

materia

3•2013

Jo 70 vuotta vuoriteollisuuden asialla

**Saako tulevaisuuden
auto voimansa
töpselistä?**



Kullan- arvoinen kaivos

Vastuullisena kullantuottajana huolehdimme yhteisen ympäristömme lisäksi myös alueemme ihmisten turvallisuudesta ja hyvinvoinnista. Suomalainen luonto on meille kaikille kullantarvoinen – siksi noudatamme kaikessa toiminnassamme kestävän kehityksen periaatteita ja hyödynnämme alamme uusinta ja parhainta tekniikkaa.



71. vuosikerta ISSN 1459-9694

Levikki 4500 kpl (vakio 4000), 4 numeroa vuodessa. Vuonna 2013 lisäksi EuroMining-messujen erikoisnumero (n:o 4) 7500 kpl

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 materiaalitekniikan erilaiset sovellukset. Lehden alkuosa painottuu alan ja yritysten ajankohtaisiin asioihin. Tiede & Tekniikka -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.*

ILMESTYMISAIKATAULU 2013
Coming out

Materiaali toimituksella / postitus
No. 4* 19.07. / 28.08.
No. 5 01.10. / 13.11.

* **Erikoisnumero, joka toimii Tampereen EuroMining-messujen virallisena näyttelyluettelona.**

ILMESTYMISAIKATAULU 2014
Coming out

Materiaali toimituksella / postitus
No. 1 17.12. / 11.02.
No. 2 24.03. / 06.05.
No. 3 09.06. / 26.08.
No. 4* 01.10. / 04.11.
No. 5 26.09. / 11.11.

* **Erikoisnumero, joka toimii FinnMateria-messujen virallisena näyttelyluettelona.**

ILMOITUSMARKKINOINTI
Advertising Marketing

L&B Forstén Öb Ay, 0400-875807,
materia.forsten(at)pp.inet.fi

PAINO/Printing house
Mariehamns Tryckeri Ab

Kiireinen syksy on ovella. Materian osalta tämä näkyy siinä, että seuraava numero on tulossa jo kahden viikon sisällä. Materia julkaisee nimittäin ylimääräisen numeron, joka toimii samalla Tampereella järjestettävien EuroMining-messujen virallisena näyttelyluettelona.

Syyskuu tarjoaa alalle ruuhkaisen kolmen viikon jakson: Maxpo Hyvinkäällä 6.–7.9, EuroMining Tampereella 11.–12.9, Mining On Top -seminaari Helsingissä 16.–17.9. ja Alihankinta 2013 Tampereella 24.–26.9. Valtiovallan toimesta kaivannaisteollisuuden tulevaisuudesta on tulossa koko maan asia.

Toimintaohjelma "Suomi kestävän kaivannaisteollisuuden edelläkävijäksi" tähtää vuoteen 2030, mutta tuo jo alkuvaiheessaan malttia ja asiallisuutta julkisuudessa käytävään kaivoskeskusteluun. Ohjelma voidaan alan kannalta nähdä myös asennemuutoskampanjana, jonka kärkeen ministerit Jan Vapaavuori ja Lauri Ihalainen asettuivat ryhdikkäästi ohjelman julistamistilaisuudessa Finlandia-talolla (s. 9).

Hallituksella on myös jatkojalostus mielessään. Outokummun ferrokromijuhlassa Torniossa kesäkuun alussa (s. 13) pääministeri Jyrki Katainen painotti yrityksen merkitystä maan taloudelle antaen samalla tunnustuksen koko perusteellisuudelle todeten, että energia-intensiiviset metsä-, metalli- ja kemianteollisuuden yritykset ovat edelleen elintärkeitä maamme kehitykselle.

GTK:n pääjohtaja Elias Ekdahl esittää (s. 60) oman viestinsä poliittisille päättäjille siitä, miten Suomi saataisiin kestävään nousuun. Siihen tarvitaan uusia avauksia. Pitää tehdä suuria päätöksiä sen sijaan, että tyydytään seuraamaan, mitä muualla tehdään.

Raaka-ainehinnat elävät kuitenkin omaa elämäänsä ja lähitulevaisuus on monelle toimijalle kaikkea muuta kuin ruusuilla tanssimista. Vuoriteollisuuteen rakentuvan jalostusketjun vahvuus on, että sen joka kohdalta löytyy kehityskohteita, jotka saattavat synnyttää menestystarinoita. Professori Simo-Pekka Hannulan tiedeosassa (s. 42) esittämät hybridimateriaalit ovat sellaisia. Nanotiede on toinen arvaamattomia kehitysmahdollisuuksia tarjoava alue. Professori Risto Nieminen (s. 49) kertoo yhdessä TkT Eeva Viinikan (s. 52) kanssa, mihin tätä uutta teknologiaa voidaan käyttää.

TkT Vesa Ollilaisen arvio sähköauton tulevaisuudesta kannattaa lukea. Keräämästään laajasta materiaalista Vesa on tutkijana ja tekniikan miehenä tehnyt analyysin, jonka lukeminen vie mukanaan (s. 26).

Viihtyisiä lukuhetkiä! ▀

KUN LAATU RATKAISEE



Orica Finland Oy

Tokkolantie 1
16300 Orimattila

p. 010 3212 550
finland@orica.com

www.oricaminingservices.com

- 7 **Pääkirjoitus** *Simo-Pekka Hannula*: Huippuosaaminen – Mitä se edellyttää?
9 *Bo-Eric Forstén*: Kestävä kehitys saatava kestäväksi
13 *Bo-Eric Forstén*: Torniossa uskotaan omaan osaamiseen
16 *Bo-Eric Forstén*: Kaivosten kuljetukset kiinnostavat
19 *Veikko Heikkinen*: Fysikaalisen simuloinnin ja numeerisen mallinnuksen konferenssi Oulussa
23 *Jan Nilsson*: Future Circular Materials Expo
24 *Eetu-Pekka Heikkinen, Timo Fabritius*: ISIJ-VDEh-Jernkontoret Joint Symposium
26 *Vesa Ollilainen*: Onko sähköautoilla tulevaisuutta?
36 *Birgitta Bergén-Kavanto, Camilla Berner*: Kaivoskemikaalit Kiinasta Suomeen vastuullisesti
38 *Riina Salmimies*: Erotustekniikoilla kohti kestävästi kehittyvää kaivosteollisuutta

Kolumni

- 40 *Pertti Voutilainen*: Hitaita ovat herrojen kiireet

Tiede & Tekniikka, 42-54

- 42 *Simo-Pekka Hannula*: Hybridimateriaalit monitoiminnallisiin ratkaisuihin
49 *Risto Nieminen*: Nanotiede luo uutta teknologiaa
52 *Eeva Viinikka*: Nanoteknologia uudistaa suomalaista teollisuutta
56 *Simo-Pekka Hannula*: Aalto-yliopiston materiaalitekniikan laitos 2013
60 *BEF*: Kaksi vuorimiestä kunniatohtoreiksi Oulussa
60 *BEF*: Elias Ekdahl – Pitää ajatella eteenpäin ja isosti
63 *BEF*: Schneider haki kaivosoppia Oulussa
64 *Toni Eerola*: Pintaa syvemmältä
65 *Jarmo Söderman*: FIMECCin ELEMET-ohjelman viides jakso alkoi



s. 9 *Finlandia-talolla* julkistettiin kestävä kaivannaisteollisuuden toimintaohjelma. Kuvassa keskellä *Eija Ehrukainen*, *INFRA ry*, *Markus Alapassi*, *Ympäristöministeriö*, *Riikka Aaltonen*, *TEM* sekä *Susanna Wähä*, *Ympäristöministeriö*.



s. 13 *Outokummun* hallituksen puheenjohtaja *Jorma Ollila* (vas.) sekä *Outokummun* toimitusjohtaja *Mika Seitovirta* odottelivat pääministeri *Jyrki Kataista* *Tornion* terästehtaan vihkiäisjuhlaan.



s. 49-54 *Risto Nieminen* ja *Eeva Viinikka* kertovat nanoteknologian mahdollisuuksista. Tämä *Jukka Rintalan* suunnittelema pöytäliina on käsitelty nanopinnoitteella.

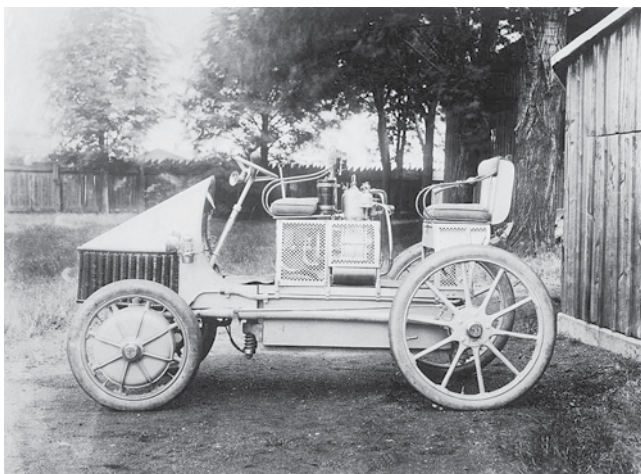


Sivuilla

- 66 *Jarmo Söderman*: Manufacturing Performance Days veti jättiyleisön Tampereelle
68 *Harri Ali-Löyty, Mika Valden*: Kirkasta valoa teräksen pinta-analyttiseen tutkimukseen

Väitöksiä

- 70 *Petri Kobylin*: Väkevien metallisulfaattipitoisten vesiliuosten termodynaamiset ominaisuudet
72 *Ali Bunjaku*: Uuden pyrometallurgisen ferronikkelin valmistusmenetelmän kehitys lateriittisista malmeista
75 *Norsuria Mahmed*: Development of multifunctional magnetic core nanoparticles
76 *Olli Mattila*: Hienoainesten käsittely ja hyödyntäminen metallurgisessa teollisuudessa
78 *Kauko Puustinen*: Juvanruukki Kuolemanjärvellä 1687-1704
82 In memoriam
83 In memoriam
83 Teknologiaeteollisuuden 100-vuotissäätiön Metallinjalostajien rahaston apurahat
84 *Seija Aarnio*: Vuorinaisten tapahtumia
85 *Matti Riihimäki*: Rikastus- ja prosessijaoston 2013 syysexcursio
85 Uusia jäseniä
86 Tampereen teknillinen yliopisto – valmistuneita
86 *Heikki Rantanen*: Pääsihteeriltä: Yhteenvedo Vuorimiespäivistä
86 Ohjeita kirjoittajille
86 Korjaus
87 Alansa osaajat
88 VMY:n toimihenkilöitä
88 Ilmoittajamme tässä numerossa



s. 26 *Vesa Ollilainen* pohtii sähköautojen tulevaisuutta. Kuvassa Ferdinand Porschen Semper Vivus, ensimmäinen hybridi. (Oy AutoCarrera Ab)

materia

PÄÄTOIMITTAJA / Editor in chief

Prof. (emer.) **Jouko Härkki**, 040-521 5655
[jouko.harkki\(at\)welho.com](mailto:jouko.harkki(at)welho.com)
Tyrskyvuori 2 E 74, 02320 ESPOO

T&T-TOIMITTAJA / Editor, R & D

DI **Harri Lehto**, [harri.lehto\(at\)outotec.com](mailto:harri.lehto(at)outotec.com)
Outotec (Finland) Oy, Puolikkotie 8,
PL 84, 02201 Espoo, 040-518 0288

TOIMITUSNEUVOSTO / Editorial Board

M.Sc **Pia Voutilainen**, pj / chairman
pia.voutilainen@scda.com
Scandinavian Copper Development
Association, 040-5900 494
DI **Mari Teikari**, [mari.teikari\(at\)forcit.fi](mailto:mari.teikari(at)forcit.fi)
Oy Forcit Ab, 040-8690417
Prof. (emer.) **Veikko Lindroos**,
[veikko.lindroos\(at\)aalto.fi](mailto:veikko.lindroos(at)aalto.fi)
Aalto-yliopisto, TKK, Materiaalitekniikka
09-451 2673, 050-550 2673
DI **Matti Palperi**, Helsinki, 09-565 1221
TkL **Rauno Sippel**, [rauno.sippel\(at\)svy.info](mailto:rauno.sippel(at)svy.info)
Suomen Valimotekninen yhdistys ry,
040-760 1520
FL, geologi **Toni Eerola**, [toni.eerola\(at\)gtk.fi](mailto:toni.eerola(at)gtk.fi)
Geologian tutkimuskeskus, 0400-932368

TOTEUTTAVA TOIMITUS/Editorial staff

L & B Forstén Öb Ay, [l-b.forsten\(at\)co.inet.fi](mailto:l-b.forsten(at)co.inet.fi)
Bo-Eric Forstén, Leena Forstén (**ulkoasu**)
PL 45, 10601 Tammisaari
0400-875807, 040-5878648

OSOITTEENMUUTOKSET & TILAUKSET/Changes of address & Subscriptions

Outi Lampela, 040-5394688
[outi.lampela\(at\)vuorimiesyhdistys.fi](mailto:outi.lampela(at)vuorimiesyhdistys.fi)
VMY:n jäsenistön osoitteenmuutokset
myös verkkosivujen jäsenrekisterin
kautta.



KANSI Renault ZOE-täyssähköauto latauksessa. (Nordic Automotive Services Oy)

Can the coolest solution keep your business hotter than ever?

Yes, it can.



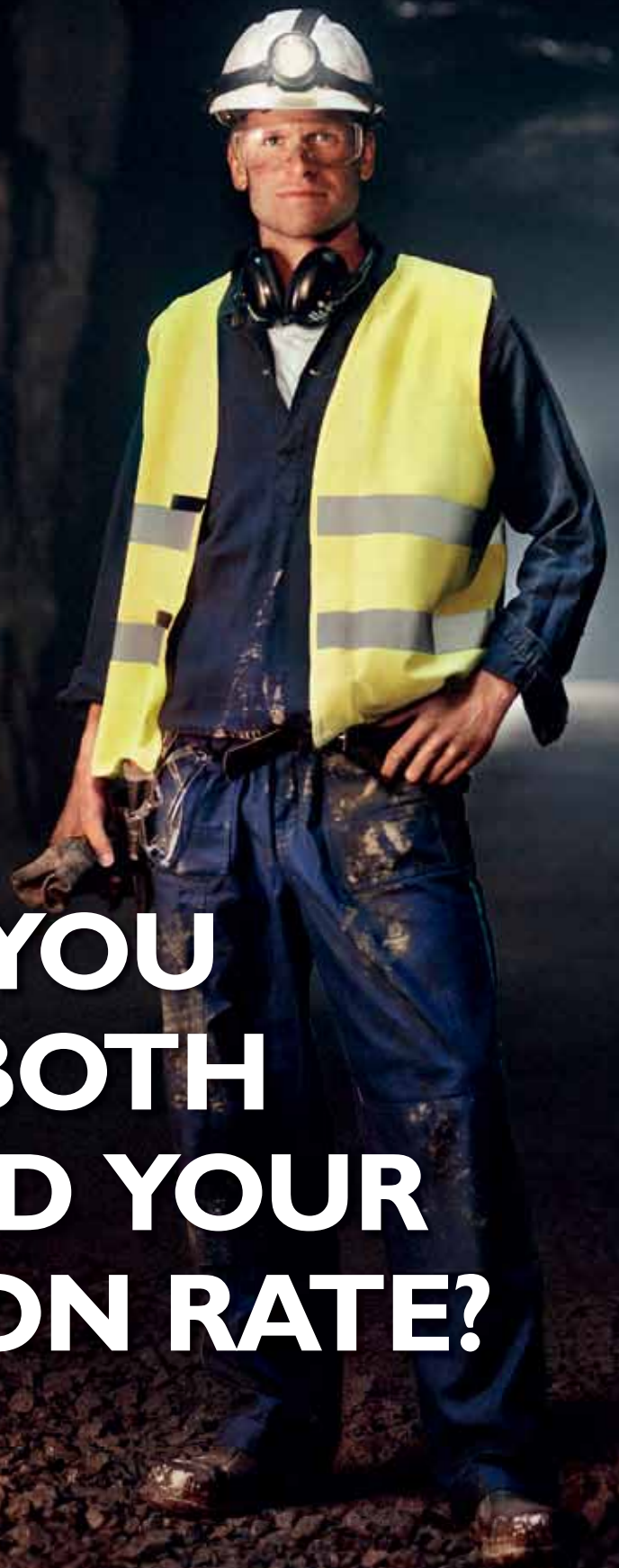
Environmental technology for keeping the heat while reducing total costs.

We all need to make our business more competitive and deliver results. That's a fact. And that's why you should talk to us about your opportunities.

We develop solutions focusing on flameless oxyfuel combustion and High Level Lancing (HLL) technologies in various process steps, as well as liquified natural gas (LNG). With our solutions you can increase production capacity and flexibility flexibility in all heating and melting operations, eg EAF, ladles/convertes, reheating furnaces and annealing lines, all while decreasing fuel consumption and reducing emissions of CO₂ and NO_x.

Let's discuss your challenges, and we'll make your business hotter than ever.

AGA – ideas become solutions.



HOW CAN YOU INCREASE BOTH SAFETY AND YOUR PRODUCTION RATE? **THIS WAY!**

If you are in the mining business, you know that an improved safety record means a lot to your employees and your entire company.

This safety mind-set is part of everything we do – from research and product development to on-site service.

Join the movement towards **The Future of Mining.**
It's This Way: sandvik.com/thisway





HUIPPUOSAAMINEN - Mitä se edellyttää?

HUIPPUOSAAMINEN ON TERMI, JOTA KÄYTETÄÄN USEIN VARSIN KEVYIN PERUSTEIN JA YLEISTÄEN. Yhtä mieltä ollaan kuitenkin siitä, että huippuosaamista tarvitaan, kun tavoitellaan edelläkävijyyttä ja menestymistä. Huippuosaajaksi ei voi julistautua, vaan status perustuu vertailuun muiden vastaavien toimijoiden kanssa. Huippuosaaminen on myös sidonnainen toimintaympäristöön. Akateemisessa maailmassa sitä mitataan erilaisin mittarein kuin tutkimuslaitoksissa tai yrityksissä. Maamme ja elinkeinoelämämme näkökulmasta on tärkeää, että huippuosaamista on kaikkien eri toimijoiden piirissä ja sitä pystytään innovaatiojärjestelmämme puitteissa yhdistämään tehokkaasti.

HUIPPUOSAAMINEN VAATII pitkäjännitteistä panostamista koulutukseen ja tutkimukseen ja niiden edellytysten luomiseen, ei pelkästään tutkimusmaailmassa vaan myös yrityksissä. Pohtimisen arvoinen kysymys on mm. se, paljonko yritykset alallamme todella panostavat tutkimukseen ja tuotekehitykseen ja kuinka suurella osalla yrityksissä toimivasta t&k-henkilöstöstä on tutkijan peruskoulutus, tohtorintutkinto.

AKATEEMISESSA MAAILMASSA huippuosaaminen on sidoksissa erityisesti tieteellisiin saavutuksiin, joita usein mitataan parempien mittarien puuttuessa tieteellisten julkaisujen määrällä ja vaikuttavuudella, lähinnä niihin tehtyjen viittausten määrällä. Huippuosaamisen luomisessa tärkeää on myös kansainvälisten huippujen houkuttelevuus Suomeen. Kansainvälisessä vertailussa Suomessa tutkimustehtävissä työskentelevien ulkomaisten henkilöiden määrä on Itä-Euroopan maiden tasolla, ja esimerkiksi Sveitsissä se on kymmenkertainen Suomeen verrattuna. Kun on kovin epätodennäköistä, että kaikki alan parhaimmat tutkijat tulevat omasta yliopistokaupungista, omasta maakunnasta tai edes omasta maasta, on kansainvälistyminen välttämätöntä huippuosaamisen luomiseksi. Tämä taas edellyttää voimakasta panostusta toimijoiden kansainvälisen houkuttelevuuden parantamiseksi.

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTON TEKEMÄSSÄ TUOREESSA KANSAINVÄLISESSÄ VERTAILUSSA suomalaisten tekniikan yliopistojen todettiin olevan niukasti rahoitettuja ulkomaisiin huippuyliopistoihin verrattuna. Esimerkiksi sveitsiläisen ETH:n rahoitus opiskelijaa kohden on yli kaksinkertainen Aalto-yliopistoon verrattuna, vaikka juuri Aalto-yliopiston ja Åbo Akademin voimavarat ovat edes jossakin määrin kilpailukykyisiä ulkomaisien yliopistojen kanssa. Nykyisessä Suomen valtion talouden vaikeassa tilanteessa on epätodennäköistä, että rahoitusta merkittävästi lisätään Teknologiateollisuuden vaatimuksista huolimatta, joten on ymmärrettävää, että tavoitteeseen pyritään resurssieja uudelleen suuntaamalla ja toimintoja fokuoimalla. Tämä näkyy paitsi teknillisten yliopistojen välillä käynnistetyissä työnjakokeskusteluissa myös VTT:n viimeaikaisessa toiminnan kohdentamisessa. Uskon, että taustalla on aito tavoite luoda todellista huippuosaamista niukkenevien resurssien vallitessa.

TÄRKEÄ TYÖKALU ERI TOIMIJOIDEN ROOLIN FOKUSOINNISSA on rahoituksen kohdistamiskriteerit. Muutokset koskevat myös yliopistojen perusrahoitusta, joiden kriteeristöön on nousemassa tutkimuksen osalta aiempaa voimakkaammin

julkaisutoiminnan laatu. Tähän liittyen maassamme on viimeisen parin vuoden aikana tehty mittava työ eri julkaisukanavien laatuluokittelussa neljälle eri tasolle. Tällä tulee olemaan merkittävä vaikutus julkaisutoiminnan suuntaamisessa.

TEKESIN UUSIEN LINJAUSTEN MYÖTÄ kilpaillun julkisen rahoituksen kriteerit ovat jo muuttuneet, ja muuttunevat edelleen mm. huippuosaamisen keskittymien (SHOKien) toiminnan arvioinnin seurauksena. Esimerkiksi FIMECCin "Demanding Applications" -tutkimusohjelman puitteissa on neljän ensimmäisen vuoden aikana syntynyt yli sata julkaisua, käsikirjoitusta tai abstraktia, mitä pidetään varsin onnistuneena Huippuosaamisen keskittymien puitteissa. Tutkimuslaitosten kustannukset ovat ohjelmassa olleet neljän vuoden aikana noin 17 M€. Julkaisuista kuitenkin vain noin 20% on julkaistu kansainvälisissä tieteellisissä julkaisuissa, jotka on tasoluokiteltu kansallisessa luokituksessa ja jotka oikeuttavat tulospisteisiin yliopistojen rahoituksessa. Todettakoon vertailun vuoksi, että Aalto-yliopiston materiaaliteknikan laitoksen julkaisujen määrä 8,3 M€:n budjetilla vuonna 2012 oli suunnilleen yhtä suuri ja näistä tasoluokiteltuja julkaisuja oli yli 50%. Toki SHOK-ohjelmien – jos myös laitoksenkin – toiminnan tuloksena syntyy paljon muutakin. Kuitenkin akateemisiin kriteerein arvioituna huippuosaamiseen on vielä kovasti matkaa.

MERKITTÄVÄ ONGELMA SUOMEN KORKEAKOULU-MAAILMASSA on ollut tutkimusinfrastruktuuriin kohdistuvien investointien vähäinen määrä ja investointien kohdistuminen "seinien" rakentamiseen. OECD:n vuodelta 2008 olevan tilaston mukaan tutkimusinfrastruktuuri-investointien osuus tutkimusmenoista on Suomessa kehittyneiden valtioiden pienimmät. Ainoastaan Venäjällä ne ovat suhteessa vielä pienemmät. Sen sijaan tilojen osalta kansainväliset vertailut osoittavat yliopistossamme jopa 25% väljempää tilan käyttöä. Tutkimusinfrastruktuurin osalta Suomen Akatemian infrastruktuurin kehittämiseen kohdistuva rahoitus auttaa tilannetta jossakin määrin, mutta merkittävää paranemista voidaan odottaa vasta, kun esimerkiksi neljännes tiloihin nykyisin käytettävästä rahoituksesta voidaan kohdistaa tutkimusinfrastruktuurin kehittämiseen.

TUTKIMUKSEN TEHTÄVÄNÄ ON MYÖS TUKEA ALAN OPETUSTA, sillä korkeatasoisen opetuksen edellytyksenä on korkeatasoinen tutkimus. Tulevaisuudessa tarvitaan laajaa pohjaa, jonka päälle rakentaa erityisosaamista ja joka joustaa nykyistä paremmin. Siksi kaksivaiheisesta tutkiminnosta pitää tulla aidosti kaksivaiheinen, jossa kandidaatin tutkinto mahdollistaa diplomi-insinööriopinnoissa erikoistumisen useaan suuntaan ja valinnan laajasti eri vaihtoehtojen välillä samoin kuin liikkuvuuden yliopistojen välillä.

EDELLÄ ESITETYT SEIKAT ovat elementtejä huippuosaamisen luomisessa maahamme. Vaikea taloudellinen tilanne tuo tähän omat haasteensa. Uskon kuitenkin, että viimeaikojen toimenpiteet eri tasoilla tuovat tavoitetta koko ajan hieman lähemmäksi. Aalto-yliopisto ja sen materiaaliteknikan laitos haluaa olla aktiivisesti mukana rakentamassa huippuosaamista maahamme valituilla fokusalueilla yhdessä elinkeinoelämän, muiden yliopistojen ja tutkimuslaitosten sekä valtiovalan kanssa (kts. s. 56). ▀

www.strabag.fi



VAHVA RESURSSI

STRABAG Oy:n erikoisalaa Suomessa ovat infrarakentaminen, radanrakentaminen, projektikehitys, tunnelityöt ja maanalainen rakentaminen. Tutustu toimintaamme lisää www.strabag.fi

Olemme mukana EuroMining messuilla Tampereella 11.–12.9.2013. Tervetuloa vierailemaan osastollamme A421.

STRABAG Oy, Bulevardi 12 A 2, 00120 Helsinki

STRABAG

www.normet.fi
www.taminternational.com

SOLUTIONS FOR TOUGH JOBS



normet
SOLUTIONS FOR TOUGH JOBS



Kestävä kehitys saatava kestäväksi



Ministeri Jan Vapaavuori antoi ohjelman koordinaattorille, TEMin strategiselle johtajalle Mari Pantsar-Kalliolle lempinimen Madame Cleantech.



Valtiovallan pyrkimys tehdä Suomesta kestävä kaivannaisteollisuuden globaali edelläkävijä virallistettiin, kun tähän tavoitteeseen tähtäävä toiminta-ohjelma julkaistiin vapun alla Finlandia-talolla. Ohjelma on syntynyt pääministeri Jyrki Kataisen, elinkeinoministeri Jan Vapaavuoren, työministeri Lauri Ihalaisen ja ympäristöministeri Ville Niinistön johdolla käytyjen pyöreän pöydän keskustelujen ja kymmenessä asiantuntijaryhmässä työstettyjen konkreettisten toimenpiteiden tuloksena.

Yli kaksisataa alan ja sen sidosryhmien edustajaa oli saapunut kuuntelemaan ministerien ja muiden asiantuntijoiden arvioita ohjelman merkittävyydestä ja muodostamaan oman näkemyksensä sen toimivuudesta.

Yleisön reaktioista päätellen TEMin sinikantiseen ohjelmavihkoseen kirjautut 35 toimenpidettä vastuutahoineen antoivat jokaiselle jotain mietittävää. Näihin toimenpiteisiin ja ohjelman tarkempaan läpikäyntiin palaamme Materia-lehden EuroMining-messujen johdosta julkaisemassa erikoisnumerossa, joka ilmestyy elokuun viimeisellä viikolla.

Elinkeinoministeri **Jan Vapaavuori** aloitti avauspuheenvuoronsa toteamalla, että kaivannaisteollisuus on Suomelle suuri mahdollisuus. Se tuo maahamme työpaikkoja, investointeja, vientituloja ja hyvinvointia. Hän painotti koko klusterin merkitystä. Jatkojalostukselle, teknologiateollisuudelle, tutkimus- ja kehitystoiminnalle syntyy uutta kasvupotentiaalia.

Hän huomautti, että alan kerrannaisvaikutukset työllisyyteen ovat erityi-

sen tärkeitä aikana, jolloin Suomen tulevaisuuden menestyksen ratkaisevat avoimet, yksityisen sektorin työpaikat. Samalla hän muistutti kaivannaisteollisuuden, kuten kaiken muunkin teollisuuden, aina jättävän jälkensä ympäristöön. Nämä vaikutukset on pystyttävä minimoimaan tutkimuksen

ja koulutuksen avulla sekä käyttämällä uusia puhtaita teknologioita. "Ympäristövaikutukset eivät saa aiheuttaa ympäristöriskejä tai terveyshaittoja ihmisille, eivätkä ne saa vaarantaa muun elinkeinoelämän toimintaa."

Ministeri totesi ohjelman valmistelussa esille tulleen ristiriitoja herät-

Professori Klaus Töpfer (keskellä) johtaa Saksan Potsdamissa toimivaa Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS). Lauri Ihalainen ja Pasi Rinne (vas.) toivottivat professorin tervetulleeksi tilaisuuteen.



täneitä asioita, joiden ratkaisuun yksimielisyyttä ei ole löytynyt ja joiden käsittely vaatii jatkotoimenpiteitä.

Ministeri Vapaavuoren loppukommentti oli ytimekäs: "Kaivannaisteollisuus on Suomelle iso juttu!"

Vuonna 2019 kaikki on toisin

Ohjelman koordinaattorina ja vetojuhtana toiminut TEMin strateginen johtaja **Mari Pantsar-Kallio** tutustutti yleisönsä ohjelmaan ja sen sisältöön.

Toimintaohjelman hän kiteytti seuraaviin pääkohtiin: • Kaivosteollisuus, • Kiviaineteollisuus, • Luonnonkiviteollisuus, • Metallien jalostus, • Mineraalialan teknologiateollisuus ja palvelut, • Julkisen hallinnon ja toimintaympäristön kehittäminen, • Tutkimuksen ja koulutuksen kehittäminen, • Kierrätys ja elinkaarinäkökulma.

Työnjaosta hän esitti selvät pasmat: 1. Kestävä kaivannaisteollisuus tehdään yrityksissä. 2. Toimintaympäristö ja julkinen sektori luovat edellytykset ja tukevat kestävä kehitystä. 3. Kestävä kehitystä voidaan kiihdyttää yhteistyöllä.

Yrityksillä on kolme päätyökälyä kestävä kaivannaisteollisuuden rakentamisessa: Jatkuva parantaminen, Aktiivinen vuorovaikutus sidosryhmissä ja Avoin viestintä.

Julkinen sektorin työkalupakki toimintaedellytysten luomisessa sisältää seuraavat pääkohdat: Hyvän hallinnon edistäminen, Osaamisella edelläkävijyyteen, Kestävä raaka-aineiden käyttö ja Kilpailukykyä toimintaympäristöä kehittämällä.

Ohjelmasta selviää, mitä nämä otsikot sisältävät, minkälaisia toimenpiteitä ne vaativat ja kenen vastuulla toteuttaminen on.

Aikaraja esiteltyjen toimenpiteiden

toteutukselle on vuosi 2019. Näin varmistuu, että pitkän aikavälin tavoitteet saavutetaan ajoissa ennen vuotta 2030. Toimintaohjelman seurannasta vastaa tarkoitusta varten asetettu kaivannaisteollisuustyöryhmä ja ohjelman edistymistä tarkastellaan vuosittain korkean tason *round table* -tyyppisessä foorumissa.

Mari Pantsar-Kallio painotti erikseen kannustettavuuden merkitystä ohjelman onnistumiselle. Sitä silmällä pitäen onkin päätetty kestävä kaivosteollisuuden kehittämistoimien laatupaljon jakamisesta. "Palkinto odottaa ottajaansa", totesi Mari.

Kysymys on yhteiskuntavastuusta

Työministeri **Lauri Ihalainen** täydensi TEMin puhujasuoraa. Hän tarkasteli puheenvuorossaan ohjelmaa ja sen toteuttamista valtioneuvoston yhteiskuntavastuusta tekemää periaatepäätöstä vastaan ja totesi sen istuvan hyvin kuvaan.



Työministeri Lauri Ihalainen

Kesäkuun 2011 hallitusohjelman mukaan hallitus tukee hankkeita yhteiskuntavastuuta koskevien kansainvälisten normien ja ohjeistojen vahvistamiseksi sekä edistää vastuullisuusnäkökohtien parempaa huomioon ottamista elinkeino-, kehitys- ja kauppapolitiikassa ja julkisissa hankinnoissa. Periaatepäätöksen tavoitteena on nostaa suomalaiset yritykset ja hallinto edelläkävijöiksi yhteiskuntavastuunasioissa.

Hänen mielestään kaivannaisteollisuuden toimenpideohjelmalla on suuri merkitys. "Työ on lähtenyt hyvin liikkeelle eikä aikaisemmin ole paljon tällaista tehty".

Hän antoi yksinkertaisen määritelmän yhteiskuntavastuusta. Se on sitä, että jokainen toimija kantaa vastuun omista yhteiskunnallisista vaikutuksistaan.

Ministeri Ihalaisen arvio ohjelman puitteissa tehdystä työstä oli hyvin myönteinen: Teollisuuden vapaaehtoisia toimia käsitellessä työryhmässä käytiin rakentavassa hengessä paljon hyvää keskustelua. Tunnistettiin kaivannaisteollisuuden tarve kehittää uusia toimintamalleja ja -tapoja, joilla alan kestävä menestystä voidaan rakentaa. Olennaisia elementtejä olivat viestintä ja vuorovaikutus ympäröivän yhteiskunnan kanssa, johdon sitoutuminen tavoitteelliseen yhteiskuntavastuuseen sekä uusien toimintatapojen jalkautuminen koko arvoketjuun. Positiivista on, että paikallisuuden painottaminen näkyy sekä viestinnän ja vuorovaikutuksen parantamisessa, hyvinvoinnin paikallisen jakamisen tarvekartoituksessa että paikallisten energialähteiden ja biopolttoaineiden käytön lisäämisessä.

Kehityksen kannalta olennaista on, että kaivannaisteollisuuden vuorovaikutus ympäröivän yhteiskunnan kans-



Tilaisuuden puhujia vasemmalta: kansliapäällikkö Hannele Pokka, Luonnon-suojeluliiton toiminnanjohtaja Eero Yrjö-Koskinen, GTK:n pääjohtaja Elias Ekdahl sekä hallitusammattilainen Tapani Järvinen.



Paikalla olivat myös Harri Saukkomaa, Tekiri Oy (vas.) ja Ilkka Kojo, Outotec Oyj.



Suomen Kaivosyrittäjät ry:n puheenjohtaja Harri Siitonen.



sa on parantunut, että kaivannaisyhtiöiden johto on voimakkaasti sitoutunut yhteiskuntavastuuseen ja että paikallisyhteisön ja paikallisympäristön huomiointi on merkittävä.

Kaikesta ei olla yhtä mieltä

Kansliapäällikkö **Hannele Pokka** piti ympäristöministeriön puheenvuoron, jossa hän totesi, että työ on hyvällä alulla. Nyt on huomioitu sekä porot että turistit, mutta paljon on vielä tehtävää.

Henkilökohtaisesti hän olisi kaivannu toimenpideohjelmia jo kymmenen vuotta sitten:

”Oli ollut hienoa lyödä tällainen ohjelma käteen niille kanadalaisille ja australialaisille kaivosmiehille, jotka tulivat ministeriöön tiedustelemaan, miten kaivostoimintaa kuuluu harjoittaa Suomessa. Silloin oli vain viitattava voimassa olevaan lakiin ja sen tuloksena tiedustelijat poistuivat virnuillen, ettei se Suomi meiltä paljon vaadi”.

Luonnonsuojeluliiton toiminnanjohtaja **Eero Yrjö-Koskinen** esitti ympäristöjärjestöjen pääkriteereinä, ettei maastoa saa vahingoittaa, vesien on oltava puhtaat ja luonnon koskematon. Hiljaisuuden hän nosti niin ikään esille tärkeänä arvona. Hän huomautti, että ohjelma on syntynyt poikkeuksellisen nopealla aikataululla, eikä kai-

kista asioista voida olla yhtä mieltä. Kaivostoiminnan ja matkailun yhteensovittamista hän piti erittäin suurena haasteena. Hän viittasi tutkimukseen, jonka mukaan 50 % Levin ja Ylläksen matkailijoista hakeutuisi muualle, jos kaivostoiminnan aiheuttamia häiriöitä ilmenisi.

Kaivannaisteollisuuden näkökulman esitti kaivossyhtiöiden hallitusammattilainen **Tapani Järvinen**. Talvivaaran hallituksen puheenjohtajana hän on ottanut paljon kritiikkiä vastaan ja hän totesi yhtiön tahtotilan asioiden korjaamiseen olevan vahva. Alan edustajana hän muistutti kaivosten merkityksestä niiden ympärille rakentuvalla klusterilla. Kaivokset luovat pohjan jatkojalostukselle ja klusterin piirissä kehitetyistä huipputeknologiasta ja osaamisesta on tullut maalle tärkeä vientituote.

Pintaa syvemmälle mentiin GTK:n pääjohtaja **Elias Ekdahlin** seurassa. Kymmenessä minuutissa hän sai vakuutettua, etteivät malmivarat ole loppumassa Suomesta. Päinvastoin varantojen määrä on jatkuvassa nousussa kasvavan kysynnän ja uuden teknologian ansiosta. Suomen malmipotentialia on vasta kevyesti raapaistu. Kalliooperätieto perustuu pääosin paljastumiin ja vain noin 3 % on Suomessa pintaan paljastuvaa. Suomen nykyiset tunnetut varannot ovat pinnassa tai lä-

hellä pintaa.

Esimerkkinä Suomen kallioperän tarjoamasta potentiaalista Ekdahl mainitsi Sakatin nikkeli-kupari-platina-esiintymän.

”Olen alusta lähtien puhunut Saksasta uutena Petsamona. Kaikki viittaa siihen, että sen luokan löydöstä on kysymys”.

Päätteeksi saatiin ulkomaisen asiantuntijan näkemys suomalaisten pyrkimyksistä nousta edelläkävijämaaksi kestävän kaivannaisteollisuuden osalta.

Professori **Klaus Töpfer** johtaa Saksan Potsdamissa toimivaa Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) ja on YK:n UNEP-ohjelman entisenä johtajana hyvin perehtynyt kysymyksiin, jotka koskevat ympäristöä ja kestävää kehitystä.

Hän luokitteli kestävän kehityksen ajattelutavan istuttamisen länsimaiseen teollisuusyhteiskuntaan haasteelliseksi. Kysymys on pitkäjänteisestä toiminnasta ja silloin poliittisten päättäjien vaihtuvuus saattaa romuttaa hyvätkin aikeet. Esimerkkejä siitä on kestävän energian puolelta.

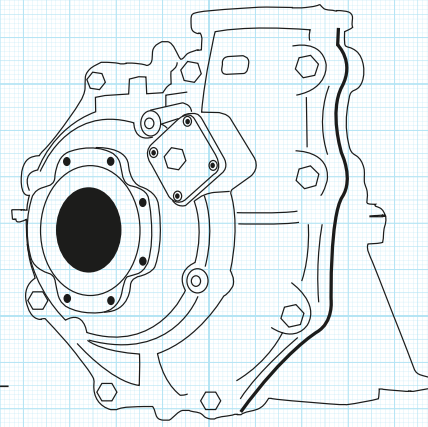
Isäntiään hän imarteli melko lailla: ”Suomella on vankka maine mallimaana ja edistyskellisenä kaivosmaana. Jollei Suomi oikeissaan onnistu, niin kuka sitten?” ▴

More than 20 design improvements

Easier maintenance

Longer wear life

More efficient



The pump reinvented

The Warman® WBH® slurry pump

The latest member of the Warman® family of centrifugal slurry pumps leads the way in efficiency, longevity of parts and ease of maintenance. With more than 20 individual design improvements on its predecessor, the Warman® AH®, the WBH® has been engineered from the ground up to meet your productivity and cost demands.

Excellent
Minerals
Solutions



www.weirminerals.com

Copyright (C) 2013 Weir Minerals Europe Limited. All rights reserved. WARMAN is a trademark and/or registered trademark of Weir Minerals Australia Ltd and Weir Group Africa (P) Ltd. AH and WBH are trademarks and/or registered trademarks of Weir Minerals Australia Ltd. WEIR is a trademark and/or registered trademark of Weir Engineering Services Ltd. Aspects of the WBH pump described in this advertisement are protected by patents and/or designs that are pending or granted in the name of Weir Minerals Australia Ltd.



Leading the industry

Pöyry has been mastering complex engineering projects for industrial processes for decades. The core of our world-leading position is based on a relentless drive to improve results, year after year.

Pöyry is a global consulting and engineering company dedicated to balanced sustainability. Our expertise extends to the fields of energy, industry, urban & mobility and water & environment.



www.poyry.com

Torniossa uskotaan omaan osaamiseen



Juhlinnan kohde, uusi ferrokromiuuni.

Teksti **Bo-Eric Forstén** Kuvat **Leena Forstén**

”Näin merkittävää investointia ei tehtäisi, ellei uskottaisi omaan osaamiseen ja siihen, että Suomessa teollisuutta kannattaa harjoittaa”, totesi pääministeri Jyrki Katainen puhuessaan Outokummun ferrokromituotannon laajennusten vihkiäisissä Torniossa 5.6. Kemins kromikaivoksen laajennuksen ja uuden, maailman suurimman ferrokromiuunin ansoista Outokummun ferrokromituotanto kaksinkertaistuu.

Pääministerin läsnäolo ja juhlayleisön kokoonpano viittasivat siihen, että muutkin kuin outokumpulaiset uskovat yhtiön osaamiseen. Paikalla oli ainakin kuusi bussilastillista arvovieraita, niin monta bussia osallistui nimitäin vieraiden kierrättämiseen Kemins kaivoksella ja Tornion tehdasalueella. Juhlateltan tungoksesta päätellen osa vieraista oli kuitenkin jättänyt varhaisen Kemins retken väliin.

Meidän osaltamme juhla alkoi Kemins kaivoksen portilta, josta saimme liftin bussista numero 2, jonka matkanjohtajana toimi kaivoksen päägeologi **Timo**

Huhtelin ja navigaattorina ferrokromitehtaan kehitysinsinööri **Jouni Sorsa**.

Kemins kaivoksella louhinta siirtyi kokonaisuudessaan maan alle vuonna 2006. Juhlapäivän aikataulu ei vieraitten viemistä siihen maailmaan sallinut, joten tyydyttiin maanpäällisiin näkyymiin. Avolouhoksen kiertäminen oli vakuuttavaa. Kallioon louhittu, 1,5 km pitkä, puoli kilometriä leveä ja 200 metriä syvä kuoppa antoi selvän kuvan toiminnan mittakaavasta. Vedellä täytynyt viereinen Viianmaan avolouhos, josta louhittiin 90-luvulla, loi siihen verrattuna suorastaan idyllisen vaikutelman. Huhtelinin huomautus, että syvemältä, 90 metrin vesimassan alta saattaa vielä tulevaisuudessa löytyä louhintakelpoista malmia, herätti kuitenkin uusia mielikuvia.

Joitain merkkejä maanalaisesta toiminnasta sentään nähtiin. Avolouhoksen molemmissa päissä sijaitsevista poistoilmanousuista nousi tuuletusilman mukana vesihöyryä maan uumenista.

Kaivoksen murskevarastolla jalkautettiin seuraamaan, miten murskattu malmi homogenisoidaan valtavan kokoisella, pyörivällä laitteistolla tasalautaiseksi ennen sen syöttämistä jauhatukseen.

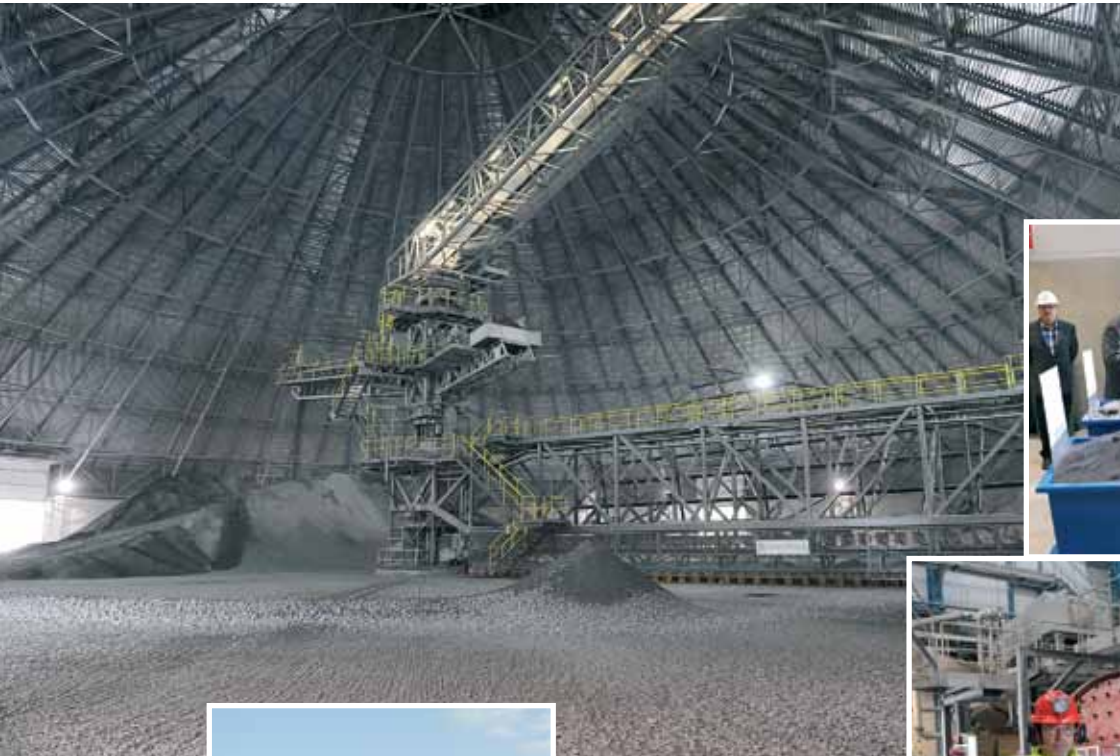


Outokummun hallituksen puheenjohtaja **Jorma Ollila** (vas.), pääministeri **Jyrki Katainen** ja Outokummun toimitusjohtaja **Mika Seitovirta**.

Toinen pysäkki oli rikastamon kohdalla, jossa malmi jauhetaan isossa tankomylyssä haluttuun raekokoon ennen painovoiman avulla tehtävää spiraalirikastusta.

Muu juhlakansa jatkoi bussilla Tornioon, mutta me jäimme portilla pois ja ajoimme kilpaa bussin kanssa Tornioon. Ehdimme sopivasti uuteen lifttasentoon tehtaan portille ja kierrosta jatkamaan.

Ferrokromituotanto on integroitu osa Tornion terästehtaan toiminnasta. Mistään kyläpajasta ei ole kysymys. Tehdasalue on laaja, yli 600 hehtaaria. Isäntien suunnittelema ajoreitti oli varmasti johdonmukainen, mutta meikäläiselle laitokset ja rakennukset menivät iloisesti sekaisin jo muutaman käynnöksen jälkeen. Mieleen jäi, että pitkällä suoralla ohitimme terästeh-



Vasemmalla homogenisointilaitos.

Juhlavieraita tutustumassa kaivoksen malmiin eri muodoissa.



Kemin kaivoksen johtaja Antti Pihkolla oli syytä hymyyn. Kaivoksen malmivarat eivät lopu kesken.

Oppaat Kari Saarimäki (vas.) ja Jouni Sorsa osasivat asiansa. Taustalla kaivoksen tankomylly.



taan ylpeyden, RAP 5:en, joka pystyy käsittelemään yli miljoona tonnia ruostumatonta terästä vuodessa 120 miehen voimin. RAP (Rolling-Annealing-Pickling)-linja on osa edellistä terästuotannon laajennusinvestointia, jonka vihkiäisiä vietettiin 10 vuotta sitten. Oppaaltamme Jouni Sorsalta riitti kehuja yhteistyökumppaneillekin. Bussista käsin hän esitteli innolla AGA:n kaasutehdasta Suomen suurimpana. AGA toimittaa happi-, typpi- ja argonkaasua terästehtaan prosesseihin.

Uuteen ferrokromiuuniin otettiin oikein jalkatuntumaa. Koko bussilastillinen mahtui uunin tavarahissiin, jolla nousiin holvitasolle. Uuni on lajissaan maailman suurin, tehokkain ja ympäristöystävällisin, joten kävijä ei näe muuta kuin sen komean ulkokuoren. Savua ei näy, kaikki päästöt on johdettu käsiteltäviksi suljetussa systeemissä. Koimme elämämme siisteimmän uunikerroksen.

Bussi jätti meidät juhla-alueelle, jossa oli jo verryttely alkanut. Juhlateltan ovelle oli levitetty punainen matto ja se oli ahkerassa käytössä, yksi jos toinenkin halusi kokeilla, miltä kävely sellaisella tuntuu. Teltan alkuosan pyöreiden pikkupöytien ympärillä käytiin arvattavasti monta korkeatasoista keskustelua kahvin ja pikkupurtavien kera. Teltan peräosassa Lapin sotilassoittokunta viritteli aluksi instrumenttejaan ja myöhemmin myös tunnelmaa komealla musiikilla.

Varsinainen ohjelma alkoi Niilo Suutalan tervetuliaissanoilalla. Niilo Suutala on Outokummun teknologiajohtajana johtanut ferrokromituotannon laajennusprojektia alusta lähtien. Heti puheenvuoronsa alkuun hän teki selväksi, että Outokummulla turvallisuus menee kaiken muun edelle. Niinpä hän lentoemännän elkein osoitti teltan varauskäytävien sijainnin.

Projektin vetäjälle vihkiäispäivä tarkoitti pitkän uurastuksen saattamista onnelliseen loppuun. Hän kertoi projektin nousseen



Projektinjohtaja Niilo Suutala (oik.) ja ferrokromitehtaan johtaja ja F3-projektipäällikkö Heikki Pekkarinen.



Outokummun kaksi entistä toimitusjohtajaa, Pertti Voutilainen (vas.) ja Jyrki Juusela.

esille jo 1990-luvulla ja suunnitelmat olivat jo hyvin pitkällä 1990-luvun lopussa, mutta terästehtaan uudistaminen ajoi ohitse. Seuraavan kerran hanketta viriteltiin F3-projektina vuonna 2008, mutta se tyssäsi talouslamaan.

”Vuonna 2010 tehty päätös on sitten pitänyt ja projekti on toteutunut etujajassa ja investointibudjettia alittaen”, totesi tyytyväinen projektinjohtaja.

