviksi mahdolliset käsikirjoitukset palautetaan kirjoittajille korjausta varten. 3 konekirjoitusarkkiä = noin 1 sivu.

Pääotsikot ja alaotsikot erotetaan toisistaan selkeästi.

Kuvat ja taulukot numeroidaan jatkuvasti ja niiden tekstit sekä näiden **englanninkieliset käännökset** kirjoitetaan erilliselle arkille. Kuvien olisi mahdollista yhden palstan leveydelle (85 mm), mutta ne on piirrettävä vähintään kaksinkertaiseen kokoon ottaen viivapaksuuksia ja kirjainkokoja valittaessa huomioon pienennyksen vaikutus. Kuvia ei varusteta kehysviivoin. Kuvien paikat on merkittävä käsikirjoitukseen. Kuvien ja piirustusten tulisi mieluummin olla musta-valkoisia.

Kaavat ja yhtälöt on kirjoitettava selvästi ja yksinkertaiseen muotoon, mahdollisuuksien mukaan välttämällä ala- ja yläindeksien, erikokoisten merkkien ja vieraiden kirjainten käyttöä. On käytettävä SI-yksiköitä.

Kirjallisuusuulitteet numeroidaan jatkuvasti // sulkuihin tekstissä ja esitetään lopussa seuraavassa muodossa:

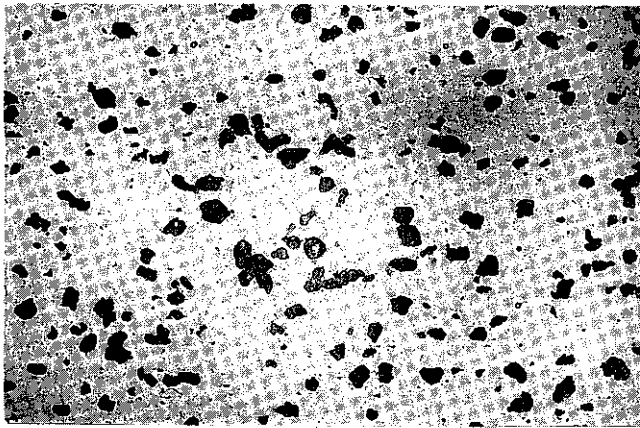
1. *Järvinen, A.*, Vuoriteollisuus — Bergshanteringen, 34 (1976) 35—39.
2. *Kirchberg, H.*, Aufbereitung bergbauilischer Rohstoffe, Bd 1. Verlag Gronau, Jena 1953.

Jokaiselle artikkelille on ilmoitettava **englanninkielinen otsikko sekä laadittava kielellisesti tarkistettu englanninkielinen yhteenveto — summary** — pituudeltaan enintään noin 20 konekirjoitusrivää.

Palauttakaa **aina** käsikirjoitus yhdessä korjatun oikovedoksen kanssa takaisin toimitukseen.

Keväällä ilmestyvään lehteen tarkoitetut artikkelit on lähetettävä toimitukselle **helmikuun loppuun** mennessä, syysnumeroon tarkoitetut **syyskuun loppuun** mennessä.

Eripainoksia toimitetaan kirjoittajan laskuun eri sopimuksella. Eripainoksien minimimäärä on **100 kpl**.



Kuva 5. Isostaattisella kuumapuristuksella valmistetun 10 til.% (WC-Co) sisältävän teräskomposiitin mikrorakenne /7/.
Fig. 5. The microstructure of hot isostatic pressed 10 vol.% (WC-Co) containing steel matrix composite /7/.

KIRJALLISUUS—REFERENCES

1. Järvenpää, M., Jauhe tuotteeksi isostaattisella kuumapuristuksella. Teoksessa: Pulverimetallurgia, uusi tie vaativiin tuotteisiin. Metalliteollisuuden Keskusliitto. Helsinki 1988. 23 s.
2. Metals Handbook. Volume 7. Powder Metallurgy. Publ. American Society for Metals, 9th ed. Ohio 1984. 897 s.
3. Isostatic pressing technology. Publ. Applied Science Publishers Ltd. Essex 1983. 259 s.
4. Nissel, C., HIP diffusion bonding. Powder Metallurgy International 16 (1984) 3, s. 113–116.
5. Stevens, R.A. & Flewitt, P.E.J., Hot Isostatic Pressing to remove porosity & creep damage. Materials in Engineering 3 (1982), s. 461–469.
6. Järvenpää, M., Consolidation and diffusion bonding of stellite and stainless steel by hot isostatic pressing. International Conference on Hot Isostatic Pressing of Materials: Applications and Developments, Atwerp 25–27.4.1988. The Royal Society of Engineers. 7 s.
7. Järvenpää, M., Hot isostatic pressing of wear-resistant composites. Second International Conference on Hot Isostatic Pressing — Theory and Applications, Gaithersburg 7–9.6.1989. National Bureau of Standards. 7 s.

SUMMARY

HOT ISOSTATIC PRESSING AND IT'S APPLICATIONS

Hot Isostatic Pressing (HIP) is a process in which high isostatic pressure is applied to the billet (powder or bulk) at elevated temperatures to make a product or enhance the material properties. During processing, the product is subjected to equal pressure from every side. The most common mediums used in the process are argon and helium. The pressures range from 100 to 300 MPa and the temperatures from 500 to 2000°C. The duration of the processing can be up to several hours, depending on the material or part produced. HIP can be used for consolidation of powders, diffusion bonding of different materials, defect healing of the castings and healing the creep damages. Using HIP it is possible to produce parts with complex shapes and the microstructure of powder metal-

lurgical products is fine and uniform resulting in excellent mechanical properties. Also the joining of different materials gives strong bonding without any brittle intermetallic phases or impurities in the interfaces of the materials. The research done in the Metallurgy Laboratory of VTT showed that HIP makes it possible to produce stellite 21 and stainless steel (AISI 316) products with very fine and homogeneous microstructures. Also the diffusion bonding between the above-mentioned materials was of high quality. In the hot isostatic pressing of steel matrix composites the reinforcing particulates (TiC and WC-Co) were evenly distributed, giving a good wear resistance.

Rikastus- ja prosessimiehet Kuolassa

Yhdistyksen rikastus- ja prosessitekniikan jaosto teki syyskeskursion 10–14.9.1990 Kuolaan Apatitiin.

