

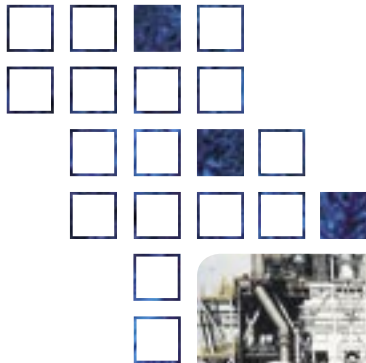
materia ^{4.2004}

Geologia & Kaivos- ja prosessiteknikka & Metallurgia & Materiaalitekniikka



”Materiaalitekniikan tutkimus ja opetus uudistuu TKK:lla”, kertoo professori Kari Heiskanen sivuilla 51-52.

OUTOKUMPU



What gives your business the deep confidence you need?

Rely on the Outokumpu factor.

As your reliable partner, Outokumpu Technology possesses an unparalleled wealth of metals production and processing know-how. To bring you the best value through knowledge, we have constantly capitalized on our long-time experience in operations throughout the entire metals value chain.

Our strength lies in innovation as well as our in-depth expertise on the metals industry. In co-operation with a single partner, you can lay a permanent foundation for your future success.



Outokumpu is a dynamic metals and technology group. Focusing on our core competences, that is, extensive knowledge of metals and metals processing, we aim to be leaders in all of our key businesses. Customers in a wide range of industries use our metals, metal products, technology and services worldwide.

OUTOKUMPU

Outokumpu Technology

www.outokumpu.com

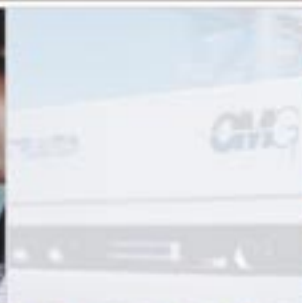
info.technology@outokumpu.com

Improving Your World



OM Group, Inc. on maailman johtava metallipohjaisten erikoiskemikaalien ja pulvereiden tuottaja. Kobolttin tuottajana ja jalostajana OMG on maailman suurin, nikkelin tuottajana suurimpien joukossa.

OMG Kokkola Chemicals Oy
OMG Harjavalta Nickel Oy



Lisätietoja osoitteesta
www.omgi.com



One common brand for Tubular Products



All Outokumpu Stainless Tubular units are merged under one brand, Outokumpu. The involved units will during 2004 change their names to Outokumpu Stainless Tubular Products.

Outokumpu Stainless Tubular Products manufactures and sell welded stainless steel tubes, pipes, fittings and flanges.

Outokumpu strive to be your preferred partner of stainless steel tubular products.

OUTOKUMPU

Outokumpu Stainless Tubular Products

stainless | copper | technology

www.outokumpu.com

JULKAISIJA / Publisher
VUORIMIESYHDISTYS -
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.

Materia-lehti kattaa teknologian alueet geofysiikasta ja geologiasta lähtien ml. kaivos- ja prosessiteknikka ja metallurgia sekä materiaalin valmistus ja materiaalitieteiden erilaiset sovellutukset. Lehden alkuosa painotuu alan ja yritysten ajankohtaisiin asioihin. T&K-osa keskittyy tutkimuksen ja kehitystyön tuloksiin.

Materia magazine covers all areas of technology in the mining and metallurgical field, from geology and geophysics to mining, process technology, metallurgy, manufacturing and various materials technology applications. The first part of the magazine focuses on what's happening in the field and the companies involved while the R&D section concentrates on the results of research and development.

Päätoimittaja/ Editor in chief

Prof. Jouko Härkki, jouko.harkki@oulu.fi
Oulun Yliopisto, Prosessimetallurgian laboratorio,
08-553 2424 fax 08-553 2339 040-521 5655

Toimittajat, T&K / Editors, R & D

DI Harri Lehto, harri.lehto@hut.fi
TKK, Mekaaninen prosessi- ja kierrätystekniikka
09-451 2786 fax 09-451 2795 050-555 2786
DI Arni Kujala, arni.kujala@nokia.com
Nokia Corporation
07180-36279 fax 07180-37290

Toteuttava toimitus/ Editorial staff

L & B Forstén Öb Ay, l_b.forsten@co.inet.fi
Bo-Eric Forstén, Leena Forstén, ulkoasu
PL 45, 10601 Tammisaari
019-2415604 fax 019-2415453

TOIMITUSNEUVOSTO / Editorial Board

DI Pekka Purra, **pj / chairman**
pekka.purra@eu.omgi.com
OMG Finland Oy
09-4393 3752 fax 09-4393 3720, 050-1477
DI Kauko Ingerttilä, kauko.ingerttila@vtt.fi
VTT Prosessit
013-557 801 fax 013-557 557
DI Erja Kilpinen, erja.kilpinen@nordkalk.com
Nordkalk Oyj Abp
0204 55 3993 fax 0204 55 3901, 0400-814 156
TkT Juhani Orkas, juhani.orkas@hut.fi
TKK, Mechanical Engineering
09-451 3515
DI Matti Palperi, Ulvilantie 11b D 108,
00350 Helsinki, 09-565 1221
FL Mikko Tontti, mikko.tontti@gsf.fi
Geologian tutkimuskeskus
020 550 2382 fax 020 550 12

ILMOITUSMARKKINOINTI / Advertising Marketing
(Numerosta 1/2005 alkaen) Västra Nyland Ab,
Nina Melén, Torikatu 1-3, 10300 Karjaa,
019-278801, fax 019-230240

OSOITTEENMUUTOKSET / Changes in address
Ulla-Riitta Lahtinen, 0400-456 195
ulla-riitta.lahtinen@vuorimiesyhdistys.fi

PAINO / Printing house

Tammisaaren Kirjapaino Oy, Tammisaari
Levikki 2900 kpl, 4 numeroa vuodessa, 61. vuosikerta
ISSN 1459-9694

ILMESTYMISAIKATAULU / Coming out

| | deadline | postitus |
|--------|----------|----------|
| 1/2005 | 10.1. | 15.2. |
| 2/2005 | 6.4. | 11.5. |
| 3/2005 | 16.6. | 22.8. |
| 4/2005 | 12.10. | 17.11. |

03 Pekka Jauho: Materiaalitieteiden ja -tutkimus ovat yhteiskuntamme rakenteiden perusta

04 Bo-Eric Forstén: Toimitusjohtajalla tunnitus täynnä

07 Bo-Eric Forstén: Se on Ruukki nyt

08 Bo-Eric Forstén: Vaasan diesel ei yski; Maailman modernein diesellaboratorio

12 Birgitta Bergén-Kavanto: Forget fundamentals, here come the investment funds – the base metal markets are more volatile than ever

16 Simo-Pekka Hannula: Metallurgiasta materiaalitieteeseen

20 Bo-Eric Forstén: Taontakylvyssä Tampereella; Nuoret takoiivat pisteitä

22 Eine Pöllänen: Metallinen Kokkola

23 Heli Rautjärvi, Jouni Pakarinen, Eine Pöllänen: Bio- ja hydrometallurgian seminaari

26 Ari Lehto: Piitekniologia – kiekkoista systeemeiksi

Tiede & Tekniikka 30-46

30 Pentti Karjalainen: Nanoteknologiassa lujia ja kevyitä teräksiä

36 Jorma Autio, Leena Lepistö, Ari Visa: Image analysis and data mining in rock material research

41 Markus P.K. Turunen, Jorma Kivilahti: Uudet materiaalit bioadaptiivisessa elektroniikassa

47 Vapaa kynä: "Sat sapientia" Newtonin perintö

48 Tiedettä koteihin: Juho Hukka: Turmaliini

Alan maailma

50 Uusiin aseisiin GTK:ssa; Ympäristöohjelma yleisurheilun MM-kilpailulle

Alan Akatemia

51 Kari Heiskanen: Organisaation ja tutkinto-ohjelman muutoksista TKK:lla

52 Esa Virtanen: CIRU-Centre

53 Suoritettuja tutkintoja

Inside Out 55-61



55 Antero Hakapää: Edessä ja takanapäin

55 Seija Aarnio: Vuorinaisten syysretki

57 Erkki Kuronen: Geologijaoston syysekskursio Lounais-Suomeen; Geologijaosto järjestää

58 Jari Honkanen, Sami Niiranen: Kaivosjaoston matka Turkkiin

59 Riikka Koskelainen: Metallurgijaoston kesäretki Eurajoen Olkiluotoon

60 Harri Lehto: Rikastus- ja prosessijaoston syysekskursio Saksaan ja Hollantiin

62 Vuorimiesyhdistyksen toimihenkilöitä 2004

62 Ulla-Riitta Lahtinen: Uusi jäsen

63 Palveluhakemisto

64 Joukko Tosikkoja

Kansi: Metall- ja materiaaliopin laboratorion tutkijoita osastonjohtaja prof. Kari Heiskanen takana vasemmalta: Sanna Ala-Kleme, Laura Vanonen, Kari Savolainen, Sakari Siipilehto ja Eero Haimi (selin). **Kuva:** Leena Forstén



Sivut 41-46

Materiaalitekniikka ja -tutkimus ovat

yhteiskuntamme rakenteiden perusta



Materiaalitekniikan ulottuvuudet ovat kaiken kattavia: Historiallinen ulottuvuus ylittää ihmisen syntyyn ja hänen työkalujensa käyttöön. Määrällinen ulottuvuus ulottuu Kiinan muurista ja megaliittisista rakenteista aina nykyhetken nanotekniikan atomikokoon. Alku oli löytämistä, sitten kokeilua ja myöhemmin tieteellisen ajattelun ja kokeiden hallitsevaa järjestelmällistä kehitystyötä. Kunnioituksella menneitä sukupolvia kohtaan voidaan todeta, että jo oikeasta materiaalista oikeaan muotoon muovattu kivikirves oli silloisen huipputekniikan ihailtava ja tehokas tuote.

Rakennemateriaaleina hallitsevat kolme suurta: teräs, sementti betonin raaka-aineena ja muovit. Kaikki ovat luonnosta löytmättömiä keinomateriaaleja, ihmisen kekseliäisyyden tuotteita. Ilman niitä ei yhteiskuntamme tulisi toimeen. Ne eivät olisi syntyneet ilman luonnon materiaalien löytämistä ja jalostamista yhdistettynä voimakkaaseen fysikaaliseen ja kemialliseen tutkimustyöhön ja innovatiiviseen tuotekehitykseen. Tälläkin toiminnalla on yli kahdentuhannen vuoden juuret. Näin ollen ne ovat olleet osana merkittävää ihmistymisen voittokulkua.

Rakentaminen on siirtynyt yksinomaisesta luonnonmateriaalien käytöstä keinokiven betonin ja teräksen sekä muiden metallien käyttöön. Betonirakenteiden suunnittelu on edennyt tietokoneiden ja mallintamisen kautta yhä monimutkaisempiin ratkaisuihin, jotka toivottavasti voisivat myös johtaa niiden esteettisen ulkonäön paranemiseen. Erikoisbetonit valetaan veden alla, joillekin vaaditaan ehdotonta nesteiden pitävyyttä ja säteilyn kestoja jopa sadan vuoden kestolle. Kehitys on johtanut siihen, että asumme ja liikumme betonien ympäröimässä ympäristössä, josta voi toivottavasti löytyä muitakin sävyjä kuin betonin harmaata. Ihmisen viihtyvyydestähän on myös kysymys.

Rauta ja muut metallit muodostavat valtavan ryppään ihmisen toimintaa tukevia rakennelmia. Rauta niistä on nuklidikartan stabiilimpana alkuaineena novien räjähdyksissä syntyneistä aineista yleisin. Sen loppumisesta ei ole siis huolta. Rauta ei ole vain rakennemateriaali. Eräs merkittävimmistä tutkimustuloksista oli teräksen valmistamisen keksiminen. Aseet, sotavälineet, monimutkaiset teräskonstruktiot ja lukemattomat teollisuuden rakenteet sekä tuotantovälineet vaativat materiaaliksenaan terästä tai erikoisteräksiä. Eräs pieni, mutta ei mitätön keksintö, oli ruuvi, joka materiaaliksenaan vaati kovaa terästä. Se on ollut monen automatisoidun tuotantoketjun syntymisen edellytys niin mekaanisessa kuin myös kemiallisessa teollisuudessa.

Rauta on myös pohjana magneeteille, joita valmistetaan pienien koon ja voimakkaan magneettikentän aikaansaamiseksi myös muista metalleista. Muistimetalli ja magnetostriktiivisen ominaisuuden metallit etsivät vielä sovellutuksiaan. Metallien lujuuden määräävät niissä olevat defektit ja dislokaatiot. Nanomenetelmillä voidaan valmistaa autokatalyyttisesti melkein virheettömiä rakenteita, joiden lujuus on kymmeniä kertoja makro-

skooppien metallien lujuutta suurempi. Tällä sektorilla voi olla mielenkiintoisia näkymiä tulevaisuudessa.

Metallien erikoiskäyttöalueet ulottuvat jopa lääketieteeseen, jossa niitä voidaan käyttää proteesien rakennemateriaaleina. Muita eksoottisia sovellutuksia on leegio, kuten esimerkiksi elektroniikan materiaalit: Pii puolijohteena mikroprosessorissa ja kulta kontaktina.

Muovit ovat valloittaneet maailman. Niitä on lukemattomia muotoja, jotka tukevat IT:n sanontaa matkien, yhtä monipuolisia tuotteita. Suoja-aineina ne varjelevat yhtä hyvin elintarviketta kuin tekosuonessa virtaavaa verta. Käyttöesineissä palvelevat muovit koteloina, joiden teollinen muotoilu edistää niiden myyntiä. Hyvin pakattu tuote on kuin kaunis nainen: Katsojalle houkutteleva objekti, hyvin ja turvallisesti pukeutunut sekä sisällöltään moitteeton. Muovipussi on yllättävää kyllä ympäristöystävällisempi kuin paperikassi. Näin ainakin monet selvitykset väittävät.

Ilman muoveja vaarantuisi myös terveytemme, sillä nykyisen massiivisen tuotanto- ja logistiikkarakenteemme vuoksi olisi ilman niitä vaikea taata elintarvikkeiden säilyvyys ja lääkkeiden antiseptisyys. Monen tuotantorakenteen osina ovat muovit myös taloudellisimpia, toimivimpia ja parhaita ratkaisuja.

Materiaalitekniikan tutkimus on viettänyt monta riemuvoittoa, jotka on kirjattu sen historiaan. Nykyisen laajuinen lentoliikenne ei olisi mahdollista ilman muoveja ja metalleja sekä kennorakenteita. Avaruuteen kurkottaminen olisi myös täysin mahdotonta, miettikää vain avaruuspuvun valmistusvaikeuksia ilman muovia. Monet leikkaukset ja lääketieteelliset laitteistot pelastavat potilaan hengen vain materiaalitekniikan ja -tutkimuksen ansiosta.

Uusin mielenkiinnon alue, nanotekniikka, on myös materiaalitekniikan ja -tutkimuksen tärkeä tulevaisuuden alue. Sen piirissä on "nähty" ensimmäisen kerran atomi ja kyetty liikkutelemaan sitä hallitusti kiteen pinnalla. Hiilen nanoputket ovat fantastisen lujia rakenteita. Mitä syntyy yhden elektronin muistista ja transistoreista?

Tutkimuksen alalla on vielä suunnattomasti tehtävää ja mielenkiintoisia ratkaisemattomia ongelmia. Puhutaan nanotehtaista ja nanoroboteista. Ovatko ne utopiaa, sen näyttäköön aika.

Materiaalitekniikkaa ja -tutkimusta on houkuttelevaa verrata nykyiseen IC-boomiin. Molemmat ovat äärimmäisen tärkeitä ja voimakkaasti eteneviä tekniikan alueita. Uskallan kumminkin asettaa ne tärkeysjärjestykseen: materiaalit ja tietotekniikka. Perustelen sitä antroposentrisestä näkökulmasta. Ihminen on selvästi ja enemmän ratkaisevalla tavalla riippuvainen materiaaleista kuin hengestä. Elintarvikkeet ja asuminen on pakko turvata kaikissa olosuhteissa. ▀

Tekniikan tohtori Jyrki Juusela täytti muutama päivä sitten 61 vuotta ja jää eläkkeelle Outokummun toimitusjohtajan tehtävistä vuodenvaihteessa. ”Jollei vuosikiintiö aivan täytäkään eläköitymisen kriteerejä niin ainakin tehdyt tunnit täytävät”, toteaa tämä 1960-luvun Vuoriteollisuusosaston kasvatti. Toimitusjohtajavuosia vuorineuvos Juuselalla on takanaan kolmetoista. Kävimme utelemassa minkälaisesta urakasta on ollut kysymys ja miltä se on maistunut.

Teksti Bo-Eric Forstén
Kuvat Leena Forstén



Toimitusjohtajalla TUNNIT TÄYNNÄ

Jotkut suuryhtiöt vaihtavat toimitusjohtajaansa melkein samaan tahtiin kuin liigajoukkueet valmentajia. Onko toimitusjohtajan jatkuvasti pelättävä työnsä puolesta?

JJ: Kriisiyhtiöissä toimitusjohtaja joutuu herkästi tulilinjalle ja mitä suurempi yritys sitä enemmän julkisuutta. Hyvin suurelle osalle maamme yritysjohtajista johtaminen on kuitenkin pitkäjänteistä työtä lehtien otsikoiden ulkopuolella. Meitä on monta, jotka aloittivat 1990-luvun alussa ja sitä aikaisemminkin.



Oletko saanut tehdä työtäsi rauhassa?

JJ: Olen ihan tyytyväinen. Hyvät välit ovat säilyneet molempiin suuntiin. Näinä 13 vuotena minulla ei ole ollut mitään oikein vakavia ristiriitoja sen enempää omistajien kuin työtoverieni kanssa.

Minulla on ollut kaksi perussääntöä. Ensinnäkin hallitusta on aina informoitava siitä missä mennään ja mitä suunnitellaan. Mikään asia ei saa tulla sille yllätyksenä. Toiseksi vaikeuksista on aina kerrottava omalle välle avoimesti ja riittävän ajossa.

Hallitus on siis toimitusjohtajan maailmassa tärkeä vaikuttaja?

JJ: Niin voi sanoa. Asiakkaat ovat tärkein kohderyhmä yhtiölle yleensä, toisena tulee henkilöstö ja kolmantena hallitus. Toimitusjohtajalle ne tulevat käännettyssä järjestyksessä: omistajat ja hallitus, henkilöstö ja asiakkaat.

Miten toimitusjohtajan yhteistyö hallituksen kanssa toimii käytännössä?

JJ: Hallitus kokoontuu fyysisesti noin kymmenen kertaa vuodessa ja sen lisäksi pidetään tarvittaessa puhelinkokouksia. Kommunikointi hallituksen ja operatiivi-

sen johdon välillä on jatkuvaa ja avointa. Hallituksen jäsenet asettavat oman asiantuntemuksena yhtiön käyttöön kukin kykensä mukaan.

Miten luonnehtisit omaa johtamistyyliäsi?

JJ: Se rakentuu johtoryhmätyöskentelyn ympärille. Outokummussa meillä on hyvä yhteishenki ja yhdessä tekemisen meininki. Johtoryhmässä asiat käsitellään monipuolisesti. Virallisesti kokoonnumme kerran kuukaudessa, mutta juomme yhteiset aamukahvit joka maanantai, jolloin pohdimme ajankohtaisia kysymyksiä ja päivitämme tilanteet. Jokainen ryhmän jäsen on oman alansa asiantuntija ja oma persoonallisuutensa. Minä teen käytyjen keskustelujen perusteella omat päätelmäni ja yhteenvedon sekä valitsen toimintalinjan. Malli toimii meillä hyvin.

Johtoryhmä on toimitusjohtajan tukena, onko siinä pelkästään yes-miehiä?

JJ: Ei varmaankaan ole. Sellaisesta ryhmästä ei olisi mitään hyötyä. Väittelemme joskus asioista hyvinkin kiivaasti. Kultaisena sääntönä meillä on, että pitää osata olla eri mieltä loukkaamatta muita. Tällä

hetkellä meitä on sukupolven vaihdoksesta johtuen peräti 9 henkilöä ryhmässä kun toimivuuden kannalta 5-6 olisi sopivin määrä. Ikäjakautuma on 36-61 vuotta ja voi sanoa, että nuoremmat edustavat vankkaa osaamista kun taas kokemus on meidän vanhempien valttina. Päästään sanomaan, että tuota on jo kokeiltu moneen kertaan eikä se käytännössä toimi.

Ryhmä on kuitenkin hyvin toimitusjohtajan näköinen. Siinä on kolme tekniikan tohtoria ja yksi tekniikan lisensiaatti.

JJ: Syy siihen löytyy Otaniemestä. Vuoriosastolla meillä oli 1960-luvulla erittäin mukaansatempaavia professoreita. He innostivat meitä teekkareita jatko-opiskeluihin. Tutkijapaikkoja oli kuitenkin rajoitetusti ja jotkut meistä joutuivat muihin töihin. Minä henkilökohtaisesti kiinnosuin melko varhaisessa vaiheessa myös businesspuolesta ja sillä tiellä olen.

Miten paljon apua sinulla on ollut metallurgin koulutuksesta toimitusjohtajan tehtävässä?

JJ: Viimeisten 13 vuoden aikana minulla ei ole ollut mahdollisuutta eikä aikaa syventyä metallurgisiin hienouksiin. Suuryhtiön johtamisessa ei ole paljon merkitystä minkä alan peruskoulutus sinulla on. Pääasia on, että on kokemusta toiminnasta tiukoissakin tilanteissa ja näyttöä siitä selviytymisestä. Pitää myös pystyä loogiseen ajatteluun ja toimintaan. Päätöksenteko ei myöskään saa olla vierasta. Toimitusjohtajaksi oppii käytännön kautta.

Toinen asia on, että alan koulutuksella saattaa olla oma merkityksensä kun lähtee tavoittelemaan paikkaa johtajaehdokkaisten joukosta.

Olet joskus aikaisemmin sanonut, että Outokumpu on pörssi-yhtiönä aliarvosettu. Mikä tilanne on tänään?

JJ: Osakekurssi on kehittynyt viime aikoina myönteisesti. Markkinavoimat ovat antaneet tunnustuksen strategiallemme.

Valtio on Outokummun suurin omistaja miten se vaikuttaa liiketoimintaan?

JJ: On ollut aikoja, jolloin Suomessa ei ollut tarpeeksi pääomia. Silloin oli perusteltua, että valtio osallistui Outokummun tapaisten pääomavaltaiten yritysten rahoittamiseen. Ajat ovat kuitenkin muuttuneet. Mielestäni valtion pitäisi tänään keskittyä koulutukseen, terveyspalvelujen ylläpitämiseen ja kansalaisten turvallisuuden takaamiseen. Valtiosta on omistajana tullut jarru yhtiöiden vapaalle kehitykselle. Lisäksi valtio on verotuspolitiikkansa takia epäonnistunut kotimaisten pörssi-yhtiöiden osakkeenomistajien rohkaisemisessa.

Viime aikoina kvartaalitaloutta on kritisoitu julkisuudessa. Miltä asia näyttää Outokummun näkökulmasta?

JJ: Se aiheuttaa meille jonkin verran ylimääräistä paperityötä, muttei siitä mitään haittaa ole, jollei apuakaan. Puolen vuoden katsaukset antaisivat jo oikeamman kuvan toiminnastamme. Silloin vuoden sykliset tapahtumat tasaantuisivat jonkin verran. Pelaamme isoilla panostuksilla, jonka vaikutukset näkyvät pitkällä tähtäimellä. Luotettava kuva kehityksestämme saadaan vasta tarkkailemalla toimintaamme useamman vuoden jaksoissa. Käytämme viiden vuoden jaksoa omassa strategisessa suunnittelutyössämme.

Mitä mieltä olet analyytikoista?

JJ: Analyytikot muodostavat hyvin mielenkiintoisen, yhtiön menestykseen pääomamarkkinoilla vaikuttavan ryhmän. He



ovat hyvin osaavia, useimmiten nuoria ihmisiä, jotka ovat erittäin etevii laskemaan ja tulkitsemaan lukuja. Pyrimme aktiiviseen ajatusten vaihtoon heidän kanssaan. Heillä on erittäin vankka tieto talouden yleisestä kehityksestä ja heiltä saattaa saada arvokkaita vinkkejä. Me vuorostamme yritämme kartuttaa heidän alantuntemustaan. Suomen ja Pohjoismaiden markkinat ovat nimittäin niin pienet että analyytikoiden on täällä hallittava usea eri teollisuusala. Suurissa maissa löytyy analyytikoita, jotka ovat keskittyneet ainoastaan yhteen määrättyyn alaan. He ovat todellisia asiantuntijoita, joiden sana painaa kaikkialla maailmassa.

Miten Outokumpua mielestäsi käsitellään medioissa?

JJ: Meitä on pääsääntöisesti kohdeltu hyvin ja asiallisesti. Olemme tietoisesti pitäneet kohtuullisen matalaa julkisuusprofiilia. Meitä on siitä moitittu eri yhteyksissä. Profiilin luominen on yleensä hyvin toimitusjohtajapainotteista. Itsensä tyrkyttäminen julkisuuteen ei oikein istu minulle, vaan olemme pysyneet asialinjalla.

Onko Outokumpu tänään sama yhtiö kun se mihin tulit vuonna 1992?

JJ: Henkisesti kylläkin, sama "hyvä" yhtiö. Rakenteeltaan ja ulkomuodoiltaan se on kuitenkin kehittynyt voimakkaasti samoin kuin koko maan teollisuus. Tulin yritykseen, joka toimi jalostusketjun alkupäässä ja joka luokiteltiin 'mining-and metal' -yhtiöksi. Siitä olemme sitten hilautuneet jalostusasteikossa ylöspäin. Vuonna 1997 tehtiin strateginen päätös satsaamisesta ruostumattomaan teräkseen ja se muutos on nyt viety perille, kun vielä viime elokuun lopussa julkistamamme luopuminen kuparituotteista on saatettu päätökseen. Sitten meillä on ruostumaton ja teknologiaa. Molemmat ovat erittäin vaativia liiketoimintoja ja edellyttävät korkeatasoista teknologiaa ja osaamista sekä voimakasta kehityspanostusta.

Eikö teknologian myynti ole hyvin väri-metallipainotteista?

JJ: Perinteisesti se on ollut sitä. Edelleen olemme hyvin vahvoja värimetalleissa. Niin vahvoja, ettei omasta värimetallitoiminnasta luopuminen heikennä asemiamme. Kromiteknologia meillä on hallussamme entuudestaan ja yritystojen kautta olemme merkittävällä tavalla lisänneet osaamistamme teräksen osalta. Teknologian myynti ei ole vielä ollut mikään kultakaivos, vaikka kassavirta on aina pysynyt selvästi plussan puolella. Se on kuitenkin erittäin tärkeä osaamisen kehittämisen ja imagomme kannalta.

Miten näet Outokummun tulevaisuuden?

JJ: Torniossa ja myös muilla toimipaikoilla on investoitu viimeisimpään valmistustekniikkaan ja olen varma, että yhtiö tulee uuden johdon alaisuudessa kasvamaan ja menestymään vahvasti ruostumattoman teräksen parissa.

Mikä tulee olemaan suurin muutos omalla kohdallasi?

JJ: Paikat, joita viime vuosina olen eniten inhonnut, ovat lentokentät. Minulla on ollut noin 100 matkustuspäivää vuodessa ja kentillä on tuhraantunut riittävästi aikaa. Kuka tietää ehkä matkustaminen maistuu taas muutaman hiljaisen kuukauden jälkeen.

Miten aiot aikasi täyttää?

JJ: Mitään vaikeuksia ei varmasti tule olemaan. Säilytän muutamam hallituspaikan ja tulen jatkamaan toimintaani alan järjestöissä ja erilaisissa säätiöissä. Meillä on rakenteilla vapaa-ajan asunto Lohjalla kesämökin viereen, jossa pääsen kokeilemaan timpurin taitojani. Golfille, lukemiselle ja musiikille olen varannut uudet kiintiöt ja jos vielä jää ylimääräistä aikaa vaimo kyllä keksii minulle tekemistä!▲

Looking for a partner to create added value?

Marketing
Logistics
Secure Supply
Long-Term pricing

Ferro Alloys

SiMn from Tinfos Jernverk A/S
FeSi from Finnjord Smelteverk A/S
Noble alloys from Treibacher
Rio Doce cored wire from RDME
Steel insulating cover from Agrilectric
Atomized and milled FeSi 15%
FeTi, FeCr, Cr-metal and Mn-metal

Pig Iron / foundry products

HPPI from Tinfos Titan & Iron A/S
FeSiMg from Stein Ferroaleaciones SA

Non-Ferrous Metals

Since 1898, Tinfos Nizi has been marketing Ferro Alloys, Pig Iron and Non Ferrous Metals on a world-wide basis. We combine expertise with an innovative approach based on trust, partnership and sharing added value with producers and consumers.

Main Office: Tel. +352 44 22 21-1 – nizi@tinfosnizi.lu – www.tinfosnizi.com
Representation in Helsinki: Kurt Dahlberg, Tel. +358 9 342 14 38



TINFOS NIZI

A N A M E T O T R U S T

Se on Ruukki nyt

Teksti ja kuva Bo-Eric Forstén

”Ei ole pelkästään kysymys uuden logon sisäänajosta. Tavoitteena on muokata konsernista yhtenäinen yhtiö, jonka kaikki yksiköt esiintyvät saman mallin mukaan edustaessaan yhtiötä. Täten jokainen asiakas pystyy luomaan itselleen kokonaiskuvan toiminnastamme. Tähän saakka olemme esiintyneet kirjavana joukkona erikokoisia yksiköitä ja yhtiöitä, joilla on ollut lukematon määrä eripainoisia tuotebrändejä”, toteaa viestintäjohtaja Taina Kyllönen, joka koordinaattorina kantaa päävastuun brändi-projektin onnistumisesta. Hän määrittelee tehtävän haasteelliseksi.

”Kysymys on asioista, joista jokainen on jotain mieltä. Tavoitteenahan on saada kaikki mukaan. Meitä on kuitenkin 12 000, joten prosessi on pitkä ja aikaa vievä. Markkinointitunnuksen käyttöönotto on nähtävä osana suurempaa kokonaisuutta. Uuden ilmeen luominen yhtiölle kuvastaa asiakaslähtöisen strategian omaksumista organisaatiossa.”.

Uusi brändi antaa Taina Kyllösen mukaan jokaiselle konsernin osalle vahvemman lähtökohdan markkinoilla.

”Kansainvälisesti Ruukki ei ole mikään suuryhtiö, mutta sopivan kokoinen kylläkin. Nyt jokaisella yksiköllä on ilman selittelyjä taustatukenaan yli 3 miljardin euron liikevaihto. On silti selvää, etteivät kaikki ole vain tyytyväisiä. Konsernin yksiköillä on tähänkin saakka ollut hyvin vankat asemat ja tunnetut brändit markkinoilla. Luopumisen tuskaakin on ilmassa! Pitkällä tähtäimellä tämä on kuitenkin koko taloa palveleva uudistus”.

Ruukki kuulostaa hyvin kotoisalta, mutta miten se sointuu kansainvälisillä foorumeilla?

”Ruukki on kauan ollut yhtiön kutsunimi ja nousi luonnolliseksi vaihtoehdoksi. Suomen ulkopuolella nimi viittaa pohjoismaisuuteen tuplavokaalien kautta. Venäjäksi ruukki tuo mieleen kädet. Kysymys on käsiemme työstä, joten se sopi hyvin kuvioon. Englanniksi nimi viittaa taas ”keltanokkaan” ja

Rautaruukki on nahanluomisprosessissaan tullut niin pitkälle, että uudet kuviot ja tuloksetkin alkavat näkyä. Merkittävä askel kohti uutta ja lopullista asiakaslähtöistä liiketoimintamallia oli yhteisen markkinointinimen, Ruukki käyttöönotto syyskuun alusta. Uusi brändi korvaa kaikki ennen käytössä olleet firma- ja tuotenimet. Samalla konsernille luodaan yhteinen visuaalinen identiteetti.



Viestintäjohtaja Taina Kyllönen vastaa uuden brändin lanseerauksesta.

Kasvu jatkuu

Rautaruukki Oyj julkaisi 26.10. osavuotiskatsauksensa tammi-syyskuulta 2004. Se tarjosi ruukkilaisille mieluuisaa lukemista. Verrattuna edellisvuoden vastaavaan ajanjaksoon liikevaihto kasvoi 16,8 % 2 563 miljoonaan euroon. Divisioonittain liikevaihto jakautui seuraavasti:

Ruukki Construction 12 %, Ruukki Engineering 8 %, Ruukki Fabrication 6 % ja Ruukki Metals 73 %.

Liikevoitto oli 315 miljoonaa euroa eli 12,3 prosenttia liikevaihdosta. Vuoden 2003 vastaavat luvut olivat 128 miljoonaa euroa ja 5,8 %.

sellainenhan me tavallaan olemmekin ratkaisuliiketoiminnassa, mutta emme kauaa...”, kuittaa Taina Kyllönen.

Suomessa Ruukin liput vedettiin salakoihin 1.9. ja tällä hetkellä yksiköissä ollaan paraikaa vaihtamassa valokylttejä.

Miten pitkälle muodonmuutoksessa on päästy tänä päivänä?

”Kesän aikana konsernin suomalaiset tytäryhtiöt ovat fuusioituneet emoyhtiöön. Muissa maissa tavoitteenamme on supistaa tytäryhtiöiden määrä yhteen per maa ja jokaisen nimeen kuuluu Ruukki etuosana”, kertoo Taina Kyllönen.

Yksiköillä on jo käytettävissä brändipankki, josta uudenmalliset kirjelomakkeet ja faxipohjat tms, voidaan klikata omiin tietokoneisiin. Toinen kätevä apuväline on käyntikorttikone, johon näppäillään omat tiedot ja kortti voidaan lähettää elektronisesti kirjapainoon painettavaksi. Suurin urakka on kuitenkin edessäpäin. Kaikki työvaatteet menevät uusiksi ja samoin tuotepakkaukset. Joihinkin tuotteisiin brändi stansataan jo valmistusvaiheessa, joten voidaan sanoa, että muutos vaikuttaa tuotantoonkin.

Kuulostaa melko arvokkaalta operaatiolta. Miten yksiköt suhtautuvat tällaisiin ylimääräisiin kustannuksiin?

Tähän on valmistauduttu ja tätä on odotettu. Alkuvuodesta monet asiat oli laitettu jäihin ja mm. entiset asiakaslahjat eivät jouda kirpputoreille, vaan varastot oli kiitettävällä tavalla ajettu alas. Tämä on nähtävä investointina, joka maksaa itsensä takaisin hyvin nopeasti. Markkinoinnissa esimerkiksi esite-tuotannossa säästämme pitkän sentin, kun laadimme yhteisen perusmallin, johon sitten jokainen liittää omat tietonsa. Yhteishankintojen kautta pystymme kilpailuttamaan toimittajia aivan eri tavalla mitä yksiköt ovat tähän saakka pystyneet”.

Taina Kyllönen ei ole mikään taivaanrannan maalari. Näin hän toteaa lopuksi:

”Ajatuksemme on tehdä tästä uusi uljas yhtiö myös sisäisiä raja-aitoja rikkomalla. Siihen eivät ohjeet ja tiedotteet riitä, vaan tarvitaan asenne - ja toimintatavan muutos, joka vie oman aikansa syntyäkseen. Nyt alkaa varsinainen yhdessä tekeminen, Ruukin rakentaminen, me olemme vain luoneet työlle raamit.”

RUUKKI
more with metals

Vaasan DIESEL EI YSKI

”Laatu, kustannustehokkuus ja toimitusvarmuus ovat tuotantomme tunnussanoja”, toteaa Wärtsilä Finland Oy:n toimitusjohtaja Heikki Miilumäki, tutustuessamme Wärtsilän Vaasan tehtaaseen.



Teksti Bo-Eric Forstén Kuvat Leena Forstén

Vaasassa Wärtsilä valmistaa nelitahtisia Wärtsilä 20- ja Wärtsilä 32 -moottoreita. Tehtaan yhteydessä toimii maailman moderneimmaksi luonnehdittu diesel-laboratorio, joka vastaa konsernin 4-tahtimoottorien tuotekehityksestä. Tehdas sijaitsee kuin kirkko keskellä kylää. Kaupungin laidalla Runsorissa yhtiöllä on toinen toimipiste, jonne on sijoitettu Ship Power-, voimala- sekä huoltotoiminta. Turussa valmistetaan kuluvan vuoden loppuun saakka astetta isompia dieselmoottoreita. Näiden Wärtsilä 46- ja 50DF-moottorien valmistus siirtyy vuodenvaihteessa Triesteen, Italiaan. Turkuun jää ko. moottorien huolto ja tuotekehitys.

Heikki Miilumäki, syntyperäinen vaasalainen, uskoo vakaasti Vaasan tehtaan tulevaisuuteen. Näin hän vastasi meidän kysymyksiimme:

Viime vuonna Euroopasta tilattiin 400 uutta alusta, kun taas aasialaiset telakat saivat 1400 uutta tilausta. Miten laivanrakennuksen painopisteen siirtyminen Kauko-Itään on vaikuttanut markkinakuvaan?

HM: Aasian telakoiden esiinmarssi on 2-tahtisten päämoottorien kohdalla johtanut aivan uusiin asetelmiin markkinoilla. 2-tahtiset päämoottorit ovat ”kerrostalon” kokoisia konstruktioita

ja ne rakennetaan pääsääntöisesti telakoiden välittömässä läheisyydessä. Edellä olevasta johtuu, että Wärtsilän Sulzer-moottoreita valmistetaan tätä nykyä lisenssillä kahdeksalla tehtaalla Kiinassa, Etelä-Koreassa, Taiwanissa ja Japanissa.

Miten uusjako sitten näkyy Vaasan tehtaan toiminnassa?

HM: Meidän valmistamiamme nelitahtimoottoreita käytetään pääsääntöisesti apukoneina. Ne rakennetaan valmiiksi tehtaalla ja toimitetaan yleensä meriteitse tilaajille ympäri maailmaa. Meillä on työn alla useita projekteja moottoriemme kustannustason alentamiseksi. Tällöin tullaan lisääntyvässä määrin käyttämään komponentteja, joita hankitaan edullisen kustannustason maista.

Siirtyykö Wärtsilä 20:n valmistus Kiinaan?

HM: Kiinassa rakennettavalla moottorilla tähdätään pääsääntöisesti Kiinan markkinoille. Moottorin valmistus jatkuu myös Vaasassa, sillä muuallakin kuin Kiinassa rakennetaan edelleen aluksia, joihin kyseiset moottorit sopivat erinomaisesti apumoottorikäyttöön. Olemme jo näillä markkinoilla ja pyrimme kasvattamaan markkinaosuuk-

siamme. Moottoria käytetään myös voimaloissa ja uskomme, että voimme lisätä markkinaosuuttamme myös tässä bisneksessä.

Koneiden rakentaminen on yhä enemmän kokoonpanoa. Mikä on tehtaan ydinosaamista; missä te ette luota alihankkijoihin?

HM: Meidän ydinosaamisemme on tietotaidossa. Olemme jo pitempään ostaneet valtaosan komponenteista ulkopuolisilta ja keskittyneet muutaman avainkomponentin, kuten esimerkiksi moottorilohkojen ja sylinterikansien, valmistukseen. Kokoonpano, koekäyttö ja laadunvarmistus ovat työvaiheita, joista emme luovu.

Missä määrin käytätte suomalaisia alihankkijoita?

HM: Olemme jo pitkään käyttäneet hyvin paljon koti- ja ulkomaisia alihankkijoita. Tavoitteenamme on löytää uusia järjestelmätoimittajia, jotka ovat valmiita vastaamaan isoista kokonaisuuksista. Sellaiset ovat kuitenkin tänään liian harvassa. Eräänä syynä on varmasti se, ettei vielä näy löytyvän riittävästi rohkeutta tehdä uusia investointipäätöksiä ja kasvattaa sekä laajentaa liiketoimintaa. Toimittajiemme joukossa on yrittäjiä, jotka jo ovat eri-



Moottorin lohko on avainkomponentti, jonka valmistuksen Wärtsilä pitää omissa käsissään.

Erik Sjöblom (vas), Heikki Nieminen ja Ismo Viljanen kiinnittävät kampiakselihin hammaspyörät ja vastapainot. Nämä kampiakselit tulevat W 32 -moottoriin, jossa on 20 sylinteriä.



koistumalla kehittäneet kilpailukykyssä kansainväliselle tasolle ja jotka haluavat edelleen kehittää kansainvälistä toimintaansa ja verkostoitua. Meidän mielestämme tämä on hyvä asia, sillä se vahvistaa heidän kilpailukykyään.

Mikä on teidän paras kilpailuvalttinne?

HM: Kilpailutekijöitä on useita, mutta yksi on ylitse muiden: tuotekehitys. Satsaamme siihen jatkuvasti 3-4% liikevaihdoistamme. Asiakas maksaa kilowateista ja haluaa saada moottoristaan mahdollisimman paljon tehoa irti. Keskeisiä kehityskohteita ovat mm. moottorien polttoaine- ja voiteluainekulutukset sekä luotettavuus ja kustannustehokkuus.

Onko näköpiirissä mullistavia ratkaisuja?

HM: Pitkällä tähtäimellä uudet polttoaineet ovat mukana kuvassa. Uskon, että uusiutuvien luonnonvarojen osuus lisääntyy. Varmasti myös vetykäyttö antaa odottaa itseään.

Otatteko mallia autoteollisuudesta?

HM: Kyllä, koska meille molemmille laatu, kustannustehokkuus, käyttövarmuus ja polttoaineen kulutus ovat keskeisiä tekijöitä.

Milloin laivamoottori menee vaihtoon?

HM: Moottorin taloudellinen elinikä on 15-20 vuotta. Tämän jälkeen jotkut peruskorjaavat moottorin, toiset ostavat uuden. Öljyn hinta ohjaa selvästi asi-

Wärtsilä Oyj Abp

Wärtsilä on suomalainen yhtiö, joka toimii globaalissa ympäristössä. Osakekannasta noin 90% on suomalaisessa omistuksessa. Wärtsilä on maailman johtava laivojen ja kokonaisten voimajärjestelmien toimittaja. Wärtsilä tarjoaa myös asiakkailleen laivan koneiston huollon sen koko elinkaaren ajan. Lisäksi yhtiö on hajautetun energiatuotannon voimalaratkaisujen merkittävä toimittaja. Konserniin kuuluu myös erikoisteräsyhtiö Imatra Steel.

Konsernin liikevaihto oli 2 357,5 miljoonaa euroa vuonna 2003 ja sen palveluksessa oli 12 000 henkilöä.

Liikevaihto vuonna 2003 jakautui toimialoittain: Huolto 885,5 ME (38%), Ship Power 686,1 ME (29%), Voimalat 577,5 ME (25%) ja Imatra Steel 202,7 ME (9%).

Huolto

Huolto on kiinteä osa Wärtsilän merimoottoreiden ja voimaloiden markkinointia. Toiminta jakautuu omaan merkkihuoltoon, joka kattaa kaikki Wärtsilä- ja Sulzer-voimala ja merimoottorit, sekä Ciserv-huoltoketjuun, joka tarjoaa kattavan huoltopalvelun kaikille moottoreille ja aluksille. Huoltoverkko kattaa yli 60 maata.

Ship Power

Wärtsilä toimittaa moottoreita, propulsio- ja

ohjauksjärjestelmiä kaikenlaisiin aluksiin. Isot hidaskäyntiset 2-tahtiset Sulzer-moottorit, joita käytetään päämoottoreina isoissa aluksissa, suunnitellaan ja kehitetään Winterthurissa, Sveitsissä ja valmistetaan lisenssivalmistajien toimesta. Hidaskäyntisten moottorien kohdalla Wärtsilän markkinaosuus oli 33% vuonna 2003.

Keskinopeissa nelitahtimoottoreissa Wärtsilän markkinaosuus oli viime vuonna 38%. Näitä moottoreita käytetään myös alusten apumoottoreina. Niitä valmistetaan Suomessa ja Italiassa. Englannissa on propulsiojärjestelmien valmistusta. Potkurien valmistus on aloitettu myös Kiinassa.

Voimalat

Wärtsilä on 1980-luvulta lähtien soveltanut dieselteknologiaansa myös energiatuotantoon. Wärtsilä tarjoaa voimalaratkaisuja hajautettua energiatuotantoa varten. Toisin sanoen voimaloita, jotka tuottavat energiaa paikallista tai alueellista tarvetta varten. Öljy- ja kaasuvoimaloiden päämarkkinat ovat nopeasti kehittyvissä maissa. Wärtsilän markkinaosuus raskasöljylaitoksissa oli 38% ja kaasulaitoksissa 16% vuonna 2003.

Imatra Steel

Erikoisteräsyhtiö palvelee lähinnä eurooppalaista auto- ja konepajateollisuutta.▲

kaiden käyttäytymistä. Mitä korkeampi öljyn hinta, sitä hanakammin halutaan vaihtaa uuteen, vähän kuluttavaan. Viime aikoina on luonnonkaasun käyttö polttoaineena selvästi lisääntynyt.

Onko kilpailu kovaa?

HM: Kivenkovaa. Tällä hetkellä erot kilpailijoiden välillä mitataan mm. sillä, millaiset ovat asiakkaan vuotuiset käyttökustannukset, ja siinä vertailussa me pärjäämme.

Moottoreitane käytetään myös voimaloissa. Minkälainen business se on?

HM: Kiehtova. Suomalaisittain emme toimi peruseränergian tuotannossa, vaan palvelemme kohteita, joissa tarvitaan energiaa kymmenestä megawattista satoihin megawatteihin, mutta infrastruktuuri puuttuu. Voimalamme toimivat niin maalla kuin merellä eri puolilla maailmaa.

Millaisista markkinoista on kysymys?

HM: Jatkuvasti vaihtelevista. Kysyntää on ja tarvetta löytyy vähän joka puolelta maapalloa. Kaupanteko on useimmiten kiinni siitä, miten asiakas pystyy järjestämään rahoituksensa.

Voiko olla kysymys isoistakin kaupoista?

HM: Toimitamme Irakiin kaksi voimalaa, jotka yhdessä vastaavat tehoaan noin puolta Suomessa rakenteilla olevasta ydinvoimalakapasiteetista. Kauppahinta oli 361 miljoonaa eroa.▲

Kehitysjohtaja Juha Kytölä, joka vastaa Wärtsilän nelitahtimoottorien tuotekehitystoiminnasta, esittelee vaatimattomasti työpaikkansa maailman moderneimpana diesellaboratoriona. Tutustumiskierroksen perusteella häntä on helppo uskoa.