Outokummun toimitusjohtaja **Mika Seitovirta** antoi täyden tunnustuksen projektin toteuttamiselle ja osoitti yhtiön kiitoksen kaikille hankkeessa mukana olleille; omille ja yhteistyökumppaneille. Hän totesi laajennuksen vahvistavan Outokummun asemaa maailman johtavana ruostumattoman teräksen valmistajana.

”Oma ferrokromituotanto on meille tärkeä kilpailuetu. Laajennuksen ansiosta olemme käytännössä omavaraisia ferrokromin suhteen ja samalla olemme merkittävä toimija maailman ferrokromimarkkinoilla”.

Kilpailuetu korostuu entisestään Tornion integroidussa prosessissa, jossa

ferrokromi käytetään sulana suoraan teräksen valmistuksessa.

Toimitusjohtaja muisti myös kaivoksen: ”Kromikaivoksemme on Euroopan Unionin ainoa. On reilusti todettava, että kaivosteollisuus ja sen työpaikat kuuluvat Suomeen”.

EU:n kilpailuviranomaiset eivät sen sijaan saaneet kiitosta. Ternin tehtaan myynti kaivelee häntä ja koko yhtiötä:

”Vaarana on, että EU kauppaja- ja kilpailupolitiikallaan rajoittaa eurooppalaisen teollisuuden globaalien markkinoiden ulkopuolelle”, sanoi Mika Seitovirta.

Päälouottamusmies **Jyrki Hyykoski** vakuutti henkilöstön puheenvuorossa, että sanonta, jonka mukaan hyvinvoiva henkilöstö takaa hyvän hengen, pitää paikkansa Torniossa. Hän suuntasi selkeän kiitoksen yhtiölle, joka vuodesta 1910 lähtien on kantanut huolta maamme perusteellisuudesta.

”Valtio on ollut mukana vuodesta 1924 lähtien ja on opittu luottamaan

Outokumpuun yhtiönä, joka kautta aikojen on investoinut maan teollisuuden kehittämiseen. Investointien jatkumisen kannalta valtiovallan mukana olo on tärkeä”.

Pääministeri **Jyrki Katainen** aloitti hehkuttamalla: ”Tämä investointi on tärkeä Outokummulle, paikkakunnalle ja koko Suomen taloudelle. Näin merkittäviä investointeja ei tehtäisi, ellei uskottaisi omaan osaamiseen ja siihen, että Suomessa teollisuutta kannattaa harjoittaa”.

Puheessaan Katainen totesi, että energiaintensiivisellä teollisuudella, metsä-, metalli- ja kemianteollisuudella on ollut keskeinen rooli Suomen talouselämässä.

”Osuus on vähentynyt, mutta edelleen nämä alat ovat elintärkeitä maamme kehitykselle”.

Hän huomautti, että tässä mielessä pohjoiseen, Tornion Röntytään suunnitellulla nesteytetyn maakaasun terminaalilla on tärkeä rooli.



Yhteispainallus. Vasemmalta: päälouottamusmies Jyrki Hyykoski, Mika Seitovirta, Jyrki Katainen, Niilo Suutala ja Jorma Ollila.

”LNG-hankkeella on valtion tuki”, totesi pääministeri.

Puheiden jälkeen seurasi itse vihkimisseremonia. Siihen osallistui puheiden pitäjien lisäksi Outokummun hallituksen puheenjohtaja Jorma Ollila.

Lavalle asennettu erikoiskytkin oli suorassa yhteydessä uunin valvomoon. Valvomon mitta- ja ohjauslaitteiden näytöt heijastettiin juhlateltan seiniin ja niiden tarkistaminen aloitettiin Niilo Suutalan komennolla 13.08. Kun kaikki oli valmista, viisikko lähetti yhteispainalluksella signaalin valvomoon, ja uuden uunin ensimmäinen virallinen sulan lasku alkoi 13.09. ▀

Östergötalandin maaherra ja Outokummun hallituksen jäsen Elisabeth Nilsson (eturivissä toinen vasemmalla) lauloi sujuvasti Pohjanmaan maakuntalaulun suomeksi.



Kaivosten kuljetukset kiinnostavat

Teksti **Bo-Eric Forstén** Kuvat **Leena Forstén**

Kaivannaisteollisuudesta löytyy puhtaan valkoiset jalanjäljet Oulun satamassa. Oritkarissa on iso varastorakennus, jonka seinässä lukee ”Talvivaaran liitua”. Mondo Mineralsilla on vastaavanlainen varasto Nuottasaassa ja Kevitsa majoilee Vihreäsaassa.

”Oulun satamalle kaivosteollisuus on jo kauan ollut kiinnostuksen kohteena. Seuraamme, mitä alalla tapahtuu, ja pyrimme aktiivisesti kasvattamaan yhteistyötämme alan toimijoiden kanssa”, toteaa **Jari Erkkilä**, Herman Andersson Oy:n asiakaspalvelupäällikkö.

Oulu ei ole ainoa satama, jossa kaivosbuumin vaikutukset meriliikenteseen on pyritty ennakoimaan.

”Markkinoinimme yhdessä Oulun Sataman kanssa satamaa ja sen palveluja. Kevään aikana esittelimme näissä merkeissä toimintaamme kuljetusalan kansainvälisillä messuilla. Kierros alkoi huhtikuussa Moskovan TransRussia-messuilta, sen jälkeen esittäydyimme Antwerpenin BreakBulk-messuilla sekä Münchenin Transport&Logistik-messuilla. Oli mielenkiintoista huomata, että kaikkialla oltiin tietoisia kaivosteollisuuden esiinmarssista Suomessa ja Ruotsissa”.

Markkinointimatkoillaan oululaiset tuovat esille kotikaupunkinsa aseman pohjoisen Suomen raideliikenteen keskuksena.

”Kaikki junat kulkevat Oulun kautta. Toinen valtti on läheisyys itärajaan. Suomi Neito on Oulun korkeudella kaapeimmillaan. Venäjän rajalta Ouluun ei ole matkaa kuin 250 km. Rajan takana avautuvat yhteydet sekä Arkangelin, Petroskoin että Murmanskin suuntaan. Transitoliikenne on jo nyt meille merkittävä bisnes”.

Jarin kotimaisella seurantalistalla kaivosten joukossa on sellaisia nimiä kuin Hannukainen, Mustavaara, Suhanko ja Sokli.



Oritkarin länsilaituria pidennetään 330 metriä Jari Erkkilän osoittamaan suuntaan. Sumun läpi takana hämmöttää toisen satamaoperaattorin, Baltic Bulkin rakennuksia.

Puu ja paperi ovat perinteisesti Herman Anderssonin leipälaji. Kuljetuslinja Stora Enson Nuottasaaren tehtaalta suoraan satama-alueelle toimii edelleen elintärkeänä napanuorana omistajaan.

”Jotta tämä suhde säilyisi, meidän tulee jatkuvasti olla kilpailukykyisiä markkinoilla ja pystyä palvelemaan muitakin teollisuuden aloja”.

Herman Anderssonin kolmen miljoonan tonnin tavaravirrasta miljoona on paperiteollisuuden vientiä. Toinen miljoona on saman teollisuuden tuontia. Viimeisestä miljoonasta kaivosteollisuuden osuus on merkittävä ja kasvussa.

Oulun sataman kehittämiseksi Oulun kaupunki on laatinut yleissuunnitelman. Kaupunginvaltuuston päätöksellä Oritkarin länsilaiturin ensimmäisen vaiheen toteuttaminen on aloitettu tänä kesänä. Uutta laituria rakennetaan 330 metriä.

Vuosien aikana ruoppausmassoja ja muuta täytemaata on tuotu satama-alueelle ja Oritkari on kasvanut huomattavasti merelle päin. Satamakentän laajennus luo mahdollisuuksia uusiin ratkaisuihin.

• Herman Andersson Oy

Herman Andersson Oy on Oulun sataman alueella toimiva ahtausta, huolintaa ja laivanselvitystä tarjoava yhtiö. Yhtiö on ollut osa pohjoista merenkulkua jo 110 vuotta. Sen perustaja, oululainen merikapteeni Herman Andersson, päätti vuonna 1902 palata meriltä ja palveli merenkulkijoita maista käsin. Herman Andersson Oy:n palveluksessa on n.140 henkilöä, ja liikevaihto v. 2012 n. 19 miljoonaa euroa.

• Oulun satama

Satama koostuu kolmesta erillisestä satamanosasta: Oritkari, Nuottasaari ja Vihreäsaari. Oulun satama vastaa sataman infrastruktuuri- eli laitureista ja kentistä, kun taas satamaoperaattorit Herman Andersson Oy ja Baltic Bulk Oy vastaavat liikenteen pyörittämisestä. Herman Andersson Oy hoitaa Oritkarin ja Nuottasaaren satamansien kautta kulkevan liikenteen ja Baltic Bulk Vihreäsaaren liikenteen. Sataman kautta kulki tavaraa viime vuonna yhteensä runsaat 3,5 miljoonaa tonnia ja satama on Perämereen suurin konttisatama. Vuonna 2012 konttiliikenne ylsi uuteen ennätykseen n. 42.000 TEU:ta. Satamassa on 80 000 m² katettua varastotilaa.

Viime vuonna satamassa kävi 556 alusta. Satamaan johtavan väylän syvyys on 10 metriä.



Oulun satama on Perämeren suurin konttisatama. (Kuva: Oulun Satama / Suomen Ilmakuva Oy)



”Raideliikenne on sataman toiminnan kannalta avainasemassa. Tänä päivänä meillä on junaraide laiturin viereen, mutta juna ei pääse kääntymään, vaan se pitää peruuttaa pois. Korkealla toivelistalla on satamakentän kiertävä ratayhteys, jota pitkin juna voisi kiertää satamakentän. Silloin vaunujen automaattiyhjäennys kävisi mahdolliseksi.”

Jari Erkkilän mukaan linjalaivojen lastaaminen tai purkamisen käy muutamassa tunnissa. Isoimmistakin aluksista selviydytään vuorokaudessa.

”Miehemme käyvät jatkuvassa kolmivuorotyössä läpi vuoden. Eikä talvestakaan ole haittaa. Nuottasaari sijaitsee Oulujoen suulla, ja virtaus pitää satama-altaan yleensä jäätömänä. Oritkarissa satamalla on käytössä pulputusjärjestelmä, joka pitää jäät loitolla. Viime vuosien leutoina talvina kaupungin omistamalla satamajäämurtaja Tuuralla onkin ollut enemmän hinaustehtäviä kuin jäänmurtotehtäviä.”

Mitkä ovat sitten satamaoperaattorin ajatukset rikkidirektiivistä?

”Satama on ajamassa hanketta Oulun väylän syventämisestä 12 metriin. Se nostaisi alusten maksimikoon 50 000 tonniin nykyisestä 28 000 tonnista. Tällöin yksikkökustannukset saataisiin selkeästi alhaisemmiksi ja logistista kilpailukykyä voitaisiin paremmin ylläpitää. Ajatusta mahdollisen raideyhteyden rakentamisesta Jäämeren rannalle emme toisittaiseksi pidä realistisena.”, toteaa Jari Erkkilä Herman Anderssonin puolesta. ▴

Sataman konttien käsittely hoidetaan isolla pukkinosturilla, joka on ainoa laatuaan pohjoisen satamissa.

ORITKARIN SATAMA
OULUSSA
PALVELEE

EXPORT
IMPORT

24
7



Fysikaalisen simuloinnin ja numeerisen mallinnuksen konferenssi Oulussa



Teksti ja kuva TKT Veikko Heikkinen

Tausta

Oulun yliopiston materiaalitekniikan tutkimuksen keskeisimmäksi aihealueeksi on parin viime vuosikymmenen aikana noussut fysikaalinen simulointi ja sen soveltaminen erikoislujien terästen valmistusprosessin kehittämiseen. Ponttimena tähän on ollut teollisuuden kasvanut mielenkiinto termomekaanisia käsittelyitä kohtaan ja perusmetalliteollisuuden lahjoituksena saatu Gleeble 1500 -simulaattori laboratorioon 90-luvun alussa. Laite on osoittautunut erinomaiseksi välineeksi erikoislujien terästen termomekaaniseen valmistukseen liittyvien ilmiöiden tutkimuksessa.

Pari vuotta sitten laboratorioon hankittiin viimeistä huutoa oleva Gleeble 3800, ja nyt molemmat laitteet ovat tutkijoiden jokapäiväisessä aktiivikäytössä. Tämän uusimman hankinnan mahdollisti Rautaruukin ja Outokummun lahjoitus sekä yliopiston tuki terästutkimukselle. Tekes, Suomen Akatemia sekä Euroopan Hiili- ja teräsunioni (ECSC, RFCS) ovat teollisuuden ohella rahoittaneet tutkimushankkeita yli 20 vuoden ajan.

Gleebled hankinnan jälkeen professori **Pentti Karjalainen** ja hänen tutkimusryhmänsä rakensivat jo 90-luvulla

laajan kansainvälisen yhteistyöverkoston, jonka puitteissa kyettiin saamaan termomekaanisten käsittelyjen tutkimus ja fysikaalinen simulointi nopeasti korkealle tasolle ja tulokset teollisuuden hyödynnettäviksi. Tutuksi tulivat mm. McGill University Kanadassa sekä Sheffieldin yliopisto (IMMPETUS) Englannissa.

Kiinassa oli jo tuolloin parikymmentä simulaattoria, minkä vuoksi tiiviit suhteet rakennettiin myös useisiin kiinalaisiin yliopistoihin. Erityisen tiivistä yhteistyö on ollut Harbinin teknillisen korkeakoulun kanssa, jonka kunnia-professoriksi Pentti Karjalainen nimettiin vuonna 2000.

1990-luvun alkupuolelta lähtien on Kiinassa järjestetty muutaman vuoden välein kuusi fysikaalisen simuloinnin konferenssia, joissa Karjalainen on ollut tiiviisti mukana toimien mm. usean konferenssin varapuheenjohtajana. Hän on myös kouluttanut omassa laboratoriossaan kolme kiinalaista tohtoria.

Kun seuraavan seminaarin pitopaikkaa pohdittiin Kiinassa muutama vuosi sitten, harkinnassa oli ensimmäistä kertaa myös ulkomaisia ehdokkaita. Loppumetreillä kisa pitopaikasta käytiin Oulun ja Moskovan välillä. Nopean reagoinnin ja hyvien suhteiden ansiosta vaaka kallistui Oulun hyväksi. Näin-

The 7th International Conference on Physical and Numerical Simulation of Materials Processing

Oulun yliopiston rehtori Lauri Lajunen avaa konferenssin. Vuoroaan odottelevat professori Pentti Karjalainen, FIMECCin tj Harri Kulmala, Outokummun teknologiajohtaja Niilo Suutala ja Dynamic System Inc.:n tj David Ferguson.

pä juhannusviikolla parisataa konferenssivierasta esitteli kolmen päivän aikana aihealueen viimeisimpiä tutkimustuloksia ja tulevaisuuden näkymiä Oulussa. Osanottajia oli 24 maasta suurimpina ryhminä suomalaisten ohella 46 osanottajaa Kiinasta ja 21 Venäjältä.

Konferenssin ulkoiset puitteet

Kansainvälisen konferenssin järjestäminen on monivaiheinen ja pitkäkestoinen prosessi, johon tarvitaan paitsi käytännön kokemusta myös laaja tiedeyhteisön verkosto. Oulun yliopiston Terästutkimuskeskus otti haasteen vastaan osin nostaakseen omaa profiiliaan, mutta myös tarjotakseen suomalaisille tutkijoille mahdollisuuden esitellä tutkimustuloksiaan ja tavata ulkomaisia kollegoitaan. Ratkaiseva tekijä onnistumisen kannalta oli se, että vuodenvaihteessa emeritukseksi siirtynyt Pentti Karjalainen otti vetovastuun konferenssista. Käytännön järjestelyissä hän sai tukea kokeneelta konferenssien järjestäjältä Tavicon Oy:ltä.

Tärkeimpiä yhteistyökumppaneita olivat Suomesta perusmetallirytykset ja FIMECC Oy sekä Kiinasta Harbinin teknillinen korkeakoulu, Henan Polytechnic University, Southwest University of Science and Technology sekä

Huaqiaon yliopisto. Taloudellisesti tilaisuuden järjestämistä tukivat TSV (Tieteellisten Seurain Valtuuskunta), Dynamic Systems Inc., Fuji Electronic Industrial Co. Ltd., Ruukki Metals Oy, Outokumpu Oyj ja Oulun yliopisto.

Pitopaikaksi valittiin Linnanmaan kampuksen sijasta Lasaretti-hotelli, joka sijaitsee luonnonkauniilla paikalla Oulujoen suistossa lähellä kaupungin keskustaa ja sen ravintoloita ja nähtävyyksiä. Tämä osoittautui hyväksi ratkaisuksi, sillä rinnakkaiset sessiot ja poster-näyttely olivat lähellä toisiaan ja hyvin aikataulutetussa ohjelmassa kukin saattoi poimia kuultavakseen haluamansa esityksen. Konferenssin jälkeen vierailulla oli tilaisuus pistäytyä Ruukin terästehtaalla Raahessa tai suunnata matkansa Rovaniemelle napapiirin ylitukseen. Ilmenneen kiinnostuksen vuoksi järjestettiin osallistujille myös mahdollisuus vierailulla yliopistolla.

Konferenssin juhlallisissa avajaisissa puhui Oulun yliopiston rehtori **Lauri Lajunen**. Hän toi esille Terästutkimuskeskuksen suuren merkityksen alueen terästeollisuuden tutkimuskumppanina ja asiantuntijoiden kouluttajana ja kasvattajana. Teollisuuden puolesta puhui Outokummun teknologiajohtaja **Niilo Suutala**, ja kansallista tutkimustoimintaa valotti FIMECC Oy:n toimitusjohtaja **Harri Kulmala**.

Konferenssin antia

Plenary session -puhujiksi oli saatu alan tunnetuimmat gurut kuten professorit **John Jonas McGill** University, **Harry Bhadeshia** University of Cambridge, **Peter Hodgson** Deakin University, **Rudolf Kawalla** TU Freiberg, **Anthony DeArdo** University of Pittsburgh, **Dianzhong Li** Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences ja **Han Dong** Central Iron and Steel Research Institute.

Plenary-luennoissa käytiin läpi fyysikaalisen simuloinnin sekä numeerisen mallinnuksen käyttöä uusimpien terästen kehitystyössä, esiintyvien ilmiöiden karakterisoinnissa sekä tulevaisuuden kehityksen suuntaviivoja. Kaikkien esitelmien referointi ja konferenssin koko annin arviointi ei ole tässä yhteydessä mahdollista. Se jää alan professorien ja tutkijoiden tehtäväksi. Muutaman havainnon suomalaisesta näkökulmasta rohkenen silti esittää.

Mallinnuksen yleisenä tavoitteena on alentaa kehityskustannuksia vähentämällä tuotantomittakaavaisten kokeiden tarvetta. Mallien avulla voidaan nopeasti vertailla eri prosessitekijöiden keskinäistä vuorovaikutusta, erilaisia

prosessivaihtoehtoja, tietojärjestelmien *hardwarea* sekä tuoteominaisuuksia. Mallinnuksessa on päästy jo niin pitkälle, että jotkut autotehtaat hyväksyvät perinteisen aineenkoetuksen sijasta mallien antamat tulokset. 3D-mallien lisääntyvän käytön on tehnyt mahdolliseksi tietokoneiden laskentapasiteetin kasvu. Silti tarvitaan lisäksi fyysikaalista simulointia, sillä tietokoneomalleissa ei kyetä koskaan ottamaan huomioon kaikkia materiaalin ominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä

Suomessa usein aikaisemminkin vierailut professori **John Jonas McGillin** yliopistosta Kanadasta esitteli teoriaa, jonka mukaan ferriittiä syntyy lujissa rakenneteräksissä muokkauksen vaikutuksesta jopa sata astetta tasapainolämpötilaa korkeammassa lämpötilassa. Syntynyt ferriitti pyrkii hajaantumaa uudestaan austeniitiksi ennen austeniitin hajaantumista lämpötilan laskiessa, joskin tämä tapahtuu hitaasti. Ilmiötä on kuitenkin vaikea todentaa kokeellisesti, sillä ferriitin syntymislämpötilaa ei pystytä päättämään huoneenlämpötilassa otetusta näytteestä. Onko rakenteessa oleva ferriitti syntynyt korkeassa lämpötilassa vai vasta jäähtymisen aikana? Konferenssin jälkeen Jonas jatkoi matkaansa Raahan terästehtaalle kertomaan lisää havainnoistaan.

Professori **Harshad Bhadeshia** Cambridgen yliopistosta esitteli tutkimustuloksia, joiden mukaan martensiitin muodostumislämpötila ei olekaan kullakin teräksen koostumuksella vakio mikäli teräs on jännityksen alaisena, vaan vaihtelee martensiittilinssien orientaation mukaan. Tämä johtuu siitä, että martensiittilinssillä on kunkin austeniittirakeen sisällä 24 orientaatiomahdollisuutta ja jokaisella niistä on toisistaan poikkeava M_s -lämpötila, joka riippuu jännityksen tyypistä ja suunnasta. Lopputuotteen tekstuuriin ja ominaisuuksien kannalta on ratkaisevaa linsien koko ja osuus rakenteesta. Tämän ilmiön seurauksia esimerkiksi suorasammutettujen terästen ominaisuuksiin sietää pohtia.

Professori **Peter Hodgson** Deakinin yliopistosta Australiasta esitteli ryhmänsä LEAP-mikroskoopilla tekemiä tutkimuksia. Atomprobe tomografian (APT) avulla voidaan metallin rakennetta tarkastella atomitasolla, ja havaita erkaumien esiasteita, jotka jäävät perinteisen metallografian, jopa läpäisymikroskopian ulottumattomiin. Esimerkiksi mikroseosteräksissä näemme vain suhteellisen karkeajakoiset, faasinmuutoksen yhteydessä syntyneet erkaumat, kun lisää erkautumis-

karkenemista on saavutettavissa hienojakoisella, ferriitistä homogeenisesti erkautuvalla faasilla tai atomirykelmillä. Tämän laitetekniikan avulla tehdään materiaalitekniikan huippututkimusta maailmalla. LEAP-mikroskooppi on ollut myös Oulun yliopiston terästutkimuskeskuksen haaveena, mutta sen suhteellisen kallis hinta, noin 2 M€, ja suuret kunnossapitokustannukset ovat toistaiseksi olleet esteenä hankinnalle.

Vaikuttava oli Kiinan tiedeakatemian Metallintutkimusinstituutin johtajan **Dianzhong Linin** esitys suurten, jopa 600 tonnia painavien, valukappaleiden valmistuksesta. Sellaisia tarvitaan esimerkiksi atomivoimaloiden turbiinien roottoreissa ja laivamoottoreiden kampiakseleissa. Hitaasta jäähtymisnopeudesta ja suuresta massasta johtuen muodostuu valuihin suotaumia ja niiden yläosaan valuonkalo. Tyhjäkäsitteilyllä ja oikealla tiivistys- ja kuonapraktiikalla saadaan suotaumat eliminoitua siedettävälle tasolle, mutta kutistumahuokosia keskilinjalle silti aina muodostuu. Tämä oli todennettu halkaisemalla kolme massiivista 200 tonnin paksuista valannetta.

Professori **Seppo Louhenkilpi** ja hänen tutkimusryhmänsä Aalto-yliopistosta esittelivät posterillaan FIMECCin ELEMET-ohjelmassa kehitettyä jatkuvalun 3D-mallia, jonka avulla prosessi- ja materiaalidataa hyödyntäen pystytään ennustamaan teräksen lämpötila, faasinmuutosrajat ja viime kädessä myös aihionauhan laatu. Testejä on toistaiseksi tehty vasta *off line* -tilassa, mutta tavoitteena on saada malli *on line* -käyttöön ja kytketyksi osaksi prosessinohjausjärjestelmää. 3D-mallin käytön on tehnyt mahdolliseksi se, että nykyisillä tietokoneilla laskenta-ajat jäävät riittävän lyhyeksi.

Professori **Timo Fabritiuksen** tohtoriopiskelijoilla oli tilaisuudessa useita esitelmiä, joiden pitoa oli CASRin tutkijaseminaarissa jo etukäteen harjoiteltu. Useimpien esiteltyjen töiden rahoitus on tullut FIMECCin rahoittamasta ELEMET-ohjelmasta. Professori **Mika Järvinen** Aalto-yliopistolta esitteli yhdessä Oulun yliopiston kanssa tehtyä sulametalurgisten yksikköoperaatioiden mallinnukseen liittyvää työtä. Tohtoriopiskelija **Petri Sulasalmi** puolestaan kertoi kuonien emulgoitumiskäyttötymisen mallinnukseen liittyvästä tutkimuksesta. Posterin välityksellä tohtoriopiskelija **Aki Kärnä** esitteli yläänilanssin käyttöön liittyvää mallinnusta.

TkT **Risto Laitinen** Ruukki Metallsilta esitteli posterillaan hitsaustutkimustensa tuloksia. Hitsauksen kehitys

on perinteisesti nojannut kalliisiin hitsauskokeisiin ja täyden mittakaavan koekappaleiden testaukseen. Gleeblen avulla voidaan simuloida HAZ:in eri vyöhykkeiden rakenteita pienillä näytekappaleilla. Kun kriittiset vyöhykkeet on tunnistettu, voidaan niiden sitkeyttä parantaa säätämällä hitsauksen jälkeistä jäähtymisnopeutta. Menetelmä on osoittautunut erityisen käyttökelpoiseksi lujien ja ultralujien terästen hitsattavuuden tutkimuksessa. Tähän liittyviä kokeita on tehty Gleeblellä enenevässä määrin viime vuosina. Posterit oli erityisesti kiinalaisten suosiossa, jotka panostavat voimakkaasti oman *off shore* -teollisuutensa kehittämiseen.

Professoreiden **David Porter** ja **Pentti Karjalaisen** tutkijat pitivät konferenssissa kuusi esitystä. Ruostumattomiin teräksiin liittyviä FIMECCin LIGHT- ja DEMAPP-ohjelmassa tehtyjä tutkimuksia esittelivät Oulun yliopiston tohtorikoulutettavat **Anna Kisko**, **Severi Anttila** ja **Saara Mehtonen**. Kisko keskittyy työssään tutkimaan metastabiilin austeniitin muuttumista martensiitiksi austeniittisissa Cr-Mn-teräksissä. Anttilan ja Mehtosen aiheina puolestaan olivat stabiloidut 21 % kromia sisältävät ferriittiset ruostumattomat teräkset. Molempien terästen kehityksen ajavana voimana on halu päästä eroon kalliista ja hinnaltaan epävakaasta nikkelistä. Edullisemman hinnan lisäksi niiden etuna on myös se, että esim. useamman stabilointiaineen käytöllä pinnanlaadun kannalta ongelmallista titaania voidaan korvata helpommin käytettävillä niobilla. Ferriittinen 21 % Cr-teräs omaa vähintään yhtä hyvän korroosiokestävyyden kuin perinteisesti käytetty auteniittinen AISI 304 ja on syvämuovattavuudeltaan parempi. Tornion tehdas on aloittanut NGF-projektissa (New Generation Ferritic stainless steels) kehitetyn uuden 21 %Cr ferriittisen ruostumattoman teräslajin pilotoinnin kiinnostuneiden asiakkaiden kanssa maailmanlaajuisesti. Potentiaalisia sovelluskohteita ovat mm. kattilat, kodinkoneet, hissit, rakennusten julkisivut ja pakoputket.

Lopuksi

Konferenssin anti oli korkeatasoinen ja monipuolinen. Merkille pantavaa oli kiinalaisten voimakas esiinmarssi tieteen eturintamaan. Maassa ei selvästikään enää tyydytä pelkästään kopioimaan, vaan todella uuttakin kehitetään. Terästeollisuuden ja nyt myös jatkojalostuksen voimakas kasvu ja monipuolistuminen luovat kasvavaa kysyntää tutkimukselle. Eikä tutkimus ole enää pelkkää akateemista puuhastelua, vaan sen tulokset pyritään ottamaan nopeasti hyötykäyttöön. Oman osansa materiaalitekniikan kehittämiseen tuovat Kiinan lisääntyvä panostus avaruus- ja sotilasteknologiaan.

Suomalaisille tutkijoille, joita oli paikalla kiitettävän runsaasti, tilaisuus tarjosi erinomaisen mahdollisuuden tavata tunnettuja tiedemiehiä kasvotusten ja samalla päivittää tietonsa alan viimeisimmillä tutkimustuloksilla. Lehdistä luettavat tiedot ovat usein jo ilmestyessään useita vuosia vanhoja. Vanhemman polven edustajille mallinnuksen lisääntyvä matemaattikka tuotti ylimääräistä päänvaivaa.

Järjestäjä lämmitti erityisesti vieraiden vuolaat kiitokset oheistapahtumien onnistumisesta. Päivällisen yhteydessä kuultu **Pohjan Laulun** mieskuoron edustajien esitys ja maamme eturivin taikurin show eivät jättäneet ketään kylmäksi. Tilaisuudessa paljastettiin myös Oulun yliopistolle tuleva Pentti Karjalaisen valokuva, jossa hän istuu Gleeble-simulaattorin edessä.

Konferenssin yhteydessä päätettiin maailmanlaajuisen simulointiseuran *International Federation on Physical and Numerical Simulation of Materials Processing (PNSIF)* perustamisesta, jonka toimeenpanevaan neuvostoon kutsuttiin Pentti Karjalainen. Kolmen vuoden päästä tavataan samoissa merkeissä Moskovassa. ▀

www.algolchemicals.fi
mining@algol.fi
puh. 09 50991

 **ALGOL**
CHEMICALS

RIKASTUSPROSESSIN KEMIKAALIT ASIAANTUNTIJALTA

Ratkaisut tarpeidesi mukaan.
Toimitusvarmuus ja arvostetut
kumppanit. Vastuullisesti toimien.



Metallien musiikki soi kauniimmin kuin koskaan

1900-luvun alussa Helsingin ratapihalla työskenteli parisataa ihmistä metallin kalskeessa, junia lastaten ja ohjaten. Nyt kolina on kaikonnut, vaikka tällä paikalla Helsingissä työskentelee moninkertainen määrä ihmisiä - uutisten, musiikin ja nykytaiteen parissa. Metallia ei ole kadonnut. Korkeana teknologiana se on osa nurmen alla soivaa konserttia, kaikkia aisteja puhuttelevaa nykyaikaa ja nopeaa globaalia tiedonvälitystä.

Ihmisten tarpeet muuttuvat, ja ideat sekä materiaalit uudistuvat. Tulevaisuutta ei voi tarkkaan ennustaa, mutta tiedämme, että myös tulevaisuudessa ihmiset tarvitsevat metalleja.



Forcit ja Finnrock – Täyden palvelun osaamista



www.forcit.fi • 0207 440 400



www.finnrock.fi • 010 832 1300

Future Circular Materials Expo

10-12 June Skellefteå Sweden

Text: **Jan Nilsson** Foton: **Georange**

Future Circular Materials Expo är ett försök att samla alla intressenter, politiker, produktproducenter, återvinningsbranschen och metallproducenter för att träffas och diskutera återvinning i Skellefteå.

Expon startades **dag 1** med ett studiebesök hos Bolidens smältverk Rönskär där den nya återvinningsanläggningen för elektronikskrot besöktes. Den nya E-skrot anläggningen som varit i drift sedan ett år bidrar enligt smältverkschefen **Roger Sundqvist** till effektiv och miljömässigt bästa möjliga omvandling av E-skrot till metaller och energi.

Kapaciteten för E-skrot har med den nya anläggningen ökat från 45 000 till 120 000 ton/år. Forsättningen dag 1 delades in i två block: 1. Perspectives on circular materials supply (political, sustainability, business) 2. Tema WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment).

Aplock från några talare

Tomas Nylund, CEO, Gästrike återvinning betonade, att Sverige är mycket framgångsrikt när det gäller utvecklingen av återvinningssystem som är ur ett internationellt perspektiv unika. I dag ser man avfall som en resurs i stället för ett problem.

Anders Wijkman, ordförande, Återvinningsindustrierna menade i sitt anförande att "Conventional economy is on a collision course with Nature" och att det måste till en förändring där "There is a need to move towards a circular economy".

Helena Castrén, Senior CSR Manager Nokia, How does WEEE fit in to a commercial business?

Cecilia Nord, Environmental Manager Electrolux, How does WEEE fit into a commercial business? Där ett engagerat föredrag "Recycled material in consumer products – a mental step change for consumers and companies alike".

Georges ordförande Lennart Gustavsson öppnade Expon med ett välkomstal.



Markus Reuter presenterar "Metal Recycling – Opportunities, Limits, Infrastructure".



Maria Ågren, Director General Swedish Environmental Protection Agency with a presentation round the topic: The recycling industry is vital for achieving our environmental objectives.



Dagen avslutades med en paneldebatt där summeringen kan vara kort och gott Återanvändbarhet/Reusability.

Dag 2 inleddes med Block 1 Sustainability och fortsatte under dagen med flera intressanta teman som: *Circular Materials Economy, Research, Circular materials Business applications, Technical and commercial outlook, Human values of circular materials economy.*

Bland talarna var bland andra;

Janis Salminen, VTT, Circular Materials Economy som gjorde en ingående presentation om Recycling research i Finland.

Marcus Reuter, Director – Technology Management, Outotec, presented a report that was recently published around the topic: Metal Recycling – Opportunities, Limits, Infrastructure.

Markus uppmanade de som ville stu-

dera detta mer ingående att ladda ned den rapport som nu finns tillgänglig på internet, adress: <http://www.unep.org/resourcepanel/Publications/MetalRecycling/tabid/106143/Default.aspx>

At the end of day2 a panel discussion took place and it was more or less agreed on what had been said during the day with respect to commercial and market conditions: - Free and fair trade; - Clear laws and regulations to be put in place.

Dag 3 var inriktad på den politiska delen av återvinning och avfall med teman som "vad gör politikerna för att återvinningsbranschen ska kunna skapa värden och arbetstillfällen i Sverige".

Denna dag avslutades med en livlig paneldiskussion mellan politiker och **Gunnar Fredriksson**, SKL (Sveriges Kommuner och Landsting) ▀

Huhtikuun puolivälissä yli 80 teräksenvalmistuksen asiantuntijaa Japanista, Saksasta ja Pohjoismaista kokoontui Osakaan kaksipäiväiseen symposiumiin, minkä jälkeen Euroopasta tulleilla osallistujilla oli kolmen päivän ajan mahdollisuus tutustua Kansain alueen terästehtaisiin Himejissä, Wakayamassa ja Kobessa.

Japanin rauta- ja teräsjärjestö (ISIJ) on järjestänyt kahdenvälisiä tapaamisia niin ruotsalaisen Jernkontoretin kuin saksalaisen VDEh:nkin kanssa jo 1970-luvulta lähtien. Kun sekä kahdeksas ISIJ-JK-tapaaminen että neljästoista ISIJ-VDEh-tapaaminen oli määrä järjestää Japanissa vuoden 2013 aikana, päätettiin tapaamiset yhdistää yhdeksi ISIJ-VDEh-Jernkontoret Joint Symposiumin nimellä järjestettäväksi tapahtumaksi, joka järjestettiin Osakassa huhtikuussa 2013. Tapahtuman paikkana oli Osakan yliopiston Suiton kampusalue, jossa isäntänä toimi professori **Toshihiro Tanaka** ko. yliopistosta.

Symposiumiin osallistui reilut 80 osallistujaa Japanista, Saksasta, Itävaltasta, Ruotsista ja Suomesta. Viidestä mukana olleesta suomalaisesta kaksi Rautaruukin edustajaa olivat osa VDEh:n delegaatiota, kun taas yksi Ovakolta ja kaksi Oulun yliopistosta tullutta osallistujaa olivat mukana osana Jernkontoretin ryhmää. Niin osallistujista kuin esitelmien pitäjistäkin suurin osa oli joko Japanista tai Ruotsista.

Laadukkaita esitelmiä

Esityksiä kuultiin kahden päivän aikana yhteensä 32. **Johan Erikssonin** (Swe-rea MEFOS), **Reinhard Fandrichin** (VDEh) ja **Koji Saiton** (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation) johdantoluentojen lisäksi kuultiin esitelmiä yhdeksästä eri teemasta: sulapelkistys ja hiilettyminen, valokaariuunit, kuonat, raaka-aineet, sekundäärimetallurgia, masuuni, teräksenvalmistus, jatkuvavali ja ympäristöasiat. Esitelmille varattu riittävä aika yhdessä asiansa osaavien sessiopuheenjohtajien kanssa varmistivat sen, että laadukkaiden esitelmien lisäksi jäi aikaa myös keskusteluille, jotka olivat paikoitellen hyvinkin vilkkaita. Suomalaisista esitelmän pitivät **Erkki Pisilä** ja **Jarmo Lilja** Rautaruukilta sekä **Eetu-Pekka Heikkinen**



Matkan aikana tutustuttiin terästeollisuuden lisäksi myös muihin nähtävyyksiin kuten Nijo-jon linnaan Kiotossa.

ISIJ - VDEh - Jernkontoret Joint Symposium Osakassa 15.-19.4.2013

Teksti ja kuvat: Eetu-Pekka Heikkinen & Timo Fabritius, Oulun yliopisto



Ilta Osakassa



nauuniin sekä käytettyjen autonrenkaiden kaasutuslaitokseen.

Virallisen ohjelman täytteeksi eurooppalaisille vieraille oli järjestetty myös runsaasti oheisohjelmaa, jonka puitteissa tutustuttiin Kinkaku-jin ja Ryoan-jin temppelisiin ja Nijo-jon linnaan Kiotossa, Todai-jin temppeliin ja Kasuga-Taishan pyhättöön Narassa sekä perinteiseen saken valmistukseen Kobessa. Lisäksi joka ilta päästiin nauttimaan myös japanilaisesta ruoasta.

Symposiumin päätteeksi **Robert Vikman** Jernkontoreilta kertoi, että seuraava tapaaminen tullaan järjestämään Pohjoismaissa vuoden 2017 aikana. ▀

Oulun yliopistosta. Heidän aiheensa käsittelivät terästehtaiden hienojakoisten poisteiden karakterisointia ja käsitelyä sekä hienoaineksesta valmistettujen brikettien käyttöä masuunin raaka-aineena.

Kahden esitelmäpäivän jälkeen tapahtuma jatkui tehdasvierailuilla Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporationin Hirohatan ja Wakayaman tehtaisiin, Sanyo Special Steelsin Himejin tehtaaseen, JFE Bars & Shapes Corporationin Himejin tehtaaseen sekä Kobe Steelin Koben tehtaaseen. Vierailujen aikana tutustuttiin perinteisempien prosessivaiheiden kuten masuunien ja konvertterien lisäksi myös pölyjen käsittelyyn käytettävään pyörivään ari-

Keskustelu kävi vilkkaana myös illallisten aikana.

Robert Vikman Jernkontoreilta (vas.) ja Toshihiro Tanaka Osakan yliopistosta (oik.).

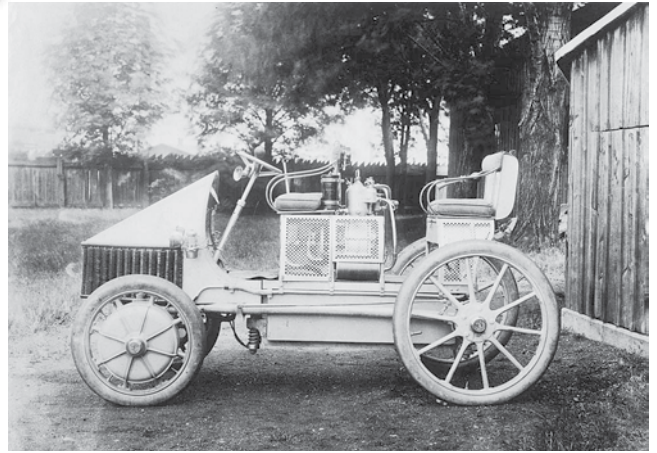


Onko sähköautoilla tulevaisuutta?

TkT **Vesa Ollilainen**, VO Consulting, 23.5.2013



Kuva 2. Ferdinand Porschen *Semper Vivus*, ensimmäinen hybridi. (Oy AutoCarrera Ab)

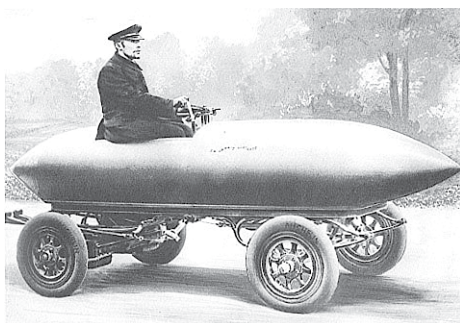


Sähköautoista on viime vuosina kirjoitettu runsaasti. On innostuneita, miltei ylistäviä kirjoituksia, ja esimerkiksi FIA aikoo käynnistää sähköformulakilpailut. Toisaalta viime aikoina epäilevät ja kriittiset äänensävyt ovat lisääntyneet. On uutisia, että sähköautojen myynti on edistynyt huomattavasti odotuksia hitaammin, on hämääriä tulipaloja ja väitetään jopa, että nämä tosivihreät autot elinkaarensa aikana voivat saastuttaa polttomoottoriautoja enemmän. Voidaankin kysyä, onko sähköautoilla tulevaisuutta? Lyhyt vastaus tähän on ”kyllä”, mutta millainen niiden tulevaisuus on, siitä lähemmin seuraavassa.

samaan aikaan esiintyi myös Hartin oma sähköauto *Le Presque Contente* (= Melkein tyytyväinen). Nimi olisi muuten aika kuvaava vielä monelle tämänkin päivän sähköautolle, kuten tästä tarinasta voidaan myöhemmin huomata.

Ja jatkoa Porschelta seurasi. Yhdistämällä sähköiseen järjestelmään polttomoottorin hän loi maailman ensimmäisen hybridiauton. Lohner-Porsche *Semper Vivus* (= Aina elossa) -hybridissä kaksi bensiinimoottoria pyöritti kahta generaattoria, ja etupyörissä oli napamoottorit eli auto oli sarjahybridi, **Kuva 2**. Auto oli näytteillä Pariisin autonäyttelyssä 1901. Samana vuonna valmistui myös Lohner-Porsche-Mixte, mikä oli edellistä tehokkaampi, kaupallinen sarjahybridi. Nimitys tuli sanoista ”*voitures mixtes*” (= seka-ajoneuvot). Autosta oli myös nelivetoversio. Mixten kilpaversio saavutti Porschen itsensä ajamana mm. luokkavoiton Exelbergin autokilpailussa vuonna 1902.

Vaikka vuosisadan vaihteessa sähköautot pitivät nimissään nopeusnäytöksiä, kevyemmät, halvemmat ja moottoritekniikan kehittyessä myös suorituskykyisemmät polttomoottoriautot vähitellen syrjäyttivät ne. Täyssähköautojen yhtenä ongelmana oli tietenkin silloin, samoin kuin nykyisinkin, rajallinen toimintamatka.



Kuva 1. Camille Jenatton *La Jamais Contente* -täyssähköautossaan, jolla hän ylitti ensimmäisenä 100 km/h. (Wikipedia)

ollut vain sähköautojen, vaan kaikkien autojen nopeusnäytöksestä. Auto oli aerodynaamisesti muotoiltu sikaria muistuttavaksi, **Kuva 1**, ja sen runko oli partinium-alumiinilejeerinkiä, johon oli seostettu volframia ja magnesiumia. Jenatton oli värikäs persoona, eikä vähiten punaisen partansa ansiosta, mistä juontui hänen lempinimensä *Le Diable Rouge* (= Punainen paholainen). Hän kuoli tapaturmaisesti vuonna 1913, ei autossa, vaan metsästystoverinsa luodista mentyään pensaikkoon matkimaan riistaeläimen ääntä.

Samoihin aikoihin alunperin itävaltalainen **Ferdinand Porsche** suunnitteli sähköautoja wieniläisessä Jacob Lohner & Co-yhtiössä. Tuloksena oli Lohner-Porsche-sähköauto, jossa oli moottori kahden pyörän navassa. Auto herätti huomiota Pariisin maailmannäyttelyssä vuonna 1900. Samana vuonna Porschelta valmistui myös englantilaisen **E.W. Hartin** tilaama kilpasähköauto, *La Toujours Contente* (= Aina tyytyväinen), jossa oli napamoottorit kaikissa pyörissä. Ratkaisu oli merkittävä, sillä se on tunnustetusti maailman ensimmäinen nelivetoauto. Samoin jarrut olivat kaikissa neljässä pyörässä. Olisiko ilmassa ollut pientä sanallista leikkittelyä, kun

Sähköautot ennen

Sähköauto ei ole aivan uusi ajatus. Ensimmäisiä merkintöjä on jo 1830-luvulta alkaen, jolloin skotti **Robert Anderson** teki karkeatekoisen paristokäyttöisen sähkövaunun. Seuraavien vuosikymmenien aikana sähköautot kehittyivät reippaasti.

Vuonna 1899 belgialainen insinööri ja kilpa-ajaja **Camille Jenatton** rikkoi ensimmäisenä 100 km/h rajan (105,9 km/h) suunnittelemlaan sähköautolla nimeltään *La Jamais Contente* (= Ei koskaan tyytyväinen). Eikä kysymys

Sähköautot nyt

Maailman moottoriajoneuvotuotanto oli 2012 hieman yli 80 miljoonaa autoa, joista henkilöautojen osuus oli 75 %. Etenkin Kiinan kysyntä on viime vuosina suurentanut valmistuslukuja. Erilaisia sähköautoja, pääasiassa hybridejä, on tähän mennessä tehty kuitenkin yh-

Tekniikkaa ja termejä

Sähköauto (*Electric Vehicle; EV*) on yleisnimitys kaikille sähköä liikuttamiseen käyttäville autoille.

Täyssähköautot (*Battery Electric Vehicle; BEV*) liikkuvat pelkästään akkujen ja yhden tai useamman sähkömoottorin avulla. Näiden tekniikka on yksinkertaisin verrattuna polttomoottoriautoihin tai hybrideihin.

Hybridiautoissa (*Hybrid Electric Vehicle; HEV*) on sähkömoottorin lisäksi polttomoottori. Näitä ovat rinnakkaishybridit, joissa sekä sähkö- että polttomoottorit kuljettavat autoa joko vuoronperään tai yhtäaikaan. Sarjahybrideissä polttomoottori pyörittää vain generaattoria, mikä antaa virtaa akuille ja sähkömoottorille.

Viime aikoina on ilmestynyt myös **ladattavia** ns. **pistokehybridejä** (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle; PHEV, PEV*), jotka voidaan katsoa täyssähköauton ja perinteisen hybridin välimuodoksi. Pistokehybridien sähköinen ajomatka on yleensä selvästi pitempi kuin perinteisen hybridin,

Terminologia on vielä vakiintumatonta. Esimerkiksi Toyota ja Lexus käyttävät omia kaupallisia nimityksiään kutsumalla autojaan **täyshybrideiksi** (*Full Hybrid, Hybrid Synergy Drive; HSD*), koska nämä kykenevät liikkumaan myös pelkän sähköavulla erotuksena **kevyhybrideistä** (*Mild Hybrid*), joissa sähkömoottori ainoastaan avustaa polttomoottoria.

Polttokennoautot (*Fuel Cell Vehicle, Fuel Cell Electric Vehicle; FCEV*) käyttävät mm. vetyä, mikä polttokennossa muutetaan ajomoottoreita varten sähköksi. Autoa kutsutaan myös vetyautoksi tai vetysähköautoksi. Kannattaa huomata, että on myös vetykäyttöisiä mäntämoottoriautoja.

Sähköautot hyödyntävät poikkeuksetta regeneratiivista jarrutusta eli jarrutusenergian talteenottoa.

Mikrohybridit (*Micro Hybrid*) eivät ole varsinaisia sähköautoja, vaan polttomoottoriautoja, joiden kulutusta on vähennetty käyttämällä sammutusautomaatiikkaa (*start-stop*) ja älykästä regeneratiivista latausta. Sammutusautomaatiikka pysäyttää moottorin, kun auto hetkellisesti seisahtuu ja käynnistää sen heti ajon jatkuessa. Älykäs lataus minimoi laturin kuormituksen kiihdytyksissä ja tehostaa sitä jarrutuksissa. Näillä voidaan vähentää kulutusta 10–20 %. Mikrohybrideissä tavallisten lyijyakkujen purkauskyky ei riitä, vaan on käytettävä ns. syväpurkausakkuja. ▶



Kuva 3. Ensimmäinen diesel-hybridi, Peugeot Hybrid4, jossa sähkömoottori antaa myös nelivedon. (Maan Auto Oy)

teensä vasta joitakin miljoonia. Autojen kokonaisvalmistusmääriin nähden tämä on kuin pisara meressä, vaikka suuret autoteollisuusvaltiot pyrkivät eri tavoin tukemaan sähköautojen myyntiä mm. veroalennuksin tai suorin tuhansien eurojen hinta-avustuksin.

Lähes kaikilla suurilla autonvalmistajilla on tänä päivänä mallistossaan yksi tai useampia hybridejä. Hybridien energiankulutus on pieni, koska ne ajavat edullisesti sähköllä kaupungissa, jossa polttomoottorit eivät toimi optimaalisuudessaan. Ensimmäinen massavalmistettu sähköauto on Toyota Prius-hybridi, jota vuodesta 1997 on tehty yhteensä yli kolme miljoonaa. Toyota on sittemmin tuonut markkinoille useita hybridimalleja. Prius oli muuten viime vuonna myydyin auto Kaliforniassa, jossa sähköautoista on tullut oikein statussymboli, ja ne saavat käyt-

tää mm. ruuhkattomia kimpakaistojen. Hybridien suuren suosion johdosta tämä oikeus on nykyisin rajattu vain täyssähköautoille.

Ensimmäinen diesel-hybridi on Peugeot 3008 Hybrid4, mikä esiteltiin 2012, **Kuva 3**. Siinä sähkömoottori taka-akselilla mahdollistaa myös nelivedon ilman raskasta kardania. Uudessakaupungissa on valmistettu Fisker Karma-hybridinä, minkä tuotanto kuitenkin tätä kirjoitettaessa on ainakin tilapäisesti keskeytynyt. Porschella yllämainittu on sulkeutunut: yli sadan vuoden jälkeen se on palannut juurilleen lanseeraamalla pistokehybridin, Panamera S E-Hybridin, **Kuva 4**.