Matkalle lähti 20 innokasta jäsentä. Matka alkoi varsinaisesti Ivalon lentokentältä maanantaina 10.9, josta lähdimme bussilla ensin kohti Raja-Jooseppia. Rajalla oli meitä vastassa Apatit tuotantoyhtymän edustaja herra Gerontiev tulkin kanssa. Matka jatkui varsin huonoa hiekkatietä Ylä-Tuloman kautta Kuolaan ja siitä jonkin verran parempaa tietä surullisen kuuluisan Montsegorskin ohi Apatitiin ja edelleen Kirovskiin. Perillä olimme vasta aamuyöllä. Meidät majoitettiin yhtymän profylaktiseen sanatorioon. Seuraavana aamuna alkoi ohjelma ensin tuotantoyhtymän yleisesittelyllä ja mineraalimuseoon tutustumisella. Yleisesittelyn suoritti tekninen johtaja V. Kaitmazov. Lisäksi paikalla oli teknisen osaston päällikkö A. Bagrebniak, tekninen apulaisjohtaja N. Gandrusov sekä molempien suurten rikastamoiden päär rikastusinsinöörit V. Leus ja V. Golovanov.

Apatit tuotantoyhtymä on 23000:n ihmisen, neljän kaivoksen ja kolmen rikastamon kolossi, jonka kokonaislouhinta on 59 milj. tonnia vuodessa. Tästä tuotetaan noin 20 milj. tonnia apatiittirikas-

tetta ja noin 1,7 milj. tonnia nefeliinirikastetta.

Kaivoksista suurin on keskuskaivos, jonka louhinta on avolouhoksesta 27,5 milj. t/v. Muut kaivokset ovat maanalaisia. Niistä tällä hetkellä suurin on lohkosorrostouhintaa käyttävä Kirovsk, missä louhitaan 15 milj. t/v, sitten Itäinen kaivos 13 milj. t/v ja pienimpänä Rasvumcorrkij 4,5 milj. t/v. Johtaja Kaitmazov kertoi, että keskuskaivoksella on n. 14 vuotta elinikää jäljellä. Sen louhinta ja lisäksi n. 6 milj. t/v malmin laadun heikkenemisen vuoksi tulee tällöin saada maan alta. Kirovsk kasvane n. 25 milj. t/v louhintaan ja Itäinen 15–20 milj. t/v tasolle. Lisäksi tullaan avaamaan uusia maanalaisia kaivoksia. Rikastamoista vanhan ANOF 1:n sulkemista suunniteltiin vuoden -92 lopussa. Nyt sen kapasiteetti on 12,5 milj. t/v. Uudempi ANOF 2, joka on aloittanut tuotannon 1969, käsittelee malmia nyt n. 39 milj. t/v. Uusin ANOF 3 käsittelee nyt yhdellä valmiilla sektioillaan n. 8,5 milj. t/v ja tulee käsittelemään, kun kaikki kolme sektiota ovat valmiit n. 28 milj. t/v. Jotta lisääntyvä malmimäärä voitaisiin käsitellä olivat isännät suunnittelemassa ANOF 2:n modernisointia.

Kivimuseokierroksen jälkeen lähdimme tutustumaan Kirovs-

kaivokseen. Emme päässeet maan alle, joten vierailu jäi pintapuoliseksi. Iltapäivä korvasi aamupäivän. Pääinsinööri Valeri Leusin johtamana tutustuimme ANOF 3:een varsin tarkasti. Kaivoksen suunnittelu on aloitettu 1978 ja tuotantoon on päästy murskauksen osalta 1984 ja rikastetta ensimmäinen sektio tuotti 1988. Toista sektiota rakennettiin kiiwaasti, mutta kolmas lienee vasta suunnittelulauodoilla. Laitos on tarkoitettu itäisen kaivoksen heikompileatuuisille malmeille, joissa P_2O_5 pitoisuus on 12–13 %.

Vierailu alkoi hienosti demonstraatiolla lyhyen malmijunan kaa-taessa 100 tonnin vaunuista mal-mia primäärikaramurskaimeen. Murskaus oli tavanomainen kolmivaiheinen. Jauhatus hoidettiin neljällä rinnakkaisella yksivaiheisella kuulamylyllä. Myllyt olivat sulkeisessa piirissä kaksivaiheisen syk-lonipatterin kanssa. Vaahdotuksessa komeilivat Outokummun OK-38 koneet. Vaahdotuspiiri oli tavanomainen neljine kertausineen ja välijauhatusineen. Kemikaaleina olivat mäntyöljy, vesilasi, sooda ja modifikaattori OP4. Vedenpoisto tapahtui kiekkosuotimilla. Rikaste kuivattiin rumpukuivaimilla 1–1,5 %:n kosteuteen. Rikastamolla oli myös Outokummun Pro-scon. Saannit olivat 93–94 % ja rikasteen pitoisuus 38–39 % P_2O_5 .

Suuressa maassa on suuret laitokset. Rakennukset olivat valta-via, rakennuskuutiota oli runsaasti yli sen, mihin meillä suunnitte-lijat pyrkivät.

Seuraavana päivänä lähdimme aamulla keskuskaivokselle, joka sijaitsee yli kilometrin korkeudessa Hii-pinän tuntureilla. Kaivok-sen johtaja Sereginin mukaan matkalaisilla kävi tuuri, koska kai-vos on yli 270 päivää vuodessa sumussa ja keskilämpötila on

–3,5°C. Kuten kaivoksella otetusta kuvasta näkyy, oli sää mitä parhain. Kaivoksella on töissä n. 2000 henkeä, joiden voimin lou-hitaan 27,5 milj. t mal-mia ja 15 milj. t sivukiveä. Kukin kenttä on 100–400000 t. Malmi lastattiin 8 m³ kaivinkoneilla 120 t dumppe-reihin ja kuljetettiin kaatonousuille louhoksen reunalle. Dumppe-reita näkyi omien merkkien lisäksi Komatsuja ja Lectra Hauleja. Kaatonousussa mal-mi putoaa n. 400 m, josta se lastataan n. 2000 tonnin juniin ja kuljetetaan rikastamoille.