Maailman modernin diesellaboratorio

Laboratoriorakennus on keskisuuren tehtaan kokoinen. Äänieristetty testihalli on jaettu neljään lohkokoon, jossa kussakin jyskyttää kaksi isoa moottoria. Yläpuolella on koko hallin levyinen valvomo, josta on suora näköyhteys testatastiloihin. Jokaisesta koneesta saadaan 200-300 anturin välityksellä monenlaista tietoa koneiden käyttäytymisestä valvomossa päivystävien kehitystiimien tietokoneille.

”Tämä on kiehtova työ, saamme toteuttaa monenlaisia ideoita ja ajatuksia”, toteaa Juha Kytölä esitellessään viiriään. Tämä ei rajoitu tehtaan alueella toimivaan laboratorioon.

1990-luvun lopussa Wärtsilä rakensi yhteistyössä ABB:n ja paikallisten sähköyri-tysten kanssa 36 MW:n kombivoimalan Vaskiluotoon.

”Projektille laadittu kehitysohjelma on saatettu päätökseen. Ajoimme sen puitteissa mm. dieselmoottorien hyötysuhteen maailmanennätyksen. Tänään voimalla on kokonaan meidän hallussamme. Siinä meillä on mahdollisuus pitkäjänteisempiin kokeiluihin kuin täällä labrassa”, sanoo Juha Kytölä.

Kehitysosaston tuorein työnäyte jyskyttää prototyyppinä koelaboratoriossa. Wärtsilä 46F (future) on kokonaan uusi moottori.

”Suunnittelu lähti liikkeelle vuonna 2000. Turun tehtaan W 46:sta oli jo kehitystyön kautta otettu kaikki irti, joten piti luoda kokonaan uutta. Lisää tehoa, vähemmän kulutusta ja vähemmän päästöjä olivat päällimmäiset tavoitteet. Nostamalla kierrosluvut 500:stä 600:een on saatu 15 % lisää tehoa. Kierrosluvun nostaminen on kuitenkin vaikuttanut moottorin kaikkiin toimintoihin. Konstruktioille ja materiaaleille oli asetettava kokonaan uusia vaati-

muksia”, kertoo Juha Kytölä.

Uudesta moottorista tehtiin ensin testi-versio, jolla koeajot suoritettiin. Niistä saatujen kokemusten perusteella rakennettiin prototyyppi, jonka testaus nyt on käynnissä. Tähän saakka testit ovat sujuneet niin kuin pitääkin. Tarkoituksena on saada moottori kaupalliseen tuotantoon Triesten tehtaalle ensi syksynä.

Juha Kytölä huomauttaa, että tämän tapaisessa projektissa on kysymys paljon muustakin kuin pelkästä tekniikasta.

”Komponenttien saatavuus ja logistiikka ovat keskeisiä kysymyksiä. Hankinta-osastomme on ollut mukana alusta lähtien ja olemme matkan varrella hyödyntäneet yhteistyöpartnerimme erikoisosaamista”, toteaa hän ja mainitsee mm. Outokummun ja VTT:n, kun on kysymys materiaaleista ja metallurgiasta.

Yhteistyö korkeakoulujen kanssa tukee vuorostaan kehitysosaston toimintaa yleisellä tasolla. Tässä yhteydessä maininnan saavat Teknillinen korkeakoulu, Tampereen teknillinen yliopisto, Vaasan yliopisto, KTH Tukholmassa ja ETH, Zürichissä.

Viime vuosina päästökysymykset ovat

Juha Kytölä ja uusi Wärtsilä 46F-moottorin prototyyppi diesellaboratorion testihallissa.



Mika Anneberg Vaasan W 32 -tehtaalla kiinnittämässä moottorin mittaritaulun putkia.



Pekka Koskela tekemässä hienosäätöä Vaasan tehtaalla W 32 -moottorille.

nousseet polttoainekulutuksen rinnalle kehitystyön ohjaavana tekijänä.

”Käyttäjät kiinnittävät yhä enemmän huomiota päästöihin. Maavoimaloille on jo useimmissa maissa hyvin tarkat rajat päästöille. Meriliikenteen osalta lainsäädäntö ei ole vielä yhtä tiukka, mutta yhä useammalle asiakkaalle on tärkeää, että päästöt pidentään kurissa”, toteaa Juha Kytölä.

Esimerkkinä hän mainitsee autonkuljetusalukset. Kun kuljetetaan autoja laivalla valtamerien yli, lasketaan autojen elinkaarianalyysissa kuljetettavan aluksen päästöt mukaan autojen aikaansaamiin päästöihin.

Esimerkkejä löytyy lähempääkin: Suomalainen paperiteollisuus on hyvin tarkka siitä, että kuljetukset tapahtuvat mahdollisimman ympäristöystävällisellä tavalla.

”Päästökysymyksistä on tullut melkoisen kilpailuvaltti ja se sopii meille. Lähdimme ensimmäisten joukossa pohtimaan, minkälaisia haasteita kiristyvät päästörajat asettavat moottorin suunnittelulle ja valmistukselle. Olemme sillä saralla päässeet melko pitkälle. Meillä on arvokas etumatka kilpailijoihimme”, toteaa Juha Kytölä. ▀

HOLE-IN-ONE - JOKA REIÄLLÄ



Boltec - Johtava pultituslaite tehokkaaseen työskentelyyn
vaativissa olosuhteissa



Tähän pystyy vain harva golfari. Atlas Copcon tuotevalikoimaan kuuluvalla Boltecilla sen sijaan tämä on arkipäivää; niin lyhyillä kuin pitkilläkin rei'illä.

Boltecilla on mahdollista suorittaa vaativa pultitustyö turvallisesti, tehokkaasti ja laadukkaasti. Mekanisoitu pultituslaite poraa reiän ja asentaa pultin ilman, että syöttölaitetta tarvitsee siirtää.

Tietokoneohjattu poraus – ja vianetsintäjärjestelmä mahdollistaa käyttäjän ja laitteen vuorovaikutteisen työskentelyn sekä tiedonkeräyksen, -varastoinnin ja -siirron.

Boltec soveltuu kaikille yleisimmin käytetyille pulttityypeille pituudeltaan 1.5 m – 6.0 m. Laite soveltuu sekä matalien että korkeiden kallioitilojen pultitukseen, välille 3.8 m - 12.0 m. Porakone COP 1532 minimoi porakaluston kulumisen ja takaa maksimaalisen poraussuorituksen.

Lisätietoa Boltecista ja muista kallion lujitustuotteistamme: www.rockreinforcement.com

Oy Atlas Copco Louhintatekniikka Ab

Tuupakankuja 1, 01740 VANTAA

Puh. 09 296 442, fax 09 2964 218

www.atlascopco.fi, louhinta@fi.atlascopco.com

Atlas Copco

Forget fundamentals, here come the investment funds

- the base metal markets are more volatile than ever

Birgitta Bergén-Kavanto, Customer Service Manager, OMG Finland Oy

On market psychology

It has been said that only two factors drive investor behaviour: fear and greed. Let's add to that something that is called information asymmetry and we have a nice framework for trying to understand market psychology. Information asymmetry means that different market players have different information on facts. Further, people with the same knowledge will interpret information differently.

The Chinese economy is a great example. Very few people have true knowledge on what the actual growth rate of the economy is, or the real consumption of any given metal. The feeling in the metals markets last year was that Chinese consumption would grow extremely strongly, and even those people with doubts on it started buying metals, for fear that prices would

A year has passed since I last appeared on the pages of this publication – a wild year as far as metal prices are concerned. The recent price peaks saw for example copper at around USD/t 3200 and nickel at 17000.

These price levels will probably not be seen anymore in this cycle – or maybe they will, as forecasting base metal prices has become more challenging than ever.

go through the roof, and for greed for windfall profits. Earlier this year, when it became evident that China would

have to take measures to cool the economy down, panicky selling ensued, again for fear for losses.

Through all this, it's likely that those market participants with the best knowledge were the first to buy and the first to sell – those with less information may have been left licking some wounds.

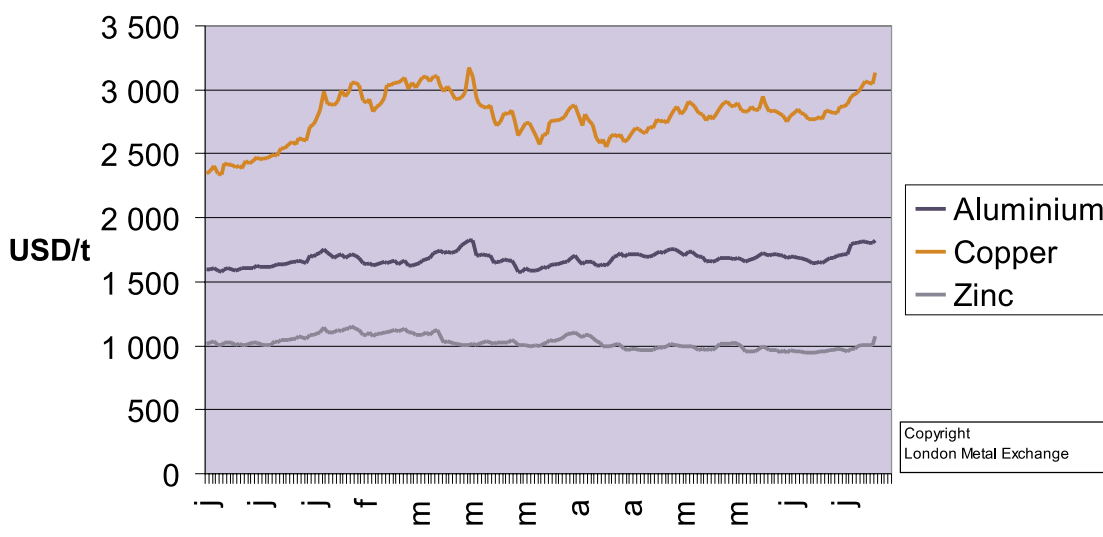
The fact that metals are now more than ever an investment class makes it important to understand investor psychology. Fundamentals still (hopefully?) drive the price direction, but the magnitude of moves is caused by investor action.

Too much money?

To have too much money sounds like a very pleasant problem. But in the metals market, specifically on the London Metal Exchange, and speaking of investment funds, a little less money would be good news.

For investment funds, metals are just another asset class, comparable to foreign exchange, equities, or bonds. Funds take their investment decisions in a number of ways, but trend-following is one of them. When fundamentals have created a price trend, funds will follow it and buy or sell accordingly. Other funds, usually called macro funds, forecast the macroeconomic developments and try to be in the market

LME cash prices in January-September 2004



before fundamentals warrant a change in trend. For this reason, some market observers believe that a rise in prices, caused by funds, can be useful in forecasting increasing metals demand and tighter markets, not the other way around.

A new phenomenon, at least in the present magnitude, is how the metal futures prices follow the oil price higher. This is caused by so-called commodity baskets, which contain metals and oil in pre-defined proportions. When the oil price increases, funds will have to buy metals too, to keep the proportions constant. This makes little sense from an economic point of view: a higher oil price should mean slower economic growth that should mean less metals demand that should mean lower metal prices...but maybe we should just give up and accept that investment funds dictate metal price developments, whether they make any sense or not. The oil price is not expected to come off any time soon. For example, Goldman Sachs has just raised its forecast to an average of 50 USD per barrel for the rest of the year, and an average of 47 USD/barrel for 2005.

As an example of fund involvement, one US pension fund, PIMCO, traded commodities for an amount of 31 million USD in 2002, 1.4 billion in 2003, and 5.1 billion so far this year.

Aluminium

Fund involvement has grabbed aluminium just like the other LME traded metals. It traded to levels not seen in around fifteen years near 1900 USD/t a few weeks ago, only to come rattling down to USD/t 1700 in a couple of days. This is still a high price level for aluminium that traded at around USD/t 1400 a year ago.

Aluminium demand has grown strongly over the past year, and accordingly, all exchange stocks have fallen. The rate of material flow out of warehouses has slowed down recently as the backwardation (higher price for prompt deliveries as compared to further forward deliveries) has widened, and there is now also some talk of material having gone out of exchange warehouses to less visible stocks.

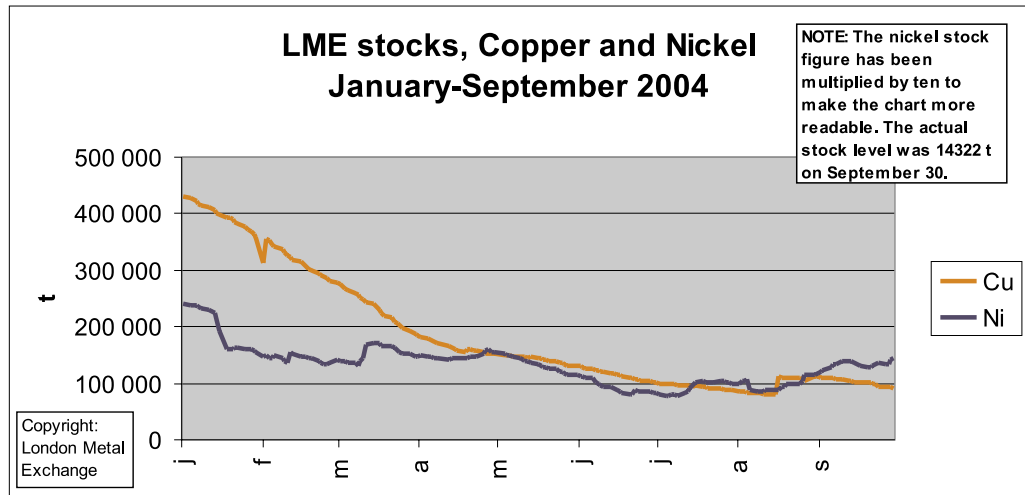
Demand growth this year has been occurring over a wide range of applications and geographical locations. It has been strongest in the US, China, and other Asian countries, with China's consumption rising by almost 20% in the first half of this year compared to 2003. In the USA, demand has been supported by the residential construction market, and will continue to be as Florida rebuilds after the hurricanes. China's consumption growth is based on massive infrastructure investments, a growing middle class that consumes

will be in clear deficit in the first half of the year, and more or less balanced in the second half. The main question mark is the availability and size of stocks held outside of exchange warehouses.

Analyst price forecasts for 2005 are generally in the USD/t 1600-1750 range.

Copper

The copper price has been very volatile over the past year. In October last year,



aluminium products, and, as should be noted for all metals, on the relocation of manufacturing units from elsewhere. In Europe, can lines have been converted from steel to aluminium. Further, scrap metal has been in short supply due to lower recycling rates for used beverage cans.

Demand growth is expected to be somewhat slower in 2005. Interest rate increases are likely in Europe and the US, which should have a negative impact on both consumer demand and the construction market. However, both Airbus and Boeing are stepping up aircraft production next year, and the transport sector will probably require more aluminium as intensity of use rises.

Supply growth from China has been strong. Since 1999, production has been growing at an annualised rate of 20%, and there is a potential for more if and when China solves its energy supply problems. Several large-scale projects are planned for Middle East, but elsewhere, production will grow only moderately.

All in all, it looks like aluminium demand will outstrip supply in 2005. It is fairly generally thought that the market

it traded at around USD/t 1900, and in early October this year, it reached a level of USD/t 3200. It fell dramatically from this past peak when funds turned sellers, and lost roughly 15% of its value in the matter of four trading days.

Copper's fundamentals have been very supportive. The market will record a massive deficit this year (701 000 t of refined copper, according to the International Copper Study Group), and reported warehouse stocks have fallen accordingly. The deficit is a result of both strong demand growth and a large number of production curtailments due to strikes and accidents. The bulk of demand growth has occurred, again, in China, and US demand has also recovered sharply. For example, in the US, shipment volumes of all copper products rose by 22% in the January-July period compared to the same period in 2003. China's apparent consumption increased by nearly 30% in January-April (but was slower thereafter until recently due to stocks having been built and the tightening of credit). Japan's semiconductor shipments were up by 27% year-on-year in July 2004.

The list of production problems is long and varied. To name just a few

most important ones, Freeport-McMoRan's Grasberg mine in Indonesia may have lost as much as 230 000 t of production following major ground problems. Escondida in Chile had its concentrators operating at 5-10% below capacity and probably lost 200 000 t of planned production. Noranda's Altonorte smelter operated at reduced capacity for six weeks following a fire, and labour problems caused production to be lost at the Andina, Collahuasi and Chuquicamata mines in Chile, Batu Hijau mine in Indonesia, Noranda's CCR refinery in Canada, and Atlantic Copper's Huelva smelter/refinery in Spain. The actual total loss of produc-

tion due to strike action has not been all that great, but it has had a very real impact on sentiment.

slowly, but anyhow in the region of 6% next year.

The copper market is still expected to record a deficit in 2005, but some analysts see the market in surplus in 2006. Sentiment could start weakening early next year when interest rate increases should start taking a toll on the economies and consumption growth. Analysts generally forecast average prices in a (still quite healthy) range of 2300-2600 USD/t, with at least one venturing a forecast of USD/t 2900 for cash copper.

In industry news, Outokumpu has decided to divest its fabricated copper products business. China's presence in

ered for this year. In some cases, consumers have sold back to the market nickel they did not need after all. Substitution has also been taking place, with some stainless steel producers switching to grades with little or no nickel. Another consequence of the high nickel price has been a rapid increase in the supply of stainless steel scrap. All these factors are evident in the case of China – the expected nickel hunger did not materialize and China turned exporter instead – many small users of nickel have closed their business, there was stock building in 2003, and the growth in stainless steel production has been concentrating in low-nickel grades.

**LME Nickel cash settlement monthly averages
1980-2004**



Copyright: The London Metal Exchange

tion due to strike action has not been all that great, but it has had a very real impact on sentiment.

Moving on, demand growth is expected to slow, and supply is likely to increase. Copper consumption is highly dependent on GDP growth. The high oil price must have a dampening impact on most economies. I would like to quote Alan Greenspan here who recently said that high oil prices have already trimmed three-quarters of a percentage point off US economic growth this year, and "the risk of more serious consequences would intensify if oil prices were to move materially higher". Copper concentrate supply has increased lately as reflected in the rising TC/RC's, and mine production is expected to grow further in 2005. Refined production will increase more

the world of metals becomes even more pronounced if state owned Minmetals succeeds in its bid to buy Noranda (also an important producer of nickel and zinc).

Nickel and stainless steel

The nickel market has been very interesting in the past year, and quite impossible to forecast. Last year this time, the forecast for the market balance in 2004 was a deficit of 60 000 tons, quite a sizeable deficit for nickel. Now, with three quarters of the year passed, it looks like the market is going to be more or less balanced this year.

A number of factors took the market by surprise this year. First of all, last year's extreme bullishness led to many consumers being more than well cov-

While nickel's demand side story has been bullish, so has the supply side. Since the laterite projects proved to be more or less failures, it has been very difficult to find financing for nickel projects. Two large projects are moving ahead: Inco's Voisey's Bay and BHP-Billiton's Ravensthorpe. Inco has also just taken the decision to proceed with the Goro project in New Caledonia, together with Sumitomo Metal Mining and Mitsui & Co. Goro will have a production capacity of 60 000 t nickel annually, and production is estimated to start in late 2007. The high nickel price has also attracted smaller projects out of the woodwork, and it is possible that the market is underestimating their impact on future supplies.

The stainless steel industry has been enjoying a period of very good demand

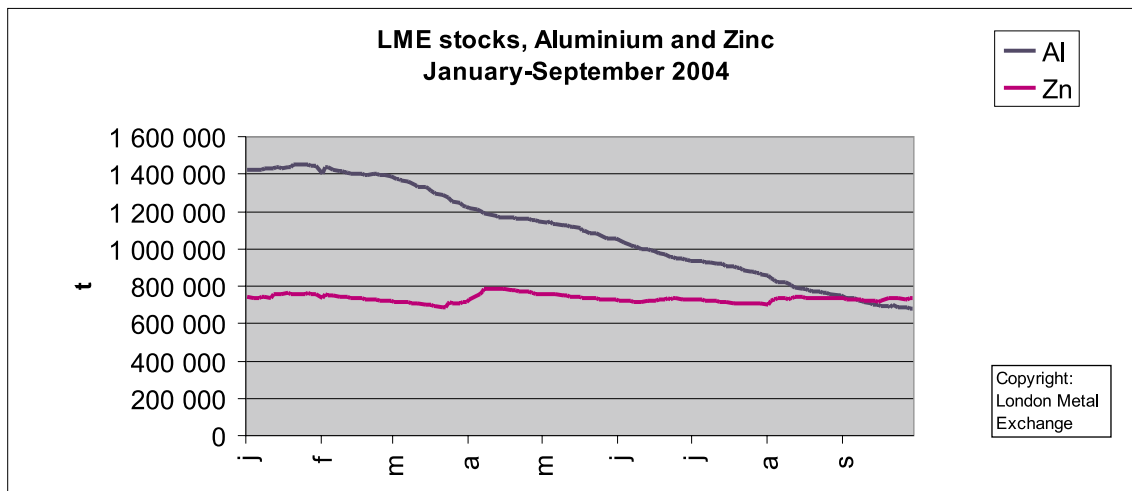
in all the main markets. For example, most European mills cancelled their traditional summer shutdowns and have been operating flat out. September was unusually quiet, but order books are said to be very long again, at German mills for instance, and in the US.

Stainless steel production is generally expected to grow again strongly next year, with most analysts putting the number at or near 5%. Year 2006 should see the trend continue, although

around USD/t 14000 should not be sustainable. But it is probably too early to believe that it's going to be all downhill from here. Something the market has not seen in ages, in contrast to the other base metals, is production disruptions. With all producers running flat out, the likelihood of equipment failure and other hiccups increases. Visible market stocks are still low, and sentiment can change very quickly if there is a shift in fundamentals.

growth figures as well.

Mine production of zinc has declined this year, most notably at two leading producers, Australia and Peru. Smelter closures have taken place in Europe, and Australian refined zinc production is sharply down from last year after the Cockle Creek smelter was closed. Next year, refined zinc production will increase in China, and in Africa when Anglo American's Skorpion operation in Namibia gets going.



by 1-2% only. What remains to be seen, is whether consumption will grow this much. Stainless steel has already become a "luxury item" due to its high price, and substitution will certainly start taking place where possible, beginning at the consumer level where performance is not so critical.

Much of the demand growth for stainless steel has been coming from China that has already become the world's largest importer and consumer. China's stainless steel consumption this year is estimated at around 4.6 million tonnes, and estimates for future growth range from strong to spectacular. Antaiko, the Beijing-based consultancy, estimates that consumption will reach seven million tonnes in the year 2010. At the same time, China's stainless steel production will grow strongly. It will be interesting to see the market response when China really gets its own stainless steel industry going, and becomes a net exporter. This might happen already in 2006 when according to Antaiko, China's stainless steel production will start outstripping consumption.

Forecasting the nickel price into 2005 is no simple task. Stainless steel may start losing market share due to its high price, and nickel is already being substituted. If the market is in or near balance next year, the present price at

The uncertainty in the nickel market is reflected in the analyst forecasts: they range from 10500 USD/t to 14750 USD/t as to the average LME cash price next year.

Zinc

Zinc joined the fund-induced price party in early October, but the joy was short-lived, and zinc quickly traded back to the 1000 USD/t level from a high of around USD/t 1200.

Zinc stocks are the highest of the LME metals in relative terms at around eight weeks of consumption. At time of writing, zinc LME stocks are also the highest in absolute terms (although by a margin of only a thousand tonnes compared to the aluminium stocks). The zinc market is likely to record a small deficit in 2004, but the high stock level has kept the price at a relatively low and stable level.

It seems that no metal story can be written without mentioning China. China became a net zinc importer in the early part of 2004, driven by its surging infrastructure spending and vehicle production. In the US, demand has also increased by healthy numbers thanks to the construction sector. Germany, otherwise a fairly flat market recently, has recorded good zinc consumption

Analysts seem unanimous in predicting a fairly sizable deficit of refined zinc in 2005. The questions then become: what off-warrant stocks are there, will China continue to import zinc, and in light of recent fund action, can zinc stage a rally alone if all other metals are sold by investors.

Zinc average price forecasts for 2005 are mainly in a range of 950 to 1150 USD/t.

The crystal ball

So, what does 2005 hold in store for us?

If indeed the best of economic growth has been seen, large investment funds are likely to stay out as buyers, and supply generally will become more plentiful as the high prices have attracted investment. It is possible that if and when a down trend is established, funds will follow this trend and sell the base metals, which of course would have a large impact in a market where buyers already have turned cautious.

All in all, 2005 is still going to be a good year for metal producers as far as demand is concerned. Price wise, surprises are possible either way, but my base case is that the highest peaks have now been seen, and a slow downward trend will start latest in mid-year 2005. ▀

Metallurgiasta materiaalitieteeseen

Professori Simo-Pekka Hannulan, TKK, virkaanastujaisesityelmä

Materiaalitiede tieteenä on varsin nuori. Materiaalitieteen käsite on syntynyt Yhdysvalloissa 1950-luvun alussa. Sen eräänä edeltäjänä voidaan pitää fyysikaalista metallurgiaa, jonka pohjalta materiaalitiede on syntynyt ja josta se on eriytynyt. Täsmällistä tietoa ensimmäisestä termin käyttöönottajasta ei ole, mutta 1950-luvun puoleen väliin mennessä sitä käytettiin jo yleisesti alan tieteenharjoittajien piirissä.

Northwestern University Illinoisissa Chicagon lähetyksillä oli ensimmäinen yliopisto, joka aloitti materiaalitieteen opetusohjelman. Yliopistoon muodostettiin uusi metallurgian osasto vuonna 1954. Professori Morris Fine, joka kutsuttiin Bellin laboratoriosta osaston professoriksi, oli jo hyväksymiskirjeessään esittänyt toiveensa aloittaa materiaalitieteen ohjelma yhteistyössä yliopiston muiden osastojen kanssa. Ohjelma toteutui vuonna 1957, jolloin opiskelijoilla oli ensimmäisen kerran mahdollisuus aloittaa opiskelu materiaalitieteen tutkintoa varten. Vuonna 1958 yliopiston johto sai käsiteltäväkseen muistion, jonka otsikkona oli "The Importance of Materials Science and Engineering". Eräs kohta tässä dokumentissa on yhä edelleenkin ajankohtainen. Siinä todettiin näin: "Perinteisesti materiaalitiede on kehittynyt jossakin määrin toisistaan erillään olevia kanavia pitkin – näitä kanavia ovat kiinteän olomuodon fysiikka, metallurgia, epäorgaaninen kemia, polymeerikemia, minerologia sekä lasi- ja keraamitekologia. Materiaalitieteen ja -tekniikan kehittyminen selkeästi kärsii tästä tieteen keinokeisesta jaosta erillisiin osiin. Materiaalitieteen eri osa-alueiden specialistien yhteensaattaminen toisi kiistattomia etuja mahdollistaen ja rohkaisten yhteistyöhön ja ideoiden vapaaseen vaihtoon." Joulukuussa 1958 yliopiston Metallurgian osasto päätti esittää nimensä muuttamista Materiaalitieteen ja -tekniikan osastoksi (Department of Materials Science and Engineering),

minkä yliopiston johtokunta vahvisti tammikuussa 1959.

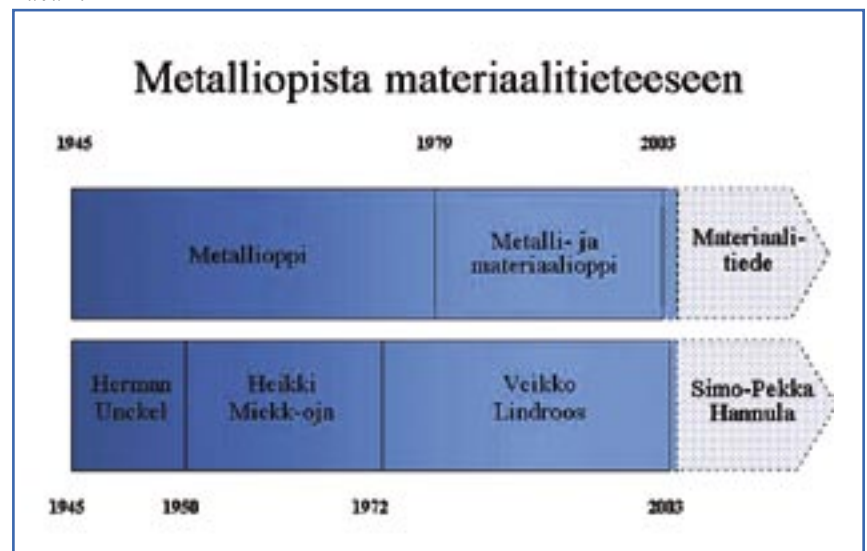
Kehitys nähtiin tärkeäksi myös Yhdysvaltain hallinnon taholta. Melkein samaan aikaan Northwesternin yliopiston päätöksen kanssa USAn presidentin tieteellinen neuvoa-antava komitea ehdotti, että yliopistojen pyrkimystä luoda uusia materiaalitieteen tiedekuntia tulisi tukea, mitä sitten tehtiinkin. Kehitys oli nopeaa. Jo kuusikymmentäluvun lopussa noin kolmasosa metallurgian osastoista oli muuttanut kokonaan tai osittain nimensä ja samalla opetuksen ja tutkimuksen sisällön. Nykyään USAn yliopistojen teknisissä tiedekunnissa valtaosassa on materiaalitieteen ja -tekniikan osasto, jossa eri materiaaleihin liittyvä opetus ja tutkimus on saman katon alla.

Euroopassa vastaavanlainen kehitys käynnistyi vasta kymmenkunta vuotta myöhemmin ja on edennyt vastaavasti hitaammin. Esimerkiksi Oxfordin yliopistossa lopullinen muutos materiaalitieteen alle tapahtui vasta vuonna 2000.

Materiaalitiede ja sen historia TKK:lla

Materiaalitieteen professuurin historia Teknillisessä korkeakoulussa juontaa alkunsa neljäkymmentäluvulle (kuva 1). Syntyään saksalainen, mutta Ruotsissa asunut tohtori Herman Unckel aloitti metalliopin luennot Teknillisessä korkeakoulussa vuonna 1945, jolloin metalliopin professuuri perustettiin. Professorin virkaan hänet nimitettiin syksyllä 1949, mutta hän erosi vain kolmen kuukauden jälkeen siirtyäkseen muihin tehtäviin Ruotsiin. Professorin virkaa siirtyi hoitamaan FT Heikki Miekk-oja, joka sitten myös nimitettiin virkaan 1954. Professorina hän suoritti poikkeuksellisen mittavan elämäntyön vaikuttaen voimakkaasti metalliopilisen tietämyksen leviämiseen maassamme. Professori Miekk-oja siirtyi eläkkeelle 1972, ja seuraavaksi metalliopin professoriksi nimitettiin 1974 apulaisprofessori Veikko Lindroos. Professori Lindroosin aikana laboratorion opetus- ja tutkimusalaa laajennet-

Kuva 1.



tiin ja se käsitti perinteisten metallisten materiaalien lisäksi magneettiset materiaalit, optiset materiaalit ja puolijohdemateriaalit. Vuonna 1979 laboratorion nimi myös muutettiin metalli- ja materiaaliopin laboratorioksi vastaamaan vallinnutta tilannetta. Samassa yhteydessä professuurin viran alaa tarkistettiin ja metalliopin professorin ala täsmennettiin metalli- ja materiaaliopiksi. Kun professuuri tuli avoimeksi professori Lindroosin siirtyessä eläkkeelle vuonna 2003 vahvistettiin viran alaksi materiaalitiede – mikrorakenne, mekaaniset, magneettiset, sähköiset ja termiset ominaisuudet.

Samalla kun tämän professuurin painotukset ovat muuttuneet, on materiaalitieteessä tapahtunut yleinen kehitys heijastunut myös koko entisen Vuori-teollisuusosaston toimintaan. Osaston nimi muutettiin 1980-luvun lopussa Materiaali- ja kallioteknikaksi. Tällöin ei kuitenkaan tapahtunut kovin merkittävää muutosta opetusohjelmassa ja muuntautuminen materiaalitieteen osastoksi sillä tavoin, kun se valtaosassa kansainvälisiä yliopistoja ymmärretään on vielä kesken. Kun otetaan huomioon lähes viisikymmentä vuotta ensimmäisiä pioneiryliopistoja kauemmin jatkunut eriytyminen materiaalitieteen alueella Teknillisessä korkeakoulussa, tarvitaan runsaasti ennakkoluulotto- muutta ja rohkeutta vastaavien askelten ottoon. Käynnissä oleva TKK:n rakenneuudistusprosessi antaa tähän kuitenkin mahdollisuuden. Nykyisen materiaali- ja kallioteknikan osaston ja muilla osastoilla olevan materiaalitieteen tutkimuksen ja opetuksen pohjalle on hyvinkin mahdollista rakentaa nykyistä vahvempi **materiaalitieteen** osasto, jossa ovat edustettuna mahdollisimman monet materiaalitieteen ja tekniikan osa-alueet.

Mitä materiaalitiede on?

Olen esitykseni alussa käsitellyt materiaalitieteen käsitteen syntyä määrittelemättä tarkemmin mitä materiaalitiede on. Kun professori Aaron Katchalskya pyydettiin määrittelemään uusi alansa biofysiikka, hän vastasi: biofysiikka on kuin vaimoni, tunnen hänet hyvin, mutta en osaa määritellä häntä. Materiaalitieteen osalta voidaan todeta samalla tavalla. Poikkitieteellisen luontensa vuoksi materiaalitieteen määrittely on vaihdellut määrittelijän taustan ja ajan mukana. Yhdistävänä tekijänä on kuitenkin ollut aina materi-

aalin mikrorakenteen keskeinen asema materiaalitieteessä (**kuva 2**). Muita tärkeitä materiaalitieteen elementtejä ovat materiaalin koostumus, materiaalin prosessointi, ja materiaalin ominaisuudet ja suorituskyky, joiden keskinäistä asemaa on hahmotettu tässä kuvassa. Kuvan keskeinen viesti on, että kaikki nämä tekijät ovat sidoksissa toisiinsa ja muuttamalla yhtä näistä tekijöistä vaikutetaan aina johonkin muuhun tekijään. Materiaalitieteen tehtävänä on selvittää ja hallita näiden tekijöiden välisiä riippuvuuksia.

Materiaalitieteen ja -tekniikan asema Suomessa

Materiaalitiede ja -tekniikka on yksi keskeisistä tunnistetuista muutosvoimista nykyisessä yhteiskunnassa. Sen asema on keskeinen ns. mahdollistavana teknologiana, jonka puitteissa saavutetut edistysaskeleet ovat kriittisiä muiden tekniikan alojen edistymiselle.

Kuva 2.



Esimerkiksi tulevaisuuden energiaratkaisut, perustuivat ne sitten vetytalon tai fuusioenergiaan, ovat sidoksissa materiaalitieteen ja -tekniikan kehitykseen. Elektroniikan ja tietotekniikan kehitykseen vaikuttaa osaltaan, miten materiaalitiede onnistuu ratkaisemaan mm. miniaturisointiin liittyviä ongelmia. Kone- ja laitetekniikan kehitys riippuu myös rakennemateriaalien kehittämisestä ja älykkyyden integrointi tuotteisiin riippuu paitsi elektroniikan edistysaskeleista, myös aktiivimateriaalien eli ns. "älykkäiden" materiaalien kehittämisestä jne. Esimerkkejä voidaan löytää kaikilta aloilta, joilla materiaaleja käytetään.

Tähän perustuen onkin ymmärrettävää, että materiaalitieteen – ja tekniikan tutkimus on nostettu keskeiseen asemaan kaikissa kehittyneissä maissa. Euroopan unionin kuudennen puiteohjelman alueelle "Nanotechnology and nanosciences, knowledge-based

multifunctional materials, new production processes and devices" suunnataan rahoitusta 1,3 miljardia euroa, mikä teollisuuden ja tutkimuslaitosten oman rahoituksen kanssa merkitsee yli 2 miljardin euron panostusta tälle alueelle seuraavien vuosien aikana.

Suomessa panostukset ovat luonnollisesti vaatimattomammalla tasolla, mutta materiaalitiede ja -tekniikka on meilläkin koettu keskeiseksi teknologian kehitysinvestointikohteeksi mm. Tekesin taholla. Tekesin nykyisen strategian mukaan materiaalikehitys tähtää erityisesti tukemaan vahvojen klusteriemme, kuten viestintä-, hyvinvointi-, energia-, ympäristö- sekä kuljetusklusterien tarpeita ja kasvavia markkinoita. Materiaalikehityksen tavoitteena on vahvistaa myös polymeeri-, elastomeeri- ja metallinjalostusteollisuuden uusiutumista sekä pienyritysten syntyä ja kasvua.

Teollisuuden kehitys ja uuden liiketoiminnan synty

Tunnettua on, että erityisesti elektroniikkateollisuuden kehitys on Suomessa ollut viimeisen kymmenen vuoden aikana huomattavan voimakasta. Ehkä vähemmän tunnettua sen sijaan on, että myös metallinjalostusteollisuuden kehitys maassamme on samaan aikaan ollut kansainvälisen vertailun perusteella huippuluokkaa kehittyneissä teollisuusmaissa. Metallinjalostuksen volyyymi Suomessa on noussut vuoden 1990 jälkeen yli 70%, kun se monessa merkittävässä läntisessä kilpailijamaassa on jopa alentunut.

Metalli- ja materiaaliopin laboratorion rooli teollisuuden kehityksessä on ollut poikkeuksellisen merkittävä. Laboratoriossa tehty tutkimustyö piiteknologian, jauhemetallurgisten materiaalien ja magneettisten materiaalien saralla on suoraan myötävaikuttanut sellaisten yritysten kuin Okmetic Oy, Metso Powdermet Oy ja Neorem Magnets Oy syntyyn ja kasvuun. Laboratoriossa koulutuksensa ovat saaneet myös monet metallinjalostajiemme kasvuun myötävaikuttaneet henkilöt. Esimerkiksi suurimpien metallinjalostusyritystemme, Outokumpu Oyj ja Rautaruukki Oyj, tutkimus- ja kehitystoimen johdossa on tälläkin hetkellä laboratorion kasvatit.

Metalli- ja materiaaliopin laboratorion asema ja tutkimusresurssit

Materiaalitieteen kokeellinen tutkimus →

nykypäivänä edellyttää huomattavia panostuksia tutkimuslaitteistoihin. Tässä suhteessa tilannetta Suomessa ei voida pitää erityisen hyvänä. Nykyinen tutkimuksen rahoitusjärjestelmämme ei juurikaan tue kalliita laiteresursseja vaativaa korkeatasoisen kokeellisen tutkimuksen tekemistä sen paremmin korkeakoululla kuin VTT:llä.

Metalli- ja materiaaliopin laboratorion tämän hetkistä tilannetta voidaan tässä suhteessa pitää suhteellisen hyvänä. Laboratorion pääsy mukaan Suomen Akatemian infrastruktuuriohjelmaan vuonna 1999 on merkittävästi myötävaikuttanut laboratorion tärkeiden mikrorakennetutkimuksen peruslaitteiden hankintaan. Tämän vuoteen 2006 jatkuvan rahoituksen turvin laboratorioon on hankittu uusi

infrapunamikroskooppi, jolla voidaan tutkia erityisesti piissä olevia virheitä. Samoin on saatu uusi kenttäemissiokattodilla varustettu pyyhkäiselektronimikroskooppi, jonka erotuskyky on riittävä nanometripiirteiden havaitsemiseen pinnoilta. Esimerkkeinä oheisessa kuvassa on mikrokuvaa huokoisesta piipinnasta sekä termisellä ruiskutuksella valmistetusta nano-

keraamisen alumiinioksidipinnoitteen murtopinnasta ja siinä näkyvistä nikkelinanopartikkeleista. Mikrorakennetutkimuksen kannalta ehkä oleellisin laitteisto, läpivalaisuelektronimikroskooppi, on puuttunut laboratorion varustuksesta jo usean vuoden ajan. Nyt tämäkin puute on korjautumassa, kun laboratorioon on juuri saatu uusi läpivalaisuelektronimikroskooppi (kuva 3). Uusi mikroskooppi on perustyökalu tutkittaessa materiaalien hienorakennetta. Sen sovellukset kattavat materiaalikentän laadasta laitain hienojen karbidierkaumien analysoinnista optimoitaessa terästen muokkaus- ja lämpökäsittelylämpötiloja aina nanomateriaalien kehittämiseen ja niiden sovelluksiin. Kuvassa oleva esimerkki on magneettisesti ohjattavasta Ni-Mn-Ga-muistimetallista. Kuvissa nähdään muisti-ilmion taustalla olevien kaksosten rakenne ja kahden martensiittivariantin liikkeessä syntyvän makrorakenteen hienorakenne. Tässä on

vain yksi esimerkki mikrorakenteista ja ilmiöistä, joiden syvällisempi tutkimus ja ymmärtäminen on mahdotonta ilman asianmukaisia tutkimusvälineitä.

Opetuksen kehittäminen

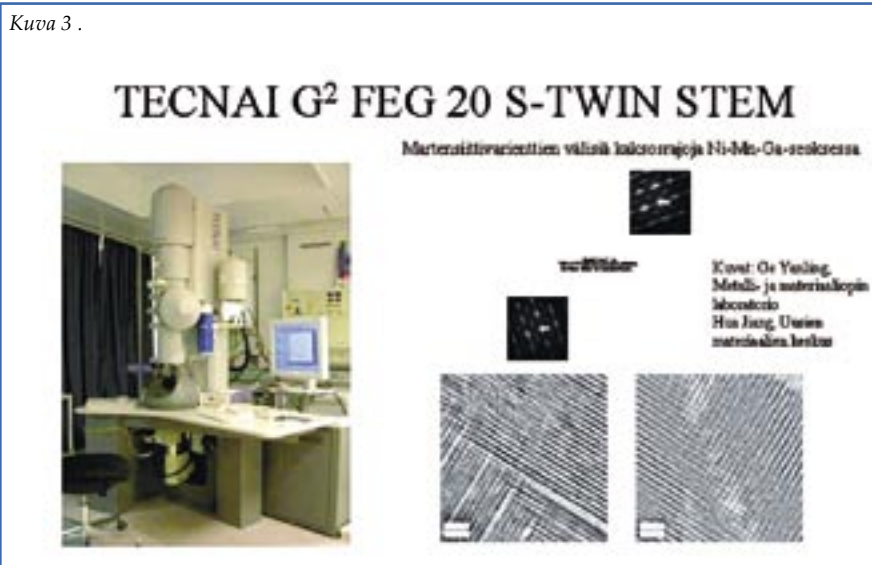
Materiaalitieteen opetuksen kehittäminen on tällä hetkellä ajankohtaista. Materiaalitieteen opetusta ollaan uudistamassa osana korkeakoulussa tapahtuvaa tutkinnon uudistusta, joka käynnistyi syksyllä 2003 ja jonka tavoitteena on luoda puitteet ja sisältö uudelle kaksivaiheiselle tutkintojärjestelmälle. Tämän hetkessä suunnitelluvaiheessa materiaalitieteen alueen kandidaatintutkinto tulee perusopin ohella muodostumaan yhdestä pa-

Teknologian kehityslinjien ennakoinnissa ja päämäärähakuisessa tutkimuksessa ns. "technology road mapping" eli teknologiatiekarttojen laatiminen on vakiintunut yhdeksi tärkeäksi työkaluksi tutkimus- ja kehitystarpeiden hahmottamiseksi. Näiden tavoitteena on tunnistaa teknologisia haasteita ja markkinoiden asettamia uusia vaatimuksia ja samalla määritellä mitä teknologioita tulee kehittää, jotta tulevaisuuden tarpeisiin voidaan vastata. Materiaalitekniikan alueella maailmalla on tehty iso joukko erilaisia tiekarttoja. Niitä ei ole kuitenkaan toistaiseksi tarkasteltu ja analysoitu Suomen näkökulmasta kovinkaan systemaattisesti. Nyt tällainen työ on vast'ikään käynnistynyt Teknologiateollisuuden ja Tekesin

tuella. Tavoitteena VTT:n ja TKK:n yhteistyönä toteutettavassa hankkeessa on laatia tulevaisuussuuntautunut ennakoitiraportti ja teknologiatieto, joka kuvaa materiaalitekniikan kannalta keskeisten teknologioiden kehitystä ja hyödyntämismahdollisuuksia Suomessa.

Työhön, jota vetää VTT:n teknologian tutkimuksen ryhmä, kuuluu oleellisena osana asiantuntijaryhmi-

Kuva 3.



kollisesta perusmodulista ja kahdesta vaihtoehtoisesta modulista, joista osastolla opiskelevan tulee valita toinen. Diplomi-insinöörin tutkinnossa on kolme vaihtoehtoista syventävää modulia, joista opiskelijan on valittava ainakin yksi. Yksi näistä kolmesta syventävästä modulista on materiaalitieteen moduli.

Tutkimuksen kehittäminen

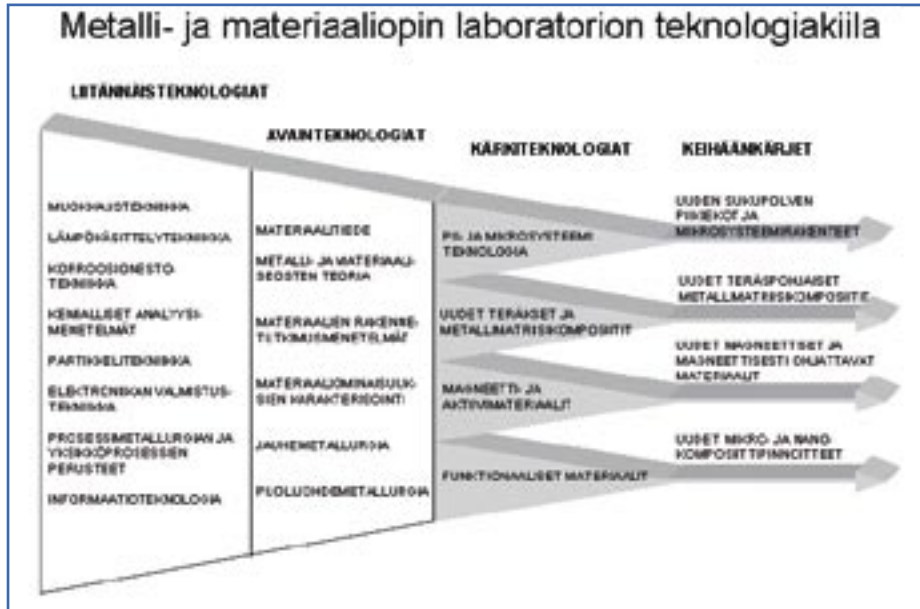
Tällä hetkellä tunnetaan noin sata alkuainetta. Kun näitä voidaan yhdistellä toistensa kanssa lähes äärettömän monella eri tavalla erilaisten materiaali- ja käyttöominaisuuksien tuottamiseksi on selvää, että materiaalitiede on toistaiseksi voinut sivuta vain murto-osaa siitä potentiaalista, joka sillä on. Tutkittavaa siis riittää enemmän kuin mihin kohtuullisesti on nykyresurssein mahdollisuuksia, ja tutkimuskohteiden valinta muodostuu siten erityisen haasteelliseksi sekä tieteen että teknologian kehityksen näkökulmasta.

en työskentely, joihin toivotan tervetulleiksi materiaalitekniikan ja tieteen parissa työskenteleviä teollisuuden ja tutkimusmaailman edustajia. Tavoitteena hankkeessa on koota näkemyksiä myös Tekesin strategiatyöskentelyn ja tutkimusohjelmasuunnittelun tueksi.