Toisin kuin Toyota, Nissan on panostanut täyssähköautoihin. Nissan LEAF on ensimmäisiä massavalmistettuja täyssähköisiä perheautoja, **Kuva 5**. Sitä valmistetaan mm. Sunderlandissa Eng-



Kuva 4. Porsche Panamera S E-Hybrid, paluu alkujuurille. (Oy AutoCarrera Ab)

Automalli	Istumapaikat	Huippunopeus km/h	Hinta (2013-05) €
Citroën C-ZERO	4	130	31 879
Mercedes Benz Vito E-CELL	2	80	1800 €/kk (alv 0 %)
Mitsubishi i-MiEV	4	130	31 990
Nissan LEAF	5	145	38 150
Peugeot iOn	4	130	32 138
Tesla Model S (60kWh)	5	190	60 000 (+verot=alv+12,5%)

Taulukko 1. Suomessa myytäviä sähköautoja.

lannissa. Nissan LEAF esiteltiin Suomessa 2012.

Taulukossa 1 on esitetty Suomessa myytäviä täyssähköautoja, Nähdään, että mm. pienten ja keskisuurten perheautojen (Citroën, Mitsubishi, Nissan ja Peugeot) lisäksi myynnissä on urheilullinen sedan (Tesla) ja liisattuna myös pakettiauto (MB). Lisäksi Renault ZOE, pieni perheauto, on tulossa Suomeen 2014–2015, **Kuva 6**. Uudessakaupungissa kootun pikkuruisen Think Cityn valmistus on lopetettu.

Sähköautojen vaatimattomat myyntimäärät ovat täysin ymmärrettäviä, kun tiedetään, että niiden hinta on selvästi, yleensä tuhansia euroja korkeampi kuin samankokoisten polttomoottoriautojen, hyötytilat pienemmät, paino suurempi ja infrastruktuurien rakentaminen useimmissa maissa on vielä alkutekijöissään. Erityisesti täyssähköautojen vaatimaton toimintasäde, tällä hetkellä tavallisimmin 100–200 km, myös pelottaa monia käyttäjiä.

Suomessa täyssähköautoja on vasta parisen sataa, kun henkilöautojen kokonaisuus on 2,6 miljoonaa. Vuonna 2012 rekisteröitiin 51 täyssähköautoa. Hybridien määrä on suurempi, muutamia tuhansia, esimerkiksi Toyota myi viime vuonna toista tuhatta Toyota- ja Lexus-hybridia. Pienet myyntimäärät ovat ymmärrettäviä, kun täällä sähköautoille ei anneta erityisiä veronalennuksia tai muita tukia, päinvastoin niillä on myös käyttövoimavero. Hallitus tosin vihjasi 2012 erityistuista sähköautoille. Myös parkki- ja bussikaistaedut edistäisivät sähköautoilua. Tekesillä on käynnissä laaja EVE-ohjelma (<http://www.tekes.fi/ohjelmat/EVE>), jonka tarkoituksena on edistää sähköisiin ajoneuvoihin liittyvää liiketoimintaa suomalaisissa yrityksissä.

Sähköformulat tulossa

FIA on vakavasti suunnitellut sähköformuloiden, Formula E:n, kilpailutoiminnan aloittamista ensi vuonna. Tarkoituksena on kilpailla maailman-

laajuisesti suurten kaupunkien keskuksissa tavoitteena saavuttaa uutta katsojakuntaa. Suunnitelmassa on kymmenen tiimiä, 20 kuljettajaa ja kilpailuja kymmenessä kaupungissa. Euroopassa Rooma on ilmoittautunut ja Lontoonkin on tulossa.

F1:n KERS-järjestelmä (Kinetic Energy Recovery System) silloin, kun se perustuu superkondensaattoriin, on ollut jo pieni askel sähköauton suuntaan. Ensi vuonna F1 vihertyy hieman lisää, kun varikkosuorat ajetaan sähköllä. Pienemmällä sähköautoilla on jo kilpailutkin. Esimerkiksi Metropolia oppilaitos Helsingissä on aktiivisesti rakentanut täyssähköisiä kilpa-autoja sekä osallistunut kilpailuihin.

Akusto

Kun polttomoottoriautossa auton ”sydän” on sen moottori, voidaan sanoa, että sähköautoissa se on akusto. Se on

sähköauton tärkein ja kallein osa. Akut lisäävät kuitenkin auton painoa ja vievät runsaasti tilaa. Ne voivat kapasiteettista riippuen painaa pari-kolmesataa kiloa. Hybrideissä akusto on kevyempi, ja niiden täyssähköiset ajomatkat ovat lyhyempiä. Akkujen kalleus ja niihin liittyvät monet rajoitukset ovat suurimpia sähköautojen yleistymistä hidastavia tekijöitä.

Litium-akkujen esiinmarssi

Alunperin sähköautoissa käytettiin lyijyakkuja. Näin oli esimerkiksi Toyota Prius-hybridin ensimmäisissä versioissa. 1990-luvun lopulta lähtien matkapuhelimien ja kannettavien tietokoneiden yleistymisen kiihdytti akkuteknologian kehitystä, mikä johti ensin tehokkaampien NiCd- ja Ni-metallihydridi-akkujen ja nyttemmin litium-pohjaisten akkujen esiinmarssiin. Esimerkiksi uusimpien litium-ioniakkujen energiatiheys (Wh/kg) voi olla jopa kymmenkertainen perinteisiin lyijyakkuihin verrattuna. Litium-akkujen tulo 2000-luvulla antoi todella voimakkaan ruiskeen sähköautojen kehitykselle.

Litiumpohjaisilla akuilla jokainen lataus-purkauskerä pienentää hieman akun varauskykyä. Akusto on näin aika-ajoin uusittava. Niiden kestoikä on vuosia, yleensä 5–20 vuotta. Akut eivät lopeta toimintaansa yhtäkkiä, vaan uusimistarve syntyy siinä vaiheessa, kun latausväli lyhenee alle kuljettajan sietokyvyn. Koska kaikki kennot eivät menetä varauskykyään samassa tahdissa, akuston ikää voi pidentää uusimalla



Kuva 5. Nissan LEAF, ensimmäinen massavalmistettu täyssähköinen viiden hengen perheauto. (Nissan Nordic Europe Oy)



Kuva 6. Renault ZOE-täyssähköauto. Kansikuvassa auto on latauksessa. (Nordic Automotive Services Oy)

vain tehonsa menettäneet kennot. Auton vaihtoa silmällä pitäen on akustoon ehdotettu latauskertalaskuria jäljellä olevan käyttöiän arvioimiseksi.

Li-ioniakkujen käyttölämpötilan hallinta on tärkeää. Jos se ylittää 30°C, akun ikä lyhenee, joten etenkin kuumissa oloissa akuston jäähtytys on tarpeen. Toisin kuin aikaisemmin on luultu, uusimpien, mm. Toyotan tutkimusten perusteella, myös litium-ioniakuilla on muisti-ilmiö. Akun varauskapasiteetin kannalta optimaalisin käyttö on ladata akku täyteen ja purkaa se mahdollisimman tyhjäksi. Tipoittainen latauspurkaussykli, mikä sähköautoilla ja etenkin hybrideillä kehittyi, pienentää akun käyttöikä. Myös pikalataukset lyhentävät litium-akkujen elinikää.

Litiumin tuotantoa Suomeen

Litiumin tuottajamaita ovat mm. Argentiina, Bolivia, Chile ja Kiina. Suomalaisia kiinnostavia ovat Kokkolan seudulla sijaitsevat litium-pitoiset spodumeeni-esiintymät. Kun Suomesta ei löytynyt rahoitusta, norjalainen Nordic Mining osti valtaukset ja suunnittelee nyt kaivostoimintaa. Tämän Keliber-yhtiön kaivos käynnistyy näillä näkymin 2016. Aivan pikkuhankkeesta ei ole kysymys, sillä esiintymä on Euroopan suurin ja käyntiin päästyään Keliberin osuus olisi noin 5 % maailman vuosituotannosta. Malmin arvioidaan riittävän kolmekymmeneksi vuodeksi. Nyt myös kotimaiset rahoittajat ovat tulleet mukaan enemmistöosuudella.

Akkujen lataaminen

Polttomoottoreihin verrattuna sähkö-

Taulukko 2. Sähköautojen latausaikoja 16 A ja 125 A virranvoimakkuuksilla.

Sähköauto	Tyyppi	Akuston varaus	Latausaika 16 A:lla	Latausaika 125 A:lla
Citroën C-ZERO	Täyssähköauto	16 kWh	6 h	30 min
Mitsubishi i-MIEV	Täyssähköauto	16 kWh	6 h	30 min
Nissan LEAF	Täyssähköauto	24 kWh	8 h	30 min
Toyota Prius PHEV	Pistokehybridi	4,4 kWh	1½ h	-
Opel Ampera / Chevy Volt	Pistokehybridi	16 kWh	< 4 h	-

autojen "tankkaaminen" on käyttäjän kannalta siistiä (Kuva 6). Täyssähköauton lataus vie 6-8 tuntia 16 A virralla. Tämä on järjestettävissä kotiooloissakin, jos on käytettävissä lataukseen soveltuva lämmityspistoke tai muu virtalähde.

Pikalatauksen kesto on 10–30 minuuttia, tavallisimmin 15–20 minuuttia eli suunnilleen kahvitauon ajan, jolla akkuun saadaan 70–90 %:n varaus. Pikalataus vaatii suuren virranvoimakkuuden, mitä kaikki sähköverkot eivät kestä. Ei riitä, että pannaan tienvarteen tiheästi lataustolppia, vaan tätä varten on rakennettava myös riittävän vahvat verkot. **Taulukossa 2** on esimerkkejä eräiden sähköautojen latausajoista.

Sähköbussin induktiivisesti tapahtuva lataus pysäkillä on koekäytössä Alankomaissa. Bussin pohjassa oleva sekundäärikela lasketaan lähelle pysäkin primäärikelaa seisokin ajaksi. Yöllä bussi ladataan normaalisti pistokeella verkosta, mutta induktiivisella pysäkkilatauksella saadaan päivittäistä ajomatkaa pidennetyksi. Myös Nissanin Infinity-sähkökonseptiauto ladataan induktiivisesti erityisen alustan päällä.

Stanfordin yliopistossa on kehitteillä järjestelmä, missä lataus tapahtuu ajon aikana. Tien viereen on asennettu kuparikeloja, joiden läheltä ajettaessa akusto latautuu. Menetelmä on käyttä-

jän kannalta äärimmäisen helppo, mutta kelojen ilmaantuminen pääteiden varsille vienee vielä pitkän ajan.

Infrastrukturi

Latausverkostoja luodaan

Sähköautojen yleistyminen edellyttää koko maan kattavaa julkista latausverkostoa. EU on tosissaan sähköautojen puolesta. Uuden, tänä vuonna hyväksytyyn direktiivin mukaan Euroopassa tulisi vuonna 2020 olla 8 miljoonaa latauspistettä, joista 800 000 olisi julkisia. Vastaavasti Suomeen tulisi rakentaa peräti 70 000 latauspistettä, joista 7 000 julkista.

Norjassa on nyt jo yli 3 000 latausasemaa ja eniten sähköautoja asukasluvuun nähden maailmassa, tosin sielläkin niitä on vain neljä tuhannesta autosta. Toiseksi eniten sähköautoja on Virossa, yksi tuhannesta. Tänä vuonna

Viroon on valmistunut ABB:n asentamana koko maan kattava pikalatausverkosto, yhteensä 165 latauspistettä. Pisteiden etäisyys toisistaan on enintään 60 km, mikä on riittävän lyhyt väli täyssähköautojen latausta ajatellen. Fortum ja Nissan ovat myös kaavailleet kaikkien Pohjoismaiden pääkaupunkeja yhdistävää pikalatausverkostoa. Ruotsin teille on lisäksi suunnitteilla pikalatausasemia yhdistämään toisiinsa Tukholma, Göteborg ja Malmö.

Suomessa yli 30 sähköyhtiötä on harkinnut yhteisyrityksen perustamista tarkoituksena luoda yhteinen valtakunnallinen verkosto, jossa eri yhtiöt myyvät latauspalvelua riippumatta siitä minkä sähköyhtiön asiakas käyttäjä on. Fortum on suunnitellut yhdessä ABC:n kanssa Etelä-Suomeen 20 pikalatausaseman verkkoa. Pääkaupunkiseudulle on kaavailtu kaikkiaan 700 uutta latauspistettä vuoteen 2016 mennessä, joista suuri osa olisi julkisia.

Suomessa on oma erityinen latausasemapotentiali noin 1½ miljoonassa lämmityspistokkeessa. Näitä voi periaatteessa käyttää lataukseen, joskaan ei aivan sellaisenaan. Lämmitysajastimet katkaisevat virran liian nopeasti, ja vanhemmista tolpeista saattaa puuttua vikavirtasuojaus. Taloyhtiöissä käyttäjäkohtaista virrankulutusta on kyettävä

myös seuraamaan. Eli muutostöitä on tehtävä ennen kuin lämmitysasiat soveltuvat lataukseen.

Suuria suunnitelmia ja yritystä latausverkostojen luomiseen on paljon, mutta tällä hetkellä on vielä kysymysmerkki, miten nopeasti ja laajasti nämä todellisuudessa toteutuvat.

Vaihto- ja vuokra-akkujärjestelmät

Renault on kehittänyt ZOE-sähköautolle vaihtoakkujärjestelmää, jossa huolto paikalla auto saa ladatun akkusarjan muutamassa minuutissa. Menettely on nopea ja kätevä, mutta siinä on myös monia haasteita. Se vaatii runsaasti akkuja ja vahvat sähköverkot vaihtopaikkoihin, missä useampia akkuja voidaan ladata samanaikaisesti. On selvää, että menetelmän yleistymisen muihin automerkeihin edellyttää myös laajaa akkujen standardisointia.

Erittäin mielenkiintoinen on Renault ZOE:n vuokra-akkujärjestelmä, jolla saadaan alennetuksi sähköautojen korkeaa hankintahintaa. Se on käytössä ainakin Ranskassa ja UK:ssa. Esimerkiksi Ranskassa vuokra on 79 €/kk, kun ajomatka on enintään 12 500 km vuodessa. Tähän liittyy kuitenkin samankaltaisia haasteita kuin edellä mainittuun vaihtoakkujärjestelmään. Kaukana ei myöskään ole ajatus koko sähköauton liisauksesta, jolloin akuston uusiminen jäisi vuokranantajan vastuulle.

Sähköautojen käytettävyys

Toimintamatka

Suurimpia täyssähköautojen ongelmia on pelko virran loppumisesta ai-

heutuvasta matkan keskeytymisestä. Kuten edellä on todettu, tavallisesti ajomatka on 100–200 km, mutta Tesla Model S:n 500 km on tästä loistava poikkeus, **Taulukko 3**.

Valmistajien ilmoittamat latausten väliset toimintamatkat perustuvat testeihin, jotka ovat erilaisia eri maanosissa. Euroopassa käytetty testi on NEDC (New European Driving Cycle), josta Saksassa käytetään nimitystä NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus). Syklin keskinopeus 33,6 km/h, ja siinä on pyritty tyypillisiin eurooppalaisiin olosuhteisiin. Esimerkiksi japanilaisessa testissä keskinopeus on pienempi. Tekeillä on myös maailmanlaajuinen testinormi. Yleensä nämä antavat jossain määrin optimistisia tuloksia, kuten polttomoottoriautojenkin kulutustestit. Käytännössä ajotapa vaikuttaa tulokseen, joka voi olla jopa 40 % pienempi

kuin testin antama. Lisäksi pakkasen saattaa puolittaa ajomatkan. Sen vaikutusta voidaan lieventää akkujen esilämmityksellä. Reilu 100 W pitäisi riittää nostamaan akuston lämpötilan 40°C ympäristön yläpuolelle. Hyvä lämmöneristys on myös tärkeä, sillä ajon aikana akusto kehittää itsekin lämpöä.

Akkuteknologia kehittyy edelleen. Hyvänä esimerkkinä tästä on Tesla Model S, **Kuva 7**. Siinä käytetään uusimman kehitystyön tuloksena saatuja erittäin tehokkaita, vesijäähdytettyjä litiumioniakkuja, joille annetaan 8 vuoden takuu. Motor Trend-lehti valitsi Tesla Model S:n vuoden 2013 autoksi.

Eräs ääriesimerkki ajomatka-alueelta on Renault ZOE:n 24 h testi, jossa ajettiin 1618 km. Pikalatauskertoja oli 18 ja käytetty latausteho 43 kW.

Hybridiautoilla ei ole pelkoa matkan katkeamisesta, koska virran loppuessa polttomoottori astuu peliin mukaan. Sähköinen ajomatka riippuu hybridin tyypistä. Jos tavoitteena on vain kaupunkikulutuksen vähentäminen, perinteisellä hybridillä puhtaasti sähköinen matka voi olla ainoastaan pari kilometriä tai parhaimmillaan kaksi-kolmekymmentä kilometriä riippuen akuston kapasiteetista. Pistokeyhybrideissä taas pyritään siihen, että tavallisimmat päivittäiset muutaman kymmenen kilometrin ajomatkat hoituvat täysin sähköllä, ja vasta harvinaisemmat, pitkät ajomatkat vaativat polttonestettä.

Lämmitys

Koska sähkömoottori korkean hyötysuhteen vuoksi ei kehittä paljoa hukkalämpöä, talvisaikaan sähköautot on lämmitettävä muulla tavoin. Ensimmäisenä mieleen tulee sähkölämmitys, minkä järjestäminen on yksinkertaista. Sähkölämmityksen haittana on, että se syö muutenkin rajallista akkukapasiteettia, mikä pakkasen johdosta voi olla

Automalli	Ajomatka km	Testistandardi
Citroën C-ZERO	150	NEDC
Mercedes Benz Vito E-CELL	130	NEDC
Mitsubishi i-MiEV	150	NEDC
Nissan LEAF	199	NEDC
Peugeot iOn	150 130	NEDC "Pohjoismaiden vaativissa olosuhteissa"
Tesla Model S (60 kWh)	375 370	NEDC Nopeudella 88 km/h
Tesla Model S (85 kWh)	500 480	NEDC Nopeudella 88 km/h

Taulukko 3. Täyssähköautojen toimintamatkoja latausten välillä.

Kuva 7. Tesla Model S-täyssähköauto, jonka toimintamatka on 500 km. (Tesla Motors Inc., Scandinavia)



alentunut. Useimmiten suurin sähköauton käyttömätkaa talvella alentava tekijä onkin juuri lämmitykseen kuluva energia.

Käytettävyyden kannalta sähköä parempi vaihtoehto on polttoaineella tapahtuva lämmitys, mutta tämä on kallis nostaan sähköauton hankintahintaa entisestään. Renault ZOE:ssa viisaasti sovelletaan lämpöpumpputekniikkaa, millä saadaan lämmityksen ja myös ilmastoinnin energiankulutusta pienemmäksi.

Turvallisuus

Teoriassa sähköautoissa on monia turvallisuusriskejä. Akkujen litium on herkästi palava aine, ja esimerkiksi yllätyksessä litium-pohjaiset akut voivat ajautua hallitsemattomaan tilaan ja syttyä tai räjähtää. Lisäksi onnettomuuksissa voi tapahtua tulipalon sytyttäviä oikosulkuja. Moottoriäänien puuttuminen voi olla myös vaaraksi jalankulkijoille ja pyöräilijöille.

Lisää löylyä turvallisuuskiukaalle saatiin, kun vuonna 2012 USA:ssa raportoitii Fisker Karma-hybridille sattuneita tulipaloja. Ensimmäisessä tapauksessa auto syttyi tallissa palamaan polttaen samalla koko talon ja muitakin autoja. Tutkimuksissa päädyttiin siihen, että auton sähköinen järjestelmä ei ollut syynä paloon, vaan sen polttomoottori, minkä löylyneestä letkusta oli valunut polttoainetta. Muiden, vähemmän dramaattisen palojen syynä oli viallinen jäähdytyspuhallin.

Sähköautojen valmistajat ovat hyvin ottaneet huomioon edellä mainitut riskitekijät mm. yllätyksen estolla ja kolaritapauksessa

turvatyynyanturin käynnistämällä nopealla virran katkaisulla. USA:n liikenneturvallisuusvirasto NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) toteaa, että sähköautoilla ei ole suurempaa tulipalovaaraa kuin bensiinikäyttöisillä polttomootoriautoilla ja jatkaa: "Itse asiassa kaikilla ajoneuvoilla – sekä sähkö- että bensiinikäyttöisillä autoilla – on jonkinlainen tulipaloriski vakavissa kolaritapauksissa". Sähköauton suurempi massa on kolaritapauksissa toisaalta positiivinen turvallisuustekijä, joskin vastapuoli saattaa tällöin kärsiä vastaavasti enemmän. Mitä tulee hiljaisuuteen, esimerkiksi Audi ja Nissan ovat lisänneet sähköautoihinsa kaiuttimet antamaan varoittavaa ääntä ympäristölle.

Ajo-ominaisuudet

Sähköauton ajo-ominaisuudet eivät yleensä ole huonot mm. siitä syystä, että

akut sijoitetaan useimmiten alimmaksi. Tämä laskee painopistettä parantaen auton vakautta ja yleensä ajo-ominaisuuksia. Jos sähkömootorit asennetaan suoraan pyöriin, saadaan sähköinen voimansiirto, mikä vähentää mekaanisia osia ja samalla painoa. Ongelma tässä on, että jousittamaton massa kasvaa heikentäen ajo-ominaisuuksia varsinkin epätasaisilla teillä ajettaessa.

Ympäristövaikutukset

Liikenteen osuus maapallon CO₂-päästöistä on merkittävä, 25 %. Kuten jäätiköiden sulaminenkin osoittaa, olemme keskellä ilmastonmuutosta, joten liikenteestä aiheutuvien kasvihuonekaasujen, erityisesti hiilidioksidin, rajoittaminen on entistä tärkeämpää.

Kuullessaan sanan sähköauto, useimmille tulee ensimmäisenä ympäristöystävällinen, pakoputketon ajoneuvo, mikä ei aiheuta hiilidioksidia tai ilmaa pilaavia pakokaasuja ja on lisäksi lähes äänetön. Totuus ei ole aivan näin yksioikoinen.

Sähköauton hiilidioksidipäästöt syntyvät suurelta osin valmistuksen aikana, erään tutkimuksen mukaan tässä vaiheessa muodostuu noin puolet elinkaaren aikaisista päästöistä. Sähköauton tuotannossa syntyykin enemmän CO₂-päästöjä kuin bensiiniautojen valmistuksessa. Päästöt syntyvät pääasiassa akkujen tuotannossa.

Polttokenno	Diesel	Hybridi	Täyssähköauto
13 km	17 km	20 km	41 km

Taulukko 4. Miten pitkälle pääsee 10 kWh:n energialla eri autotyypeillä?

Polttomootoriautoihin verrattuna sähkömoottorin hyötysuhde on selvästi suurempi (20–40 % vs 90–95 %). Lisäksi sähkömoottori antaa pienilläkin kierrosluvuilla heti täyden vääntömomentin, jolloin vaihdelaatikkoa ei välttämättä tarvita, ja voimasirron tehohäviöt jäävät vähäisiksi. Sähköautojen käytön aikaisia vaikutuksia voidaan tarkastella lähtien "energiatehokkuudesta". Eri lähteet antavat jonkin verran toisistaan poikkeavia tuloksia. Taulukossa 4 on eräs suuntaa antava esimerkki.

Täyssähköauto on käytössä selvästi "energiatehokkain" ja polttokennoauto tässä suhteessa huonoin, jopa jonkin verran heikompi kuin polttomootoriautot.

Mitä tulee polttokennoautoihin, näiden ongelmana on paitsi huono hyötysuhde, myös polttokennojen ja polttoaineena käytetyn vedyn kalleus. Vuosituhannen alkuvuosina uskottiin

polttokennojen yleistyvän jopa parissakymmenessä vuodessa (esim. Materia 1/2005, s. 10), mutta ainakaan näin nopeasti se ei näytä käyvän.

Vaikka sähköauton hyötysuhde ajon aikana on paras, tilanne muuttuu kun tarkastellaan päästöjä alkaen sähköntuotannosta. Jos käytetään ydinvoimalla tuotettua sähköä tai uusiutuvaa tuulivoimaa tai aurinkosähköä, täyssähköautot ovat nollapäästöisiä. Jos taas sähkö on tuotettu kivihiilellä, CO₂-päästöt voivat olla yli 100 g/km. Käytöntö on yleensä näiden välissä, esimerkiksi Ranskan olosuhteissa täyssähköautoille on raportoitu 8–12 g/km. Saksassa tehdyt laskelmat osoittavat, että sikkäläisissä oloissa, joissa hiilisähkön osuus on suuri, moderni bensiinikäyttöinen auto voi saastuttaa vähemmän kuin täyssähköauto. Useimmissa maissa, kuten esimerkiksi Norjassa, Britanniassa tai Suomessa tilanne on toinen eli sähköauton kokonaishiilidioksidimäärät käytössä ovat selvästi polttomootoriauton päästöt pienemmät.

Paikallisen 0-päästöisyyden voidaan katsoa olevan sähköautojen suurimpia ympäristöetuja, mikä on mm. pienhiukkasia sisältävän kaupunki-ilman kannalta erittäin positiivista. Tämä ei koske pelkästään täyssähköautoja, vaan myös hybridejä, eritoten pistokehybridejä, joilla kaupungeissa ajetaan pelkän sähkön avulla. Toinen varsin tärkeä sähköauton ympäristöetu on meluttomuus.

Tämä korostuu nimenomaan taajamissa, joissa rengasäänet jäävät pienissä nopeuksissa vähäisiksi mutta meluongelma muuten on suuri.

Kiina lisää sähköautoja

Toistuvat uutiset Kiinasta, esimerkiksi Pekingistä, kertovat vahvasti saastuneesta ilmasta. Niinpä voisi luulla, että sähköauto olisi Kiinan kaupungeissa todella suosittu. Takavuosina Kiinan hallituksen aikomuksena olikin sähköautojen määrän voimakas kasvattaminen, mutta tällä hetkellä sähköautot Kiinassa ovat lähinnä marginaali-ilmiö. Syynä tähän on yksinkertaisesti sama kuin useimmissa muissakin maissa: ne ovat muita autoja kalliimpia. Uusimpien tietojen mukaan Kiina on tänä vuonna kiristänyt päästörajojaan Euroopan tasolle, ja samalla asettanut tavoitteeksi puoli miljoonaa sähköautoa vuonna 2015 ja viisi miljoonaa 2020. Kiinan kaikkien henkilöautojen kokonaisynti oli vuonna 2012 vajaa 20 miljoonaa. Päästörajojen kiristys nyt Kiinassa on merkittävä tieto, mistä rikkiviisas filosofi voisi todeta, että "ei Kioto, vaan Siperia opettaa".

Automalli	Tyyppi	Teho	CO ₂ -päästö
		sähköm. / polttom. kW	g/km
Toyota Prius	Hybridi	60 / 73	91
Peugeot 3008 Hybrid4	Hybridi	27 / 120	88
Lexus CT200h	Hybridi	60 / 100	87
Porsche Panamera S E-Hybrid	Pistokehybridi	71 / 305	71
Fisker Karma	Pistokehybridi	2x150 / 260	51
Volvo V60 Plug-in Hybrid	Pistokehybridi	51 / 158	49
Toyota Prius PHEV	Pistokehybridi	60 / 73	49
Opel Ampera / Chevy Volt	Pistokehybridi	63 / 111	27
Volkswagen XL1	Pistokehybridi	20 / 35	21

Taulukko 5. Eräiden hybridien CO₂-päästöjä.

Hybridien ympäristöystävällisyys

Moni autotehdas valmistaa hybridi-autoja lähinnä täyttääkseen Euroopan tai USA:n valmistajakohtaiset CO₂-päästörajat. Nämä ovat usein malliston yläpään autoja, joihin tehokkaan, yli 100 kW:n polttomoottorin lisäksi on asennettu kevyehkö sähköinen järjestelmä. Kaupungeissa pyritään ajamaan sähköllä, mutta maantiellä entiseen tapaan polttomoottorilla. Professori **Juha Pyrhönen** Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta (LUT) on kritisoinut tällaista auton suunnittelua kutsuen näitä hybridejä ”muskeliautoiksi vihertävässä kääreessä”. Hänen mukaansa maantiellä tasaiseen ajoon henkilöautolla riittäisi 20–25 kW:n teho, mikä hoituu helposti sähkömoottorilla, ja pienikin polttomoottori riittää lataamaan akuston. Tällaisia hybridejä ei ole ainakaan vielä massavalmistuksessa, joskin VW XL1-konseptiauto, minkä rajoitettu tuotanto alkaa tämän vuoden lopulla, on lähellä mainittua periaatetta, **Kuva 8**. Tässä uudentyypisessä pistokehybridissä on pieni 0,8 l kaksisylinterinen diesel-moottori, 20 kW sähkömoottori ja kulutus 0,9 l/100 km sekä CO₂-päästö 21 g/km.

Taulukossa 5 on hybridien valmistajien ilmoittamia laskennallisia CO₂-päästöjä. Pistokehybridien päästöt, vaikka niissä on suuri hajonta: 21-71 g/km, ovat odotetusti pienemmät kuin perushybridien, joiden taso on noin 90 g/km. Päästöt eivät riipu pelkästään käänteisesti polttomoottoritehosta, vaan myös akuston kapasiteetti vaikuttaa, toisin sanoen se, miten pitkä on sähköinen ajomatka.

Lappeenrannan teknillisillä oppilaitoksilla on vireillä yhteistutkimushanke, Cambus, jossa tavoitteena on rakentaa ympäristöystävällinen hybridibussi Pyrhösen suuntaviivojen mukaisesti. Hanke on osa LUT:n Green Campus-kokonaisuutta. Bussissa akku-sähkö-

moottori-järjestelmä on pääosassa ja pieni dieselmoottori on avustajan roolissa. Tavallinen bussin moottori on noin kymmenenlitrainen kun Cambus-bussissa sen iskutilavuus on 2,5 litraa. Ajatuksena on ajaa keskusta-alueella sähköllä, jolloin hiukkaspäästöt vähenevät siellä, missä niistä on eniten haittaa. Pääteypysäkeille voidaan asettaa myös pikalatausasemat.

Liuske-energia tulossa

Maapallon energianäkymät ovat liuskekaasun ja -öljyn johdosta viime aikoina muuttumassa. Puhutaan jopa, että olemme uuden energiavallankumouksen kynnyksellä.

Liuskekiveen sitoutunutta kaasua ja öljyä voidaan vapauttaa vesisäriöstekniikalla (hydraulic fracturing, fracking). Liuskekaasu- ja öljyesiintymät sijaitsevat yleensä muutaman kilometrin syvyydessä. Porattuihin rei-

kiin syötetään suurella paineella vettä, kemikaaleja ja hiekkaa, mikä murtaa kiviaineksen, ja auenneista säröistä virtaava kaasu tai öljy kerätään talteen. Menetelmän vaatima runsas vesimäärä ja lisäksi tarvittavat kemikaalit ovat aiheuttaneet ympäristöongelmia, mm. pohjavesien pilaantumista. Väitetään, että ympäristöriskit ovat nykyisin pienet, koska toimintatavat ovat viime vuosina parantuneet. Kuitenkin esimerkiksi Ranska on kieltänyt liuskekaasun pumppaamisen juuri pohjavesien saastumisen pelossa.

USA on ollut liuske-energian edelläkävijä. Viimeisen viiden vuoden aikana kaasun hinta on siellä puolittunut ja on esimerkiksi neljännes siitä mitä venäläinen maakaasu maksaa Saksan rajalla. Nestemäisen kaasun edullisen hintakehityksen ansiosta Suomeenkin on kaavailtu LNG-terminaalia. Liuskekaasun ansiosta USA:n CO₂-päästöt ovat olennaisesti vähentyneet, koska hiileen verrattuna kaasu tuottaa hiilidioksidia vain kolmasosan. Toisaalta kaasun tuotannossa ja siirrossa saattaa ilmaan vapautua metaania, mikä on hiilidioksidia 20 kertaa tehokkaampi kasvihuonekaasu.

Kaasuesiintymiä on löytynyt kaikista maanosista. Euroopassa kaasua esiintyy useimmissa maissa, jopa Skoonessa, mutta ei Suomessa. Euroopassa liuske-energian hyödyntäminen on vielä verrattain kaukana, koska maanosamme on tässä suhteessa *terra incognita* verrattuna esimerkiksi USA:han, josta on olemassa pitkän öljynporaushistorian ansiosta valtava geologinen data. Myös EU:n tiukka ympäristöpolitiikka saattaa hidastaa hyödyntämistä.



Kuva 8. VW XL1, uudentyypinen, pienipäästöinen hybridi. (Artekla Oy)

Liuskeöljyä, tiukkaa öljyä (tight oil), on löytynyt mm. USA:sta ja Australias-ta. Öljyn on arvioitu riittävän seuraavaksi sadaksi vuodeksi, joskin kriittisimmät arviot puhuvat huomattavasti lyhyemmistä ajoista. Outotec on mukana myös näissä kuvioissa kehittämällä Global Oil Shalen kanssa Australian öljyliuskeen rikastusprosessia. Väitetään, että liuskeen ansiosta öljyn reaalihintaa alentuisi olennaisesti seuraavan kahdenkymmenen vuoden aikana. Myös halvan kaasun ja tulevaisuudessa tämän monipuolisemman käytön ansiosta öljyn kysyntä- ja hintapaineet helpottuvat. Kannattaa joka tapauksessa pitää mielessä kehittyvien maiden, mm. Kiinan ja Intian kasvava energiankulutus, mikä toisaalta lisää öljyn kysyntää ja tarvetta nostaa hintoja.

Liuskeen vaikutus sähköautoihin

Mitä liuske-energia merkitsee sitten sähköautoille? Nyt näyttää siltä, että lähivuosisikymmeninä kaasun ja öljyn reaalihintaa tulee laskemaan, tai ei ainakaan nouse niin paljon kuin on luultu. Vähemmän saastuttavan liuskekaasun vallatessa markkinoita, ja samaan aikaan CO₂-rajojen tiukentuessa, kivihii- len hinnan uskotaan jopa romahtavan. Halpa kaasu ja kivihiihi alentavat sähkö- n hintaa, mikä vähentää sähköauto- jen käyttökustannuksia. Etu ei ole kovin suuri, koska esimerkiksi täyssähköau- ton energiakustannus on jo nyt pieni.

Todennäköisimmin liuske-energia hidastaa sähköautojen yleistymistä, koska eräs tärkeä argumentti sähköau- ton tulevaisuutta arvioitaessa on ollut perinteisen fossiilisen energian hinnan nousu. Myös autojen kaasukäyttö tulee entistä edullisemmaksi.

Mitä tulee liuskeöljyyn, fossiilisenä polttoaineena se aiheuttaa samanlaiset päästöt kuin tavallinenkin öljy eli sähkö- auton suuri etu, paikallinen ympä- ristöstävällisyys, tulee säilymään.

Sähköautojen kustannukset

Hankintahinta

Kuten todettu sähköautot, sekä täys- sähköiset että hybridit, ovat selvästi kalliimpia kuin vastaavat polttomoottoriautot. Täyssähköautoissa litium-ioniakusto on kallein yksittäinen kompo- nentti, minkä arvo on yli 10 000 euroa. Akkujen hinnat ovat kuitenkin tulossa alaspäin.

Käyttökustannukset

Pienet käyttökustannukset ovat, ai- nakin näennäisesti, käyttäjän kannalta sähköautojen suurimpia etuja. Esimer- kiksi Suomessa täyssähköauton ener-

giakustannus on pari-kolme senttiä kilometriltä kun polttomoottoriautoilla polttoainekulut ovat yleensä yli kym- menen senttiä. Tosin aivan viime vuo- sina on tapahtunut kehitystä, jossa pie- nennetty (downsized) bensiinimoottori turboahdimella ja mikrohybridiperiaat- teella on vähentänyt kulutusta.

Sähköauton ongelma on akuston kuluminen. Akkukustannuksia voi- daan arvioida Renault ZOE:n akuston vuokraushinnasta, 79 €/kk 12 500 km ajomatalla vuodessa, mikä antaa 7,6 c/km.

Energiakulut esimerkiksi Nissan LEAF:illa valmistajan ilmoituksen mu- kaan on 2,7 c/km. Vastaavasti keskiko- koisen perheauton käytännön polttoai- nekuluiksi voidaan arvioida 7 l/100 km kulutuksella ja 1,65 euron (huhtikuu 2013) bensiinin hinnalla 11,6 c/km.

Huoltokulut kirjoittajan omakohtai- sen kokemuksen perusteella kahdesta eri valmistajan keskikokoisesta polt- tomoottoriautosta, ovat kummastakin noin 4 c/km. Koska täyssähköautojen voimalinjassa on vain muutama liik- kuva osa verrattuna polttomoottoriau- tojen satoihin vastaaviin osiin, niiden huoltokulut voidaan olettaa pienem- miksi, esimerkiksi 2 c/km.

Kustannuslaji	Bensiiniauto c/km	Täyssähköauto c/km
Akusto	-	7,6
Energia	11,6	2,7
Huolto	4	2
Yhteensä	15,6	12,3
Erotus	-	-3,3

Taulukko 6. Täyssähköauton ja bensiini- moottoriauton kustannuksien vertailua, c/km.

Taulukossa 6 on yllä olevan pe- rusteella vertailtu sähkö- ja bensiini- moottoriauton kilometrikustannuksia. Tämä karkea, osittain hypoteettinenkin laskelma osoittaa, että täyssähköauton kokonaiskäyttökulut ovat muutaman sentin/km (3,3 c/km) pienemmät kuin bensiinikäyttöisen.

Elinaikaisten kustannusten vertailu

Jos oletetaan sähköauton lisähin- naksi 5 000 euroa, edellä saadun eron (Taulukko 6) kromiseen kuluisi n. 150 000–200 000 km. Kun otetaan huomioon laskelmaan liittyvät monet epävarmuudet, sähköautoilun eliniän aikaiset kokonaiskulut ovat suunnil- leen samansuuruiset kuin polttomoottoriautojen. Ongelma on lähinnä kor- keampi hinta hankintavaiheessa. Näin Renaultin leasing-akkujärjestelmässä on ajatusta, koska sillä voidaan alentaa sähköauton ostohintaa.

Autojen voimanlähteiden kehitys- tä tulevaisuudessa ohjaavat päästöt, erityisesti kasvihuonekaasujen, sekä energian hinta ja saatavuus. Vaikka liuske-energia ongelmistaan huolimatta tulee yleistymään, riittävän pitkällä tähtäimellä fossiilisen energian hinta joka tapauksessa nousee. Samaan aikaan suurten valtioiden CO₂-päästö- rat tiukkenevat, ja vuoden 2020 jälkeen yleisesti ne ovat jo alle 100 g/km. Esimerkiksi EU:n aikomuksena on vä- hentää kasvihuonepäästöjä vähintään 80 % vuoteen 2050 mennessä. Kaikki tämä merkitsee uusiutuvaa, erityisesti päästötöntä tai vähäpäästöistä ener- giaa käyttävien ajoneuvojen osuuden kasvamista nykyisten bensiini- ja die- selmoottoriautojen kustannuksella.

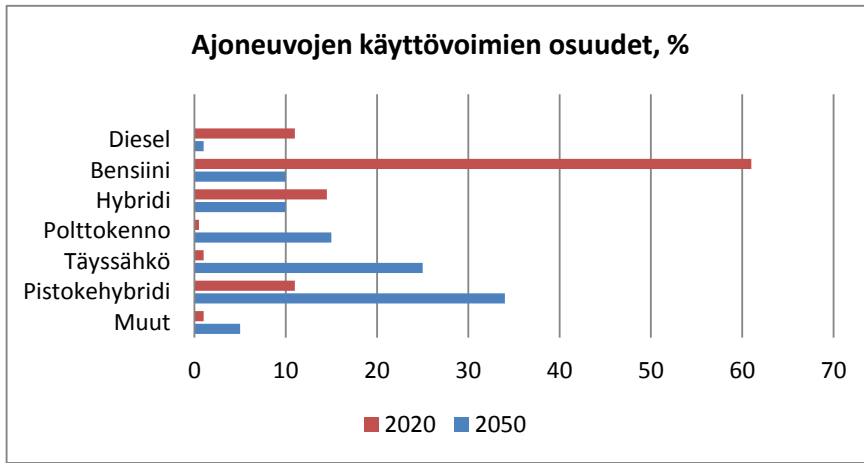
Kysymys kuuluu, mitkä ovat vallit- sevia autojen voimanlähteitä tulevai- suudessa? Tämän hetken käsitys on, että ei tule olemaan yhtä yksittäistä vallitsevaa käyttövoimaa, vaan joukko erilaisia vaihtoehtoja. Seuraavassa tar- kastellaan eri voimanlähteiden näky- miä tulevaisuudessa.

Bensiinimoottoriautot – Kuten to- dettu, näiden osuus vähenee mutta tämä alkaa selvemmin vasta vuoden 2020 jälkeen. Kehitys riippuu myös fossiilisten polttoaineiden hintakehityk- sestä, biopolttoaineiden yleistymisestä ja CO₂-päästötavoitteista.

Dieselmootoriautot – Nämä hiipu- vat, joidenkin ennusteiden mukaan jopa bensiinimoottoreita nopeammin. Dieseliä rasitteena ovat hiukkaspää- stöt. Näiden eliminointi vaatii kalliita, uusittavia suodattimia, mitkä lisäävät polttoaineen kulutusta ja samalla CO₂- päästöjä. Myöskään suodattimien teho ei ole sataprozenttinen, ja diesel-noki on osaltaan myös eräs ilmaston lämpö- tilaa nostava tekijä.

Hybridit – Näiden osuus tulee kasva- maan nykyisestään jo lähitulevaisuu- dessa. Ongelmana on hybridien kor- keampi hankintahinta, koska niissä on polttomoottorin ohella myös sähköinen käyttövoimajärjestelmä akustoineen. Tavallisten ei-pistokehybridien energi- aa ja ympäristöä säästävää tehokkuus on myös rajallinen (esim. Taulukko 5).

Pistokehybridit – Nämä ovat ener- giansäästön ja ympäristön kannalta ta- vallisia hybridejä edullisempia ja näiden osuus tulee olemaan merkittävä jo lähi- tulevaisuudessa, ja pitkällä tähtäimellä ehkä merkittävin kaikista. Esimerkiksi VW:n pääjohtajan **Martin Winterkorn** pitää ladattavia hybridejä tulevaisuu- den tärkeimpänä vaihtoehtona. Pisto- kehybridit ovat tulevaisuuden voittajat.



Kuva 9. Kevyiden ajoneuvojen käyttövoimien %-osuudet vuosina 2020 ja 2050.

Täyssähköautot – Nämä ovat ”energiatohokkuudeltaan” ja ympäristön kannalta paras ratkaisu. Tällä hetkellä täyssähköautoilla on kuitenkin suuria ongelmia: akuston kalleus ja rajallinen käyttöikä sekä autojen lyhyt toimintamatka. Lisäksi infrastruktuuri on vielä alkutekijöissään.

Toyotalla ja Nissanilla, Japanin kahdella suurella, on ollut erilainen strategia sähköautojen suhteen. Toyota on aina uskonut hybrideihin, kun taas Nissan on luottanut täyssähköautojen tulevaisuuteen. Nissan on tosissaan panostanut LEAF:iin, joka oli viime vuonna USA:n eniten myyty täyssähköauto. Huolimatta valtion tuista täyssähköautojen osuus USA:ssa oli kuitenkin vain 0,1 % (hybridien yli 3 %).

Nissan LEAF ei ole saavuttanut sille asetettuja myyntitavoitteita. Kaksi vuotta sitten tapahtuneen julkistuksen jälkeen maailmanlaajuinen myynti on ollut 50 000 autoa vuoden 2012 loppuun mennessä. Nissan onkin monipuolistanut strategiaansa ja päättänyt esitellä useita hybridimalleja vuonna 2017. Nissanin pääjohtaja **Carlos Ghosn** sanoo: ”Jatkamme täyssähköautoja mutta samaan aikaan kehitämme hybridejä, koska markkinat niitä vaativat”.

Täyssähköautojen tulevaisuus ei ole niin synkkä, kuin miltä se juuri tällä hetkellä näyttää. Akkuteknologia kehittyä kaiken aikaa, akuista tulee pienempiä, tehokkaampia ja halvempia. Mikäli Renaultin vuokra-akkuperiaate yleistyy, tämä laskee auton hankintahintaa. Teslan esimerkki osoittaa, että useimpiin tarpeisiin riittävä 400–500 km käyttömatka on jo nyt mahdollinen. Lisäksi infrastruktuuriin tehdään jatkuvasti suuriakin panostuksia, vaikka latausverkoston kasvattaminen on paitsi kallista, myös hidasta. Riittävän pitkällä tähtäimellä myös fossiilisten polttoai-

neiden hinnat tulevat väistämättä nousemaan, mikä suosii täyssähköautoja.

Täyssähköautojen kasvun arvioidaan alkavan vasta vuoden 2020 jälkeen, sillä ongelmien voittaminen vaatii aikaa. Todennäköisesti täyssähköautojen osuus kasvaakin seuraavina vuosikymmeninä, ja vuonna 2050 ne lienevät pistokehybridien ohella vallitsevin autotyyppi. Ensi vaiheessa sähköautot tulevat suuriin taajamiin, joihin nopeimmin saadaan riittävä latausverkosto, ja joissa päivittäiset ajomatkat jäävät lyhyiksi. Myös suurimmat päätiet varustetaan alkuvaiheessa pikalatausasemilla, jolloin myös reittiliikenteen sähköistymisen helpottuu. Ainakin alkuvaiheessa täyssähköautot tarvitsevat myös valtiotuen tukea eri muodoissaan.

Vaikka markkinoilla on sähköisiä muskeli-autoja kuten Tesla ja Fisker Karma, eräs sähköautojen omimpia alueita ovat city-autot, joiden energiantarve on pieni ja ajomatkat ovat lyhyitä, esimerkiksi huoltoyhtiöiden ja terveydenhoitajien autot, pienet jakeluautot jne. Lisäksi 0-päästöisyys- ja melutomuus edut korostuvat nimenomaan kaupungeissa. Sitä vastoin syrjäseudut eivät ole täyssähköautojen aluetta, vaan siellä käytettäneen tulevaisuudessa muita ratkaisuja. Harvaan asutuissa maissa, kuten Suomessa, polttomoottoriautot tulevat säilymään pitkään. Lisätekijä on vielä meidän kylmä ilmastomme, mikä lyhentää sähköistä ajomatkaa.

Polttokennoautot – Nämä pitkään tulevaisuuden toivoina pidetyt kaikkosivat välillä kokonaan kuvasta mutta osoittavat nyt uudestaan elpymisen merkkejä. Polttokennoautot ovat ympäristölleen päästöttömiä, sillä pakoputkesta tulee vain vettä, ja niiden toimintasäde on yli kaksinkertainen täyssähköautoihin verrattuna.

Menestyksen tiellä on edelleenkin

suuria esteitä, vedyn korkea hinta, polttokennojen kalleus ja huono hyötysuhde. Lisäksi vedyn jakelu- ja varastointinfrastruktuuri on täysin olematon. Kaikkien mainittujen ongelmien voittamiseksi tehdään suuria panostuksia, ja ennusteiden mukaan niihin on löydettävissä ratkaisuja. Esimerkiksi Toyota uskoo polttokennoihin sen verran lujasti, että hyppää täyssähköautot kokonaan yli ja aikoo esitellä 2015 ensimmäisen polttokennoautonsa.

VTT on tehnyt Tekesin tilauksesta laajan selvityksen vetyteknologiasta. VTT uskoo polttokennon hyötysuhteen paranemiseen. Varsinkin Suomen oloissa polttokennot olisivat edullisia, jos polttoaine tuotettaisiin maakaasusta reformoimalla, mikä antaisi säästöjä kauppataaseeseen. Mikäli vety tehtäisiin hiilineutraalisti biomassaa kaasuttamalla, päästäisiin täydelliseen omavaraisuuteen.


Jos vetyyn ja polttokennoihin liittyvät ongelmat ratkaistaan ja toimiva infrastruktuuri saadaan luoduksi, voidaan myös polttokennoautojen arvioida olevan pitkällä tähtäimellä merkittävä ajoneuvotyyppi. Ne tulevat myöhemmin kuin muut vaihtoehtoiset voimanlähteet, ja niiden voimakkaamman kasvun arvelaan alkavan vasta vuoden 2030 jälkeen.

Käyttövoimat tulevaisuudessa

Suomen liikenneministeriö on mukana tulevaisuuden kaavailuissa. Ministeriön selvitysten mukaan autot vuonna 2050 ovat täyssähköisiä, hybridejä tai käyttävät nestemäistä tai kaasumaista biopolttoainetta. Raskas liikenne käyttää 70-prosenttisesti biopolttoaineita. Kaupunkien bussi- ja jakeluliikenne kulkee 70-prosenttisesti sähköllä.

Suomen ministeriö on jokseenkin linjassa International Energy Agency (IEA) arvioiden kanssa. **Kuvassa 9** on IEA:n uusimpiin maailmanlaajuisiin ennusteisiin perustuva kevyiden ajoneuvojen käyttövoimien jakauma. IEA:n mukaan eri sähköautojen osuus, polttokennoautot mukaan luettuina, on vuonna 2020 noin neljännes mutta 2050 yli kolme neljännestä. Kohdan ”Muut” tärkein polttoaine on kaasu, minkä käyttö kasvaa, mutta sen ei uskota saavan kovin suurta osuutta. ▴

KIITOKSET

Haluan kiittää poikaani **DI Heikki Ollilaista** hänen monista ehdotuksistaan, erityisesti koskien sähköautojen historiaa, sekä asiantuntevista kommentteista ja korjausehdotuksista kirjoitustyön edistyessä. 

KULUTUKSEN- KESTÄVÄT JA LUJAT TERÄKSET.

HELPOMPAA ARKEA YRITYKSELLESI.

Me ruukkilaiset haluamme auttaa sinua tekemään liiketoiminnastasi sujuvampaa ja tehokkaampaa. Kulutuksenkestävä Raex-teräs ja luja Optim-teräs mahdollistavat pidemmän käyttöiän raskaalle kalustollesi. Koneidesi hyötykuorma on suurempi, säästät polttoainekustannuksissasi ja pienennät hiilijalanjälkeäsi.

Kun seuraavan kerran tarvitset terästä, käänny puoleemme. Me teemme yrityksesi arjesta hieman helpompaa.

RUUKKI

Energy-efficient steel solutions for better **LIVING. WORKING. MOVING.**

Kaivoskemikaalit Kiinasta Suomeen vastuullisesti



Kuva Laura Mäkelä

Birgitta Bergén-Kavanto (vas.) ja **Camilla Berner**, Algol Chemicals Oy.