Iltapäivällä oli ohjelmassa rikastamo ANOF 2, jossa oppaanam-me oli pääinsinööri Golovanov. Hänen laitoksensa oli valtava. Kuulajauhatuspiirejä on 31 rinnan, vaahdotuskennoja 1400 akselia 7 m³ kennoja. Neljän jauhatuspiirin, à 200 t/h, ylitteet yhdistettiin ja jaettiin lietteenjakajalla vaahdotuskennosektioon. Jauhatuskessa oli luokittimina syk-lonien lisäksi suuret spiraaliluokittimet. Vaah-dotuksessa paremman malmin ansiosta oli vain kolme kertausta. Saannit ja pitoisuudet olivat hyvin samanlaiset kuin ANOF 3:ssa. Prosessi oli muuten samantapainen kuin ANOF 3:ssa, mutta kaikki laitteet pienempiä. Rikastamolla oli 2000 henkeä töissä korjaus-miehet mukaanlukien. Ins. Golovanov totesi, että laitos on uusimi-sen tarpeessa.

Illalla olimme isäntien kesänviettopaikalla Imandra järven ran-nalla. Ohjelmassa oli saunomista ja paljon puheita ja jokunen mal-jakin, mitä nyt puheiden välissä ehdimme. Torstai aamuna kukon-laulun aikaan kuljettajamme Juha Laituri paimensi vaisun joukon bussiinsa ja matka kohti Murmanskia ja rajaa alkoi.

Kari Heiskanen



Retkeläisjoukko Keskuskaivoksella.

In Memoriam



HANS JOHAN BJÖRNBERG
30.6.1944 – 26.5.1990

Endast tre år hann Hans J. Björnberg verka som koncernchef för Partek innan den svåra sjukdom han kämpade med tvingade honom att lämna sin post i slutet av januari, endast fyrtiofem år gammal.

Men under de tre åren hann han med mycket. Koncernen koncentrerade sig på några affärsområden och växte kraftigt, särskilt utomlands. Det är knappast en överdrift när man inom Partek idag säger att koncernen är starkare än någonsin.

Björnberg kom till sin VD-post med en stor portion erfarenhet. Han hade varit styrelseordförande i Partek i tio år och i många år arbetat i familjebolaget Myllykoski Oy, som viceverkställande direktör sedan 1976.

De som hade att göra med Hans Björnberg kommer att minnas inte bara hans tveklöst framgångsrika karriär som företagsledare utan också, och särskilt, honom som människa.

Han var öppen och inspirerande, intensiv. Han företrädde en informell människonära ledarstil. Han försökte ständigt aktivt vara med där det hände och där jobbet gjordes. Det skaffade honom de anställdas stöd, han var en omtyckt chef. Det skaffade honom respekt i de många olika sammanhang han var med, främst i olika företag och näringslivets organisationer. Men han fann tid också för annat. I många år var han verksam i hemtraktens fotbollslag, Myllykosken Pallo.

Hans J. Björnberg, vars liv sloknade mänskligt sett så tidigt, efterlämnar ett stort tomrum som företagsledare och människa, men genom sorgen ser vi att han levtt ett rikt liv.

Christoffer Taxell

Hans Johan Björnberg var medlem i Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.:s gruvsektion från och med år 1988.

Redaktionen

UUSIA JÄSENIÄ — NYA MEDLEMMAR

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

Kokouksessa 21.08.1990

- Antola, Tuomas**, DI, s. 21.04.1961, kehitysinsinööri, Dalsbruk Oy Ab Koverhar, Os.: Esplanadi 92 B 15, 10900 HANKO, Jaosto: met.
- Asikainen, Jari-Jukka**, DI, s. 25.12.1955, tutkimus- ja kehitysinsinööri, Ovako Steel, Os.: Terästehdas B 106/1, 55610 IMATRA, Jaosto: met.
- Elomaa, Risto**, DI, s. 22.02.1946, tulosryhmäpäällikkö järjestelmät, Outokumpu Electronics Oy, Os.: Laajalahdentie 16 A 7, 00330 HELSINKI, Jaosto: rik.
- Elomaa, Pentti** Kalevi Jalmar, 120 ov, s. 13.05.1951, ATK-suunnittelija käytön esimies, GTK ATK-osasto, Os.: Iivisniemenkatu 2 G 99, 02260 ESPOO, Jaosto: geo.
- Johansson, Jarmo** Kalle, DI, s. 12.11.1963, tutkija, Ovako kehityskeskus, Os.: Terästehdas B 88 as 10, 55610 IMATRA, Jaosto: met.
- Järnefelt, Wilhelm**, DI, s. 28.06.1949, aluejohtaja, IMPAC SA, Os.: Tammihaantie 2 A 4, 02940 ESPOO, Jaosto: met.
- Kiiski, Arto** Antero, DI, s. 09.10.1962, prosessi-insinööri, Outokumpu Magnets Oy Pori, Os.: Lahnakuja 1 B 10, 28300 PORI, Jaosto: met.
- Kivelä, Esa** Tapani, DI, s. 16.08.1963, jatkuvalun tutkimusinsinööri, Rautaruukki Oy Raahe, Os.: Virkakatu 8 F 22, 90570 OULU, Jaosto: met.
- Kivenne, Timo** Antero, DI, s. 23.07.1942, myyntijohtaja, Warman International Scandinavia Oy, Os.: Korsutie 4 A 2, 16600 JÄRVELÄ, Jaosto: rik.
- Kokkala, Kari** Arvo Antero, DI, s. 16.04.1953, työsuunnittelija, AP-konepaja Kokkola, Os.: Sotjala, 14700 HAUHO, Jaosto: met.
- Kärki, Aulis** Juhani, FK, s. 16.07.1955, v.s. assistentti/geologi, Oulun yliopisto, Os.: Hevosenkengäntie 23, 90540 OULU, Jaosto: geo.
- Lindstedt, Anja**, DI, s. 08.03.1960, tutkimusinsinööri, Rautaruukki Oy Raahen terästehdas, Os.: Pihkakuja 23, 92160 SALOINEN, Jaosto: met.
- Lukander, Tuula** Anneli, FK, s. 19.06.1940, laitteet-tulosryhmän johtaja, Outokumpu Electronics Oy, Os.: Helenankuja 7 B, 02700 KAUNIAINEN, Jaosto: rik.
- Nevala, Hannu**, DI, s. 23.01.1960, tutkimusinsinööri, Rautaruukki Oy Raahen terästehdas, Os.: Lahntie 4 A 3, 90550 OULU, Jaosto: met.
- Norrgård, Göran**, ins., s. 16.06.1945, projektinsinööri, Valmet Pansio fabrik, Os.: Tara, 21600 PARGAS, Jaosto: rik.
- Pihlajaniemi, Markku** Tapani, ins., s. 26.02.1951, toimitusjohtaja, Saxo Oy, Os.: Latvakuja 13 A, 01400 VANTAA, Jaosto: geo.
- Pitkälampi, Jukka** Tapani, FK, s. 04.09.1960, projektigeologi, Outokumpu Finmines Oy Pyhäsalmen kaivos, Os.: Koivikkotie 3 B, 86900 PYHÄKUMPU, Jaosto: geo.
- Rantala, Eeva** Kaisa, FK, s. 04.11.1957, geologi rakennusgeologiset suunnittelutehtävät, Suunnittelukeskus Oy, Os.: Koivukylän puistotie 14 B 36, 01360 VANTAA, Jaosto: geo.
- Raustela, Jarmo** Antero, DI, s. 22.12.1959, myynti-insinööri, Outokumpu Magnets Oy, Os.: Ampiaisentie 13 C, 28200 PORI, Jaosto: met.
- Ruokonen, Jaana** Maarit, DI, s. 21.08.1962, ATK-suunnittelija, GTK geofysiikan osasto lentoryhmä, Os.: Kolmperänkuja 6, 02820 ESPOO, Jaosto: geo.
- Rönkkö, Paavo** Tapani, DI, s. 13.08.1955, tuotantoinsinööri, Dow Suomi Oy Hamina, Os.: Vaapukkatie 4, 49400 HAMINA, Jaosto: met.
- Vaittinen, Tiina** Anneli, DI, s. 06.06.1959, tutkija kallioperän rakennetekniikka, VTT/GEO, Os.: Oksakarhinmäki 4 D 8, 02340 ESPOO, Jaosto: geo.
- Vallius, Henry** Tapani Valdemar, FK, s. 07.03.1957, geologi, GTK, Os.: Uudenmaankatu 12 B 30, 20500 TURKU, Jaosto: geo.
- Virtanen, Antti** Samuli, DI, s. 18.05.1958, rikastamon käyttöpäällikkö, Oy Partek Ab Lappeenranta, Os.: Huhtiniemenkatu 6 B 9, 53810 LAPPEENRANTA, Jaosto: rik.