Metalli- ja materiaaliopin laboratorion keskeiset alueet materiaalitutkimuksessa ovat liittyneet viime vuosien aikana uusien metallisten materiaalien kehittämiseen keihäänkärkenä teräsmatriisikomposiittien kehittäminen, aktiivimateriaalien kehittämiseen keihäänkärkenä magneettisesti ohjattavien muistimetallien kehittäminen, sekä piitekologiaan keihäänkärkenä uuden sukupolven mikrosysteemirakenteet (kuva 4). Kasvavana tutkimusalueena edellä mainittuihin läheisesti integroituen on noussut esille funktionaalsiin pinnoitteisiin liittyvä tutkimus.

Laboratorion tutkimusalan kehittämisen ja suuntaaminen jatkossa pohjautuu näihin vahvuuksiin ja hankittuun osaa-

Kuva 4.



miseen läheisessä vuorovaikutuksessa muiden tutkimuspartnereiden sekä tuloksia hyödyntävän teollisuuden kanssa. Käynnistyvän road map -analyysin ja työskentelyn tulokset tullaan ottamaan huomioon tutkimusta edelleen suunnattaessa.

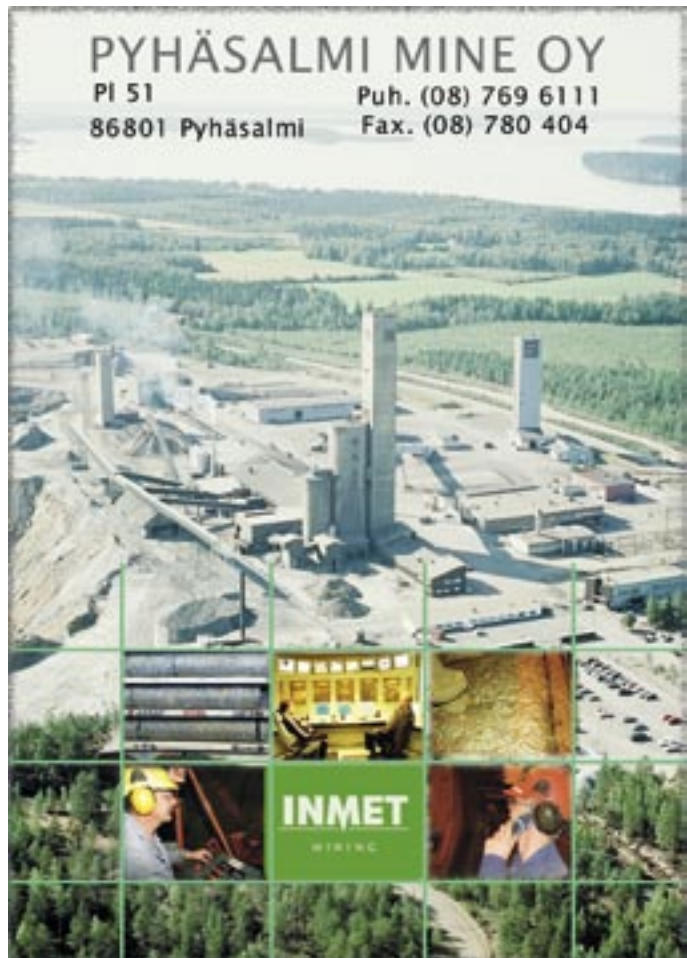
Yhteistyö ja verkottuminen

Mahdollisuudet pitkän tähtäimen tutkimus- ja kehitystyöhön teollisuudessa ja myöskin VTT:llä ovat koko ajan vähentyneet. Tässä tilanteessa yliopistoissa ja korkeakouluissa tehtävä pitkäjänteinen tutkimustyö on nousemassa entistä tärkeämmäksi. Yliopistoista ja korkeakouluista on tulossa yhä voimakkaammin uusien ideoiden hautomoja ja kehittäjiä, jotka tuottavat uusia teknologioita ja tulevaisuudessa jopa kokonaan uusia teollisuuden aloja. Jo nyt ja tulevaisuudessa yhä suuremmissa määrin tutkimustyö tapahtuu verkottuneesti erilaisia osaamisia tarpeen mukaan yhdistellen. Metallin ja materiaaliopin laboratorion osalta tutkimusverkoston sisäpiiriin – jos näin voi sanoa – on kuulunut TKK:n sisällä Mikroelektronikan keskus ja Uusien materiaalien keskus ja sen jäsenlaboratoriot. Uusi avaus on tapahtunut nyt VTT:n suuntaan, kun TKK ja VTT solmivat sopimuksen, jonka perusteella materiaalitieteen professorina käytän noin kolmasosan ajastani VTT:n materiaalitieteen tutkimusprofessorin hoitamiseen VTT Tuotteet ja tuotanto-yksikössä. Tämä antaa erinomaisen mahdollisuuden yhteistyöhön, jossa molempien osapuolten vahvuuksia voidaan hyödyntää yhteisesti toteutettavissa hankkeissa. Yhteishankkeissa voidaan joustavasti yhdistää element-

tejä asiakaslähtöisestä ongelmanratkaisusta pidempijänteiseen tutkimukseen ja opinnäytetöihin kummankin osapuolen roolien mukaisesti. Myöskin osapuolten laiteresurssien käyttöä voidaan järjestelyllä tehostaa.

Teollisuuden rooli tässä verkottumisessa on keskeinen. Koulutuksen ja tutkimuksen tavoitteena on tuottaa osaajia ja tuloksia, joita teollisuus tarvitsee ja

pystyy käyttämään hyödykseen. Kuten esitykseni alussa totesin, metallin ja materiaaliopin laboratorio on perinteisesti toiminut läheisessä yhteistyössä teollisuuden kanssa sekä metallien jalostajien ja metallituoteteollisuuden alalla että elektroniikkateollisuuden yritysten kanssa. Tavoitteena on jatkossa edelleen vahvistaa tätä yhteistyötä sekä tutkimuksessa että opetuksessa.▲



Taontakylvyssä Tampereella



Taonnan
'ylipappi',
professori
Seppo
Kiviouori.

Teksti Bo-Eric Forstén Kuvat Leena Forstén

Suomen taonnan ystävät, takeiden käyttäjät ja koko heitä palveleva valmistusketju, kokoontuvat kahden vuoden välein yhteisiin tuumatalkoisiin. Osallistuimme lokakuun lopussa kuunteluoppilana vuoden 2004 Taontatapahtumaan. Päivän aikana taonnan etuja valmistusmenetelmänä valaistiin erittäin monipuolisesti. Ohjelman epävirallisellakin osuudella on aina oma merkityksensä. Paikalla ovat alan vaikuttajat, joten protokollan ulkopuolellakin vaihdetaan arvokasta tietoa. Tampereen Kylpylä on vakiinnuttanut paikkansa kokouspaikkana. Pääseehän siellä päivän päätteeksi kokeilemaan suorassammutusta isossa altaassa.

Eurooppalaisen mittakaavan mukaan Suomen takomoteollisuus ei ole suuruudella pilattu. Vakioselitys siihen on, että meiltä puuttuu autoteollisuus. Taonnan edut ja edullisuus tulevat nimittäin parhaiten esille osissa, jotka ovat suurten staattisten ja dynaamisten rasiusten kohteina. Auton moottoreissa ja voimansiirroissa on paljon sellaisia komponentteja. Kilpailu autonvalmistajien suosiosta on kivenkovaa kansainvälisillä markkinoilla. Meillä pieni on kaunista. Maamme konepajateollisuudelle suomalaiset takomot ovat hyvin pitkälle joustavuutensa

takia tärkeä ja arvostettu yhteistyöpartneri. Maamme taontapiirit ovat suhteellisen suppeat. Takomoiden välillä ei esiinny veristä keskinäistä kilpailua, vaan kanssakäyminen tapahtuu sivistyneesti Teknologiateollisuuden toimialaryhmän puitteissa. Yhteistyöryhmä perustettiin jo vuonna 1979 Imatra Steelin Vesa Ollilaisen aloitteesta. Ollilainen toimikin ryhmän puheenjohtajana 16 vuotta. Tänäpäin puheenjohtajana on Faperum Oy:n toimitusjohtaja Hannu Myllymäki, joka myös johti puhetta Tampereen tapahtumassa.

”Tapahtuman varsinaisena kohderyh-

mänä ovat takeiden käyttäjät, joten täällä ovat kaikki tahot edustettuina. Osanottajamäärä on pysynyt suunnilleen samana. Tällä kerralla meitä on runsaat viisikymmentä”, toteaa Antti Karppinen, jonka aktiivinen toiminta ryhmän sihteerinä on piristysruiske koko toiminnalle.

Jaetussa etukäteismateriaalissa todettiin, että taonta on hyvä vaihtoehto valamiselle, tangosta lastuamiselle tai levyosista hitsaamiselle. Taonnassa materiaali voidaan hyödyntää hyvin pienin materiaalihäviöin. Materiaalin säästö suoraan tangosta lastuamiseen verrattuna saattaa

Nuoret takoivat PISTEITÄ

Vuoden taontatapahtuman osanottajalista tarjosi miellyttävän yllätyksen. Taontakonkareiden seasta löytyi peräti yhdeksän teekkaria Tampereen teknillisen yliopiston materiaaliopin laitokselta. Kahvitauon aikana onnistuimme pii-rittämään kuusi näistä professori Tuomo Tiaisen suojateista. Ilmeni, että vahva osasy ryhmän osallistumiselle oli professorin syöttämä porkkana. Päivä oli yhtenä kohteena mukana listalla, jossa osallistuminen kuuteen kohteeseen antaa lisäpisteen aiheen tentissä. Järjestelmä saa nuorten hyväksynnän. ”Sen avulla saadaan tuntuma alan yrityksiin. Vastaavanlaisen kurssin piti Imatran Lotta Ruottinen meille



Materiaalitekniikan nouseva voima. Yllä: teekkarit Henna Jussila, Elina Metsälä ja Sirpa Hindermann. Alla: teekkarit Juuso Tervo, Minna Kulmala ja Susanna Kivirinta.



aiheesta Moderni terästeknologia”.

Kontaktit alan yrityksiin ovat nuorille arvokkaita, sillä kilpailu työpaikoista on kova. Näillä neljänneen vuosikurssin opiskelijoilla on jo haku päällä. Saimme myös vahvistuksen käsitykseemme siitä, että valmistuminen on suhdanneherkkä asia.

”Kukaan ei halua valmistua ilman tiedossa olevaa työpaikkaa. Jollei sitä ole kannattaa opiskelua venyttää, sillä yritykset palkkaavat aina mieluummin vastavalmistuneen. Jos olet kortistossa, joudut jonon päähän”.

Selvisei myös, että materiaalitekniikan tulevaisuus on pitkälti naisten käsissä – ainakin Tampereella. Materiaaliopin laitoksella 80% opiskelijoista on naisia. Laitoksen kolmesta opintosuunnasta kemia on melkein puhtaasti tyttöjen hallinnassa eikä biomateriaaleissa liialti miehiä näy. Metalleissa uroksilla on vahvin edustus, mutta taontatapahtumassa voimasuhteet olivat silti 2-7 naisten hyväksi. ▀

olla yli 50 %.

Näiden teesien paikkansapitävyyttä todistettiin sitten yhteisvoimin erilaisin esimerkein päivän aikana.

Ohjelma alkoi kuitenkin maallisilla asioilla. Teknologiateollisuus ry:n Jukka Palokangas esitti suhdannekatsauksen, joka totta kai alkoi toteamuksella, että Teknologiateollisuus on suurin teollisuudenala Suomessa. Osuudet, 44% liikevaihdosta, 59 % viennistä ja varsinkin 80% tutkimus- ja kehitysinvestoinneista, ovat vaikuttavia lukuja, jotka saivat metallinjalostajankin rinnan koholle, joskin tiimin muilla jäsenillä, elektroniikka & sähkö ja konepajateollisuus, saattaa olla oma osuutensa menestykseen. Ilo jäi lyhytaikaiseksi. Katsaus päättyi varoituksen sanoihin: "Mennään kohti epävarmoja aikoja. USA:ssa kasvu on väistämättä hidastumassa ja Eurooppa seuraa perässä".

Aiheeseen päästiin, kun taontaseurakunnan ylipappi professori Seppo Kivivuori astui kateederiin. Professori Kivivuoren lempiaihe on materiaalien muovkaus ja lämpökäsittely. Nyt oli vuorossa "Taonta valmistusmenetelmänä". Asiansa hän pystyy hyvin selkeällä ja innostavalla tavalla takomaan kuulijansa päähän.

Taonnan viisauksia

Hänen esityksensä oli yhteenveto siitä mitä jokaisen kuuluisi tietää taonnasta. Seuraavassa joitakin hajapoimintoja asioista, jotka jäivät maallikolle mieleen.

* Taonta on ihmisen vanhimpia materiaalinkäsittelymenetelmiä. Jo vuonna 4000 eKr muovattiin metalleja takomalla.

* Suomessa taotaan enimmäkseen nuorrutus-, hiiletys- ja rakenneteräksiä, ja jonkin verran ruostumatonta. Ei-rautametallista alumiinia on kokeiltu, mutta

markkinat on todettu liian pieniksi.

* Muottitaonta on ylivoimaisesti yleisin taontamenetelmä. Vapaata taontaa käytetään lähinnä isojen kappaleiden muovaamiseen. Tarkkuustaonta on tekemässä paluuta. Takeiden mittatarkkuudessa on päästy niin pitkälle, että takomalla pystytään valmistamaan käyttövalmiita osia.

* Kun puhutaan taonnasta tarkoitetaan yleensä kuumataontaa, jossa materiaalin muovaaminen tapahtuu yli +1000°C lämpötilassa. Kun taontalämpötila on 500-900°C on kysymys lämmintaonnasta. Kylmätaonnassa taas lähdetään liikkeelle huoneen lämpötilasta.

* Kontrolloidun jäähdytyksen avulla pystytään vaikuttamaan materiaalin ominaisuuksiin ja myös valmistuskustannuksiin.

* Taontalämmön hyödyntämisellä yksinkertaistetaan valmistusprosessia ja säästetään sekä rahaa että aikaa.

Imatra Steelin työryhmällä, Vesa Ollilainen, Erik Hocksell, Ari Anonen ja Lotta Ruottinen, olikin esittää tällä saralla viimeistä huutoa oleva teräs, jota ei ole vielä otettu kaupalliseen käyttöön mutta joka on suoritetuissa testeissä osoittautunut olevansa tulevaisuuden teräs.

IMAMIC® on piiseosteinen mikro-seostettu teräs, jolle hallitun ilmajäähdytyksen kautta pystytään antamaan erinomaiset ominaisuudet. Teräksen väsymislujuus on 20% korkeampi kuin vastaavalla nuorrutusteräkselle.

Terästä ei tarvitse erikseen karkaista eikä päästää, mikä säästää kustannuksia.

Imatra Steelin takoteräkset on ensisijaisesti kehitetty isojen autonvalmistajien tarpeita silmällä pitäen.

"Eräät suomalaiset takomot pystyivät kyllä tuotantovarustuksensa puolesta käyttämään osan meidän uusista teräksistämme, esimerkiksi suorasanmutettavaa IMAFORM®ia, mutta ne

toimivat yleensä alihankkijoina, jolloin toimeksiantaja on valmiiksi määritellyt materiaalin tai käytettävän valmistusreitit", toteaa Vesa Ollilainen.

Takomon edustajana Timo Salovaara oli edellisessä puheenvuorossa tuonut esiin minkälaisiin kustannusvaikutuksiin suunnittelijan puutteellinen taonnan tuntemus voi johtaa. Hän kertoi esimerkiksi, jossa takeen valmistuskustannukset suunnittelijan määräämän materiaalinvalinnan ja valmistusreitit takia nousivat moninkertaisiksi verrattuna siihen mitkä ne olisivat olleet, jos takomo olisi saanut päättää asioista.

Lisää lämpökäsittelyä tarjosi Stén & Co Oy Ab:n Antti Mikkola puhuessaan takotyökaluissa käytettävistä teräksistä. Tuusulalainen yhtiö edustaa itävaltalaisesta Böhleria Suomessa ja sen lisäksi sillä on karkaisimo Muuramessa.

Takeiden käyttäjien puheenvuoron käytti Seppo Jurvanen, Sandvik Tamrock Oy Breakers Lahti. Lahtelainen tehdas on maailman johtavia hydraulivasaroiden valmistajia. Vasarat käytetään eri materiaalien rikkomiseen. Tehtaan kevyimmässä tuotesarjassa vasarat painavat 60-200 kg ja raskaimmassa taas 2 300-7 000 kg. Tehdas käyttää 2 400 tonnia takeita vuodessa. Osa tulee Suomesta ja loput Saksasta. Puhuja esitteli kuulijoiden mieltä lämmittävän esimerkin, jossa tehdas oli ison sylinterin valmistuksessa siirtynyt pyörötangon koneistuksesta taontaan. Materiaalikuluisa säästö oli jo 75 euroa. sen lisäksi koneistuskulut putosivat melkein 200 euroa. Kustannussäästö oli siis huomattava.

Virallisen ohjelman päätteeksi Antti Karppinen esitti taonnan oman palveluhakemiston www-osoitteineen, jonka jälkeen oli aika siirtyä käytännön tasolle takeiden käyttäjien ja takeiden valmistajien yhteistyössä.▲



Kokkolan seudun vahva kemian ja hydrometallurgian teollisuus on tuottanut seudulle myös menestyvän metalli- ja konepajatuotannon. Kun valtionhallinnon erilaisten ohjelmien osaamistukea on haluttu keskittää kullakin alueella sen omiin vahvuuksiin, ovat Kokkolan vahvuudet olleet helposti löydettävissä: seutu on mukana kansallisessa osaamiskeskusohjelmassa kemian painoalalla ja aluekeskusohjelman merkittävin ala on konepajateollisuus kärkenään laserteknologia. Koska Pohjanmaan rannikolle on keskittynyt suurin osa suomalaisesta lasikuituveneiden valmistuksesta, alueen kolmas osaamisala on veneen valmistuksen teknologia.

Uusi teknologiakeskus valmistui toukokuussa.



Metallinen Kokkola

Teksti Eine Pöllänen, kehityspäällikkö KETEK Chemistry, Kuvat KETEK

Alat ovat "perinteisiä, valmiita" teollisuuden aloja, joita ei tavallisesti mielletä kärkiosaamisen aloiksi. Kuitenkin tutkimus- ja kehitys on näillä aloilla erittäin voimakasta, eikä Kokkolan seudulla Kiina-ilmiötä ole ollut havaittavissa – päin vastoin. Tulevat kaivoshankkeet saavat myös tukea alueen perinteisistä osaamisaloista.

Koska Kokkolan seudulta on puuttunut julkinen teknologian kehittämiseen keskittynyt yksikkö, kuten teknillinen korkeakoulu tai VTT, jotka tavallisesti tehtävää hoitavat, on t&k-palvelutoiminta keskitetty alueen teknologiakeskukseen KETEKiin.

KETEK Keski-Pohjanmaan Teknologiakeskus

KETEK Keski-Pohjanmaan Teknologiakeskus on Kokkolassa toimiva tuotannollisten yritysten palvelemiseen keskittynyt noin 40 työntekijän organisaatio. Teknologiakeskusten tapaan KETEK on alueellinen kehittäjä, jonka ensisijaisena tehtävänä on tukea yrityksiä niiden kehittäessä toiminta-

sa välineinään teknologian kehitys ja siirto sekä liiketoiminnan kehittämisen tukipalvelut.

KETEKin teknologiaosaamisen painoalat ovat mekaniikan tuotantoteknologia, erityisalanaan laserteknologia,



Nd-Yag monitoimilaser.

kemian teolliset sovellutukset ja veneen valmistuksen teknologia. Erityisesti se on panostanut laserteknologian hyväksikäyttöön konepajateollisuudessa, metalli- ja polymeerimateriaalien tutkimukseen ja kemian tekniikkaan, erityisesti metallien kemiaan. KETEKin teknologian kehittämiseen sisältyy

olennaisena kokeellinen tutkimustyö, lähinnä kemian ja materiaalitekniikan alalla, sekä t&k-työhön liittyvä analyysi- ja testauspalvelu. Koska työtä tehdään aina asiakasyrityksen hyväksi, se edellyttää henkilöstöltä hyvää peruskoulutusta, asiakkaan ongelmaan paneutumista ja innovaatiokykyä. Työntekijät ovatkin pääosin korkeakoulututkinnon suorittaneita. KETEKillä on myös yhteinen pinnoitustekniikan professuuri Tampereen Teknillisen yliopiston kanssa.

Työvälineeksi OSKE-laboratorio

KETEKin tehtäväksi on annettu alueella olevan kemian alan huippuosaamisen mobilisoinen osaamiskeskusohjelman avulla. Tämän toiminnan tueksi KETEKin uusiin toimitiloihin, joka on nimetty Innogate'ksi, on toimistojen lisäksi rakennettu noin 1000 m² kokeellisen työn tilaa. Tämä nk. OSKE-laboratorio on erityisesti suunniteltu yritysälähtöiseen tutkimus- ja kehitystoimintaan. Siinä

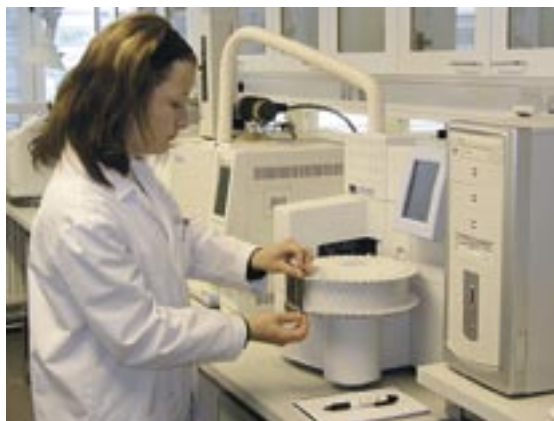
on 17 kemian ja materiaalitutkimuksen laboratoriota ja pilot-prosessitila sekä tarvittavat tukitilat ja varastot. Tilat ovat pienehköjä, monen käyttäjän yhtä aikaiseen käyttöön sopivat. Ali- ja ylipaineistuksella on pyritty järjestämään tilat puhtaaseen työskentelyyn. Lisäksi talossa on yksi varsinainen puhdistila (1000 hiukkasta/ft³).

Pilot-tilaan on sijoitettu 4,4 kW:n Nd-Yag-monoimilaser ja 100 W:n polymeerin prosessointiin tarkoitettu diodilaser. Kemian laboratoriomittaisia prosesseja rakennetaan sen mukaan, mitä projekteissa tarvitaan. Kemian ja materiaalitutkimuksen analytiikkalaitteet ovat erittäin monipuoliset. Uusimmat hankinnat ovat elektronimikroskooppi alkuaineanalysaattoreineen ja kaasukromatografi-massaspektrometri, johon voidaan liittää useita näytteenkäsittelylaitteita (headspace, pyrolysaattori, termodesorptio, purge&trap-laitteet). Ne täydentävät hyvin aiemmin hankittuja polymeerimateriaalien termisiä tutkimuslaitteita (TG, DSC, DMA) sekä olosuhdetestaukseen tarkoitettuja laitteistoja (suolasumu, kosteus/lämpötila, potentiostaatti/galvanometri jne). Kemiallisessa analytiikassa erikoisalaa on pienten pitoisuuksia tutkimus, mitä

lähitulevaisuudessa pyritään kehittämään edelleen mm. hankkimalla ICP-MS.

KETEKin asiakkaat ovat pääosin tuotannollisia yrityksiä lähialueelta (Vaasa-Raahe-Ylivieska-Seinäjäki), mutta yhä useammin asiakkaita tulee myös kauempaa. Tarjottu t&k-palvelu räätälöidään asiakkaan tarpeisiin; se voi olla yksittäisiä analyysejä, tila- ja laiteaikaa, lyhyt tiedonhankinta tai laitteistojen käytön teknistä tukea, tai se voi olla vaikkapa koko t&k-hankkeen toteuttaminen projektinjohtamista myöten.

Kaasukromatografia käytetään monipuolisesti materiaalien tutkimukseen.



Kehitystä uudessa ajassa

15-vuotisen historiansa aikana KETEK on kokenut aikamoisen muutoksen Teknillisen oppilaitoksen tukiyksiköstä yhdeksi alueellisista osaamisen keskuksista, mutta sen perustehtävä on säilynyt: yrityksiin tuodaan uutta osaamista KETEKin avulla. Kun 80-luvun lopulla KETEKissä koulutettiin paikallisia pk-yrityksiä käyttämään hyväkseen tietotekniikkaa, nyt yrityksiin tuodaan uutta teknologiaosaamista ja samalla ohjataan t&k -palvelujen hyväksikäyttöön. Laserin käyttö metalliteollisuudessa, laserilla tuotettu pinta ja sen ominaisuudet, laserin käyttö polymeerien käsittelyssä, pinnoittemateriaalien (polymeerit, metallit jne) kesto ja käyttäytyminen, muovikalvojen kerrosrakenteet, veneen valmistuksen uusien menetelmien tuomat muutokset käytettävien materiaalien ominaisuuksiin, biomenetelmät malmien rikastuksessa, puhtaat metalliyhdisteet, EU:n uuden kemikaalilain vaikutus kemiaa käyttävässä tuotannossa... siinä aiheita, joihin KETEKissä on paneuduttu viimeaikoina. Myös tulevaisuudessa KETEKin tehtävä on kehittää osaamista yritysten hyväksi.▲

Bio- ja hydrometallurgian seminaari 7.-8.9.2004 Kokkolassa

Teksti Heli Rautjärvi, Oulun yliopisto Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto; Jouni Pakarinen, KETEK Chemistry; Eine Pöllänen, KETEK Chemistry
Kuvat Erkki Mäki, KETEK

Keski-Pohjanmaan Teknologikeskus KETEKin syyskuun alussa järjestämä bio- ja hydrometallurgiaan keskittynyt asiantuntijaseminaari kokosi Kokkolaan yli 100 kiinnostunutta kuulijaa teollisuudesta, tutkimuslaitoksista ja korkeakouluista. Seminaarin ensimmäisenä päivänä tarkasteltiin bioprosesseja kaivosteollisuudessa, toisen päivän teema oli metallien talteenotto-prosessit. Aihevalinta perustui Kokkolan seudun kemian osaamisen painoaloihin ja alan tämänhetkisiin kiinnostuksen kohteisiin. Seminaarin luennoijat tulivat eri yliopistoista ja alan kärkiyrityksistä.

Bioprosesseja kaivosteollisuudessa

Ensimmäisen seminaaripäivän puheenjohtajana toimi bio- ja ympäristötekniikan professori Jaakko Puhakka, Tampereen teknillisestä yliopistosta. Johdannossaan prof. Puhakka loi katsauksen kaivosteollisuudessa käytettäviin bioprosesseihin ja esitteli muutamia käytännön sovellutuksia, jotka vaihtelivat Australian kultakaivoksista jätevesien käsittelyyn Norilskin alueen tundralla.

Kaikissa päivän esitelmissä tuotiin esille ympäristöystävällisyys bioprosessien käytön etuna, sillä niitä käytettäessä kemiallinen kuorma ympäristöön pienenee. Myös energian kulutus →

perinteisiin rikastus- ja talteenotto- menetelmiin verrattuna on pienempi. Jätevesien käsittelyssä ja metallien talteenotto-prosesseissa käyttökustannukset laskevat silloin, kun työvoiman tarve on vähäisempi, mutta useimmiten talteenotto on hitaampi tai tehottomampi. Vaahdotuksessa ja flokkaamisessa mikrobeja käytetään mineraalien perinteisten vaahdotuskemikaalien rinnalla tai niiden korvaajina. Tulokset näyttävät laboratoriossa lupaavalta, mutta teollisen mitan prosessit ovat vielä toteuttamatta.



Professori Natarajan

Päivän aiheet lyhyesti

Anna Kaksonen (TTY): *Kaivosjätevesien biologinen käsittely.*

Happamien kaivosjätevesien syntyyn, niiden ympäristövaikutuksiin ja käsittelytapoihin kohdistuneen katsauksen jälkeen Kaksonen keskittyi uusien biologisten ja perinteisten kemiallisten jäteveden käsittelytapojen vertailuun.

Professori K.J. Natarajan (Indian Institute of Science): *Mikrobien käyttö sulfidimalmien vaahdotuksessa ja flokkaatiossa*

- Natarajanin mukaan bakteerit tulevat korvaamaan nykyiset vaahdotuskemikaalit, joskin aikaväli taloudellisiin

teollisen mitan sovellutuksiin tulee olemaan pitkä. Ongelmalliseksi menetelmien laajan ja nopean soveltamisen tekee se, että bakteerit ovat spesifejä kullekin mineraalille.

Päivi Kinnunen (ORC): *Kuparikiisuusrikasteiden bioliuotus.*

Bioliuotus sopii erityisesti köyhille malmeille ja jättemateriaaleille, kuten kaivosjätteille ja vaikkapa elektroniikkaromulle. Kinnusen esittämässä bioliuotustutkimuksessa tutkittiin muutamia Suomen, Australian, Indonesian ja Etelä-Afrikan kaivosympäristöistä rikastettuja liuottajamikrobeja ja tämän perusteella kehitettiin kuparikiisurikasteen bioliuotusmenetelmä.

Mauno Miettinen (GTK): *Teollisuusmineraalien biovaahdotus ja -valmennus.*

- *Staphylococcus carnosus* ja *Bacillus licheniformis* voisivat toimia menestyksekkäästi flokkulantteina ja vaahdotteina joillekin teollisuusmineraaleille, kuten esimerkiksi kalsiitille tai apatiitille. Toistaiseksi kuitenkin perinteisillä vaahdotuskemikaaleilla saadaan parempi tulos ja ne ovat halvempia kuin mikrobit. Tulevaisuudessa Miettisen mukaan olisi hyvä keskittyä etsimään uusia, tehokkaampia mikrobeja ja myös uusia sovelluskohteita nykyisin käytetyille mikrobeille. Tämän lisäksi pitäisi tutkia mikrobien kierrätettävyyttä, jotta kustannuksia saataisiin alhaisemmiksi.

Jouko Kallioinen (GTK): *Vaahdotusteknologian tulevaisuuden haasteet.*

- Kallioinen käsitteli esitelmässään laajasti vaahdotusteknologian problematiikkaa. Biovaahdotuksessa hänen mukaansa on vielä paljon tutkittavaa

ja kehitettävää niin menetelmä- kuin laitteistopuolellakin. Yhtenä sovellutuskohteena hän mainitsi entistä karkeampien partikkeleiden erottamiseen, mihin on kehitteillä ns. SIF-tekniikka, joka soveltuu "ylikarkeille" rakeille (1-3 mm) ja jossa lietetiheys on erittäin korkea.

Marja Riekkola-Vanhanen (ORC): *Case Nickel*

- Riekkola-Vanhanen esitteli nikkelin biologista rikastamista mm. Talvivaaran kaivoshankkeen avulla. Sotkamossa sijaitseva Talvivaara on Euroopan suurin nikkeli esiintymä. Sitä on tutkittu vuosia, mutta perinteisillä menetelmillä sen rikastaminen on todettu taloudellisesti kannattamattomaksi. Nyt esiintymän hyödyntämiseksi on aloitettu hanke, jossa biologista kasa-liuotusta käyttämällä aiotaan malmin arvomineraalit saada käyttöön muutamassa vuodessa. Malmin riittävydeksi on arvioitu yli 20 vuotta

Iltaviini teknologiakeskuksessa

Ensimmäinen seminaaripäivä päättyi tutustumiseen KETEKin uuteen toimitaloon, jonka sydän on OSKE-laboratorio. Tilaisuudessa, johon seminaarivieraiden lisäksi otti osaa KETEKin paikallisia yhteistyökumppaneita, oli laboratoriokierroksen ja pikkupurtavan lisäksi tarjolla KETEKin uuden elektronimikroskoopin ja sen alkuaianalysointiosaston esittely. Vaikka tarjontu ei ollutkaan vuorimiestyylisin kovin runsasta, viimeiset vieraat viihtyivät valomerkkiin.

Seminaariyleisöä Kokkola-salissa.



Hydrometallurgian teollisuus

Hydrometallurgiaan keskittyneen toisen päivän puheenjohtajana toimi tutkimus- ja kehitysjohtaja Esa Lindell, OMG Harjavalta Nickel Oy. Omassa puheenvuorossaan hän esitteli OMG:n globaalia toimintaa ja tuotteita.

Päivän esitelmät keskittyivät teollisuudessa käytettäviin metallien talteenotto- ja metalliyhdisteiden valmistusprosesseihin. *Germaniumin erotus kobolttiliuoksesta* (Sanna Harjunpää, OMG), *Litium-kaivoksesta markkinoille* (Mårten Eriksson, OMG), *Sinkin elektrolyysi* (Panu Talonen, Boliden Kokkola Oy) ja *Kuparin elektrolyysi* (Kai Jyrkkä, OMG) edustivat Kokkolan teollisuuden kärkiosaamista.

Uusista prosesseista käsiteltiin membraniteknologiaa ja *HydroCopper™*-prosessia. Jukka Tannisen (LUT) esitelmäs-

sä *Raskasmetallien erotus vahvoista happoliuoksista membraniteknikalla* todettiin, että nanosuodatusta (NF) ja käänteisosmoosia (RO) ei ole perinteisesti käytetty hydrometallurgian sovellutuksissa. Kuitenkin NF:n ja RO:n käyttö muiden erotustekniikoiden rinnalla on perusteltua, sillä membraaniprosessit ovat yksinkertaisia, vähän tilaa vieviä ja halpoja käyttää. Käytössä ei synny myrkyllisiä kaasuja ja kemikaalien tarve on vähäinen. Prosessiliuoksen suodatus voi lisätä esimerkiksi ioninvaihdon tehokkuutta.

Mika Haapalaisen (ORC) esittelemän HydroCopperin periaate on tuottaa kuparia suoraan malmista ilman perinteisiä sulatus- ja liuosprosessivaiheita. HydroCopper-prosessi mahdollistaa entistä köyhempien malmioiden hyödyntämisen. Prosessissa kupari uutetaan kloridiliuokseen, josta poistetaan

epäpuhtaudet. Seuraavaksi kupari saostetaan Cu_2O :na, mikä jälkeen kupari pelkistetään, sulatetaan ja valetaan. Oleellinen tekijä prosessin toimivuuden kannalta on kemikaalien regenerointi ja kierrätys. Taloudellisesti toimivan HydroCopperin tuotanto vuodessa on 50 000-100 000 t(Cu).

Seuraava tapaaminen Kokkolassa

Kahvipöytäkeskusteluissa ja seminaaripalautteissa todettiin, että seminaaripäivät Kokkolassa oli tarpeellinen tapahtuma – eihän hydrometallurgian aihepiiriä useinkaan pidetä esillä – ja toivottiin sille jatkoa. Koska ala ei uusiudu niin nopeasti, että joka vuosi riittäisi uutta kerrottavaa, seuraavat treffit tehtiin Kokkolaan kahden vuoden päähän, syksyksi 2006.▲

Miranet
MINING DRILLING EXPLORATION

PUH. +358-(0)9-801 9671
www.miranet.fi

PIITEKNOLOGIA – kiekoista systeemeiksi

Pii on mikroelektroniikan tärkein materiaali ja se tulee ennusteiden mukaan säilymään sellaisena. Piille integroitavien komponenttien kokoa ja tehonkulutusta voidaan yhä pienentää, jolloin niiden nopeus ja pakkaustiheys kasvavat, mistä seuraa piirien suorituskyvyn kasvaminen. Toisena tukijalkana on maailmanlaajuisesti käytettävissä oleva kehittyneet piikomponenttien valmistus- ja tutkimusinfrastruktuuri. Piin hyviä materiaaliominaisuuksia voidaan myös hyödyntää anturitekniikassa, jossa sama infrastruktuuri on käytettävissä.

Piin sähköiset, mekaaniset, termiset, kemialliset ja optiset (infrapuna) materiaaliominaisuudet ovat erinomaiset, mistä syystä piitä käytetään myös muiden mikrokomponenttien kuin mikropiirien valmistamiseen. Sen lisäksi, että piiteknologia mahdollistaa elektronisten komponenttien miniaturisoinnin, piin hyvien materiaaliominaisuuksien ansiosta näillä komponenteilla on moderniin elektroniikkaan yhdistettynä parempi suorituskyky kuin perinteisillä tekniikoilla valmistetuilla komponenteilla. Puolijohdeteknologia mahdollistaa ns. mikrosysteemien valmistamisen, joissa samalla piipalalla on mikropiirin lisäksi esim. sähkömekaanisia, mikrofluidistisia tai optisia toimintoja. Tätä systeemien valmistamista kutsutaan MST:ksi (Micro Systems Technology) tai usein myös MEMS-teknologiaksi (Micro Electro Mechanical Systems). Mikrorakenteet pyritään suunnittelemaan sellaisiksi, että niiden valmistamisessa voidaan käyttää mahdollisimman paljon ns. standarditekniikoita, ts. samoja prosesseja, joilla mikropiirit tehdään. Nämä eivät kuitenkaan aina riitä, vaan on jouduttu kehittämään erikoisia piin syövytys- ja liittämismenetelmiä.

Piin optisten materiaaliominaisuuksien vakavin puute on siinä, että pii ei

tuota valoa sähkövirran avulla, kuten esimerkiksi puolijohdeledit ja -laserit. Ratkaisu tähän ongelmaan löytynee piin pinnalle tehtävistä ohuista kerrosrakenteista ja niissä olevista nanorakenteista. Ensimmäiset tällaiset valoa tuottavat komponentit onkin juuri julkistettu.

Pii on maankuoren toiseksi yleisin alkuaine, joten ei ole pelkoa sen hinnan noususta piin loppumisen takia. Raakapii, eli ns. metallurginen pii, tehdään kvartsihiekkasta (pääasiassa SiO₂) pelkistämällä. Raakapiin puhtaus ei kuitenkaan riitä puolijohdepiirien valmistamiseen, vaan pii jatkopuhdistetaan kemiallisella tislusprosessilla. Puolijohdekiekkoihin tarvittavat piikiteet kasvatetaan tavallisimmin vetämällä poikkileikkaukseltaan pyöreä kide hitaasti ylös piisulasta. Pyöreä poikkileikkaus tulee siitä, että piikide ja upokas ovat hitaassa vastakkaisessa pyörimisliikkeessä ja kiderakenne siitä, että kiteen vetäminen aloitetaan siemenkiteen avulla, joka määrää sulasta jähmettyvän kiteen kidetasojen suunnat. Sulasta vedetyn piikiteen läpimitta on tyypillisesti 150 mm, mutta 300 millisiäkin tehdään. Kiekot saadaan sahaamalla piikide siiviksi ja kiillottamalla ne. Suomessa piikiekoja valmistaa Okmetic Oyj, joka on johtava kaksipuolisesti kiillotettujen (DSP) kiekkojen toimittaja antureihin ja mikrosysteemeihin. Piiteknologian syntyhistoria TKK:ssa ja Okmetic Oy:n perustaminen on kattavasti kerrottu Vuoriteollisuus-lehden numerossa 3/2001 (V. Lindroos, K. Heiskanen, ”Piistä pitkään” – Piiteknologian kehitys meillä ja muualla).

Piianturitekniikan ajava voima on jo vuosien ajan ollut autoteollisuus, vaikka lukumääräisesti suurimmat sovellukset ovatkin mustesuihkukirjoittimien päät ja kiintolevyjen luku/kirjoituspää. Autoissa piiantureita käytetään mm. mittaamaan imusarjan

painetta ja auton erisuuntaisia kiihtyvyyksiä liiketilän (kiihtyvyys, nopeus, paikka) määrittämistä varten. Paine-tietoa käytetään polttoaineen oikeaan annosteluun ja liiketilätietoa kuljettajan tekemien virheiden korjaamiseen tai niiden vaikutusten lieventämiseen sekä auton ajo-ominaisuuksien säätämiseen. Liiketilätietoa voidaan käyttää moneen muuhunkin tarkoituksen, kuten lyhyen matkan navigointiin esim. silloin, kun ollaan hetkittäin GPS:n katveessa, älykäsisiin sydämen tahdistimiin ja kallistusmittareihin. Suomessa valmistetaan suuria määriä piikihtyvyyssantureita VTI Technologies Oy:n toimesta ja määrät ovat kasvussa.

Tavaroihin liitettävästä sähköisestä tunnistuksesta, eli ns. RFID:stä (Radio Frequency Identification) on tulossa seuraava massasovellus, jonka valmistusmäärät tullevat kasvamaan kaikkein nopeimmin. RFID on pienikokoiseen RF-antenniin tai magneettiseen silmukkaan liitetty mikropiiri, jonka sisältämät tiedot voidaan lukea ulkopuolelta. Piiri saa tarvitsemansa energian lukemiseen käytettävästä signaalista. RFID-piiriin voidaan myös yhdistää antureita, jolloin se voi välittää mittaustietoa ympäristöstään.

Suomen valtio suunnitteli mikropiiritehtaan perustamista 1970-luvulla. Hanke ei kuitenkaan toteutunut, vaan kunnian sai Vaisala Oy (nyt Oyj), joka perusti Suomen ensimmäisen mikropiiritehtaan vuonna 1980. Mikropiirit oli tarkoitettu yrityksen omaan käyttöön, lähinnä mittausspiireiksi ilmakehää mittaavan radiosondin antureihin. Vaisalassa oli myös ymmärretty, että piistä voi tehdä sondien paineanturit, joten niitäkin lähdettiin kehittämään. Ensimmäiset Vaisalan paineanturiprototyypit valmistettiin Fraunhofer-instituutissa Saksassa vuonna 1983, mutta jo seuraavana vuonna valmistui Vaisalan omaa

suunnittelua oleva paineanturi. Se ei tosin mennyt radiosondiin, vaan erääseen teolliseen sovellukseen. Vaisalan omista paineantureista tuli ominaisuuksiltaan niin hyviä, että ne kelpuutettiin myös avaruuslentoihin. Ilmatieteen laitos on käyttänyt niitä menestyksellisesti useassa avaruusluotainprojektissa.

Vaisala lopetti mikropiirien valmistamisen muutaman vuoden kuluttua, mutta niiden valmistus ei kuitenkaan loppunut Suomessa. Vuonna 1980 perustettiin Micronas Oy, nytemmin MAS Oy (Micro Analog Systems), joka valmistaa mikropiirien lisäksi integroituja passiivikomponentteja.

Vaisala on ottanut käyttöön muitakin piiteknologiatuotteita kuin paineanturin. Tällainen on mm. hiilidioksidin mittaamiseen käytetty sähköisesti säädettävä infrapuna-alueen Fabry-Perot interferometri, eli optinen kaistanpäästösuodin.

Piikiihtyvyyssanturin kehittäminen autoteollisuudelle aloitettiin Vaisalassa alkuvuonna 1987 ja ensimmäiset prototyytit valmistuivat syksyllä 1987. Autoantureiden valmistamisen ei kuitenkaan katsottu olevan Vaisalan ydinliiketoimintaan kuuluvaa, ja yhteisyrityksenä alkanut kiihtyvyyssantureita valmistava Vaisala Technologies Inc. (VTI) myytiin pois. Amerikkalaisomistuksen jälkeen VTI Hamlin Oy myytiin ruotsalaisille ja se tunnetaan nyt nimellä VTI Technologies Oy.

Monikiteistä piitä voidaan käyttää myös aurinkokennojen materiaalina ja 1980-luvun alussa perustettu NAPS Oy (Neste Advanced Power Systems) alkoi valmistaa näitä. Vuoden 2000 alusta yrityksen nimi on Naps Systems Oy, ja se valmistaa aurinkosähköjärjestelmiä.

Piiteknologian ydinsaamiseen tai sen keskeiseen soveltamiseen liittyvän liiketoiminnan arvo Suomessa on noin 400 Meuroa. Alan työllistävä vaikutus on n. 3000 henkilöä.

Piiteknologian tutkimus ja tuotanto tarvitsee tuekseen kalliin infrastruktuurin. Piikiekon pinnalle kiinnittyvät pienetkin partikkelit ovat valmistuksen kannalta tuhoisia, koska mikrorakenteet ovat äärimmäisen pieniä. Tästä syystä prosessointilaitteet joudutaan sijoittamaan ns. puhdashuoneisiin, joissa ilma pidetään hiukkasista vapaana. Puhdashuone on itse asiassa huone huoneen sisällä, jonka alapuolella sijaitsevat varsinaisten prosessilaitteiden apulaitteet (esim. tyhjöpumput, kaasupullot ja kemikaalisäiliöt) ja yläpuolella ilmankäsittelylaitteet, nämäkin usein kahdessa kerroksessa.

Puhdashuone laitteinen on suuri investointi ja vain piikomponentteja valmistavilla isommilla yrityksillä on omat puhdashuoneet ja tutkimus- ja kehitysresurssit, kun taas pienet ja keskikokoiset yritykset joutuvat käyttämään valmiita kaupallisia komponentteja ja alihankkijoita. Suomen suurin tutkimus- ja kehitystarkoitukseen rakennettu puhdashuonekomplek-

voi enää jatkua, vaan pakkaustiheyden kasvua on haettava kerrostetuista rakenteista, eli 3-ulotteisesta mikroelettroniikasta.

Normaali piikiekkko on 0.5 mm paksu, joten esim. neljän piikiekon kerrostettu rakenne olisi vähintään 2 mm paksu, jonka päälle tulee vielä kotelon paksuus. Kun kuitenkin samaan aikaan mikropiirien koteloiden korkeutta halu-



Piikiekkkoja KOH-syövytyksessä puhdashuoneessa. Kaasukuplat ovat vetyä.

si sijaitsee Otaniemessä. Se on TKK:n ja VTT:n yhteinen resurssi nimeltään Micronova. Puhdashuoneen yhteenlaskettu pinta-ala on 2600 m², mikä tekee siitä Pohjoismaiden suurimman.