Teollisuuskemikaalien tuotannon globalisoituessa tuotantoketjun vastuullisuuden arviointiin on tullut uudenlaisia haasteita. Kehittyvillä markkinoilla säädökset esimerkiksi ympäristöasioiden ja työturvallisuuden osalta eivät vielä vastaa sitä, mihin eurooppalaiset ovat tottuneet. Eurooppalaisilla kemikaalien käyttäjillä onkin tärkeä rooli heidän määrittellessään, millaisia sopimuksia he aineen tuottajien kanssa tekevät ja millaisia odotuksia vastuulliselle toiminnalle asettavat. Birgitta Bergén-Kavanto ja Camilla Berner kertovat tässä miten Algol Chemicals Oy on asiassa toiminut.

”Suomessa toimivissa kaivoksissa rikkastuskemikaalina käytettävistä ksan-taateista valtaosa tuodaan maahan Euroopan ulkopuolelta. Jos yritys päättää ostaa kemikaalin itsenäisesti suoraan EU:n ulkopuolelta, lankeavat yritykselle herkästi myös maahantuojan velvollisuudet. Yhden maahantuotavan aineen REACH-rekisteröinti saattaa

maksaa yksittäiselle yritykselle satojatuhansia euroja. Siksi onkin ilmaantunut uudenlaista kysyntää kumppanille, joka hoitaisi kemikaalin maahantuojan EU:n ulkopuolelta sekä siihen liittyvän REACH-rekisteröinnin, kertoo Birgitta Bergén-Kavanto Algol Chemicalsilta.

Jos EU:n ulkopuolinen valmistaja ei ole nimennyt niin sanottua ainoaa edustajaa EU:n alueelle ja näin osaltaan hoitanut REACH-asetuksen tuomia velvoitteita, on maahantuojan hoidettava REACH-rekisteröinti. Rekisteröintivelvollisuus syntyy, mikäli REACH-asetuksen soveltamisalan piiriin kuuluu ainetta tuodaan EU-alueelle joko sellaisenaan tai seoksessa yli 100 tonnia. Vuonna 2018 raja-arvo laskee tuhanteen kiloon vuodessa.

Vastuunkantajat hakusessa

Suomi on EU-alueen johtava kullin ja nikkelin, ja kromin ainoa tuotantomaa. Maassamme on yli 50 toiminnassa olevaa kaivosta ja louhosta. Suomessa toimivat kaivosyhtiöt ja suomalainen osaaminen ovat avainasemassa, kun tavoitteena on kehittää luonnonvarojen ja materiaalin kestävä, taloudellista ja innovatiivista hyödyntämistä.

”Suomessa toimivat kaivosyritykset ovat pääosin erittäin vastuullisia toimijoita. Asiakasyrityksemme ovat hyvin tietoisia REACH-asetuksen tuomista velvoitteista. Harva teollisuuskemikaalien käyttäjä kuitenkaan haluaa itsenäisesti kantaa vastuuta työläästä ja

resursseja vievästä rekisteröintityöstä. Kiina on puolestaan nykyään yksi maailman tärkeimmistä teollisuusmaista, ja vastuullisuus ja ympäristöasioiden hyvä hoitaminen on myös siellä poliittisesti yhä tärkeämpää. Vanhoja saastuttavia tehtaita suljetaan, ja uusia, moderneja avataan”.

”Euroopassa toimivalle kiinalaisyrikselle saattavat esimerkiksi REACH-säännökset olla haasteellisia. Meidän tehtävämme on tarjota omaa REACH-osaamistamme sekä kemikaalituottajan, että ksantaattien käyttäjien tueksi”, Camilla Berner kuvaa rekisteröintivastuun alkuselvittelyjä.

”Maahantuontiin liittyy luonnollisesti muodollisuuksien hoitaminen viranomaisten suuntaan ja välikvarastointi, joka osaltaan takaa logistiikan sujumisen. Toki olisimme voineet kiertää asetuksia jonkin aikaa tuomalla pienempiä määriä kemikaaleja eri yritysten kautta, jolloin REACH-rekisteröinnin määräraja ei yksittäisellä toimijalla olisi ylittynyt. Tällaista vastuun kiertelyä on esiintynyt markkinoilla. Halusimme kuitenkin toimia REACH-asetuksen hengessä ja taata sen, että asiakkaillemme aineet tuotetaan ja maahantuodaan vastuullisesti yhden yrityksen kautta eikä vaihtelevia toimittajia käyttäen”, Berner kuvailee lähtötilannetta ennen rekisteröintipäätöstä.

REACH-rekisteröintiin kuuluu muun muassa tutkimusaineiston keruuta sekä maahantuotavan aineen identiteetin tarkastus laboratoriokokein.

”Rekisteröintiprosessi vei aikaa rei-

lun vuoden, mutta nyt voimme ylpeinä todeta olevamme kaliumisoamylyksantaatin johtava rekisteröijä. Lisäksi olemme rekisteröineet natriumetylyksantaatin. Alcol Chemicals on Pohjoismaissa ainoa REACH-rekisteröinnin haltija näissä tuotteissa”, Camilla Berner iloitsee.

Vastuullisuus ei lopu REACH-rekisteröintiin

REACH-rekisteröintiin ei liity varsinaisia auditointikäyntejä tuotantolaitoksissa.

”Ennen maahantuonnin aloittamista kävimme tarkastuskäynnillä kiinalaisen valmistajan tehtaalla. Tuotantoprosessi on täysin automatisoitu, suljettu prosessi, ja työolosuhteet ovat hyvät”, Berner kertoo.

Tuotantoketjun vastuullisuuden kehittäminen ei myöskään lopu REACH-rekisteröintinumeroon saamiseen.

”Valitsemamme kemikaalitoimittajat edustavat vahvaa kaivosalan prosessiosaamista ja muuta asiantuntemusta. Sopimusasiakkaillemme voimme tarjota palvelukonsepteja; esim. teknistä tukea prosessinohjauksesta analyysiin ja testaukseen tai varmuusvarastointia. Käynnit kaivoksilla onnistuvat, samoin laboratoriokohteet toimittajan tiloissa. Ympäristölle haitallisten tuotteiden toimitukset hoituvat luontoa tai työntekijöitä vaarantamatta”.

”Erään asiakkaamme kanssa on jo sovittu yhteisestä käynnistä Kiinan tehtaalle. Tähän käyntiin liittyy sekä prosessien että tuotteen laadun tarkastusta. Haluamme näin tehdä koko toimitusketjun läpinäkyväksi. Samalla voimme osoittaa asiakkaallemme entistä selvemmin, että tuotteet ovat korkealaatuisia ja toiminta on pitkäjänteistä”, Bergén-Kavanto kertoo jatkosuunnitelmista. ▲

Nasaco luottaa Algolin osaamiseen

Nasaco International kehittää ja valmistaa vaahdotusprosessissa käytettäviä kemikaaleja. Kullekin kaivokselle sopivan tuotteen valinta riippuu monista tekijöistä, esim paikallisesta mineralogiasta, prosessin olosuhteista, ja jopa ilmastosta.

”Teemme yhteistyötä asiakkaan kanssa osallistumalla tutkimus- ja kehitystyöhön. Näin voimme ottaa paikalliset olosuhteet parhaiten huomioon. Kumppanin valinnassa arvioimme toimijoiden markkina-alueen ja paikallisen teollisuuden tuntemusta sekä toimintaetiikkaa”, Nasacon perustaja ja toimitusjohtaja **Simon Isherwood** kertoo.

”Alcol Chemicalsin kanssa olemme tehneet yhteistyötä jo yli 15 vuotta. Kaikki lähti liikkeelle Algolin yhteistyöstä Dow Chemicalin kanssa ja jatkuu, kun kaivosteollisuudelle suunnatut Dowfroth-tuotteet siirtyivät Nasacolle. Algolin erityisenä vahvuutena pidän syvällistä markkinatietämystä, jota yhtiö on kartuttanut pitkäjänteisenä ja kansainvälisenä alan toimijana.” ▲

REACH-asetuksen tarkoituksena on osaltaan selkeyttää EU:ssa valmistettavien ja alueelle tuotavien kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, rajoituksia ja lupamenettelyjä. REACH asettaa vastuuta teollisuudelle silloin, kun on kyse riskeistä, joita kemikaalit saattavat aiheuttaa terveydelle ja ympäristölle. Kemikaalin REACH-rekisteröinti tulee tehdä, mikäli REACH-asetuksen soveltamisalan piiriin kuuluvaa ainetta valmistetaan tai tuodaan EU-alueelle joko sellaisenaan tai seoksessa vähintään tonnin verran vuodessa.

REACH - Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals.

Lisätietoa REACHista: <http://www.reachneuvonta.fi>
(kemikaalineuvonta.fi 1.9.2013 alkaen)

vimmelco

binder+co
we process the future

*Jos seulasasi on liian pieni,
soita Vimmelcoon.*

BIVITEC-kaksosisikuseulassa erittäin voimakkaasti liikkuvat seulamattot seuloivat tehokkaasti myös hyvin hienokokoiset jakeet, tukkeutumatta.

Tehokasta seula-alaa on tarjolla kokoon 3x12m asti.

Bivitec-seulan saa myös 2- tai 3-tasoisena, erikoisvalmistelilla esiseuloilla ja pesusuuttimilla varustettuna.

Binder+Co:ilta myös DRYON-kulvamet, hiekanpesulaitteet sekä perinteiset täryseulat.

www.vimmelco.fi

Vimmelco Oy | Kerkkolankatu 30, 05800 Hyvinkää | Kiiväneskoneet: Jukka Hakkarainen, 050 4568141; Mika Lampinen, 050 4568142 | Klerritys- ja jätteenkäsittelytekniikan koneet: Lauri Tahikainen, 050 4568143 | Huolto, 050 4568157

Erotustekniikoilla kohti kestävästi kehittyvää kaivosteollisuutta

Riina Salmimies, tutkijatohtori, projektipäällikkö, LUT

Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla (Lappeenranta University of Technology, LUT) on käynnistynyt hanke, jossa etsitään teknisesti mahdollisia ja kustannustehokkaita ratkaisuja kaivosteollisuuden rikastusprosesseissa syntyvien jätteiden käsittelyyn ja hyötykäyttöön. Asianmukaisella jätteenkäsitteilyllä voidaan vähentää kaivosteollisuuden ympäristökuormitusta ja jätteiden määrää sekä parantaa käsittelyprosessien vesitasetta ja jätevirroista saatavaa lisäarvoa.

Kaivosteollisuuden rikastusjätteet varastoidaan usein joko kuivana jätealueille tai vastaavasti lietteinä patoaltaiisiin. Kaivosyhtiöt ovat kiinnostuneita rikastushiekan käsittelymahdollisuuksista ja osa onkin jo ryhtynyt toimiin arvometallien talteenottamiseksi. Talteenotolla voidaan vähentää ympäristöriskejä, mutta se ei välttämättä vähennä jätteiden määrää merkittävästi.

Ratkaisuksi tähän ongelmaan LUT kehittää uudenlaista jätteenkäsitteilyteknologiaa tutkimalla jätteenkäsitteilyketjun eri vaiheita sekä teknisestä että taloudellisesta näkökulmasta. Tutkimuksissa sovelletaan LUT:n laaja-alaista osaamista erityisesti erotustekniikassa ja pyritään näin kehittämään projektin suunnitteluvaiheessa luonnosteltua ideaa käsittelyprosessista (Kuva 1).

”Sekä rikastusprosessit että tässä hankkeessa tutkittava jätteen käsittely perustuvat valtaosaltaan erotustekniikkaan, joten erilaisten erotustekniikoiden, kuten liuotuksen, suodatuksen, membraanitekniikan ja ioninvaihdon sekä näiden soveltamisen asiantuntemus on aivan avainasemassa. LUT:n erotustekniikan osaaminen on Suomen parasta”, sanoo hankkeen projektipäällikkö ja päättökija Riina Salmimies.

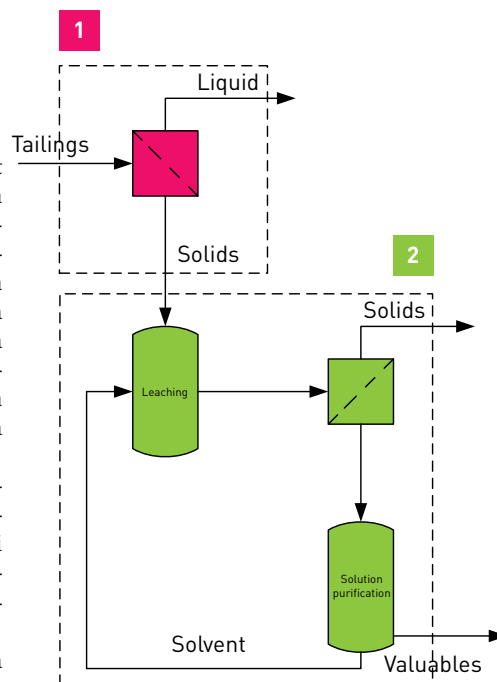
Kaivosteollisuuden rikastushiekat sisältävät metalleja, jotka teoriassa voidaan erottaa jätteestä erilaisten fyysikaalisten ja kemiallisten menetelmien avulla. Menetelmät voivat perustua erikokoisten partikkelien erottamiseen tai esimerkiksi liuotukseen. Käsittelyn jälkeen jäljelle jäänyt prosessivesi voidaan kierrättää takaisin prosessiin ja näin vähentää tarvittavan raakaveden määrää.

”Uudet ratkaisut käsitellä jätteitä tarjoavat selkeitä taloudellisia ja ympäristöystävällisiä hyötyjä, kun esimerkiksi tarve kaatopaikkaläjäytykselle ja patoaltaille jätteen säilytyspaikkoina vähenee”, Salmimies kuvailee.

Jäljelle jääneestä jätteestä voidaan uuttaa sivuvirroissa syntyneet arvokomponentit. Samalla kaivostoiminnan aiheuttama ympäristökuormitus pienenee, ja talteen otettujen arvokomponenttien tuottama lisäarvo tasapainottaa käsittelyn aiheuttamat kustannukset sekä mahdollistaa jopa uuden liiketoiminnan synnyttämisen.

”Tämän hankkeen onnistuessa Suomen kaivosteollisuudelle voidaan tarjota taloudellisesti ja teknisesti kilpailukykyinen teknologia rikastushiekojen käsittelyyn, ja siten parantaa Suomen kaivosteollisuuden kilpailukykyä ja houkuttelevuutta asettamatta liiketoimintaa ja ympäristöasioita vastakkain. Näin syntyy kestävä kehitys.”

TREWA – Treatment and utilization of solid waste from the mining industry -hanke on osa TEKES:n hallinnoimaa **Green Mining** -ohjelmaa. Parhaimmillaan onnistuneet hankkeet voivat johtaa kansainväliseen osaamis- ja tuotevientiin, kuten loppumetreillä olevassa GTK:n



Kuva 1.

ProMine-hankkeessa, jossa kartoitettiin Euroopan Unionin alueella olevat kaivostoiminnan tuottamat sivu- ja jätevirrat ja niiden potentiaali raaka-aineina.

Hankkeen akateemisia kumppaneita ovat saksalainen **TU Bergakademie Freiberg**, norjalainen **Norwegian University of Science and Technology (NTNU)** sekä venäläinen **Saint Petersburg State Mining Institute**.

Hankkeessa rakennetaan konkreettisella tasolla myös LUT:n ja VTT:n välistä yhteistyötä. VTT on LUT-vetoisessa hankkeessa mukana noin 20 prosentin osuudella kehittämässä yhdessä LUT:in kanssa vedenpoistoprosesseja. Hankkeen yritys yhteistyökumppaneita ovat teknologiatoimittajat edustavat **Outotec** ja **Weir Minerals** sekä kaivosyhtiö **FQM Kevitsa Mining**. ▀

Lisätiedot: Tutkijatohtori, projektipäällikkö **Riina Salmimies**, 040 19 77 795, riina.salmimies@lut.fi ja Professori, hankkeen vastuullinen johtaja **Antti Häkkinen**, 040 35 43 218, antti.hakkinen@lut.fi. Lappeenrannan teknillinen yliopisto (Lappeenranta University of Technology, LUT) on edelläkävijänä yhdistänyt tekniikan ja talouden perustamisestaan lähtien vuodesta 1969. LUT:n strategia kärkeä ovat vihreä energia ja teknologia, kestävä kilpailukykyyn luominen ja toimiminen kansainvälisenä Venäjä-yhteyksien rakentajana. Kansainvälinen tiedeyhteisömme koostuu 7000 opiskelijasta ja asiantuntijasta. Suomen vihrein kampus: www.greencampus.fi.

FLOWROX

Proven Performance

Flowrox venttiilit ja pumput vaativiin teollisuuden käyttökohteisiin



Flowroxin yli 30 vuoden kokemus ja 100 000 toimitusta takaavat tietämyksen asiakkaiden virtauksensäätöprosesseista.

FLOWROX - TEHTY KESTÄMÄÄN

- Letkuventtiilit
- Levyluistiventtiilit
- Letkupumput
- Epäkeskoruuvipumput

Flowroxin tuotteilla minimoit käyttökustannukset. Uuslaitetoimitusten ohella saat meiltä laajan palvelu- ja huoltotuen.

**Ota yhteyttä niin suunnitellaan yhdessä
tarpeisiisi sopiva ratkaisu!**

KATSO LISÄÄ:
WWW.FLOWROX.COM
tai skannaa QR-koodi



Flowrox Lappeenranta
Puh. 020 111 3311
info@flowrox.com

Flowrox Kouvola
Puh. 020 787 1570
service@flowrox.com

Flowrox Oulu
Puh. 020 787 1586
service@flowrox.com



MIRANET

ROCK SUPPORT - TRAFFIC SAFETY - GEOPRODUCTS

KAIVATTU KALLIOLLA - TUNNETTU TUNNELISSA

- Kallionlujitustuotteet
- Geofysikaaliset ja kalliomekaaniset mittalaitteet
- Pyöräkoneiden suojaketjut
- Porapaalut ja maa-ankkurit
- Tunnelitilojen eristysrakenteet
- Liikenneväylätuotteet
- Geotuotteet



Puh. 010 6170 880 www.miranet.fi

a SAFEROAD company



Pertin näkökulmasta

Hitaita ovat herrojen kiireet

"Kun talo palaa, on sammutustyöhön ryhdyttävä heti, jotta vahingot jäisivät mahdollisimman pieniksi".

MINULLE MÄÄRÄTTIIN HELSINGIN KATAJANOKALLA TOUKOKUUSSA 60 EURON PARKKISAKKO, jota virallisesti pysäköintivirhemaksuksi kutsutaan. Koska olin automaattista ostanut pysäköintiluvan enkä ymmärtänyt sakon perustetta, postitin kaupungille seuraavana päivänä muutosvaatimuksen asianmukaisine todisteineen maksetusta maksusta. Jäin odottamaan lopullista tuomiota. Kun mitään ei kuulunut, ja maksun eräpäivä kuukautta myöhemmin läheni, kysyin sähköpostilla asiani perään. Sain vastauksen, että muutosvaatimukseni käsitteily kestää 5–6 kuukautta (luit oikein: 5–6 kuukautta). Hitaita siis ovat herrojen kiireet, kuten otsikkoon poimimani vanha sanonta sanoo. Positiivinen tieto oli, että maksua ei tarvitse maksaa ennen kuin muutosvaatimustani koskeva päätös on tehty.

MITEN ON MAHDOLLISTA, että kaupungin virkamiesten kannattaa käsitellä 60 euron asiaa puoli vuotta? Yritin arvioida, kuinka kauan tämän kaltaisen asian käsittely saisi kestää tehokkaaseen toimintaan pyrkivällä yksityisellä sektorilla – vaikkapa pankissa. Tulin siihen tulokseen, että 5–6 minuuttia olisi hyväksyttävä aika. Ja koko prosessi sähköisen tiedonsiirron aikana olisi ohi parissa päivässä. Tässä kaksi maailmaa ovat niin käsittämättömän kaukana toisistaan, ettei ole helppoa sanoa, pitäisikö itkeä vai nauraa. Kokemani jutun uskomattomuus panee nauramaan. Mutta kun esimerkki todennäköisesti laajemminkin kuvastelee kunnallisen toiminnan tehostumattomuutta, oikea reaktio olisi itku. Jossakin kaupungin byrokraattisessa hallinnossa istuu joukko virkamiehiä, jotka ovat täysin vieraantuneet hallintoalamaisten intresseistä.

Arvaan, että virkamiehet puolustautuvat syyttämällä resurssipulaa. Rahaa pitäisi saada lisää. Kieltäydyn uskomasta. Raha ei tässä asiassa vähääkään auta. Asenteisiin tarvitaan muutos. Kun näin on, nopeaa ihmeparannusta lienee kuitenkin turha odottaa.

PALJON ON VIIME AIKONA PUHUTTU HYVÄNÄ PITÄMÄMME POHJOISMAISEN HYVINVOINTIVALTION ALASAJOSTA. Väitetään, ettei yhteiskuntamme enää pysty huolehtimaan kaikkien kansalaistensa tarpeista. Syyksi tarjotaan jälleen resurssipulaa. Tarkemmassa tarkastelussa kaikki palaset eivät kuitenkaan loksahda paikalleen. Tosiasia on, että julkinen sektori on jatkuvasti sekä rahalla että työpaikkojen määrällä mitaten kasvattanut osuuttaan yhteiskunnassa. On täysin selvää, että tämä meno ei voi jatkua. Hyvinvointiyhteiskunnan alasajo voidaan estää vain julkista sektoria supistamalla. Tiedän, että moni älähtää tämän luettuaan. Mutta fakta on, että yhteiskunnan moottori eli yksityinen sektori ei jaksaa pyörittää ylisuurta julkista sektoria. Kun välttämättömät palvelut kuitenkin on turvattava, yhtälö menee tasan vain julkisen sektorin tuottavuutta parantamalla. Se ei suinkaan ole helppoa, vaikkapa hoiva-alalla, mutta edellä kertomani uskomaton juttu todistaa, että potentiaalia löytyy, jos vain toimeen tartutaan.

JOKAISILLA MINISTERILLÄ TUNTUU OLEVAN RUNSAASTI EHDOTUKSIA rahaa vaativien uusien palveluiden kehittämiseen, vaikka entisiinkään ei ole varaa. Tilanne on sen

verran haastava, että kaikki lisärahoitusta vaativat hankkeet pitäisi panna jäihin odottamaan sitä päivää, jolloin talouden tasapaino jälleen on saavutettu. Toki tiedän, että tämä on poliittisesti mahdotonta, koska päättäjän kannatus äänestäjien keskuudessa siinä murenisi. Mutta sopsiko tähänkin lähtöön se vanha viisaus, että hullu ei ole se, joka pyytää vaan se, joka maksaa. Nykyistä vahvempaa johtajuutta tähän tarvitaan. Ja vain oma apu auttaa. Ainakaan nykyisestä Euroopasta ei veto-apua ihan heti ole odotettavissa. Hyvään johtajuuteen kuuluisi mielestäni myös se, että tunnustettaisiin ennen vaaleja annettujen lupausten katteettomuus, jos niiden alta on taloudellinen pohja pudonnut pois. Kun talo palaa, on sammutustyöhön ryhdyttävä heti, jotta vahingot jäisivät mahdollisimman pieniksi. On vaarallista lykätä sammutustyön suunnittelu mihin tahansa riiheen puolen vuoden tai vuoden päähän. Uskon, että julkisen talouden raivausprojektiin olisi helppoa värvätä joku nuori reipas henkilö, kun kerrottaisiin, että tällaiseen virkaan valtiovarainministeriöön kiinnitettiin vuonna 1942 eräs Urho Kekkonen, joka sieltä ponnahti vieläkin vaativampiin hommiin.

OLEN MONEEN OTTEESEN KRITISOINUT uusiutuvalle energialle myönnettäviä takuuhintoja, joita hienosti syöttötarifeiksi kutsutaan. Koska niiden avulla syrjäytetään markkinatalouden mekanismit, pidän tällaista toimintaa sielunvihollisen keksintönä. Eivätpä taida kaikki veronmaksajat tietää, että tässä ovelalla tavalla siirretään heidän varojaan energiayhtiöiden kassaan. Kun julkisen talouden säästöjä on pakko löytää, haluan tässä kantaa oman korteni kekon esittämällä oman tarjoukseni. Voisin suunnitella rakentavani tuulivoimalan, joka vuosittain tuottaisi miljoonan euron myyntitulot. Siitä veronmaksajat joutuisivat minulle syöttötariffin seurauksena maksamaan nykytilanteessa jopa yli puolet eli 600 000 euroa. Tarjoudun tämän laskettuani luopumaan koko hankkeesta, jos valtio (siis veronmaksajat) lupaa maksaa minulle 100 000 euroa vuodessa. Lopputuloksena valtio säästäisi puoli miljoonaa. Ja voisinpa pidättäytyä kymmenen kertaa suuremmankin voimalan rakentamisesta, jolloin valtio säästäisi kymmenkertaisen summan. Tiedän, ettei suunnitelmani toteudu ja saattaa siihen joku valuvikakin sisältyä, joten joudun vain surullisena seuraamaan, kuinka Eurooppa tekee energiaitsemurhaa ja tuhoaa kilpailukykyään.

Tällaisin, vähemmän mieltä ylentävin ajatuksin valmistaudun syksyyn. Toivoton ei kuitenkaan kannata olla. Sanotaan, että suomalainen on parhaimmillaan tiukoissa paikoissa. Ja sanotaan myös, että kyllä hätä keinot keksii. Pakon edessä ratkaisut lopulta syntyvät. Ja minä odottelen Helsingin kaupungilta kirjettä vielä ennen vuoden loppua.

Kaikki tuntevat savolaispojan avausrepliikin tanssilattialla, kun hän daamiaan kehuu "haaskan" näköiseksi. Mutta mitä sanoo suorapuheinen pohjalaispoika tyttöä kosiessaan: "Haluaasko neiti jonaki päivänä maata meidän sukuhauras?"



Make the most of your energy

Schneider Electricin ratkaisulla parannetaan kaivosten kannattavuutta ja turvallisuutta

Kaivosteollisuutta varten kehitetyn tuotannonohjaus-järjestelmän AMPLA:n avulla voit parantaa tuotavuutta ja kannattavuutta. Samalla ympäristövaikutukset ja henkilöriskit minimoidaan. Ampla on nopea ottaa käyttöön ja se toiminnallisuutta voidaan laajentaa myöhemmin.

- > Tuotannon maksimointi
- > Energiankäytön optimointi
- > Laadun ja turvallisuuden kehitys
- > Jäsenneltyä tietoa päätöksenteon perustaksi

www.schneider-electric.com/fi

Schneider
Electric™

Hybridimateriaalit monitoiminnallisiin ratkaisuihin



Professori **Simo-Pekka Hannula**, Aalto-yliopisto,
Kemian tekniikan korkeakoulu, Materiaalitekniikan laitos

Johdanto

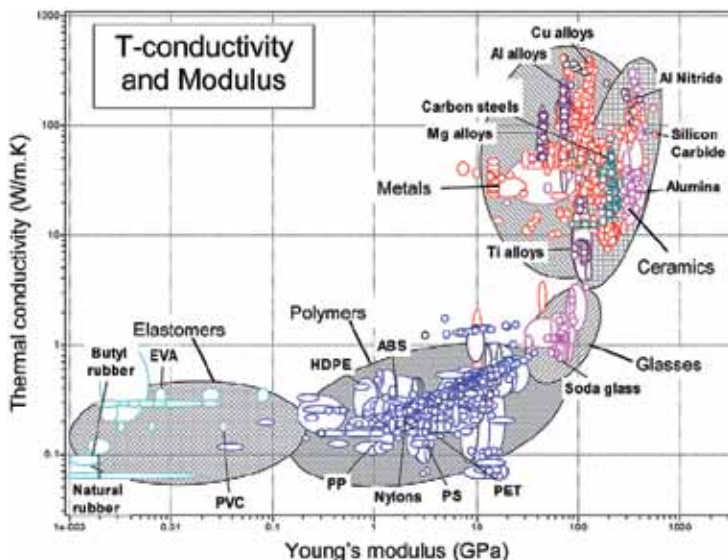
Hybridimateriaalit käsitteenä nousevat yhä useammin esille, vaikka monille meistä termin sisältö onkin vielä hieman hahmottomaton. Entistä tutummaksi se kuitenkin tulee FIMECCin valmistelussa olevan HYBRIDIMATERIAALITUTKIMUSOHJELMAN käynnistymisen kautta. Tiedeyhteisö on pitkään käyttänyt hybridimateriaalit-nimitystä komposiiteista, jotka koostuvat kahdesta tai useammasta nanometritasolla tai molekyylylasolla olevasta osasta. Tavallisesti toinen materiaaleista on orgaaninen (luonnon) materiaali ja

toinen epäorgaaninen tyypillisesti in-situ reaktiolla (esim. sooli-geelireaktiolla) muodostunut materiaali.

Hybridimateriaali-nimitystä on kuitenkin käytetty myös laajemmassa merkityksessä. Ashby¹ on esittänyt käsitteen laajentamista kaikkiin monoliittisten materiaalien yhdistelmiin, joihin komponentit tuodaan diskreetteinä osasina. Tämän määritelmän mukaan kaikki komposiitit ja komposiitirakenteet ovat monifaasisia hybridejä. Kuitenkaan kaikki monifaasimateriaalit eivät ole hybridejä (ei siis myöskään ferriittis-perliittinen hiiliteräs, jota voidaan sinänsä pitää in-situ metalli-keramikkomposiittina). FIMECCin hybridiohjelmassa on omaksuttu viimemainittu lähestymistapa, joka sallii varsin vapaasti teollisuuden tärkeinä pitämien materiaalien kehittämisen ohjelman puitteissa.

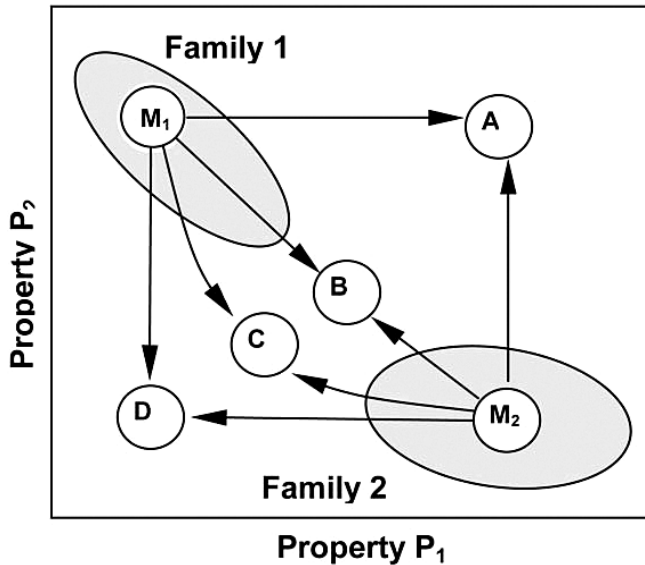
Kiinnostus hybridimateriaaleja kohtaan on kasvanut, kun tavoitellaan sellaisia ominaisuusyhdistelmiä, joita ei voida perinteisin keinoin saada aikaan. Jos tarkastellaan erilaisten materiaalien ominaisuuskenttiä (vaikkapa jäykkyyss- lämmönjohtavuusyhdistelmää, **kuva 1**) huomataan varsin pian, että nykyisten materiaalien ominaisuudet kattavat vain pienen osan ominaisuusvaruudesta. Tämän jälkeen herää nopeasti kysymys, onko mahdollista saada aikaan muita ominaisuusyhdistelmiä kombinoimalla ao. materiaaleja jollain uudella tavalla. Vastaus tähän kysymykseen yleisellä tasolla on kyllä. Kombinointi ei kuitenkaan aina johda parempiin ominaisuuksiin, vaan mahdollisuuksia on yhtäläisesti epäonnistua, **kuva 2**. Yksinkertaisissa rakenteissa yhdistelmien ominaisuudet voidaan usein arvioida erilaisten keskiarvosääntöjen ja faasiosuuksien perusteella (esim. Voigt tai Reussin keskiarvoina), mutta monimutkaisissa rakenteissa tarvitaan mallinnusta. Mallinnuksessa taas tarvitaan luotettavia materiaaliparametreja materiaaliolosuhteista. Lopuksi optimirakenne pitäisi vielä pystyä valmistamaan. Haasteita hybridimateriaalien kehittämisessä siis on.

Hybridimateriaaleja on tutkittu pitkään Aalto-yliopiston Materiaalitekniikan laitoksella. Seuraavassa on lyhyt yhteenveto laitoksella toimivan oman tutkimusryhmäni aktiviteeteista hybridimateriaalien kehittämisen alueella.



Kuva 1. Eri materiaaliluokkien kimmomoduulin ja lämmönjohtavuuden välinen riippuvuus (www.grantadesign.com).

Figure 1. Relationship of thermal conductivity and modulus of different material classes (www.grantadesign.com).



Kuva 2. Skemaattinen esitys mahdollisesta ominaisuuksien muuttamisesta yhdisteltäessä eri tavoin kahta ominaisuuksiltaan erilaista materiaalia¹.

Figure 2. Hybrid properties as possible combinations of those of the constituents¹.

Hybridipinnoitteet lämmönsäätelyyn (tutkimuspäällikkö Eero Haimi)

Rakennusten energiatehokkuutta voidaan lisätä integroimalla julkisivu- ja kattorakenteisiin metalliohutlevyihin perustuvia aurinkolämmönkeräimiä. Aurinkolämmönkeräinten tehokkaimmat absorptiopinnat ovat ns. selektiivisiä pinnoiteratkaisuja, joissa sähkömagneettisen säteilyn absorptio räätälöidään voimakkaaksi auringon spektrialueelle, mutta emissio heikoksi lämpösäteilyalueelle, jolloin energian takaisinsäteily vähenee olennaisesti. Kyseinen ratkaisu on mahdollista toteuttaa hybridimateriaalirakenteena siten, että hyvin heijastavalle metallipinnalle muodostetaan nanorakenteinen dielektrinen ohutkalvo. Ratkaisussa yhdistyy metallipinnan pieni terminen emittanssi nanorakenteisen ohutkalvon voimakkaaseen valon absorptioon.

Hybridiratkaisun ohutkalvona voidaan käyttää myös maaleja, kun polymeeri, pigmentit, täyteaineet ja kerrospaksuudet ovat sopivasti valittuja. Vaikka suorituskyky ei tällöin muodostukaan yhtä hyväksi, kuin epäorgaanisilla pinnoitteilla, on se parempi kuin pelkillä suojamaaleilla². Keskeisenä haasteena on pinnoitteen polymeerimatriisista johtuvan termisen emittanssin minimointi. Materiaalitekniikan laitoksella on tehty kehitystyötä, jossa on käytetty polymeerinä polysiloksaania ja pigmenttinä nanokokoista funktionalisoitua magnetiittia. Tuloksena pinnoitetun teräsohutlevyn lämmönkeräyiskykyä on saatu tehostettua kaupalliseen tuotteeseen verrattuna. Jatkotutkimusten kohteena on erityisesti kyseisten hybridimateriaalirakenteiden pitkäaikaiskestävyys.

Tulosten erään keskeisen sovellusalueen voidaan nähdä olevan aurinko-avusteiset lämpöpumput. Vaikutus kohdistuisi tällöin erityisesti korjausrakentamiseen. Lisäksi lämmönsäätelyyn käytettyä materiaalitekniikkaa voidaan soveltaa myös pintojen pitämiseksi mahdollisimman viileinä.

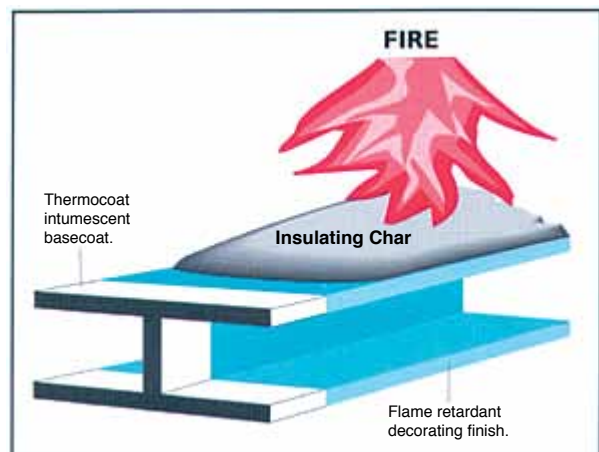
Hybridipinnoitteet palonestossa (tohtoriopiskelija Juha Larismaa ja tohtoriopiskelija Qian Chen)

Palonestomateriaalien sovellutukset kattavat hyvin laajan kirjon suojattavia materiaaleja: tekstiilien kuidut, kodin-

elektroniikka, puu, polymeerit ja metallit tarvitsevat erilaisen palonestosuojauksen. Esimerkiksi puun palonsuojapinnoitteiden tehtävä on tyypillisesti hidastaa yhtäältä puun syttymistä ja toisaalta palon leviämistä. Teräksen palonsuojauksessa pinnoitteet taas muodostavat palonkestävän pinnan tavoitteena hidastaa lämmönsiirtymistä³. Materiaalitekniikan laitoksella on tutkittu teräksen palonsuojausta tavoitteena pidentää teräsrakenteiden kestoä palotilanteissa, mikä antaa lisää aikaa rakennuksesta turvalliseen poistumiselle ja palontorjunnalle. Eräs tutkimussuunta a. pinnoitteiden kehittämisessä ovat ns. paisuvat palonestopinnoitteet. Nimensä mukaisesti paisuvat palonestopinnoitteet paisuvat lämmön vaikutuksesta muodostaen eristävän huokoisen hienorakenteen, **kuva 3**. Kyseiset pinnoitteet on suunniteltu eristämään teräsubstraatti, niin että teräksen lämpötila ei nouse yli tietyn kriittisen pisteen, jolloin sen mekaaniset ominaisuudet heikkenevät huomattavasti. Tyypillisesti tämän lämpötilan oletetaan olevan 550°C⁴. Paisuvan palonestopinnoitteen tulee hidastaa lämmönsiirtymistä ja pitkittää aikaa mahdollisimman paljon ennen kuin teräs saavuttaa edellä mainitun kriittisen lämpötilan.

Paisuvat palonestopinnoitteet ovat tyypillisesti hybridirakenteita ja koostuvat kolmesta aktiivisesta komponentista, jotka vuorovaikuttavat keskenään: happokatalyyttistä (esim. ammonium polyfosfaatti), hiilen lähteestä (esim. pentaerytritol) ja kaasunmuodostajasta⁵ (esim. melamiini). Nämä palonestoaineet sekoitetaan sopivassa suhteessa vesi- tai liuotinpohjaiseen maalimatriisiin. Perinteisesti nämä hybridipinnoitteet ovat olleet melko paksuja, jopa 1,5 mm, jotta ne tarjoavat riittävän suojan tulipaloja vastaan. Paisuvia palonestopinnoitteita voidaan testata laboratorio-mittakaavassa standardoidulla kartiokalorimetritestillä⁶.

Tulevaisuudessa paisuvien palonestopinnoitteiden tulee kestää entistä paremmin sään vaikutuksia. Perinteisesti tämä on saattanut olla ongelma, koska pinnoitteet sisältävät hydrofiilisiä komponentteja. Ongelma voidaan kiertää esimerkiksi lisäämällä ylimääräinen pinnoitekerros (top coat). Pinnoitteeseen voidaan lisätä palonestoaineiden lisäksi myös nanokokoista silikaa tai magnesium hydroksidia, jolloin pinnoitteiden kosteuden kestävyys paranee ilman, että niiden palonesto-ominaisuudet heikkenevät⁷. Myös pinnoitteiden mekaanista kestävyyttä on parannettava tilanteessa, jossa ne ovat paisuneet äärimmilleen. Muutoin ne saattavat halkeilla ja altistaa teräksen liekeille³.

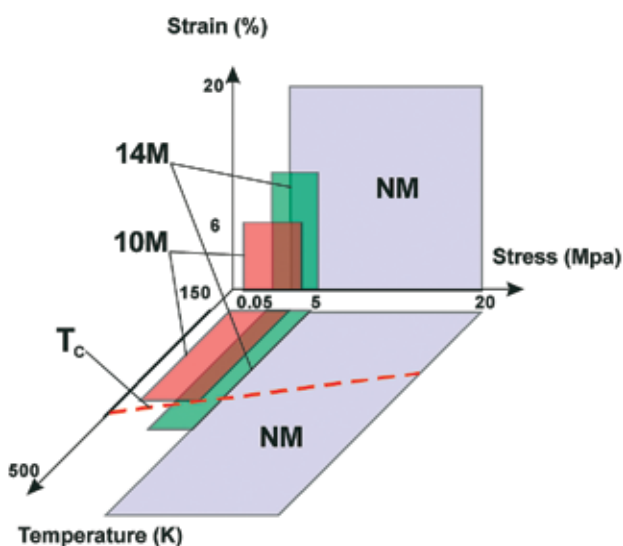


Kuva 3. Periaatekuva paisuvista palonestopinnoitteista³¹.
Figure 3. Schematic representation of intumescent coating³¹.

Hybridipinnoitteet ja -materiaalit värähtelyjen vaimennukseen (tutkijatohtori Ilkka Aaltio)

Värähtelyn vaimentamiseksi on perinteisesti valittu rakenteisiin sellaisia konstruktiomateriaaleja, joiden passiivinen värähtelynvaimennuskyky on suuri, kuten valurauta. Parhaiten värähtelyä vaimentavat materiaalit eivät yleensä ole kovin jäykkiä⁸. Monissa elastisissa materiaaleissa, kuten epokseissa, tapahtuu lasisiirtymälämpötilan (TG) yläpuolella viskoosia vaimenemista kun taas kovissa ja lujissa materiaaleissa (esim. teräs) vaimeneminen on vähäistä. Hybridirakenteella voidaan näitä rajoituksia kiertää ja saavuttaa hyvä vaimennuskyky, mutta silti kohtuullisen suuri lujuus. Lisäksi hybridirakenteella voidaan saavuttaa muita etuja kuten parantaa rakenteen funktionaalisia ominaisuuksia. Pelkän passiivisen värähtelynvaimennuksen lisäksi rakenteeseen voidaan mm. lisätä kovia partikkeleita kulumisen keston parantamiseksi tai luoda anturifunktio värähtelytasojen monitoroimiseksi. Aalto-yliopiston Materiaalitekniikan laitoksella on kehitetty Suomen Akatemian tukemassa hankkeessa Ni-Mn-Ga-WC-Co-hybridikomposiitteja, joissa rakenteen hyvä vaimennuskyky on yhdistetty suureen kovuuteen. Ni-Mn-Ga-Co:n martensiittisessä matriisirakenteessa on hystereettisesti liikkuvia kaksosrajoja, jotka sitovat energiaa. Hybridimateriaalissa on lisäksi WC-Co-partikkeleita, jotka lisäävät kovuutta ja kulumisen kestoa. Metallikeraami hybridi voidaan kompaktoida tiiviiksi rakenteeksi PECS-menetelmällä⁹, josta kerrotaan tässä artikkelissa myöhemmin.

Pinnoitteena käytettäviksi sopivia hybridimateriaaleja on kehitetty Aalto-yliopistossa yhdistämällä hyvin vaimentavia Ni-Mn-Ga-partikkeleita epoksimatriisiin¹⁰. Epoksi-Ni-Mn-Ga-hybrideillä saavutetaan huomattavasti parempi vaimennuskyky kuin pelkällä epoksilla. Ni-Mn-Ga-seokset ovat ferromagneettisia ja magneettisesti voimakkaasti anisotrooppisia ($K_u=165 \text{ kJ/m}^3$). Nämä ominaisuudet yhdistettynä niiden kaksosrakenteen mobiliteettiin tekee



Kuva 4. Ni-Mn-Ga MSM-materiaalin eri martensiittirakenteiden käyttölämpötila- jännitys ja muodonmuutosalueet skemaattisesti esitettyinä. Curie lämpötila on esitetty katkoviivalla¹⁰.

Figure 4. Operating temperature, stress and strain areas of Ni-Mn-Ga martensites. Curie temperature is shown by the dashed line.

niistä magneettisesti ohjattavia MSM-materiaaleja. Kohdistamalla epoksi-Ni-Mn-Ga-hybridiin magneettikenttä saatiin 30 % kasvu vaimennuskykyä kuvaavaan häviötangenttiin ($\tan \delta$)¹¹. Ulkoisella magneettikentällä voidaan säätää hybridirakenteen vaimennuskykyä, jolloin esimerkiksi magneettisesti säädettävän vaimentimen ominaistuuksiin voidaan vaikuttaa. Hyvän vaimennuskyvyn tarjoamien etujen vastapainona on lämpötilariippuvuus. Kuten yleisesti on tunnettua, polymeerien elastiset ominaisuudet riippuvat lämpötilasta. Ni-Mn-Ga (MSM)-polymeerirakenteessa mekaanisiin ominaisuuksiin vaikuttaa lisäksi MSM-materiaalissa tapahtuva martensiitti-austeniitti faasi muutos. MSM-polymeeri-hybridirakenne vaimentaa tehokkaasti vain faasi muutoslämpötilan TM alapuolella. Koostumuksesta riippuen eri martensiittityypeillä on erilaiset käyttölämpötila-alueet, joten sopiva tyyppi voidaan valita käyttökohteen vaatimusten perusteella. Rakenteiden jäykkyys myös poikkeaa toisistaan (kuva 4) ja magneettinen säädettävyys on mahdollista Curie-lämpötilan (T_c) alapuolella.

Hybridimateriaalit kulumissovelluksiin (tohtoriopiskelija Riina Ritasalo; tohtoriopiskelija Juho Lotta)

Kulumisen kansantaloudellinen merkitys on hyvin suuri ja siksi sen tutkimukseen panostetaan merkittävästi. Kulumisen aiheutuu pintojen suhteellisesta liikkeestä toisiinsa nähden ja se aikaansaa materiaalin jatkuvaa irtoamista ja siirtymistä kontaktipinnoiltaan. Tapoja, joilla materiaali irtoaa kulumispinnaltaan, on useita ja ne voivat toimia samanaikaisesti tehden kulumismekanismien yksiselitteisestä määrittämisestä haastavaa^{12,13}.

Kulumismekanismeista yleisimmiksi määritellään useimmiten abrasiivinen, adhesiivinen, kemiallinen sekä väsymisen aikaansaama kulumisen^{11,14}. Koska kulumisen määräytyy useiden tekijöiden vaikutuksesta, kuten ympäristön olosuhteista (lämpötila, kosteus, happipitoisuus), kontaktiolosuhteista (kuorma, liukunopeus ja -tapa) sekä materiaalien ominaisuuksista (kovuus, elastisuus, pinnan karheus, kontaminaatiot, jännitykset, huokoisuus) ja lisäksi hybridimateriaaleilla faasisuhteista ja rajapintojen liitoksista, kulumisen kontrollointi on vaativaa. Käyttökohteesta riippuen kulumisen kehittymistä voidaan kuitenkin seurata ja ennakoita, mutta merkittävässä asemassa on itse materiaalivalinta kulumisosaan ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä. Erilaisissa koneissa kulumista esiintyy yleisimmin liukupinnoilla ja pyörivissä osissa, kuten laakereissa, hammaspyörissä, akselitiivisteissä, holkeissa, männissä sekä ohjaimissa, mutta kulumisen on tärkeää hallita myös elektroniikan erilaisissa kytkimissä.

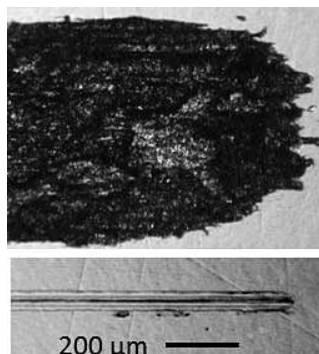
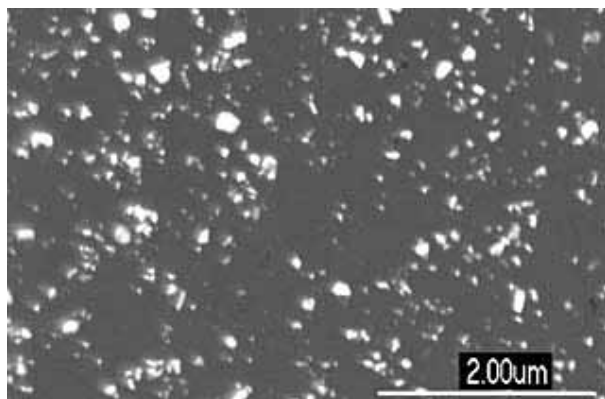
Kitkan ja kulumisen hallinnassa erityistä mielenkiintoa ovat herättäneet hybridimateriaalit, joissa kovaa ja kulumista kestävä ainesosaa edustaa keraaminen faasi kuten SiC ^{15,16,17,18} tai Al_2O_3 ¹⁹ ja kiinteänä voiteluaineena sekä koneistettavuutta parantavan ainesosana toimii esimerkiksi MoS_2 ¹⁴, grafiitti^{16,17} tai hiilinanoputket (carbon nanotube, CNT)¹⁸. Hybridikomposiittien on todettu optimikoostumuksella tuottavan merkittäviä etuja tribologisiin ominaisuuksiin. Kuparimatriisikomposiittien kulumiskestävyyttä on tutkittu mm. Al_2O_3 ²⁰, SiC ²¹, TiB_2 ²² sekä grafiitti²³-lujitetuilla kupareilla mm. elektroniikkateollisuuden käyttökohteisiin.

Tällä hetkellä ryhmässämme tutkimuksen kohteena olevia hybridimateriaaleja kulumissovelluksiin ovat mm. sähköavusteisella sintrauksella (PECS) prosessoidut kulumiskestävät materiaalit, komposiittimateriaalit sekä kuparipohjaiset materiaalit. Lisäksi tutkimusta tehdään

sulakerrostuksella tai kuumaisostaattisella puristuksella (HIP) valmistetuista kulutusta kestävästä työkaluteräksistä ja teräskomposiiteista. Valmistettuja komposiitteja tutkitaan erilaisten käyttöominaisuuksien, mm. tribologisten ominaisuuksien kartoittamiseksi.

Erilaisia PECS-menetelmällä valmistettuja kuparikomposiitteja on testattu liukukitka- sekä kulumisominaisuuksien määrittämiseksi ja kulumismekanismien arvioimiseksi. Voitelemattomia liukukitkakokeita (unlubricated sliding tests) on suoritettu kuparikomposiiteille, joissa nano tai submikronin kokoluokkaa olevina lujitemateriaaleina on käytetty kupriitti- (Cu_2O), alumiinioksidi- (Al_2O_3), titaani-boridi- (TiB_2) tai timanttipartikkeleita. Vastinkappaleina on käytetty Al_2O_3 -oksidia sekä kromiterästä. Tavoitteena on ollut selvittää eri lujitettytyyppien, määrän sekä koon vaikutuksia kitkakertoimeen, kulumisnopeuteen ja -mekanismiin käytettäessä eri vastinkappaleita ja verrattuna puhtaan kuparin vastaaviin.