Kokouksessa 01.11.1990

- Marttala, Karl-Erik**, ins., s. 27.06.1948, kaivososaston päällikkö, Viscaria Ab, Os.: Tuolluvaaravägen 80, S-98141 KIRUNA, Jaosto: kai.
- Puhakka, Maria** Kristiina, DI, s. 20.06.1963, tutkimusinsinööri/poraus-tekniikka, Oy Tampella Ab Tamrock, Os.: Rauhaniementie 26 A 25, 33180 TAMPERE, Jaosto: kai.
- Puhakka, Risto** Juhani, DI, s. 24.12.1964, TKK kalliotekniikan laboratorio, Os.: Linnustajantie 6 G 42, 02940 ESPOO, Jaosto: kai.
- Pystynen, Veli** Esko, DI, s. 24.02.1960, tutkimusinsinööri, Outokumpu Finmines Oy Vammalan kaivos, Os.: Itsenäisyudentie 14 C 22, 38200 VAMMALA, Jaosto: kai.
- Toivanen, Risto-Matti** Petteri, DI, s. 10.12.1958, projekti-insinööri, Outokumpu Mining Services, Os.: Aittatie 16 B 16, 00390 HELSINKI, Jaosto: kai.
- Vuokko, Jouko** Kalevi, FK, s. 21.10.1951, geologi/kiviainesprojekti, GTK, Os.: Kettupolku 2 D 16, 21600 PARAINEN, Jaosto: geo.

**UUTTA JÄSENIÄ —
NYTT OM MEDLEMMARNA**

Isomäki, Olli-Pekka, FM, Outokumpu Finnmines Oy Enonkosken kaivos, vastaava kaivosgeologi.

Kaislaniemi, Ippo, DI, Ahlström Japan Co., Ltd., President., Os.: Ahlström Bldg., 1-19-6 Hongo, Bunkyo-ku, TOKYO 113, JAPAN.

Koivisto, Harri, DI, Oy Partek Ab mineraaliteollisuus, projektipäällikkö. Os.: Paraistentie 12 B, 53650 LAPPEENRANTA.

Pesonen, Herkko, TKL, Mactive Oy, toimitusjohtaja.

**SUORITETTUA TUTKINTOJA —
AVLAGDA EXAMINA**

HELSINGIN YLIOPISTO

**Geologian laitos
Geologian ja mineralogian osasto**

Filosofian lisensiaatti:

Vaarma, Markus: "Pohjanmaan liuskevyöhykkeen geologia Evijärven alueella".

Tutkimusalue, pinta-alaltaan n. 660 km², sijaitsee Etelä-Pohjanmaalla, Evijärven karttalehdellä (2314) kattaen lehdet 05, 06, 08, 09, 11 ja 12 sekä lehtien 02 ja 03 itäosat.

Kivilajikuvausten lisäksi mafisten metavulkaniittien, karsikivien ja sulfidi-grafiittiliuskeiden geokemiaa on tarkasteltu yhteensä 52 analyysin perusteella. Kalliokankaan ja Aukeannevankankaan tonaliittipahkujen geokemiaa on tutkittu 10 analyysin avulla. Metamorfoosin olosuhteita on selvitetty pääasiassa metapeliittien ja karsikivien mineraaliseurueiden avulla. Rakenegeologiaa on selvitetty primaarihavaintomateriaalista tehtyjen johdannaiskarttojen avulla ja esitetty käsitys stratigrafiasta.

Tutkimusalueella suprakrustinen liuskevyöhyke koostuu suurimmaksi osaksi turbidiittisista metagrauvakoista-metapeliiteistä. Välisueina metagrauvakoissa on metavulkaniittijaksoja, joiden yhteydessä esiintyy karsikiviä ja mustaliuskeita. Metavulkaniitit ovat enimmäkseen tholeiittisia basaltteja ja basaltisia andesiittejä. Tyypillistä ovat alhaiset K- ja melko korkeat Na-pitoisuudet, jotka voivat osaksi olla primaarisia, mutta osaksi myös muuttumisen tulosta. Mafisten metavulkaniittien lantanoidimallit osoittavat enimmäkseen kevyen pään rikastumaa, mutta myös kondriittisiä ja kevyistä lantanoidista köyhtyneitä malleja esiintyy. Niiden tektonomaattisissa luonteissa on vaihtelua, mutta tyypillistä on yleensä saarikaari-luonteen puuttuminen. Läntisten vulkaniittijaksojen (Aho ja Raisjoki) kivet muistuttavat subkalkalialaatan sisäisiä basaltteja (WPB) tai E-tyypin valtameren keskiselännebasaltteja (E-MORB). Idempänä Patanan jakson metavulkaniitit muistuttavat lähinnä N-tyyppisiä valtameren keskiselännebasaltteja (N-MORB) tai saarikaaren alhaisen K:n tholeiitteja. Isonkylän alueella pyroklastiitit ovat vallitsevia ja kivet ovat luonteeltaan transitiivisia saarikaarten kalkkialkalisten kivien suuntaan.