Mikropiirien valmistuksessa käytetyn teknologian tasoa kuvaa piirien sähköjohtimien leveys, eli ns. viivan leveys. Mitä parempi suorituskyky prosessilaitteilla on sitä kapeampia viivoja voidaan tehdä. Vuoden 2004 tekniikan taso on 90 nm viivanleveys, mutta Intel on jo tuomassa markkinoille piirejä, joissa on 50 nm viivan leveys. Kapeat johtimet mahdollistavat pakkaustiheyden kasvun, eli neliösentille voidaan tehdä aina vaan useampia piirejä. Tässä suhteessa kehitys on kulkenut huomattavan säännöllisesti. On havaittu, että pakkaustiheys kaksinkertaistuu aina 18 kk:n välein. Tämä säännönmukaisuus tunnetaan Mooren lakina.

Kun johtimien leveys menee nanometrialueelle, niin on selvää, että aletaan lähestyä atomien kokoa. Tällöin tasoinnoille pätevä Mooren laki ei

taan madaltaa alle kahteen millimetriin, on otettava käyttöön ohuempat piikiekkot. Itse mikropiiri ei tarvitse piitä kuin n. 100 nm paksuisen kerroksen, joten sen puolesta piikiekon paksuus voisi olla muutama mikrometri. Tällaisia kiekkoja ei kuitenkaan voida prosessoida nykyisellä prosessilaitteistolla, vaan todennäköisesti kehitys kulkee tässäkin jonkin "ohenemislain" mukaan kohti ohuempia kiekkoja.

Tasorakenteiden hyvä piirre termiltä kannalta on siinä, että piireissä syntyvä lämpö voidaan johtaa pois 0.5 mm paksun substraattipiin läpi, joka on hyvä lämmön johde. Kerrostetuissa rakenteissa jäädytys voi muodostua todelliseksi ongelmaksi, kun mainitun puolen millimetrin paksuudessa voi olla useita aktiivisia piikerroksia, joissa jokaisessa voi syntyä yhtä paljon lämpöä kuin nykyisin yhdessä kerroksessa. Piirien tehoitiheys siis kasvaa. Mikrojäähdyttimet ovatkin aktiivisen tutkimuksen ja kehittämisen kohteena.

Mikropiirit ja anturit liitetään säh-

köisesti ulkomaailmaan ohuilla johtimilla, mitä menetelmää kutsutaan lan-kabondaukseksi. Johtimien tyypillinen paksuus on 25 mikrometriä ja ne ovat yleensä alumiinia tai kultaa. Liittäminen voidaan myös tehdä pienten johdepallojen avulla, jolloin piipala asennetaan ylösalaisin pallojen päälle. Tätä tekniikkaa kutsutaan kääntöliitostekniikaksi (engl. flip-chip). Koteloitujen komponenttien pienentämistarpeesta on seurannut suuri mielenkiinto ns. suoraliitosmenetelmiin, joissa piipala liitetään piirilevyyn tai kotelorakenteeseen kasvattamalla johtimet elektrolyyttisesti piipalasta piirilevyyn. Tässä menetelmässä piipala joudutaan upotamaan piirilevyyn siten, että piipalan ja piirilevyn yläpinnat ovat samassa tasossa. Elektrolyyttisesti kasvatettava metallina käytetään kuparia, joka on mikropiirien kannalta ei-toivottu materiaali. Erilaisia estokerroksia käytämällä kupariatomien kulkeutuminen pois johtimista voidaan kuitenkin estää. Suomalaiset suoraliitostekniikan osaajat ja edelläkävijät ovat Aspocomp Oy ja Imbera Oy.

Pii on hyvä materiaali erilaisiin säteilyn ilmaisimiin. Yleisimmin sitä käytetään näkyvän valon ilmaisemiseen, mutta se sopii myös UV- ja röntgenilmaisimiksi. Suomessa säteilynlmaisimia valmistavat Detection Technology Oy ja RADOS Technology.

PIITEKNOLOGIA METALLI- JA MATERIAALIOPIN LABORATORIOSSA

Piimateriaalin tutkimus alkoi Teknillisen korkeakoulun Metalli- ja materiaaliopin laboratoriossa 1970-luvun lopulla tähtäimenä piikiekkojen kaupallisen valmistamisen aloittaminen. Tutkimus onnistuikin niin hyvin, että Outokumpu perusti vuonna 1986 Okmetec-nimisen yrityksen valmistamaan piikiekkoja.

Laboratorion oma puhdashuone uudistettiin vuonna 1999 ja siellä voidaan käyttää, tutkia ja kehittää epästandardeja piiprosesseja, kuten esimerkiksi piin KOH-syövytystä.

Vantaan kaupunki haluaa vahvistaa alueen piiteknologian liiketoimintaa, koulutusta ja tutkimusta ja lahjoitti Teknilliselle korkeakoululle piiteknologian viisivuotisen professuurin vuonna 2002. Piiteknologiaa ja sen sovelluksia on opetettu uudella "Mikrosysteemit"-kurssilla ja "Piiteknologia: elektronikan ja mikrosysteemitekniikan sovellutukset"-kurssilla sekä "Materiaalien fysiikka"-kurssilla. Viimeisen kymme-

nen vuoden aikana laboratorion valmistunut toistakymmentä henkilöä, jotka ovat sijoittuneet piiteknologia-alan yrityksiin. Vuonna 2004 on piiteknologiaan liittyviä diplomitöitä valmistunut neljä. Voidaan sanoa, että Metall- ja materiaaliopin laboratorio on maassamme keskeinen piiteknologian kouluttaja ja tutkija.

Vuonna 2005 alkavaan uuteen tutkimus- ja kehitysohjelmaan on suunniteltu piiteknologian erikoismoduuli, joka kattaa piiteknologian alueen materiaalin valmistuksesta puolijohdekomponenttien prosessoinnin kautta itse komponenttien ja mikrosysteemien suunnitteluun ja valmistamiseen asti.

Piiteknologian tutkimusta tukevat mainiosti laboratorioon hankitut uudet laitteistot. Näitä ovat uudenaikainen jo käytössä oleva kenttäemissio-SEM ja parhaillaan asennettavana oleva uusi 200 kV:n kenttäemissio-TEM. Myös näytteenvalmistustilaa uusitaan parhaillaan. Yhdessä nämä muodostavat modernin ja suorituskykyisen elektronimikroskopiakeskuksen myös metallien tutkimukseen. Laboratorion omassa puhdashuoneessa on lisäksi SIRM-mik-

roskooppi (Scanning Infra Red Microscope), jolla nähdään hyvinkin pieniä yksityiskohtia piin sisältä.

Laboratorion menossa oleva tutkimus kohdistuu piimateriaalin ominaisuuksiin, mm. hapen erkautumiseen piissä ja piin etsaamiseen erityisesti valoavusteisilla märkäetsausprosesseilla. Tulevaa tutkimusta varten on tehty opinnäytetöitä ja esiselvityksiä mm. 3-d rakenteiden jäädyttämisestä ja eräistä uusista piimikrorakenteista. Piiteknologian yhdistäminen laboratorion perinteisesti vahvaan magneetti- ja muistimetalliosaamiseen mahdollistaa ns. komposiittisysteemien tutkimisen ja kehittämisen. Laboratoriolla on myös valmiudet tehdä luotettavuusanalyyskejä mikrokomponenteille ja -systeemeille, jos niitä upotetaan esim. osaksi muovirakenteita. Tällainen komponentti voi olla esim. muovin sisällä oleva sähköinen tunnistin RFID.

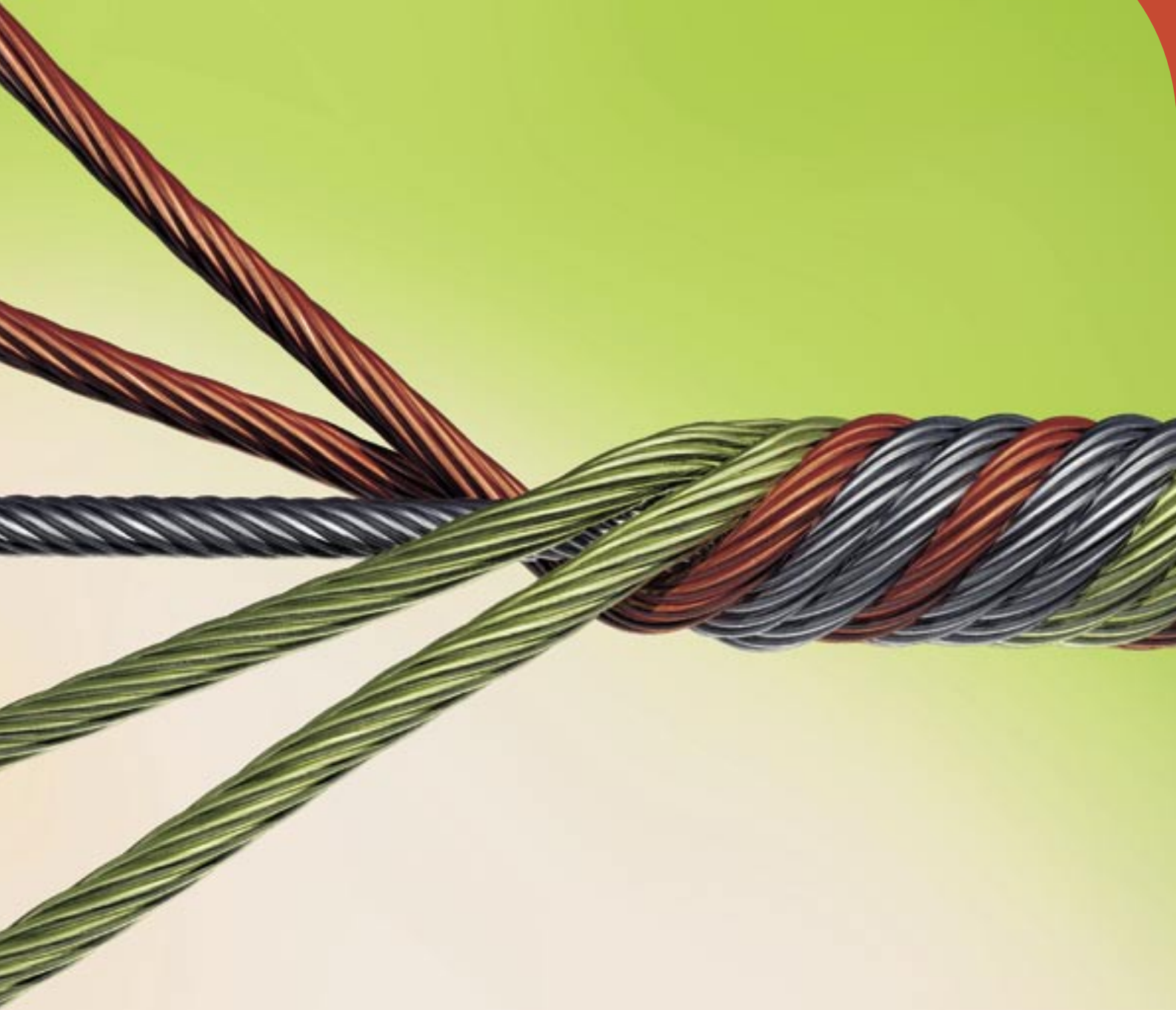
Metalli- ja materiaaliopin laboratorio on jäsenenä Uusien materiaalien keskuksessa ja Micronovassa, jossa on mahdollista tehdä vaativiakin piimikrokomponentteja opinnäytteinä ja tutkimusprojekteissa.▲

FORCIT
EXPLOSIVES

*Bored? Yes...
Try to shoot a blast with
your digital camera!*

Civil Explosives Since 1893

www.forcit.fi



Uusi Ruukki on enemmän kuin Rautaruukki, Rannila, Fundia, Gasell ja Asva yhteensä.

Yhdistimme viiden vahvan metalliosaajan ammattitaidon ja kokemuksen yhden yhtenäisen nimen alle. Uusi Ruukki toimii asiakkaansa vahvana lenkinä hänen prosesseissaan jo suunnittelun tuesta aina pitkälle vietyihin kokonaisratkaisuihin saakka.

Meidät tullaan jatkossa tuntemaan huippulaatuisista metalliratkaisuista, joita toimitamme rakentamiseen sekä konepaja- ja metallituoteteollisuudelle. Toimimme yli 20 maassa noin 12 000 ammattilaisen voimin. Tavoittemme on jatkaa hyvässä vauhdissa olevaa kehitystämme yhdeksi alan merkittävimmistä toimijoista Euroopassa.

RUUKKI
more with metals



CV - Pentti Karjalainen, (s. 1945 Vaalassa, DI 1969, Tkt 1974 Oulun yliopistosta) on fyysikaalisen metallurgian professori (v. 1988) Oulun yliopiston Konetekniikan osastossa. Viranalaan kuuluvat erityisesti terästen valmistus, ominaisuudet ja käyttö. Hän on ollut tiiviisti mukana terästudkimuksessa noin 15 vuoden ajan ja ohjannut lukuisia kotimaisia tutkimushankkeita liittyen sekä mikrooseosterästen että ruostumattomien terästen ja niiden valmistustekniikan kehittämiseen fyysikaalista simulointia käyttäen. Lisäksi hän on osallistunut useisiin eurooppalaisiin Hiili- ja teräsyhteisön rahoittamiin tutkimushankkeisiin. Pentti Karjalainen on julkaissut teräksiin liittyen lähes 200 konferenssiselitystä tai aikakauslehtiartikkelia.

Nanoteknologialla lujia ja kevyitä teräksiä

Professori Pentti Karjalainen, Oulun yliopisto, Konetekniikan osasto, pentti.karjalainen@oulu.fi

Artikkelissa kuvataan yleistajuisesti tapoja valmistaa lujia teräksiä fyysikaalista metallurgiaa soveltaen sekä annetaan esimerkkejä tämän hetken saavutuksista. Erityisesti pyritään valottamaan, kuinka korkeatasoista teräsheitys on ja miten siinä sovelletaan fyysikaalisia tieteitä, mm. "nanoteknologiaa".

Kehitystrendinä lujuuden nosto

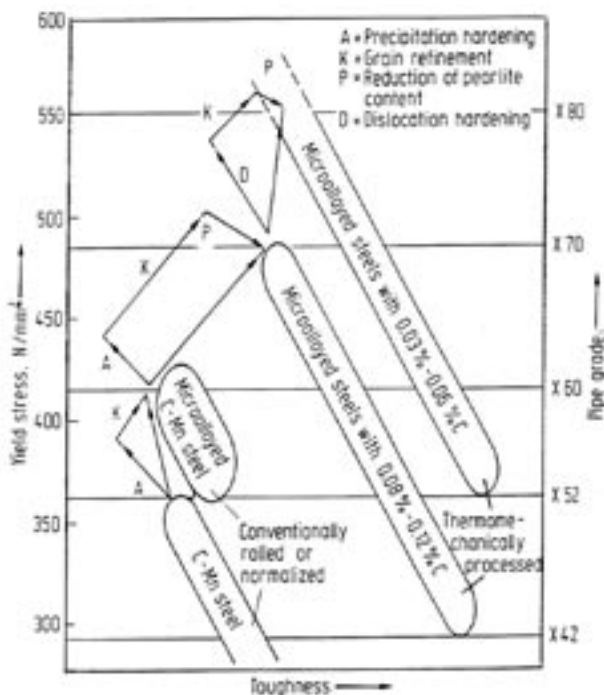
Teräs on ylivoimaisesti eniten käytetty rakennemateriaali eikä sen valta-aseman heikkenemisestä ole mitään merkkejä. Yleensä rakennemateriaalilta vaaditaan hyvää ominaisuusyhdistelmää, kuten korkeaa lujuutta, hyvää iskuseisyyttä ja hitsattavuutta, minkä teräs voi tarjota edullisen

hinnan, 100% kierrätettävyyden, hyvän saatavuuden, yms ohella. Suuri lujuus johtaa säästöihin itse materiaalikustannuksissa ja usein myös valmistuskustannuksissa konepajassa sekä käytön aikana (esimerkiksi autoissa painon kevennyksen tuottama polttoaineen kulutuksen pieneneminen). Täten teräksen lujuuden nostamisesta on suuri sekä suora että välillinen hyöty ja siksi lujien, erikoislujien, ultralujien, jne terästen kehitys onkin ollut jatkuvaa viime vuosikymmeninä, eikä loppua tälle tarpeelle ole näkyvissä.

Kaasuputket ovat tärkeä lujien terästen käyttökohte, mikä on suunnannut niiden kehitystä vuosikymmenten ajan. Uusi terässukupolvi on astunut kuvaan toinen toisensa jälkeen niin, että kun API X52N kausi oli 1960-luvun lopulla, X60N valtakausi sattui 1970-luvun alkupuolelle ja X70 termomekaanisesti valmistettuna 1980-luvun alkupuolelle [1,2,3]. 1980-luvulla otettiin käyttöön ensimmäiset API X80 luokan teräsputkilinjat Kanadassa ja Euroopassa [2] ja kotimainen X80:n valmistus alkoi 1990-luvun puolivälissä [4]. 1990-luvun lopulla on Euroopassa testattu X100 (690 MPa) putkiterästä ja tutkittu jopa X120-X130 laatuja [5,6]. Kuva 1 esittää, miten erilaisia lujittumismekanismeja (merkinnät A, K ja D) on hyödynnetty nostettaessa myötölujuus 355 MPa:sta 550 MPa:iin, miten hiilipitoisuutta on jatkuvasti laskettu (mekanismi P) ja valmistustekniikassa on siirrytty normalisoinnista termomekaanisesti kontrolloituun valmistukseen. Vastaavia teräksiä voidaan hyödyntää myös mm. öljynporausautoissa.

Autoteollisuus on hyvä esimerkki teollisuuden alasta, jonka tarpeita silmälläpitäen on menestyksellisesti läpivieyty laajoja, monikansallisia, monivuotisia tutkimus- ja kehityshankkeita (ULSAB, ULSAC, ULSAS, ULSAB-AVC), ei pelkästään lujien terästen, vaan niihin liittyen suunnittelu- ja valmistusmenetelmien kehittämiseksi niin, että teräs on taloudellisin materiaalivaihtoehto suurehkoista ominaispainostaan huolimatta [7]. Esimerkiksi ULSAB-projekti osoitti, että siirtymällä lisääntyvässä määrin erikoislujien terästen käyttöön henkilöauton painoa voidaan keventää 25%, puhumattakaan auton taloudellisuuden ja turvallisuuden paranemisesta. Ehkä vähän yllättävästi auton bensatankistakin tulee ruostumattomasta teräksestä valmistettaessa kevyempi kuin muovista tehtäessä [8].

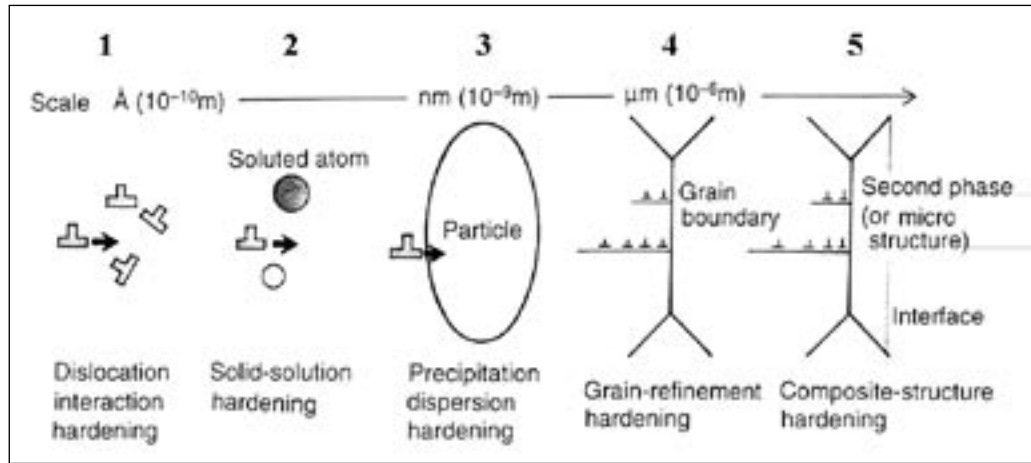
Voidaankin perustellusti väittää, että teräs on eräs moderneimmista ja kiinnostavimmista kevytkonstruktio materiaaleista, kunhan tähän hyvään materiaaliin yhdistetään suunnittelu sekä valmistusteknologia optimaalisesti. Seu-



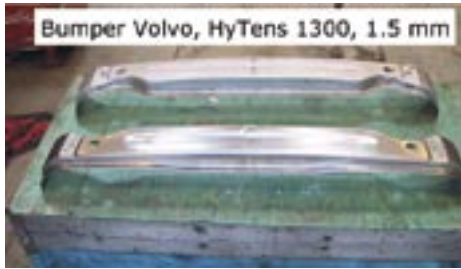
Kuva 1. Putkiterästen kehitys kohti lujempia laatuja ja sen mahdollistaneet tekijät. Figure 1. Development of steels for pipe lines, affecting factors and mechanisms.

Kuva 2. Lujittumismekanismit; tapoja lisätä esteitä dislokaation liikkumiselle.

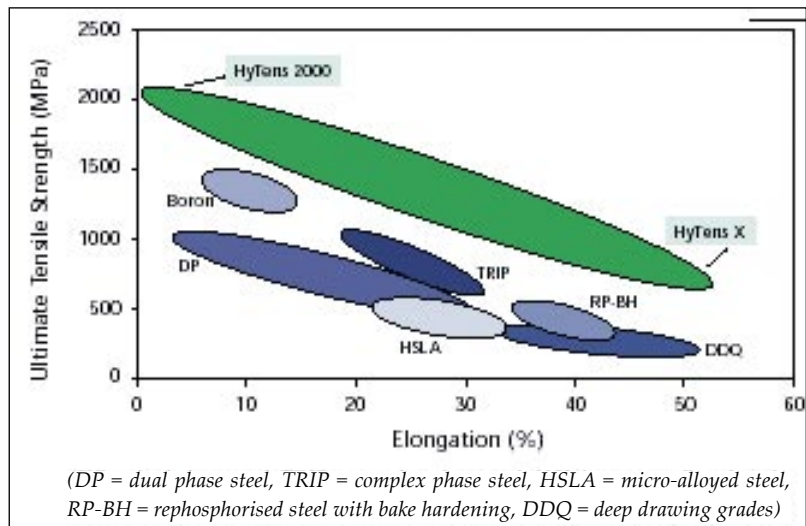
Figure 2. Strengthening by creating obstacles to the dislocation glide.



Kuva 3. Ruostumattomat HyTens teräkset lujuus-venymäkuviossa eräisiin hiiliteräksiin verrattuna [10]. **Figure 3.** Strength-ductility combinations for HyTens steels in comparison to some carbon steel grades [10].



Kuva 4. Volvon puskuri HyTens 1300 teräksestä muovattuna [10]. **Figure 4.** A bumper made by forming of a HyTens 1300 grade [10].



(DP = dual phase steel, TRIP = complex phase steel, HSLA = micro-alloyed steel, RP-BH = rephosphorised steel with bake hardening, DDQ = deep drawing grades)

raavassa pyritään antamaan lyhyt yleistajuinen fysikaalis-metallurginen katsaus teräksen lujuuden nostamiskeinoista sekä niihin liittyen eräitä esimerkkejä, missä tällä hetkellä ollaan menossa ja tehdään kehitystyötä.

Lujittamismekanismit

Raudan teoreettinen lujuus on yli 10 GPa. Metalliviiksissä (whiskers) tämä lujuus on saavutettu, mutta tällaiset lyhyet kuidut ovat halkaisijaltaan vain mikrometrin luokkaa. Käytännön materiaalit sisältävät aina hilavirheitä, dislokaatioita, joiden liikkuminen aikaansaa pysyvää muodonmuutosta selvästi teoreettista lujuutta pienemmällä jännityksillä. Puhtaan rautaerilliskiteen kriittinen leikkausjännitys myötymisen alkamiseksi on vaatimattomasti vain 15 MPa, mikä on kylläkin noin 30 kertaa enemmän kuin alumiinilla tahi kuparilla. Dislokaation liikkeen vaikeus merkitsee materiaalin lujuutta, joten tekemällä lisää esteitä dislokaation liikkumiselle metallihilassa saadaan sitä nostettua. Lujittumismekanismit on esitetty kaavamaisesti **kuvas** 2, josta myös käy ilmi mittakaava, missä mekanismi vaikuttaa.

Dislokaatiolujittaminen

Lisäämällä dislokaatioita esimerkiksi kylmämuokkaamalla metallia saadaan sen lujuutta nostettua (kuvas 2 mekanismi 1). Tätä tapaa käytetäänkin yleisesti monilla alumiiniseoksilla, mutta myös mm. austeniittisilla ruostumattomilla teräksillä. Rakennetta keventävät muokauslujitetut aus-

teniittiset ruostumattomat teräkset (esim. teräs 1.4318 2H/C850, $R_p \geq 530$, $R_m \geq 850$ MPa) ovat kiinnostuksen kohteena mm. ajoneuvoteollisuudessa (esim. bussirungoissa) sekä teräsrakentamisessa [9]. Kuitenkin muokauslujittaminen voi johtaa vielä merkittävästi suurempaan lujuuteen, aina 2000 MPa saakka (tahi hyvään lujuus-venymäyhdistelmään), jollaisesta on esimerkiksi kylmävalssatut (temper-rolled) Outokummun HyTens[®] teräkset [10], **kuva 3**. Nähdään, että näiden ominaisuudet ylittävät selvästi hiiliterästen vastaavat. Tosiasiassa lujittumismekanismina on kylmämuokkauksen aikaansaaman dislokaatiolujittamisen (mekanismi 1) lisäksi muokausmartensiitin syntyminen (mikrorakenteellinen lujittuminen, mekanismi 5), mikä merkitsee myös raekoon hienonemista sekä faasimuutokseen liittyvää dislokaatiotiheyden kasvua. Tämä selittää näin poikkeuksellisen suuren lujuuden nousun. Käyttösovelluksina mainostetaan esim. Volvon puskurit (**kuva 4**) sekä työkalut.

Seostus

Lisäämällä rauta-atomin koosta (Si, Mn) tahi elektronirakenteesta poikkeavia (P) atomeja ferriittiin saadaan teräksen lujuutta nostettua jonkin verran (kuva 2, mekanismi 2), mutta jähmeässä liuoksessa merkitys jää vähäiseksi. Sen sijaan, jos seostus johtaa erillisten partikkelien eli erkaumien syntymiseen, voi tapahtua merkittävää lujittumista (kuva 2, mekanismi 3), joskin yleensä iskusitkeyden kustannuksella. Yleisesti fysikaalisessa metallurgiassa tunnettu Asby-Orowan'in yhtälö epäkoherenttien partikkelien aikaansaa-

malle erkaumalujittumiselle kertoo, että lujuuden nousu on verrannollinen erkaumien tilavuusosuuden neliöjuureen ja kääntäen verrannollinen partikkelien keskimääräiseen halkaisijaan. Tämän mukaan erkaumien määrä ja niiden koko kontrolloivat lujittumista. Yleensä erkaumien määrää ei voida tehdä kovin suureksi vaikuttamatta haitallisesti iskusitkeyteen ja hitsattavuuteen, joten lähinnä erkaumien hienous kontrolloi saavutettavaa lujittumista. Tässä astuukin kuvaan *nanoteknologia*, mikä teräsmaailmassa tarkoittaa hyvin pienten, nanokokoisten erkaumien synnyttämistä teräkseen. Esimerkkejä nanoteknologian soveltamisesta ovat NANO-HITEN sekä Nanoflex® -teräkset.

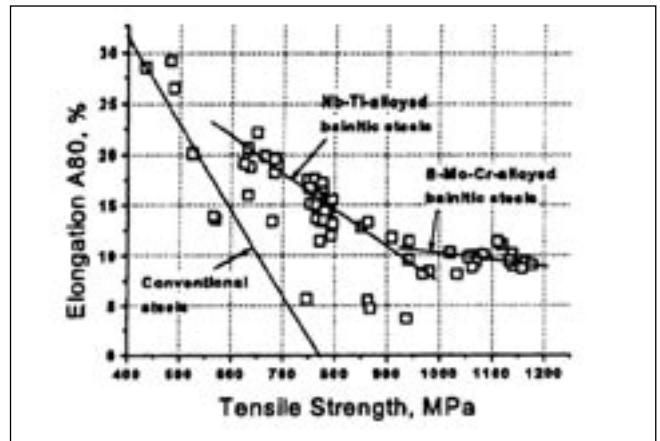
Japanissa NKK Corporation kehitti vuonna 2001 uuden "nanoteknologiaan perustuvan" erittäin hyvin muovattavan 780 MPa murtolujuusluokan teräksen NANO (New Application of Nano Obstacles for dislocation movement) HITEN erityisesti autoteollisuuden tarpeita silmälläpitäen. Ominaisuudet perustuvat sopivan "magic" seostuksen ja hallitun valmistustekniikan tuottamiin muutaman nanometrin kokosiin erkaumiin. Tämän teräksen ominaisuudet ovat 30% paremmat kuin aikaisemmalla 780 MPa teräsnauhalla. Muovattavuus on yhtä hyvä kuin 590 MPa laadulla, joten uuden teräksen käytöllä päästään 10% painonsäästöön [11].

Nanoteknologiaan pohjautuvia ominaisuuksia on kehitetty Sandvik Materials Technology'n toimesta myös ruostumattomiin teräksiin, ns Sandvik Nanoflex® teräksessä [12]. Tällä teräksellä on poikkeuksellinen lujuus (aina 3000 MPa saakka) hyvän sitkeyden (iskusitkeys vähintään 27J -20°C:ssa), muovattavuuden ja korroosionkestävyyden kanssa. Myös sen steriloitavuus on hyvä. Tämän teräksen erinomaiset ominaisuudet tulevat erittäin kovista nanopartikkeleista, kooltaan 1-10 nm, jotka erkautuvat sitkeään matriisiin vanhennuskäsittelyssä. Muovaus voidaan tehdä pehmeänä, minkä jälkeen tapahtuu vanhennus. Terästä valmistetaan langan lisäksi myös nauhana, tankona ja putkena. Sandvik Bioline 1RK91 (12Cr-4Mo-2Cu) on tarkoitettu erityisesti lääkäreiden käyttämien työkalujen ja instrumenttien valmistukseen [13].

Raekoon hienontaminen

Mikroseostetut hienoraeteräkset ovat tunnettuja jo yli 40 vuoden ajan. Ferriittinen rakenne mahdollistaa 500 MPa myötörajan levyssä, nauhassa noin 700 MPa, käytettäessä hallittua termomekaanista valmistusta, jolloin teräkseen saadaan noin 4-5 µm raekoko. Kuitenkin suurempi lujuus edellyttää joko raekoon hienontamista edelleen jollain muulla tavalla tai siirtymistä ferriittistä lujempaan mikrorakenteeseen taikka monifaasisiin teräksiin (kuvan 2 mekaniisit 4 ja 5).

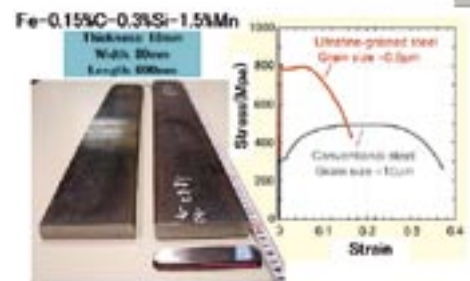
Teollisesti raerakenteen hienontaminen lähelle mikrometrin kokoa sekä faasimuutoksen tuomaa dislokaatiolujittumista saadaan siirtymällä ferriittisistä bainiittisiin tai martensiittisiin teräksiin. Bainiittisissä teräksissä myötölujuus saadaan nousemaan levyssäkin 700 MPa luokkaan, martensiittisissä vielä korkeammaksi. **Kuva 5** esittää nyky-aikaisten bainiittisten terästen parempaa lujuus-venymäyhdistelmää tavanomaisiin teräksiin verrattuna [14]. Sitkeyden pitämiseksi hyvänä on näiden terästen hiilipitoisuus yleensä erittäin matala (jopa alle 0.01%C), jolloin karbideja syntyy vähän. Karkenevuuden lisäämiseksi käytetään esim. Cr-Mo-B seostusta sekä nopeutettua jäähdytystä valssauksen jälkeen. Mikroseostuksella ja myös kupariseostuksella voidaan saada aikaan tehokasta erkaumalujittumista. Dislokaatiolujittuminen ja erkaumalujittuminen laskevat iskusitkeyttä, joten ominaisuusyhdistelmän optimointi



Kuva 5. Bainiittisten terästen lujuus-venymäyhdistelmä tavanomaisiin teräksiin verrattuna [14]. **Figure 5.** Relationship between tensile strength and elongation in bainitic steels compared to conventional steels [14].

Kuva 6. Japanilaisista 0.5 µm raekoon terästä sekä sen ja tavallisen teräksen vetokäyrät [17].

Figure 6. Ultrafine grained ferritic steel made in Japan and the stress-strain curves of ultrafine and conventional steel grades [17].



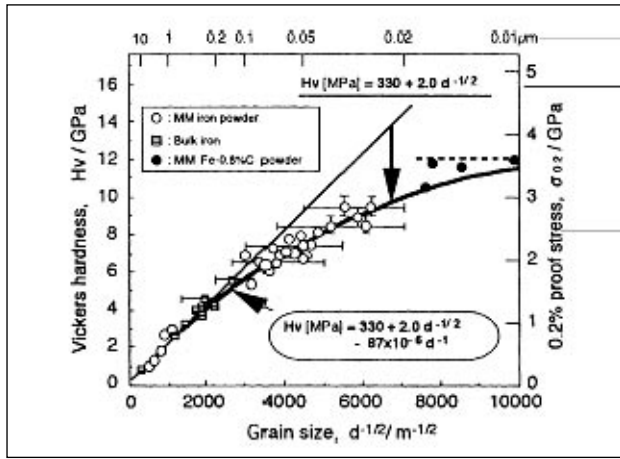
edellyttää tarkkaa koostumuksen suunnittelua ja hallittua kuumamuokkausprosessia. Bainiittisiin teräksiin liittyviä hankkeita on menossa ja suunnitteilla, joissa Oulun yliopistokin on mukana [15].

Käyttämällä korkeampaa hiilipitoisuutta ($\approx 0.2\text{...}0.4\%$ C) ja sopivaa seostusta ($\approx 2\%$ Si, Mn) on mahdollista tuottaa erittäin lujia (≈ 2500 MPa) bainiittisiä teräksiä, joiden ominaisuuksien kehitys on kuitenkin vielä kesken [16].

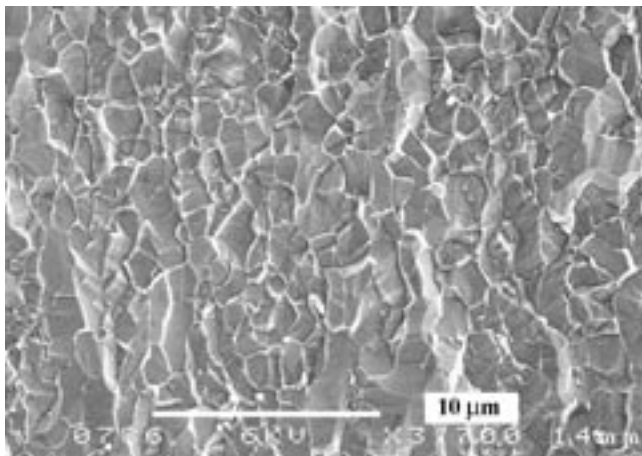
Raekoon hienontamista ferriittisellä rakenteella mikrometrin kokoluokkaan ja jopa sen alle pyritään erilaisissa "ultra-steel"-hankkeissa, joita on meneillään kautta maailman (esim. Japanissa hanke Ultra-Steels, vaihe 1 vuosina 1997-2001 ja nyt 2 vaihe 2002-2006) [17,18]. Ongelmina on löytää käytännön tapa valmistaa näin hienorakeista terästä, rakenteen stabilisuus esim. hitsauksen yhteydessä sekä heikko muokkauslujuuttuminen (korkea Rp/Rm suhde, ks vetokäyrä **kuvas** 6).

Kun raekoko hienonee 1 µm:iin, kohoaa tavallisenkin C-Mn teräksen myötöraja 800 MPa:iin, kuten kuvan 6 vetokäyrästä ja **kuvas** 7 (raudalle) käy ilmi.

Massavalmistukseen mahdollisia valmistustapoja ovat mm. hienorakeisen austeniitin voimakas muokkaus matalassa lämpötilassa (strain induced dynamic transformation of ferrite) sekä martensiittisen rakenteen kylmämuokkaus ja rekristalisaatiohehkkutus. Näitä tapoja on tutkittu Oulun yliopistossa mm. Suomen Akatemian rahoittamassa projektissa, ja tuloksista on raportoitu Longxiu Panin väitöskirjassa [20]. Saavutettava ferriitin raekoko on 0.5-3 µm, josta esimerkki on **kuvas** 8. Rakenteen terminen stabilisuus osoittautui erittäin hyväksi, sillä syntyvät karbidit lukitsevat tasaisen raerakenteen raerajat hyvin tehokkaasti. Tutkimuksen alla olevia tapoja lisätä sitkeyttä on tuottaa



Kuva 7. Kovuuden ja myötölujuuden riippuvuus raekoosta tavallisessa raudassa sekä jauheesta valmistetussa raudassa ja Fe-0.8%C seoksessa [19]. **Figure 7.** Dependence of hardness and 0.2% proof stress on the grain size in bulk iron and in mechanically milled iron and Fe-0.8%C powders [19].

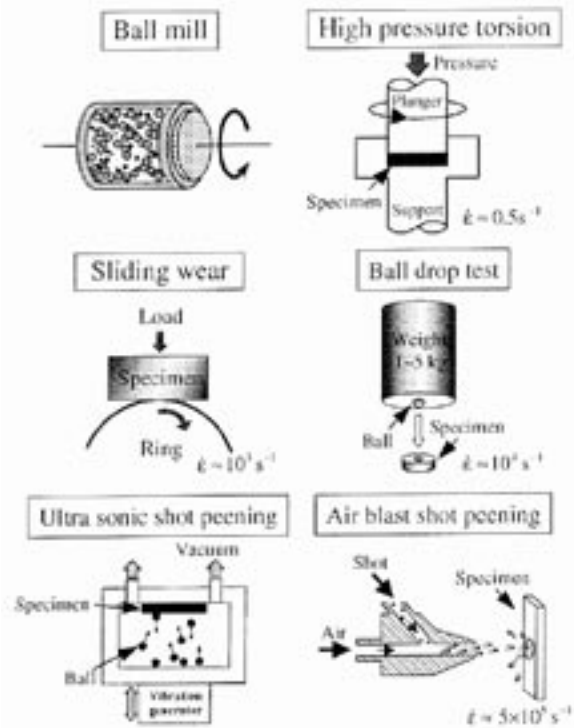


Kuva 8. C-Mn-Nb-Ti teräksen 1.1 μm ferritin raekoko kylmävalssauksen, uudelleen kuumentuksen ja 90% reduktion 780°C:ssa jälkeen [20]. **Figure 8.** Ultrafine ferrite grain size in a C-Mn-Nb-Ti steel after cold-rolling to the strain of 1.2, reheating at 900°C for 2 min and compressing at 780°C to the strain of 1.2. Ferrite grain size 1.1 μm [20].

ultrahienojen rakeiden sekaan pieni määrä suurempia rakeita (bimodal grain size distribution), jotka aikaansaavat muokkauslujittumista. Myös kaksifaasisen ferriittis-martensiittisen rakenteen käyttäminen vaikuttaa lupaavalta lujuus-sitkeys-yhdistelmää ajatellen.

Kawasaki on hyödyntänyt "kehittyneitä mikrorakenteen kontrollia" eli tässä tapauksessa austeniitin dynaamista rekristalisaatiota tuottaessaan noin 2 μm raekoon ns Super HSLA teräkseen, jolloin $R_p \geq 690$ MPa, $R_m \geq 790$ MPa, venymä 22% ja reiän laajennussuhde (hole-expansion ratio) 80%, mikä on erinomainen arvo. Myös hitsattavuus, väsymiskesto ja korroosionkesto ovat hyviä, joten teräs sopii hyvin esim. autojen alustojen muovattaviin osiin [21].

Lisää lujuutta ja kovuutta on saatavissa nanoteknologiassa, eli pienentämällä raekoko nanometriluokkaan, kuten kuvasta 7 on nähtävissä. Nanokiteisten materiaalien valmistamista on tutkittu intensiivisesti viime vuosina mm. Japanissa, Venäjällä ja Kiinassa. **Kuva 9** esittää eräitä tapoja aikaansaada suurella nopeudella erittäin voimakas (strain luokkaa 7) muokkaus materiaaliin, jolloin siihen on havait-



Kuva 9. Tapoja valmistaa nanokiteinen rakenne metalleihin [22]. **Figure 9.** Severe deformation techniques for processing nanocrystalline grain structure in metals [22].

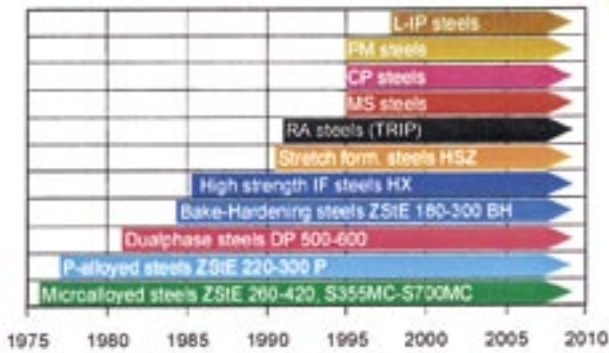
tu syntyvän nanometrikokoisia rakeita.

Käytännön tapoja valmistaa laajojakin nanokiteisiä pintakerroksia ovat mm. voimakas kuulapuhallus, syvävalssaus (deep rolling/burnishing) sekä lasershokkikäsitely (jota ei ole kuvassa 11). Voimakkaalla muokkauksella on osoitettu saatavan 7 GPa kovuus Armco-rautaan sekä 14 GPa Fe-1%C seokseen 50-200 μm paksuiseen pintakerrokseen [22]. Kuvan 7 mukaan Fe-0.8%C seokseen syntyy noin 12 GPa kovuus ja myötölujuus on 3.7 GPa, kun raekoko on 10 nm. Tämä on kertaluokkaa suurempi kuin tavallisten terästen lujuus. On huomattavaa, että karbidit liukenevat muokkauksessa ja rakenne on puhtaasti ferriittinen sisältäen ylilyllästeisenä hiilen. Voidaan odottaa, että nanokiteisten pintakerrosten kulumis- ja naarmuuntumiskesto olisivat erittäin hyviä, samaten väsymiskestävyys voi parantua merkittävästi. Kehitteillä on hankkeita, joissa pyrittäisiin selvittämään nanokiteisten pintakerrosten valmistamista ja niiden ominaisuuksia.

Ruostumattomissa teräksissä alle 1 μm raekoko on mahdollista saavuttaa ns. reversiökäsitelyssä. Metastabiilia austeniittista ruostumatonta terästä (esim. 1.4318, AISI 301 tai 301LN) muokattaessa syntyy muokkausmartensiittia, joka lähes 100% rakenteesta. Mikäli martensiitti vielä muokkautuu voimakkaasti, muodostuu siitä lyhyessä hehkutuksessa erittäin hienorakeista (noin 100-300 nm) austeniittia. Oulun yliopiston vetämänä on meneillään Tekes-rahoitteinen hanke, jossa selvitetään ultrahienon raekoon aikaansaamista austeniittiseen ruostumattomaan teräkseen sekä tämän rakenteen ominaisuuksia, eritoten muovattavuutta. Tavoitteena on kehittää teknologia, jossa käytetään muokkauslujitettuja, erittäin lujia ruostumattomia teräksiä muovattujen tuotteiden valmistamiseen.

Mikrorakenteellinen lujittaminen/monifaasiteräkset

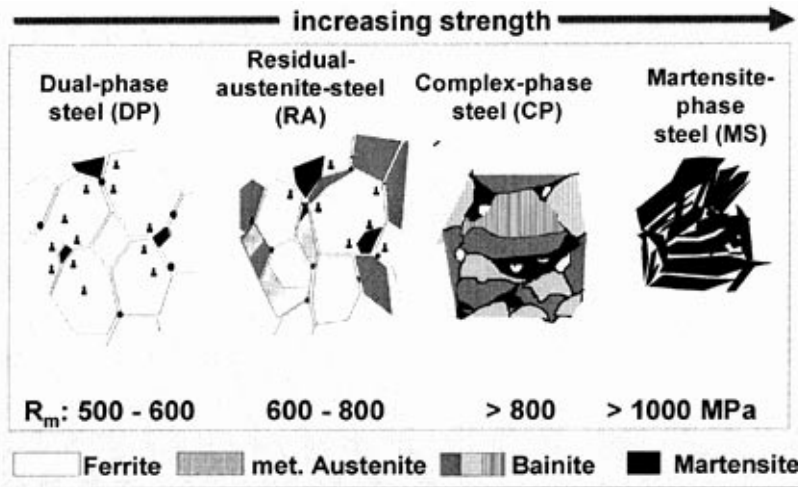
Lujuutta on mahdollista lisätä tuottamalla mikrorakenteeseen useampia lujuu deltaan erilaisia faaseja (kuva 2, mekanismi 5). Vanhastaan tunnettuja tällaisia teräksiä ovat mm. ferriittis-perliittiset, dual-phase (DP) ja ruostumatotomat duplex-teräkset. Kuten kuvasta 10 ilmenee, viime vuosikymmenen terästyyppejä ovat mm. TRIP (tai RA, residual austenite), martensiittiset (MS), complex phase (CP), osittain martensiittiset (PM) sekä uusimpana L-IP teräkset. Näiden mikrorakenteita on esitetty kaavamaisesti kuvassa 11. Autoteollisuus on kaikkien näiden pääkäyttökohde.