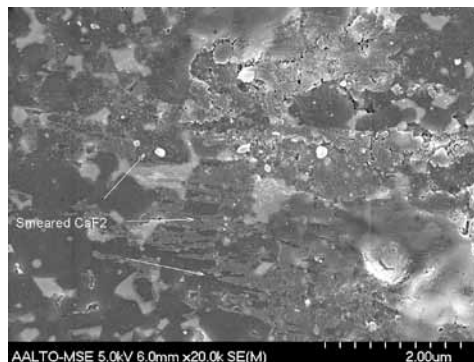
Esimerkkinä hybridimateriaalin kulumisesta eri tilanteissa on **kuva 5**. Ylinnä on SEM-mikrorakennekuva PECS-kompaktoidusta Cu-timanttikomposiitista, missä 50 nm timanttipartikkelit ovat homogeenisesti jakautuneet kupariin. Keskellä on optinen mikroskooppikuva kulumaurasta edestakaisessa kulutustestissä, kun vastinkappaleena on käytetty kromiteräskuulaa sekä alinna kulumaura, kun vastinkappaleena on käytetty Al_2O_3 -kuulaa samoilla koeparametreilla.



Kuva 5. SEM-mikrorakennekuva SPS-menetelmällä valmistetusta Cu-timantti-komposiitista (yllä), sekä vasemmalla kulumiskokeen jälkeiset kulumisurat vastinkappaleen ollessa Cr-teräs (ylempi kuva) sekä Al_2O_3 (alempi kuva). **Figure 5.** SEM micrograph of Cu-diamond composite (above), and wear tracks after reciprocating wear tests against Cr-steel ball (upper left) and alumina ball (left below).

Hybridipinnoitteet ja -materiaalit korkealämpötilakäyttöön (tohtoriopiskelija Erkin Cura)

Erilaiset nanokomposiitit ovat tyypillisiä ratkaisuja vaativiin sovelluksiin korkeissa lämpötiloissa, joissa tarvitaan hyvää kuormankantokykyä ja matalaa kitkaa. Useat korkealämpötilamateriaalit perustuvat keraamimatriisiin näiden korkean kovuuden ja hyvän lämpötilankeston vuoksi. Keraameja



Kuva 6. Itsevoitelevan Al_2O_3 -15at% ZrO_2 -3wt% CaF_2 -komposiitin mikrorakennetta.

Figure 6. Microstructure of alumina-15at% ZrO_2 -3wt% CaF_2 self-lubricating composite.

käytetään monoliittisinä ja lisääntyvässä määrin erilaisina nanokomposiiteina. Matalan kitkan ja korkean käyttölämpötilan yhdistäminen on kuitenkin yksi materiaalitekniikan suuria haasteita erityisesti lämpötilavälillä 400–800 °C. Alan tämän hetkinen state-of-art on esitetty viitteessä²⁴.

Materiaalitekniisten ratkaisujen hakeminen kitkan alentamiseksi korkealämpötilasovelluksissa, joissa ei voida käyttää voiteluaineita, perustuu tavallisesti erillisten itsevoitelevien komponenttien lisäämiseen metalli- tai keraamimatriisiin eli erilaisiin hybridimateriaaliratkaisuihin. Aalto-yliopiston materiaalitekniikan laitoksella tutkitaan mm. erilaisten kerrosrakenteisten komponenttien lisäämistä pinnoite- ja bulkkimateriaaleihin. Esimerkkejä tutkituista lisäaineista ovat mm. sulfidit, halidit, oksidit ja erilaiset hiilipohjaiset materiaalit.

Tyypillinen esimerkki on kulutusta hyvin kestävä ja kemiallisesti varsin inertin alumiini-sirkonikeraamin modifiointi erilaisilla lisäaineilla. Nanorakenteinen sirkoni parantaa alumiinioksidin sitkeyttä ja erilaisilla lisäaineilla voidaan säätää materiaalien kitkaominaisuuksia. Lisäaineiden valinnassa on tärkeää niiden valinta paitsi käyttöominaisuuksien perusteella, myös huomioiden valmistusreitti. Ryhmässäme kehitetään erityisesti uuteen sähkövirta-avusteiseen sintraukseen (PECS) perustuvia materiaaleja. PECS reittiä valmistettu sirkonilujitteinen alumiinioksidi on yhtä kovaa ja lujaa kuin puhdas α -alumiinioksidi, mutta modifioitaessa sitä itsevoitelevilla komponenteilla kulumisnopeus pienenee 2–3 kertaluokkaa^{25,26}. MoS_2 pienentää kitkakerrointa huoneen lämpötilassa tasolta 0,50 tasolle 0,39 ja lämpötilassa 400 °C tasolta 0,80 tasolle 0,30. Matala kitka huoneen lämpötilasta aina lämpötilaan 1000 °C asti on mahdollista saavuttaa vain kombinoimalla erilaisia kiinteitä voiteluaineita²⁷.

Varsin tunnetut itsevoitelevat lisäaineet CaF_2 (**kuva 6**) ja MoS_2 parantavat myös keraamien kitkaominaisuuksia²⁴. Toinen kiinnostava ryhmä itsevoitelevia materiaaleja ovat happivajaat metallioksidit, kuten titaani-, volframi-, vanadiini- ja molybdeenioksidit, jotka sopivat myös hapettaviin olosuhteisiin. Alustavat tulokset osoittavat, että kitkakerrointa on mahdollista alentaa 30 % samalla, kun kulumiskestävyys merkittävästi paranee.

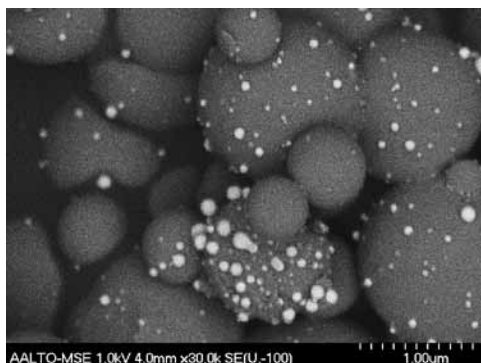
Edellä mainittujen lisäaineiden ohella tutkimus on viime aikoina kohdistunut myös grafeenin käyttöön keraameissa. Grafeenin on viimeaikaisissa tutkimuksissa todettu sitkeästä keraameista. Esimerkiksi sirkonioksidilla lujitetun alumiinioksidin, piinitridin ja piikarbidin murtumissitkeys paranee vastaavasti 40, 45, 55%^{28,29,30}. Piikarbidia käytetään mm. ballistisissa sovelluksissa, joissa keraamin sitkeys on ensiarvoisen tärkeää.

Nanohybridit (tutkijatohtori Norsuria Mahmed, tohtoriopiskelija Juha Larismaa)

Nanopartikkelit ovat olleet viime vuosina erittäin intensiivisen tutkimuksen kohteena. Erityisesti kiinnostus on kohdistunut monitoiminnallisten partikkelien valmistustekniikoiden ja sovellusten kehittämiseen. Tutkimusryhmässämme on keskitytty erityisesti sooli-geeli-tekniikkaan perustuvaan piidioksidipartikkelien valmistukseen ja modifiointiin. Eräänä tutkimuksen haarana on ollut magnetiitti-ydinpartikkelien kehittäminen. Partikkeleita on modifioitu nanohopealla ja hopeakloridilla erilaisten toiminnallisuuksien aikaansaamiseksi. Aiheeseen liittyvää väitöstyötä puolusti huhtikuun lopussa menestyksellisesti Norsuria Mahmed. Koska työn esittely on toisaalla tässä lehdessä (s. 75), ei sitä käsitellä tässä tarkemmin.

Jatkotutkimusten tavoitteena on selvittää mahdollisuutta käyttää kehitettyjä materiaaleja mm. magneto-optisissa sovelluksissa. Lisäksi tutkitaan partikkelien fotokatalyyttisiä ominaisuuksia ja niiden kombinoimista grafeenin kanssa.

Sooli-geeli-menetelmällä voidaan valmistaa erilaisia hybridimateriaaleja. **Kuvassa 7** on menetelmällä syntetisoituja silikapartikkeleita, joita on funktionalisoitu edelleen nanohopeapartikkeleilla, jotka näkyvät vaaleina pisteinä piidioksidipartikkelien pinnalla. Pintoja voidaan funktionalisoida lisäämällä niihin Ag-SiO₂-partikkeleita mm. antibakteeristen ominaisuuksien aikaansaamiseksi maaleihin. Mielenkiintoisena käynnissä olevana jatkotutkimuksena on myös grafeenin yhdistäminen em. hybridimateriaaleihin, jolloin fotokatalyyttisiä voidaan tehostaa esimerkiksi veden puhdistussovelluksiin.



Kuva 7. Ag-SiO₂-partikkelien morfologia. Vaaleat pisteet ovat nanohopeaa.

Figure 7. SEM image showing morphology of Ag-SiO₂ particles. White spots are silver nanoparticles.

Yhteenveto

Hybridimateriaalit tarjoavat runsaasti haasteellisia tutkimuskohteita, joilla on laaja joukko erilaisia sovellusmahdollisuuksia. FIMECC Oy:n suunnittelema ”Hybridi Materiaalit” -tutkimusohjelma avaa metalli- ja konepajateollisuuden osalta ovia tälle tutkimuskentälle. Ohjelma kattaa hybridimateriaalit kuitenkin varsin rajatulta alueelta ja hybridimateriaalien tutkimukselle on olemassa huomattavasti laajempi potentiaali kuin suunnitellussa ohjelmassa hyödynnetään. Tämän potentiaalin hyödyntämiseksi tarvitaan erityisesti uutta poikkitieteellistä lähestymistapaa ja eri teollisuusalojen yhteistyötä. ▀

SUMMARY

The present paper describes the current research on hybrid materials carried out in the research group for advanced and functional materials at Aalto University.

Hybrid materials offer plenty of new challenging topics for research with a large potential for application opportunities. The “Hybrid Materials” research program currently under planning in FIMECC Ltd. opens up new doors for the Metals and Machine Industry in Finland in this field of research. However the planned program covers hybrid materials only in a very narrow sense and there is a much wider potential for this kind of research. In order to utilize this potential new interdisciplinary approach and co-operation between different fields of industries are needed. ▀

CV – Simo-Pekka Hannula

on materiaalitieteen professori Aalto-yliopistossa. Hänen tutkimus- ja opetusalaansa kuuluvat erityisesti materiaalien mikrorakenne ja mekaaniset, termiset, sähköiset ja magneettiset ominaisuudet. Hän on toiminut aiemmin VTT:llä eri tehtävissä, mm. laboratorionjohtajana, tutkimuspäällikkönä ja tutkimusprofessorina tutkimusalueenaan materiaalitekniikka ja materiaalien valmistustekniikka. Nykyiset tutkimuskohteet liittyvät funktionaalisten pinnoitteiden ja materiaalien kehittämiseen ja soveltamiseen sekä metalliseosten mikrorakenteiden hallintaan. Hän on julkaissut materiaalitekniikan alalta kolmisen-sataa julkaisua. ▀

VIITTEET

¹M. F. Asby & Y.J.M. Bréchet, Designing Hybrid Materials, Acta Materialia, 51 (2003) 5801–5821.

²S. Wijewardane and D.Y. Goswami, A review on surface control of thermal radiation by paints and coatings for new energy applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 1863–1873

³Weil, E., Fire-Protective and Flame-Retardant Coatings – A State-of-the-Art Review, Journal of Fire Sciences, Vol. 29, no. 3 (2011) pp. 259–296.

⁴Duquesne, S.; Bachelet, P.; Bellayer, S.; Bourbigot, S.; Mertens, W., Influence of Inorganic fillers on the fire protection of intumescent coatings, Journal of Fire Science, Vol. 31 no. 3 (2012), pp. 258–275
Inorganic fillers on the fire protection of intumescent coatings, Journal of Fire Science, Vol. 31 no. 3 (2012), pp. 258–275

⁵Bourbigot, S.; Duquesne S., Intumescent-based fire retardants. In: Wilkie CA, Morgan AB, editors. Fire retardancy of polymeric materials. Taylor and Francis Group (2010). pp. 129–162

⁶ISO 5660–1:2002, Reaction-to-fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method)

⁷Wang, Z.; Han, E.; Ke, W., Effect of acrylic polymer nanocomposite with nano-SiO₂ on thermal degradation and fire resistance off APP-DPER-MEL coating, Polymer Degradation and Stability, Vol. 91, no. 9 (2006) pp. 1937–1947

- ⁸Ashby, M.F., *Materials selection in mechanical design*, 1999, Butterworth-Heinemann, 502 s.
- ⁹Söderberg, O., Brown, D., Aaltio, I., Syren, J., Oksanen, J., Pulkkinen, H., Hannula, S-P., *J. Alloys & Compounds*, 509 (20) (2011) 5981–5987.
- ¹⁰Lahelin M., Aaltio, I., Heczko, O., Söderberg, O. Ge, Y., Löfgren B. Hannula, S-P. *Composites: Part A*, 40 (2) (2009) 125.
- ¹¹Hannula S-P., Aaltio, I. Ge, Y., Lahelin, M., Söderberg, O., *Current Appl. Phys.* 12 (2012) S63-S67.
- ¹²K. Holmberg, A. Matthews, *Coatings Tribology, Properties, Mechanisms, Techniques and Applications in Surface Engineering*, Ed. Brian Briscoe (UK), *Tribology and Interface Engineering Series 56*, 2009, 2nd edition, p.560.
- ¹³M. B. Autor Peterson, W.O. Winer, *Wear control handbook*, American Society of Mechanical Engineers, 1980, p. 1358.
- ¹⁴A. Kumar, S. Singh, *Wear property of metal matrix composite*, National Institute of Tech., Rourkela, 2011.
- ¹⁵S.A. Alidokht, A. Abdollah-zadeh, H. Assadi, Effect of applied load on the dry sliding wear behavior and the subsurface deformation on hybrid metal matrix composite, Article in Press, *Wear*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2012.11.043>.
- ¹⁶A.K. Mondal, S. Kumar, Dry sliding wear behaviour of magnesium alloy based hybrid composites in the longitudinal direction, *Wear* 267 (2009) 458–466.
- ¹⁷P. Ravindran, K. Manisekar, P. Narayanasamy, N. Selvakumar, R. Narayanasamy, Application of factorial techniques to study the wear of Al hybrid composites with graphite addition, *Mater. Design* 39 (2012) 42–54.
- ¹⁸S. Suresha, B.K. Sridhara, *Compos. Sci. Technol.* 70 (2010) 1652–1659.
- ¹⁹D. Lu, Y. Jiang, R. Zhou, Wear performance of nano-Al₂O₃ particles and CNTs reinforced magnesium matrix composites by friction stir processing, Article in Press, *Wear*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2012.11.079>.
- ²⁰W.Z. Eddine, P. Matteazzi, J-P. Celis, Mechanical and tribological behavior of nanostructured copper-alumina cermets obtained by Pulsed Electric Current Sintering, *Wear* 297 (2013) 762–773.
- ²¹Y. Zhan, G. Zhang, Y. Zhuang, Wear transitions in particulate reinforced copper matrix composites, *Mater. Trans.* 45 (7) (2004) 2332–2338.
- ²²J.P. Tu, W. Rong, S.Y. Guo, Y.Z. Yang, Dry sliding wear behavior of in situ Cu-TiB₂ nanocomposites against medium carbon steel, *Wear* (7–12) 255, 832–835.
- ²³S.F. Moustafa, S.A. El-Badry, A.M. Sanad, B. Kieback, Friction and wear of copper-graphite composites made with Cu-coated and uncoated graphite powders, *Wear* 253 (2002) 699–710.
- ²⁴M.E. Cura, O. Söderberg, S-P. Hannula, “Self-Lubricating Nano- and Microcomposites for Room and Elevated Temperatures”, Chapter 8 in *Engineered Metal Matrix Composites: Forming Methods, Material Properties & Industrial Applications*, ed. Luca Magagnin, Nova Science Publishers, p.193–242, 2013
- ²⁵M.E. Cura, S-H. Kim, T. Muukkonen, S. Varjus, A. Vaajoki, O. Söderberg, T. Suhonen, U. Kanerva, S-W. Lee, S-P. Hannula, Microstructure and Tribological Properties of Pulsed Electric Current Sintered Alumina-Zirconia Nanocomposites with Different Solid Lubricants, *Ceramics International*, 39 (2013) 2093–2105.
- ²⁶M.E. Cura, S-H. Kim, S-H. Cho, T. Suhonen, T. Muukkonen, A. Vaajoki, O. Söderberg, U. Kanerva, S-W. Lee, S-P. Hannula, Pulsed Electric Current Sintering of the Al₂O₃ - 15wt% ZrO₂ Nanocomposites with 3 wt% of Different Solid Lubricants, *Materials Science Forum*, 695 (2011) 473–476.
- ²⁷L. Kong, et al., “ZrO₂ (Y₂O₃)-MoS₂-CaF₂ self-lubricating composite coupled with different ceramics from 20°C to 1000°C”, *Tribology International*, 64 (2013) 53–62.
- ²⁸C. Ramirez et al., “Synthesis of conducting graphene/Si₃N₄ composites by spark plasma sintering”, *Carbon*, 57 (2013) 425–432.
- ²⁹P. Miranzo et al., In situ processing of electrically conducting graphene/SiC nanocomposites, *Journal of the European Ceramic Society*, 33 (2013) 1665–1674.
- ³⁰Y. Fan et al., Preparation and electrical properties of graphene nanosheet/Al₂O₃ composites, *Carbon*, 48 (2010) 1743–1749.
- ³¹<http://www.thermoguarduk.com/intumescent-paint.html>, Haettu: 31.5.2012

YTM-Industrial

INDUTRADE GROUP

Ratkaisut kaivosteollisuuden tarpeisiin



Koneiden ja laitteiden
tarvikkeet



Keskusvoitelu, kemi-
kaalit ja kunnossapito



Virtaus-, prosessi-
ja muovitekniikka



Tutustu koko
tuotevalikoimaamme
www.ytm.fi/kaivos/



Tervetuloa
osastollemme
A332

A! Aalto-yliopisto
Kemian tekniikan
korkeakoulu

Aalto-yliopiston Kemian tekniikan korkeakouluun on haettavana:

KAKSI PROFESSORIN TEHTÄVÄÄ (TENURE TRACK) materiaalitekniikan, erityisesti metallien prosessi- ja kierrätystekniikan alalta

Professuurit on sijoitettu materiaalitekniikan laitokselle ja ne voidaan täyttää kaikille Aalto-yliopiston professoreiden tenure track -urapolun kolmesta tasosta (assistant, associate, full professor) hakijan pätevyyden mukaan.

Hakijoilta edellytetään tohtorin tutkintoa soveltuvalla alalla. Arviointi perustuu hakijan osaamiseen ja ansioihin tutkimuksessa, opetuksessa, akateemisessa johtamisessa sekä toimimisessa tiedeyhteisössä.

Hakuaika päättyy 30.9.2013. Lisätietoja ja hakuohjeet löytyvät: aalto.fi/en/current/jobs/

Aalto-yliopisto on suomalaisille vahvuksille rakentuva kansainvälinen yliopisto, jonka muodostavat arvostetut ja perinteikkäät korkeakoulut teknillistieteellisellä, kauppatieteellisellä sekä taideteollisella alalla. Aalto-yliopisto hyödyntää aktiivisesti monitieteistä ja monitaiteista luonnettaan. Perus- ja jatko-opiskelijoita uudessa yliopistossa on 20 000 ja alumneja yhteensä noin 75 000. Henkilöstön määrä on 5 000, ja professoreja on 350.

aalto.fi

Nanotiede luo uutta teknologiaa

Nanotiede: atomi- ja molekyyli-tason fysiikkaa, kemiaa ja biologiaa

Professori **Risto Nieminen**, Aalto-yliopisto, teknillisen fysiikan laitos



Risto Nieminen, Professori

Kirjoittaja on Aalto Distinguished Professor Aalto-yliopiston teknillisen fysiikan laitoksella, missä hän johtaa laskennallisen nanotieteen huippuyksikköä (COMP). Nieminen aloittaa kesällä 2013 Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulun dekaanina.

Nanotutkimus yhdistää atomien ja molekyylien mittakaavassa fysiikan, kemian, materiaali-, bio- ja lääketieteen. Nanotutkimuksen keskeinen tavoite on ymmärtää rakenteen ja fysikaalis-kemiallis-biologisten ominaisuuksien välinen yhteys ja hallita sitä haluttuun suuntaan.

Nanotutkimuksen taustalla on 1900-luvulla alkanut huikkea kehitys materiaalien rakenteen ymmärtämisessä. Esimerkkejä saavutuksista ovat alkuaineiden periodisen järjestelmän ja spektriominaisuuksien selitys, röntgenkristallografia, molekyyli-spektroskopia, DNA-molekyylin rakenne, puolijohteet, suprajohtavuus ja monet muut.

Nanomateriaali voidaan esimerkiksi rakentaa pienistä partikkeleista, atomiryppäistä. Ominaisuudet riippuvat partikkelien koosta, koostumuksesta ja geometriasta. Materiaalin ominaisuuksia voidaan myös muokata muuttamalla kiderakenne, esimerkkinä tuttujen hiilen olomuotojen muokkaaminen hiilinanoputkiksi ja grafeeniverkoiksi.

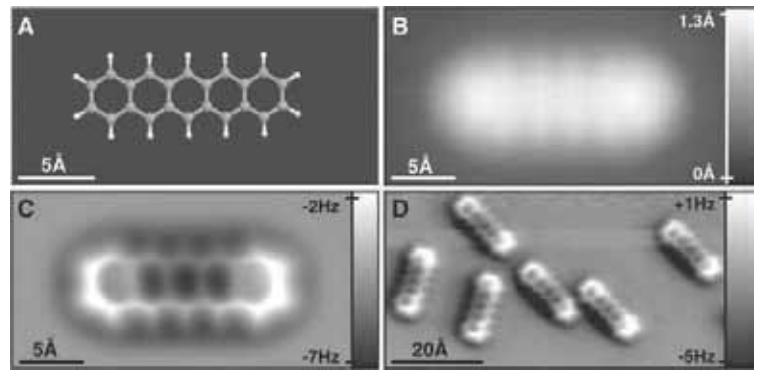
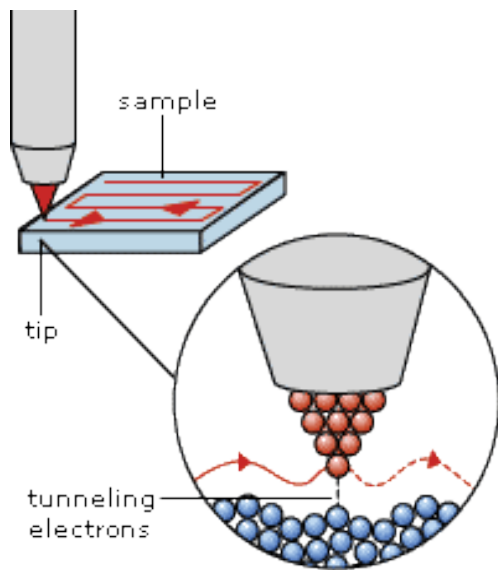
Nanomateriaalia tai nanomittakaavan rakennetta voidaan syntetisoida joko "top-down"-menetelmillä tai "bottom-up"-menetelmillä. "Top-down" tarkoittaa miniatyrisoimista, materiaalin tai rakenteen muokkaamista pienentämällä ja tarkentamalla kuviointia esim. litografian keinoin. Mikroelektronikka käyttää tätä lähestymistapaa: komponenttien dimensiot ovat nanometrimittakaavaisia ja pienimmässä jo muutama atomi voi vaikuttaa niiden toimintaan. "Bottom-up" ottaa inspiraation luonnosta: atomit ja molekyylit liittyvät yhteen isommiksi rakenteiksi. Tätä itsejärjestäytymistä

voidaan ohjata kasvuolosuhteita muuttamalla. Biomaailma on yksinkertaistetusti nanomateriaaleja (esim. proteiineja) monistava nanokoneiden maailma.

Nanotutkimukselle on leimallista monimittakaavaisuus: yhteys muodostuu atomi- ja molekyyli-tasolta materiaalin mikrorakenteeseen ja lopulta makrotasolle. Aikajanalla ilmiöiden kesto ulottuu atomitason pikosekunneista makrotason päiviin ja kuukausiin. Pienimpiä mittakaavoja tulee kuvata kvanttifysiikan pohjalta, pidemmällä mukaan tulevat statistisen fysiikan menetelmät ja makrotasolla lopulta klassinen fysiikka.

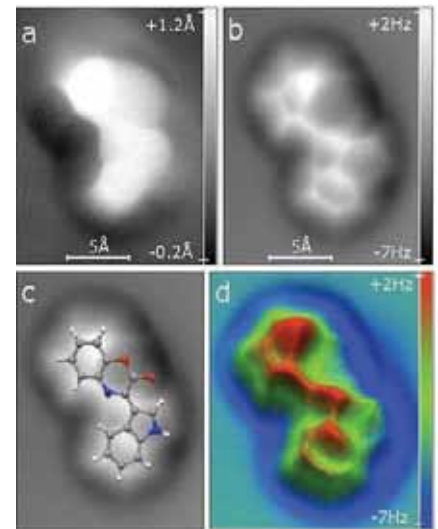
Nanomaailman instrumentit

Fysiikassa, kemiassa ja biotieteissä nanomaailma on pitkään ollut käsitteellisesti tuttu (vaikka monesti intuition vastainen), mutta vasta 2000-luvun taitteessa alkoi teollistuneissa maissa laajamittainen ponnistus nanomittakaavan funktionalisoimiseen, ominaisuuksien ja rakenteiden systemaattiseen suunnitteluun ja muokkaamiseen: spekulatiivisista visioista alkoi tulla totta. Fysikaalis-biologisten tieteiden yleisen kehityksen lisäksi tähän vaikutti erityisesti tutkimusmenetelmissä tapahtunut kehitys. Erilaiset mikroskopiat mahdollistavat yksittäisten atomien ja molekyylien kuvantamisen ja tunnistamisen. Elektronimikroskopia on kokenut vahvan renessanssin, ja sillä voidaan saavuttaa alle 0.1 nm erotustarkkuus. 1980-luvulta kehitetyt erilaiset tunnelointi- ja voimamikroskopiat (STM, AFM) erottavat myös yksittäiset rakenteiden pinta-atomit. Tämä perustuu ultraterävän neulankärjen avulla tehtyyn sähkövirran tai voiman mittaukseen. Niiden avulla voidaan myös atomeja ja molekyyliä hallitusti siirtää paikasta toiseen. Pintojen karakterisointiin tuli käytettäväksi iso joukko tarkkuusmenetelmiä, jotka antavat yksityiskohtaista tietoa materiaalin rakenteesta, elektronisista ominaisuuksista, atomien värähtelytiloista ja termodynamiikasta. Kemiallisia reaktioita voidaan seurata atomitasolla. Uuden sukupolven karakterisointimenetelmistä mainittakoon esim. elektronidiffraktio (LEED) ja elektronisirona (EELS), erilaiset valoherätteiset elektronispektroskopiat (XPS, UPS, AES) ja monet muut. Yliopistoihin ja tutkimuslaitoksiin on rakentunut vahva atomitason karakterisoinnin ja kuvantamisen perinne.



Scanning-probe microscopies (STM, AFM) enable the imaging and manipulation of single atoms and molecules on surfaces.

Tunnelointi- ja voimamikroskopiat (STM, AFM) mahdollistavat yksittäisten atomien kuvantamisen ja manipuloinnin pinoilla.



Toinen vaikuttava tekijä on ollut ohutkalvojen, pinnoitteiden ja kerrosrakenteiden kasvatuksessa tapahtunut kehitys. Esimerkkejä: molekyyliuuhkukasvatus (MBE) mahdollisti atomikerroksen tarkat puolijohderakenteet sovelluksineen, ja Suomessa innovoitu atomikerroskasvatus (ALD) on noussut tärkeimmäksi tekniikaksi laajan materiaalikirjon (esim. oksidit) kalvojen vaativassa tekemisessä.

Kolmas nanon vahvaan nousuun vaikuttanut tekijä on ollut monipuolisten mallinnus- ja simulointimenetelmien nopea kehitys. Nanomanipuloinnissa mahdollisuuksien määrä on rajaton. On siksi tärkeää, että luotettavilla ja ennustuskäytisillä teoreettisilla ja laskennallisilla menetelmillä voidaan selvittää suunnitellun materiaalin tai rakenteen ominaisuudet vaihtoehtojen rajaamiseksi. Monimittakaavaisuus on haaste mallinnukselle, sillä se edellyttää hyvin erilaisten teoreettisten kuvausten ja yhtälöiden saumatonta yhteenliittämistä pienimmästä skaalasta suurimpaan.

Nanotiede Suomessa

Nanotieteen perus- ja soveltava tutkimus on Suomessa vahvaa ja hyvin verkostoitunutta, myös kansainvälisesti. Yliopistojen fysiikan, kemian, bio-, materiaali- ja lääketieteiden laitoksista moni on suuntaunut alueelle ja pyrkii profiloitumaan erikoisalueelleen. Nanotutkimuksen poikkitieteellisyys tarkoittaa yhteistyöhakuisuutta. Alalla on vahva tutkijankoulutuksen perinne. Vaikka tarkkaa määrittelyä on hankala tehdä, voidaan nanotieteissä ja -teknologiassa vuosittain valmistuvien tohtorien määräksi arvioida ainakin 30–50.

Tässä lyhyessä kirjoituksessa on mahdoton antaa kattava kuvausta Suomen nanotutkimuksesta. Artikkelin lopusta löytyy linkkejä sivuille, joihin on koottu tietoa nanotieteen aktiivisista tutkimusryhmistä yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa ja niiden osaamis- ja kiinnostusalueista. Perustutkimuksessa ryhmiä on mukana yli sata.

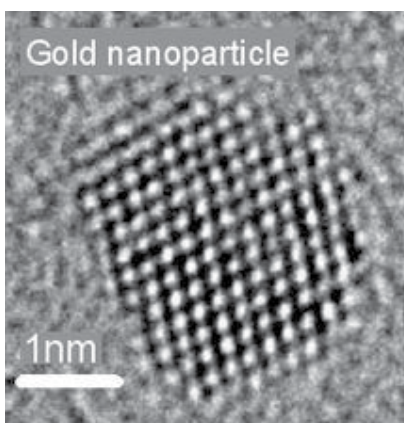
Nanotiedettä ja -teknologiaa Aalto-yliopistossa

Suomen suurin nanotutkimuksen keskittymä on Otaniemessä, jolla toimivat Aalto-yliopiston, VTT:n, ja

MIKESin yli 70 nanoa sivuavaa tutkimusryhmää. Keskeisen infrastruktuurin muodostavat Aalto-yliopiston ja VTT:n yhdessä hallinnoima Micronova (www.micronova.fi) ja sen Nanofabrication Centre sekä Aalto-yliopiston Nanomicroscopy Centre (www.nmc.fi). Infrastruktuuri käsittää mm. Pohjoismaiden suurimman puhdistila-alueen, monipuoliset kasvatus- ja karakterisointilaitteistot, huippuluokan elektronimikroskopialaitteistot sekä kovien että pehmeiden aineiden tutkimukseen, ionisuihkupohjaiset näytteenvalmistuslaitteet ja muun tarvittavan laboratoriovarustuksen. Aalto-yliopistossa toimii mm. kaksi Suomen Akatemian valitsemaa tutkimuksen kansallista huippututkimuskeskusta: professori **Risto Niemisen** johtama laskennallisen nanotieteen yksikkö COMP (www.comp.aalto.fi) sekä professori **Jukka Pekolan** johtama Low Temperature Quantum Phenomena and Devices (<http://ltkk.fi/wiki>).

Nanorakenteiden hiilimateriaalien valmistus, muokkaaminen ja sovellukset on nopeasti kasvanut nanotutkimuksen alue. Aalto-yliopiston professori **Esko Kauppinen** johtama Nanomaterials Group (www.nmc.fi) on erityisesti hiilinanoputkien valmistuksen uranuurtaja, jonka toiminta on myös johtanut spin-off-yritykseen. Hiilinanoputkien ominaisuudet riippuvat putken halkaisijasta ja kierteisyydestä: ne voivat olla joko johtavia tai metallisia. Putkien ominaisuuksia voidaan myös funktionalisoida kemiallisesti tai päällystystekniikoin. Putkista kasvatetut verkostokalvot tarjoavat mahdollisuuksia mm. läpinäkyvinä johteina (esim. kosketusnäyttöissä) tai sensorimateriaaleina.

Grafeeni on huikkeen potentiaalinen hiilinanomateriaali, erilleen irroitettu, mutta stabiili kaksikulotteinen verkko,



Aberration-corrected electron microscopes reach atomic resolution and enable unprecedented structural and analytical characterisation.

Uuden sukupolven elektronimikroskoopit saavuttavat atomitason resoluution ja mahdollistavat tarkan analytiikan.

grafiitin atomitaso. Sen eristäminen vuonna 2004 synnytti valtavan tutkimusbuumin, jonka viimeisin käänne on valinta toiseksi Euroopan unionin rahoittamista megaluokan Flagship-hankkeista. Tämän hankkeen tarkoitus on tuoda grafeeni laboratorioista monipuolisesti teolliseen käyttöön, mm. monipuolisena elektroniikan materiaalina sekä erilaisissa detektoreissa, antureissa ja sensoreissa. Aalto-yliopisto on vahvasti mukana kymmenvuotisessa Graphene Flagship -hankkeessa. Grafeeni ja muut nanorakenteiset hiilimateriaalit ovat myös erittäin kiinnostavia metallien lujuusominaisuuksien parantamisessa (esim. hiilipohjaiset komposiitit) sekä miniatyrisoiduissa lämmönkuljetussovelluksissa.

Professori **Olli Ikkala** johtaa Molecular Materials -ryhmää (physics.aalto.fi/groups/molmat), joka erikoistuu nanomateriaalien ja -rakenteiden valmistukseen itsejärjestäytymistä ("bottom-up") käyttäen. Nanorakennuspalikoita ovat mm. polymeerit, polypeptidit, nestekiteet, selluloosakuidut, joista rakentuu hierarkisesti järjestäytyneitä materiaaleja kiehtovine ominaisuuksineen. Ohjattavia materiaaliominaisuuksia ovat mm. vuorovaikutus veden kanssa: materiaali voidaan esimerkiksi tehdä äärimmäisen vettä hylkiväksi. Itsejärjestäytymisen avulla voidaan tarkasti ohjata nanopartikkelirakenteiden syntyä, valmistaa hyvin keveitä, huokoisia materiaaleja (aerogelit) sekä erilaisia

biomimeettisiä materiaaleja, kuten helmiäistä tai muita nanokomposiitteja. Selluloosan muokkaus nanotutkimuksen keinoin ja sen mahdolliset sovellukset on tärkeä tutkimusalue. Ryhmä aloittaa vuonna 2014 Suomen Akatemian huippuyksikkönä.

COMP on lähes sadan tutkijan yksikkö, jonka ryhmistä kahdeksan toimii Aalto-yliopiston teknillisen fysiikan ja kemian laitoksilla sekä yksi Tampereen teknillisessä yliopistossa. COMP on kehittänyt ison joukon menetelmiä nanomateriaalien, rakenteiden, komponenttien ja järjestelmien laskennalliseen tutkimukseen. Näissä menetelmissä korostuu nanotutkimuksen monimittakaavaisuus ja sen tuomat haasteet. Niitä sovelletaan laajasti materiaalien elektronisten ominaisuuksien laskemiseen, mikroskopian tulosten tulkintaan, kvantti-ilmiiöihin, bio- ja pehmeisiin materiaaleihin sekä mikrometri- että makrotason materiaali-ilmiiöihin, laajassa yhteistyössä kokeellisen tutkimuksen ja teollisuuden kanssa.

Professori **Peter Liljeroth**in tutkimusryhmä (physics.aalto.fi/groups/stm) on erikoistunut tunnelointi- ja voimamikroskopiaan nanorakenteiden tutkimuksessa. Ryhmä on mm. onnistunut kuvaamaan yksittäisen, pinnalle asetetun molekyylin elektronitilat, toisin sanoen saanut oppikirjan "orbitaalit" silmälle näkyviksi. Professori **Sebastian van Dijken**in ryhmä (physics.aalto.fi/groups/nanospin) fokuoittuu eri tavoin kasvatetuun nanomittakaavan hybridi-materiaalien ja kerrosrakenteiden tutkimukseen. Mielenkiinnon kohteena ovat erityisesti tällaisten rakenteiden magneettiset ja johtavuusominaisuudet ja niiden säätäminen ulkoisen sähkökentän avulla. Prof. **Peter Lund** ryhmineen tutkii nanorakenteisia herkistettyjä aurinkokennoja (Grätzel-kennot). Puolijohdepohjainen fotonikka on vakiintunut nanotieteen alue, ja metalleihin perustuva plasmonikka on tulossa kovaa vauhtia.

Voii lioittelematta sanoa, että nanotutkimukselle vain mielikuvitus asettaa rajat. Tiede on ottanut pitkän askeleen kohti "designer-materiaaleja", joiden toivotut ominaisuudet voidaan ensin speksata sovelluslähtöisesti ja jotka valmistetaan ikäänkuin Lego-palikoita kokoamalla. Ominaisuudet voidaan ennustaa laskennallisilla menetelmin, ja niiden verifiointiin on käytettävissä suuri joukko tekniikoita. Yhteys biomaailmaan on vahva, ja sovellukset nanoteknologian muodossa ovat luonteeltaan läpitunkevia tietotekniikan tapaan. Nanon sovelluksia on mitä erilaisimmilla aloilla. ▀

Nanoteknologia voidaan määritellä esimerkiksi seuraavasti: nanoteknologia = 1–100 nm skaala + ominaisuuksien hallinta + uutuus + kaupallinen hyödyntäminen. Eryistä nanoskaalassa on se, että kun kappaleen kokoa pienennetään riittävästi, pinnan suhteellinen osuus lisääntyy: 0,1 mm kokoisessa pallossa joka sadastuhannes atomi on pinnalla, mutta 1 nm pallossa jo joka toinen atomi on pinnalla. Partikkelin pienentyessä sen ominaisuudet muuttuvat merkittävästi. Esimerkiksi kulta on "normaalimittakaavassa" keltaista, sulaa 1 200 asteessa ja on inertti eli kyvytön muodostamaan kemiallisia yhdisteitä. Kolmen nanometrin kokoluokassa kulta sen sijaan on punaista, sulaa 200 asteessa ja toimii katalyyttinä. ▀

EU-komission määritelmä nanomateriaalille vuodelta 2011: luonnollinen, tahattomasti tai tarkoituksella valmistettu partikkeleja sisältävä materiaali, jossa partikkelit ovat joko vapaina tai agglomeraatteina, ja vähintään 50 % partikkeleiden kappalemäärästä on sellaisia, joissa yksi tai useampi dimensio on 1–100 nm kokoluokassa. Eryistäpaikissa ja erityisesti ympäristöä, terveyttä, turvallisuutta tai kilpailukykyä koskevan huolen johdosta 50 % raja voidaan korvata 1–50% rajalla ▀

Nanoteknologia uudistaa suomalaista teollisuutta

TkT **Eeva Viinikka**, *Culminatum Innovation*



Eeva Viinikka, TkT, ohjelmajohtaja
Kirjoittaja toimii Nanoklusterin ohjelma-johtajana Culminatum Innovationissa. Nanoklusteri kuuluu työ- ja elinkeinoministeriön OSKE-ohjelmaan, ja sen missi-ona on suomalaisen nanoteknologiaan perustuvan liiketoiminnan vastuullinen kasvattaminen. Viinikka on aiemmin toiminut Okmetic Oyj:ssä tuotekehityksessä ja teknisessä asiakastuessa sekä tutkijana TKK:lla.

Teknolohiateollisuus vastaa 60 prosentista Suomen viennistä ja työllistää suoraan tai epä-suorasti kolmasosan maan työvoimasta. Lisäksi se rahoittaa 80 prosenttia teollisuuden tutkimuksesta ja tuotekehityksestä. Teollisuuden kilpailukyky edellyttää uudistumista. Nanoteknologian hyödyntäminen, muiden uusien mahdollistavien teknologioiden ohella, on yksi polku uudistumiseen.

Nanoteknologian hyödyntäminen tarkoittaa tyypillisesti parannettuja ominaisuuksia jo olemassa oleviin tuotteisiin. Nanomateriaalien käyttökohteita ovat muun muassa katalyytit, elektroniikka, aurinkokennot, paristot, lääketieteellinen diagnostiikka ja kasvainten hoito.

Nanopartikkeleita voidaan hyödyntää esimerkiksi maalien lisäaineina tuomaan kulutuksen kestoja. Pinnoitteilla voidaan helpottaa arkipäiväisiä, mutta paljon rahaa kuluttavia ongelmia – kulumista, ruostumista, jäätymistä, likaantumista, kastumista tai tarttumista. Nanopinnoitteilla tehostetaan myös aurinkokennon ja aurinkokeräimen toimintaa.

Elektroniikkateollisuus on ollut nanoskaalan edelläkävijä jo kymmenen vuotta, pienimmät rakenteet ovat olleet alle 100 nm luokassa jo 2000-luvun alussa. LEDejä ei olisi lainkaan ilman nanoteknologian hallintaa. Arkipäivässä nanoteknologiaa löytyy suksen pohjasta, rakennuksen puuverhoilusta tai ravintolan pöytälinasta.

Luonnollisia nanomateriaaleja on ympäristössä viljal- ti; esimerkiksi egyptiläisten muumioiden keuhkoista on

löydetty fullereeneja – lähteenä on ollut sisätiloissa poltettu tulisija. Tahattomasti tuotettuja nanohiukkasia on muun muassa kaupunkien aamuruuhkan ja hitsauspajan ilmassa. Tarkoituksella valmistettuja nanomateriaaleja on ollut markkinoilla jo kauan. Esimerkiksi hiilimusta on ollut markkinoilla jo vuosikymmeniä, ja sen tuotanto edustaa 80 %:a markkinoilla olevien nanomateriaalien tuotannon volyymista¹. Suurin kiinnostus kohdistuu kuitenkin nyt nanokokoiseen titaanidioksidiin, sinkkioksidiin, fullereeneihin, hiilinanoputkien sekä nanohopeaan. Uusia nanomateriaaleja kehitetään jatkuvasti¹.

Nanoteknologia ei kuitenkaan ole vain nanomateriaaleja. Arvoketjussa on välituotteita, esimerkiksi nanomateriaaleja hyödyntäviä tai paksuudeltaan nanoluokkaa olevia pinnoitteita. Lopputuotteissa on vähintään yksi nanomateriaalien mahdollistama ominaisuus, lisäksi tuotetaan muun muassa koneita ja laitteita sekä enenevässä määrin nanoteknologian osaamiseen perustuvia palveluita.

Valtava kaupallinen potentiaali

Nanoteknologian mahdollistaman tuotannon arvo oli vuonna 2009 maailmanlaajuisesti noin 200 miljardia euroa. Vuonna 2015 sen ennustetaan olevan jo kymmenkertainen. Alan työpaikkoja on Euroopassa noin 300 000–400 000, ja luku on vahvassa kasvussa¹.

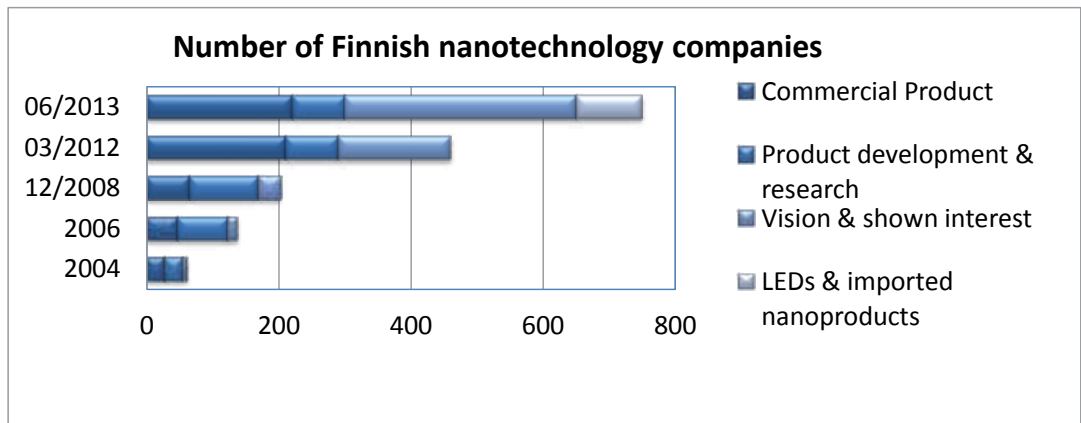


Jukka Rintalan suunnittelemat pöytäliinat on käsitelty nanopinnoitteella kosteutta ja likaa hylkiviksi. Kalevala Koru taas hyödyntää nanoteknologiapinnoitteita hopean tummumisen estossa. /

Designer Jukka Rintala's table clothes have improved water and dirt resistance – by nanocoating. Kalevala Koru utilizes nano-coatings for anti tarnishing of silver jewelry.

Suomalaisten nanoteknologiayritysten määrä on kasvanut viime vuosina voimakkaasti. Vuosien 2004–2008 luvut ovat Tekesin arvioita, 2012–13 arviot ovat Nanoklusterin. /

The number of Finnish nanotechnology companies has grown fast. The numbers from 2004–2008 are estimated by Tekes, 2012–13 by Nanocluster.



Kuva: Katri Saarela

Kampin kappelin pinta on käsitelty nanopinnoitteella säänkeston parantamiseksi. / *Kamppi Chapel's outer surface has improved resistance for the Finnish weather, by nanocoating.*

Nanoteknologia on yksi seuraavan EU:n puiteohjelman (2014–2020) mahdollistavista avainteknologioista (key enabling technology, KET), joka luo pohjaa uusille innovaatioille ja tuotteille. Sovellutusten arvioidaan olevan merkittäviä eurooppalaisen teollisuuden kilpailukyyn kannalta¹. Tiedot käyvät ilmi EU-komission syksyllä 2012 julkaisemasta Second Regulatory Review on Nanomaterials -raportista.

Suomessa nanoyritysten määrä voimakkaassa kasvussa

Myös Suomessa nanoteknologiayritysten määrä on kasvanut voimakkaasti. Tekesin selvityksen mukaan vuoden 2008 lopussa kaupallisessa vaiheessa oli 65 nanoyritystä, ja kun tutkimus-, kehitys- ja visiovaiheessa olevatkin laskettiin mukaan, yritysten määrä oli noin 200. Tuolloin liikevaihdon kokonaisuudeksi arvioitiin 300 miljoonaa euroa. Summasta noin 60 prosenttia suuntautui vientiin.

Uusin arvio suomalaisten nanoyritysten määrästä on viime vuoden maaliskuulta, jolloin Nanoklusteri julkisti oman arvionsa. Arvio perustui Nanoklusterin kahdeksassa kaupungissa toimivien osaamiskeskusten tuntemiin yrityksiin.

Suomessa oli sen mukaan yli 200 nanoyritystä, joilla oli kaupallinen nanoteknologiatuote. Tutkimus- ja kehitysstasteella olevia yrityksiä oli noin kahdeksankymmentä. Kun visioasteella olevatkin lasketaan mukaan, nanoyrityksiä oli yhteensä yli 450. Nämä luvut eivät sisällä LED-yrityksiä tai yrityksiä, jotka tuovat maahan tuotteita, joissa on jokin yksittäinen nanoteknologian mahdollistama ominaisuus (esim. likaa hylkiviä pinnoitteita, autovahoja, tablettipidikkeitä, vaatteita, mahdollisia lääkkeitä). Kasvu

on siis ollut merkittävää. Kasvu tulee jatkumaan: yli 60 suomalaista yritystä on kertonut tuovansa uuden nanoteknologiaa hyödyntävän tuotteensa markkinoille viimeistään 2015.

Palveluntarjoajat kasvussa

Nanoklusterin arvion mukaan materiaali- ja väli tuotteiden sekä laite toimittajien määrä tulee edelleen kasvamaan. Niiden tuotteiden osuus, joissa on vähintään yksi nanoteknologian mahdollistama tai nanoteknologialla parannettu ominaisuus, kasvaa voimakkaaimmin. Tämä heijastelee paitsi nanoteknologian hyödyntämistä entistä laajamittaisemmin suomalaisessa teollisuudessa, myös nanoteknologian arkipäiväistymistä.

Sanan "nano" käyttö tuleekin vähentymään. Yritykset kertovat mieluummin uusista ominaisuuksista kuin teknologiayksityiskohdista ominaisuuksien taustalla.

Mielenkiintoinen yksityiskohta on palveluntarjoajien suuri määrä. Tähän ryhmään kuuluu yrityksiä, joiden liiketoiminta on kokonaan nano-osaamisen varassa sekä niitä, joille nano-osaaminen tuo vain osan leivästä. Ensin mainitussa ryhmässä on tuotekehityksen teknologiakonsultteja, nanopinnoitteiden mittaus- ja analyysipalveluita, nanopinnoitetta hyödyntävää pinnoitepalvelua ja maahantuojia. Toiseen ryhmään kuuluu mm. nanoteknologiaan erikoistuneita patenttitoimistoja, liiketoimintakonsultteja, sijoittajia ja pinnoitepalveluja. Palveluliiketoimintaa ei aina mielletä nanoliiketoiminnaksi, mutta sen iso rooli on suomalaisille hyvä signaali.

Laajassa EU-tutkimuksessa² kävi ilmi, että seitsemän nanoteknologiayritykselle menestyksekkäimmän liiketoimintamallin joukossa oli viisi, jotka sisälsivät palveluita. Kovimmaksi keihäänkärjeksi nousi liiketoimintamalli, joka yhdistää väli tuotteen ja palvelun, esimerkiksi nanopinnoitteen ja pinnoituspalvelun.

Nanoteknologialiiketoimintaa tukee alan vahva tutkimus

Nanotutkimuksen parissa ahkeroin yli 140 suomalaista tutkimusryhmää. Tutkimuksen suuri volyyymi on ollut nanomateriaaleissa ja -pinnoitteissa. Pelkästään nanopinnoitteita tutkitaan yli 70 tutkimusryhmässä. Myös mallitukseen ja karakterisointiin on panostettu voimakkaasti. Toisaalta: aerosoleja tutkitaan vain 16 tutkimusryhmässä, mutta neljässä suomalaisyliopistossa toimii aerosolitutkimusryhmiä, jotka julkaisevat artikkeleita kansainvälisesti kaikkein arvostetuimmassa tiedelehdissä kuten *Nature*ssa ja *Science*ssä.