Tonaliittipahkut ovat syntektonisia, iältään 1923 ± 10 Ma ja geokemialtaan I-tyypin kalkkialkaliala (Peacock'n kalkkialkali-indeksi on 58–59) intrusioita ja muistuttavat Lounais-Suomen tonaliitteja.

Metamorfoosi on tutkimusalueella tapahtunut pääasiassa muskoviitin stabiilisuusalueella. Metapeliittien mineraaliseurueissa on alueen itäosissa stauroliittia ja granaattia. Keskiosissa stauroliitti puuttuu ja kivessä on muskoviittisia andalusitiin pseudomorfeja. Alueen länsiosissa metapeliittien porfyroblastit ovat kalimaasälpää ja sillimanniittia. Metamorfoosin aikana paine on ollut 4–5 kb ja lämpötila 600–650°C. Paine ja lämpötila kasvatat kohti länttä.

Tutkimusalueen liuskeet ovat poimuttuneet neljässä deformaatiovaiheessa. F₁-poimutus on tiukka-isokliininen ja sen amplitudi on ilmeisesti huomattavasti suurempi kuin aallonpituus. F₂-poimutukseen liittyy voimakas akselitasollisuus (S₂), joka lähes poikkeuksetta on kerrossellisuutta leikkaavaa. F₃-poimutus on koaksiaalinen F₂:n kanssa. F₃:een liittyy krenulaatiota (S₃). F₄ on avoin poimutus. Sen aallonpituus on amplitudista suurempi ja poimukselin suunta on loiva luoteinen. Alueen syväkivet ovat syntektonisia. Ne liittyvät pääasiassa toiseen ja kolmanteen deformaatiovaiheeseen.

Stratigrafiata luonnehtii grauvakkasedimentaation ja vulkaanisen toiminnan vuorottelu. Grauvakoiden vulkanogeenisista välisueista kerrostuivat ensin laatan sisäisiä basaltteja (WPB) tai E-tyypin valtameren keskiselännebasaltteja (E-MORB) muistuttavat materiaalit, sitten N-tyypin valtameren keskiselännebasaltteja (N-MORB) tai saarikaaren alhaisen K:n tholeiitteja muistuttavat ainekset ja ylimmiksi välisueiksi saarikaaren kalkkialkaliseen suuntaan transitiiviset tyypit.

Filosofian kandidaatit:

Fagerström, Pia: "Karttulan kunnan Koskenkylän ja Airakselan alueen kivilajeista".

Kuosmanen, Eira: "Uraanin esiintyminen Kuhmon Hepovaaralla".

OULUN YLIOPISTO

Geofysiikan laitos

Filosofian kandidaatti:

Koivukoski, Kari: "SVEKA-profiilin magnetotelluuriset tutkimukset".

TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

Materiaali- ja kalliitekniikan laitos

Tekniikan lisensiaatti:

Järvinen, Olli: "Keraamisten kuitujen valmistukseen vaikuttavat tekijät".

Työn tarkoituksena oli tutkia keraamisten kuitujen valmistukseen vaikuttavia tekijöitä.

Työn teoreettinen osa tarkastelee kahta keraamisten kuitujen valmistukseen vaikuttavaa tärkeää parametria viskositeettia ja pintajännitystä ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Siinä on myös lyhyesti kuvattu kuidun valmistuksen kehityshistoriaa, tavallisimpia kuidun valmistusmenetelmiä ja kuitujen käyttökohteita.

Työn kokeellisessa osassa tutkittiin eri rautasilikaattiseoksia. Näiden kuonien viskositeetit mitattiin lämpötilan funktiona. Viskositeetti oli näille kuonaseoksille välillä 1.15–3.2 Pas lämpötilassa 1500°C. Sulien kuonien pintajännitysmittausta varten rakennettiin maksimikuoplaperiaatteella toimiva laitteisto. Pintajännitys oli välillä 384–529 mN/m lämpötilassa 1500°C. Metallurgian laboratoriossa rakennettiin myös linkopyörallaiteisto, jolla valmistettiin kuonasta keraamista kuitua. Tutkittujen kuitujen rakenne oli olennaisesti lasimainen. Kuitujen halkaisijat olivat välillä 9.85–15.76 µm ja ominaispinta-ala välillä 1.61–3.64 m²/g.

Kuidutus onnistui suhteellisen hyvin, mutta eri tekijöiden vaikutusta kuiduttamiseen on vaikea selvittää pienessä skaalassa. Näiden asioiden selvittäminen vaatisi lisätutkimusta.

TURUN YLIOPISTO

Geologian laitos

Filosofian lisensiaatit:

Johansson, Peter: "Deglasiaatio Saariselän alueella, Itä-Lapissa".

Tutkimuksessa selvitettiin mannerjäätikön deglasiaation eli sulamisvaiheen aikana syntyneitä erilaisia maaperägeologisia muotoja Saariselän tunturialueella ja sen lähiympäristössä Pohjois-Suomessa. Maastotutkimukset suoritettiin Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartoitustyön yhteydessä vuosina 1985–1989. Tutkimuksessa käytettiin apuna ilmakuvia, karttoja, erilaisia kairauksia, tutkimuskuoppien kaivua sekä maatutkaluotaustuloksia.

Tutkittuihin maaperämuotoihin kuuluvat erilaiset moreeni- ja glasifluviaaliset kerrostumat. Niitä ovat kumpumoreenit, harjut, deltat ja laaksontäytteet. Eroosiomuodot, kuten eri tyyppiset kurut ja lieveuomat ovat tunturialueella yleisiä. Mannerjäätikön sulamisvaiheen aikana tunturien eteläpuolelle patoutui useita jääjärviä. Niistä sulamisvedet purkautuivat aluksi pohjoiseen kohti Jäämerta, ja jäätikön reunan vetäytyessä tutkimusalueelta kohti lounasta, virtaus muuttui itään tai etelään.