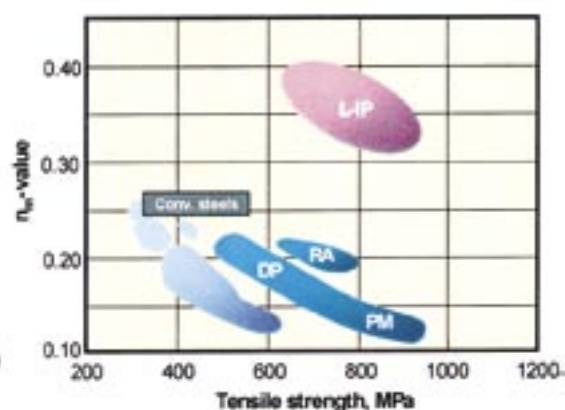
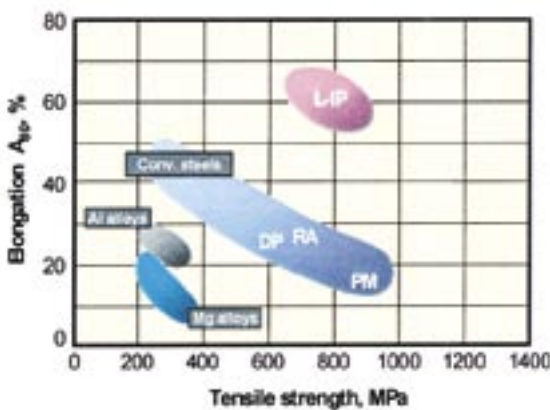
Kuva 10. Uusia muovattavia teräksiä erityisesti autoteollisuuden tarpeisiin [23]. Figure 10. New formable steel sheets for automotive applications [23].

Kuten kuvasta 11 ilmenee, ovat RA/TRIP ja CP teräkset monifaasisia teräksiä (esim. ferriitti-bainiitti-jäännösausteniitti). Lisäksi TRIP teräksissä tapahtuu ns. transformation induced plasticity ilmiö, eli mikrorakenteessa oleva runsashiilinen jäännösausteniitti muuttuu muovauksessa muokkausmartensiitiksi, jolloin teräksen lujuus kasvaa merkittävästi (tahi esim. auton törmätessä esteeseen törmäysenergiaa absorboituu tehokkaasti rakenteeseen). RA/TRIP teräksillä on vastaavia käyttökohteita kuin DP teräksillä, mutta niiden lujuus-venymä-energia-absorptio-ominaisuusyhdistelmä on parempi kuin DP teräksillä, kts kuva 12 (muokauslujittumisnopeus n_m). Kuitenkin RA/TRIP terästen valmistaminen sekä kuumasinkitys ovat vielä hankalia ja myös hitsattavuus on korkean seostuksen takia heikohko, vaikka näiden suhteen on tehty ja tehdään kehitystyötä.

Kuten kuvasta 12 ilmenee, ovat L-IP[®] teräkset (light steels with induced plasticity) venymä-lujuus ja muokauslujittumiskyky-lujuus piirroksissa paljon muita korkeammalla [23]. Lisäksi nämä ovat keveitä teräksiä, sillä ne voivat sisältää merkittävän määrän alumiinia (yleensä 2-4%, jopa 14 %) sekä piitä (2-4%, jopa 8%). Terästen mangaanipitoisuus on korkea (tyypillisesti 15-30%), joten ne ovat mikrorakenteeltaan austeniittisia. Hiilipitoisuus voi vaihdella 0.005 – 0.6%. Näissä teräksissä tapahtuu ns TWIP-ilmiö (twinning induced plasticity), eli muokkaus aikaansa kaksostumista, mikä muokauslujittaa kuten martensiitin syntyminen. Saatavat venymät ovat erittäin korkeita ($A_{80} > 40-90\%$), mikä mahdollistaa monimutkaisten komponenttien valmistuksen muovaamalla. Hyvä



Kuva 11. Kaksi- ja monifaasiterästen mikrorakenteita ja murtolujuuksia [24]. Figure 11. Phase structures and tensile strength achievable in DP, RA, CP and MS steels [24].



Kuva 12. L-IP terästen erinomaisen hyvää venymä- sekä muokauslujittumiskyky-lujuusyhdistelmä verrattuna eräisiin muihin muovattaviin materiaaleihin [23]. Figure 12. Elongation and strain hardening rate vs tensile strength of L-IP steels compared to those of some other materials [23].

energian absorptiokyky tekee teräksistä sopivia auton turvaosien materiaaliksi.

L-IP terästen kuumamuokkauksen aikaisia ilmiöitä sekä mekaanisia ominaisuuksia tutkitaan parhaillaan mm. Oulun yliopistossa menossa olevassa väitöstyössä sekä deformaatiomekanismeja suurilla muodonmuutosnopeuksilla Tampereen teknillisessä yliopistossa. Lisäksi on meneillään yksi RFCS hanke ja uusi italialaisen CSM:n koordinoima hakemus on jätetty RFCS:lle, jossa Oulun yliopistokin on mukana.

Lopputoteamus

Terästen kehitystä ajavat kova kilpailu ja käyttäjien kasvavat tarpeet. Kehitystyötä tehdään ympäri maailmaa usein mittavissa yhteisprojekteissa, joissa ovat mukana teräsyhtiöt, suuria tutkimuslaitoksia sekä yliopistoja. Terästen ominaisuuksien kehittämisessä joudutaan soveltamaan kaikkea sitä syvällistä tietämystä, mitä vuosikymmenien aikana tapahtunut tutkimustyö on luonut sekä uusimpia tutkimusmenetelmiä ja tieteen saavutuksia. Näin syntyy materiaali, joka on usein ominaisuusyhdistelmältään ylivoimainen tarjoten kehittyneitä ratkaisuja vaativien asiakkaiden tarpeisiin.▲

KIRJALLISUUTTA

1. V.M. Hof, New high-strength large diameter pipe steels, HSLA Steels: Metallurgy and Applications, ASM, 1986, p. 467
2. J.M. Gray, Modern pipeline technology - specification trends and production experience, HSLA Steels '2000, (eds. F. Liu, Z. Wang and H. Zhang), The Metallurgical Industry Press, Beijing, 2000, pp. 71-79.
3. K. Hulka, High strength large diameter pipe plate from standard production to X80/X100; <http://www.us.chmm.com.br/english/sources/techlib/info/hsLDPP/>
4. N.O. Torvela, R.O. Laitinen, M-M. Valkama and D.A. Porter, The properties and weldability of grade X80 spiral welded pipes, Pipeline Technology, vol. II, (ed. R. Denys), Elsevier Science B.V., 2000, pp. 543-552.
5. G. Mannucci and D. Harris, Fracture properties of API X100 gas pipeline steels, Report EUR 20330 EN, 2002.
6. G. Buzzichelli and E. Anelli, Present status and perspectives of European research in the field of advanced structural steels, ISIJ Intern., 42 (12), 2002, 1354-1363.
7. <http://www.worldautosteel.org/>
8. Taylan Altan, STAMPING Journal®, Hydroforming of passenger car fuel tanks, October 24, 2002. http://www2.thefabricator.com/Articles/Stamping_Article.cfm?ID=139
9. T. Taulavuori, P. Aspegren, J. Säynäjäkangas, J. Salmén and P. Karjalainen, The anisotropic behaviour of the nitrogen alloyed stainless steel grade 1.4318, High Nitrogen Steels 2004, Oostende, Belgium, September 19-22, 2004.
10. Jorma Kempainen, Erik Schedin and Erik Sörquist, HyTens® creates new opportunities for high strength stain-

less steels applications, AvestaPolarit Corrosion Management and Application Engineering, acom, 3-4, 2002.

http://www.outokumpu.com/pages/Page___7761.aspx
11. NKK Technical Review No 88, 2003.

<http://www.jfe-holdings.co.jp/en/release/nkk/0103/010307.html>

12. [http://www.smt.sandvik.com/sandvik/0140/internet/APPLICATIONS/SE03488.NSF/GenerateFrameset1?readForm&url=http://www.smt.sandvik.com/sandvik/0140/internet/APPLICATIONS/SE03488.NSF/\(DocumentsInternetWeb\)/1AFD047EB8EE76C4C1256BEB004977B8](http://www.smt.sandvik.com/sandvik/0140/internet/APPLICATIONS/SE03488.NSF/GenerateFrameset1?readForm&url=http://www.smt.sandvik.com/sandvik/0140/internet/APPLICATIONS/SE03488.NSF/(DocumentsInternetWeb)/1AFD047EB8EE76C4C1256BEB004977B8)

13. www.steel.sandvik.com/bioline

14. C. Mesplont, T. Waterschoot, S. Vandeputte, D. Vanderschueren and B.C. De Cooman, Hot rolled bainitic steels, Thermomechanical Processing of Steels, 24-26 May 2000, London, UK, IOM Communications, pp. 495-504.

15. P.P. Suikkanen, J.I. Kömi and L.P. Karjalainen, Effect of austenite deformation and chemical composition on the microstructure and hardness of low and ultra low carbon bainitic steels, The 6th Intern. Conference "High Technologies in Advanced Metal Science and Engineering", September 14-15, 2004, St. Petersburg State Polytechnical University, St. Petersburg, Russia, pp. 18-28.

16. F.G. Caballero, H.K.D.H. Bhadeshia, K.J.A. Mawella and D.G. Jones, Very strong low temperature bainite, Mater. Sci. Techn., 18, (3), 2002, pp. 279-284.

17. http://www.nims.go.jp/usp/new_infrastructure_en.html

18. Ultra-fine steel flat products, ECSC 7210.PR/167(D3.10/99), Draft final report, 2001.

19. S. Takaki, K. Kawasaki and Y. Kimura, Mechanical properties of ultra fine grained steels, Journal of Materials Processing Technology, 117, (2001), 359-363.

20. Longxiu Pan, Two methods for processing ultrafine ferrite grain size in steels with 0.009-0.8%C and its thermal stability, Acta Universitatis Ouluensis, Technica, doctoral thesis, Oulun yliopisto, 2004 (in printing).

21. K. Sakata, S. Matsuoka and K. Sato, Highly formable sheet steels for automobile through advanced microstructure control technology, Kawasaki Steel Technical Report, No. 48, March, 2003, pp. 3-8.

22. M. Umamoto, Nanocrystallization of steels by severe plastic deformation, Mater. Trans., 44, 2003, 1900-1911.

23. H. Hofmann, S. Göklü, J. Gerlach and U. Bruex, Properties of light steels with induced plasticity (L-IP® steels), Proceedings, IDDRG International Deep Drawing Research Group 2004 Conference, Forming the Future Global Trends in Sheet Metal Forming, May 24-26, 2004, Sindelfingen, Germany, Eds. by K.Kergen, L. Kessler, N. Langerak, F.-J. Lenze, E. Janssen and G. Steinbeck, Steel Institute VDEh., German Group of International Deep Drawing Research Group.

24. T. Heller, B. Engl, G. Stich, G. Thiemann, Thermo-mechanical rolling of hot-rolled multiphase steels, Thermomechanical Processing of Steels, 24-26 May 2000, London, UK, IOM Communications, pp. 438-445.▲

SUMMARY

Strong and light steels by nanotechnology

Strengthening mechanisms are discussed related to develop a higher strength in constructional steels. Work hardening has been utilized to process stainless steels with a very high strength. The solid solution strengthening can only gain small hardening, but the precipitation strengthening has recently utilized in "nanosteels" by very tiny particles both in carbon and stainless steels. The grain refinement provides a very efficient method to increase strength and many efforts are currently directed all over the world to develop micron or submicron/nano sized grains in steels. Second phase in the matrix provides a strengthening mechanism that has been utilized recently in complex phase steels having applications in automotive industry in particular. An intense work hardening property is often connected with these steels.▲



CV - Jorma Autio, Saanio & Riekkola Oy, received M.Sc., major in applied geophysics and geology, minor in rock engineering (department of mining and metallurgy) Helsinki University of Technology, 1985. Lic. Tech., (department of process engineering and materials science) Helsinki University of Technology, 1988. Special fields of expertise underground engineering, rock mechanics, material physics, material dynamics, blasting technology, image analysis and data mining. Several international refereed publications and scientific articles.



CV - Leena Lepistö, M.S. degree at Tampere University of Technology, TTY 2000. Licentiate of Technology degree in Tampere University of Technology, TTY 2004. **Special interests in** Feature recognition, image analysis. Researcher at Tampere University of Technology, Digital Signal Processing.



CV - Ari Visa received the M.S. degree in computer science and technology from the Linköping University of Technology, Linköping, Sweden, in 1981, and the Licentiate and Doctor of Technology degree in information science from Helsinki University of Technology (HUT), Espoo, Finland, in 1988, and 1990 respectively. He is currently a Professor in Digital Signal Processing at Tampere University of Technology, and a Docent in image analysis at HUT. He is co-author to more than 100 refereed international papers. He is active in many conference program committees. Dr. Visas current research interests are in multimedia and multimedia systems, adaptive systems, wireless communications, distributed computing, soft computing, computer vision, knowledge mining, and knowledge retrieval.

Image analysis and data mining in rock material research

Introduction

Development of novel imaging techniques and new techniques for efficient data mining and retrieval from multidimensional dynamic data enable many new practical applications in rock material research. Data mining techniques have been applied for real time search of information such as persons or events or sounds from incoming or stored video signal or more conventional type of data. These novel techniques can be applied to several different fields in material science and geoscience. Since rock is by far the most common heterogeneous and complex construction material in the world, the new efficient digital image acquisition and data mining techniques can greatly increase our material characterization and abilities by enabling accurate characterization of highly heterogeneous materials (Fig.1).



Figure 1. Image of a 30x30 cm rock plate obtained by using a CCD-digital camera.

In general data mining is specified as an information extraction activity whose goal is to discover hidden facts contained in databases. Using a combination of machine learning, statistical analysis, modelling techniques and database technology, data mining finds patterns and subtle relationships in data and infers rules that allow the prediction of future results. Typical applications include market segmentation, customer profiling, fraud detection, evaluation of retail promotions, and credit risk analysis. The principles of data mining have been presented for those who are more interested e.g. by Hand et. al. 2000 and the concepts and techniques by Han & Kamber, 2000.

Most of the data based image analysis techniques in geoscience have been based on using remote sensing data obtained by using satellite images. Several applications have been reported in the field of quantitative microscopy, spectroscopy and analysis of rock aggregates. Image analysis has also been used in analysis of trench images, planning of sampling of heterogeneous material and analysis of ornamental rock plates (Bruno et al. 1999, Lebrun 1999, Lebrun & Macaire 2001).

The heterogeneity of the rock material has had great impact on mining, underground construction, oil well production and has promoted the development of several geoscientific disciplines from remote sensing to petrography. The natural way of treating the heterogeneity in engineering has been the development of classification systems based e.g. on mineral content, physical properties or origin. Because of the complexity and heterogeneity of rock material data mining can greatly improve the accuracy of material classification. The data mining allows the increase of classes in the system and possibility to increase the quantity of data practically without limits. The procedure can be supervised (assisted by the operator) or unsupervised. The form of data can be dy-

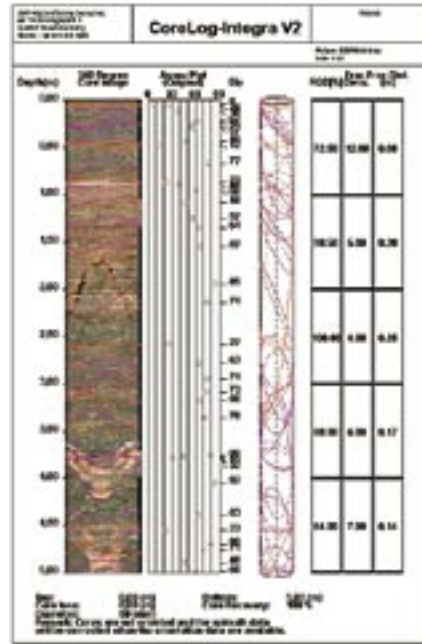
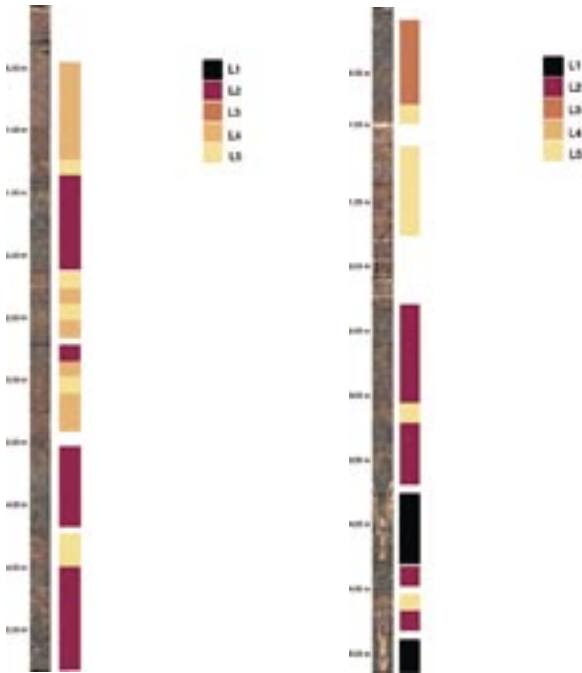


Figure 2. Example of classification of core samples by using image analysis and data mining.

dynamic and multidimensional (e.g. time dependent vector). One data vector can contain different type of data such as e.g. density, texture (visual appearance), orientation, color, degree of heterogeneity and physical properties.

In rock engineering data mining can be used to give answers to practical questions like:

- how many visually different types of rock can be detected in the rock material (Fig. 2)
- where should the samples be taken in order to represent the know rock material well (Fig. 2)
- how should we classify ornamental stones unambiguously to obtain the desired degree of heterogeneity/homogeneity
- where are the positions of interesting mineral compositions
- how can we guarantee the desired degree of visual variability or homogeneity in rock products

Data retrieval, which is an essential element in data mining, can be used to find out sections of rock material (e.g. points in core samples) which are similar to the know sample. For example, one can search for positions in the core material where the texture, grain structure and color are similar to a sample image known to consist of certain mineral of interest. The resolution of images obtained by present core scanning technique is superior to visual mapping and e.g. the number of images obtained for example from few deep drilled cores is easily of the order of tens of thousands. The images can be also acquired easily by using additional invisible light wavelengths, which can be used to discriminate between certain minerals or chemical elements.

This document is based on experience from application of image analysis and data mining in classification of ornamental rock plates, core samples, total reflection images. Some experiences are also reported from classification of ornamental rock and core samples using combined classifiers, and from retrieval of images.

Imaging techniques

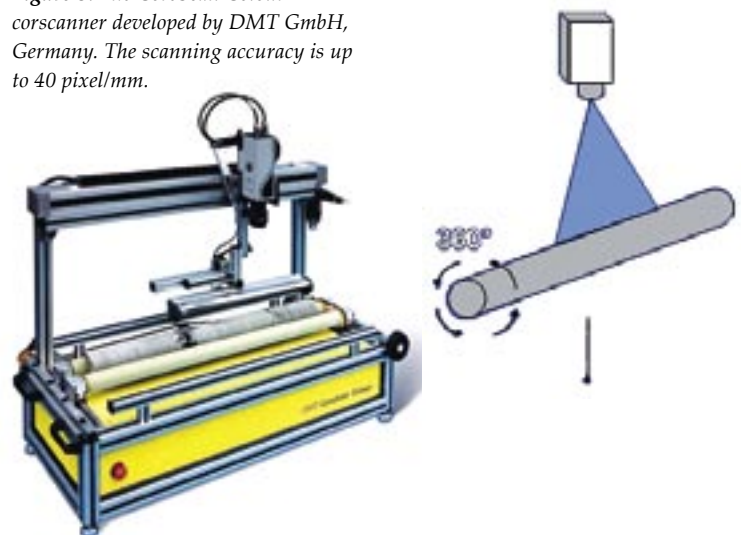
Essential element in image based data mining is the image acquisition. The number of commercial imaging systems has increased significantly during the last few years. The

availability of sophisticated digital imaging techniques in geoenvironmental applications such as BIPS and CoreScan systems have enabled routine image acquisition in underground engineering. The CCD-cameras and scanners have been used in a variety of different applications. The most common digital imaging techniques applied in the field of geoenvironmental (excluding remote sensing) today are:

- o Horizontal scanners
- o Corescanners (e.g. DMT CoreScan Colour, Digital imaging, storage and analysis system by DMT GmbH, Germany).
- o Digital CCD cameras.
- o Digital boreholecameras.
- o Borehole scanners (e.g. BIPS -Borehole Image Processing system by Raax Co., Japan. CCD-based image acquisition system)

The images used in this work have been obtained by using high resolution horizontal scanners, professional quality digital cameras in normal (Fig. 1) and total reflection mode, and CoreScan Colour corescanner (Fig 3 and 4). When horizontal scanners and digital cameras have been used, special attention has given to the stabilization of the light source, calibration of colour range, and by-pass of all normal typical

Figure 3. The CoreScan Colour corescanner developed by DMT GmbH, Germany. The scanning accuracy is up to 40 pixel/mm.



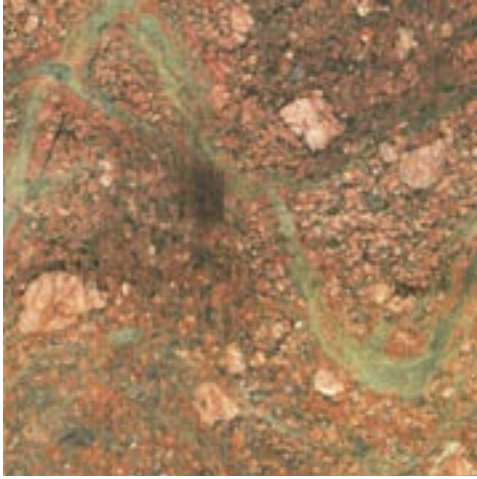


Figure 4. Unrolled approx. 10 cm long section of a 56 mm diameter core sample. Example of an image obtained by using a core scanner shown in Figure 3.

automatic image adjustments and corrections. A reference image has been used to verify the proper functioning of the image acquisition system. The images have been stored in uncompressed form to exclude compression errors.

Image analysis by using texture features

The majority of the texture analysis methods today are based on the statistical textural features, some texture model, or application of the signal processing tools. Commonly used filtering-based signal processing methods use wavelets (Laine & Fan, 1993) or Gabor features (Manjunath & Ma, 1996) and analysis of surface reflection images by using Gabor-filtering gave the best results (Lepistö et. Al. 2003c). Gabor function is based on the gaussian wavelet function and a two dimensional Gabor function $g(x,y)$ and its Fourier transform $G(u,v)$ is ((Manjunath & Ma, 1996)). Examples of Gabor-filtering have been presented in (Lepistö et. al. 2003 c, 2003d). When we have an image $I(x,y)$, its Gabor wavelet transform is defined as (where * indicates the complex conjugate) :

$$W_{mn}(x, y) = \int \int I(x_1, y_1) g_{mn}^* (x - x_1, y - y_1) dx_1 dy_1$$

The multiscale texture representation above can be used e.g. to characterize microfracturing in the surface reflection image. An effective textural descriptor for a texture region is the mean of the transform coefficient magnitudes for the scale m and the orientation n :

$$\mu_{mn} = \int \int |W_{mn}(x, y)| dx dy$$

Using μ_{mn} , the distribution of the orientations occurring in the image can be formed for each scale. Mean value μ_{mn} can be defined for a set of scales $[M]=s_1, s_2, \dots, s_k$ and for the orientations $[N]=\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_l$. Then the dominating orientation θ_D at the scale m is the orientation, in which μ_{mn} has its maximum value. When μ_{mn} is defined for all k scales and l orientations of the sets $[M]$ and $[N]$, a feature vector for a texture region, which was used for comparison, was defined as:

$$\mathbf{F} = [\mu_{00}, \mu_{01}, \mu_{02}, \dots, \mu_{kl}]$$



Figure 5. Examples of classification seven different rock image into classes 1-7 from left to right.

In addition to the orientation of the cracking, also homogeneity of the material is an essential component in the material analysis. The mean of the transform coefficients μ_{mn} can be used also in the measurement of the texture homogeneity by dividing the image is divided into B blocks (sub-images). The textural properties of i :th block are measured by calculating a feature vector F_i for it. Then the average feature vector F_{ave} of the all B blocks in the image is defined. Standard deviation (*std*) between F_i :s and F_{ave} is a measure that describes the texture homogeneity especially in the case total surface reflection images.

Rock textures are typically stochastic and can be characterised by statistical means into first-, second- and higher-order statistics. Human perception has been found to be sensitive to second-order statistics of texture and the use of second-order statistics has therefore been popular in spite of the fact that alternative opinions are held. Typical second-order statistics are the grey-level difference histogram and the spatial grey-level co-occurrence matrix (Visa 1990). The use of co-occurrence matrix is based on the estimation of the second order joint probability density functions $g(i, j | d, \Theta)$. Each of them is the probability of going from gray level i to gray level j , when the intersample spacing is d and the direction is Θ . The probabilities create the co-occurrence matrix $M(i, j | d, \Theta)$. It is possible to extract several texture features from the matrix, including contrast, entropy and energy.

$$\text{Contrast} = \sum_i \sum_j (i - j)^2 M(i, j | d, \Theta)$$

$$\text{Energy} = \sum_i \sum_j M(i, j | d, \Theta)^2$$

$$\text{Entropy} = - \sum_i \sum_j M(i, j | d, \Theta) \log M(i, j | d, \Theta)$$

Combination of co-occurrence matrix and texture directionality in characterization of rock textures has been found to discriminate well between visually different images (Autio et al. 1999). A classification system for non-homogenous rock images using both textural and spectral features, and directionality has been presented in 2003a and 2003b respectively.

Certain rock types have strong directionality, which can be used as a distinguishing feature between the different types. The directionality can be measured using the Hough transform or a directional filtering technique. The Hough transform has proved to be powerful in the rock texture characterization (Autio et. al. 1999). Directional filtering was tested using the rock image data and was found to perform well (Lepistö et. al. 2002).

Most of the rock image samples (see Fig. 5 and 6 for examples) have been distinguished by using the above mentioned features. In addition to these textural features, statistical mean gray level and standard deviation of the texture image were used and a feature vector with contrast, entropy, energy, mean gray level and standard deviation of the image as components has been calculated. In the retrieval phase

the nearest feature vectors for each query image have been searched by using the Euclidean distance as criteria.

Color features

The visible part of the spectrum of light is located between 400 and 700 nm. All colors can be seen as a spectrum or a variable combinations of the three primary colors, red (R), green (G), and blue (B). The specific wavelength values for these colors have been designated by CIE in 1931, and they are 435.8 nm, 546.1 nm and 700 nm for blue, green, and red, respectively. In image analysis this RGB information can be transferred to comply with HSI-color system. In the HSI-model hue (H) describes a pure color, whereas the saturation (S) gives the amount of white light mixed with hue. Intensity (I) is decoupled from the color information of the image. Image intensity can also be regarded as gray level of the image. In the texture analysis presented in this work, we use hue and intensity information:

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\left[\frac{1}{4} (R - G)^2 + (R - B)(G - B) \right]^{1/2}} \right\}$$

$$I = \frac{1}{3} (R + G + B)$$

Image color distribution is often presented in the form of histogram. Image histogram is a popularly used feature in the image classification and clustering. Let \mathbf{I} be an image that comprises of pixels $p(x,y)$. Let $[C]$ denote the set of C colors c_1, \dots, c_C that can occur in the image. For a pixel p , let $\mathbf{I}(p)$ denote its color c , and let I_c correspond to a pixel p , to which $\mathbf{I}(p)=c$. The histogram of \mathbf{I} can be presented for color c_i as:

$$h_{c_i}(\mathbf{I}) \equiv \Pr_{p \in \mathbf{I}} [p \in I_{c_i}]$$

Image histogram corresponds to the probability of any pixel in \mathbf{I} being of color c_i . Therefore, histogram represents

the color distribution of the image, but it ignores the spatial relationships between the colors in the image. Histogram can be formed for an image based on its intensity or hue information.

In the image classification and retrieval a common statistical measure, correlogram (Ojala 2001) is based on the same principle as the co-occurrence matrix. Correlogram represents the distribution of the co-occurrence matrix, but it is calculated using several different distances d instead of using a single distance. Let $[D]$ denote a set of fixed distances d_1, \dots, d_D . Then the correlogram of image \mathbf{I} is defined for a color pair (c_i, c_j) and distance d as:

$$\gamma_{c_i, c_j}^{(d)}(\mathbf{I}) \equiv \Pr_{p_1 \in I_{c_i}, p_2 \in \mathbf{I}} [p_2 \in I_{c_j} \mid |p_1 - p_2| = d]$$

Hence, correlogram gives the probability that for any given pixel p_1 of color c_i , a pixel p_2 at a distance d from the given pixel p_1 is of color c_j . Correlogram can be defined for both intensity (gray levels) and hue component of the image. Ojala et al [18] have applied correlogram to image retrieval using HSI-color domain.

Clustering

The process of grouping a set of physical or abstract objects into classes of similar objects is clustering.

The clustering of the non-homogenous texture images is based on the distances between the feature distributions. First, distances between all n images are calculated using a selected distance measure. In this way we obtain a distance matrix \mathbf{D} (Han & Kamber 2000). The rock images were clustered using histograms and correlograms. The visually best clustering queue was achieved using the combination of these two correlograms. The combination was formed by adding the distance matrices of these correlograms together

$$\mathbf{D}_{combination} = \mathbf{D}_{gray\ correlogram} + \mathbf{D}_{hue\ correlogram} \rightarrow$$

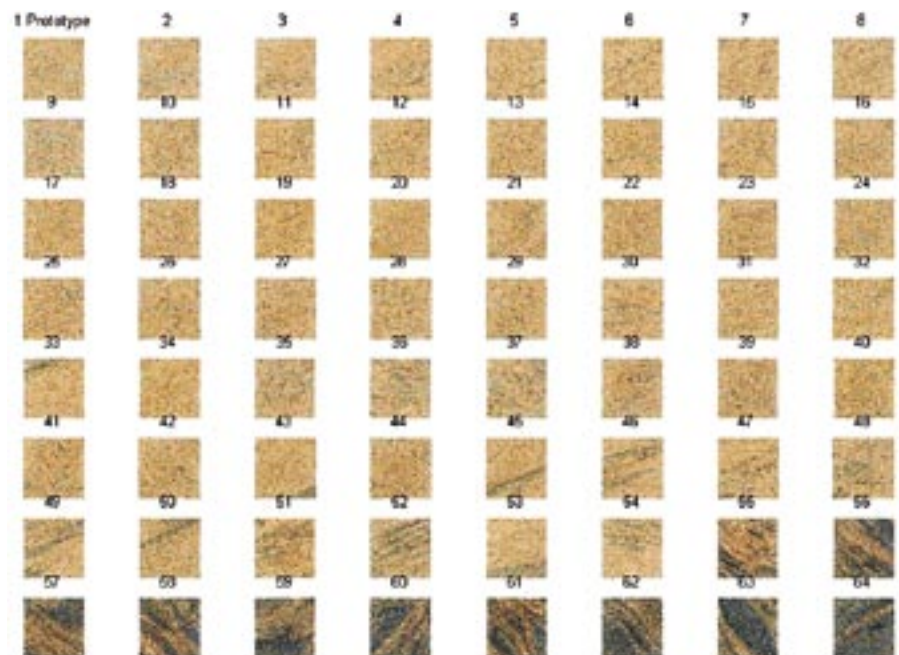


Figure 7. 64 non-homogenous anisotropic rock plates arranged in a queue on the basis of structure based on the combination of the hue and gray level correlograms. The size of each rock sample was 300x300 mm (image size was 714x714 pixels). The resolution of original images is seen in Fig. 1.

Conclusions

The development of data mining techniques during the last few years and application of novel techniques developed in signal processing have promoted the use of data mining and image analysis in rock engineering in several ways. Several textural features together with color information can be used to characterize rock type material with wide range of heterogeneity. Different clustering techniques and the use novel classification techniques based on use of combined classifiers can be employed for classification.

Measurements of properties (e.g. strength or porosity) of the same rock type and even from neighbouring core samples quite often exhibit significant variation. Differences observed by visual inspection are often subjective and cannot be defined in a quantitative manner which hampers the use of these when designing measurements, interpreting results and mapping. Data mining and image analysis can be used for the selection of sampling points and the determination of the number of samples required to define the properties of the rock mass.

In production ornamental stones, the quality of the product can be specified and assured by using image data, e.g. in terms of colour, texture and variability of these.

The development in image acquisition techniques such as CCD-cameras and core scanners have made it possible to produce the required image data efficiently in real time. For example the cores obtained in investigation drilling can be scanned and logged as they are produced. The information can be delivered to instantaneously to all parties of interest regardless of the global location. Use of image analysis and data mining can never replace the evaluation of experienced geologist. However, the possibility to produce images with greater than visual accuracy, use of invisible light wavelengths and possibility to classify hundreds of thousands of images instantaneously is beyond human capability and can greatly contribute to conventional evaluation. The same applies to the possibility to storage of all the core data in databases, and to search for new interesting features from old cores. The experiences from e.g. reservoir engineering in oil industry has proven the potential of these techniques. In many companies the use of image data has become a standard routine for geologists and rock engineers.▲

REFERENCES

Autio, J., Lukkarinen, S., Rantanen, L., and Visa, A. The Classification and Characterisation of Rock Using Texture Analysis by Co-occurrence Matrices and the Hough Transform, Interna-

tional Symposium Applications in Geology, Belgium, May. 6-7 1999, 5-8.

Bruno, R., Persi paoli, S., Laurence, P., Coluccino, M., Muge, F., Ramos, V., Pina, P., Mengucci, M., Cica Olmo, M., Serrano Olmedo, E. Image Analysis for Ornamental Stone Standard's Characterisation, International Symposium on Imaging Applications in Geology, pp.29-32, May 6-7, 1999

Han, J. and M. Kamber, M. 2000. Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann Publisher, 2000.

Hand, D., Mannila, H. and Smyth, P., 2000. Principles of Data Mining, David, J., Hand, MIT Press 2000.

Laine, A. and Fan, J., 1993. Texture Classification by Wavelet Packet Signature. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, 11 (1993) 1186-1191

Lebrun, V. and Macaire, 2001. L Aspect inspection of marble tiles by colour line-scan camera, QCAV'2001, Le Creusot, 2001.

Lebrun, V., 1999. Development of Specific Image Acquisition Techniques for Field Imaging -Applications to Outcrops and Marbles-. International Symposium on Imaging Applications in Geology, Belgium (1999) 165-168.

Lepistö, L., Kunttu, I., Autio, J. and Visa, A. 2002. Comparison of Some Content-Based Image Retrieval Systems with Rock Texture Images, Proceedings of 10th Finnish AI Conference, Oulu, Finland, pp. 156-163, December 2002.

Lepistö, L., Kunttu, I., Autio, J. and Visa, A., 2003a. Rock Image Classification Using Non-Homogenous Textures and Spectral Imaging, WSCG SHORT PAPERS proceedings, WSCG'2003, Plzen, Czech Republic, Feb. 3.-7. 2003.

Lepistö, L., Kunttu, I., Autio, J. and Visa, A., 2003b. Retrieval of Non-Homogenous Textures Based on Directionality, Proceedings of 4th European Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services, pp. 107-110, London, UK, Apr. 9.-11. 2003.

Lepistö, L., Kunttu, I., Autio, J. and Visa, A., 2003d. Multiresolution Texture Analysis of Surface Reflection Images, Proceedings of 13th Scandinavian Conference on Image Analysis, pp. 4-10, Göteborg, Sweden, June/July 2003.

Lepistö, L., Kunttu, I., Autio, J. and Visa, A., 2003c. Classification Method for Colored Natural Textures Using Gabor Filtering, Proceedings of 12th International Conference on Image Analysis and Processing, pp. 397-401, Mantova, Italy, September 17.-19. 2003.

Manjunath, B.S. and Ma, W.Y., 1996. Texture Features for Browsing and Retrieval of image Data. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 18, 8 (1996) 837-842

Ojala, T., Rautiainen, M., Matinmikko, E. and Aittola, M., 2001. "Semantic Image Retrieval with HSV Correlograms", Proceedings of 12th Scandinavian Conference on Image Analysis, pp. 621-637, Bergen, Norway, 2001.

Visa, A. Texture Classification and Segmentation Based on Neutral Network Methods, Helsinki University of Technology, Finland, 1990.▲

Summary

Since rock is by far the most common heterogeneous and complex construction material in the world, the new data mining techniques enable effective storage of large quantities of information and effective use of that information for exploration and research. The development in image acquisition techniques such as CCD-cameras and core scanners have made it possible to produce the required image data efficiently in real time. For example the cores obtained in investigation drilling can be scanned and logged as they are produced. The information can be stored in data warehouses and delivered to instantaneously to all parties of interest regardless of the global location. Use of image analysis and data mining with assistance of an experienced geologist can greatly contribute to exploration evaluation by enabling the production of images with greater than visual accuracy, use of invisible light wavelengths and possibility to classify hundreds of thousands of images instantaneously, which is beyond human capability. The storage of all the core data in databases makes it possibility to search for new interesting features from old cores practically in real time. The experiences from e.g. reservoir engineering in oil industry has proven the potential of these techniques and in many companies the use of image data has become a standard routine for geologists and rock engineers. The same principles apply also to ornamental stone industry where the quality of the product can be specified and assured by using image data, e.g. in terms of colour, texture and variability of these.▲



CV - Dr. Markus P.K. Turunen received M.Sc. (Tech.) degree in materials science with major in Polymer Technology from Helsinki University of Technology (HUT) in 1999. D.Sc. (Tech.) degree with major in Electronics Production Technology (EPT) from HUT he received in 2004. His doctoral thesis explored fundamental issues of interfacial compatibility of high-density electronic interconnections. He is a research scientist in the Laboratory of EPT and participates in the development of teaching of bionics at HUT. His current research interest involves the development of sensors for biomedical applications using novel materials.



CV - Professor Jorma Kivilahti is head of the Laboratory of Electronics Production Technology and the director of the National Graduate School of Electronics Manufacturing, both in the Department of Electrical and Communications Engineering at Helsinki University of Technology. Currently, his teaching and research work has focus on the integration and reliability of electronics and photonics. He is also a member of the National Centre of Excellence in Tissue Engineering and Biomaterials, in which position he can dedicate himself to biomaterials and wireless biosensing.

Uudet materiaalit bioadaptiivisessa elektroniikassa

Johdanto

Väestö ikääntyy nopeasti kaikissa teollistuneissa maissa, ja erityisen nopeasti se tapahtuu Suomessa. Kun samanaikaisesti kehitetään tehokkaampia mutta kalliimpia täsmälääkkeitä ja hoitomenetelmiä, ikääntyneen väestön hoidon ja terveydenhuollon kustannukset lisääntyvät voimakkaasti lähivuosina. Niinpä kaikki keinot, joilla kustannuksia voidaan vähentää ilman terveydenhuollon laadun heikkenemistä, on pyrittävä hyödyntämään. Lisäksi Suomella on erityinen ongelma, joka johtuu väestön epätasaisesta alueellisesta jakaumasta. Koska hyvinvointiyhteiskunnassa palvelujen odotetaan olevan asuinpaikasta riippumatta samantasoisia, haja-asutuskuntien terveydenhuollon yksikkökustannukset kasvavat merkittävästi lähitulevaisuudessa.

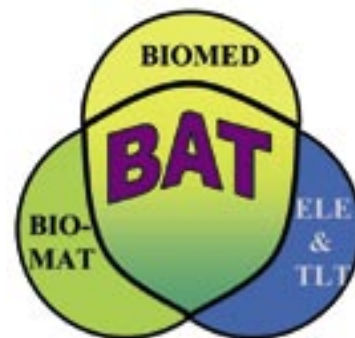
Edellä kuvattuun kehitykseen voidaan vaikuttaa uusilla teknologisilla ratkaisuilla. Erityisesti ratkaisut, jotka mahdollistavat iäkkäiden henkilöiden ja potilaiden kattavan itse- ja etähoidon, olisivat hyödyllisiä. Tällaiset ratkaisut vaativat – muiden asioiden ohella – mm. bioniikan ja ympäristöön mukautetun elektroniikan hyödyntämistä. Tämä tarkoittaa myös tieto- ja tietoliikennetekniikan sulautumista arkisiin laitteisiin. Lisäksi laiteympäristöjen olisi asiantuntijajärjestelmien avulla kyettävä oppivaan vuorovaikutukseen käyttäjensä kanssa.

Suomen elektroniikkateollisuudella on maailmanlaajuisesti vahva asema kannettavassa elektroniikassa ja tietoliikennetekniikassa, ja se etsii jatkuvasti uusia käyttösovelluksia tuotteilleen ylläpitääkseen ja vahvistaakseen taloudellista kasvua. Yhdistämällä uusimpia teknologioita bioelektroniikassa ja tietoliikennetekniikassa potilaiden fysiologisen tilan jatkuvaa tarkkailua ja hoitoa voidaan tehostaa kehittämällä bionisia tiedon hankinta- ja siirtomenetelmiä, joilla langattomasti kerätty tieto välitetään terveydenhuollon ammattilaisille. Näin saatava hyöty olisi molemminpuolinen: julkisen sektorin terveydenhuollon kustannuspaineet vähenisivät ja elektroniikkateollisuus voisi kehittää ja kaupallistaa uusia tuotteita.

Bioniikasta on muodostumassa tärkeä teollisuuden ala, jossa työskenteleminen edellyttää hyviä perustietoja elektroniikkalaitteiden suunnittelusta ja valmistuksesta, biomateriaalitieteestä, biolääketieteestä ja tietoliikennetekniikasta. Ammattilaisia bioniikan eri tehtäviin koulutetaan mm. Teknillisen korkeakoulun Elektroniikan valmistustekniikan laboratoriossa, jossa opetetaan bioadaptiivista tekniikkaa, sekä sovelletun elektroniikan laboratoriossa. Valmistuvilla ”bioinsinööreillä” on hyvät valmiudet osallistua bionisten laitteiden ja järjestelmien suunnitteluun, valmistukseen ja testaukseen T&K-hankkeissa, joissa kehitetään esimerkiksi bioantureita, keinoelimiä, hybridiproteeseja, lääkeannostelijoita ja ns. älykkäitä toimintaympäristöjä. Bioniikan eri osa-alueiden kehittyminen vaikuttaa monipuolisesti ennen muuta biolääketieteen kautta ihmisten hyvinvointiin.

Mitä bioniikka on ?

Bioniikka voidaan määrittellä kahdella tavalla: joko lääketieteen tai insinööritieteiden näkökulmasta. ”Lääketieteellisen” määritelmän mukaan bioniikka tarkoittaa kudosten, elinten tai muiden kehon osien korvaamista tai niiden toimintojen tukemista teknisin apuvälinein, kun taas ”insinööritieteellinen” bioniikan määritelmä on biologisten analogioiden hyödyntämistä teknisten järjestelmien tutkimisessa, suun-



Kuva 1. Bioadaptiivinen tekniikka (BAT) määritellään biolääketieteen (BIOMED), biomateriaalitieteen (BIO-MAT) ja elektroniikan sekä tietojenkäsittely- ja tietoliikennetekniikan (ELE & TLT) yhtymäksi.

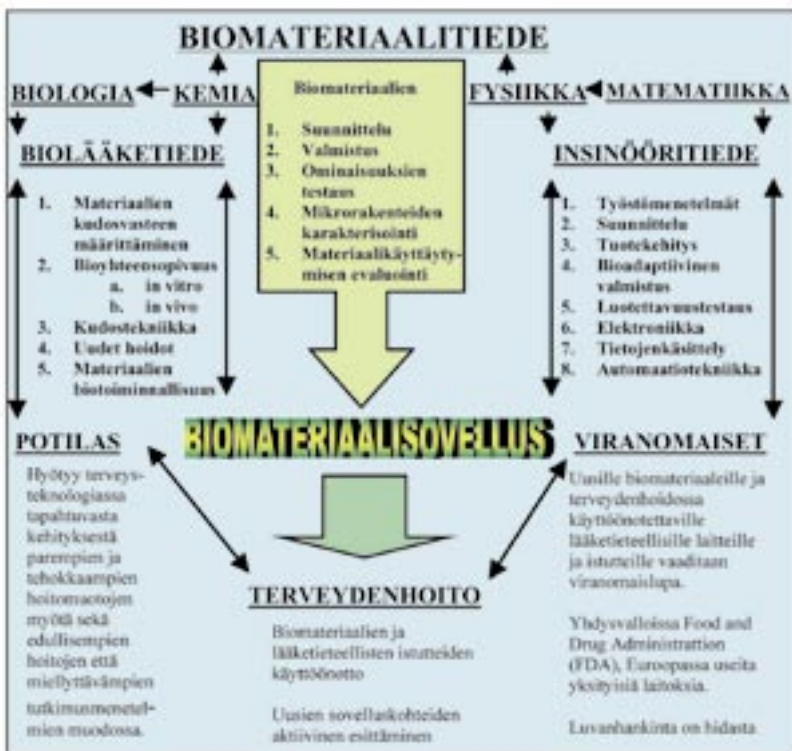
Figure 1. Bioadaptive technology (BAT) is defined to combine biomedicine (BIOMED), biomaterials science (BIOMAT), and electronics and communications engineering (ELE & TLT).

| | |
|--|--|
| Lääketieteelliset laitteet Medical instrumentations | Minimaalisesti invasiivinen kirurgia, kuvantamismenetelmät, sirulaboratoriot Minimally invasive surgery, imaging methods, chip laboratories |
| Kannettava bioelektronikka Portable bioelectronics | Telelääketiede, potilastietojen ja -kuvien hallinta, minilaboratoriot, hoidon jalkautuminen traumapaikoille Tele medicine, information storage and handling, minilaboratories, point-of-care |
| Kotihoitomuodot Home care | Telelääketiede, terveydentilan etäseuranta, puettava elektronikka, sirulaboratoriot Telemedicine, wearable electronics, lab-on-a-chip |
| Potilastietojen hallinta Information handling | Älysirut, telelääketiede, tietoverkot Biochips, telemedicine, information networks |
| Proteesit & istutukset Prostheses & implants | Elektromekaaniset raajat ja apulaitteet, hybridi-istutukset, lääkeaineannostelu ja älykkäät annostelijat Electromechanic limbs and aids, hybrid implants, controlled drug delivery |
| Puettava elektronikka Wearable electronics | Urheilussa, vapaa-ajalla ja iäkkäiden ihmisten seurannassa (elintoiminnot ja liikkeen seuranta) In sports, free-time and senior surveillance (vital functions and body motions) |
| Anturit Sensors | Useita lääketieteellisiä sovelluksia mm. sokeritautiin hoitoon Several medical applications already in use and under intensive research and development for example to treat diabetes |
| Bioinformatiikka Bioinformatics | Kehon signaalien käsittely ja elävän kudoksen sekä biomolekyylien mallintaminen To deal with the signals originating from body and to model living tissues as well as biomolecules |
| Keinoaistit Artificial senses | Sisäkorvaistute, keinoajuri- ja makuaistit ovat tutkimusasteella, keinoajuri on varhaisella tutkimusasteella Cochlear implants, artificial sense of smell and taste are under research, artificial sense of sight has been intensive studied but is difficult to realize |
| Scifi | Nanorobotit tekemässä mikrokirurgiaa elimistön nestevirroissa, näköaistin palauttaminen, hermo/laite yhteenliittymät mikroenergian tuotannossa ja molekyyli-synteesissä, hybridilihas, psykofyysisen suorituskyvyn lisääminen kybernetiikan avulla, tunteiden ja kokemusten välittäminen käyttäytymällä eli sanaton viestintä Nanorobots working for us in our fluid streams of the body, nerve/electronics interconnections (has been shown good progress), nanoreactors for the production of microenergy and molecule synthesis of dangerous substances, synthetic muscle, ability to increase mental and physical performance by cybernetics, wordless communications |

Taulukko 1. Bioniikan sovellusalueita ja tulevaisuuden näkymiä.
Table 1. Some applications and future prospects of bionics.