Suurin osa tutkimuksesta keskittyy pääkaupunkiseudulle. Otaniemessä toimii noin kolmannes suomen nanotutki-



musryhmistä. Tampere ja Turku tulevat tutkimusryhmien määrissä kakkosina, Jyväskylä kolmantena. Korkeatasoista tutkimusta on myös Oulussa, Itä-Suomen yliopistossa sekä Lappeenrannan teknillisessä korkeakoulussa. Tutkimusryhmien profiilit löytyvät osoitteesta www.nanoresearch.fi. Nanotutkimuksen laitekanta on koottu www.FindNano.fi -portaaliin.

Suomalaisen nanoteknologian keihäänkärjet

Suomessa nanokeihäänkärkiä ovat nanomateriaalit, nanopinnoitteet, anturit, diagnostiikka, fotoniikka sekä aerosolit. Kaikilla näillä alueilla on korkeatasoista tutkimusta sekä yrityksiä. Näiden lisäksi on vielä kaupallista läpimurtoa odottavia alan huippuosaajia: nanoselluloosa, painettava älykkyyks ja turvallisuusosaaminen.

Suomi on ollut nanoteknologian kehittämislle hyvä koti.

Julkinen rahoitus on mahdollistanut uutta tutkimuksen infrastruktuuria, perustutkimusta, soveltavaa tutkimusta ja teollista tuotekehitystä. On tuettu kaupallistamista ja viety täsmätietoa nanoteknologian hyödyntämismahdollisuuksista eri teollisuuden aloille. On luotu alalle yhteistä kansainvälistä brändiä ja kuunneltu aktiivisesti teollisuuden näkemyksiä. Teollisuudessa ja rakennetuissa ympäristöissä on kuitenkin edelleen paljon käytännön ongelmia, jotka voitaisiin ratkaista jo olemassa olevilla nanoteknologia-tuotteilla. Samanaikaisesti yritykset, joilla on kilpailukykyä kasvattavia teknologioita, etsivät asiakkaita ja rahoitusta.

Nanopinnoitteissa piilee kasvun mahdollisuus

EU-tutkimuksessa on todettu, että kaikista nanoteknologian osa-alueista juuri pinnoitteet tarjoavat eniten mahdollisuuksia yhteiskunnan suurten haasteiden ratkaisemiseen.

Suomalaisesta näkökulmasta katsottuna nanopinnoitteilla voisi olla suurikin rooli teollisuuden kilpailukykyyn kasvattamisessa. Kaikkiällä teollisuudessa on pintoja, joihin liittyy arkipäiväisiä, mutta paljon rahaa kuluttavia ongelmia: terät tylsistyvät, pinnat kuluvat, ruostuvat, jäätyvät, likaantuvat ja kasvavat bakteereja, tarttuvat, liukuvat, kitka syö energiaa jne.

Useimpiin näistä on jo olemassa ratkaisuja, ja lisää voidaan kehittää suomalaisin voimin. www.nanobusiness.fi -portaalin julkaisuissa kerrotaan tulevaisuuden materiaaleista koneenrakennuksessa, meriteollisuudessa, mutta myös hyvinvoinnissa, elintarviketuotannossa ja asumisessa. Opas nanoteknologian hyödyntämisestä maataloudessa julkaistaan kesän aikana. ▀

Viitteet

1. Communication from the commission to the european parliament, the council and the european economic and social committee, Second Regulatory Review on Nanomaterials [http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/second_regulatory_review_on_nanomaterials_-_com\(2012\)_572.pdf](http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/second_regulatory_review_on_nanomaterials_-_com(2012)_572.pdf)
2. www.NanoCom-eu.org ▀

Lisätietoa:

Suomalaiset nanoteknologiayritykset ja alan uutiset: www.nanobusiness.fi

Suomalaiset tutkimusryhmät: www.nanoresearch.fi
Nanotutkimuksen laitekanta: www.FindNano.fi ▀

SUMMARY

Nanotechnology is today typically recognized in improved properties in existing products; various types of coatings, nanoparticles as additives to paints and oils, composite materials. A consumer faces nano-enabled applications in practically all electronics devices, lasers, LEDs etc., but also in sports equipment, decorative vases, silver jewelry and cosmetics and so on. Grasping the added value of nanotechnology provides a way to improve the global competitiveness of the Finnish industries, which is of crucial importance. On the global level, nanotechnology related business is growing fast: a recent report from EU Commission expects the value of nano-enabled production to exceed 2000 Billion Eur by 2015. In Finland the number of nanotechnology companies has also grown fast; in 2008 65 companies were selling nano based products, whereas today there are more than 200 companies with commercially available applications. The strongest growth will be in products with one or more features enabled or improved by nanotechnology. The commercial activities are supported by 140-170 research groups. The majority of the nano research is carried out by Aalto University, VTT and University of Helsinki; however, there are brilliant research groups e.g. in Tampere, Turku, Joensuu, Kuopio, Jyväskylä and Oulu. The nano research is an interdisciplinary activity where researchers with physics, chemistry, materials science, biology, medicine and pharmaceuticals meet. Finland has been a great incubator for developing nanotechnologies with a stream of simultaneous and parallel support actions from both the public and private sectors. Not all the results have been realized yet but will be seen over the coming years. ▀



FQM Kevitsa Mining

Kevitsan nikkeli-kuparikaivos

- Tuotanto alkanut 2012
- Louhintakelpoiset malmivarat n. 160 milj. tonnia
- 5 milj. malmitonnia/v., kapasiteetin lisäystä suunnitellaan
- Työllistää tällä hetkellä n. 280 henkilöä
- Tarjoaa haastavia mahdollisuuksia kansainvälisessä yhtiössä

FQM Kevitsa Mining Oy | tel +358 16 451 100 | www.first-quantum.com



Kestävän kehityksen kaivostoimintaa vuodesta 1962

minerals



Pyhäsalmi Mine Oy

KAIRAUKSESI ONNISTUU

PAIKASTA JA KELISTÄ HUOLIMATTA



» KAIRAUSLAITTEET

Ostamasi ADC-kairausrakenteiden jokainen yksityiskohta on kehitetty ja testattu omassa työssämme. Laitteita on helppo käyttää ja ne ovat ympäristöystävällisiä sekä suorituskykyisiä myös ääriolosuhteissa.

» KAIRAUSPALVELUT

Tarjoamme kokonaisvaltaisen, tehokkaan paketin – maan pinnalla tai alla. Saat meiltä laadukkaat kairaussydännäytteet timanttikairausmenetelmällä, reiän taipumamittaukset, suunnatun näytteenoton sekä edustavat näytteet RC-porausmenetelmällä.

ADC
Arctic Drilling Company

Arctic Drilling Company Oy
Teollisuustie 26B, 96320 Rovaniemi
puh. 040 680 5809

www.adcltd.fi

Aalto-yliopiston materiaalitekniikan laitos 2013



Professori **Simo-Pekka Hannula**, Aalto-yliopisto,
Kemian tekniikan korkeakoulu, Materiaalitekniikan laitos



Vuoden 2010 alussa tapahtuneen Aalto-yliopiston muodostamisen jälkeen yliopiston strategiaa, toimintaprosesseja ja hallintoa on voimakkaasti muokattu osana Aalto-yliopiston tavoitetta päästä maailmanluokkaan vuoteen 2020 mennessä. Toimenpiteet ovat kohdistuneet erityisesti tutkimuksen ja opetuksen sekä näiden tukiprosessien vahvistamiseen. Tavoitteena on yliopiston vahvuusalueiden edelleen kehittäminen ja toiminnan fokuoiminen. Tutkimuksen fokuoointiin liittyen myös koulutusohjelmat uudistetaan. Kemian tekniikan korkeakoulun uusi yhteinen kandidaatin koulutusohjelma kouluttaa tekniikan kandidaatteja, joilla on valmiudet kehittyä jatko-opinnoissaan ja työelämässä bio-, materiaali- ja kemiantekniikan asiantuntijoiksi. Ensimmäiset opiskelijat uudessa kandidohjelmassa aloittavat syksyllä. Diplomi-insinööritutkinnon koulutusohjelmien uudistaminen on parhaillaan käynnissä ja tavoitteena on aloittaa uuden ohjelman mukainen diplomi-insinöörikoulutus vuonna 2015.

Materiaalitekniikan laitos pähkinän kuoressa

Materiaalitekniikan laitos on yksi Aalto-yliopiston Kemian tekniikan korkeakoulun neljästä laitoksesta. Materiaalitekniikan laitoksen ytimen muodostavat yksitoista professoria tutkimusryhmineen. Tutkimusryhmiä avustaa laitoksen tekninen tukiryhmä ja hallintopalveluryhmä. Laitoksen professorit tutkimusalueineen on esitetty kuvassa 1. Laitoksella työskentelee tällä hetkellä kaikkiaan noin 120 henkilöä, joista opiskelijoita (tohtoriopiskelijoita, diplomityöntekijöitä ja tutkimusapulaisia) on noin 60 %. Laitoksen budjetti vuodelle 2013 on n. 8 M€, josta noin 60 % on ulkopuolista rahoitusta. Ulkopuolisessa rahoituksessa TEKESin ja yritysten panostus erityisesti FIMECCin ohjelmien kautta on tärkeä, mutta myös Suomen Akatemian rahoitus on viime vuosina noussut.

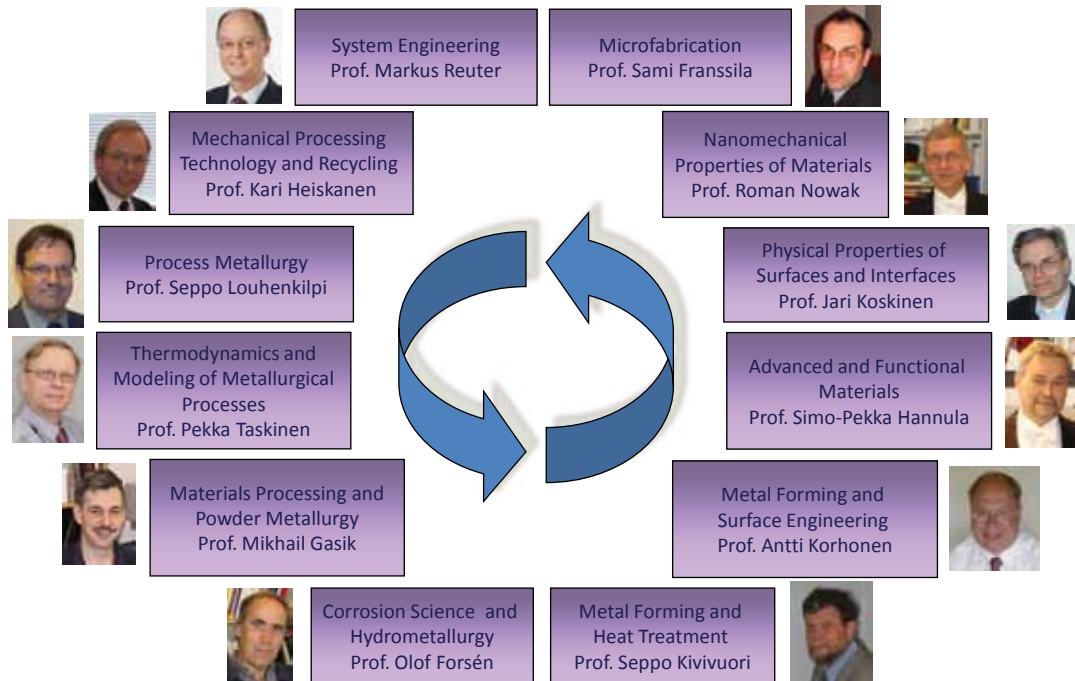
Aalto-yliopiston otettua professorien palkkauksessa käyttöön professorien urapolkujärjestelmän on laitokselle palkattu vuonna 2012 prof. **Roman Nowak**. Prof. Nowak on ennen Aalto-yliopistoon tuloaan toiminut Puolassa Krakowan yliopistossa ja kahdentoista vuoden ajan Japanissa mm. professorina Nagoyan teknisessä yliopistossa ja Hiroshiman yliopistossa. Kokopäiväisten professorien lisäksi laitoksella on toiminut 2012 alkaen osa-aikaisena professori **Markus Reuter**, joka työskentelee päätoimisesti Outotec Oyj:ssä.

Hänellä on pitkä kokemus yritysmaailman lisäksi yliopistomaailmasta mm. Australiasta Melbournen yliopistosta, Hollannista Delftin teknisestä yliopistosta ja Etelä-Afrikasta, Stellenboschin yliopistosta, joissa hän on toiminut professorina.

Laitoksen professorikunta on lähi-vuosina uudistumassa voimakkaasti. Rehtori on myöntänyt laitokselle kaksi uutta professorin paikkaa ja yhden yhteisen Kemian laitoksen kanssa. Näiden paikkojen täyttöprosessi on juuri alkanut. Saatujen uusien paikkojen myötä vahvistetaan tutkimusta ja opetusta laitoksen fokusalueilla. Em. paikkojen lisäksi parhaillaan on loppusuoralla materiaalitekniikan uuden professorin valinta 94 hakijan joukosta.

Aalto-yliopiston linjausten mukaisesti laitos on panostanut viime vuosina tutkimuksen tieteellisen tason kohottamiseen ja tohtorikoulutukseen. Laitoksen vuosittain tuottamien teknistieteellisten julkaisujen määrä on pitkään pysynyt hieman yli sadan julkaisun tietämillä, mutta Science Citation Index ISI luokiteltujen julkaisujen osuus tästä on jatkuvasti kasvanut käsittäen vuonna 2012 noin 50 julkaisua. Tätä trendiä pyritään jatkossa edelleen vahvistamaan. Laitoksen tavoitteena on 6–8 tekniikan tohtorin valmistuminen vuosittain (2013 on toistaiseksi valmistunut 4 tohtoria) sekä noin 35–40 jatko-opiskelijan määrä. Diplomi-insi-

Current Professors and Research Groups



nöorejä laitokselta valmistuu vuosittain noin 30.

Opetuksen uudistaminen

Opetuksen osalta keskeisiä tavoitteita on luoda Aalto-yliopistosta monitieteinen tiede- ja oppimisyhteisö, joka kouluttaa itsenäisiä ja vastuullisia asiantuntijoita yhteiskunnan suunnannäyttäjiksi ja joka on houkutteleva myös kansainvälisille opiskelijoille. Tavoitteena on myös ymmärtää ja ennakoida yhteiskunnan ja teollisuuden tarpeita ja vaikuttaa niihin edistämällä hyvinvointia ja elämisen laatua. Tähän liittyy tavoite kehittää tieteen ja taiteen rajat ylittävää monialaista taiteellista ja tieteellistä yhteistyötä. Yliopiston organisaation, toimintamallien ja yhteisten palveluiden tulee tukea näitä päämääriä.

Kemian tekniikan korkeakoulusta valmistuvien tekniikan kandidaattien valmiuksien ytimenä ovat bio-, materiaali- ja kemiantekniikan sekä niihin liittyvien matemaattis-luonnontieteen perusteiden hallinta, kyky siirtää ja soveltaa alansa teoreettista osaamista ongelmanratkaisutilanteissa myös monialaisessa kontekstissa, kyky hankkia, arvioida ja käsitellä kriittisesti tieteellistä ja ammatillista tietoa sekä taitoa osallistua monipuolisesti ammatilliseen ja tieteelliseen viestintään. Ohjelmaan kuuluu kaikille pakollisina 4 kurssia matematiikkaa, 4 kemiaa, 2 fysiikkaa, 4 prosessitekniikkaa, 2 biotieteitä, ja 2

materiaalitiedettä, ja materiaalitekniikan pääaineekseen valinneilla 3 kurssia materiaalitiedettä lisää. Uudessa tutkinnossa on valinnanvapautta lisätty, ja opiskelija valitsee täysin vapaasti sivuaineen (25 opintopisteen kokonaisuus) lisäksi kursseja 25 opintopisteen edestä.

Opiskelijoiden määrä tulee jossakin määrin pienenevään. Tavoitteena on lyhentää opiskeluaikoja ja saada nuoret nopeammin työelämään. Sisäänottoa kandidaattitasoisin tutkinto-ohjelmiin pienennetään maltillisesti ja vastaavasti painotetaan diplomi-insinööri-tutkintoon johtavaa maisteritason opetusta ja tohtoriopetusta sekä kansainvälistä opiskelijarekrytointia. Jo alkaneen maisteriohjelmien uudistaminen tavoitteena on opetuksen käynnistäminen vuonna 2015. Tämän hetkisen suunnitelman mukaan ohjelmat ovat kansainvälisiä ja opetusta annetaan pääosin englannin kielellä.

Materiaalitekniikan laitoksen tutkimuksen ja opetuksen fokusalueet

Aalto-yliopiston korkeakoulut ovat pyrkineet kirkastamaan jatkuvasti tutkimuksensa ja opetuksensa keskeisiä alueita. Osin tämä liittyy myös teknillisten yliopistojen käymiin työnjakokeskusteluihin. Keskusteluissa kukin yliopisto pyrkii hahmottamaan ja löytämään omat painopistealueensa. Fokusalueiden lähtökohtana Aalto-yliopistossa on, että niillä toimii vähintään

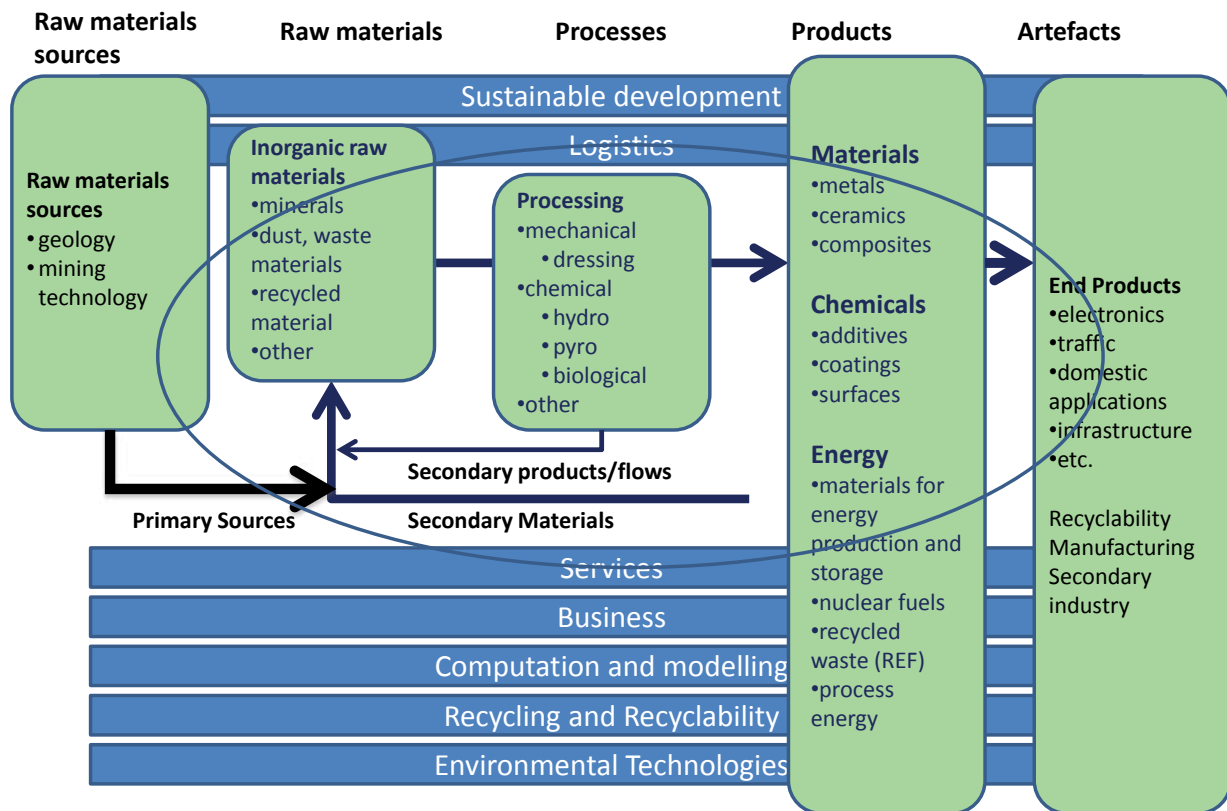
Kuva 1. Aalto-yliopiston Materiaalitekniikan laitoksella toimivat professorit

Figure 1. Professors at the Department of Materials Science and Engineering in Aalto University

5–6 professoria. Kemian tekniikan korkeakoulun fokusalueiksi on määritelty viisi aluetta: (I) prosessitekniologia, (II) teollinen biotekniikka, (III) biomateriaalitiede, (IV) metallien ja mineraalien talteenotto- ja valmistusprosessit sekä (V) aktiiviset ja funktionaaliset materiaalit mukaan lukien materiaalit energian tuotantoon ja varastointiin. Näistä kaksi viimeksi mainittua kohdistuu uusiutumattomiin luonnonvaroihin ja ovat erityisesti materiaalitekniikan laitokselle tärkeitä.

Metallien ja mineraalien talteenotto- ja valmistusprosessien fokusalueella toimivat professori **Kari Heiskanen**, professori **Olof Forsén**, professori **Pekka Taskinen**, professori **Seppo Louhenkilpi**, professori **Seppo Kivivuori**, professori **Antti Korhonen** ja osittain professori **Michael Gasik** ja professori **Simo-Pekka Hannula**. Em. professorien lisäksi Aalto-yliopistossa fokusalueella toimivat Kemian laitoksella professori **Ville Alopaeus**, Puunjalostustekniikan laitoksella professori **Olli Dahl** sekä Insinöörیتieteiden korkeakoulussa professori **Jussi Leveinen**, professori **Mikael Rinne** ja osin professori **Hannu Hänninen**.

Value Chain for Non-Renewable Materials in Aalto University



Kuva 2. Uusiutumattomien luonnonvarojen jalostukseen liittyvä arvoketju Aalto-yliopistossa. Kemiantekniikan korkeakoulun toimintakenttä on ympyröity.

Figure 2. Value chain for non-renewable materials in Aalto University. The focus of the School of Chemical Technology is circled.

Raaka-aineiden esikäsittelyn alueella toimii professori Kari Heiskanen. Hänen tutkimuskenttäänsä kuuluvat korkealaatuisten primääriraaka-aineiden rikastus, köyhien ja kompleksisten primääriraaka-aineiden erottelu käsiteltäviin jakeisiin ja sekundääriraaka-aineiden erottelu jakeisiin. Tutkimusalue käsittää hyvin erilaisten materiaalien karakterisoinnin esikäsittelymenetelmien valintaa varten ja esikäsittelymenetelmien tutkimuksen prosessointia varten. Keskeistä tutkimusalueella on raaka-aineissa esiintyvien metallien kierron mallintaminen primääriraaka-aineista tuotteiksi, tuotteista sekundääriraaka-aineiksi ja takaisin tuotteiksi.

Raaka-aineiden prosessoinnin alueella Materiaalitekniikan laitos keskittyy pyro- ja hydrometallurgiaan. Tutkimusalueella on keskeistä hyvää ja laaja-alainen mineraalien jalostukseen kohdistuvan kemian sekä kemiallisen

prosessitekniikan laaja-alainen opetus ja tutkimus. Korkeiden lämpötilojen sekä väkevien vesiliuosten termodynamiikan, kinetiikan ja rajapintojen haperus- ja pelkistysreaktioiden hallinta mahdollistaa ilmiöiden, prosessien ja laitteiden matemaattisen mallintamisen. Tällä alueella toimivat erityisesti laitoksella professorit Olof Forsén, Michael Gasik, Seppo Louhenkilpi ja Pekka Taskinen.

Puolivalmisteiden valmistuksessa oleellista on materiaalien fysikaalisten ja mekaanisten ominaisuuksien hallinta, jotta niistä voidaan tuottaa lopputuotteita mm. koostumuksen, mikrorakenteen, mekaanisten ominaisuuksien, fysikaalisten ominaisuuksien, muodon jne. suhteen. Tällä alueella toimivat laitoksella professorit Seppo Kivivuori, Antti Korhonen, Seppo Louhenkilpi ja osittain professori Simo-Pekka Hannula.

Tuotteiden ominaisuuksien hallinnalle ja kierrätettävyydelle keskeistä on tuotteiden toteutustapa ja sen vaikutus kierrätettävyyteen. Kierrätettävyyteen vaikuttavat materiaalien koostumus ja rakenne sekä tuotteen tekninen toteutus, ja tutkimusalue on voimakkaasti sidoksissa valmistustekniikkaan. Kierrätettävyyteen liittyvät myös elinkaarren ja ympäristövaikutusten arviointi.

Kierrätettävyyttä tutkii Materiaalitekniikan laitoksella professori Heiskanen ja tuotteiden valmistusta useat tutkimusryhmät.

Tuotteiden kierrätys liittyy tiiviisti edellä mainittuihin kohtiin. Tuotteiden kierrätys tutkimusalueella keskeisiä tutkimusaiheita ovat metallien kiertojen mallinnus, logistiikka, lainsäädäntö sekä materiaalien käsittely ja prosessointi. Materiaalitekniikan laitoksella alueella toimivat mm. professorit Olof Forsén, Michael Gasik, Kari Heiskanen, Seppo Louhenkilpi, Markus Reuter ja Pekka Taskinen.

Tutkimusalueella on keskeistä realistinen materiaalien tuotannon ympäristövaikutusten arviointi. Tutkimusalueella edellytetään laaja-alaista materiaalien tuotantoketjujen hallitsemista, koska kaivannaisteollisuudessa yhden tuotantoketjun poiste on toisen tuotantoketjun raaka-aine. Laitoksen professoreista Kari Heiskanen ja Markus Reuter toimivat tällä alueella.

Aktiivisten ja funktionaalisten materiaalien fokusalueella toimivat Materiaalitekniikan laitoksella professori Sami Franssila, prof. Roman Nowak, professori Jari Koskinen, prof. Simo-Pekka Hannula, professori Michael Gasik ja Kemian tekniikan korkeakoulun muilla laitoksilla lisäksi useita professoreita.

Professori Sami Franssilan tutkimusryhmä tutkii mikro- ja nanoteknologiaa. Ryhmän vahvuutena on mikro- ja nanovalmistustekniikoiden osaaminen, jota sovelletaan lukuisiin kohteisiin. Yhdessä Fysiikan laitoksen kanssa tutkitaan hiilinanoputkien käyttöä transistoreissa, Kemian laitoksen kanssa kehitetään bioantureita, joiden keskeinen rakenne-elementti on 4 nm paksu oksidikerros, ja Helsingin yliopiston farmaseuttisen kemian kanssa on tehty lukuisia mikrofluidistisia komponentteja neste-mäisten näytteiden saattamiseksi aerosoli- tai kaasufaasiin. Yhdistävänä tekijänä hankkeissa on pintojen ominaisuuksien, kemian ja topografian, ymmärtäminen ja muokkaaminen.

Professori Roman Nowakin tutkimusryhmä on keskittynyt materiaalien nanomekaanisiin ominaisuuksiin ja niiden atomiskaalan mallintamiseen. Ryhmän tutkimusmenetelmistä tärkein on nanoindentaatiomenetelmä ja sen soveltaminen materiaalien atomaaristen ominaisuuksien tutkimukseen yhdessä mallintamisen kanssa. Nanomittakaavassa materiaalien deformaatiomekanismit poikkeavat makroskooppisista ilmiöistä ja mm. jännityksen vaikutuksesta tapahtuvat faasimuutokset voivat välittää deformaatiota ja samalla muuttaa esim. materiaalin sähkönohtavuutta. Ilmiöitä voidaan käyttää hyväksi esim. sensoreissa.

Professori Jari Koskisen tutkimusryhmä kehittää erityisesti hiileen perustuvaa ohutkalvotekniikkaa. Ryhmän tutkimus keskittyy hiilen eri olomuotojen (timantin, grafiitin, amorfisen hiilen, hiilinanoputkien ja grafeenin) hyödyntämiseen sekä tribologisissa että muissa funktionaalisissa pinnoitteissa. Tutkimuksessa hyödynnetään laitoksen uutta PVD pinnoituslaitetta ja viimeistä kehitystä edustavaa kaaripurkausplasmalähdettä.

Professori Michael Gasikin tutkimusryhmä tekee tutkimusta metallien prosessoinnin lisäksi erityisesti funktionaalisten gradienttimateriaalien ja vetyteknologian alueilla. Erityisen kiinnostuksen kohteena ovat erilaiset biomateriaalit ja vedyn valmistus soveltaen ns. hybridisyklejä isomman skaalan vetytuotantoa varten käyttämällä pääasiassa uusiutuvia energialähteitä.

Professori Simo-Pekka Hannulan tutkimusryhmä on keskittynyt materiaalien mikrorakenteen ja ominaisuuksien tutkimukseen. Ryhmä hyödyntää laitoksen hyviä materiaalien karakterisointivalmiuksia. Tutkimuksen kohteena ovat metallisten materiaalien ja erityisesti martensiitin kaksostumisen ja muisti-ilmiöiden lisäksi erilaiset komposiitti- ja hybridimateriaalit, mihin liittyvää tutkimusta kuvataan tässä lehdessä tarkemmin toisaalla.

Yhteenveto

Materiaalitekniikan alueella Aalto-yliopisto edustaa merkittäväntä osaamisen keskittymää Suomessa. Kaikkiaan yliopistossa toimii materiaalitieteen ja -tekniikan alueella noin 40 professoria, joista yli neljännes materiaalitekniikan laitoksella. Materiaalitekniikan laitoksen tutkimus ja opetustoiminta kohdistuu erityisesti metallien ja mineraalien talteenotto- ja valmistusprosesseihin sekä aktiivisten ja funktionaalisten materiaalien ominaisuuksiin ja sovelluksiin. Laitos osallistuu Kemiantekniikan korkeakoulun uuden kandidaatintutkinnon opetukseen prosessi- ja materiaalitekniikan alueella. Vuonna 2013 laitokselta arvioidaan valmistuvan n. 30 tekniikan kandidaattia, 25 diplomi-insinööriä ja 6 tekniikan tohtoria sekä toistasataa julkaisua, joista merkittävä osa on julkaistu kansainvälisillä ISI luokitelluilla forumeilla. ▀



SELF CLEAN 6.18

Automaattinen vastahuuhtelu-suodatin

- Huoltoystävällinen
- Pallografiittivalurauta, hiiliteräs, ruostumatoneräs
- DN50 – DN1000, PN6 – PN64
- 20 – 10000 m³/h ja keskeytymätön käyttö
- Suodatustarkkuus 30µm – 1000 µm
- Alhainen painehäviö ja pieni huuhtelumäärä
- Robusti ja alhaiset käyttökustannukset
- SELF CLEAN 6.18 - TEHTÄVÄNÄ SUOJATA TEOLLISUUDEN INVESTOINNIT!

BOLLFILTER Nordic

Rauhankatu 26 B18 / FIN-06100 PORVOO
Tel. 020-786 1999 / Fax. 019-543835
Email: info@bollfilter.fi



Korkealaatuiset tuotteet metalli-, kaivannais- sekä betoniteollisuudelle.



Suomen TPP Oy on kallion lujitukseen ja tiivistykseen, maanalaisten tilojen ilmanvaihtoon sekä betonin lujituskuituihin erikoistunut yritys.

Edustamiamme laadukkaita tuotteita:

- Jennmar ja GSI kalliopultit
- Täydellinen valikoima vaijeripultitustuotteita
- Cementa Ab:n injektointisementit
- HIC teräskuidut ja Forta Ferro muovikuidut
- Tammet kaivosverkot
- Zitron Puhaltimet
- Protan Ventiflex tuuletusputket
- Alvenius pikaliitinputket

Suomen
TPP

Suomen TPP Oy :: p. (09) 6810 2247 :: info@suomentpp.fi :: www.suomentpp.fi

Kaksi vuorimiestä kunniatohtoreiksi Oulussa

Oulun yliopiston tohtoripromootiossa 17.5.–19.5.2013 vihittiin 21 kunnia-tohtoria, heidän joukossaan kaksi vuorimiestä: Ruukki Metalsin eläkkeelle jäänyt kehitysjohtaja TkT Peter Sandvik teknillisestä tiedekunnasta ja GTK:n pääjohtaja, FT Elias Ekdahl luonnontieteellisestä tiedekunnasta.

Peter Sandvik

TkT Peter Sandvik on opiskellut Teknillisessä korkeakoulussa ja USA:ssa. Hänen väitöskirjansa vuodelta 1984 käsitteli baineittisia teräksiä.

Rautaruukilla on ollut merkittävä rooli Oulun yliopistossa tapahtuvan tutkimuksen rahoittajana ja valmistuneiden diplomi-insinöörien, lisensiaattien ja tohtorien työllistäjänä.

Peter Sandvikin aloitteesta Oulun yliopistossa alkoi lujien terästen tutkimus- ja kehitystyö 1990-luvun alussa. Tämä toiminta on vahvistunut ja johtanut yliopiston terästudkimuskeskuksen perustamiseen. Sandvik on 2000-luvulla ensin Oulun yliopiston neuvottelukunnan jäsenenä ja myöhemmin sen varapuheenjohtajana ollut vaikuttamassa yliopiston opetuksen ja tutkimuksen kehittämiseen ja strategiaan.

Elias Ekdahl

Pääjohtaja Elias Ekdahl on Oulun yliopiston kasvatteja. Hän suoritti filosofian maisterin tutkinnon pääaineena geologia ja mineralogia vuonna 1975 ja väitteli tohtoriksi v. 1993 aiheenaan ”Early Proterozoic Karelian and Svecofennian formations and the Evolution of the Raahe-Ladoga Ore Belt, based on the Pielavesi area, Central Finland”.

Elias Ekdahl on ollut Oulun yliopiston taloudellisen ja malminetsinnän dosentti vuodesta 2000 lähtien ja toiminut Oulu Mining Schoolin ohjausryhmän puheenjohtajana. Hän on määrätietoisesti pyrkinyt edistämään kaivosinvestointeja Pohjois-Suomeen toimimalla aktiivisesti alan kansainvälisillä foorumeilla ja keskeisenä johtohahmona Fennoscandian Exploration and Mining -konferenssin kehittämisessä. Päättäjille hän on jakanut tietoa alasta ja korostanut sen merkitystä talouden, työllisyyden ja aluepolitiikan näkökulmasta.

Vuorimies Peter Sandvikia esiteltiin laajasti *Materia* edellisessä numerossa, joten kävimme kuuntelemassa toisen kunnia-tohtorin, Elias Ekdahlin mietteitä alasta ja sen roolista suomalaisessa yhteiskunnassa. ▀

Elias Ekdahl:

Pitää ajatella eteenpäin ja isosti

Tapasimme pääjohtaja Elias Ekdahlin juhannusviikolla GTK:n tiloissa Otaniemessä. Olimme etukäteen laatineet kysymyslistan, mutta se osoittautui melko tarpeettomaksi. Pääjohtajalla oli selkeä käsitys alan ja Suomen tämän hetkisestä tilasta, ja hän esitti näkemyksensä siitä, mihin nyt pitäisi satsata. Aiheita oli monta.

Teksti Bo-Eric Forstén

Mihin Suomen pitäisi satsata?

”Suomi tarvitsee uusia avauksia. Poliitikot puhuvat edelläkävijyydestä ja sitä tavoitellaan eri aikatauluin eri aloilla. Suuret päätökset antavat kuitenkin odottaa itseään. Suomessa seurataan kyllä tiiviisti, mitä muualla tapahtuu, mutta omiin uusiin avauksiin ei lähdetä. Varsinkin poliittisten päättäjien pitäisi ajatella eteenpäin ja uskaltaa tehdä päätöksiä jakkaamisen sijaan. Luonnonvarojen suhteen Norjassa valtio satsaa öljyyn, Ruotsissa rautamalmiin ja jatkojalostukseen. Missä on Suomen strategia?”

Puhutaan maapallon lämpenemisestä. Ilmaston muutos on nähtävä myös mahdollisuutena. Se tarjoaa Suomelle oivan mahdollisuuden toimia edelläkävijänä ja vahvistaa asemansa Euroopan talousalueella. Suomen pitäisi aktiivisesti ottaa kärkepaikka ”*Arctic Corridor*” -hankkeen kehittämisessä. Koillisväylä lyhentää merimatkaa Norjan pohjoiskärjestä Kiinaan 4 500 meripeninkulmalla, ja yhdistää Pohjoismaat ja Venäjän näihin raaka-aineita ja öljyä janoaviin markkinoihin. Aasia tarvitsee myös tuotteilleen markkinoita.



Tuoreet kunnia-tohtorit Peter Sandvik (vas.) ja Elias Ekdahl puolisoineen.



Kuva Leena Forstén

"GTK:n Espoon kirjastossa on Suomen laajin geologisen kirjastoaineiston kokoelma", Elias Ekdahl mainitsee.

Ratayhteys Rovaniemeltä Kirkenesiin ja tunneli Helsingistä Tallinnaan avaisi koko Euroopalle uusia mahdollisuuksia. Suomesta tulisi Euroopan, Venäjän ja Aasian solmukohta. Markkinoilta löytyy kyllä rahaa tällaiseen hankkeeseen."

Pysykö Suomi kaivosmaana

"Suomesta löytyy varmuudella lisää maailmanluokan esiintymiä. Lapin merkitys tulee korostumaan entisestään. GTK muuttaa toimintaansa maan pohjoisosassa. Maankuoren kehitystä tarkastellaan 3-ulotteisesti käyttäen uusimpaa lentomittausteknologiaa ja seismisiä luotauksia. Työ edellyttää pitkäjänteistä panostusta sekä laajaa kotimaista ja kansainvälistä yhteistyötä. 3D-mallinnuksen avulla saadaan tietoa syvemmällä sijaitsevista esiintymistä. Kuuluvatko Petsamo, Kevitsa ja Sakatti kaikki samaan vuoriketjuun. Lapin malmipotentiali on tähän saakka vain pieneltä osalta tiedossa. Pohjois-Suomen rikkaudet osana muuta Barentsin aluetta ovat myös Corridor hankkeen avaintekijöitä. GTK haluaa olla mukana tässä kehitystyössä."

Toteutuuko Sakatti?

"Olen puhunut Sakatista uutena Petsamona. Vastaavanlaisia esiintymiä ei

löydy usein. Sakatissa ei ole vielä aloitettu kaivostoimintaa. Kun sen aika tulee, joutuvat taloudelliset ja muut arvot tarkkaan puntariin. Tuolloin luodaan suomalaista kaivospolitiikkaa."

Pitäisikö suosia kotimaista?

"Suomi valitsi linjansa 1994, rajat avautuivat, Rautaruukki ja Outokumpu lopettivat malminetsinnän ja luopuivat kaivoksistaan, Kemin kromikaivosta lukuun ottamatta. Siitä lähtien valtion ja GTK:n tehtävänä on ollut tehdä Suomi mahdollisimman houkuttelevaksi kaivosinvestoinneille. Siinä on onnistuttu. Ulkomaiset yritykset ovat tuoneet maahamme pääomien lisäksi uutta arvokasta osaamista kaivostoiminnan eri osa-alueilta. Tämä on saanut kaivosklusterin voimakkaaseen kasvuun ja leviämään uusille urille.

Markkinataloudessa jokaisen yrityksen tavoitteena on tehdä voittoa. On kohtuullista, että se joka on ottanut riskin ja laittanut rahansa likoon, saa siitä myös korvauksen. Siltä osin esitetty kritiikki on asiatonta."

Hukkaammeko luonnonvaramme?

"Mitä tulee pelkoon siitä, että maamme luonnonvaroista hyötyvät jotkut muut kuin suomalaiset, on valtio avainasemassa. Haluamme, että kaivosten

tuotannon jatkojalostus pysyy Suomessa: Se vaatii päätöksiä ja toimenpiteitä. Yritykset käyttäytyvät talouslakien mukaisesti. Jos jatkojalostus on edullisempaa Suomessa, niin se tehdään täällä. Valtio voi toiminnallaan vaikuttaa yritysten valintoihin. Energian hinta ja logistiikka ovat keskeisiä tekijöitä. On myös huomioitava, että meillä on valmiiksi toimiva jatkojalostus Suomessa. Länsirannikon sulattojen toiminnasta ja osaamisesta on pidettävä huolta."

Olemmeko kullan arvoisia?

"Suomi on Euroopan suurin kullan tuottaja. Meillä louhitaan Lapin puhdasta kultaa. Miksi Suomi ei voisi olla myös maailman johtava kultakorujen valmistaja, olemmekan kuuluisia design-osaamisestamme. Nyt kultamme lennätetään maailman turuille."

Onnistuuuko kestävä kaivannaisteollisuus?

"Finlandia-talolla julkaistu toimenpideohjelma on ensimmäinen hieno askel oikeaan suuntaan. On ymmärretty, että pitää yhteisesti miettiä tämän maan tulevaisuutta, keskustella avoimesti asioista ja punnita asioita keskenään ja tämän tuloksena sopia yhteisistä ratkaisuista. Näin tehtiin ohjelmaa rakennettaessa. Talvivaarasta on otettava opiksi ja luotava katse tulevaisuuteen. Suomesta tehdään kestävä kaivannaisteollisuuden mallimaa. Tämä on ainoa tie eteenpäin."

Miten GTK voi?

"Valtion tuottavuusohjelma kohteli meitä aikoinaan melko kovakouraisesti. Rahahanojen kiristämistä on jatkettu vielä senkin jälkeen kun ohjelmasta luovuttiin. Olemme seitsemässä vuodessa menettäneet 230 työpaikkaa. Ns. **Lankisen** työryhmän viimesykyinen raportti, jossa ehdotettiin GTK:n yhdistämistä VTT:n ja Mikesin kanssa, ei ole mieltä nostanut. Selvitysmies **Veli-Pekka Saarnivaara** ei nähnyt VTT:n ja GTK:n yhdistämisessä juurikaan hyötynäkökohtia, enemmänkin uhkia ja riskitekijöitä. Päätöksen teko asiassa näyttääkin vaikealta. Jatkamme työtämme GTK:ssa aina niistä lähtökohdista, jotka meille kulloinkin on annettu."

Mikä on GTK:n kansainvälinen panos?

"Ulkoministeriö on kehitysmaatoiminnassaan nostanut maiden raaka-ainehuollon yhdeksi keskeiseksi asiaksi. Olemme olleet UM:n yhteistyökumppanina 18 maassa. GTK:n tehtävänä on paikallisten geolaitosten vahvista-



Pohjois-Suomen malmivarat kiinnostavat GTK:ta.

minen, laboratorioiden ja tietojärjestelmien rakentaminen sekä henkilöstön kouluttaminen. Yhdessä paikallisten viranomaisten kanssa olemme luomassa perustaa investoinneille ja kestäväälle luonnonvarojen hyödyntämiselle. Hyvä hallinto on osa toimintamalliamme. Suomalaiset ja kansainväliset laiteoperaattorit ovat meidän yhteistyöpartnereitamme.

UM:n projektit ovat meille myös tär-

keä rahoituskanava. Kehitysministeri **Heidi Hautala** on tehnyt tällä saralla hienoa työtä. Voidaan sanoa, että toimimme jonkinlaisena UM:n hovihankkijana. Moni Suomeen tehty valtiovierailu tekee koukkauksen Otaniemen kautta. Viimeksi täällä kävi Myanmarin presidentti. Hän innostui näkemästään niin, että otti sormestaan komean jadesormuksen ja lahjoitti sen kivikabinettiimme kokoelmiin.

Maailmanpankki on toinen meille tärkeä toimeksiantaja ja rahoittaja. Saimme jokin aika sitten valmiiksi ison projektin Ugandassa, ja olemme valmiit lähtemään kilpailemaan vastaavanlaisista projekteista muualla Afrikassa. Maailmanpankin projekteissa on kysymys isommista rahoista ja eurooppalaisina kilpailijoina meillä on niissä Ranska, Saksa ja UK.

Tällaiset projektit, joissa on kysymys perusosaamisesta, antavat meille erinomaisen tilaisuuden kouluttaa nuoria ihmisiä kansainväliseen toimintaan.”

Miten alan yhteistyö sujuu?

”Pienessä maassa resurssit ovat rajoitetut. Tarvitaan yhteistyötä, ei ole mitään järkeä siinä, että kaikki tekevät

kaikkea. Yhteistyö tutkimuslaitosten ja yliopistojen välillä on kehittynyt hyvään suuntaan. Konkreettisia tuloksia löytyy laitehankintojen puolelta. Yhdessä on hankittu sellaisia laitteita, joita ei tarvita joka päivä. Meidät koetaan jonkinlaisena neutraalina osapuolena, joten laitteet on sijoitettu tänne meidän tiloihimme, jossa ne ovat jokaisen käytettävissä.”

Mistä alalle työntekijöitä?

”Ammattikorkeakouluille on nostettava kunniaohtorin hattua. Heillä näyttää olevan työnjako kunnossa, ja ne tekevät arvokasta työtä kouluttaessaan alalle insinöörejä eri tehtäviin.”

Ovatko ympäristöasiat hallussa?

”GTK koetaan puolueettomaksi toimijaksi ja sen ansiosta viranomaiset, ELY-keskukset, käyttävät meitä asiantuntijana ja lausunnonantajana lupasioissa. Kuopiossa meillä on laaja yhteistyö Itä-Suomen yliopiston ja THL:n kanssa. Tutkimme kaivosten vaikutusta ympäristöön ja ihmisten terveyteen. Olvi Oy on lahjottanut yliopistolle kolme professuuria, joista kaksi koskettaa läheisesti kaivosteollisuutta.”





Rethinking mine waters

The mining industry is a large consumer of water, and managing quality and quantity is a critically important part of the process. Kemira provides a unique combination of innovative chemicals and application knowledge that improves process efficiency and yield in metals recovery.

Kemira will be exhibiting in EuroMining (11-12.9.2013) in Tampere. Come and visit our stand #A518.

Kemira Where water meets chemistry™

 kemira oyj
 @kemiragroup

Schneider haki kaivosoppia Oulusta

Teksti **Bo-Eric Forstén** Kuvat **Veli-Matti Järvinen**

Energianhallintaan erikoistunut Schneider Electric valtasi Oulu Mining Schoolin viikoksi kesäkuussa. Kyseessä oli yhtiön ensimmäinen ”Master in Mining” -kurssi, jonka tavoitteena on tuoda pohjoisen kaivostoiminta lähemmäksi Schneider Electricin asiakaspalvelijoita ja suunnittelijoita. Koulutukseen osallistui 23 schneiderilaista 17 eri maasta. Jokaisella osanottajalla on omassa työssään suorat tai epäsuorat yhteydet kaivosteollisuuteen.



Schneiderilaisia seitsemästätoista maasta otti tuntumaa Suomen kaivannaisteollisuuteen.

Oulun yliopisto oli laatinut Schneiderin toivomusten mukaan ohjelman, jossa käsiteltiin kaivosten koko elinkaarta, aina malminetsinnästä kaivoksen lopettamiseen saakka. Teknologia ei päässyt dominoimaan, mukana olivat myös kaivosten arkipäivä ja toimintaympäristö. Luennoitsijoina toimi yliopiston oman väen lisäksi eri alojen asiantuntijoita läheltä ja kaukaa, professoreita ja yritysten edustajia. Ruotsin puoleltakin oli mobilisoitu opetusvoimia mm. Raw Materials Groupin **Magnus Ericsson**.

”Yliopiston **Merja Heikkilä** kollegoineen oli laatinut ohjelman, jossa viikon joka hetki käytettiin hyödyksi. Luentoja ja laboratoriotyöskentelyä oli työviikon

verran ja sen päälle mielenkiintoisia yritysvierailuja. Viikon aikana valmiutemme toimia pohjoisen kaivannaisteollisuuden yhteistyöpartnerina koheni huomattavasti”, toteaa **Veli-Matti Järvinen**, joka toimi projektissa Schneiderin asiamiehenä.

Outokumpu Chrome Oy:n Kemlin kaivoksella tutustuttiin kaivoksen maanalaiseen toimintaan. Rikastuksen makuun päästiin vuorostaan Oulu Mining Schoolin mini-pilot rikastamossa, jonka prosessiohjaus ja automaatiotratkaisut ovat Schneider Electricin toimittamia.

”Rikastimme kuparia Pyhäsalmen malmista. Koerikastamo täytti tehtä-

vänsä juuri niin kuin odotimme”, arvioi Veli-Matti.

Veli-Matti Järvinen ja kurssilaiset ovat Oulu-viikkoonsa tyytyväisiä.

”Ei pelkästään Suomessa, vaan koko maailmassa panostamme vahvasti kaivosteollisuuteen, sillä olemme vakuuttuneita siitä, että ratkaisullamme voidaan parantaa kaivostuotannon tehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Oulu Mining School on meille tärkeä yhteistyökumppani, jonka palveluja tulemme vastedeskin käyttämään”, sanoo Veli-Matti Järvinen, joka vastaa Schneider Electricin Mining, Minerals & Metals -klusterin toiminnasta Suomessa. ▲



Oulu Mining Schoolin minipilot-rikastamossa rikastettiin kuparia Pyhäsalmen malmista.



PINTAA SYVEMMÄLTÄ

Toni Eerola, GTK

Anglo American investoi viime vuonna 28 miljoonaa dollaria Sodankylän Sakatin nikkeli-platina esiintymän rajaamiseen ja muiden lähikohteiden määrittämiseen.

First Quantum Minerals (FQM) osti **Inmetin** tänä keväänä. Fuusio sai aikaan yhden maailman suurimmista kuparin tuottajista, jolla on toimintaa kahdeksassa maassa neljällä mantereella.

FQM tunnustaa Inmetin menestyksen sosiaalisen toimiluvan kehittämisessä mm. hyvin hoidetussa ja -johdetussa Pyhäsalmen kaivoksessaan. Se on yksi fuusion uusista arvokkaista kohteista.

Tämän vuoden maaliskuussa **European Uranium Resources Ltd.**:lle myönnettiin kolmen vuoden malminetsintälupa Aseennon ("10.000 lohkaaren")-hankkeeseen Keski-Pohjois-Suomeen (3.556,6 ha). Lukuisia mineralisoituneita lohkaareita on löydetty ja alue on potentiaalinen arkeisten graniittien hydrotermien juoni-tyyppinen uraaniesiintymä.

Mawsonin tämän vuoden talven kairausohjelman paras lävistys oli 148 g/t kultaa ja 0,42 % uraania puolen metrin matkalla Etelä-Rompaksen esiintymässä.