Tulosten avulla on selvitetty jäätikön toimintaa, sen dynamiikkaa ja liikesuuntaa deglasiaation eri vaiheissa. Jäätikön lopullinen häviäminen tapahtui 9500–9300 vuotta sitten. Jäätikön reunan keskimmäinen vuosittainen perääntymisnopeus oli tällöin 130–170 metriä.

Pajunen, Hannu: "Akanyarun jokilaaksosuot ja turpeen energiakäyttömahdollisuudet Burundissa Keski-Afrikassa".

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Keski-Afrikassa Burundissa sijaitsevien Akanyarun jokilaaksosoiden kasvillisuutta, kehitystä, turpeen ominaisuuksia ja turpeen käyttömahdollisuuksia Burundin energiahuollossa. Aineisto on koottu Burundissa tehdyn turvealan kehitysyhteistyöprojektin yhteydessä.

Soiden kasvillisuus, turvelajit ja turpeen maantuneisuus sekä soiden pinnanmuodot määritettiin maastossa 15 kk kestäneiden kenttätöiden aikana. Laboratoriossa määritettiin turpeen vesipitoisuus, tuhkapitoisuus, lämpöarvo ja alkuaineet sekä tuhkan koostumus ja sulamisominaisuudet. Turvekerrosten ikä selvitettiin radiohiiliajoituksilla. Käyttökelpoisen turpeen määrää laskettiin kenttämittausten ja laboratoriotulosten perusteella. Kirjallisuuden perusteella selvitettiin turpeen käyttömahdollisuuksia Burundin energiahuollossa.

Akanyarun jokilaaksosuot ovat turvegeologisesti ajatellen poikkeuksellisen syviä. Suurin tavattu turvekerroksen paksuus oli 32,7 m. Soiden kehitys on alkanut noin 20000 vuotta sitten. Turpeen keskimääräinen muodostumisnopeus on Buyongwen suossa 2,3 mm/v ja Ndurumun suossa 1,6 mm/v. Orgaanista kuiva-ainetta on varastoitunut kyseisissä soissa keskimäärin 2090 kg/ha/v ja 1050 kg/ha/v.

Tärkein turvetta muodostava kasvi on **Cyperus papyrus**. Se peittää suurinta osaa suoalueesta. Muita merkittäviä turpeen muodostajia ovat **Cyperus latifolius**, **Miscanthidium violaceum**, saniaiset ja puut.

Jokien kuljettama epäorgaaninen aines kerrostuu suolle epätasaisesti. Se aiheuttaa suuria tuhkapitoisuuden vaihteluita sekä horisontaali- että vertikaalisuunnassa. Turpeen tuhka- ja rikkipitoisuudet ovat korkeampia kuin lauhkean ja viileän ilmastovyöhykkeen soissa.

Burundin turvevarat ovat noin 155 milj. t laskettuna 30 % kosteana turpeena. Polttoturvetta käytetään nykyisin vuosittain 15000 t. Metsien voimakkaan vähenemisen takia on polttopuun osittainen korvaaminen turpeella toivottavaa. Turpeen käyttöä voitaisiin lisätä nykyisin polttopuuta käyttävässä pienteollisuudessa. Taajamissa voitaisiin puuhien käyttöä korvata turpeesta valmistetulla hiilellä.

Palmu, Jukka-Pekka: "Karkkilan-Mäntsälän alueen moreeni muodostumat ja aineksen laatu".

Karkkilan-Mäntsälän alueella selvitettiin moreeni muodostumien synty, niiden aineksen rakeisuus ja rakeisuuteen vaikuttavat tekijät. Aineksen käyttökelpoisuutta arvioitiin raekoostumuksen perusteella.

Tutkimusalue oli 1:100 000-karttalehtien 2042 (Karkkila) ja 2044 (Riihimäki) alue. Alueella on lähes kaikki Suomessa tavattavat moreeni muodostumatyyppit ja muodostumatiheys on suuri ennenkaikkea tutkimusalueen länsiosassa. Kaikki kolme Salpausselkää kulkevat tutkimusalueen poikki.

Muodostumien aineksen rakeisuus tutkittiin uranäytteenotolla, näytteen ottaessa keskimäärin noin 16 kg $\phi < 64$ mm ainesta. Uranäytteitä otettiin 219 kappaletta. Lisäksi otettiin 49 pienempää rakeisuusnäytettä. Kivisyys ($\phi 64-600$ mm) määritettiin verkkomittausmenetelmällä.

Reunamoreeniselänteiden syntyvät ja aines vaihtelevat suuresti. Syntyä voi olla pääosin subglasiaalinen, jolloin aines vastaa pohjamoreenia. Useimmiten selänteiden distaaliosan aines on kuitenkin massaliikuntadiamiktoneja ja glasifluviaalista ainesta. Selänteet, joiden aines on pääosin pohjamoreenia ovat muita selänteitä matalampia ja niiden proksimaalirinteet ovat loivia. Pääosin glasifluviaalisesta aineksesta koostuvat selänteet ovat yleensä proksimaalirinteiltään jyrkkiä ja muita selänteitä kookkaampia.

Kumpumoreenimuodostumien aines on yleensä pohjamoreenia huuhtoutuneempaa. Kivisyys on korkea, jos jäätikkö on louhinut kallioperää sopivasta kalliokohoumasta tai rikkonaisesta kallioperästä.

Reunamoreeniselänteiden aines on käyttökelpoisempaa kuin kumpumoreenikohteiden aines ja varsinkin pohjamoreeni. Selänteiden aines on yleensä kivistä ja soraista ja hienoainespitoisuus sekä hiekan osuus ovat suhteellisesti alhaisia. Alhaisimpaan käyttökelpoisuusluokkaan (kivisyys 15 % tai vähemmän tai hienoainespitoisuus yli 20 %) kuuluu kohteista vain viidesosa. Kolmasosassa kohteita käyttökelpoisuusluokkaa on korkein eli kivisyys on yli 25 % ja hienoainespitoisuus alle 13 %. H Salpausselän kohteiden aineksen käyttökelpoisuus on alhaisempi kuin muilla alueilla.

Kumpumoreenimuodostumien aineksen käyttökelpoisuus vaihtelee suuresti, jopa samassa koekuopassa tai leikkauksessa. Hienoainespitoisuus on useimmiten suhteellisen alhainen, mutta hiekan, soran osuudet ja kivisyys vaihtelevat suuresti.