Kuva 2. Bionisten sovellusten suunnittelun ja valmistuksen monitieteellinen kenttä.

Figure 2. Some of the many interdisciplinary relationships that have to be faced while developing bionics.



nittelussa ja valmistamisessa. Bioniikan keskeisiä osa-alueita ovat bioelektronikka, bioadaptiivinen tekniikka (**Kuva 1**), tietoliikennetekniikka, automaatiotekniikka ja biomateriaalitiede. Bioniikan on arvioitu kansainvälisesti olevan eräs tärkeimmistä tulevaisuuden teknologioista. Bioniikan laajalaisuus käy ilmi **Taulukosta 1**.

Bioelektronikalla ja bioadaptiivisella tekniikalla on hyvät edellytykset kehittyä merkittäväksi teollisuuden alaksi Suomessa. Jo tänä päivänä Suomessa on useita yrityksiä, joilla on maailmanlaajuisestikin merkittäviä tuotteita. Ala on myös voimakkaasti kasvava, sillä erityisesti iäkkäiden ihmisten itse- ja etähoito vaatii tulevaisuudessa hyvinvointia edistäviä tuotteita. Alan kehittymiseen vaikuttaa luonnollisesti myös se, osataanko kuluttajille valmistaa tuotteita, jotka he kokevat hyödyllisiksi.

Bioadaptiivisella tekniikalla ymmärretään bioelektronikan, biolääketieteen ja materiaalitieteen hyödyntämistä kaikissa niissä sovelluksissa, joilla pyritään lisäämään ihmisten hyvinvointia. Kuten perinteisessä elektronikan valmistuksessa, bioadaptiivisessa tekniikassakin on kiinnitettävä erityistä huomiota erilaisten materiaalien integrointitekniikoiden ja rajapintailmiöiden perusteelliseen ymmärtämiseen. Oman erityisen lisänsä bioadaptiiviseen tekniikkaan tuo tarve ymmärtää elollisen ja elottoman aineen rajapinta-alueen vuorovaikutuksia. **Kuvassa 2** on esitetty niitä vuorovaikutussuhteita, joita vallitsee eri tieteiden välillä kehitettäessä hyvinvointiteknologisia sovelluksia.

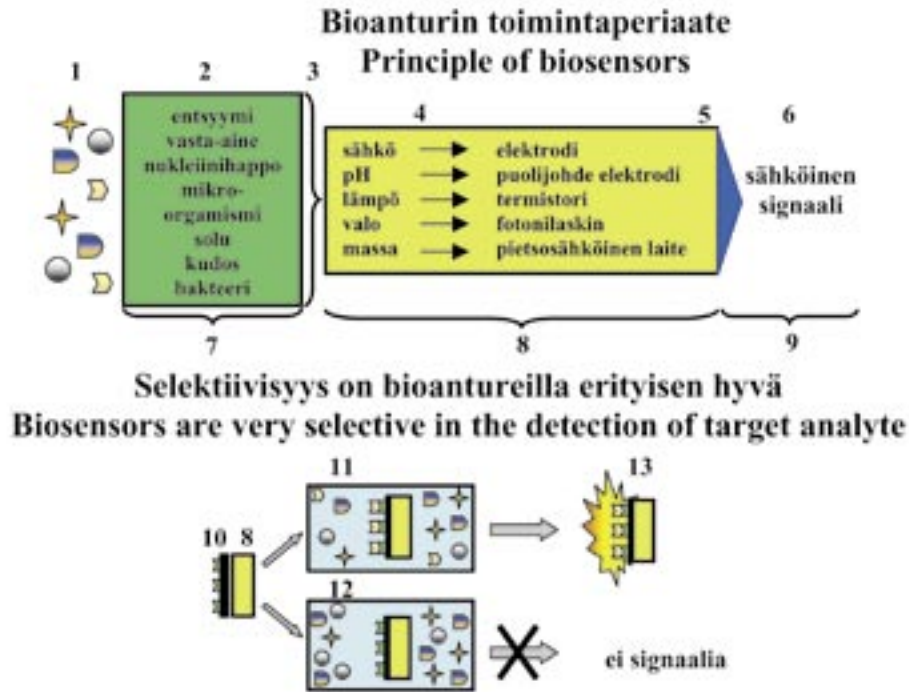
Esimerkkejä bioniikan soveltamisesta terveydenhoidossa

Terveydenhoidossa bioelektronikkaan katsotaan kuuluvan sellaiset laitetekniset ratkaisut, joilla kartoitetaan tai ylläpidetään potilaan elintoimintoja. Tällaisia laitteita ovat muun muassa erilaiset kuvantamislaitteet, automatisoitu laboratoriodiagnostiikka ja hoitoinstrumentit. Bioanturit ovat eräs esimerkki bioadaptiivisista laitteista, joita voidaan käyttää sekä sisäisesti että ulkoisesti elintoimintojen seuraamiseen. Antureita valmistetaan lääketieteelliseen käyttöön pääsääntöisesti perinteisistä (mikro)elektronikassa käytetyistä materiaaleista. Muita hoitoalan bioelektronikan piiriin laskettavia laitteita ovat suodattimet (keinomunuainen), elämää ylläpitävät istutukset ja laitteet kuten keinosydän, sydämen tahdistin tai tehohoidon keuhkosydänkone. Bioniikan alaan kuuluvat esimerkiksi tutkimukset, joissa pyritään palauttamaan raaja- ja aistitoiminnot joko osittain tai kokonaan. Tällä hetkellä tutkitaan Euroopan unionin hankkeissa mm. keinokäden valmistamista. Tavoitteena on hybridikäden herkän säätöjärjestelmän suunnittelu ja valmistaminen.

BioMEMS-laitteista

Suhteellisen yksinkertaisia kaupallisia biomikroelektromekaanisia (BioMEMS) sovelluksia ovat DNA-sirut geenitutkimuksissa ja taudinaiheuttajien tunnistamiseksi kehitetyt sirulaboratoriot (Lab-on-a-Chip). Edistyksellisimmässä muodossaan BioMEMS-laitteet mahdollistavat joidenkin keinoelinten valmistamisen, yksilökohtaiset lääkeannostelijat ja uudentyyppiset tavat tarkastella solujen yhteistoimintaa sekä kemiallisia reaktioita molekyyllitasolla.

BioMEMS-antureita voi sijoittaa elimistöön



Kuva 3. Biosensorin toimintaperiaate ja keskeiset komponentit. Figure 3. Principle of Biosensors.

- 1 Analysoitava liuos. Solution to be analysed.
- 2 Eloperäinen reseptoriaine on immobilisoitu muuntimen pintaan. Organic material is immobilized on the transducer.
- 3 Elollisen ja elottoman aineen rajapinta-alue. Interfacial area of living and synthetic material.
- 4 Reseptoriin sitoutuva aine vapauttaa energiaa. The form of energy released during the binding into the receptor.
- 5 Energia muunnetaan mitattavaan muotoon ja määritetään. Transducer converts the energy, which is then measured.
- 6 Sähköinen signaali johdetaan jatkokäsittelyyn. Electric out-put signal is processed and recorded.
- 7 Molekyläärinen aineen tunnistin. Molecular recognition of material.
- 8 Fysikaalisen, kemiallisen tai valoenergisin suureen muunnin. Transducer of physicochemical energy.
- 9 Elektroniikka ja tiedon käsittely signaalitiedon kalibroimiseksi ja esittämiseksi havainnollisessa muodossa. Integrated electronics and data processing allows calibration and representative presentation of the electric signal.
- 10 Selektiivinen bioreseptori. Selective bioreceptor.
- 11 Analysoitava liuos, jossa on kohdemolekyylejä, aiheuttaa selektiivisen sitoutumisen. Solution containing analyte molecules results in target-receptor binding.
- 12 Analysoitavassa liuoksessa ei ole kohdemolekyylejä, eikä sitoutumista reseptoreihin havaita. Solution does not contain analyte molecules and no binding to receptor takes place.
- 13 Selektiivinen sitoutuminen vapauttaa mitattavan energian, joka havaitaan muuntamisen jälkeen sähköisenä signaalina. Target-receptor binding releases energy, that is measured and converted into a electric signal.

suhteellisen helposti juuri pienen kokonsa puolesta. Tulevaisuudessa kehitettäneen vieläkin pienempiä ns. nanorobotteja, jotka suorittavat elimistössä mikrokirurgisia toimenpiteitä. Tämä olisi lääketieteessä suurta kiinnostusta herättäneen minimaalisesti invasiivisen kirurgian äärimmäinen muoto, ellei sitten elimistön omia korjausmekanismeja opita tulevaisuudessa manipuloimaan ja valjastamaan hallituksi "itse-

hoitomuodoksi". MEMS-laitteita voidaan myös hyödyntää fluidistiikassa ohjaamaan biologisten nesteiden virtauksia ja toimimaan erottimina molekyylien tunnistuksessa.

Uudet toiminnalliset ja langattomasti viestivät istutteet muuttavat lääketieteellistä diagnostiikkaa ja hoitomuotoja. Tällä hetkellä kehitetään lihasstimulaattoreita, jotka kykenevät palauttamaan tietyissä tapauksissa traumaattisesti menetettyjä raajatoimintoja halvauspotilaille. Kantasolulutkimuksen edistymisen myötä voitaneen odottaa lisääpua halvauspotilaiden hoitoon. Myös amputoitu raaja voidaan korvata rakentamalla sähköisesti toimiva hybridiproteesi, joka yhdistetään ihmisen hermostoon. Tulevaisuudessa ihmisen varaosia pyritään valmistamaan siten, että keinoraaja muistuttaisi alkuperäistä biologista raajaa monimutkaisine toimintoineen. Tarkkuusanturit ja niihin sulautettu tietojen prosessointi sekä langaton viestintä mahdollistavat kehon fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten ominaisuuksien seuraamisen ja säädön.

Lyhyesti bioantureista

Erlaisia antureita hyödynnetään lukuisissa tutkimuslaitteissa lääketieteessä. Antureita käytetään myös ruuan laadun valvonnassa, ympäristön puhtauden seurannassa ja luonnollisesti kulutuselektronikan valmistuksessa. Termiä bioanturi käytetään yleisesti puhuttaessa niistä elektroniikan komponenteista, jotka mittaavat elimistöä tai yleensä eloperäisiä aineita. Täsmällisemmin bioanturi määrittää analyttiseksi laitteeksi, joka käsittää biologisen tai muokatun elollisen tunnistusaineen ja fysikaalisen elementin, joka muuntaa tapahtuneen tunnistuksen sähköiseksi signaaliksi. Nykyään tunnisteaineina käytettäviä aineita ovat esimerkiksi entsyymit, vasta-aineet, nukleiinihapot, mikro-organismit, bakteerit, kudokset tai solut. Bioanturia käytetään mittaamaan joko tietyin väliajoin tai jatkuvasti määrättyä muuttujaa kuvaavaa signaalia, joka on verrannollinen analysoitavaan suureen. **Kuvassa 3** on esitetty biosensorin toimintaperiaate ja keskeisten komponenttien toiminta. →

Kotihoidossa käytettävää elektroniikkaa

Viestintä nykymuodossaan on vapauttanut ihmisen paikkaa aikasidonnaisuudesta. Tämä on mahdollistanut etätyökentelyn, ja siten myös terveydenhoidossa etätyötä voidaan hyödyntää erilaisissa kotihoitomuodoissa. Näin iäkäs ihminen voi viettää mahdollisimman kauan aikaa tutussa ympäristössään kotona, jolloin tarvitaan vähemmän kalliita hoitopaikkoja terveyskeskuksissa tai vanhainkodeissa. Samalla terveydenhuollon voimavarot voidaan ohjata muihin kohteisiin.

Telelääketiedettä, bioelektroniikkaa, bioadaptiivista tekniikkaa ja informaatiotekniikkaa voidaan käyttää edistyneimpiä kotihoitomuotoja kehitettäessä. Kotihoidossa asuntoon voidaan sulauttaa lukuisia seurantalaitteita ja asukkaalle voidaan pukea elintoimintoja seuraavia antureita. Sirulaboratorioiden ja bioantureiden kehittyessä yhä useampia taudin aiheuttajia tai kudosten kemiallista koostumusta voidaan analysoida myös kotioloissa. Mittaustulosten perusteella kotihoitojärjestelmä voi ehdottaa yksinkertaisia itsehoitomuotoja, konsultaatiota terveydenhoidon ammattilaisen kanssa, hälyttää lähimmäisen tarkastuskäynnille tai tehdä hälytyksen suoraan hätäkeskukseen.

Biomateriaaleista

Ihmisen hoitotarkoitukseen on käytetty aikojen kuluessa monenlaisia materiaaleja kuten puuta, liimaa, kumia, eläinten kudoksia, erilaisia metalleja ja lasia. 1960-luvun lopulla testattiin ensimmäistä keinosydäntä ja ihmiseen sellainen siirrettiin 1982. Tuolloin keinoelintä jouduttiin ohjaamaan kehon ulkopuolelta massiivisella ohjauksikäytöllä. Ongelmien vuoksi sydänpotilaiden hoitoratkaisuissa siirryttiin siirrännäisten sijasta ohjaamaan potilaan oman sydämen toimintaa istutettavilla tahdistimilla. Aivan viime vuosina on onnistuttu valmistamaan keinosydän, joka voidaan sydäntä ohjaavien mikroprosessorien kanssa "asentaa" kokonaisuudessaan ihmiskehon sisään. Ainoastaan virtalähde jää kehon ulkopuolelle. Tämän keinosydämen ja muiden istutettujen valmistuksessa on hyödynnetty lukuisia biomateriaaleja.

Biomateriaaliksi voidaan määritellä kaikki materiaalit, joita käytetään bioadaptiivisen elektroniikan valmistuksessa riippumatta siitä, ovatko ne varsinaisesti kosketuksissa elävän kudoksen kanssa tai eivät. Termejä "biomateriaali" ja "bioyhteensopiva" on käytetty myös kuvaamaan materiaalin biologista suorituskykyä. Tämän määritelmän mukaisesti biomateriaaleja ovat ainoastaan bioyhteensopivat materiaalit. Toisaalta on todettava, että joidenkin materiaalien bioyhteensopivuus voi elimistön tilasta riippuen vaihdella huomattavastikin.

Bioadaptiivisten laitteiden valmistuksessa hyödynnetään monenlaisia materiaaleja, joista vain osa on määrättyissä olosuhteissa biohajoavia. Ominaisuuksiensa perusteella biomateriaalit voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin: 1) metallit, 2) polymeerit, 3) keraamit, 4) komposiitit ja 5) biologista alkuperää olevat materiaalit kuten kollageeni.

Biomateriaalit viestivät pintojen välityksellä

Elimistöön asetettu biomateriaali muodostaa rajapinnan elävän kudoksen kanssa ja tämän rajapinnan yli tapahtuva vuorovaikutus määrittää suurelta osin biomateriaalin käytettävyyden lääketieteessä. Istute aiheuttaa aina jonkinasteisen vastareaktion elimistössä. Hylkimisreaktio loppuu, kun vuorovaikutus vieraan materiaalin ja elimistön välillä päättyy joko istutteen biohajoamisen seurauksena tai kun

se eristetään arpikudoksella. Itse asiassa monia materiaaleja, joita elimistö hylkii, pidetään bioyhteensopivina, sillä elimistö kapseloi ne nopeasti kollageeniin. Vastaavaa keinoa käytetään istutettujen bioyhteensopivuuden parantamiseksi, kun istutteen pinta peitetään esimerkiksi ohuella polyeteenioksidista, teflonista tai muusta sopivasta polymeeristä valmistetulla kalvolla.

Viimeisen 30 vuoden aikana kudoksen ja materiaalin välisen vuorovaikutussuhdetta on alettu ymmärtää paremmin. Pintareaktiivisuuden mukaan biomateriaalit voidaan jaotella seuraavasti: 1) lähes inertit, sileäpintaaiset, 2) lähes inertit, huokospintaaiset, 3) pinnaltaan kemiallisesti reagoivat ja 4) hajoavat materiaalit.

Useimmat kliinisessä käytössä olevat biomateriaalit ovat pintareaktiivisuuden mukaan tyyppiä 1 tai 2. Materiaalin aiheuttamaa normaalia, lievää vierasesinereaktiota pidetään väistämättömänä. Istutteen ympärille kehittyy usein arpisidekudosta, jolla elimistö pyrkii eristämään vierasesineen. Jos reaktio on fibroosia muodostava (kuten polymetyylimetakrylaatin tapauksessa), materiaali luokitellaan biotoleranttiksi. Tietyissä olosuhteissa kudosis (luu tai rusto) voi sitoutua suoraan materiaaliin (esimerkiksi titaani ja alumiinioksidit), jolloin sitä kutsutaan bioinertiksi. Pinnaltaan kemiallisesti reagoivat, tyyppi 3 biomateriaalit herättävät kudostavasteen, joka voi johtaa suoraan luumen sitoutumiseen. Tämän on osoitettu tapahtuvan hydroksiapatiitin, biolasien ja lasikeraamien tapauksessa. Näitä materiaaleja kutsutaan bioaktiivisiksi. Hajoavat, tyyppi 4 materiaalit syrjäytyvät regeneroituvan kudoksen tieltä joko kokonaan (esim. polyglykoli, polymaitohappo ja polykaprolaktone) tai osittain (esim. kalsiumfosfaatit).

Bioyhteensopivuus

Bioyhteensopivuudella tarkoitetaan kudoksen ja kudosten kanssa kontaktissa olevan materiaalin kykyä toimia hyvin sille tarkoitettussa tehtävässä. Toisella tavalla ilmaisten tämä tarkoittaa biomateriaalin ja elävän järjestelmän välistä "harmonista yhteiseloa". On kuitenkin syytä tähdentää, että sanottu ei välttämättä tarkoita bioaktiivisuutta tai bioinertiyttä. Nykyään on alettu puhua biotoiminnallisuudesta, jolla ymmärretään bioyhteensopivuuden lisäksi sitä, että materiaalin on oltava muiltakin kemiallisilta ja fysikaalisilta ominaisuuksiltaan soveltuva istutettavaksi osaksi elimistöä. Esimerkiksi liian kovan materiaalin käyttö luulaattana aiheuttaa ongelmallisen kuorman jakautumisen luonnollisen tukirangan monimutkaisessa kudostavasteessa, joka johtaa lopulta epätoivottuun paikalliseen osteoporoosiin. Biotoiminnallinen materiaali on siten bioyhteensopiva sekä pinta- ja bulkkiominaisuuksiltaan niin kemiallisesti kuin morfologisesti, eikä se aiheuta haitallisia terveysvaikutuksia tai tartuntariskiä.

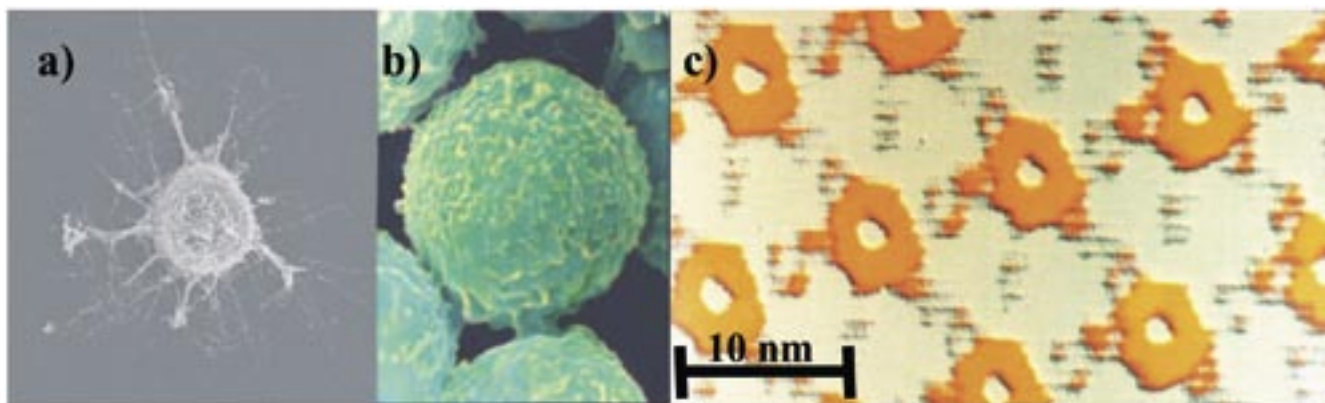
Monia bionisia laitteita voidaan käyttää ilman invaasiota. Tällöin myös puolustusreaktiot kehon ulkopuolista toimijaa vastaan ovat huomattavasti vähäisempiä kuin tunkeuduttaessa ihon alle, puhumattakaan biomateriaalien tai laitteiden istuttamisesta alueille, joissa on voimakas kudostavasteiden kuten veren vaihtuvuus. Ihon päälle sijoitettavien, lähinnä tiettyjen antureiden tapauksessa, vuorovaikutus voi olla luonteeltaan kutina, turvotus, värjäytyminen, allergia tai pahimmassa tapauksessa yliherkkyys. Useita materiaaleja iho tosin sietää ilman mainittavia reaktioita. Bioadaptiivisen elektroniikan valmistuksen kannalta mahdollisuus istuttaa biomateriaaleja kehoon mahdollistaa uudenlaisten laitteiden kuten lääkeannostelijoiden yms. suunnittelun.

Bioyhteensopivuuden määrittäminen vaatii monipuolista

testaamista ja on yleensä aikaa vievä prosessi. Riippuen laitteen lopullisesta sijoituspaikasta tarvitaan joko *in vitro* eli elimistön ulkopuolinen tai *in vivo* eli elimistön sisäinen bioyhteensopivuuskartoitus. Tärkeimmät testit käsittävät veriyhteensopivuuden, myrkyllisyyden, tulehdus- ja tartunta-altistusten, allergisuuden ja yliherkkyyden sekä karsinogeenisuuden kartoittamisen. Bioyhteensopivuustesteistä saa tietoa monista alan standardeista.

Polymeerisen biomateriaalin erityisvaatimukset

Polymeerisiä biomateriaaleja koskevat samat yhteensopivuusvaatimukset kuin muitakin biomateriaaleja, mutta polymeerisillä materiaaleilla on joitakin erityisominaisuuksia. Useimpien metallien pinnalle muodostuu korroosiotuotteita, mutta polymeereillä näin ei tapahdu. Sen sijaan polymeereistä saattaa erittyä lähtöainemonomeerejä, pienimoolimassaisia lisäainemolekyylejä tai biohajoavien polymeerien tapauksessa oligomeerisiä ja monomeerisiä hajoamistuotteita. Kaikkien näiden molekyylien täytyy olla bioyhteensopivia ja mielellään normaalissa ravintokierrossa elimistöstä poistuvia, mikäli materiaalia ajatellaan käytettäväksi istutteissa.



Kuva 4. a) Endoteelisolun levittäytymistä ja tartuntaa seurataan polymeerialustalla yhteensopivuutta arvioitaessa, **b)** valkosoluja ja **c)** solun pintaproteiinien muodostama järjestäytynyt nanorakenne. (Elektronimikroskooppikuvaus: Kari Lounatmaa)

Figure 4. a) Endothelial cell spreading on polymer substrate is followed in the evaluation of biocompatibility, **b)** white blood cell, and **c)** the nanostructure of surface proteins of bacteria. (Electron microscopy investigation: Kari Lounatmaa)

Metalleihin ja keraameihin verrattuna polymeerimateriaalit kärsivät enemmän sterilointi-käsittelyistä. Eräs tapa välttää sterilointia on valmistaa biopolymeerituotteet steriileissä puhdistilololosuhteissa käyttäen steriilejä lähtöaineita ja reaktoreita. Steriilitilatyöskentely nostaa tuotteen yksikköhintaa mutta saattaa olla joidenkin labiilien polymeerikemioiden tapauksessa ainoa mahdollisuus valmistaa istutuskelpoisia lopputuotteita. Lisäksi polymeerien tulee olla kudosten- ja veriyhteensopivia, myrkyttömiä, syöväälle altistamattomia, kemiallisesti riittävän inertejä, hajoamattomia tai hallitusti hajoavia sekä massatuotantoon soveltuvia.

Bioniikan opetuksesta teknillisessä korkeakoulussa

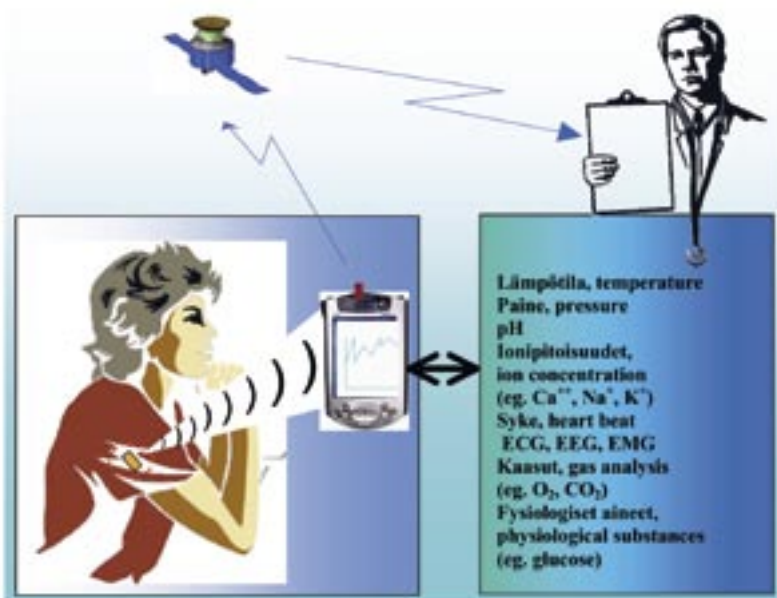
Teknillisen korkeakoulun Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osastolla annetaan bioadaptiivisen tekniikan ja bioelektronikan opetusta sekä Bioinformaatioteknologian että Elektronikan ja sähkötekniikan koulutusohjelmissa. Tarkoituksena on kouluttaa "bioinsinöörejä", joilla on riittävät tiedolliset ja taidolliset valmiudet suunnitella, valmistaa ja testata bionisia laitteita ja järjestelmiä terveydenhoidon tarpeisiin. Opintokokonaisuudet kattavat monipuolisesti biolääketieteen, elekt-

roniikan suunnittelun, valmistuksen ja käyttöympäristössä tapahtuvan testauksen keskeiset asiakokonaisuudet. Sovelluspainotteisessa opetuksessa syvennyttään myös menetelmiin ja tutkimuslaitteisiin, joilla saadaan tietoa vierasaineen ja kudoksen yhteensopivuudesta ja joilla sen tilaan voidaan vaikuttaa. Bionisten järjestelmien ja biologisen ympäristön välinen toimiva vuorovaikutus on teknisesti erittäin haastavaa toteuttaa ja ylläpitää, ja siksi materiaalien ja kudosten välisten yhteensopivuuskysymysten ohella on otettava huomioon myös monet tiukat turvallisuusvaatimukset. Koulutuksen luonteen vuoksi bioniikan opiskelijat valmistuvat monipuolisiksi asiantuntijoiksi tutkimuslaitoksiin ja teollisuuden palvelukseen. Bioniikan kehittyessä tarvitaan enenevässä määrin teknisen koulutuksen saaneita henkilöitä työskentelemään terveydenhuollon organisaatioissa.

Elektronikan valmistustekniikan laboratorioissa annetaan opetusta bioadaptiivisen tekniikan pääaineessa, jossa pääpaino on bioadaptiivisen elektronikan suunnittelussa ja valmistuksessa biolääketieteen sovelluksiin. Nämä sovellukset edellyttävät erilaisten komponenttien, laitteiden ja rakenteiden suunnittelua, valmistamista ja kudosympäristössä tapahtuvaa käytettävyydestä. Opetuksessa

käsitellään ihmisen lääketieteellisessä tutkimuksessa, testauksessa ja hoidossa käytettäviä biomateriaaleja ja laitteita, niiden ominaisuuksia ja toimintaperiaatteita sekä valmistusta. Luennoilla ja laboratoriotoissa perehdytään vierasaineiden sekä solujen ja kudosten välisten reaktioiden tutkimisessa käytettyihin solubiologisiin menetelmiin sekä elollisen ja elottoman järjestelmän välisen biosähköisen rajapinnan mallintamis-, analysointi- ja kuvantamismenetelmiin. Pääaine antaa valmiudet mm. suunnitella ja valmistaa bioadaptiivisia materiaaleja ja laitteita, tutkia vierasaineiden ja solujen ja -kudosten välisiä ilmiöitä ja siltä pohjalta kehittää uusia lääketieteellisiä menetelmiä ihmisen terveydentilan lähitestaukseen tai jopa reaaliaikaiseen seurantaan. Opetus ja tutkimus toteutetaan yhteistyössä Helsingin yliopiston lääketieteellisen tiedekunnan opettajien ja tutkijoiden kanssa. **Kuvassa 4** on esitetty elektronimikroskoopeilla otettuja kuvia soluista ja niiden käyttäytymisestä synteettisillä pinoilla sekä esitetty, kuinka luonnonaineet kuten useat proteiinit muodostavat itsejärjestäytyviä nanorakenteita, joita voidaan hyödyntää mm. molekyyliuuloissa ja bioniikan valmistuksessa.

Bioadaptiiviseen elektronikan valmistukseen liittyen EVT- →



Kuva 5. Etäluettavan EKG-moduulin ja muiden vastaavien bionisten istutteen toimintakonsepti. Figure 5. Concept of a remote readable ECG-module.

laboratoriossa on käynnissä hankkeita, joissa tutkitaan mm. langattoman EKG-moduulin ja pH-anturin suunnittelua ja valmistusta. Lyhyesti EKG-moduulin toiminnasta voidaan sanoa, että siinä on joustavalle alustalle valmistettu kolmielektrodinen Ag/AgCl-anturimoduuli, johon on integroitu langattomaan tiedonsiirtoon tarvittava elektroniikka (Kuva 5). Tällainen mittausmenetelmä mahdollistaa potilaan sydämen seuraamisen hänen normaalia elämäänsä häiritsemättä ja sijainnistaan riippumatta. Yhdessä kardiologien kanssa tavoitteeksi asetettiin hyvälaatuisen signaalin kerääminen sydänlihaksesta, jolla voidaan todeta tiettyjä sydämen vajaatoimintoja kuten vasemman kammion iskemia. Magnetoelastiseen resonaattoriin perustuvan pH-anturin suunnittelussa ja valmistuksessa hyödynnetään uusia materiaaleja. Tässä sovelluksessa magnetostriktiivinen materiaali on pin-

noitettu pH-herkällä polymeeristä valmistetulla hydrogeelillä. Anturi saadaan värähtelemään resonanssitaajuudellaan ulkoisella sähkömagneettisella pulssilla, ja resonanssitaajuuden muutokset riippuvat liuoksen happamuuden muutoksista. Etäluettava pH-anturi voidaan valmistamaan hyvin pienikokoiseksi, jolloin se voidaan sijoittaa kudokseen. Periaatteessa sen voi myös nielaista, jolloin anturi mittaa ruuan-sulatuskanavan koko matkalta happamuuksia varsin potilasystävällisellä tavalla verrattuna nykyisin käytössä oleviin gastroskopiisiin menetelmiin.

Yhteenveto

Bioniikan ja erityisesti bioadaptiivisen tekniikan menetelmillä voidaan valmistaa uudenlaisia biomateriaaleja sekä seuranta- ja hoitojärjestelmiä, jotka mahdollistavat kustannustehokkaiden etähoitomuotojen toteuttamisen. Bioadaptiivisten laitteiden suunnittelu ja valmistus vaatii ominaisuuksiltaan hyvin erilaisten materiaalien yhdistämistä toiminnallisiksi komponenteiksi, laitteiksi ja järjestelmiksi, joilla saadaan langattomasti tietoa elimistön fysiologisesta tilasta.

Luotettava tiedon kerääminen edellyttää kuitenkin hyvää perehtyneisyyttä elektroniikkaan, (bio)materiaalitieteeseen ja biotieteisiin. Opetuksessa ja tutkimuksessa kiinnitetään erityinen huomio elollisen ja elottoman materiaalin rajapinta-alueen ilmiöihin, sillä niiden ymmärtämisestä ja hallinnasta riippuu viime kädessä biomateriaalien ja bioadaptiivisten laitteiden luotettava toiminta ihmiskehossa. Elektroniikan valmistustekniikan laboratorio vastaa Bioadaptiivisen tekniikan opetuksesta sekä Bioinformaatioteknologian että Elektroniikan ja sähkötekniikan koulutusohjelmissa TKK:lla. Lisäksi EVT-laboratorio johtaa kansallisesta Elektroniikan valmistuksen tutkijakoulua, jossa bioadaptiivisen tekniikan opetus tapahtuu läheisessä yhteistyössä Helsingin yliopiston biolääketieteellisen tiedekunnan opettajien ja tutkijoiden kanssa.▲

SYNOPSIS Populations are ageing in industrialized countries and particularly rapid this change is in Finland. The healthcare of elderly people and the employment of more efficient but expensive medicines and medical treatments for the therapy of patients increase inevitably public healthcare costs of the nations. Therefore, every effort to reduce the healthcare costs without compromising the quality of care has to be considered carefully. In addition, Finland has its own specific problems, which arise from the uneven distribution of the population. Since it is expected that the level of wellbeing should be the same for all the citizens regardless of their residence, the unit healthcare costs of sparsely populated areas will increase significantly in the foreseeable future.

It is possible to influence this development by technological means. For example, the utilisation of portable and wearable electronics, biomedical implants and telemedicine have already proved to be beneficial. The integration of ambient intelligence to electronic devices and living environments accompanied with easy interaction with its user will be required in many wireless monitoring and healthcare applications. However, for manufacturing such devices many dissimilar bionic materials have to be integrated, and therefore the interfacial biocompatibility and biofunctionality are the major issues to be carefully considered. Finnish electronics industry, which is in an important position in portable electronics and telecommunications engineering worldwide, is seeking continuously new applications for its products to ensure economical growth. The bionics represents a new sector in electronics with its wide range of potential applications. As an emerging sector of electronics, bionics will challenge young highly educated people to become real experts, for example, in bioadaptive science and technology. The laboratory of Electronics Production Technology (EPT) at Helsinki University of Technology is responsible for educating "bioengineers" in close cooperation with the Faculty of Medicine at University of Helsinki and other research institutes. The EPT laboratory is in charge of the National Graduate School of Electronics Manufacturing and Reliability, where post-graduates are also executing their studies in bioadaptive science and technology. Researchers specialized in bioadaptive materials and wirelessly monitoring devices such ECG modules and pH-sensors are cooperating with medical specialist in public projects as well as in the Centre of Excellence in Biomaterials and Tissue Engineering.▲

”SAT SAPIENTIA”

Newtonin perintö

Tieteellisen rationalismin esiinmarssi runsaat 300 vuotta sitten oli vaikutuksiltaan käänteentekevä ja länsimaista ajattelua dramaattisesti mullistava. Se näkyy maailmankuvassamme ja arvostuksissamme tänään. Se näkyy myös tieteen ja teknologisten sovellutusten huimaavina kehityskäskelina. Se näkyy elintason ja hyvinvoinnin nousuna – sekä hyvässä että pahassa.

Herra Newton edeltäjineen ja oppipokinein loi perustan rationaaliselle ja mekanistiselle maailman selitykselle ja näkemyksille, jotka ovat ohjanneet tieteellistä ajattelua kautta linjan, riippumatta onko kysymys tekniikasta vai käyttäytymistieteistä. Syy-seuraussuhteeseen perustuva järjestyksellinen käyttö oli ja on valttia.

Newtonilaisesta traditiosta on seurannut, että organisaatiot (yhä) nähdään *koneina*. Ihmisten yhteisöiltä ja yksilöiltä odotetaan säännönmukaisuutta, ennustettavuutta, järjestystä ja tehokkuutta. Muodollisen organisoimisen tärkein tehtävä on juuri näiden ominaisuuksien hankkiminen. Tästä seuraa, että organisaatioteoreetikot ovat pitäneet tärkeimpänä tehtävänä organisaatiokäyttämistä ohjaavien lainalaisuuksien löytämistä. Siis, mikäli käyttäytymistiede tai johtamisteoria haluaa olla vakavasti otettava, sen täytyy toimia kuin rationaalinen tiede!

Mekanistinen maailmankuva on pitänyt tiukassa otteessaan organisaatio- ja johtamisteorioiden ja -käytäntöjen kehittämistä viimeiset sata vuotta, samalla kun kehitystyöhön on panostettu merkittävästi yritysten ja yhteiskunnan varoja. Ajatus yleispätevästä ja kaiken selittävästä johtamis- ja organisaatioteoriasta on kangastellut alan tutkijoiden ja gurujen mielissä. Mutta ei ole syntynyt! Se mitä tuosta tieteilystä näyttää jääneen käteen on ihan pötkö jako ”ihmisten johtamiseen” ja ”asioiden johtamiseen” (leadership/management). Tästä jaosta ovat hyötynneet ainoastaan konsultit, jotka vuosikymmeniä ovat rahastaneet omaisuuksia löpinöillään ja kvasitieteellisillä kalvosulkeisillaan. Toistaiseksi kukaan ei ole vielä pystynyt kertomaan miten *asioita* johdetaan. Eikä pysty!

Viime aikoina on kuitenkin näkynyt merkkejä, että tiedeyhteisö alkaa organisaatio- ja johtamisteorioiden alueella kylästä rationaalisen-mekaanisen maailmankuvan yksiselitteisyyteen ja näennäiseen selkeyteen. Irriottoja newtonilaisuudesta tavoitellaan tutkimalla mm. yleisten lainalaisuuksien sijaan eri tilanteiden erityispiirteitä tai vaikkapa vaihtamalla strate-

giaprosessi perinteisestä rationaalisesta suunnittelusta ja numerorallista luovuudesta korostavaksi prosessiksi.

Rationaalis-mekanistista ajattelumallia organisaatio- ja käyttäytymistieteiden alueella ei voi kokonaan korvata. Rakenteita ja toimintamalleja tarvitaan johtamisen ja organisaatioiden (ihmisten) toiminnan tehokkuutta varten. Mutta, jos johtamisesta halutaan kehittää kilpailuetu, erilaisten organisatoristen ilmiöiden ja vaikutusten ymmärrystä ja tulkintaa on syvennettävä. Organisaatiot eivät sittenkään ole koneita eivätkä ihmiset koneenosia.

Mikä on hyvä kapteeni?

Henkilövalinta on yritysten ja miksi ei muidenkin organisaatioiden *tehtävään, tarkoituksen ja aikaansaannosten* kannalta erityisen tärkeä asia. Se, miten valittu ihminen toimii ja mitä hän tekee, ratkaisee valinnan onnistumisen. Tietenkin lopputulokseen vaikuttavat henkilökohtaisten edellytysten lisäksi moninaiset organisatoriset tekijät, kuten johtaminen yms. Henkilövalinnasta onkin tärkeytensä johdosta tullut yksi tutkituimmista organisaatio- ja käyttäytymistieteiden sovellutusalueista. Siitä on tullut rahakas business konsultteille, joiden ammattitaito ja välineistö on monenkirjavaa. Sanon näin, koska tunnen alaa sekä tekijän että teettäjän näkökulmasta.

Yleisintä lienee tänä päivänä, että henkilöä valittaessa haetaan sopivan profiilin mukaista, tietyt ominaisuudet täyttävää ehdokasta. Menestysennuste arvioidaan em. piirteiden ja ominaisuuksien pohjalta.

Asiaan perin juurin käytännössä vihkityneenä voin todeta, että kuvattu varsin *mekanistinen* ja *rationaalinen* malli tökkii käytännössä tarpeettoman usein. Tähän pulmaan sain apua yllättävältä taholta: lähes 2400 vuotta sitten herra nimeltä *Aristoteles* (384-322 eKr) määritteli

”Kysymys, mikä tai mitä on *hyvä kapteeni* laivassa, ei ratkea tarkastelemalla hyvien kapteenien yhteisiä **ominaisuuksia** (tavoiteprofiilia nykykielellä), vaan osoittamalla ja tiedostamalla, **mitä** hyvin menestyneet kapteenit **tekevät**...”

Aristotele’n opetus on: keskity tekemisiin. Tästä voi jatkaa: ihmiset voivat olla *hyvinkin* erilaisia, mutta menestyä yhtä hyvin samoissa tehtävissä, kun osaavat ja tekevät menestyksen kannalta kriittisiä asioita oikein ja hyvin. Nykykielellä ”kompetenssit” pitäisi määritellä tältä pohjalta,

jolloin tätä tietoa voi tehokkaasti käyttää valintoihin ja henkilöiden kehittämiseen. Mielestäni tähän suuntaan tutkimuksen ja sovellutusten toivoisi laajentuvan. Se olisi myös ihmisarvon kannalta viisasta – mallinmukaisuudesta ja ihanneprofiilin tavoittelusta siirrytään yksilöllisen erilaisuuden arvostamiseen sekä osaamisten arviointiin ja kehittämiseen.

Nikomakhoksen tiellä

Aristotele’n mukaan (kts. A:n teos Nikomakhoksen etiikka) *käytännön viisaus* on älyllisen ihmisen hyveistä tärkein. Sitä hyvät kapteenitkin tekemisissään soveltavat! Tieteellinen ja teknillinen tieto ovat viisaasti toimivan apuvälineitä tavoiteltaessa *hyvää* ihmiseloa. Muussa käytössä niillä ei ole hyveen arvoa.

Hyvän kapteenin on hallittava merenkulun ammatilliset perusasiat ja oltava viisas johtamistehtävässään, jotta hän olisi hyvä, pätevä ja tehokas käytännön päätöksenteko- ja johtamistilanteissa. Nikomakhoksen etiikka peräänkuuluttaa viisautta, joka on paljon enemmän kuin rationaalista järkeilyä tai numerojohtamista. Se peräänkuuluttaa sellaista viisautta ja rohkeutta käytännön tilanteissa, mikä on hyväksi ihmiselle.

Miten tuota käytännön osaamista ja viisautta sitten voidaan kuvata, että siitä olisi hyötyä ja että voitaisiin keskittyä oikeisiin tekemisiin sen kehittämiseksi? Yksi keino on kuvata todellisia käytännön tilanteita, joissa hyvät kapteenit ovat toimineet tehokkaasti ja viisaasti. Uskottava ”story” antaa älykkäälle ihmiselle enemmän ymmärrystä ja opillisia oivalluksia kuin tuhat ranskalaista viivaa tai normaalijakautumaan perustuva tavoiteprofiili.

Vaikka osalla Aristotele’n filosofisista aivoituksista onkin vain historiallinen kiinnostavuutensa ja arvonsa, hänen ajatuksillaan käytännön osaamisesta ja viisaudesta sekä hyvästä elämästä ihmisen päämääränä pitäisi olla sijansa juuri nyt organisaatio- ja johtamisteoreettisessa pohdinnassa. Rationalistis-mekanistinen maailmankuva syrjäytti dramaattisesti Antiikin opit. Ilokseni viime vuosina on yhä useammin uskallettu irtautua rationalismin ikeestä ja palata viisaasti ja valikoiden Nikomakhoksen tielle.

Annetaan viisaudelle tilaa – sat sapientia!

In fidem▶

”Oppipoika”

Turmaliini on ryhmä koostumukseltaan hieman vaihtelevia hydroksidiborosilikaateja, joissa boorin ja hydroksyyliiryhmän lisäksi esiintyvät lähes kaikki maankuoren pääalkuaineet vaihtelevin osuuksin. Kaikkien variaatioiden kidejärjestelmä on trigoninen, asu useimmiten prismaattinen ja prismat pituussuunnassa viiruisia. Hyvä tunto-merkki on mineraalin kolmiomainen poikkileikkaus. Turmaliini on kohtalaisen kova (kovuus 7-7.5), mutta hauras. Murrospinta on rosoinen tai simpukkamainen ja kiilto useasti lasin tai hartsinkiilto.

Juho Hukka

Turmaliini



Turmaliinikide kvartsissa. Kuortane, Kaatjala. Tekijänoikeus: Jari Väätäinen, GTK

Värien juhlaa

Turmaliiniryhmään kuuluvat mm. akroiitti, buergeriitti, draviitti, elbaiitti, indigoliitti, liddicoatiitti, rubelliitti, schörl, sibriitti, tsilaisiitti ja uviitti ja verdeliitti. Monet näistä nimistä viittaavat muunnoksen väriin, kuten akroiitti (väritön), indigoliitti (=sininen draviitti), rubelliitti (=punainen elbaiitti) ja verdeliitti (vihreä). Erityisesti litium, mangaani ja kromi sekä harvoin kupari aiheuttavat väritystä. Kuumentamalla kiviä niiden värit saadaan usein syvenemään. Monesti samassa turmaliinikiteessä esiintyy monia värejä. Kiteen toinen pää voi olla punainen ja toinen vihreä tai sisus vihreä ja kuori punainen. Vastaavasti puhutaan sateenkaari- ja vesimeloni-turmaliineista.

Hollantilaiset kauppiat toivat 1700-luvun alussa Ceylonilta (nyk. Sri Lanka) Eurooppaan kiviä, joista käytettiin singhalinkielistä nimitystä "tura mali", joka tarkoittaa moniväristä. Noista päivistä lähtien erityisesti punaista turmaliinia alettiin käyttää jalokivinä. Tästä rubelliitista tuli taiteilijoiden talismaani, koska sen uskottiin elähdyttävän luomisvoimaa. Turmaliinikiteisiin saadaan sähköinen varaus joko lämmittämällä ja jäähdyttämällä niitä (pyrosähköinen ilmiö) tai puristamalla niitä (pietosähköinen ilmiö). Tämän ominaisuuden vuoksi turmaliinista tuli myös energiansiirtoon ja muihin henkimaailman hommiin käypäinen kivi.