Vuoden 1. neljänneksellä **Lapland Goldminers AB:n** Pahtavaaran kaivok-

Malminetsintää ja kaivostoimintaa maailman parhaassa paikassa!

sen kullantuoantanto väheni odotusten vastaisesti (yhteensä 91 kg Au). Tämä johtui malmin erilaisesta koostumuksesta Karolinan alueella, mikä johti tuotannon väliaikaiseen pysäyttämiseen. Kuitenkin tämän kevään malminetsintätoimet osoittavat suurta potentiaalia malmivarantojen kasvattamiseen. Tämä vahvistaa yhtiön näkemystä uusista mineralisaatioista lähellä olemassaolevaa infrastruktuuria.

Laivan kultakaivos tuotti 278 kiloa kultaa vuoden 1. neljänneksellä. Rikastamon käyttöaste oli 83 %.

Sotkamo Silver on saanut ympäristöluvan hopeakaivokselleen Sotkamossa.

Dragon Mining Ltd.:in analyysitulokset lävistyksistään Juomasuon kairausohjelmassa Kuusamossa ovat tuoneet positiivisia tuloksia: 6,99–9,44 g/t kultaa 4,45–8,85 metriltä. Lisäksi kairanreiästä KS/JS-260 (263 m) saatiin 14,76 g/t 14,80 metriltä. Mineralisaatiot löytyivät tunnetun kultaesiintymän ulkopuolelta.

Juomasuon esiintymällä on pituutta 280 m ja saman verran syvyyttä. 85 % sen kullasta esiintyy maanpinnan ja 180 m syvyyden välillä. Johtuen sisältämästään uraanista, **Suomen Säteilyturvakeskus** laatii radioaktiivisuuden luonnontilaselvityksen alueella ja sen on määrä valmistua ensi vuonna.

Nordkalk kasvattaa tuotantoaan Lohen kalkkikivikaivoksella Savonlinnassa ja palkkaa lisää työntekijöitä.

Cove Resources Ltd.:lle myönnettiin kaivospiiri Koivun titaanihankkeelle.

Belvedere Resources Ltd. pysäytti toimintansa Hituran nikkelikaivoksellaan. Yhtiö lomautti 60–69 kaivoksen työntekijää kolmeksi kuukaudeksi. Seisokin

aikana huolto- ja avainhenkilöstö jatkaa kuitenkin töissä ja tutkii mahdollisuuksia Kopsan kulta-kuparimalmin rikastamiseen Hituran laitoksessa. Yhtiön toimitusjohtajan **David Pymin** mukaan seisokki johtuu nikkelin hinnan laskusta ja pitkästä lupakäsittelyn kestosta.

Geologian tutkimuskeskus (GTK) järjesti GTK:n sidosryhmäseminaarin Kuopiossa toukokuussa. Seminaarissa kansainväliset kaivosyhtiöt ja suomalaiset toimijat kuuluivat GTK:n asiantuntijoiden esityksiä sen asemasta mineraalisektorilla, meneillään olevista tutkimuksista, kartoituksesta ja palvelutarjonnasta.

Läsnä olleiden ulkomaalaisten mielestä Suomella ei ole kuin yksi suunta Frasier-instituutin 1. sijalta maailman parhaana kaivosinvestointikohteena: alas. Tähän voivat johtaa kaksi asiaa: lupakäsittelyn pitkäkestoisuuden jatkuminen sekä kaivoskriittisyyden kasvu. GTK:lta vaadittiin toimenpiteitä kaivostoiminnan hyväksyttävyyden lisäämiseksi.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) suosittaa Kainuu-Koillismaan aluehallintovirastoa laatimaan kaivospiirin **Mustavaaran kaivokselle**. Tämän tapahduttua Tukes myöntäneen kaivosluvan tämän vuoden loppupuolella.

Outokumpu Oyj avasi ferrokromitehtaansa Torniossa. Investointi on 410 miljoonan euron kokoluokkaa ja se mahdollistaa tänä vuonna 400 000 tonnin ferrokromituotannon, saavuttaen koko kapasiteettinsa (530 000 t) vuonna 2015. Uusi tehdas on maailman integroiduin ruostumattoman teräksen tuotantolaitos. Toimitusjohtaja **Mika Seitovirran** mukaan ferrokromi on selvä kilpailuetu kustannustehokkaan ruostumattoman teräksen raaka-aineen valmistuksessa. Outokumpu Oyj laajentaa myös Kemin kromikaivostaan. ▴

Lisää Suomen kaivosalan uutisia (englanniksi): GTK:n ylläpitämä Exploration News (<http://en.gtk.fi/informationsservices/explorationnews/index.html>)



WELCOME TO FEM 2013

9th Fennoscandian Exploration and Mining

29-31 October 2013 – Levi, Lapland, Finland

<http://fem.lappi.fi>

FIMECCin ELEMET-ohjelman viides jakso alkoi

Jarmo Söderman, ELEMET-ohjelman ohjelmapäällikkö

FIMECCin ELEMET-ohjelman viides jakso alkoi 1.5.2013. Ohjelma käynnistyi toukokuussa 2009 ja on edennyt tehokkaasti ohjelmasuunnitelman mukaisesti. Tekesin nyt saatu rahoituspäätös kattaa ajanjakson 1.5.2013–31.12.2014.

Rahoituspäätöksen myötä Tekesin hyväksymän tutkimustyön kustannusarvio saavuttaa ohjelmasuunnitelman tavoitteen 34 milj. euroa. Tämä jakautuu tasan yritysten ja tutkimuslaitosten tutkimustyön kesken, n. 17 milj. euroa kumpikin. Tekes rahoittaa yritysten osuudesta 30 % ja tutkimuslaitosten osuudesta 70 %. Nyt käynnistynyt jakso on ohjelman viimeinen. Ohjelma päättyy vuoden 2014 loppuun mennessä.

FIMECCin ELEMET-ohjelma on viisivuotinen tutkimusohjelma, jonka kuudessa työpaketissa on 11 yritysten ja tutkimuslaitosten yhteisesti toteuttamaa tutkimushanketta. Hankkeissa mukana ovat metalliteollisuusyritykset Ruukki Metals, Outokumpu Stainless, Outotec, Boliden Harjavalta, Boliden Kokkola ja Norilsk Nickel Harjavalta sekä yliopistot ja tutkimuslaitokset

Aalto-yliopisto, Oulun yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, VTT, Åbo Akademi ja Helsingin yliopisto.

Ohjelmassa on saavutettu merkittäviä tuloksia, joista on kerrottu aiemmin tässä lehdessä. Mainittakoon esimerkiksi uusi teräskonvertterimalli, jolla laskenta-aika saadaan radikaalisti lyhyemmäksi kuin muilla mallinnustavoilla. Prosessi voidaan kuvata kolmen osan avulla ja tulokset saadaan nopeammin kuin reaaliprosessin muutokset tapahtuvat. Tämä antaa mahdollisuuden käyttää mallia konvertterien ja reaktoreiden on-line ohjauksissa. Toisena esimerkkinä voidaan mainita jatkuvan valun simulaattori. Simulointi on visualisoitu tehokkaasti, niin että valukappaleen sisälle voidaan "nähdä" valuprosessin aikana. Työkalulla voidaan simuloida erilaisten teräslaatuojen käyttäytymistä valuprosessissa ja ennustaa teräkseen jäävän vedyn vaikutuksia.

Ohjelman viimeisen jakson aikana pitkäjänteinen tutkimustyö viedään projekteissa asetettuihin tavoitteisiinsa. Saavutetut tulokset raportoidaan sekä kirjana, sähköisenä aineistona että ohjelman loppuseminaarissa, joka tullaan järjestämään syksyllä 2014. Tieteellisen työn määrää ohjelman aikana voidaan mitata esim. julkaisujen määrällä. Ennen nyt alkanutta jaksoa ohjelmassa on

tehty yhteensä 275 julkaisua, joista n. 160 on kansainvälisiä vertaisarvioituja aikakauslehtijulkaisuja ja konferenssijulkaisuja.

FIMECCin 5-vuotisjuhlaseminaari tulossa marraskuussa

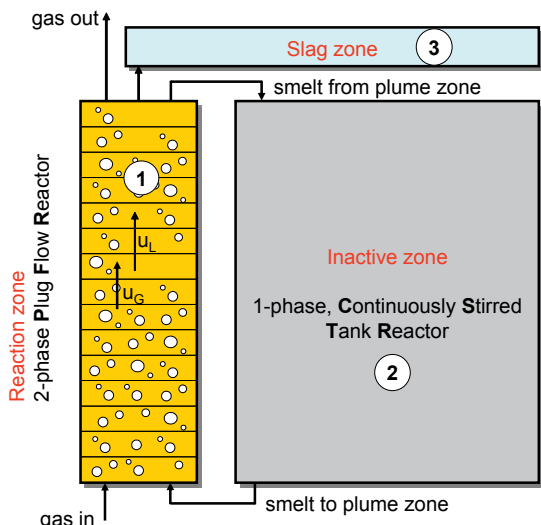
FIMECCin toiminnan tämän vuoden huippukohta tulee olemaan FIMECCin 5-vuotisjuhlaseminaari. FIMECCin ohjelmat tulevat esittelemään saavutettuja tuloksia laajalla rintamalla.

FIMECC's 6th Annual Seminar pidetään 19. – 20.11.2013 Tampereella. ▲

FIMECCille uusi teknologiajohtaja

FIMECCin aiempi teknologiajohtaja, TKT Seppo Tikkanen on nimitetty professoriksi Tampereen Teknilliseen yliopistoon, Hydraulikka ja automatiikka -yksikköön. FIMECC on valinnut uudeksi teknologiajohtajaksi tekniikan tohtori **Kalle Kantolan**. Kalle Kantola siirtyy tehtävään Accenturen IT-yksikön päällikön paikalta. Kantola on aiemmin työskennellyt mm. Sveitsissä ja Japanissa.

Jatkuvan valun simulaattori.



Teräskonvertterimalli.



Manufacturing Performance Days veti jättiläisön Tampereelle

Jarmo Söderman, ELEMET-ohjelman ohjelmapäällikkö

Valmistavan teollisuuden asian-
tuntijat kokoontuivat 10.–12.6.
2013 Tampere-talolle Manufacturing Performance Days (MPD)
-kongressiin keskustelemaan
alan tulevaisuudesta.

Neljättä kertaa järjestetyn tapahtuman
teemana oli kestävä kasvu. Sitä tavoit-
tellaan mm. innovaatiotoiminnan avul-
la sekä yrityskulttuureita ja tuotanto-
menetelmiä kehittämällä.

Osallistujia oli yli 400, 15:stä eri maas-
ta. MPD toimii Suomen valmistavan
teollisuuden näyteikkunana maailmal-
la ja tarjoaa keskustelufoorumia yri-
tysten ja akateemisen maailman edus-
tajille. MPD:ssa tarkastellaan kestävä
kehityksen mukaisia tulevaisuuden rat-
kaisuja tavoitteena vahvistaa Suomen
kilpailukykyä ja parantaa alan toimin-
taedellytyksiä Euroopassa. MPD:n ko-
timaiset teollisuuspartnerit ovat **Avant
Tecno, Fastems, FIMECC, Konecranes,
MeVe, Pemamek ja Prima Power.**

Avauspuheenvuoron piti Teknolo-
giateollisuus ry:n toimitusjohtaja **Jor-
ma Turunen.** Turunen peräänkuulutti
kasvua ja investointeja tukevaa vero-
tusta sekä tukeaa palkkausta ja työaikoja
koskevalle päätöksenteolle yrityksissä.
Politiikan haasteeksi hän asetti aineet-
tomien pääomien ja niihin liittyvien
voittojen pitämisen Suomessa. Samalla
hän painotti, että yritysten kilpailuky-
kyä ei pidä rasittaa kansallisesti eikä
Euroopan tasolla.

Haasteena Turunen näki teollisu-
uden maailmanlaajuisen rakennemu-
utoksen, jossa tuotanto ja palvelut et-
sittyvät nopeasti kehittyville uusille
alueille. Suomessa yhdeksi pullonkau-
laksi uhkaa muodostua kohtuuhintai-
sen energian saatavuus teollisuuden
tarpeisiin. Mahdollisuutena Turunen
näki Suomen valmistavan teollisuuden

kehittämät uudet ympäristö- ja ener-
giateknologiat.

Konecranesin hallituksen puheen-
johtaja ja SHOK-ohjelman johtoryh-
män puheenjohtaja **Stig Gustavson**
käsittelee puheenvuorossaan SHOKien
toiminnan tuloksia ja kiitti erityisesti
FIMECCiä aktiivisesta toiminnasta.
FIMECC on SHOKeista suurin ja tart-
tunut Gustavsonin mukaan kunnian-
himoisesti uudistamaan metalli- ja ko-
neenrakennuksen toimialaa. FIMECC
on kehittänyt mm. kansainvälisessä ar-
vioinnissa myönteistä julkisuutta saa-
neen FIMECC Factory -toimintatavan
sekä luonut toimivat yhteistyösuhteet
mm. Saksaan.

Yhteistyöstä saatiin konkreettista
näyttöä MPD:ssä, kun FIMECC Oy:n toi-
mitusjohtaja **Harri Kulmala** ja It'sOWL
Clustermanagement GmbH:n toi-
mitusjohtaja **Günter Korder** allekirjoitti-
vat yhteistyösopimuksen FIMECCin ja
Saksan FIMECCiä vastaavan Spitzen-
clusterin kesken. Kulmala totesi pu-
heenvuorossaan, että FIMECCin neljän
vuoden ohjelmatoiminnan aikana mu-

kana olleet yritykset ovat raportoineet
jo 100 miljoonan euron liiketoiminta-
hyötyjä.

”Suomen pääomaköyhyys tarkoit-
taa sitä, että ulkomaalaisten tulisi in-
vestoida tänne. Tämä onnistuu vain,
jos voimme tarjota heille kiinnostavan
investointiympäristön. Olemme onnis-
tuneet strategisen huippuosaamisen
keskittymillä varmistamaan sen, että
ulkomaalaiset arvostavat Suomea t&k-
ympäristönä”, sanoi Harri Kulmala.

Günter Korder totesi omassa pu-
heenvuorossaan: ”I am here, because
we want to work with the best partners.
We have identified FIMECC as such”.

*FIMECC Oy:n toimitusjohtaja Harri Kulmala,
it'sOWL Clustermanagement GmbH:n
toimitusjohtaja Günter Korder sekä Fastems
Oy:n konsernihoitaja ja FIMECCin halli-
tuksen puheenjohtaja Tomas Hedenborg
vahvistavat kolmen käden puristuksella
FIMECCin ja it'sOWL Clustermanagement
GmbH:n välisen yhteistyösopimuksen.*



Kuva Ikiisto Oy



Metalli- ja kaivostuotannon koulutusta POHTOssa.

Tulossa syksyllä 2013.

- Teollisuuden hankinnat -seminaari 24.9.
- Teollisuuden ympäristöpäivä -seminaari 3.10.
- Kaivosturvallisuus 2013 -seminaari 13. - 14.11.
- *Yhteistyössä Metallurgian VAT:n kanssa:*
Valssauksen uudet tuulet -seminaari 26. - 27.11.

Tulossa vuonna 2014.

- Kaivosten turvallisuudesta vastaavien henkilöiden koulutus keväällä 2014
- FinnMateria 2014 messuseminaarit 19. - 20.11.2014

Tutustu seminaariohjelmiin ja ilmoittaudu mukaan www.pohto.fi



POHTO - Työtä asiakkaan parhaaksi.



LAIVAN KULTAKAIVOS RAAHESSA

- Emoyhtiö Nordic Mines AB on listattu Tukholman pörssissä
- Noudatamme tiukkoja ympäristövaatimuksia
- Tavoitteenamme on saavuttaa sosiaalisen toimiluvan pysyvyys
- Meneillään useita toimenpiteitä tuotannon tehostamiseksi
- Haemme kokeneita kaivosalan ammattilaisia



Laivan kultakaivos:

Nordic Mines Oy
Laivakankaantie 503
92230 Mattilanperä

www.nordicmines.se

Malmineitsintä:

Nordic Mines AB filial Finland
Ylipääntie 637
92220 Piehinki

www.nordicmines.se

Kaivosteollisuuden uudet kansainväliset ammattimessut Tampereella



11.-12.9.2013
Tampereen Messu- ja Urheilukeskus

Euroopan johtavat kaivosteknologiamessut

Kansainvälinen kaivosteknologian ammattimessutapahtuma EuroMining kokoaa kaivos- ja louhintateollisuuden, geologian, rikastus- ja prosessiteollisuuden sekä metallurgian ammattilaiset ensimmäistä kertaa Tampereelle 11.-12.9.2013.

EuroMining-messut toteuttaa Tampereen Messut Oy yhteistyössä Vuorimiesyhdistyksen sekä Tekesin Green Mining-ohjelman kanssa.



Esillä ajankohtaiset teemat

Suomi on yksi johtavista maista kaivosteknologiassa ja kansainvälisen kaivosteollisuuden arvioinneissa maailman kiinnostavin kaivosalue. EuroMining-messujen monipuolisissa, maksuttomissa seminaareissa keskitytään mm. uusien teknologioiden käyttöönottoon, rahoitukseen sekä sosiaalisen toimiluvan edellytyksiin.

Rekisteröidy kävijäksi veloitusetta:
www.euromining.fi/register

Kirkasta valoa teräksen pinta-analyyttiseen tutkimukseen

TkT **Harri Ali-Löytty** ja professori **Mika Valden**, Pintatieteen laboratorio, Optoelektroniikan tutkimuskeskus, Tampereen teknillinen yliopisto



Harri Ali-Löytty



Mika Valden

FIMECC Oy:n DEMAPP-tutkimusohjelmassa kehitetään teräsmateriaaleja polttomoottoreiden pakokaasujärjestelmien haastaviin käyttöolosuhteisiin. Tästä tutkimustyöstä hyötyvät myös ympäristöystävälliset polttokennoteknologiat, joissa on kohdattu samat materiaalien pintaominaisuuksiin liittyvät haasteet. Erityisesti korkean lämpötilan korroosionkesto ja kustannustekijät asettavat tiukat kriteerit materiaaliratkaisuille.

Korroosion hinta

Korroosiosta aiheutuvien kustannusten on arvioitu olevan yli 3 % koko maailman bruttokansantuotteesta. Vuonna 2012 tämä tarkoitti suomalaisille yli 4,8 mrd. € kustannuksia, jotka vastaavat kymmenesosaa Suomen valtion budjetista. Korroosiosta aiheutuvia kustannuksia voidaan kuitenkin merkittävästi pienentää valitsemalla sovelluskohteeseen materiaali, jonka korroosionkesto-ominaisuudet ovat tavanomaisia materiaaleja paremmat.

Yleisin laitteen käyttöikä merkittävästi pidentävä ratkaisu on valita materiaaliksi ruostumaton teräs. Ensimmäiset ruostumattomat terässeokset keksittiin 100 vuotta sitten. Tuolloin havaittiin, että riittävän suuri kromipitoisuus sai rauta-kromiseoksen säilyttämään metallinhohtonsa olosuhteissa, joissa hiiliteräs ruostui. Pinta-analyttisillä tutkimusmenetelmillä on pystytty selvittämään, että tämän poikkeuksellisen ominaisuuden perustana on ruostumattomien terässeoksien

pinnalle muodostuva, vain muutamien nanometriä paksuinen kromirikas oksidikerros, joka suojaa materiaalia korroosiolta.

Eroon nikkelistä

Raaka-aineiden, erityisesti nikkelin, hintojen suuret vaihtelut ovat pakottaneet etsimään uusia vaihtoehtoja perinteisille ruostumattomille terässeoksille. Esimerkiksi austeniittinen ASTM 304 -luokan "18-10" teräslaatu sisältää 10 % nikkeliä, joka saattaa muodostaa jopa 60 % raaka-aineiden materiaalikustannuksista.

Ferriittiset ruostumattomat teräslajit eivät sisällä nikkeliä, mutta niillä on usein vastaavat korroosionkesto-ominaisuudet kuin austeniittisillä teräse-

oksilla, joiden kromipitoisuus on sama.

Yhtenä sovellusalueena ferriittisille ruostumattomille teräksille ovat polttomoottoreiden pakokaasujärjestelmät (kuva 1). Tavoitteet polttomoottoreiden hyötysuhteen kasvattamisesta ja ympäristöystävällisemmästä toiminnasta ovat johtaneet käyttölämpötilojen kasvuun, mikä puolestaan on asettanut polttomoottoreissa käytettäville materiaaliratkaisuille entistä tiukemmat korroosionkestovaatimukset.

Seosaineiden vaikutus

Korkeissa lämpötiloissa ruostumattomien teräsmateriaalien pinnalle muodostuvan suojaavan oksidikerroksen paksuus kasvaa. Korroosionkestoa voidaan tällöin parantaa seostamalla teräkseen pieniä määriä esimerkiksi piitä ja niobiumia. Nämä alkuaineet muodostavat erittäin stabiileja yhdisteitä oksidi-metalli-rajapinnalle, mikä on havaittavissa kuvan 2 tutkimustuloksesta. Tämän rajapinnan koostumus vaikuttaa oksidikerroksen kasvunopeuteen ja kiinnittymiseen.

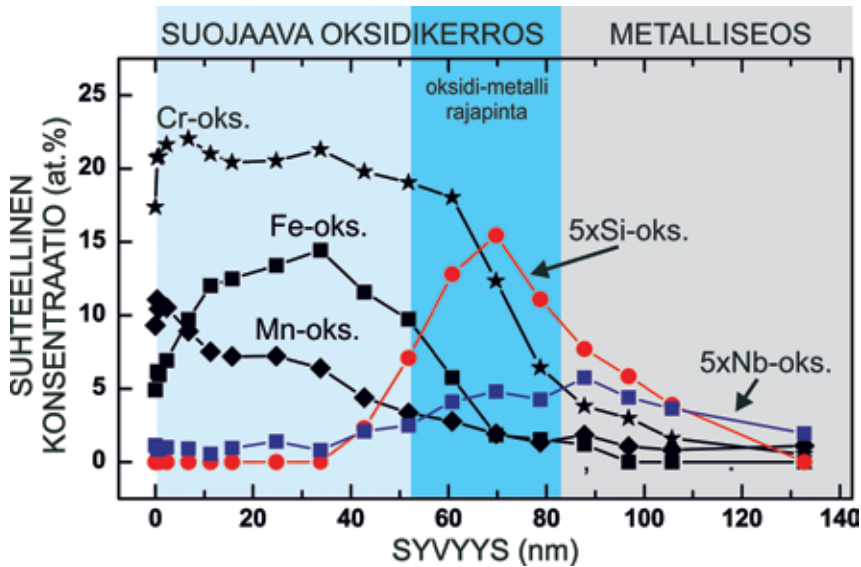
DEMAPP-ohjelma tuottaa tuloksia uusille sovellusalueille

TTY:n Pintatieteen laboratorio on mukana FIMECCin DEMAPP-ohjelman FABRICS-projektissa, jossa kehitetään ferriittisiä ruostumattomia teräsmateriaaleja polttomoottoreiden pakokaasujärjestelmiin. Projektin yritysosapuolet ovat Outokumpu Stainless Oy, Wärtsilä Finland Oy, Ecocat Oy, Outokumpu Stainless Tubular Products Oy Ab ja Iittala Group Oy Ab.

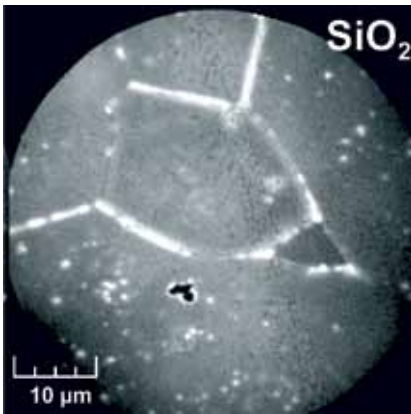
Tutkittavissa käyttöolosuhteissa teräksen korroosionkesto on vaikuttavasti pienetkin seosainepitoisuudet,



Kuva 1. Wärtsilän polttomoottori-pakokaasujärjestelmä (yllä) sekä kiinteäoksidipoltto-kenno (alla). (Kuvat: Wärtsilä.)



Kuva 2. Röntgenvirtiteisellä fotoelektronispektroskopiamenetelmällä mitattu syvyysprofiili ferriittisen ruostumattoman teräsnäytteen (EN 1.4509) pinnalle 650°C lämpötilassa muodostuvasta suojaavasta oksidikerroksesta.



Kuva 3. Synkrotronisäteilyviriteinen fotoemissioelektronimikroskopiakuva piioksidin jakaumasta ferriittisen ruostumattoman teräsnäytteen (EN 1.4509) pinnalla 650°C lämpötilassa

sillä korkeissa lämpötiloissa raudan seosaineilla on taipumus rikastua rajapinnoille ja muodostaa stabiileja yhdisteitä. Näiden ilmiöiden tutkiminen

on mahdollista pinta-analyttisillä tutkimusmenetelmillä, joiden soveltamisesta metallimateriaalien pintatutkimukseen professori **Mika Valdenin** johtamalla Pintatieteen laboratoriollla on pitkät perinteet.

FABRICS-projektiin liittyen on tänä keväänä valmistunut Tkt **Harri Ali-Löytyn** väitöskirja. Väitöskirjatyössä on keskitytty teräspintojen hapettumisiin ja suojaavan oksidikerroksen muokkaamiseen teräksen mikroseosainekoostumusta muuttamalla. Teräksen niobiummikroseostuksella havaittiin olevan yhteys oksidi-metalli-rajapinnalle muodostuvan piioksidikerroksen koostumukseen, joka käy ilmi **kuva 3**.

Tutkimuksen tuottama yksityiskohdainen tieto niobiummikroseostuksen yhteydestä teräsmateriaalin sähköisiin ominaisuuksiin on mahdollista hyödyntää kehitettäessä edullista materiaaliratkaisua kiinteäoksidipolttokennosovel-luksiin (SOFC, solid oxide fuel cell).

DEMAPP-ohjelmassa tuotetuista tuloksista pystyvät siis hyötymään myös projektin ulkopuoliset yritykset, kuten esimerkiksi Elcogen Oy, joka on kansainvälisen läpimurron kynnyksellä oleva SOFC-polttokennostoja valmistava suomalainen yritys.

Kirkasta valoa synkrotronista

Pintatieteen laboratorio hyödyntää tutkimuksessa synkrotronisäteilyviriteisiä tutkimusmenetelmiä. Synkrotronisäteily on hiukkaskiihdyttimen (synkrotronin) avulla tuotettua erittäin intensiivistä ja lähes monokromaattista valoa, jonka vuorovaikutus kaasun, nesteen tai kiinteän aineen kanssa tuottaa tietoa aineen geometrisesta rakenteesta, elektronirakenteesta sekä koostumuksesta.

FABRICS-projektissa synkrotronisäteily mahdollisti mikroseosaineiden hapettumisen tutkimisen tarkkuudella, jota ei ole mahdollista saavuttaa perinteisiä laboratoriosäteilylähteitä käyttämällä.

Pintatieteen laboratorio on myös mukana suunnittelemassa ja rakentamassa tutkimuslinjaa uuden sukupolven synkrotronisäteilykeskukseen MAX IV-laboratorioon, joka on valmistumassa Ruotsin Lundiin (**kuva 4**).

Lopuksi

Tieteellisesti merkittävien huipputuloksien saavuttaminen kokeellisessa materiaalitutkimuksessa edellyttää uusimpien tutkimusmenetelmien aktiivista käyttöönottoa ja kehittämistä. Yhdistettynä yritysten tarjoamaan teknologiseen erityisosaamiseen voidaan pitkäjänteisen työn tuloksena saada aikaan kansainvälisesti merkittäviä innovaatioita. DEMAPP-ohjelma on onnistunut tarjoamaan nämä lähtökohdat tutkimukselle.



Kuva 4. Arkkitehtitoimiston näkemys vuonna 2016 valmistuvan synkrotronisäteilykeskus MAX IV-laboratorion julkisivusta ja ilmakuva rakennustöiden edistymisestä tämän vuoden toukokuulta. (Kuvat: vas. Fojab, oik. Perry Nordeng / MAX IV Laboratory.)

Väkevien metallisulfaattipitoisten vesiliuosten termodynaamiset ominaisuudet

TkL **Petri Kobylin**, Aalto-yliopisto



Petri Kobylinin (kesk.) väitöskirja *Thermodynamic modeling of aqueous metal sulfate solutions* tarkastettiin Aalto-yliopiston Kemian tekniikan korkeakoulun Materiaalitekniikan laitoksella 19.4.2013. Vastaväittäjänä toimi Tohtori Erich Königsberger, Murdoch University, Australia (oik.). Tilaisuutta valvoi professori Pekka Taskinen (vas.), Aalto-yliopiston Kemian tekniikan korkeakoulu, Materiaalitekniikan laitos.

mangaanisulfaatteja sisältävien rikkihappo-vesi systeemien liukoisuuksia laajalla lämpötila- ja pitoisuusalueella.

Vesiliuoksista

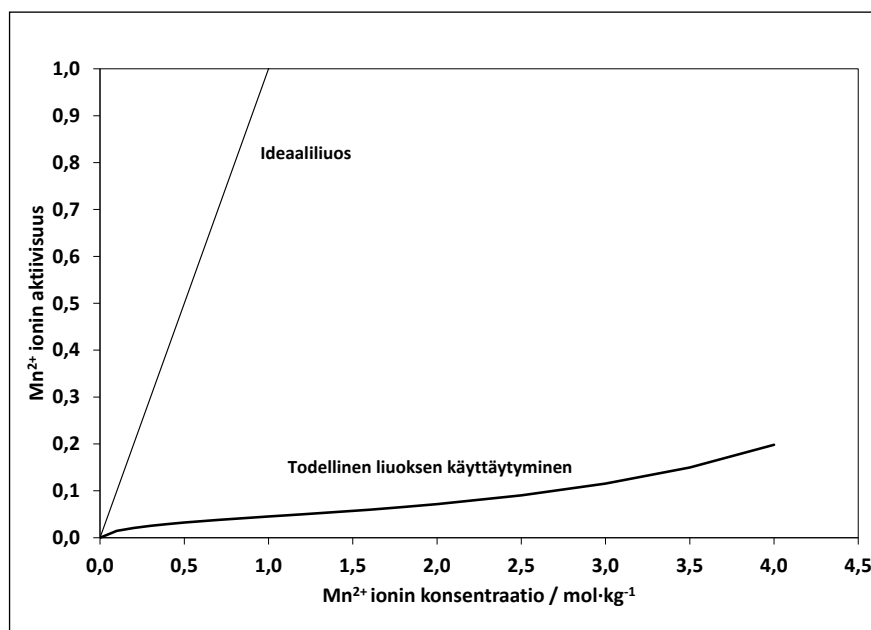
Suolat liukenevat vesiliuoksiin ioneina ja näin veden polaarisuuden luonteen seurauksena muodostuvat sähköiset vuorovaikutukset anionien ja kationien välillä aiheuttavat epäideaalisuutta niiden käyttäytymiseen. Epäideaalisuus on voimakkaasti pitoisuuden funktio ja hyvin suuri teollisilla metallipitoisuuksilla 1-3 mol/l. **Kuvasta 1** käy selville Mn^{2+} -ionin aktiivisuus konsentraation funktiona. Kuvasta nähdään, että vesiliuos systeemin kuvaaminen ideaalisella mallilla johtaa täysin virheellisiin tuloksiin. Se miten paljon vesiliuos poikkeaa ideaalista, riippuu jossakin määrin mallista, koska ionien ominaisuuksia ei voida mitata.

Monet metallit valmistetaan tai ainakin puhdistetaan vesiliuoksissa ja vesi on eräs luontoa kuluttavista ilmastollisista tekijöistä. Siksi vesiliuoksia esiintyy niin teollisissa prosesseissa kuin myös luonnollisissa ympäristöissä ja niiden kemialliset ominaisuudet ovat kiinnostavia mm. tuotantomenetelmien kehittämiseksi ja erilaisten ympäristötekniisten vaikutusten arvioimiseksi. Tässä työssä on tutkittu tekniikassa yleisten sulfaattiliuosten ominaisuuksia ja niiden mallintamista termodynaamisilla keinoilla. Tavoitteena on ollut kehittää väkevien suolaliuosten tietokanta niiden reaktioiden ja muiden ominaisuuksien mallintamiseksi.

Johdanto

Hiili- ja metallisulfidikaivosten happamat suotovedet ovat pitkään olleet merkittävä ympäristöongelma. Kierrätyksen ja materiaalien uudellenkäytön vaatimukset ovat kasvaneet huomattavasti erityisesti EU:ssa. Neutraloidun maa-aineksen vieminen täyttömaaksi ei ole enää mahdollista. Tarvitaan siis tehokkaita menetelmiä rikkihapon ja metallisulfaattien kierrättämiseksi ja uudelleen käyttämiseksi erilaisista sivuvirroista. Vesiliuoksia sisältäviä prosesseja kehitettäessä tarvitaan edelleen parempaa ymmärrystä siitä, miten

mm. rikkihappo ja metallisulfaatit ja niiden ionit käyttäytyvät termodynaamisesti eli miten niiden reaktiot kulloinkin tapahtuvat ja mitä mm. lämpöefektejä niihin sisältyy. Tässä työssä on kehitetty termodynaaminen tietokanta, jolla voi mm. laskea rauta-, nikkeli- ja



Kuva 1. Työssä mallinnettu Mn^{2+} -ionin aktiivisuus konsentraation funktiona 25°C lämpötilassa Pitzer-mallin mukaisesti.

Vesiliuosten mallintaminen

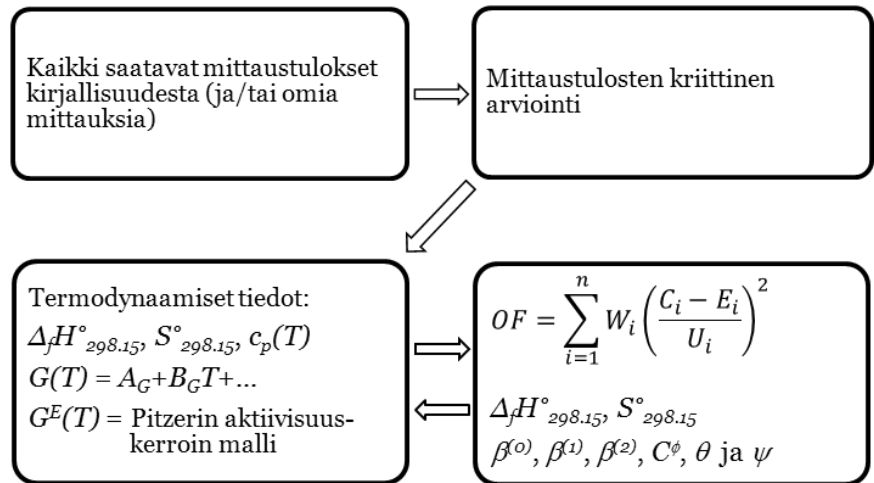
Tässä työssä termodynaamisen tasapainon laskenta perustuu Gibbsin energian minimointimenetelmään. Käytetyille termodynaamisille malleille on ominaista, että ne kuvaavat oikein aineominaisuuksien käyttäytymisen systeemin ulkoisten ja sisäisten muuttujien funktiona, koska kaikki aineominaisuudet ovat johdettavissa Gibbsin energian lämpötila-, paine- ja koostumusriippuvuuksista. Koska valmista laskentamallia ei ollut saatavilla, täytyi mallin parametrit tässä työssä sovittaa käyttäen kirjallisuudesta löytyviä liuosten ja puhtaiden aineiden termodynaamisten ominaisuuksien mittauksia (mm. aktiivisuus-, liuoksen entalpia- ja lämpökapasiteetti- sekä liukoisuusmittaukset). Epäideaalisuus on huomioitu Pitzerin keskiaktiivisuuskerroinmallilla. Tämä ns. CALPHAD-tekniikan mukainen optimointi, jota ei toistaiseksi ole juurikaan sovellettu vesiliuosten ominaisuuksien mallintamiseen, on esitetty kuvassa 2. Menetelmän tarkoituksena on varmistaa että malli on termodynaamisesti sisäisesti konsistentti.

Tulokset

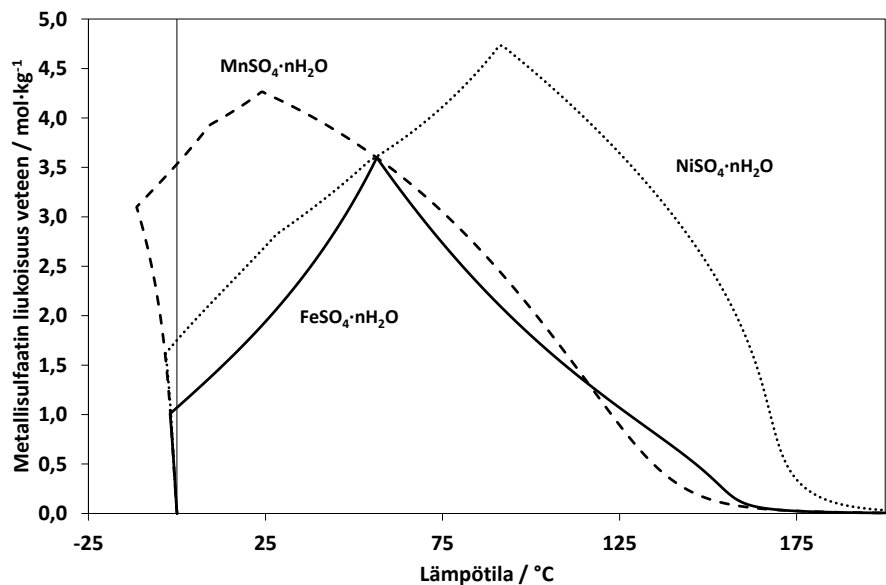
Aineominaisuuksien mallinnysoympäristönä käytettiin NPL:n MTDATA¹-ohjelmistoa. Työssä kehitetyllä mallilla voidaan laskea halutussa lämpötilassa vettä, suolaa ja rikkihappoa sisältävien liuosten ominaisuuksia laimeista liuoksista kyllästysoajalle saakka. Malli kertoo myös, kuinka monta kidevettä suola sisältää tietyssä lämpötilassa. Esimerkiksi rautasulfaatin liukoisuus veteen huoneen lämpötilassa on 1.94 mol•kg⁻¹ ja stabiili suola on tällöin FeSO₄•7H₂O(s). Lasketut metallisulfaattien liukoisuudet veteen laajalla lämpötila- ja konsentraatioalueella on esitetty kuvassa 3. Tuloksia tarkkailtaessa on hyvä muistaa, että vesiliuokset ovat erittäin epäideaalisia pitoisuusalueilla, jotka ovat teollisesti tärkeitä, kuten kuvassa 1 esitettiin.

Yhteenveto

Tässä työssä on kehitetty FeSO₄-H₂SO₄-H₂O, NiSO₄-H₂SO₄-H₂O ja MnSO₄-H₂O systeemien termodynaamisesti konsis-



Kuva 2. Vesiliuosten mallintamisen optimointikaavio.



Kuva 3. Mallilla lasketut metallisulfaattien liukoisuudet veteen lämpötilan funktiona (n kuvaa suolan kidevesien määrää, joka vaihtelee lämpötilasta ja metallista riippuen).

tentti tietokanta, jolla voi laskea metallisulfaattien vesiliuosten mm. liukoisuuksia laajalla lämpötila- ja konsentraatioalueella. Mallin termodynaamiset tulokset ovat täysin geneerisiä eli riippumattomia prosessi- ja teknologiaympäristöistä, joissa sitä hyödynnetään. Mallista on hyötyä, kun teollisia mineraaleja hyödyntäviä monimutkaisia kemiallisia tuotantoprosesseja kehitetään ja niiden toimintaa optimoidaan sekä

niiden aiheuttamia mm. ympäristöongelmia ratkaistaan. ▴

KIITOS

Väitöskirjan on mahdollistanut Outokumpu Oyj:n säätiö, Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiön metallinjalostajien rahasto ja TKK:n tukisäätiö, joille kirjoittaja haluaa osoittaa kiitoksensa. ▴

¹NPL = National Physical Laboratory, UK; www.mtdata-software.com

Uuden pyrometallurgisen ferronikkelin valmistusmenetelmän kehitys lateriittisista malmeista

DI **Ali Bunjaku**, Aalto-yliopisto

ali.bunjaku@aalto.fi



Ali Bunjakun väitöskirja *The effect of mineralogy, sulphur, and reducing gases on the reducibility of saprolitic nickel ores* tarkastettiin Aalto-yliopiston Kemian tekniikan korkeakoulussa 1.02.2013. Vastaväittäjänä toimi professori Timo Fabritius Oulun yliopistosta ja kustoksena professori Pekka Taskinen.

Ruostumattoman teräksen käyttö ja valmistus ovat kasvaneet viime vuosikymmeninä ja kasvu keskimäärin ja pitkällä tähtäimellä tulee edelleen jatkumaan voimakkaana. Suurimman ruostumattomien terästen ryhmän muodostavat austeniittiset ruostumattomat teräkset, joissa nikkeli on keskeinen seosaine kromin ohella. Tyypillisiä esim. ruokailuvälineissä käytettäviä teräksiä ovat 18/8 ja 18/10- teräkset, joissa luvut kertovat niiden kromi- ja nikkelipitoisuudet.

Tausta

Nikkeliä voidaan valmistaa joko lateriittisistä eli oksidisista tai sulfidisista malmeista. Historiallisesti nikkelipitoisten sulfidimalmien käyttö nikkelin valmistuksessa on ollut ylivoimaista, vaikka noin 73% maailman tunne-

tuista malmivaroista onkin lateriitteja (kuva 1). Lateriittisen malmin käytön on kuitenkin arvioitu kasvavan tulevaisuudessa. Lateriittisiä malmeja ei voida rikastaa, mutta sulfidisia malmeja kylläkin.

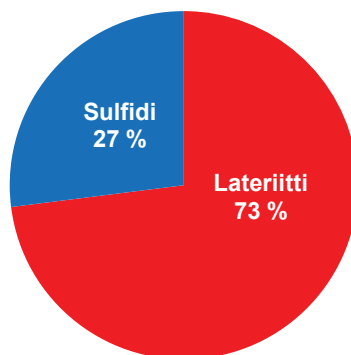
Nikkelin valmistus lateriittisistä malmeista vaatii huomattavasti enem-

män energiaa kuin valmistus sulfideista. Lateriittien hyödyntäminen onkin toistaiseksi ollut suhteellisen vähäistä (kuva 2), koska ei ole vielä kehitetty menetelmiä, joilla voitaisiin valmistaa taloudellisesti, energiatehokkaasti ja ympäristöystävällisesti riittävän korkealaatuista metallituotetta.

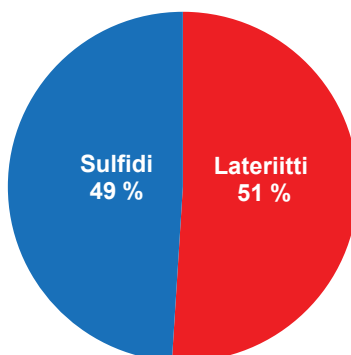
Työn fokus

Noin 40 % lateriittisistä nikkelimalmeista on mineralogialtaan kidevedellisiä nikkelimagnesiumsilikaatteja (ns. saproliitteja), jotka soveltuvat pyrometallurgisiin ferronikkelin ja nikkelikiven valmistusprosesseihin. Nykyiset, lateriittia käyttävät pyrometallurgiset prosessit perustuvat raaka-aineen kuivatukseen, esikuumenukseen ja esipelkistykseen rumpu-uunissa sekä sähköuunipelkistykseen (kuva 3). Rumpu-uunissa suoritettavalla esipelkistyksellä on tärkeä merkitys sähköuunin energiankulutuksen kannalta; mitä parempi pelkistysaste ja metallisoituminen rumpu-uunissa saavutetaan, sitä vähemmän energiaa tarvitaan sähköuunissa. Tutkimalla saproliittisten nikkelimalmien käyttäytymistä korkeissa lämpötiloissa, saadaan tätä varten tärkeää tietoa niiden pelkistymiseen vaikuttavista tekijöistä.

Lateriitit ovat köyhiä (1–2%) nikkelin suhteen, joten prosesseissa käytetään suuria raaka-ainemääriä ja tuloksena muodostuu paljon kuonaa. Lisäksi, lateriittisten nikkelimalmien käsittely vaatii sulfidisia malmeja enemmän energiaa johtuen niiden sisältämästä vapaan veden sekä kideveden suuresta osuudesta. Lateriittisillä malmeilla myöskään ei ole merkittävää polttoarvoa. Näin ollen prosessin



Kuva 1. Maailman nikkelivarannot.



Kuva 2. Nikkelimalmien hyödyntäminen teollisuudessa (Mudd, G. M. (2010). *Global trends and environmental issues in nickel mining: Sulfides versus laterites*. *Ore Geology Reviews*, 38(1–2), 9–26).

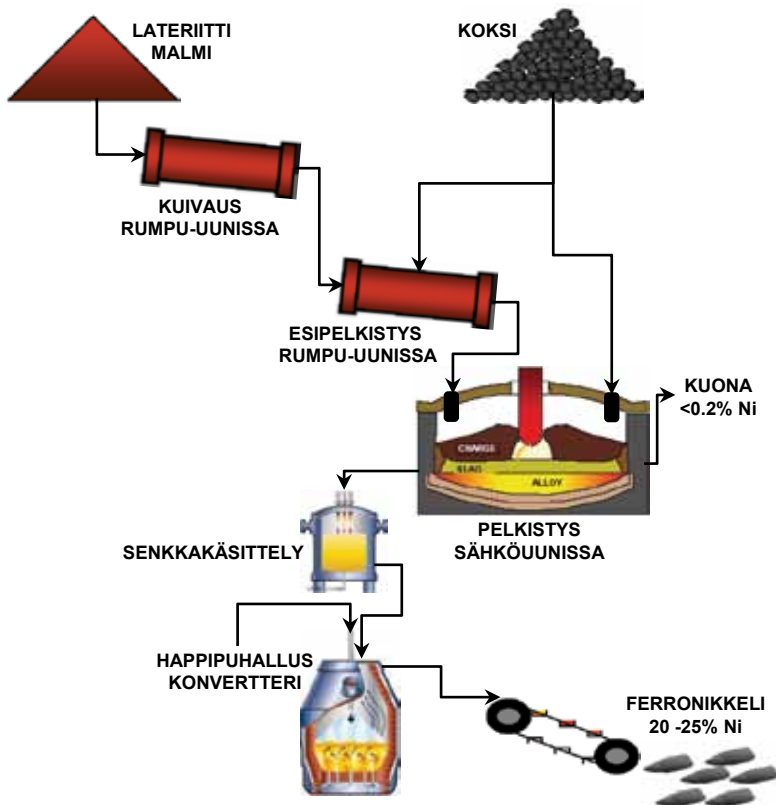
kokonaiskustannukset riippuvat mm. koksien, öljyn ja sähköenergian hinnoista.

Tuloksia

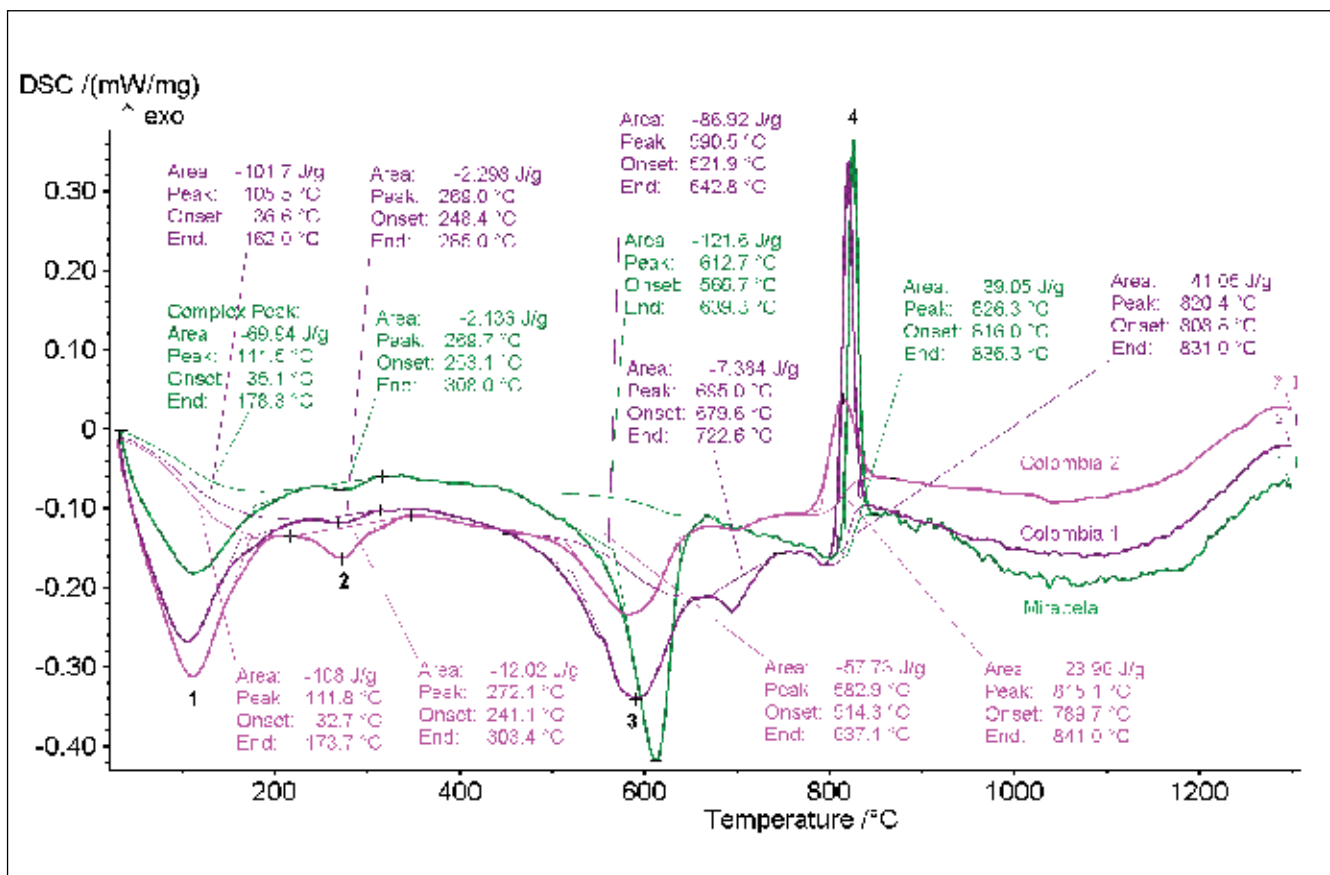
Väitöskirjan tavoitteena oli tutkia: (I) lateriittisten nikkelimalmien käyttäytymistä korkeassa lämpötilassa termanalyttisin menetelmin (DSC-TG); (II) niiden pelkistymistä määrittämällä malmien mineralogian, kuumennuksen aikana muodostuvien faasien ja pelkistymisen välisiä suhteita ja selvittää optimaaliset pelkistysolosuhteet; sekä (III) rikin vaikutusta lateriittisten nikkelimalmien kuumennuksessa muodostuviin faaseihin sekä pelkistymiseen. Kokeiden jälkeen havaintojen tukemiseksi näytteille tehtiin kemiallisia analyyseja sekä faasimääritykset röntgendifraktiolla (XRD)- ja mikrorakennetarkastelut pyyhkäisymikroskoopi (SEM-EDS) analyysit.