Pohjamoreenin käyttökelpoisuus on alhaisempi kuin reuna- ja kumpumoreenimuodostumien aineksella. Kivisyys ja soran osuus ovat alhaisia. Hienoainespitoisuus ja varsinkin hiekan osuus on korkeampi. Vain 10 % pohjamoreenikohteista on korkeimmassa käyttökelpoisuusluokassa. Alhaisimmassa käyttökelpoisuusluokassa on yli 60 % pohjamoreenikohteista. Salpausselkien etumaaston pohjamoreeni on selvästi käyttökelpoisempaa kuin muilla alueilla.

Filosofian kandidaatit:

Haihu, Kirsti: "Radiohiiliajoitus Turun Yliopistossa".

Korkka-Niemi, Kirsti: "Kaivosien vuoden 1958 ja 1989 laadun vertailu lähinnä happamoitumisen selvittämiseksi".

Soininvaara, Pertti: "Turun kaupungin keskustan kalliomäkien soveltuvuus maanalaiseen kalliorakentamiseen".

Kirjautuus:

MATTI H. TIKKANEN HELPPOA TERMODYNAMIKAA PROSESSIMETALLURGEILLE JA KEMISTEILLE

Teoksen mottona on "prosessimetallurgia on sovellettuna fysiikkaa". Tämän väitteen ydinajatuksena on, että teollisten prosessien hallinta edellyttää niihin sisältyvien reaktioiden termodynaamisten ja kineettisten rajoitusten perusteellista ymmärtämistä. Tässä tekstissä pyritään antamaan havainnollinen ja yksinkertainen kuva termodynamiikan tärkeimmän peruslain olemuksesta; siitä miten kemiallisen reaktion suunta ja määränpää voidaan laskea ilman eksaktisen matematiikan ideoita.

Koska aiheen käsittelytapa poikkeaa melkoisesti tavanmukaisen termodynamiikan oppikirjojen sisällöstä, tekijä perustelee näkemystään lisätekstillä. Näissä hylätään reversiibelit kemialliset reaktiot, koska sellaisia ei ole olemassa, tyrmätään "infinitesimaaliset" muutokset, koska niitä eivät atomit tai molekyylit tottele ja väitetään, että kalorien pannaan julistaminen oli väärä ja varsin haitallinen teko nimenomaan kemiallisten reaktioiden osalta.

Jotta lukijalle selviäisi termodynamiikan osaamisen merkitys käytännössä, teoksessa käsitellään esimerkkejä maamme metallurgisen teollisuuden prosesseista. Tyypillisiä kohteita ovat Outokummun liekkisulatusprosessit, Kokkolan kobolttiprosessi, jossa termodynaaminen tarkkuustyö hakee vertaistaan, Tornion jaloteräsprosessi, jota ei koskaan olisi voitu kehittää ilman perusteellista termodynamiikan ymmärtämystä, masuunin alkali- ja piiprobleemien käsittely ja monet muut kohteet.

Teoksen kirjoittaja, prof. emeritus M.H. Tikkanen, on toiminut prosessimetallurgian professorina Teknillisessä korkeakoulussa vuosina 1948-1978.

Kustantaja: Otatieto.

Matti H. Tikkanen: HELPPOA TERMODYNAMIIKKAA

Otatieto Nr 525, 1990, ISBN 951-672-102-8, 227 s.

Suomenkielinen kemiallisen termodynamiikan oppikirja, alaotsikonan tekijän tavoittelema kohderyhmä 'prosessimetallurgille ja kemisteille', on ilmestynyt. Rakenteellisesti se jakaantuu kahteen osaan. Alkuosa, noin puolet kokonaissivumäärästä, antaa kemiallisen termodynamiikan perusteet ja loppuosa luotaa termodynamiikan sovelluksia metallurgian ja kemian prosessitekniikassa käytäen esimerkkeinä kotimaassa kehitettyjä tai käytössä olevia valmistusprosesseja.

Tekijä on esipuheessaan todennut ne puutteet, joita hän kemiallisen termodynamiikan opetuksessa teoreettisen metallurgian ja käytännön prosessitekniikan tarpeisiin on vuosien varrella havainnut. Kemiallisen termodynamiikan opetus koetaan ilmeisen epähyväksyttäväksi, koska aine monesti mielletään abstraktiksi ja vaikeaselkoiseksi, usein liian matemaattiseksi ja vain teoriaksi teorian vuoksi. Näihin haasteisiin tekijä on tarttunut tavoitteenaan vain olennaisen perustiedon esittäminen muodossa, joka antaa mahdollisuudet ja käytännön työkalut soveltaa termodynamiikkaa siihen 'mihin suuntaan ja kuinka pitkälle reaktio voi spontaanisti tapahtua'. Tästä johtuen kirja sisältää minimimäärän matemaattisia kaavoja, vain keskeiset relaatiot sekä reaktiotasapainoissa ja energiataustien sovelluksissa tarvittavat perusyhtälöt.

Kirja on lähestymistavaltaan jossakin määrin poikkeava perinteisiin fysikaalisen kemian tai metallurgisen termodynamiikan oppikirjoihin verrattuna. Se on helppolukuinen ja tekijän valitsema tyyli käyttää runsaasti lainauksia termodynamiikan teorian kehityksen taustaksi antaa sille oman, innostavan jännitteensä. Kirjan laajuus ja sen näkökulmassa suoritettujen valinnat ovat pakottaneet supistamaan tavanomaisten oppikirjojen edustamaa teorian monipolvisuutta ja jättämään pois lukuisat, sinänsä teoreettisesti mielenkiintoiset, yleiset korrelaatiot. Tätä ei voida pitää vain puutteena, koska sen kautta on tuotu runsaasti selkeyttä asioiden ymmärtämistä varten ja taustaksi teoksen jälkiosassa esitettävälle sovelluksille. Kirja sisältää myös viittaukset termodynamiikan moderneihin apuvälineisiin, atk-menetelmiin, mutta samalla kriittisesti korostaa luonnollisen älykkyyden, termodynamiikan perusosaamisen, tärkeyttä 'tekoälyn' rinnalla.

Teos soveltuu mainiosti kemiallisen termodynamiikan alkeisoppikirjaksi kuin myös paikkaamaan varttuneempien tekniikan harastajien ajan myötä mahdollisesti unohtunutta osaamista tällä metallurgian keskeisellä osa-alueella.