Hollantilaiset kauppiat ja merenkulkijat tunsivat nämä ominaisuudet, mutta käyttivät niitä hyväkseen maallisemmalla tavalla. He nuohosivat kuumennetuilla turmalii-

nikiteillä tuhkat merenvahapiipuistaan. Käytöstä saatiin mineraalille pitkäksi aikaa toinen nimi, "aschentrekker" eli tuhkanvetäjä.

Yleinen kautta maailman

Turmaliini on pääasiassa pegmatiittien kivi, mutta sitä löytyy myös gneisseistä ja liuskeista, ultramafiiteista sekä karbonaattikivistä ja karsista. Rapautumista kohtalaisen hyvin kestäväenä turmaliini voi rikastua myös jokisoriin. Kauniita punaisia ja sinisiä turmaliineja saadaan Brasiliasta Minas Gerais ja Paraiban osavaltioista. Perinteisen Sri Lankan lisäksi Intia, Myanmar ja Thaimaa tuottavat turmaliineja, samoin Venäjä. Afrikan mantereella tunnettuja turmaliinin tuottajia ovat Madagaskar, Mosambik, Zimbabwe, Namibia ja Angola. Yhdysvalloissa Mainen osavaltio on tunnettu turmaliiniesiintymistään.

Myös Suomen kallioperästä tunnetaan erilaisia turmaliinimuunnoksia. Suuret pegmatiitit, kuten Tammelan Torronsuo, Kuortaneen Kaatjala ja Peräseinäjoen Haapaluoma sekä Oriveden Eräjärven esiintymät sisältävät mm. elbaiittia ja draviittia. Varsinkin musta turmaliini, schörl, on yleinen paitsi pegmatiiteissa, myös metamorfisissa kivissä ja joidenkin malmien muuttumisvyöhykkeissä.

Takavuosina Pohjanmaalla muuan turmaliiniesiintymä joutui jopa louhinnan kohteeksi, koska paikalliset isännät erehtyivät pitämään sitä kivihiilenä. Louhinnasta oli kuitenkin pian luovuttava, kun hiili ei ottanut syytyäkseen.

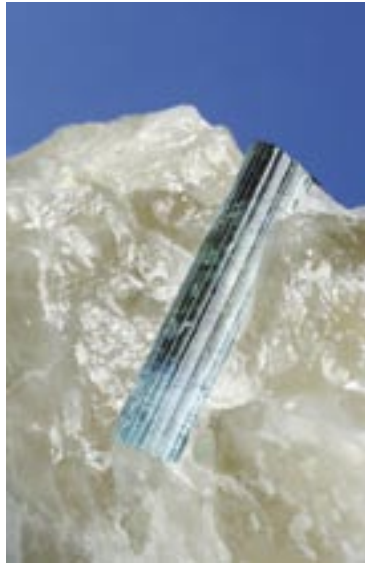
Sademetsän sitkeä sissi

Paraiban osavaltiossa Brasiliassa on Mina da Bathaldan kaivos, josta louhitaan erittäin kaunista, harvinaista ja kallista kuparipitoista turmaliinimuunnosta, ns. Paraiban turmaliinia. Se on uusi tulokas turmaliiniperheessä ja löydettiin vasta vuonna 1987. Löytäjä oli brasilialainen jalokivenetsijä ja lujan uskon mies Heitor Dimas **Barbosa**.

Barbosa ryhtyi vuonna 1981 etsimään jalokiviä kuulun Paraiban kukkulan liepeillä mielessään täysi varmuus, että löytäisi jotakin aivan ennennäkemätöntä. Likimain seitsemän vuoden työn jälkeen Barbosan rengit löysivät vuoden 1987 syksyllä lähes sähkönsinistä turmaliinia kaivoksen onkaloista. Herra Barbosa lojui löydön aikaan toipilaana, eikä päässyt koskaan edes näkemään ensilöydöksiä, sillä työväki möi omin päin raakakivet pois nurkista kuljeksimasta.

Kun tieto löydöstä levisi, paikalle tulvi jalokivenmetsästäjiä, ja muutamassa vuodessa kukkula, josta ensimmäiset Paraiban turmaliinit löydettiin, oli kaivettu huokoiseksi. Mitään ei löytynyt, eikä enää kukaan odota siltä paikalta mitään löytyvänkään! Paraiban aluetta pidettiin kuitenkin joitakin vuosia ainoana turkoosin turmaliinin esiintymispaikkana maailmassa.

Yllätys oli, kun toiselta puolen valtamerta Nigeriasta alkoi 2000-luvun alussa tulla jalokivimarkkinoille Paraiban



Turmaliini. Orivesi, Eräjärvi, Viitaniemen Louhos. Tekijänoikeus: Jari Väättäinen. 2003. GTK. Näyte: Suomen Kivokeskuksen kokoelmat.

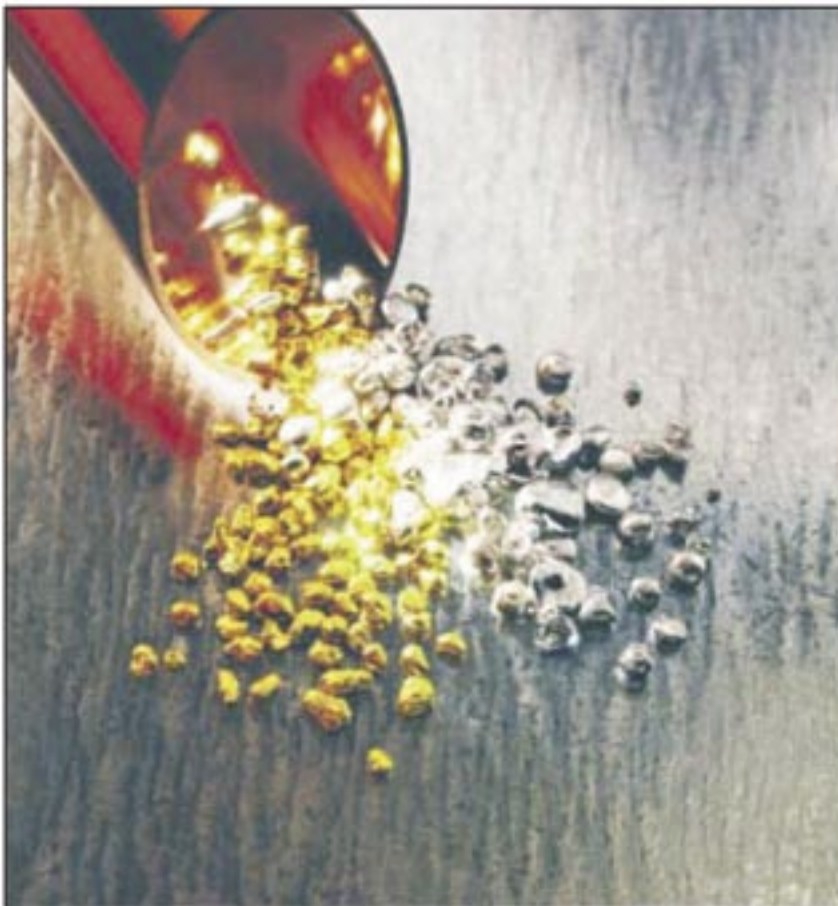
turmaliinin kanssa identtistä kiveä. Kun katsotaan karttaa tarkemmin ja lykätään mantereet yhteen, kuten ne olivat 200 miljoonaa vuotta sitten, löytö käy ymmärrettäväksi – löytöpaikat olivat aikanaan varsin lähellä toisiaan ja esiintymien geneettinen yhteys ilmeinen.

Onnenkivi

Kaunis mineraali on kiehtonut myös mineraaliuskovaisia jo vuosisatoja. Paitsi taitelijoiden luovuutta lisäävänä talismaanina sitä ovat käyttäneet kauppiamiehet onnentuojana. Tosin mineraaliuskoon perehtyneet asiantuntijat ovat sitä mieltä, että turmaliinit kannattaisi pitää kassakaapeissa, tehtaissa, kaupoissa tai muissa paikoissa, missä raha ja kauppatavara liikkuvat mieluummin kuin kanniskella niitä mukanaan.

Turmaliinin sanotaan vahvistavan muistia ja torjuvan huimaukskohtauksia. Sähköisten ominaisuuksiensa vuoksi sen arvellaan myös torjuvan monenmoista haitallista säteilyä, vetävän puoleensa valtaa sekä onnea ja menestystä. Eli melko tavallinen jalokivi.

.. ja tähänpä se sitten päättyi tämä mineraalien tarina, vaikka ei alkua pitemmälle päästyäkään. Juho Hukka kiittää lukijoita ja lehden tekijöitä kuluneesta ja saattaa jatkaa muilla areenoilla, muilla teemoilla ja muilla nimillä, jos sattuu innostumaan.▲



Harjavalta Copper Oy
on merkittävä osa
utta Bolidenia.

**Uusi Boliden on yksi
maailman johtavista
kuparin ja sinkin
kaivos- ja sulattoyhtiöistä.**

Uusi Boliden syntyi Bolidenin ja Outokummun kaivos- ja sulattoimintojen yhdistämisestä. Kuparin sulatuksessa se on yksi Euroopan suurimmista yhtiöistä. Vaikka tiemme Outokummun kanssa erosivat, läntelä yhteistyö välillämme jatkaa edelleen. Me Harjavalta Copperissa jatkamme Harjavalan sulaton ja Porin kuparielektrolyysin kunniakkaita perinteitä.

Harjavalta Copperin päätuote on puhdas kuparikatodi. Tärkeitä tuotteita ovat myös kulta, hopea ja rikkihappo. Metallinvalmistus on vaativaa teollisuutta ja meillä sitä tekevät huippuammattilaiset.

Harjavalta Copper valmistaa korkealaatuisia kuparia maailman parhaalla menetelmällä!

BOLIDEN

www.boliden.com

Uusiina asemiin

GTK



Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) tutkimusjohtajana on aloittanut 1.9. alkaen FT Pekka Nurmi vastuualueenaan kallioperään ja sen luonnonvaroihin liittyvä tutkimus ja kehitys sekä etsintä- ja arviointitoiminta. Hän on työskennellyt pitkään GTK:ssa mm. ohjelmajohtajana, linjajohtajana ja tutkimusprofessorina. Nurmi on toiminut dosenttina Helsingin yliopistossa vuodesta 1993 lähtien.

Ympäristöohjelma yleisurheilun MM-kilpailulle

Helsingissä vuonna 2005 pidettäville yleisurheilun MM-kilpailuille rakennetaan ympäristöohjelmaa. Hankkeen toteuttaa TKK Dipolin ympäristökoulutus yhteistyössä kisaorganisaation ja partneriverkoston kanssa.

Hankkeen muut partnerit ovat MM-kisaorganisaation lisäksi Stadion-säätiö, Motiva, WWF, YTV, Skills Finland ry. ja Espoon, Helsingin ja Vantaan kaupungit sekä ympäristöministeriö. Hanke on alkanut 1.8.2004 ja se päättyy 31.7.2006.

<http://www.dipoli.hut.fi/ecomass>

Filters for Minerals
Processing and
Metallurgy

CERAMEC

HOESCH

LAROX

Pannevis

Scheibler

LAROX[®]

Separates the best from the rest

www.larox.com

Axios

The next step in X-ray analysis

Axios, PANalytical's new range of wavelength-dispersive XRF spectrometers, is advanced, rapid, and easy-to-use. But most significantly, the Axios concept is built around you, with industry-specific versions that meet the precise needs of your application.

Axios is robust – built to work perfectly in unforgiving, on-site industrial conditions. Consequently, analytical performance is unaffected by heat and dust, assuring you of the precision required in typical production control environments.



PANalytical
Sinikalliontie 1
FIN-02630 ESPOO
Finland
Tel: 358 9 2709 5591
Fax: 358 9 2709 5594
jouko.nieminen@panalytical.com

www.panalytical.com



PANalytical

Organisaation ja tutkinto-ohjelman muutoksista TKK:lla



Samalla TKK:n hallitus päätti, että materiaali- ja kalliotekniikan osaston nimi muutetaan materiaalitekniikan osastoksi. Kaikki nämä muutokset tulevat voimaan 1.1.2005. Suunnittelussa esillä olleeseen ajatukseen, että materiaalitekniikka olisi yhdistynyt materiaalifysiikan kanssa ei lopulta kuitenkaan päädytty.

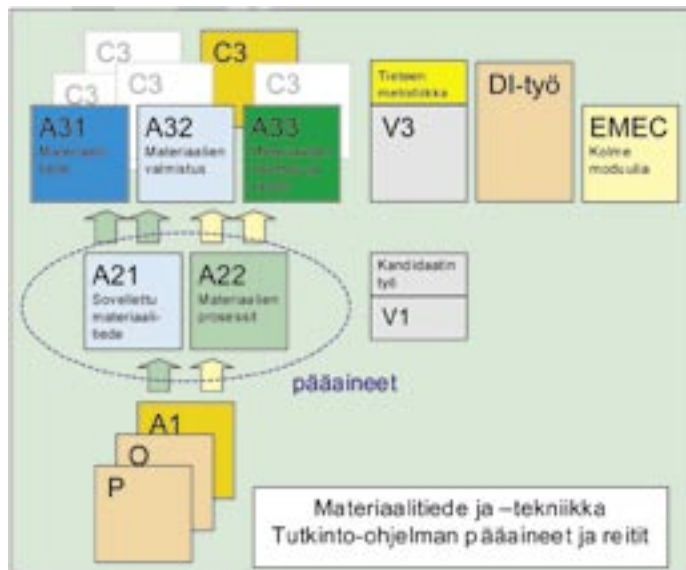
Osastoneuvosto päätti kokouksessaan 12.10. esittää, että nimen tulisi olla materiaalitieteen ja -tekniikan osasto. Tätä kirjoitettaessa ei tätä nimiehdotusta ole vielä TKK:n hallituksessa ehditty käsitellä.

Monet tämän muutoksen yksityiskohdat ja jatkopäätökset ovat vielä päättämättä tätä kirjoitettaessa, mutta se on selvää, että muutos on tässä vaiheessa jossain määrin "virtuaalinen", koska kukaan ei muuta uusiin tiloihin. Kehitysuunnitelmiin vaikuttaa korkeakoulun hallituksen hyväksymä Juhani Kuusen esittämä ponsi, jossa sanotaan mm: "Materiaali- ja kalliotekniikan osastosta jäljelle jääneen materiaalitekniikan osasta muodostetaan materiaalitekniikan osasto, joka resurssoidaan siten, että se yhdessä TKK:n uusien materiaalien keskuksen kanssa pystyy vastaamaan haasteisiin teollisuuden ja elinkeinoelämän kannalta keskeisen tärkeällä materiaalitekniikan alueella". Vuoden vaihteessa aloitavassa osastossa on nykyisellään yhdeksän professuuria.

Näitä rakennemuutoksia paljon suurempi muutos on siirtyminen kaksivaiheiseen tutkintorakenteeseen 1.9.2005. Juuri opintonsa aloittanut vuosikurssi jää viimeiseksi, jolla on oikeus vanhan DI-tutkinnon suorittamiseen. Syksyllä 2005 sisäänotettavat opiskelijat aloittavat opintonsa uudessa kaksivaiheisessa Bolognan prosessin mukaisessa 300 opintopisteen tutkinto-ohjelmassa. Siihen kuuluu 180 opintopisteen tekniikan kandidaattitutkinto ja sen päälle 120 opintopisteen diplomi-insinööritutkinto (Kuva 1). Tavoitteena on, että vuosittain opiskellaan 60 op., joten tekniikan kandidaatin tutkinnon ohjeellinen opiskeluaika on kolme vuotta ja siihen diplomi-

Yksi aikakausi päättyi, kun Teknillisen korkeakoulun hallitus päätti kokouksessaan 27.9. siirtää kalliotekniikan, kaivostekniikan, geofysiikan ja teknisen geologian yhteisen vastuualueen materiaali- ja kalliotekniikan osastolta rakennus- ja ympäristötekniikan osastolle. Tämä koskee siis professoreita Pekka Särkkä, Markku Peltoniemi ja Kirsti Loukola-Ruskeeniemi ja heidän laboratorioitaan ja niiden henkilökuntaa.

Kuva 1. Uusi tutkintorakenne ja materiaalitieteen ja -tekniikan tutkinto-ohjelma.



sinööritutkintoon johtavat opinnot kaksi vuotta lisää. Opiskelijat hyväksytään Korkeakouluun johonkin tutkinto-ohjelmaan suorittamaan diplomi-insinööritutkintoa, mutta kandidaatin tutkinnon suorittuaan voivat halutessaan tietyin edellytyksin vaihtaa toiseen tutkinto-ohjelmaan suorittamaan DI-tutkinnon loppuun. Opiskelijat voivat tietyistä myös mennä työelämään tekniikan kandidaatin tutkinnon suorittuaan, vaikka sitä ei toivota. Moduulirakenteen tavoitteena on ollut aikaisempaa helpompi liikkuvuus sekä TKK:n sisällä, kansallisesti että kansainvälisesti. Selkeä tavoite osastolla on ollut kohti geneerisempää ja hieman enemmän teoreettisesti painottuvaa tutkintoa.

Opinnot muodostuvat 80 op perusmoduulista ja 20 op moduuleista. Lisäksi opintoihin kuuluu 10 op. kandidaatin työ ja 30 op. diplomityö. Moduuleja on tutkinnossa useanlaisia. O-moduuli on tutkinto-ohjelman yhteisiä opintoja ja 1-taso ammattiaineisiin perehdyttäviä perusmoduuleita, 2-taso ammattiaineiden jatkomoduuleita ja 3-taso syventäviä moduuleita. C-moduulit ovat ammattiaineiden vaihtuva-alaisia erikoismoduuleita, V-moduulit opiskelijan vapaahoitoisten opintojen moduuleita.

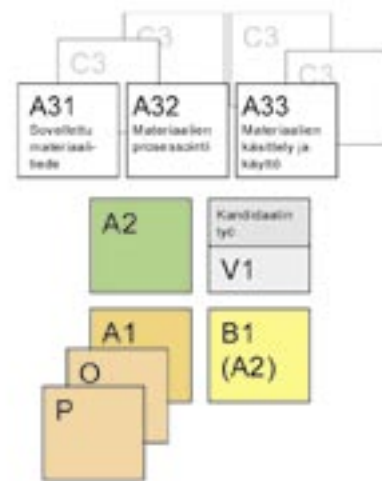
Periaatteena on ollut, että kaikki materiaalitieteen ja -tekniikan opiskelijat saavat samat perustiedot (P, O ja A1 moduulit). Pääaineita, so jatkomoduuleita, jää osastolle vain kaksi; sovellettu mate-

riaalitiede ja materiaalien prosessointi. Syventävälle tasolle on suunniteltu kolme osaston omaa moduulia sekä EMEC:n (European Recycling Course) kolme moduulia.

Kuvassa 2 on edellisestä kuvasta jätetty värillisiksi ne moduulit, mitkä kuuluvat 3-vuotiseen tekniikan kandidaatin tutkintoon. Kirjaimilla A ja B on pyritty vain kuvaamaan osaston tarjoamia omia (A) ja muilta osastoilta otettuja (B) moduuleita.

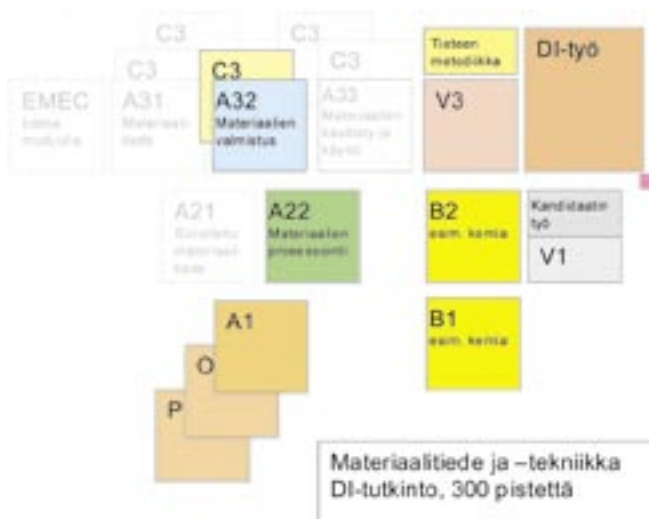
Kuten kuvasta 2 voidaan todeta kandidaatin tutkinto sisältää perusaineiden lisäksi vain kaksi moduulia pääaineeseen liittyviä opintoja ja yhden moduulin sivuaineen opintoja. Opiskelija tekee myös 10 op kandidaatin työn. Se on suunniteltu enemmän kirjallisuuteen perustuvaksi työksi kuin diplomityö, koska opiskelijan tietotaso ei siinä vaiheessa ole vielä kovin syvä.

Moduulirakenteinen tutkinto on joustava mahdollistaen monenlaiset yhdistelmät. Esimerkkinä kuvassa 3 on tutkinto, jossa opiskelijan osaamisen



Kuva 2. Tekniikan kandidaatin tutkinto

Kuva 3. Esimerkki DI tutkinnosta pääaineena materiaalien prosessointi.



ydin on perinteisessä metallurgiassa. Pääaineena on materiaalien prosessointi ja syventävänä moduulina materiaalien valmistus ja sivuaineena kemiasta kaksi moduulia.

Halutessaan opiskelija voi ottaa osaston ulkopuolisten (B) moduulien sijasta osaston omia moduuleja erittäin vahvan materiaali-osaamisen saavuttaakseen. Ottamalla kuvan 3 B1:n sijaan oman moduulimme A21 (sovellettu materiaalitiede) ja moduulin B2 sijaan esimerkiksi moduulin A33 (materiaalien käsittely ja käyttö) hän voi yhdistää materiaalien ominaisuuksien kehittämisen sekä valmistus että muokausvaiheissa omassa rakentuvassa asiantuntijaprofiilissaan.

Rakennus- ja ympäristötekniikan osastolla on keskustelu pääaineista vielä kesken tätä kirjoitettaessa, joten kalliotekniikan tuleva rakenne voidaan esittää seuraavissa numeroissa.▲

Esa Virtanen, Manager, Centre for Industrial Residue Utilisation (CIRU), Laboratory of Process Metallurgy, University of Oulu

CIRU-Centre

Tämän päivän poisteet ovat huomisen tuotteita

Oulun yliopiston prosessi- ja ympäristötekniikan osaston prosessimetallurgian laboratorio yhdessä saman osaston vesiteknikan laboratorion ja Helsingin teknillisen korkeakoulun prosessiteollisuuden ympäristötekniikan laboratorion kanssa ovat perustaneet: Teollisten poisteiden hyötykäytön keskuksen (Centre for Industrial Residue Utilisation) eli lyhemmin CIRU-Centre.

CIRU-Centre on ympäristötekniikan projektikokonaisuuksien keskittymä, jonka tarkoituksena on koota tietoa, koordinoita tutkimusta ja toimia yhdysiteenä ympäristöviranomaisen ja teollisuuden sekä hyötykäyttäjän välillä. CIRU-Centren päätoimialana on aluksi pyrometallurgisen-, hydro-metallurgisen- ja energiateollisuuden kuonat, lietteet, tuhkat ja pölyt. Tule-

vaisuudessa on tarkoitus, että CIRU-Centre laajenee siten, että se kykenee palvelemaan prosessiteollisuutta ja ympäristöviranomaista kattamalla kaikki epäorgaaniset poisteet.

Lähtökohtana CIRU-Centren toiminnalle voidaan pitää vuonna 2000 voimaan tullutta ympäristölakia ja etenkin sen ensimmäisen pykälän (tavoite) viidettä kohtaa koskien jätteen määrän

vähentämistä. Toiminnan tarkoitus on löytää kaikille poisteille mahdollisimman kokonaisvaltainen ja kaupallisesti toteutettavissa oleva hyötykäyttömahdollisuus.

CIRU-Centressä on nykyisellään n. 8 työntekijää. Tavoitteemme on nostaa tutkimuspanoksemme lähitulevaisuudessa uusien projektien myötä 10-12 henkilöön. Henkilöstömäärän kasvuksesta huolimatta ei tarkoituksemme ole tehdä kaikkea itse vaan keskitymme laboratoriodemme painopistealueille ja lopun tutkimuksen teetämme esimerkiksi Oulun yliopiston ja Helsingin teknisen korkeakoulun muilla yksiköillä.

CIRU-Centren toiminta voidaan jakaa selkeästi neljään omaan painopistealueeseen:

Tutkimus

Tutkimuksemme pääpaino on teollisten poisteiden hyötykäytön mahdollisuuksien, poisteiden uudelleenikäytettävyyden ja jatkoprosessin paremmin

hyödynnettäviksi kartoittamisessa.

Tuotekehitys

Etenkin tuottajille pyritään kehittämään sellaisia prosesseja, jotka tuottavat mahdollisimman vähän ja mahdollisimman hyödynnettäviä poisteita.

Ohjaus

Etenkin hyödyntäjille pyritään tarjoamaan tietoa hyödynnettävien tuotteiden mahdollisuuksista.

Opastus

Sekä tuottajaa että hyödyntäjää pyritään opastamaan teollisten poisteiden hyötykäytössä siten, että hyötykäyttö on ympäristöystävällistä ja kustannustehokasta sekä ympäristöviranomaisen asetusten mukaista.



Me haluamme auttaa tulevaisuudessa prosessiteollisten laitosten poisteiden hyötykäytössä siten että kaikki poisteet voidaan käyttää raaka-aineena. Tämän päivän poisteet ovat huomisen tuotteita.▲

Suoritettuja tutkintoja

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO Materiaalitekniikan osasto

DIPLOMI-INSINÖÖRIT, KEVÄTLUKUKAUSI 2004

- Aho Johanna**, Muistikartonki – prof. Pentti Järvelä.
Ajoviita Tommi, Compounding of Specialty Plastics with Nanofillers – prof. Pentti Järvelä.
Asukas Jonna, Cochlear Implant Coated with Bioabsorbable Polymers – prof. Minna Kellomäki.
Eronen Ville, Microwear Phenomena in Thermally Sprayed Hard Coatings – prof. Petri Vuoristo.
Heikkinen Reijo, Paksuseinämäisen polyolefiinikappaleen kutistuminen – prof. Pentti Järvelä.
Hokka Mikko, Material Behavior Under Heavy Abrasion and Gouging – prof. Veli-Tapani Kuokkala.
Inha Taija, Drug Release from Bioabsorbable Polymer Film – prof. Minna Kellomäki.
Isomäki Nora, Kestomuovipinnoitettu vaneri – prof. Pentti Järvelä.
Kulla Maija, UV lakat polyolefiinikalvojen painolakkana – dos. Jukka Kuusipalo.
Kulmala Johanna, Scratching by a Coated Board – prof. Pentti Järvelä.
Kvist Pasi, Mediaattorihjelmiston rajapintasovittimen jatkokehitys – prof. Ilkka Haikala.
Laaksonen Mikko, Polykarbonaatin laserhitsaus – prof. Pentti Järvelä.
Latvakangas Timo, Ruiskuvaluprosessin kuvaus lineaaristen regressiomallien avulla – prof. Pentti Järvelä.

Mäkinen Annika, Lämmönsuojakerroksen kehittäminen starttikatalysaattoriin – prof. Tapio Mäntylä.

Nikkanen Juha-Pekka, Raskasmetallien poistaminen jätevedestä magneettisten kantaja-aineiden avulla – prof. Helge Lemmetyinen ja TkL Risto Mikkonen.

Pekola Pasi, Kiinteäoksidipolttockennojen metalliset materiaalit – prof. Tuomo Tiainen.

Pynnönen Janne, Process Parameters of Coated Packaging Board – dos. Jukka Kuusipalo.

Ravantti Sami, Raskasmetallien sitominen magneettiseen kantaja-aineeseen jätevedessä – prof. Helge Lemmetyinen.

Riikonen Jukka, Materiaalikäytön optimointi muoviputkituotannossa – prof. Pentti Järvelä.

Rissanen Hanne, Minocycline Release from Bioabsorbable Polymers – akatemiaprof. Pertti Törmälä.

Saaristo Terho, Eri jätteenpolttoimenetelmien vaikutukset palamistuotteisiin sekä toiminnan taloudellisuuteen – prof. Helge Lemmetyinen.

Selin Marjo, Active Packaging for Foodstuff – prof. Pentti Järvelä.

Sellman Minna, Kontrolloidun termisen käsittelyn vaikutus lujien terästen mikrorakenteeseen ja mekaanisiin ominaisuuksiin – prof. Tuomo Tiainen.

Seppälä Olli, Materiaali- ja prosessiparametrien vaikutus kulutuspinnoituksen fysikaalisiin ominaisuuksiin metsäkoneenkaissa – prof. Kalle Hanhi.

Tiitinen Tanja, Soldering Aluminium Fins and Copper Tubes in Heat Exchanger Application – prof. Tuomo Tiainen.

Vesanen Antti, Monikomponenttiruiskuvalu – prof. Pentti Järvelä ja prof. Kalle Hanhi.

Välipakka Elina, Ruiskuvalukappaleen mikrorakenteen karakterisointi – prof. Pentti Järvelä.

TEKNIKAN TOHTORIT, KEVÄTLUKUKAUSI 2004

Ahmaniemi Antti, Modified Thick Thermal Barrier Coatings – valvoja prof. Tapio Mäntylä.▲

POHTO 2005

International Seminars

Maintenance, Condition Monitoring and Diagnostics

September 28 – 29, 2005
Oulu, Finland

Organizers:
University of Oulu

POHTO - The Institute for Management and Technological Training

This seminar surveys the latest developments in maintenance in the process and energy industries, starting from the engineering of production lines.

Central themes include condition monitoring and diagnostics as factors improving productivity and quality making ability and operational reliability as a profit-making factor.

Lecturers

| | |
|-------------------|--|
| Bo Hägg | Underhållsföretagen, Sweden |
| Kenneth Holmberg | VTT Industrial Systems, Finland |
| Aino Helle | VTT Industrial Systems, Finland |
| John MacIntyre | University of Sunderland, UK |
| Jerry Mackel | Acida Torqcontrol GmbH, Germany |
| Jens Strackeljan | Technical University of Clausthal, Germany |
| Sulo Lahdelma | University of Oulu, Finland |
| André Smulders | SKF Condition Monitoring, Netherlands |
| Hannu Rautiainen | Metso Automation, Finland |
| Jari Rinkinen | Tampere University of Technology, Finland |
| Bo Jacobson | Lund University, Sweden |
| Kauko Leiviskä | University of Oulu, Finland |
| Esko Juuso | University of Oulu, Finland |
| Henry Mikkonen | Metso Paper, Finland |
| Seppo Virtanen | Tampere University of Technology, Finland |
| Robert B. Randall | The University of New South Wales, Australia |
| Ralf Surmann | Framatome ANP GmbH, Germany |

Contacts and Information:

Kari Palokangas,
tel. +358 (0)8 5509 877
e-mail: kari.palokangas@pohto.fi

Clean Steel Technology Short Course

August 23 – 24, 2005
Oulu, Finland

Organizers:
VMY - The Finnish Association of Mining and Metallurgical Engineers

POHTO - The Institute for Management and Technological Training

The objective of this course is to develop a working knowledge of the processing science and technology which is necessary for the production of modern clean steels. The state of the art involving the ladle, tundish, mold and metal transfer operations are covered in this newly revised intensive course.

This course is directed on the production, research and development personnel in the steelmaking industry and on the postgraduate students at the universities. The course will be applicable to both BOF and EAF producers of carbon steel as well as to AOD producers of stainless steel.

Lecturers

Professor Richard J. Fruehan and Professor Alan W. Cramb, Center for Iron and Steelmaking Research, Carnegie Mellon University, USA

Topics

After a brief review of the basic principles involved in producing clean steel the following topics will be discussed:

Slag Fundamentals
Slag Design for Ladle and Tundishes
Slag Control and Modification
Slags for Phosphorus and Nitrogen Removal
Desulfurization
Inclusion Modification
Low Carbon Steel Production
Deoxidation and Inclusion Removal
Hydrogen and Nitrogen Control
Strategies for Clean Steel
Temperature Control and Scheduling
The Origin of Steelmaking Related Product Defects

Contacts and Information:

Markus Hietala,
tel. +358 (0)8 5509 753,
e-mail: markus.hietala@pohto.fi





- * VMY:n pääsihteeri toivoo kaivoskasku-perinteelle jatkoa
- * Aktiiviset vuorinaiset
- * Metallurgit Olkiluodossa
- * Geologit Lounais-Suomessa
- * Kaivosjaosto Turkissa
- * Rikastus- ja prosessijaosto Saksassa ja Hollannissa

Pääsihteeriltä

Edessä

Vuorimiespäivien 1.4.- 2.4.2005, teema on "Vuoriteollisuus ja EU globaalista näkökulmasta". Pääsalin puhujiksi on luvassa näyttävät nimet, kotimaasta ja kauempaa. Tapahtumapaikkojen suhteen perjantaipäivä seuraa totuttua kaavaa. Seuralaisten kohteena on Eduskunnan vastavalmistuneen lisärakennuksen yleisöaula, jossa isäntänä kansanedustaja Eero Akaan-Penttilä avustajineen.

Takanapäin

Jaostojen syystapahtumat, pääsin osallistumaan useimpiin, kiitos matkakumppaneille retkiseurasta. Kaikki olivat täysipainoista vuorimiesasiaa, viihteellisine sivukiemuroineen. Kaivosjaosto meni kauimmaksi, Euroopan rajojen taakse, Turkkiin. Muut matkasivat Euroopassa tai kotimaassa. Valokuvat jaostojen kotisivuilla todistavat mitä tehtiin, tosin ilman sitsilauluja tai muita äänitehosteita.

Erään jaoston matkalla kuulin aloitteen, jonka haluan kertoa kaikille, se oli ajatus kaivoskaskuperinteen jatkamisesta. Aiheesta on ennestään kirjoitettu ainakin yksi kirja, maanrakentajatkin (SML) ovat tehneet omansa, "Monttu auki - Monttu kiinni". Tuorein kirja on pian parikymmenvuotias, mutta uusia tapahtumia, kuvia, kaskuja syntyy jatkuvasti työmailla, retkillä, juhlimisen lomassa. Tässä pallo takaisin jaostoille mahdollisia jatkotoimia varten!

Syystapahtumia seurattaessa saattoi selvästi havaita missä on yhdistyksen vahvuus. 2200 jäsentä eivät mitenkään voi toimia samaan tahtiin, paitsi Vuorimies-

päivillä, siinäkin joudutaan tilaongelmien eteen Helsingin ravintoloiden vaihtaessa omistajaa ja konseptia. Maestroon emme enää mahdu lounastamaan lauantaina. Jäsenistön aktiivisuus kanavoituu jaostojen kautta, vuosittain valitut johtokunnat hakevat toimintamallit ammatillisista lähtökohdista. Sain todeta että istuvat johtokunnat ovat tänä vuonna ponnistaneet kokoon ajankohtaiset ja informatiiviset ohjelmat.

Vielä yksi asia syystapahtumista: Retkien isäntäfirmit saivat jaostojen kiitoksina pienen muistoesineen, joku sai yhdistyksen viirinkin. Lisäksi isäntiä ja sponsoreita muistettiin sitsilauluin, ainakin yksi per pöytäkiertos. Siihen nähden ettei retkivalmisteluihin kuulunut lauluharjoitus etukäteen, exkursiot selvisivät hyvin. Lyhyen laulumonisteen jakamisen lähtijöille etukäteen auttaisi asiassa. Ainakin kaksi laulua on - jo killanko piirissä? - opeteltu väärin. "Nyt Takit Poies Kiskaiskaamme..." -melodia liukuu heti alussa kertosaakeen puolelle. Killan Vappulounaalla taas se vuosikertalaulu liukuu kokonaan toiseen musiikkikappaleeseen; "Arvon mekin ansaitsemme...". Laulu sekin, mutta Polyteknikkojen Kuoro on sitsilaululevyllään ikuistanut melodiat oikein, kapakkataustakin on äänityksessä "livenä". Elävät kuorolaiset antanevat auliisti apunsa pyydettyä.

Syyskauden mittaan on media kertonut että alamme isoilla toimijoilla menee hyvin ja metallien hinnat ovat olleet nousussa. Lokakuussa hintanoteerauksiin tosin ehti tulla kunnan notkahdus. Myös alkutuotannon puolella tapahtuu; kaivoshankkeita on kehitteillä lupaavan makuisesti. Useita tunnettuja vuorimiehiä on asialla, yrittäjinäkin. ▶

Parasta loppuvuotta 2004!

Antero Hakapää, VMY:n pääsihteeri

Vuorinaisten syysretki

Vuorinaiset järjestivät lokakuuisena sunnuntaina (3.10.2004) syysretken Mikkeliin, missä vuorinaiset ja vuorimiehet tutustuivat yhdistyksemme jäsenen, Ulla Savisaloon ja hänen miehensä Hannu Savisaloon aikaansaannoksiin, Savcor Group'iin ja Ballet Mikkeli -tapahtumaan. Sunnuntaiaamuna osa oli ehtinyt tutustua Helsingin Sanomien kulttuurisivulla retkikohteisiimme mm. siihen kuinka Savcor Group tukee Ballet Mikkeli -tapahtumaa sekä Romeon ja Julian nuoriin esittäjiin. Linja-automatkan aikana olin saanut vihjeitä, että lehteen oli vilahtanut painovirhepaholainen ja latonut lukuihin liikaa nollia.

Syysretkelle osallistui 51 henkilöä, joiden joukossa oli yhdistyksen perustajajäsen, Kaija Marmo; hänellä lienee eniten vuori-

naisten retkiosallistumisia yhdistyksemme historiassa. Matkanjohtajana oli yhdistyksemme puheenjohtaja Leena Juusela, joka oli saanut retkiohjelman kaikki osat loksautamaan paikalleen "minuuttitarkkuudella".

Savcor Group, Global Human Technology

Savcor syntyi 1981 Mikkeliissä Hannu Savisaloon ajatustyön tuloksena. Sijaintipaikaksi tuli vaimon, Ullan, kotikaupunki, johon he olivat asettautuneet asumaan. Sopiva koulutus ja korroosion olemassaolo olivat myös tärkeitä tekijöitä yrityksen perustamisessa. Tällä hetkellä Savcor-yhtymään kuuluvia yrityksiä löytyy yli kahdestakymmenestä paikasta ympäri maapalloa. Savcor Group →



on kotiutunut neljään maanosaan, Eurooppaan, Australiaan, Amerikkaan ja Aasiaan ”öökkösjärjestyksessä”.

Vierailumme alkoi isännän johtamalla tehdaskierroksella, jonka aikana kuulumme ja näimme haasteellisia metallurgisia prosesseja. Hannu Savisalo piti hienon ja monipuolisen esityksen, jossa Global Human Technology -sanojen takaa paljastui viisi hyvin eri aloilla toimivaa yritystä: Savcor Coatings, Savcor Process, Savcor Art, Savcor Forest ja Savcor One. Savcor Coatings-toiminta liittyy kännyköihin, mikä antoi vastauksen kysymykseen, mitä yhteistä voi olla vuorimiehellä ja kännykkäteollisuudella. Savcor Process oli alussa pelkkä Savcor Oy, joka tuotti ratkaisuja korroosio-ongelmien poistamiseen ja jonka liikepartnerit löytyivät sellu- ja paperiteollisuudesta. Savcor Art:n toimintaa voi ihailia tällä hetkellä mm. Sydneyn Oopperatalon uudesti syntyneessä kauneudessa ja Tokion satamassa; tulevaisuudessa moni teollisuuden infran luomus tarvitsee Savcor Art:n korroosion poistoratkaisuja. Savcor Forest tarjoaa metsäteollisuuden palveluja ja ratkaisuja, joissa mm. puunhankinta ja puukuljetukset voidaan hoitaa taloudellisella tavalla. Savcor One on keskittynyt logistiikkapalvelujen tuottamiseen konteille. Tasa-arvo, vastuu työnteossa, elämänhalu ja jatkuva oppiminen kuuntelemalla ovat yhtiön arvoja, jotka ovat myös vierailukohteemme isännän oman elämän arvoja. ”Oikeiden” henkilöiden hakeutuminen yhtiöön on ollut myös yrityksen menestymiselle erittäin tärkeää.

Innostava ja mielenkiintoinen esitys teknologiarytyksestä oli maustettu tuhdilla tietomäärällä, jota terästettiin maukaalla lohikeitolla lisukkeineen. Ruokailun aikana selvisi painovirhepoholaisen tekokset: koko yhtiön 1100 työntekijän lukumäärään oli vilahtanut nolla liikaa ja sponsorisummat olivat menneet sekaisin.

Opiskeluaiikainen kiinnostuminen klassiseen balettiin on johtanut Ballet Mikkeli -tapahtumaan, jota he yhdessä johtavat. Siihen liittyvää festivaalia järjestää Savcor-yhtiöihin kuuluva SCI-Finance Oy.

Isäntäpari kertoi yhdessä mm. Romeo ja Julia -esittämisen historiasta 1930-luvulta alkaen tähän päivään. Tämän Imperial Russian Balletin esityksen lavasteet oli suunniteltu ja teetetty mittatilauksena Martti Talvela-saliin Ukrainassa kuuluisan ukrainalaisen lavastetaiteilijan mallien mukaan.

Romeon ja Julian esittäjät eli solistit ovat nuoria, jotka ovat myös oikeassa elämässä rakastunut pari. Mikkeli on varmasti heille hyvinkin tärkeä paikka, koska he ovat tavanneet ensimmäisen kerran täällä. Vierailun emäntä, Ulla Savisalo, oli järjestänyt hienon kirjalliset esitykset Ballet Mikkelistä, mm. erittäin upean Ballet Mikkeli 10-vuotisjuhlateoksen, jota on mukava silmäillä vuosienkin kuluttua ja muistella, kuinka upea syysretkikohteemme oli vuonna 2004. Vierailun jälkeen siirryimme hyvin ”valmennettuina” ja mukavien yksityiskohtien valaisemina

linja-autolla Ballet Mikkelin juhlapaikalle. Matkan aikana ihastelimme isäntäparimme valtavan työmäärän täyttämää elämää, jossa ystävällisyys ja kauneuden ihannoitiin on tarttuvaa. Savcor-käynnin jälkeen olen seilaillut useaan kertaan erinomaisia yhtymän kotisivuja osoitteessa <http://www.savcor.com>, josta vuorinainen löytää useita mielenkiintoisia tulevien matkojen mahdollisia tutustumiskohteita, joissa voi ihailia suomalaista erityisosaamista.

Ballet Mikkeli, Romeon ja Julian rakkaustarinan seuraajiksi

Linja-autosta laskeuduttuamme juhlapaikan, Mikaelin, pysäköintialueelle saimme todeta, että Romeo ja Julia -esitys oli saanut lähemmään ihmisiä kaukaa ja läheltä seuraamaan Veronan tapahtumia, Mikkeliin.

Aamulla Helsingin Sanomat oli esitellyt arkkitehti Arto Sipisen suunnitteleman Kongressi- ja konserttitalo Mikaelin, jota



Matkanjohtajamme Leena Juusela kiitti Savcorin esittelystä Hannu Savisaloa. Ballet Mikkelin tapahtumakiireiden keskeltä Ulla Savisalo ehti vastaanottamaan kukkasen ja nauttimaan kanssamme lohikeittoa sekä kertomaan miehensä kanssa tulevasta esityksestä konsertti- ja kongressitalo Mikaelissa.

pitäisi laajentaa. Seurueessamme olleille espoolaisille paikka oli heti tutun oloinen, koska Espoon kulttuurikeskus on saman arkkitehdin kynän jälkeä. Balettiesitys kesti noin kaksi ja puoli tuntia sisältäen kaksi väliaikaa. Väliajalla nautimme kahvit leivoksen kera ja katseenvangitsijoina olivat upeat kukka-asetelmat ja ikkunoista näkyivät upeat maisemat Pankalammelle.

Martti Talvela-salin lavalle oli lavastaja Yevgeni Lysik taidokkaasti luonut renessanssiaiheisen maalauksen kolmiulotteisen maiseman ja lavan eteen oli upotettu baletti-orkesteri. Leonid Lavrovskin alkuperäinen koreografia Sergei Prokofjevin musiikkiin oli nyt erityisen huomion kohteena, koska tätä koreografiaa on käytetty vuonna 1934 Venäjällä. Anna Ipatjevan suunnittelemat puvet täydensivät loistokasta esitystä, jonka solistit taputettiin lavalle monta kertaa. Kiril Radev Romeona ja Alija Tanykpaeva Juliana tulkitsivat roolinsa uskottavasti, mitä oli ilo seurata. Esityksen seurantaan annettu

”valmennus” oli tuottanut mieliin painuvan kokemuksen, josta oli paljon keskusteltavaa paluumatalla. Suurenmoiset kiitokset, Ulla ja Hannu Savisalo! Balettiesityksen jälkeen suuntasimme kohti Rantakylää ja Ison Vuolinkojärven rannalle, Kekkolan kartanoon päivälliselle.

Kekkolan kartanossa

Tilan historia alkaa 1740-luvulta ja monivaiheisten tapahtumien jälkeen muuttunut kartanoksi. Presidentti Urho Kekkosen esisäät ovat viljelleet maata 1500-luvulla näillä alueilla, jotka myöhemmin kuuluivat tilaan (Professori Voipion tutkimukset Suomen Kuvalehdessä 1980-luvulla). Tilan ensimmäisen rouvan, Malviina omaa sukua Juuttilaisen, lempiväri, joka oli keltainen, hallitsee ympäristöä. 1990-luvulla kaksi hevosharrastuksen yhdistämää naista, Anna Sauli-Hälikkä ja Merja Metsävaara-Mild, perustivat Kekkolan kartano -yhtiön, jonka toimialana on järjestää kesäisin ratsastukseen liittyviä aktiviteetteja ja muina aikoina tilauksesta erilaisia tapahtumia. Päärakennus, jossa nautimme kartanomenuun, on valmistunut 1920-luvulla.

Maittavan päivällisen jälkeen oli hetki aikaa rupertella kuulumisia. Ruokailusalin seinällä olivat tilan omistajasuvun kantavanhemmat, joista alkoi Muinosten aikakausi. Muinosen perikunta myi rakennukset ja ympäröivät maat nykyisille pitäjille. Kalustaminen on tehty alkuperäisillä esineillä, mm. alakerrassa oli väentupakalusteet kuten täyspitkät penkit ja kivihiulellä toimiva uuni, joka oli valmistettu 1880-luvulla Norjassa.