Pekka Taskinen

KEMIRA 
VIHTAVUORI

RÄJÄHDYSAINEET

AMMONIITTI N
AMMONIITTI K
AMMONIITTI S
ANIITTI
DYNAMIITTI
KEMIITTI 110
KEMIITTI 500

SILOLOUHINTATUOTTEET
SILOSEX
SILOSEX-PUTKIPANOS
SILOSEX-10
SININEN PUTKIPANOS
LARVIKIT-PUTKIPANOS

SYTYTYSTARVIKKEET

TULILANKANALLI
UR-SÄHKÖNALLI
Lyhythidastesarja
JATKOJOHDOT
RÄJÄYTIN 110

VA-SÄHKÖNALLI
Lyhythidastesarja
Puolisekuntisarja
Tunnelsarja
ISOLTEX-10
Räjähtävä tulilanka

KEMIRA 
VIHTAVUORI

Osoite: 41330 VIHTAVUORI
Puhelin: (941) 779 211
Telex: (941) 771 093
Telex: 28226 kevih SF



PALVELUHAKEMISTO

KALLIOPORAT

KOTIMAISET
KOMETA
KALLIOPORATUOTTEET

KOMETA OY PL 38 02661 ESPOO p. 90-51141 Telef. 5114242

KUORMAAJIA JA DUMPPEREITA



KUORMAAJIA JA DUMPPEREITA
LOUHEEN KUORMAUKSEEN JA
KULJETUKSEEN.

Volvo Auto Oy Ab

Koneosasto
Tuivallie 1 puh. 90-50 44 51
01610 Vantaa

KEMIAN TUOTTEITA

SANDOZ OY

Vattuniemenkatu 8. 00210 Helsinki · Puh. (90) 682 681

URAKOINTIPALVELUT

SUOMEN MALMI OY

FINNEXPLORATION

Juvan teollisuuskatu 16. PL 10 puh. 90-853 2422
02921 Espoo telefax 90-853 3010

KONSULTTITOIMISTOJA



**INSINÖÖRITOIMISTO
SAANIO & RIEKKOLA**

Laulukuja 4. 00420 HELSINKI Puh. 90-5666500 Fax 90-5663354

- Kalliotilojen yleissuunnittelu
- Kalliorakennussuunnittelu
- Rakennesuunnittelu
- Kalliotekniset laskelmat
- Rakennusgeologia

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

VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 22.-23.3.1991

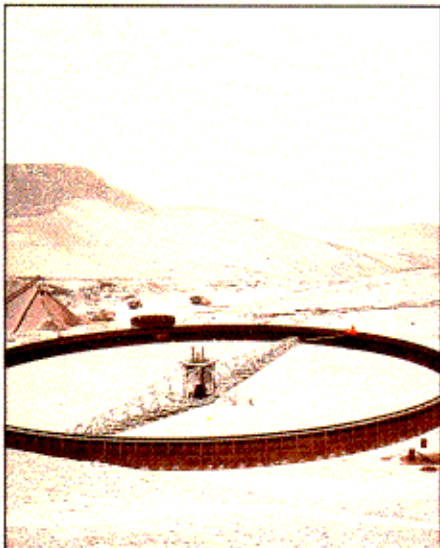
Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin
postitettavassa kutsussa.

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

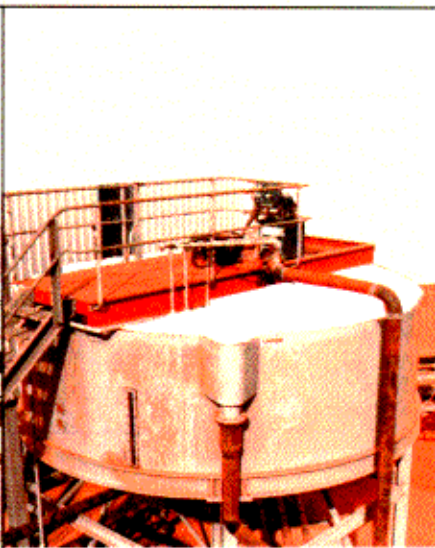
ÅRSMÖTE

hålls i Helsingfors den 22. 23.3.1991

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



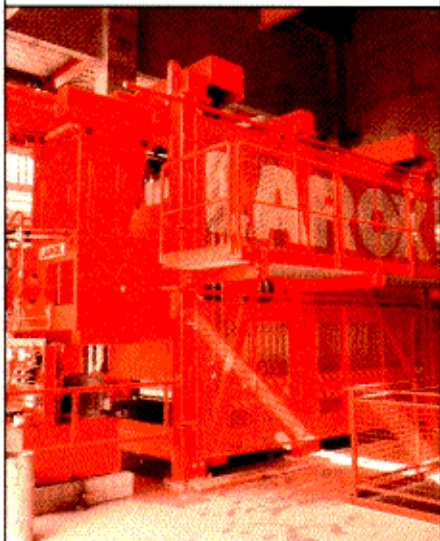
Kehäkäyttöinen sakeutin



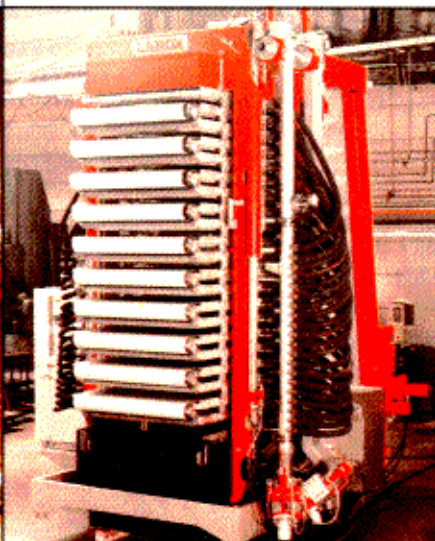
Suotopatjasakeutin



Letkuventtiilit



Automaattinen kammiosuodatin



Automaattinen painesuodatin



Rumpusuodatin



Kaksoispyörresykloni

Ammattilainen.

Teemme suodatuksen ja luokituksen laitteita ja kokonaisia suodattamoja. Tuloksena suurempi erotusterävyys, kuivempi kaku, kirikkaampi suodos. Ympäristöä, energiaa ja kustannuksia säästäväällä tavalla.

Mutta älä ota riskiä.

Testaamme laboratoriossa materiaali etukäteen. Saat tuloksena näytteen, kirjallisen raportin, laitesuosituksen ja takuun siitä, että laboratoriotulos toteutuu myös tuotannossa.

Kysy ihmeessä lisää, puh. (953) 5881. Suodatuksen ammattilainen

LAROX



Syklonipatteristo