Sota-aikana tilalla on ollut hyvin arvovaltaisia vieraita, koska Mikkeli oli päämajakaupunki. Täydellisten remonttien jälkeen rakennukset oli saatu kukoistamaan niin, että osa retkeläisistä oli valmiita myös nauttimaan kartanon muista antimista kuten saunamaailmasta ja ihanista majoitustiloista Kekkolan kartano sai monta uutta ihailijaa. Ennen seuraavaa vierailua voi tehdä virtuaaliretkiä osoitteessa <http://www.kekkolankartano.fi/viewmaster/index.htm>.

Paluumatalla

Pimenevässä illassa alkoi kotimatka, jonka aikana kehuttiin onnistunutta retkikohdetta. Raimo Matikainen piti vuorimiesten kiitospuheen, jonka tärkein toive oli ”alkaneesta” syysretkiperinteestä. Sanna-Leena Alopaeus lausui kiitokset, joista oman osuutensa allekirjoittanut ohjaa suoraan matkanjohtajalle.

Oli virkistävä kokemus tavata niin monta innovatiivista ja aikaansaavaa ihmistä: Savcorin ja Ballet Mikkelin perustajat ja Kekkolan kartanon uudet emännät. Vuorinaiset ry:n sanat eivät riittä kertomaan, kuinka voisimme kiittää Outokumpu Oyj:n tuesta ja Ulla ja Hannu Savisaloon panoksesta Mikkelin päivän vietosta Mikkelissä.▲

Seija Aarnio

Maakuntien miehet ja nainen aloittivat ekskursionsa lentoasemalta, josta suuntasimme Otaniemeen Geologian tutkimuskeskukseen. Siellä joukko kasvoi lopulliseen kokoonsa, eli retkelle lähti 23 jaoston jäsentä. Tänä vuonna ekskursio suuntautui Lounais-Suomeen.



Ekskursiolaiset Tulikivi Oyj:llä Järppilässä. Oppaana tehdaspäällikkö Martti Silvennoinen (neljäs vasemmalta). Kuva Olavi Paatsola.

Geologijaoston syyskursio Lounais-Suomeen 28.-29.9.

Matkalla kohti Kemiön saarta Olli Sarapää Geologian tutkimuskeskuksesta johdatti aiheeseen kertomalla heidän teollisuusmineraalitutkimuksistaan Etelä-Suomessa ja hieman laajemmin. Mikäli Olliin on uskominen, Suomessa on potentiaalia ja saamme kuulla uusista löydöistä tulevaisuudessakin.

Poimimme kyytiin oppaamme Juhani Astalan SP Minerals Oy:stä ja suuntasimme aluksi Ala-Auloksen louhokselle. Tihkusade ja mereltä käyvä syyspuhuri ajoivat väen nopeasti takaisin bussiin ja siirryimme tehtaan puolelle. Siellä ryhmämme jakaantui kahtia ja tutustui tuotannon märkään ja kuivaan päähän

sekä laboratorioon. Nykyinen tuotanto alkoi vuonna 1965 Lohjan Kalkkitehdas Oy Lojo Kalkverk Ab:n toimesta vaikka Kemiön pegmatiittiesiintymiä on pienimuotoisesti hyödynnetty jo 1800-luvulta lähtien. Tällä hetkellä louhitaan kahta erillistä esiintymää, joiden kokonaislouhinta on vuodessa 110 000 tonnia. Tehtaan puolella valmistetaan vaahdottamalla ja magneettisella separoinnilla maasälpä- ja kvartsirikastetta sekä lasiteollisuudelle että keraamiselle teollisuudelle ja lasikuidun valmistukseen. Lisäksi tehtaalla jalostetaan belgialaista valimohiekkaa ja Lapinlahden anortosiittia. SP Minerals Oy kuu-

luu nykyisin kokonaisuudessaan SCR Sibelcoon. Laulun arvoisen lounaan nautimme Kemiössä SP Mineralsin isännöiminä. Kiitimme isäntiämme ja jatkoimme kohti Paraista.

Paraisten kaivos

Paraisilla meitä olivat vastaanottamassa Norkalk Oyj:n puolesta Håkan Pihl ja Gerhard Hakkarainen. Håkan Pihl antoi yleiskuvauksen Nordkalkista tänään ja Gerhard Hakkarainen perehdytti meitä syvemmälle yhtiön toimintoihin Paraisilla ja kaivoksen geologiaan ja tuotantoon.

Paraisilla louhinta aloitettiin vuonna 1889, eli toiminta on jatkunut 115 vuotta. Historiallisesta katsauksesta kävi ilmi myös yhtiön merkitys Paraisille. Menneinä vuosikymmeninä noin joka kahdeksas paraislainen on ollut yhtiössä töissä. Toki näistä luvuista on tultu huomattavasti alaspäin mutta edelleen yhtiön merkitys paikkakunnalle on suuri. Kaivoksen vuosilouhinta oli vuonna 2003 2,05 miljoonaa tonnia, josta hyötykiven osuus oli 1,45 miljoonaa tonnia. Primäärimurskaus tapahtuu maan alla ja murskattu kivi tuodaan rikastuslaitokseen kilometrin pituista hihnakuljetinta pitkin. Yli 35 mm kivi rikastetaan optisella lajittelulla. Kiveä käytetään pääasiassa rakennusteollisuuden tarpeisiin ja raakakiveä toimitetaan vuosittain noin 1.1 miljoonaa

Vuorimiesyhdistyksen Geologijaosto järjestää

7. Geokemian Päivät 24.-25.2. 2005, Geologian tutkimuskeskus Espoo
Päivien ohjelmassa on seuraavat sessiot:

* **Näytteenotto** (puheenjohtaja Heikki Niskavaara, e-mail:

heikki.niskavaara@gtk.fi)

* **Taajamageokemia** (puheenjohtaja

Veli-Pekka Salonen, e-mail:

veli-pekka.salonen@helsinki.fi)

* **Isotooppigeokemia** (puheenjohtaja

Hannu Huhma, e-mail:

hannu.huhma@gtk.fi)

* **Raaka-aineet ja geokemia** (puheen-

johtaja Jussi Aarnisalo, e-mail:

jussi.aarnisalo@outokumpu.com)

Ohjelmaan sisältyy sekä suullisia esityksiä että posteresityksiä. Esityksiä voi vielä tarjota em. sessioiden puheenjohtajille. Lopullinen ohjelma valmistuu marraskuussa.

Kairauspäivät 3.2. 2005

Hotelli Kuninkaantie, Espoo

Ohjelmaan sisältyy suullisia esityksiä ja näyttely. Tiedusteluihin vastaa järjestelytoimikunta:

Urpo Kuronen

(urpo.kuronen@dragonmining.fi)

Kari Lohva (kari.lohva@smoy.fi)

Timo Mäki (timo.maki@pyhasalmi.com)

Esko Räisänen (esko.raisanen@gtk.fi)

tonnia sementin valmistukseen. Toinen tärkeä tuote on valkoinen kalsiitti, jota myydään laastinvalmistukseen ja julki-sivurouheeksi. Muut tuotteet ovat maatalouskalkki, vesilaitusrouhe ja ruokin-takalkit.

Esittelyn jälkeen Gerhard johdatti meidät kierrokselle kaivokseen ja läjitysalueelle. Kävimme myös ihastele-massa optista lajittelua uudella lajitte-lulaitoksella. Väsymätön silmä tarkkai-lee kivivirtaa, josta paineilma ampuu väräänväriset kivet pois. Tulos oli vai-kuttava kun vertasi syötettä ja lajiteltuja jakeita.

Taivassalon luonnonkivikohteet

Kiittelimme isäntiämme ja jatkoimme matkaa. Lyhyen pyrähdysen jälkeen saavuimme Turkuun ja majoituimme Holiday Club Caribiaan. Osa joukosta kävi virkistäytymässä kylpylässä ennen päivällistä. Päivällinen nautittiin rauhalliseen tahtiin ja jutun juurta riitti vielä sen jälkeenkin tovin ennen kuin porukka hajaantui sen mukaan kutsui-ko lepo vai kaupungin valot.

Aamu valkeni Suomen Turussa edel-lispäiväistä aurinkoisempana ja vuori-miehet ja -nainen kömpivät koloistaan liikkeelle. Suuntasimme kulkumme Taivassaloon, jonne oli noin tunnin ajomatka sen jälkeen kun kuljettaja oli selvittänyt reitin pois kaupungista (tu-ristien poistumista bussilla on hanka-loitettu matalilla alikulkusilloilla). Aa-muaurinko kultasi ruskan värejä, jotka olivat ainakin allekirjoittaneelle syksyn komeimmat.

Taivassalossa Ahaisten louhoksella meitä oli vastassa Palin Granit Oy:n ympäristöpäällikkö Antonia Ramsay. Palin Granit Oy aloitti louhinnan Ahai-sissa vuonna 1975. Nykyinen louhimo avattiin vuonna 1980. Louhittava kivi nimeltään "Balmoral Red" ja sitä lou-hitaan Ahaisissa n. 6 000 m³ vuodessa. Louhinta ulottuu noin 40 metriä meren-pinnan alapuolelle ja lupaa on nykyis-ten lupien mukaan louhia -60 metriin saakka. Balmoral-kiven laatu määritel-lään louhimolla silmämääräisesti kivi-en pesun jälkeen. Väriin lisäksi kiinni-tetään huomiota juoviin ja sulkeumiin joita ei sallita ykköslaadun kivessä. Blokkien koko vaihtelee suunnittelun lopputuotteen mukaan 2,5-8 m³ välil-lä. Kiveä viedään ympäri maailman. Laadun lisäksi asiakkaat arvostavat toimitusvarmuutta ja jatkuvuutta siten, että saman tyyppistä kiveä on saatavissa myöhemminkin.

Ympäristöasiat ovat keskeisiä myös Palin Granit Oy:n toiminnassa. Louhi-mo sijaitsee käytännössä meren rannal-

la ja alueella on paljon loma-asutusta. Tämä seikka on otettu huomioon toi-minnassa ja eri intressit pyritään sovit-tamaan keskenään. EU-tuomioistuin on myös päättänyt, että louhinnassa syntyvä sivukivi, jota syntyy 80-90 % irrotettavan kiven määrästä, on jätettä. Kivelle pyritään löytämään käyttökoh-teita, mutta ongelmat ovat samat kuin kaivosteollisuuden sivutuotteiden kanssa useimmiten. Monista hyvistä ominaisuuksista huolimatta kysyntä ja tarjonta eivät kohta.

Keskustelimme myös termeistä luon-nonkivi, rakennuskivi ja tarvekivi. Alan eri toimijat käyttävät omia nimiään ja osaltaan ehkä luovat sekaannusta kan-san syviin riveihin. Kovin vahvaa kivi-alan tietämystä ei osoita sekään erään osallistujan siteeraama Metro-lehden haastattelema arkkitehti, jonka käsityk-sen mukaan graniitti on synteettinen materiaali ja luonnon kivet ovat erik-seen.

Tulikivi Oyj:n jalostamolla Järppiläs-sä tapasimme tehdaspäällikkö Matti Silvennoisen, joka herätteli porukan visiolla luonnonkiviteollisuuden tule-vaaisuudesta Suomessa kansainvälisen kilpailun puristuksessa. Kiveä tulee markkinoille eri puolilta ja kilpailu on raadollista, hinta on useimmiten mää-rävä tekijä. Järppilässäkin oli blokkeja eri puolilta maailmaa odottamassa jat-kojalostusta. Seurasimme kiven mat-kaa raamisahalta valmiiksi saakka; toki nopeutettuna, koska suuren blokin sa-haus yksistään kestää vuorokausia.

Jokisivun kultaesitelmä

Nautimme nopean lounaan Taivassa-lossa ja valitsimme reitin kohti Huit-tisia. Matkalla Tapio Lehto Geologian tutkimuskeskuksesta johdatti meidät jalometallien maailmaan kertomalla Geologian tutkimuskeskuksen kultatutkimuksista Etelä-Suomessa. Alueel-la on useita mielenkiintoisia aiheita, joi-ta on selvitelty ja tullaan selvittelemään vielä tulevaisuudessa.

Jokisivulla ohjelma alkoi Suomen Malmi Oy:n järjestämällä maastokah-veilla. Isäntänä hääri toimitusjohtaja Pekka Mikkola emäntineen kuusikon siimekseen rakennetussa tukikohdassa. Matkalla väistelimme suppilovahveroi-ta ja kairakoneita. Ensimmäin mainitut kertoivat vuosisadan suppilovahverosyys-tä ja jälkimmäiset Jokisivulla käynnissä olevasta vilkkaasta tutkimustoimin-nasta. Polar (Dragon) Miningin puoles-ta kohdetta olivat esittelemässä Pentti Grönholm ja Jukka Jokela.

Jokisivun kultaesitelmä liittyy muu-taman metrin levyiseen kiisupitoiseen

Kaivos- jaoston matka Turkkiin 6.-10.10.

Vuoden 2004 kaivosjaos-ton syysretken kohteena oli Turkki. Maan EU-kel-poisuuden varmistamiseksi matkalle lähetettiin 23 vuori-insinöörin delegaatio.

Matkan ensimmäisenä kohteena oli Cayelin kupari-sinkkikaivos Koillis-Tur-kissa. Huomattakoon, että kaivoksen omistajayhtiö Inmet Mining Corpora-tion Kanadasta, on sama kuin Pyhäsal-men kaivoksella. Kaivoksen tuotanto on n. 1 Mt/a pitoisuudeltaan 4 % kuparia ja 5.5 % sinkkiä ja kaivos työllistää 500

kvartsijuonisyysjärjestelmään, joka leikkaa muuttumatonta keskirakeista dioriit-tia. Tällä hetkellä esiintymää on seuratu kairaamalla yli 800 metrin matka ja se jakaantuu kahteen vyöhykkeeseen: Kujankallio ja Arpela. Tutkimukset ovat tähän mennessä keskittyneet pin-taosan selvittämiseen, mutta viitteitä sen jatkumiseen syvemmälle on ole-massa. Esiintymä on kuitenkin auki sekä syvyys- että pitoisuusnassa itä-osastaan. Vuoden 2003 varannot olivat reilut 1,2 Mt keskipitoisuudella 7,7 g/t. Tänä vuonna tutkimuksia on jatkettu ja tulokset ovat olleet myönteisiä. 260 ton-nin bulkinäyte on otettu Kujankallion vyöhykkeestä ja siitä tehtyjen alustavien metallurgisten testien perusteella malmi voidaan prosessoida Vammalan rikastamolla pienin prosessimuutok-sin. Rikastus vaatisi sekä gravimetrisen että vaahdotusrikastuksen.

Sadekuuro saatteli meidät jälleen bussin suojiin ja Jokisivulta suunnattiin kotimatalle. Pari miestä jäi joukosta suunnitellusti jo Huittisissa. Valtaosa hyvästeli toisensa Otaniemessä ja muu-tamat meistä jatkoivat vielä lentoase-malle, kotimatkan viimeiselle osuudel-le.▲

Erkki Kuronen, ekskursiomestari



Kaivosjaoston syysretkeläiset Cayelin kaivoksella. Lisää kuvia löytyy jaoston kotisivuilta www.vuorimiesyhdistys.fi/kaivos

henkilöä. Kaivosta ollaan syventämässä ja malmia arvioidaan riittävän ainakin seuraavaksi 12 vuodeksi.

Toisena päivänä tutustuimme tarkemmin Koillis-Turkin maaseutuun minibussista käsin. Seutu on rehevää ja vuorenrinteet täynnä teeviljelmiä. Alueelle ollaan rakentamassa myös valtavaa pataa

ja vesivoimalaa, johon tutustuminen piti olla päivän pääohjelma. Ainoa padolle kulkeva tie kuitenkin suljettiin aivan nämmä edestä ilmeisesti räjäytystöiden takia, jolloin varsinainen tutustumiskohdeksi tarkoitettu valmis patorakennelma jäi meiltä näkemättä. Näimme kuitenkin jokilaaksossa tapahtuvia louhinta- ja

maansiirtötöitä sekä alajuoksulla olevan toisen massiivisen padon rakennustöitä – tosin etäältä tarkasteltuna.

Kolmas päivä oli pyhitetty Istanbuliin ja sen nähtävyyksiin. Basaareissa oli lisäksi mahdollisuus jalostaa eurot metalleiksi tai toisinpäin. Päivän ohjelmaan mahtui myös muotinäytös paikallisessa nahkatavaraliikkeessä.

Niin päivisin kuin iltaisinakin kävimme syömässä paikallisissa ravintoloissa. Ruoka ja juomat ovat hyviä ja sopivasti maustettuja. Hintataso on noin 25 % edullisempi Suomeen verrattuna.

Matkan aikana säät suosivat ja lämpötila vaihteli +20-asteen molemmin puolin. Minibussissa oli tunnelmaa ja laulu raikasi koko matkan ajan. Istanbulissa saatiin myös kosketusta paikalliseen napatanssiin.

Syysretki oli erittäin onnistunut ja lyhyessä ajassa näimme läpileikkauksen niin turkkilaisesta maaseudusta kuin 14 miljoonan asukkaan suurkaupungista. Matkan aikana monet pääsivät esiintymään myös miljonääreinä, koska yksi euro vastaa 1.8 miljoonaa Turkin liiraa. Yhteenvetona, 23 kaivosnaisen ja -miehen puolesta, voimmekin toivottaa Turkin tervetulleeksi EU:hun.▲

Teksti Sami Niiranen ja Jari Honkanen

Metallurgijaoston kesäretki Eurajoen Olkiluotoon

Metallurgijaosto vei tällä kertaa jäsenistöään kesäretkelle elokuun 27. päivänä Eurajoen Olkiluotoon tutustumaan Teollisuuden Voiman toimintaan, ydinvoimaan ja Suomen viidennen ydinvoimalan rakennusprojektiin. Paikalle saapui 32 aiheesta kiinnostunutta jaoston jäsentä.

Päivän ohjelmassa oli mielenkiintoiset luennot Teollisuuden Voimasta, Suomen energiataloudesta, päästökaupan vaikutuksista sekä Olkiluodon kolmannen voimalaitosyksikön rakentamisesta. Kiitokset luennoitsijoille Hannu Huovilalle, Martti Kätkälle ja Tapio Saarenpäälle. Vierailukeskukseen oli



Portit aukeavat luolamiesten maailmaan.

myös koottu kiinnostava näyttely energiantuotannosta ja ydinvoimasta.

Iltapäivällä pääsimme tutustumaan toiseen identtisistä voimalaitosyksiköistä. Kaikki läpäisivät tiukat turvatarkastukset eikä kukaan säteilyllä liikaa poistuessamme ydinvoimalasta. Säteilymittari halusi viehkeästi pyytää tarkastella useimpia lähemmin.

Voimalaitosyksikön jälkeen perehdyimme käytetyn ydinpolttoaineen sijoittamiseen. Vierailimme luolastossa, jossa sijaitsee matala-aktiivisen käytetyn polttoaineen välivarasto. Tutustuimme myös jätteen loppusijoituksen suunnittelua varten perustettuun tutkimustilaan, ONKALOon. Näimme loppusijoituksessa kallioperään upotettaviksi suunniteltuja kapseleita, jotka sisuksiltaan pallografiittirautaisina ja ulkokuoriltaan kuparisina miellyttivät metallurginkin silmää.

Illanviettoa jatkoimme muuten vain säteilevinä ravintola Villa Tallbon viehättävässä miljöössä herkullisen illallispöydän merkeissä. Liekö syynä ollut talon sitkeä tapa, vai vuorimiesten maine, mutta jouduimme useista pyynnöistä huolimatta ottamaan ruokaa, ennen kuin saimme nautittavaksemme ensimmäiset tervetulosnapsit.

Kiitokset isännille ja osallistujille onnistuneesta kesäretkestä!

Riikka Koskelainen, jaoston sihteeri

Huom. Jaoston tiedotus jäsenistölle pyritään hoitamaan ensisijaisesti sähköpostin välityksellä. Valitettavasti moderni tekniikka teki tepposet kesäretkikutsujen kanssa, jotka outokumpulaisten osalta tuhoutuivat roskapostisuodattimessa. Täten suuri joukko jäseniä ei saanutkaan kutsua. Sihteeri pahoittelee syvästi tapahtunutta!▲

Rikastus- ja prosessijaoston syysekskursio 22.-25.9. Saksaan ja Hollantiin

Ennakkoluulottomasti Eurooppaan

Jaostonjohtokuntamietti matkakohteita ja totesi, että vaikka Euroopassa ollaan niin keskemälle on päästävä. Matkan kohteet suunniteltiin taas kerran nopeasti, mutta huolellisesti. Oleellista matkakohteita valittaessa oli tällä kerralla se, että visiitit suunnitettiin ensisijaisesti laitevalmistajien luo. Seuraavassa on lyhyehkösti kuvattu tapahtumat sellaisina kuin ne suunnilleen tapahtuivat ja kirjoittaja ne itse muistaa.

Keskiviikko 22.9. Düsseldorf

Kokoontuminen lähtöpaikkaan Helsinki-Vantaan lentoasemalle oli jokaisen osallistujan omalla vastuulla ja harkinnassa. Suunnilleen puoli tuntia ennen koneen lähtöä totesimme, että ainakin suurimmaksi osaksi tutunnäköistä porukkaa oli pyrkimässä Düsseldorfin menevään aamukoneeseen, ja niin alkoi matkan ensimmäinen osuus. Matkapahoinvointikaan ei noin lyhyellä lennolla pääse yllättämään,

ja saksanmaalla oltiin jopa hieman aikataulusta edellä jo klo 09.00 aikoihin paikallista aikaa. Matkatavarat löytyivät yhtä laukkua lukuunottamatta, joten saanti oli hyväksyttävä, ja puutuva laukkukin saatiin jo illaksi hotelliin. Lentoasemalta lähdimme suoraan bussilla kohti noin 50 km:n päässä olevaa Kölniä, jossa oli ensimmäinen vierailukohteemme.

KHD Humboldt Wedag GmbH

Ensimmäinen virallinen vierailukohteemme oli varsinkin hienonnustekniikkaan erikoistunut KHD Humboldt Wedag -yhtiö, jonka pääkonttori sijaitsee Kölnissä. Isäntinä meillä olivat prosessi-insinööri Frank-Peter van der Meer ja juuri yhtiössä aloittanut myynti-insinööri Aleksandra Grundken, joka pari vuotta sitten opiskeli EMEC-kursin (European Recycling Course) mukana, siis myös Otaniemessä.

Vierailun asiapitoinen aihe keskittyi käytännössä lähes yksinomaan painevalsijauhauksen ympärille, joka lie-
nee ainakin suomalaisille alan ihmisille

tavallaan yhtiön tavaramerkki. KHD Humboldt Wedag on kuitenkin paljon muutakin. Se jakaantuu toiminnallisesti kolmeen yksikköön, jotka ovat Minerals Processing, Coal Beneficiation ja Cement Technology. Tästä syystä yhtiön tuotevalikoimaan kuuluvat myös mm. jiggit, rumpu-uunit, magneettierotimet ym. Yhtiön historiaa, tuotteita ja muuta voi tarkastella lähemmin nettisivuilta, jonka osoite lopussa. Vierailu lopetettiin kierrokseen työpajalla, sekä pienimuotoiseen demonstraatioon koetehtaalla.

Metso Lindemann GmbH

Suhteellisen tiivis visiittitahtimme jatkui hienonnuseksperttien maailmassa ja takaisin Düsseldorfiin, jossa seuraava visiitti oli Metso Lindemann GmbH. Tällä kerralla kyseessä oli kuitenkin kierrätystekniikkaan erikoistunut yritys, joka tuli osaksi Metso-konsernia taannaisen Svedala-kaupan myötä.

Metso Lindemannin "tavaramerkkinä" ovat puolestaan metalliromun esikäsitteilyyn ja murskaukseen suunnitellut laitteet, kuten giljotiinileikkurit, paalaajat ja varsinkin automurskaukseen suunnitellut shredderit. Näihin laitteisiin ja niiden osiin pääsimme tutustumaan niiden syntysijoilla eli Lindemannin työpajalla. Tutustumiskierrokselle oli yhteyshenkilömmä Claudia Pütz:in organisoimana varattu peräti neljä opasta; Franz Schroer (Production Manager), Michael Arndt (Quality Manager), Wolfgang Haberer (Sales Manager) ja Wolfgang Torscheit (Sales Manager).



Kierroksen jälkeen jatkoimme iltaa meille varatussa illallispaikassa nimeltään "Fuechschen", joka allekirjoittaneen välttävällä saksankielentaidolla kuulostaa fuksilta, mutta kettuahan sillä paikalliset tarkoittavat. Ensimmäinen ilta saksanmaalla päättyi onnellisesti joillakin aikaisemmin, joillakin myöhemmin.

Torstai 23.9. Utrecht

Torstai on toivoa täynnä, ja koska Düsseldorf oli jo keskiviikkona ainakin osittain nähty, niin suunnistimme seuraavaksi samantien rajan toiselle puolelle Hollantiin ja Utrechtiin asti.



Dr Corina Hebestreit, Euromines.



Retkeläisiä Düsseldorfin illassa, irlantilaisissa tunnelmissa.

Larox Pannevis GmbH

Pannevis, joka on erikoistunut, yllätys, yllätys suodatusteknologiaan ja tuli osaksi Larox-konsernia tammikuussa 2004 kun Larox ja Outokumpu julkistivat kaupan Outokummun suodatusliiketoiminnan siirtymisestä Laroxille. Pannevisin tavaramerkkinä ovat nauhasuodattimet, jotka näinollen täydentävät Laroxin tuotevalikoimaa. Isäntien mielestä Laroxilla on nyt tarjota laajan tuotepaletin ansiosta asiakkaalle aina paras ratkaisu, koska vaihtoehtoja löytyy riittävästi.

Isäntinä meillä olivat Utrechtissa Business Managerit Louis Manie, Oskar Sieking sekä Thomas Bongartz. Ohjelmassa oli kahvia ja kalvoja, jonka jälkeen työpajakierros ja iltaohjelmassa oli mm. tunnelmallinen kanavaristeily pimenevässä kaupungissa, joka oli ainakin allekirjoittaneelle ko. lajista ensimmäinen kokemus.

Perjantai 24.9. Utrecht ja Düsseldorf

Edellisestä illasta virkistyneinä kokoonnuimme aamiaisen jälkeen kuuntelemaan alan kuulumisia pääkallopaikalta Brysselistä. Brysselistä oli vieraaksemme saapunut, yhdistyksen pääsihteerin suosiollisella avustuksella, johtaja Dr Corina Hebestreit Euromines'ista. Hän oli tullut kertomaan alan kuulumisista edunvalvontajärjestön näkövinkkelistä.

Euromines

Euromines toimii siis kaivosalan tai paremmin sanottuna kaivannaisteollisuuden edunvalvontajärjestönä EU:n eritasoisten viranomaisten suuntaan. Tällä hetkellä siihen kuuluu 13 kansallista järjestöä ja 18 alalla toimivaa yhtiötä. Suomessa Euromines-yhteyskanavana toimii Kaivannaisteollisuus ry. (KTY = F.A.E.R.I. = the Finnish Association of Extractive Resources Industry), joka on yksi Eurominesin kansallisista jäsenjärjestöistä. Dr Hebestreit kertoi myös muista yhteistyökanavista; Euromines tekee työtä mm. yhdessä ENMR'n kanssa. Tämä taas on European Network of Mining Regions, jäseninä Suomesta Lapin Liitto sekä useampi muu maakuntaliitto. Maakuntaliittojen yhteinen toimisto on sekini Brysselissä, vetäjänä Seppo Heikkilä, joka on monelle tuttu mm Rovaniemen FEM-konferenssista, joka toinen vuosi.

Alan koulutuksessa on puolestaan vaikutuskanavana vuonna 1999 perustettu Federation of European Mineral Engineering Programs (FEMP), joka koordinoi alan yhteisiä koulutusohjelmia (EMC, EMEC ja EGEC), joissa TKK

on myös vahvasti mukana. Lisätietoja näistäkin löytyy lopussa olevista osoitteista.

Brauerei Schümacher

Rikastus- ja prosessijaoston viimeaikaisiin perinteisiin on johdonmukaisesti kuulunut myös panimovierailu. Tässä voidaan todeta muutamin sanankääntein, että vierailu tämän prosessialan toimipaikoilla on aina monella tasolla yhtä rikastuttava kokemus.

Panimovierailumme organisoinnista vastasi Global Account Manager Dirk Otto Laroxilta, joka myös liittyi seurueeseemme vierailun ajaksi.

Kohteemme oli tällä kerralla vanha panimo (perustettu 1838; "eräs vanhimmista", kuten panimoilla yleensä sanotaan), joka kulki vielä "Home brewery" -sanan alla. Tämä tarkoitti vaatimatonta kapasiteettia, ja tuotteetkin piti kuulemma tulla ostamaan paikan päältä. Perjantai-iltana kauppa näyttikin käyvän kohtuullisen mukavasti. Panimon olut myytiin käytännössä ainoastaan litran patenttikorkkisissa pulloissa, joka oli siis jo visuaalisestikin luottamusta herättävä yksityiskohta. Eräs yksityiskohta, joka selventää ehkä joillekin olutsanastoa, on se, että naapurikaupungissa Kölnissä vannotaan Kölsch-oluen nimeen, joka on vaaleaa, mutta Düsseldorfissa puhutaan Alt-oluesta, joka puolestaan on vapaasti tulkittuna tummahkoa. Loppuanalyysinä todettakoon, että jano lähtee kummallakin.

Kiitokset

Suurkiitokset kaikille retken isännille ja isäntäyhtiöille, jotka otitte meidät vastaan. Kiitokset myös yrityksille, jotka sponsoroivat retken eri osuuksia. Sponsoreina toimivat Larox Oyj, Metso Minerals Oy, Weir Warman Oy ja Outokumpu Technology. Lopuksi vielä keran kiitokset kaikille mukana olleille hyvästä hengestä ja mielenkiinnosta. Ja muille, muista että ensi kerralla myös sinä voit olla mukana!

PS. Lisää kuvia retkestä rikastus- ja prosessijaoston kotisivuilla. <http://www.vuorimiesyhdistys.fi/rikastus/index.html>

Lisätietoja laitevalmistajista ja Euromines:sta seuraavista osoitteista.

<http://www.euromines.org/>
<http://www.humboldt-wedag.com/>
<http://www.larox.com/>
<http://www.metsominerals.com/>
<http://www.emec-edu.org/>

*Harri Lehto
T & K toimittaja*

Vuorimiesyhdistyksen toimihenkilöitä 2004

The Finnish Association of Mining and Metallurgical Engineers 2004

Prof. Kari Heiskanen, puheenjohtaja / president

Teknillinen korkeakoulu, Materiaali- ja kalliotekniikan osasto
PL 6200, 02015 TKK 09-451 2789 fax 09-451 2795, 050-555 2789
kari.heiskanen@hut.fi

DI Pekka Erkkilä, varapuheenjohtaja / vice president

Outokumpu Oyj, PL 270, 02201 ESPOO 09-4215503
fax 09-4215550 pekka.erkkila@outokumpu.com

GEOLOGIJAOSTO / Geology section

FT Raimo Lahtinen, pj / chairman, Geologian tutkimuskeskus
020 550 20 raimo.lahtinen@gsf.fi

DI Mari Lahti, sihteeri / secretary, Suomen Malmi Oy

09-85 24 010 mari.lahti@smoy.fi

KAIIVOSJAOSTO / Mining section

DI, KTK Tauno Paalumäki, pj / chairman, Nordkalk Oyj Ab

020 455 6852 fax 020 455 6313 tauno.paalumaki@nordkalk.com

DI Jari Honkanen, sihteeri / secretary, Oy Finnrock Ab

09-77714031 fax 09-7771401 jari.honkanen@finnrock.fi

RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO / Mineral processing section

DI Harri Lehto, pj / chairman, Teknillinen korkeakoulu

Mekaanisen prosessi- ja kierrätystekniikan laboratorio

09-451 2786 fax 09-451 2795 harri.lehto@hut.fi

DI Sami Hindström, sihteeri / secretary Outokumpu Technology

09-421 2276 fax 09-421 3156, 040-576 0655

sami.hindstrom@outokumpu.com

METALLURGIJAOSTO / Metallurgy section

TkL Heikki Ylönen, pj / chairman, Rautaruukki Oyj

020 592 2434, 040-557 8647 heikki.ylonen@ruukki.com

DI Riikka Koskelainen, sihteeri / secretary, Rautaruukki Oyj

020 592 2784 riikka.koskelainen@ruukki.com

YHDISTYKSEN PÄÄSIHTEERI/SECRETARY GENERAL

DI, eMBA Antero Hakapää, Haltijatontuntie 4 B 10, 02200 ESPOO

050-2753, antero.hakapaa@vuorimiesyhdistys.fi

Uusi jäsen

Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen ry:n hallitus on kokouksessaan 23.9.2004 hyväksynyt seuraavan henkilön yhdistyksen jäseneksi: Ceder, Samuli Robert, DI, 18.5.1943, Sales Mgr. - Automation, Outokumpu Technology Minerals Oy, samuli.ceder@outokumpu.com, Outokumpu Technology Minerals Oy, P.O.Box 84, 02201 ESPOO jaosto: rik

materia

Yhdistyksen internet-sivun osoite:

www.vuorimiesyhdistys.fi

Materia-lehti myös yhdistyksen verkkosivuilla



Ruoste

ei koskaan lepää...

Käytä sinkkiä, nuku hyvin.

BOLIDEN

Boliden Kokkola Oy

PL 26, 67101 Kokkola

Puh. (06) 828 6111, Faksi (06) 828 6005

www.boliden.com

PALVELUHAKEMISTO

Weir Minerals
First Choice
for process efficiency

- Slurry-pumput
- Syklonit
- Slurry-venttiilit
- Myllynvuoraukset

Weir Warman Oy
Suomenmyllykatu 17 B
01910 Peltola
Etelä-Suomi

010 242 877 200
010 242 877 211
www.weirminerals.com

Luotettu
Suomenmyllykatu
Suomenmyllykatu



Linde Gas } **AGA**

Oy AGA Ab, puh. 010 2421, faksi 010 242 0514, www.aga.fi

SARLIN
Furnaces

Kehittää, valmistaa ja markkinoi teollisuusuuneja ja lämpökäsittelylinjoja 'avaimet käteen' -periaatteella.

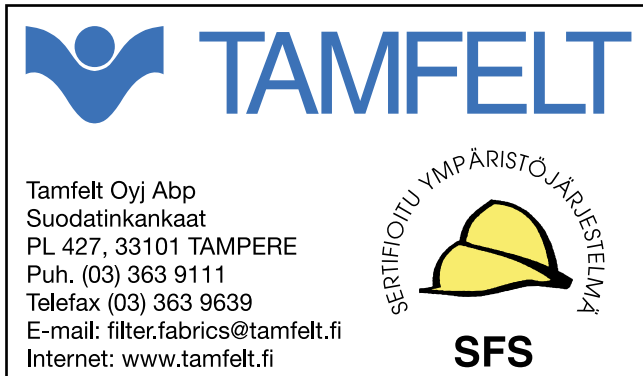
SARLIN OY AB • SARLIN FURNACES
Karhutie 1, 01900 Nurmijärvi • Puh. (09) 878 9260 • Fax (09) 8789 2811



TAMFELT

Tamfelt Oyj Abp
Suodatinkankaat
PL 427, 33101 TAMPERE
Puh. (03) 363 9111
Telefax (03) 363 9639
E-mail: filter.fabrics@tamfelt.fi
Internet: www.tamfelt.fi

SERTIFIOITU YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄ
SFS



**Lietepumput
Suodattimet
Muut rikastuskoneet**

metso minerals

Metso Minerals Finland Oy Ab
Kärkikuja 2, 01740 Vantaa
Puh. 020 4845 300, fax 020 4845 319



x.met **metorex**
minerals through energy

**Luotettavat kannettavat
laitteet malmien ja
metallien analysointiin**

Metorex International Oy
Niittälankuja 5, 02631 ESPOO
Puh.: 09 3294 1, Fax: 09 3294 1300
E-mail: info@metorex.com
www.metorex.com



Syväkairauksen ammattilainen

OY KATI AB
Sievintie 286, 85160 Rautio
puh. (08) 469 4500
fax (08) 465 615
www.oykatiab.com

Timantintarkkaa kokonaispalvelua

KATI



Palvelemme ja suoritamme geolan tutkimusta kentällä ja ajanmukaisissa laboratorioissamme.

Geologian tutkimuskeskus

Betonimiehenkuja 4 Puh. 020 550 11
02150 ESPOO Fax. 020 550 12

GTK



YIT **Osaava kalliorakentaja** www.yit.fi

YIT RAKENNUS OY
Kalliorakentaminen
PL 36 (Panuntie 11), 00621 HELSINKI
Puhelin 020 433 111, Faksi 020 433 3747



normet
Your partner for tough jobs

- nostaa
- ruiskuttaa
- kuljettaa

normet
Normet Oy
Ahmolantie 6, 74510 Peltosalmi
Puh. 017-83 241 fax 017-823 606
info@normet.fi www.normet.fi



Turhuuden turuilla



Siis määrittele "pitkäaikainen huono-osaisuus" Seistä tumput suorina ja odottaa että joku toinen tekisi jotain.

SIIS on siljoona kesätapahtumaa ja festaria taas onneksi takana ja kallispalkkaiset ihmiset oikeissa töissään. Voisi nimittäin kysyä, kenen todellinen hyöty ja tarve ovat nämä firmojen mammonaa maksavat edustustilaisuudet vaikkapa Savonlinnassa, Kuhmossa ja Porissa, ja mikä on mitattu panos-tuotossuhde. Oman väen kannalta on oleellista päästä mättämään ilmaisia viinaksia ja sapsuskoita ja vieraiden tärkein motiivi on näyttää naamansa juhlapaikalla ja päästä leuhkimaan asiasta jälkepäin. Itse tapahtuman pääasia taide, if any, jää noin kuudennen kertaluokan tekijäksi, mikä ilmenee mm. siitä, että esityksissä ollaan jo valmiiksi noin kahden promillen kunnossa ja voidaan siten vilkkaasti keskustella ja arvostella taidetta on-line.

SIIS ovat Nokian pojat hyviä keksimään, mutta nyt on kerta kaikkiaan menty liian pitkälle: Tulee nimittäin kännyköihin alkometri eikä tästä hyvä seuraa: Kun nimittäin soitat kullannupulesi ja kerrot olevasi ylitöissä, saattaa tämä edellä mainittu vienosti ryhtyä puhalluttamaan ja saamaan automaattisena tekstiviestinä mikä olikaan herran kunto näin ylitöissä ja mistä alkaen töissä on ryhdytty anniskelemaan ja tuollaiset ylityöt päättyykin juuri tällä siunaaman sekunnilla. Ja toinen kauhistus: Mainostaa Finski istuintas-kulehdessään yhdistelmälukolla varustettua pullonkorkkia. Mutta ei hätää, janoisellahan on aina aikaa käydä läpi vaikka 1000 eri mahdollisuutta

SIIS vaativat kansanäänestystä EU:n perustuslaista käytännössä vain ne, jot-

ka vastustavat EU:ta periaatteesta, jotta voisivat äänestää vastaan periaatteesta. Muiden mielestä se on pääasiassa yhden-tekevää. Siis kuvittelemme toisamme tämän lehden lukijoiden olevan poikkeuksellisen valveutunutta joukko, mutta joudumme kysymään, kuinka monella arvoisista lukijoista on todella perusteltu mielipide sen suhteen onko EU:n perustuslakiehdotus mahdollisessa kansanäänestyksessä hyväksyttävissä vai hylättävissä. Jälleen kerran: Dele-goitakoon päätösvalta niille jotka kansa on äänestänyt asioistaan päättämään, kun ei parempaakaan vaihtoehtoa ole tarjolla. Virkamiehet kun eivät tämän-tasoisista asioista aivan yksinään voi päättää, vaikka voisi joskus viisaampi niin ollakin.

SIIS nähtiin viime elokuussa Ateenassa kilpailut, joissa lääkekehityslaboratoriot ja -tehtaat ottivat mittaa toisistaan ja yhdessä olympia-aatetta vastaan. Ja sai turpiinsa porukka joka yritti paljastaa noita huijareita sekä ne urheilijat, jotka idealismissaan eivät ymmärtäneet mitään kiellettyä käytä. Ja perivät voiton ne joiden urheilijoiksi kutsutut koekaniinit pesivät kaikki edellä mainitut. Ja voidaan tätä kilpajuoksua verrata EU:n ympäristösäännösten laatimiseen, joskin käänteisesti: Kehitellään Tanskan, Hollannin ja muiden vihreiden aloitteesta kaikki mahdolliset taloudelliset teolliset tuotteet ja tuotantomenetelmät käytännössä kieltäviä direktiivejä sitä tahtia, ettei teollisuudella ole minkäänlaisia mahdollisuuksia vastata jokaiseen huutoon ennen kuin ko. direktiivi on jo saanut lainvoiman.

SIIS kun suomalaisilla olympiaurheilijoilla meni Ateenassa huonosti ja he karsiutuivat jatkosta, olivat synnä huono tuuri ja huonot olosuhteet, jotka suosivat kanssakilpailijoita. Tai kanssakilpailijoiden epäurheilijamainen käytös todennäköisesti dopingin muodossa. Mikäli heillä meni hyvin ja he menestyivät odotetusti sijoittuen noin sijoille kolmekymmentä-neljäkymmentä, oli kysymys ainoastaan heidän omista kyvyistään ja itsensä ylittämisestä. Ja muistuttaa näiden kotimaisten huippujen taktiikka siten suuresti Tosikoiden iankaikkisesti edustamaa urheilumoraalia: Tosikot kilpailevat vain ja ainoastaan itseään vastaan. Sen jälkeen kun kaikki muut saman ikäryhmän edustajat ovat menneet ohi.

SIIS kulkee nykyinen trenditietoinen nuorisoo kaiket kesähelteet villapipo syvälle korville vedettynä ja taas vastavasti talvella parinkymmenen asteen pakkasessa ilman mitään lakkia. Lienee osoitus siitä että ko. joukon mielestä kaikki vanhempien sukupolvien keksimät ilmiöt, säät mukaan luettuna ovat heikäläisen käsityksen mukaan varsin syvältä.

SIIS ellette, oi lukijat, vielä tiedä, mitä valssaus on, oppikaa se Kauppa-lehdestä (2.9.04): "Valssaus tarkoittaa vaihetta, jossa romuteräksestä sulat-tamossa syntyneistä möhkäleistä tehdään ohentamalla levyrullia." Repikää siitä.▲

JT

Yhteinen sävel

ROCK+



TAMROCK

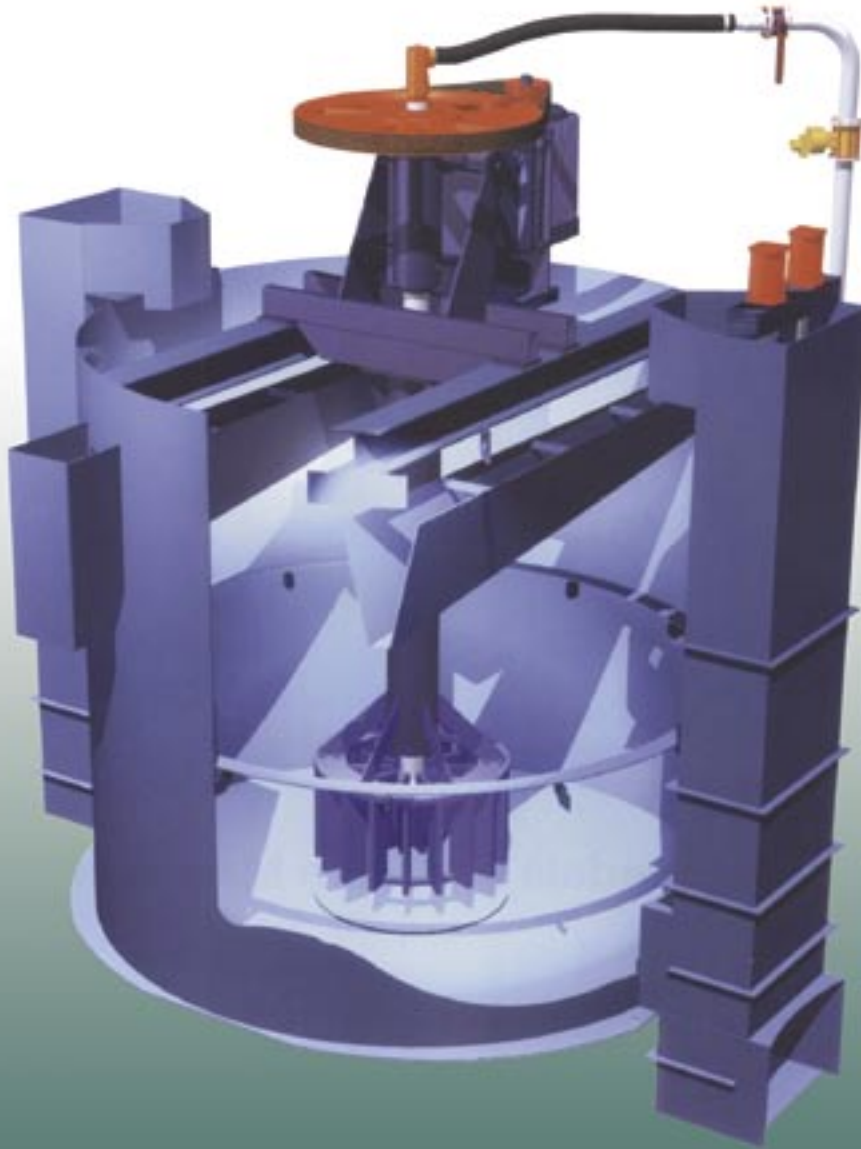
www.sandviktamrock.fi

SANDVIK

Myynti ja huolto: SMC Finland Oy, PL 100, 33311 Tampere
Puh. 0205 44 4600 • Fax 0205 44 4601



Unique Mechanism for Improved Metallurgy and Ease of Maintenance



www.metsominerals.com

Enhanced Metallurgical Performance

- maximum particle - bubble contact within the mechanism and tank
- effective solids suspension and re-suspension
- effective air dispersion and distribution

Reduced Operating Costs

- minimized high velocity zones within the impeller and diffuser
- improved wear material for impeller and diffuser
- minimized absorbed power due to impeller profile design

Ease of Maintenance

- mechanism being fully suspended from the cell superstructure and therefore removable as a complete unit for general maintenance
- wear parts also replaceable without removal of the mechanism

Metso Minerals Finland

Tampere

Kolmihaarankatu 3-5, 33330 Tampere

Tel. 02048 45200

Vantaa

Kärkikuja 2, 01740 Vantaa

Tel. 02048 45300