Kokeissa käytettiin kolmea saproliittista nikkelimalmia. Tutkittavat nikkelimalmat olivat peräisin esiintymistä Kolumbiassa (Colombia-1 ja Colombia-2) ja Brasiliassa (Mirabela).

Saaduista DSC- eli differentiaalisen pyyhkäisykalorimetrian tuloksista



Kuva 3. Ferronikkelin valmistusprosessi malmista tuotteeksi.

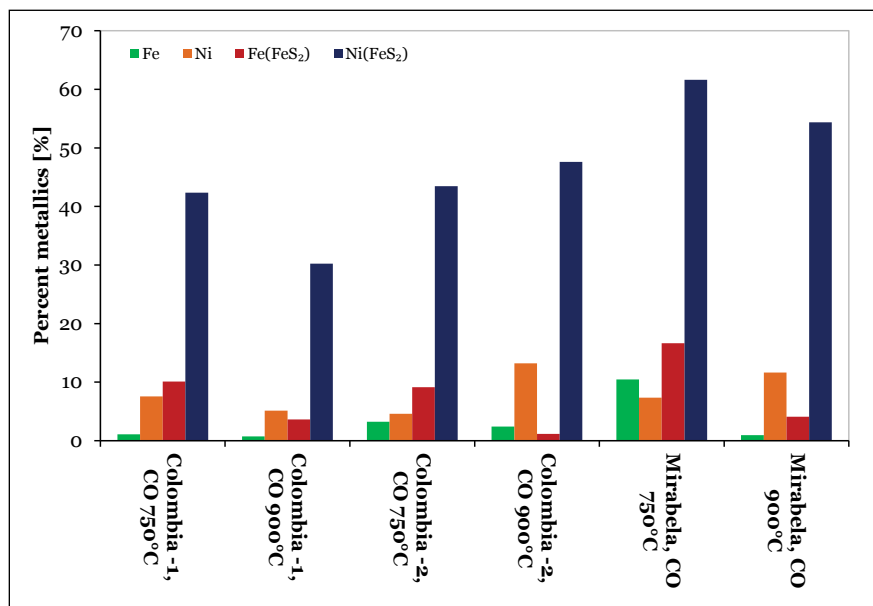


Kuva 4. Tutkittavien saproliittisten nikkelimalmien DSC-käyrät lämpötila-alueella 25–1300°C. 1 -vapaaveden haihtuminen, 2 -götiitin hajoaminen, 3 -kideveden poistuminen, 4 -rekristalisaatio (oliviini $(Fe,Mg,Ni)_2SiO_4$ - tai pyrokseenifaasin $(Fe,Mg,Ni,Ca)SiO_3$ muodostuminen).

	Fe/Ni-ore	Fe/Ni-reduced ore H ₂	Fe/Ni-ore_S	Fe/Ni-reduced ore S H ₂	Fe/Ni-ore	Fe/Ni-reduced ore CO	Fe/Ni-ore_S	Fe/Ni-reduced ore S CO
Colombia-1, 750°C	10,916	26,042	12,012	29,744	9,907	1,431	11,647	2,778
Columbia-2, 750°C	5,504	22,0	5,848	14,679	5,106	3,615	6,067	1,276
Mirabela, 750°C	6,154	44,438	7,284	27,583	5,761	8,211	7,198	1,944
Columbia-1, 900°C	10,506	30,0	12,674	27,455	9,817	1,378	11,512	1,385
Columbia-2, 900°C	5,704	30,0	6,064	11,351	5,357	0,973	6,007	0,146
Mirabela, 900°C	6,154	63,636	8,547	26,0	5,560	0,452	7,178	0,542

Taulukko 1. Rikin ja eri pelkistyskaasujen ominaisuuksien vaikutus metallin Fe/Ni-suhteeseen.

Kuva 5. Rikin edullinen vaikutus nikkelin metallisaatioasteeseen. Metallifaasin nikkeliipitoisuus (Ni(FeS₂)) rikkipitoisilla pelleteillä on huomattavasti suurempi kuin rikittömällä (Ni).



(kuva 4) nähdään muun muassa reaktioiden eteneminen, malmista tapahtuvat faasimuutokset sekä veden vapautuminen pelleteissä eri lämpötiloissa.

Noin 800°C:ssa lateriittipelleteissä tapahtuu faasimuutoksia: OH-ryhmien haihtuessa epäsäännöllinen kideryhmä muuttuu vähitellen säännölliseksi. Kyseessä on uusien faasien muodostuminen. Tämä rekristallisaatioreaktio näkyy DSC-kuvaajassa piikin 4 kohdalla olevana eksotermisenä prosessina. Oliviniifaasi on kemiallisella luonteeltaan vaikeasti pelkistytävä, kun taas pyrokseeni pelkistyy helpommin. Kalorimetrikokeissa tutkittiin myös rikin vaikutusta näiden faasien muodostumiseen.

Pelkistyskokeet tehtiin vedyn (H₂) ja hiilimonoksidin (CO) muodostamissa pelkistysatmosfääreissä. Kokeissa käytettiin 1% bentoniittia sisältäviä malmipellettejä sekä seospellettejä, jotka sisälsivät bentoniittin lisäksi 2.7% pyriittiä (FeS₂). Vakio- ja lämpötilassa (750 ja 900°C) suoritettujen kokeiden tuotteista määritettiin lateriittien pelkistysasteet ajan suhteen.

Pelkistyskokeiden jälkeen näytteille suoritettiin röntgendiffraktioanalyysi, rakennetarkastelu ja sekä kemialliset analyysit metallifaasien määrittämiseksi. Kemialliset analyysit suoritettiin Thermo Scientific iCap 6000 series ICP laitteella, josta selvisi tutkittavien näytteiden sisältämän metallifaasin (Ni ja Fe) osuudet pelkistyskokeiden jälkeen (taulukko 1).

Johtopäätökset

Kalorimetri- ja pelkistyskokeiden sekä suoritettujen kemiallisten- ja XRD-analyysien sekä SEM-EDS-mikrorakennekuvien mukaan: (I) lateriittiset nikkelimalmit ovat hyvin heterogeenisiä ja kuumennuksen seurauksena niiden vapaa vesi poistuu noin 100°C:ssa, göttiin OH-ryhmä vapautuu 250°C:ssa ja kidevesi haihtuu noin 600°C:ssa. Uusien faasien muodostuminen eksotermisenä reaktiona tapahtuu noin 820°C:ssa; (II) dehydraatio ja rekristallisaatioreaktiot tapahtuivat samaan aikaan antigoriittia sisältävissä saproliittissa nikkelimalmeissa; (III) rikki vaikutti eksotermisiin prosesseihin 800°C:een kohdalla, (IV) lateriittien kemiallinen koostumus ja mineralogia olivat ratkaisevia tekijöitä pelkistymisen etenemiseen; (V) rikki paransi saproliittisten nikkelimalmien pelkistystä kaikissa lämpötiloissa (kuva 5). Lisäksi tulosten mukaan, eri pelkistyskaasujen (H₂ ja CO) ominaisuudet on otettava huomioon, jotta saavutetaan

suurin mahdollinen nikkelin pelkistymisen (Ni/Fe suhde) ja metallisaatioaste. Optimaalisen pelkistyslämpötilan todettiin olevan ~750°C.

Lateriittisten nikkelimalmien rikastusmenetelmien tutkimisen lisäksi jatkotutkimuksissa on kehitettävä nykyistä selektiivisempiä pelkistysmenetelmiä, joiden tavoitteena on selvittää metallipartikkelien ydintyminen ja kasvu sekä ferronikkelihelmin muodostuminen. Siten voidaan kehittää edullinen 2-vaiheinen käsittelyprosessi, jossa nikkelin saanti on nykyistä korkeampi. ▲

Development of multifunctional magnetic core nanoparticles

Monitoiminnalliset nanopartikkelit mahdollistavat eri sovelluksia

Tutkimuksen tarkoituksena oli laajentaa ydinpartikkelien monitoiminnallisuutta yhdistämällä erilaisia nanopartikkeleita yhteen ja samaan järjestelmään. Tätä varten työssä keskityttiin kehittämään mahdollisimman yksinkertaista, taloudellista ja tehokasta synteesimenetelmää eri nanopartikkelien yhdistämiseen ja monitoiminnallisten partikkelien valmistamiseen. Lisäksi tutkimuksessa sintrattiin valmistettuja nanojauheita ja tutkittiin saatujen kiinteiden materiaalien ominaisuuksia.

Tutkittujen nanopartikkelien rakenteeseen kuuluu magneettiidin, suoja-kuori silikasta sekä hopea- ja hopeaklo-

ridipartikkeleita, joiden määrä ja koko vaikuttavat mahdollisiin sovelluksiin. Piidioksidisuojakuori estää syntetisointua magneettiä hapettumasta ja siten sen magneettisten ominaisuuksien heikkenemisen mahdollistaen näin magneettisen ytimen muodostamisen monitoimisille nanopartikkeleille. Valmistettuja nanopartikkeleita yhdistettiin eri tavoin. Niistä myös sintrattiin huokoisia tai läpinäkyviä hybridimateriaaleja. Tutkimuksessa selvitettiin myös miten materiaalien ominaisuudet tällöin muuttuvat.

Monitoimiset materiaalit toimivat erilaisissa sovelluksissa tarpeiden mu-

VÄITÖS



norsuria.mahmed@aalto.fi

Dr. Norsuria Mahmedin väitöskirja *Development of multifunctional magnetic core nanoparticles* tarkastettiin Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulun Materiaalitekniikan laitoksella 26.4.2013. Vastaväittäjänä toimi akatemiaprofessori Markku Leskelä, Helsingin yliopisto. Tilaisuutta valvoi professori Simo-Pekka Hannula, Aalto-yliopiston Kemianteeniikan korkeakoulu, Materiaalitekniikan laitos.

kaan. Riippuen siitä, missä suhteessa ja millä tavoin magneettiin, piidioksidin, hopean ja hopeakloridin nanopartikkeleita yhdistetään toisiinsa, on mahdollista käyttää partikkeleita erilaisissa sovelluksissa aina syöpähoidosta jäteveden puhdistamiseen. ▀

HARD ROCK studies
ouluining.fi

Ag
Au
Fe

OMS OULU MINING SCHOOL

Aalto PRO
Osaamisen suunnannäyttäjä

Kaivannaisalan johtamisen koulutusohjelma

Uutuus
– alkaa
syksyllä!

Pureudu pintaa syvemmälle johtamiseen. Uudessa koulutuksessa pääset yhdistämään henkilökohtaisen johtajana kasvamisen yrityksen liiketoiminnan kehittämiseen ja kaivannaisalan ainutlaatuisiin tarpeisiin.

Kiinnostuitko? Ota yhteyttä, niin kerron lisää!
Anna-Maija Ahonen
anna-maija.ahonen@aalto.fi ja puh. 050 307 4934

A! Aalto University
Professional
Development

aaltopro.fi

Hienoainesten käsittely ja hyödyntäminen metallurgisessa teollisuudessa

DI **Olli Mattila**, Ruukki Metals Oy

Kurssin puheenjohtaja ja ideanikkari DI Jarmo Lilja toivottaa kurssilaiset tervetulleiksi.



Metallurgia VAT:in ideoima Partikkeliteknikan seminaari pidettiin 10.–11.4.2013 POHTOssa Oulussa. Se oli laatuaan ensimmäinen metallurgiselle teollisuudelle suunnattu tämän alan kurssi. Osallistujia oli ilahduttavasti 43 henkeä teollisuudesta ja yliopistojen tutkimusryhmistä. Kurssin suunnittelusta vastasivat Jouko Niinimäki (Oulun yliopisto), Kauko Ingerttilä (GTK), Paavo Hooli (Outokumpu), pj, Olli Mattila, (Ruukki Metals), Tuomas Himanka (Metso), Jaakko Leppinen (Outotec) sekä isäntänä Erkki Peltola (POHTO).

Yhteistä partikkeliteknisille käsittelyille metallurgisessa teollisuudessa on se, että ne ovat käytännössä kaikkien primääriprosessiyksiköiden materiaalivirran sekä etu- että takapuolella. Syötemateriaalit täytyy käsitellä ennen prosessia, prosessista poistetaan kaasuja sekä pölyjä, jonka jälkeen käytännössä myös kaikki muut prosessin sivuvirrat joutuvat monimutkaisten partikkeliteknisten käsittelyjen alaisiksi. Opex-termein ilmaistuna kaikki nämä sijaitsevat niin kutsutun ”piilotehtaan”

alueella, joka ei tuota lisäarvoa materiaalille. Poikkeuksiakin tosin löydettiin muun muassa injektointiin liittyvissä kysymyksissä.

Partikkelitekniset käsittelyt täytyy nähdä sivuvirtojen hyödyntämisen sekä prosessin optimoinnin kannalta taloudellista lisäarvoa nostavana tekijänä. Sivuvirtojen hyödyntämisen edellytyksenä on ymmärtää tuotetun sivuvirran ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät niitä hyödyntävän tai jatkojalostavan prosessiyksikön sielunelämän lisäksi.

Partikkelien käyttäytymisen ymmärtämiseksi voitiin erottaa kaksi täysin erilaista ympäristöä; kuiva ja märkä. **Jouko Niinimäki** luennoi kuivan tilan ilmiöistä ja **Kaj Jansson** puolestaan johdatteli kuulijat vesipohjaisissa systeemeissä vallitseviin ilmiöihin. Näissä ympäristöissä vaikuttavat fyysiset ilmiöt ovat hyvin erilaisia ja saavat partikkelit käyttäytymään hyvin kompleksisesti. Usein teollisissa soveluksissa toimitaan juurikin tällä muutosalueella, mikä saa näkyviin hyvin erilaisia partikkeliteknisiä ilmiöitä pienillä kosteudenmuutoksilla teknisestä laitteistosta sekä systeemistä riippuen. Esimerkkinä *aina kostean* materiaalin käsittelystä **Hannu Kuopanportti** mainitsi teollisen seulonnan osana luokitamista koskevaa esitelmäänsä. Kokonaan määrässä ympäristössä tapahtuvasta erottamisesta **Ritva Tuunila** Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta

piti seikkaperäisen luennon aiheenaan sakeutus ja suodatus.

Näytteiden ja näytteessä olevien partikkelien tutkiminen ja saatujen tulosten pohjalta tehtävien johtopäätösten teko edellyttää aina edustavan näytteen olemassaoloa. **Pentti Minkkinen** piti erittäin mielenkiintoisen esitelmän teollisen näytteenoton problematiikasta sekä yleisimmistä virhelähteistä. *”Kallein tai paras mittalaitte ei pysty kompensoimaan huonosti otettua näytettä”*, Pentti toteaa ja jatkaa *”Näytteenotossa myös prosessin dynamiikka täytyy tuntea”*.

Kumpi on isompi – tulitikku vai rusina?

Päivö Kinnunen Oulun yliopistolta piti hyvin yksityiskohtaisen ja mittauslaitteiden toimintaperiaatteita luotaavan esitelmän näytteen ehkä yleisimmän analyysin – partikkelikokojakautuksen – mittaustekniikasta. Partikkelin kokomittauksen yksinkertaistettu ongelmanasettelu voitaisiin esittää esimerkiksi näin *”Kumpi on isompi – tulitikku vai rusina?”* Partikkelien koon määrittely ei ole lainkaan yksiselitteistä ja täytyy käyttää nk. ekvivalenssiperiaatteita, mikä suhteuttaa partikkelin käyttäytymisen johonkin tunnettuun tilavuuteen, pintaan tai vaikka laskeutumisnopeuteen. Partikkelit vuorovaikuttavat ympäristönsä kanssa pintojensa välityksellä, jonka vuoksi pinta-ala – tilavuus -suhdetta kuvaavalla

raemuodolla on suuri merkitys prosessikäyttötymisen kannalta. Raemuodot vaikuttavat prosessin lisäksi myös itse raekoon mittaukseen ja samat partikkelit voivat eri mittausmenetelmissä antaa aivan erilaisia tuloksia. *”Raekoko ilman ilmoitettua mittausmenetelmää on lähes arvoton”*, Päivö kertoo.

Näytteen mineralogisesta karakterisoinnista **Jukka Laukkanen** kertoi GTK:lla käytettävissä olevista menetelmistä. Kaupallisten laitteistojen sekä ohjelmistojen lisäksi GTK:lla on tehty kehitystyötä muun muassa näytteenvalmistuksen alueella mahdollista paremman tiedon saamisen pienistä partikkeleista. **Jussi Liipo** Outotec’iltä jatkoi metallurgisten näytteiden karakterisoinnista. Monesti perinteisillä menetelmillä (XRF, XRD, SEM-EDS/WDS) ei saada riittävästi tietoa mineraalien määristä tai määräsuhteista. *”Outotec’illä kehitetyt selektiiviset liuotusmenetelmät ovat ainoat tavat insinöörejä tyydyttävän tiedon – numeroiden – tuottamiseksi”*, Jussi toteaa.

Uutena mahdollisuutena partikkelien sisäisen rakenteen selvittämiseksi **Markku Kataja** Jyväskylän yliopistosta esitteli röntgenmikrotomografian käyttömahdollisuuksia materiaalitutkimuksessa. Arvominaalien sijainti suuremmissa partikkelissa sai värikkään ja kolmiulotteisen kuvan yhdessä sijaintitietojen, mineraaliasosiaation sekä kokojakauman kera. Aiemmin terveydenhuollosta tutuksi tulleet harmaat röntgen-CT -kuvat näyttävät suorastaan mykistäviltä eri tavoin pseudovärjättyissä kolmiulotteisissa pyörivissä rakennekuviissa. Myös perinteisten mikroskooppisten menetelmien klassisten heikkouksien, kuten leikkauskohdan partikkelikokojaamaa vääristävän tekijän korjaamisessa on edistytty. Mitattu partikkelin rakenne huokosineen voidaan syöttää myös laskentageometriana esimerkiksi virtauslaskentaohjelmistoon reaalisien virtausten kulun ja edelleen reaktiopeuksien laskemiseksi – mahdollisuudet näyttävät rajattomilta.

Partikkelien ominaisuuksista riippuvia prosesseja kuvasi **Timo Paananen** Ruukki Metals’ilta briketointia koskien. Raaka-aineiden hyvää mekaanista laatua tuottava raekokojakauma saatiin laboratoriotesteissä vastaamaan hyvin teoreettisilla malleilla saatua arviota hyvästä pakkautumisesta. Hienoaineksen ominaisuuksien manipuloinnista **Janne Tikka** Pöyryltä esitelmöi masuunin kaasunpesulietteen käyttäytymisestä Tornado-prosessissa.

Uusista lähestymistavoista partikkelitekniisiin kysymyksiin **Timo Haimi**

Outotec’ltä esitteli DC-uunitekniikan mahdollisuuksia teollisuuden sivuvirtojen hyödyntämisessä, **Jussi Poutanen** IJP:ltä puolestaan esitteli Pulvis-myllyn sisäänrakennetun jauhuspiirin toimintaa. Jussi toteaa: *”Olellaisena osana myllyn valinnassa on tuotettujen partikkelien ominaisuusvaatimukset sekä myllyn kapasiteettivaatimus – ei ole olemassa yhtä ainoaa oikeaa myllyä”*.

CFD+DEM+3D+OH*+G+E = partikkelitekniinen tulevaisuus

Laskennallista lähestymistapaa partikkelitekniisiin ongelmiin avasi **Henrik Saxén** esitellessään DEM-laskentamenetelmän toimivuutta sekä mahdollisuuksia. Kontaktissa olevien kappaleiden kitka- ja kimmoisuusparametrien lisäksi voidaan laskentaan syöttää vuorovaikutuksia, jotka tulevat vaikuttamaan ennen kuin kappaleet fyysisesti koskevat toisiaan. Tällöin muun muassa erittäin hienojakoisten pulvereiden sähköiset varaukset yms. voidaan huomioida virtauskäyttötymisen laskennassa. Liikkuessaan partikkelit vääjäämättä syrjäyttävät väliaineen oli se sitten ilmaa tai nestettä. *”Väliaineen huomioiminen laskennassa yhdistämällä DEM perinteiseen virtauslaskentaan saadaan tietyissä tilanteissa huomattavan realistinen käyttäytyminen. Haittapuolena tässä on luonnollisesti laskenta-ajan kasvaminen”*, Henrik toteaa.

Mistä tässä kaikinensa oli kyse – ”insinööritieteestä” vai tutkimuksen perimmäisestä tarkoituksesta? Insinööritieteen partikkelitekniisestä haarasta sikäli, että kaikki kurssilla esitetty teoria oli leikkaus kahden vaikuttavan voiman; painovoiman ja sähköisen voiman vuoropuhelusta energian säilymisen ja systeemin laajuuden sekä vapausasteiden kanssa. Lisäämällä energiaa lämpötilan kasvattamiseksi 1500K:lla samasta asiasta saadaankin ”insinööritieteen” metallurginen haara. Kasvattamalla mittakaava universumin kokoiseksi, gravitaatio on ainoa näkyviä muutoksia aikaansaava voima, ja puhutaan tähtitieteestä. Toiseen suuntaan mentäessä atomimittakaavassa puolestaan sähköiset vuorovaikutukset ovat dominoivia. Virtaus- tai sulkeumamineraalipartikkeliä tai bulkkiaineen ominaisuuksia ei esiinny atomimittakaavassa. Perustellusti siis voidaan todeta ”insinööritieteen” partikkelitekniisen haaran edustavan yhtä merkittävimmistä ihmisen jokapäiväisessä elämässä näkyviä ilmiöitä ja sen tutkimuksen lähenevän tutkimuksen perimmäistä tarkoitusta – ymmärtää ympäristöä maailmaa. ▀



- Aktiivihielet
- Ammoniumnitraatti
- Betonin apuaineet
- CMC
- Ditiiofosfaatit
- Etikka-, fluorivety-, oksaali-, sitruuna-, suola-, sulfamiini- ja typpihappo
- Flokkulantit ja muut veden käsittelykemikaalit
- Glykolit
- Guar Gum
- Kairauskemikaalit
- Natriumhypokloriitti
- Jauhinkuulat ja jauhintangot, kaikki koot ja kovuusasteet
- Karbonaatit
- Kalium- ja lyijynitraatti
- Ksantaatit (PAX, PEX, SEX, SIBX, SIPX)
- Kupari-, magnesium-, rauta- ja sinkkisulfaatti
- MIBC
- Natrium- ja kaliumhydroksidi (NaOH, KOH)
- Natrium metabisulfiitti
- NaMBT
- Natriumsyanidi
- Natriumtiosyanaatti
- Pölyämisenestoaineet
- Suodatushiekkä
- Pinta-aktiivaineet
- Polyalumiinikloridi
- Rikastuskemikaalit
- Rikki
- Sorbitoli
- Tionokarbamaatti
- Tärkkelykset
- Vaahdotteet
- Valkoöljyt

Lisätietoja tuotteistamme:

Brenntag Nordic Oy
Äyritie 16, 01510 VANTAA
puh. 09 - 5495 640
e-mail: tilaukset@brenntag-nordic.com

www.brenntag-nordic.fi

Juvanruukki Kuolemajärvellä 1687-1704

Ruotsi oli jo keskiajalla ollut tärkeä raudantuottaja, mutta 1600-luvulla siitä tuli Euroopan suurin raudan viejä. Tuotannon painopiste pysyi pitkään Keski-Ruotsin Bergslagenin alueella. Kuitenkin raudan valmistuksessa tarvittavan puuhiilen saantia varten käytettävissä olleet metsävarat alkoivat vähentyä ja sen takia raudanjalostusta pyrittiin ohjaamaan muualle valtakuntaan. Suomeen perustettiin 1600-luvulla 19 rautaruukkia. Näistä läntisellä Uudellamaalla sijaitsi 1600-luvun puolivälissä viisi suurta ruukkia, joiden hiilen kulutus oli siksi suurta, että niidenkin ympäristön metsät alkoivat ehtyä /1, 2, 3/.

Samaan aikaan Ruotsi alkoi varustaa ja vahvistaa Venäjän vastaisen raja-alueensa puolustusta Karjalan kannaksella, johon tarvittiin runsaasti raudasta valmistettuja tuotteita. Tätä taustaa vasten Antskogin ja Fiskarsin ruukkien omistaja **Johan Thorwöste** sai hakemukseltaan 12.10.1687 vuorikollegiolta luvan (privilegion) rautaruukin perustamiselle Karjalan kannaksen Uudenkirkon pitäjän Kuolemajärven kappeliin (sittemmin Kuolemajärven pitäjään). Tästä ruukista käytetään nimeä **Juvanruukki** tai myös Juvan tehdas tai Juva tai ruotiksi Joa (**Kuva 1**). Myöntäessään luvan rautatehtaan perustamiseen hallitus tosin oli huolestunut teollisuuslaitoksen sijoittamisesta lähelle Venäjän rajaa, mutta kun tehdas tuli sijaitsemaan laajojen metsien keskellä ja sillä oli käytettävänä runsaasti vesivoimaa, ratkaisivat nämä seikat privilegion saannin. Toiminnan alkamisen helpottamiseksi myönnettiin perustettavalle tehtaalle samalla verosta kuusi vapaavuotta /1/. Juvanruukille rakennettiin ensin kankirautapaja ja nippuvasarapaja ahjoineen. Vähän myöhemmin Thorwöste anoi lupaa perustaa myös peltivasarapajan, mihin hän saikin privilegion jo 8.11.1689 /1, 3, 4/.

Henkilönä Johan Thorwöstestä tiedetään, että hän oli syntynyt Turussa noin vuonna 1636 ja kuoli Uudellamaalla Pohjan pitäjässä maaliskuussa 1712. Hänen isänsä **Peter** (Pieter) Thorwöste oli 1600-luvun Turun suurkauppiaita, laivanvarustaja sekä Mustion, Antskogin ja Fiskarsin rautaruukkien omistaja. Luonteeltaan Johan Thorwöste oli työteliäs ja aikaansaapa, mutta osin myös häikäilemätön liikemies. Isänsä kuoleman jälkeen hän peri Antskogin ja Fiskarsin ruukit. Saatuaan vuonna 1669 laitokset haltuunsa hän muutti pysyvästi Antskogiin ja alkoi kehittää ruukkejaan. Perinnönjaossa Mustion ruukki oli siirtynyt hänen veljelleen Peter Thorwöste nuoremmalle /7, 8/.

Juvanruukin perustaminen 1687

Johan Thorwösten Antskogin ja Fiskarsin rautaruukit Uudellamaalla muodostivat yhdessä ruukkikompleksin. Rautamalmi sulatettiin Fiskarsissa sijainneessa masuunissa. Sieltä saatu takkirauta taottiin Antskogin ja Fiskarsin vasarapajoissa kankiraudaksi, josta osa meni myyntiin ja osa jatkojalostettiin erilaisiksi takeiksi. Isänsä tavoin hän aluksi panosti Suomen, Tallinnan, Narvan ja Riian markkinoihin.

Antskogin ja Fiskarsin ympäristön polttopuuvarat alkoivat kuitenkin ehtyä 1600-luvun loppua kohti. Kun Antskogin kankivasarapaja paloi vuonna 1683, Thorwöste ei enää rakennuttanut sitä uudelleen vaan siirsi koko kankiraudan tuotannon Fiskarsiin, missä siirryttiin takomaan yötä päivää eli kahdessa vuorossa. Nämä uudistukset eivät riittäneet Thorwöstelle, joka alkoi etsiä uutta paikkaa vasarapajalleen.

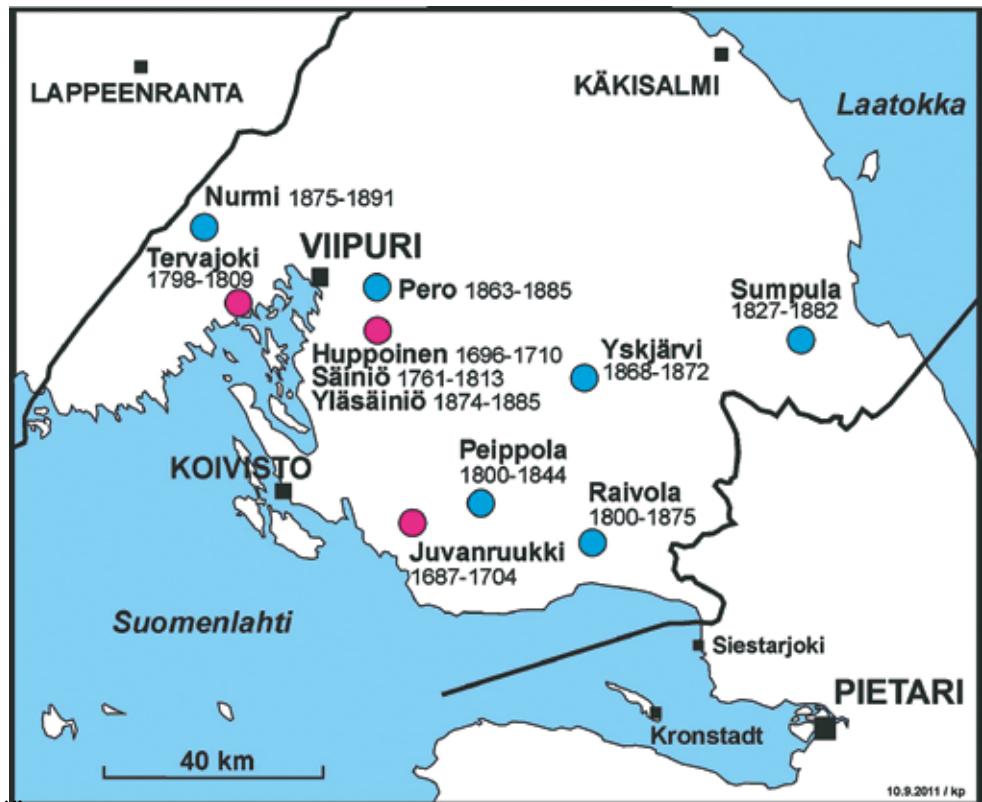
Uudelle ruukille sopiva paikka löytyi Karjalan kannakselta. Hän tunsu seutua aikaisemminkin, sillä Thorwösteillä oli jo pitkään ollut rautapuoti

Viipurissa sekä koivistolaiset laivurit olivat jo 1670-luvulla rahdanneet heidän lastejaan. Luultavasti juuri heidän välityksellään varmistui paikka, missä hakkaamattomien metsien alueella oli myös koskesta saatavaa vesivoimaa. Tuotteiden kysyntä ja rahtausmahdollisuudet olivat hyvät. Lähellä ei aluksi ollut muita rautaruukkeja ja lisäksi sieltä tavoitti helposti Viipurin ohella Nevanlinnan, Narvan ja Tallinnan rautamarckinat. Tärkeä asiakas tulisi myös olemaan Ruotsin sotalaitos itäisine linnoituksineen /8/.

Juvanruukki rakennettiin Viipurista noin 45 km eteläkaakkoon, Uudenkirkon ja Kuolemajärven pitäjien rajalla olevasta Juvajärvestä lähtevän Juvajoen varrelle. Alavirtaan joki laskee mutkitellen Isojokena Kuolemajärven eteläpäähän ja sieltä edelleen Suomenlahteen. Juvajoen koskesta löytyi ruukin vesiraitaiden käyttöön tarvittava vesivoima. Koskiosuuden koosta on tieto vuodelta 1918, jolloin siihen suunniteltiin sähkövoimalaitoksen rakentamista. Vaakamittauksella todettiin joen putouskorkeudeksi 30 metriä /9/. Varsinaisen kosken putouskorkeus lieenee kuitenkin ollut vain noin 18 metriä. Juvan tehdas sijaitsi nykyisen Juvanruukin kylän keskustasta itäkaakkoon jokea ylävirtaan noin 550 m ja itse koski sieltä noin 150 m edelleen ylävirtaan /10/.

Juvanruukin suunnalla Thorwöste hankki tehtaan ympäristöstä maa-alueita, jotka vuorikollegio vahvisti ruukin tukialueiksi. Hän oli myös lähestynyt useita ympäristön kylien maanomistajia ostaakseen heiltä kiinteistöjä. Varsinaisen Juvanjoen kosken ja sen lähiympäristön hankinnasta hän oli maksanut vain 170 kuparitalaria. Lappeen kihlakunnan tuomiokirjoissa on mainintoja siitä, että useissa tapauksissa tilalliset luopuivat maastaan vain pienestä summasta. Tätä kuvaa tapaus

Kuva 1. Karjalan kannaksen historialliset manufaktuuri-pajat, masuunit (Raivola, Sumpula, Yskjärvi) ja vaski-paja (Säiniö). Punaisella merkityt ruukit olivat toiminnassa Ruotsin vallan aikana ja sinisellä merkityt autonomian ajalla /1, 5, 6/.



missä luutnantin leski **Maria Eleonora Patkull** möi omistamansa ratsutilan läheisen Ylä-Kirjolan kylästä saaden siitä vain 30 kuparitaalaria. Kaupasta heidän välille syntyi riita, jonka maaherra **Johan Creutz** vuonna 1689 ratkaisi Thorwösten eduksi. Kyse oli ilmeisesti siitä miten tärkeää ruukkitoiminta oli valtiovallalle. Vuoden 1689 talvikäräjillä Thorwöste ilmoitti käyttäneensä maanhankintaan kaikkiaan 361 taalaria 16 äyriä /4/.

Teollisuuslaitokset ja tuotanto

Juvanruukin rakentaminen alkoi vuonna 1687 kun Thorwöste siirsi ensin yhden Fiskarsin ruukin kankivasaroista Uudeltamaalta Karjalan kannakselle. Tehtaan toiminnan laajetessa siirrettiin vuonna 1692 myös toinen kankivasaara ja Fiskarsin koko takomotoiminta siirtyi vähitellen Juvanruukkiin. Seurausena näistä toimenpiteistä oli, että vaikka Fiskarsin masuunin toiminta jatkuikin, sen takomo jäi joksikin ajaksi kokonaan toimittomaksi /1/.

Rakenteeltaan Juvan tehdas on todennäköisesti ollut periaatteiltaan samanlainen kuin aikansa muutkin rautaruukit, esimerkiksi Antskog tai myöhemmältä ajalta Leineperi /2, 11/. Varmaa on kuitenkin, että Juvanruukilla sen perustamisvuonna 1687 siellä sai privilegion mukaisesti olla yksi vasara, kaksi ahjoa ja yksi manufaktuuri-paja.

Sitten vuoden 1695 vasaraveroluettelon mukaan laitteistoa oli edelleen yhtä paljon sekä ruukin taonnaksi määrättiin 700 kippuntaa (105 tonnia) kankirautaa, josta 100 kippuntaa (15 tonnia) oli oltava levytakeita. Vertailuna mainittakoon, että Antskogissa sekä vuoden 1695 verotuksessa että vuonna 1713 sai olla yksi manufaktuuri-paja eikä lainkaan taontaa, ja toisaalta Fiskarsissa yksi masuuni eikä lainkaan taontaa /1/.

Juvanruukin varsinaisiin teollisuusrakennuksiin kuuluivat myös vasarapajan hiilihuoneet, joihin mahtui ainakin 800 lästää sysiä (noin 1600 m³). Itse pajan välittömässä läheisyydessä oli myös pienempiä hiilihuoneita. Juvajoen varrella sijaitsivat saha ja mylly sekä tehtaalta alavirtaan parin kilometrin päässä Mersillan luona olevat kaksi hiilimiilua. Ruukkiin kuului myös Haapakorvessa oleva kolmas hiilimiilu. Venäläisten hävitettyä ruukin vuonna 1704, Thorwöstellä todettiin olleen hakattua puuta Mersillassa 300 stavrumia (700 m³) ja myös jonkin verran Haapakorvessa. Edellä olevasta ilmenee se, että Thorwöste sai suuren osan tarvitsemastaan sysistä omista laitoksistaan. Tämän lisäksi Thorwöste oli tehnyt paikallisten talonpoikien kanssa sopimuksia hiilensaannista /4/.

Tietoja Juvanruukilla valmistettujen rautatuotteiden tuotantomääristä ei valitettavasti löydy **Suomen vuorimestaripiiriin** vuorikollegiolle toimittamista vuorikertomuksista ajalta 1686–1726,

eikä myöskään Fiskarsin ruukkia koskevista lähteistä /12, 13/. Tämä selittyy sillä, että ruukit maksoivat etupäässä tehtaan koosta riippunutta vasaraveroa tilittämättä itse kankivasaran tuotantoa. Erään otaksuman mukaan Thorwösten kaikkien tehtaiden tuotanto yltyi kuitenkin Juvanruukki mukaan lukien parhaimmillaan 700 kippuntaan, mihin tosin päästiin vain parhaina vuosina 1680-luvun lopussa /14/.

Yleensä Suomessa valmistettu rauta toimitettiin suurimmaksi osaksi Viroon ja Inkerinmaalle. Kuitenkin itärajan läheisyyteen perustettu Juvanruukki palveli nimenomaan Ruotsin suurvallan puolustuksellisia näkökohtia ja pääasiassa Inkerinmaan ja Karjalan linnoitusten kysyntää. Niinpä nämä erityistarpeet tekivät Juvanruukista pääasiallisesti sotatarviketehtaan.

Juvanruukissa valmistettujen tuotteiden yksityiskohdista saadaan viitteitä vain armeijalle toimitettujen tavararyhmien kuvauksista. Tehtaan päästyä täyteen käyntiin ilmeni tarvetta laajentaa tuotevalikoimaa. Niinpä vuonna 1689 Thorwöste kirjoitti vuorikollegiolle, että sekä Narvan kenraalikuvernööri että Viipurin maaherra vähän väliä vaativat häntä Juvanruukilla takomaan rajalinnojen tarpeeksi "raskaita rautakappaleita, tykkiä ja muuta sellaista kankiraudaksi, josta sitten valmistettaisiin kaikenlaisia työkaluja kuten rautalevyjä, nauloja, hevosenkenkiä". Koska

nämä tilaukset estivät varsinaista kankiraudan valmistusta, anoi Thorwöste lupaa saada tätä tarvetta varten rakentaa levypaja. Kuten alussa jo mainittiin, vuorikollegio antoikin suostumuksensa tuotannon mukauttamiseksi jo samana vuonna. Samalla Ruotsista lähetettiin tehtaalle erityisosaamisen omaamia ammattimiehiä, varsinkin työnsä taitavia levyseppiä /1/.

Käkisalmen ja Inkerin läänien tielissä vuodelta 1690 on maininta, että Thorwöste oli toimittanut tykistölle ainakin 33 rautalevyä (*Bruzk Förwahren Johan Torfwist bekommit far een hoop lefwererat Jani Sorter tili Artollerie beholf.; Ann Ben:te Bruzk Förwaltare bekommit sin bethalninghlor lefwererade 33 paar Järn Pläter till Artolleriez behöff*). Tehtaan tilaustöiden joukossa mainitaan myös hevosenkenkiä armeijalle, nauvoja ja rautalankaa sekä esimerkiksi vuonna 1691 erikoislevyjä Narvan, Pähkinälinnan ja Käkisalmen rajalinnoitusten ruutitorneihin tarvittavia ovia ja lukkoja varten /4, 9, 14/.

Kuljetukset

Valmiiden rautatuotteiden rahtaus Juvanruukilta ostajille tehtiin merikuljetuksilla. Laivoja käytettiin samoin Fiskarsin masuunilla valmistetun harkkoraudan tuontiin. Kuljetuksiin käytettiin Koiviston laivureita, jotka olivat tunnettuja luotettavina merenkulkijoina. Esimerkkinä vaarallisesta merikuljetuksesta Suomenlahdella on vuoden 1696 syyskäräjien pöytäkirjassa maininta tapauksesta, missä edellisenä kesänä Antskogista harkkorautalastissa saapuva rahtipursi oli Helsingin lähellä Villingin salmessa täysissä purjeissa ajanut vedenalaisen karin päälle. Haveirin yhteydessä osa lastista upposi mereen. Thorwöste rakennutti myös omia purjealuksia, jotka nekin valmistettiin Koivistolla. Erään aluksen rakennuskustannuksista on 6.2.1703 pidettyjen välikäräjien pöytäkirjassa maininta rahtipurresta, josta hän oli maksanut 250 taalaria, tynnyrin ohraa, tynnyrin kauraa ja leiviskän tupakkaa /4/.

Laivauksia varten Thorwöstellä oli satama Suomenlahdella Kyrönniemen itärannalla, mutta myös toinen osittain Karjalaisen kylän kohdalla. Sataman alueelle oli pystytetty suuria varastorakennuksia. Vaikka kulkuyhteys satamasta ruukille oli linnuntietä vain noin 8 km, Thorwöste piti sen toimivuutta tavarakuljetuksille tärkeänä ja sen vuoksi hän käytti tien kunnossapittoa omia varojaan. Kuitenkaan hän ei päässyt yhteisymmärrykseen paikallisten tilallisten kanssa Mersillan kohdalla olevan

Juvajoen sillan rakennuskustannuksista. Tämän vuoksi hän rakensikin sillan omalla kustannuksellaan, käyttäen siihen 50 hopeataalaria ja vaati oikeudessa, että paikalliset tilalliset osallistuisivat kustannuksiin, olihan tie Kuolemajärven kirkolle tärkeä myös Seivästön ja Karjalaisen kylien asukkaille /4/.

Muut rakennukset

Thorwöste rakennutti omaan käyttöönsä suuren ruukinkartanon, jonne hän muutti perheineen. Rakennuksen tarkasta paikasta ei ole selvää mainintaa, mutta oletettavasti se on sijainnut nykyisen Juvanruukin kylän keskellä, samalla alueella kuin kirkko ja hautausmaakin.

Ruukin hävittämisen jälkeen vuonna 1707 tehtiin kaikkien siellä olleiden rakennusten inventaario. Tästä käy ilmi, että vähän matkaa varsinaisen ruukki-alueen ulkopuolella oli suuri puusta tehty rakennus, joka oli tarkoitettu ruukinomistajan käyttöön. Sen sanotaan olleen hyvin varustettu, jossa oli eteistä lukuun ottamatta saman katon alla 9 huonetta. Päärakennuksen alla oli 8 holvattua kellaria, josta päätellen koko rakennus lepäsi muuratun kellariholvin päällä /4/.

Kartanon sivustalla oli pieni vierasmaja, jossa oli tupa ja kaksi kamaria. Lisäksi piharyhmään kuului rengintupa, keittiö, sauna ja olutpanimo sekä vähän kauempana kolme suurta aittaa, talli, heinälatoja ja liiteri sekä vielä kauempana kaksi riittä. Todennäköisesti jonkin matkaa pääpihan ulkopuolella oli niin sanottu kapakanpuoli, jossa olevassa rakennuksessa oli suuri tupa ja kaksi kamaria sekä kaksi kellaria, joista toinen oli tarkoitettu oluttynnyrien säilytykseen sekä rakennuksen molemmilla puolilla oli liiteri. Lähistöllä oli vielä erillisessä rakennuksessa saman katon alla keittiö ja kauppa. Alueella oli tietenkin myös työväen pieniä asuntoja ja latoja /4/.

Uudenkirkon pitäjänkirkolle ja myös Kuolemajärven kappeliin oli Juvalta suhteellisen pitkä matka, joten Thorwöste anoi lupaa rakennuttaa ruukille oma kirkko, ja johon vuonna 1694 kuningas myönsi perustamisluvan /3/. Kirkko ja hautausmaa ovat sijainneet nykyisen Juvanruukin kylän keskellä neuvostoaikaisen kanalan raunioiden kohdalla, jonka pohjarakenne erottuu jopa satelliittikuvissa /10, 15/.

Asukkaat

Juvanruukilla asui ruukinomistaja Johan Thorwösten ohella hänen koko

perheensä. Siihen kuuluivat hänen vaimonsa **Helena Rosendal** sekä lapset **Lorentz, Johannes, Margareta, Anna Sofia, Helena Kristina, Hebba, Maria ja Ulrika** /8, 14/.

Lorentz Thorwöstestä mainitaan, että hän oli Juvanruukin omistaja isänsä kanssa ja sai ehkä myös porvarinoikeudet Viipurin kaupunkiin /14/. Ilmeisesti hän jäi Juvanruukille sen jälkeen kun muu perhe oli paennut Suomeen ennen kuin venäläiset tuhosivat ruukin vuonna 1704. Tähän viittaa se, että erään sukulaisen päiväkirjamerkinnän mukaan hänet tapettiin siellä /16/.

Juvanruukin toimihenkilöihin kuuluivat eri aikoina ruukinkirjurit **Henrik Kosten** ja **Bertil Jakobinpoika Abbor**. Ruukinsaarnaajina toimivat **Anders Teeth, Nicolaus Helsingius, Johan Gummerus, Johan Molsdorffer** ja **Per Plagman** /9, 14/.

Juvanruukki kehittyi Thorwösten johdolla nopeasti. Niinpä hän muun muassa värväsi Ruotsista useita ammattimiehiä, joista osa olivat Belgiasta polveutuvia valloneja. Vuoden 1694 manttaalikirjan mukaan ruukilla oli 8 kankirautaseppää, 6 nippuvasaraseppää, 6 hiilirenkkiä ja 8 hyttirenkkiä sekä myös eri alojen apumiehiä. Lisäksi 1690-luvulla ruukilla oli sekä ruukinräättäli, ruukinsuutari että muita käsi-työläisiä /4/.

Kuolemajärven henkikirjamerkintöjen mukaan Juvanruukilla asui vuonna 1694 75 asukasta (15–60 vuoden ikäisiä), vuonna 1700 41 asukasta ja viimein ruukin hävityksen jälkeen vain 8 asukasta vuonna 1706 /9/. Toisen tiedon mukaan vuonna 1695 Juvanruukilla oli 77 henkikirjoitettua työntekijää ja heidän perheenjäsentään, joten väkimäärältään ruukki nousi jo valtakunnan kahdenkymmenen suurimman joukkoon /8/.

Kun ammattitaitoiset työmiehet oli saatu pestatuksi ruukkeihin, heidät kyettiin myös pitämään omassa palveluksessa ja karkaamisesta seurasi ankaria rangaistuksia. Thorwösten ja läheisen Huppoisten ruukin omistajan **Per Fremlingin** välille syntyi kiistaa siitä, että Fremling oli yrittänyt houkuttaa työntekijöitä ruukkiinsa. Kuitenkin eniten suurinta harmia aiheuttanut houkuttelija oli Venäjältä Aunuksen rautaruukin omistaja **Christian von Rosenbusch**. Tämä onnistuikin ainakin vasaraseppä **Henrik Styfin** suhteen, joka karkasi Venäjälle. Tapausta pidettiin niin vakavana, että asiaa käsiteltiin kihlakunnanoikeudessa vuonna 1697. Thorwösten oli saatava todiste siitä, että vasaraseppä oli todella karannut Venäjälle. Tällä myös varmistettiin, ettei Styfillä ollut enää koskaan paluuta /14, 17/.

Juvanruukin hävitys 1704

Kannaksen varhaisimman rautateollisuuden historia jäi lyhyeksi. Ruukin perustamisaikaan 1680-luvulla suhteet Venäjään olivat rauhalliset, mutta vuonna 1700 syttyi suuri Pohjan sota. Rautateollisuus oli myös sotateollisuutta, jonka hävittämisestä tuli osa venäläisten strategiaa. Pian sen jälkeen, kun Nevajoen suistossa Karjalaa suojoonnut Nevanlinna jäi vihollisen haltuun 4.5.1703, Johan Thorwöste ja suuri osa Juvanruukin työväestä pakenivat samana keväänä Fiskarsiin, jonne muodostui vuosikymmenen ajaksi evakkojen yhdyskunta.

Pelko ei ollut turha, sillä ensimmäisenä kohteena oli juuri Juvanruukki, jonne venäläinen kasakkaosasto hyökkäsi 4.2.1704. Vastarintaa kohtaamatta sotajoukko ryösti ruukin totaalisesti sekä poltti luonnollisesti kaikki rakennukset sekä vei mukaansa rautavarastot, rautatuotteet ja kaiken muun arvokkaan. Hyökkäyksessä kankivasarat kaadettiin maan tasalle, hiilimiilut rikottiin ja valmis syysi sytytettiin palamaan. Kaikkiaan tässä yhteydessä paloi ruukilla 800 lästiä (noin 1600 m³) syysä sekä myös se syysi mitä oli valmiina talonpoikien varastoissa, samoin kuin kaikki valmiiksi pinotut halot. Tulelta säästyivät ainoastaan saha ja lähistöllä ollut mylly, vaikkakin ne osin rikottiin ja rautaosat vietiin mukana. Muita ryöstettyjä tavaroita olivat esimerkiksi useita tynnyreitä viljaa ja 10 tynnyriä valmiita nauvoja ja muita rautatarvikkeita, jotka oli ollut tarkoitus toimittaa jo tehtyjen tilausten perusteella Ruotsin kruunun linnoituksille /3, 4/.

Juvanruukin hävittämisen jälkeen samana vuonna 1704 Thorwöste kirjoitti vuorikollegiolle valittaen kohtaloon. Kärsimänsä vahingon johdosta hän pyysi vapautusta kymmenysraudan verosta kruunulle aina vuodesta 1700 alkaen, koska hän siitä saakka, oman puheensa mukaan, ”väkineen oli elänyt alinomaaisessa pelossa ja vavistuksessa venäläisten vuoksi”. Perusteluilta edellä esitetyille vaatimuksilleen Thorwöste esitti muun muassa, että jo vuodesta 1700 alkaen ruukin toimintaa oli häiritetty, joten hän oli suurelta osin jo lopettanut kankirautapajan ja manufaktuuripajan kehittämisen. Osoituksena kankirautapajan tuotannon vähentymisestä on kerrottu tapaus vuodelta 1702, missä ulosottomies ja nimismies tulivat perimään vasarave-roa, Thorwöstellä ei ollut tarvittavaa rahasummaa, vaan hän tarjosi vastikkeeksi hevosenkenkiä /1, 4/.

Samalla kertaa kun venäläiset hävit-

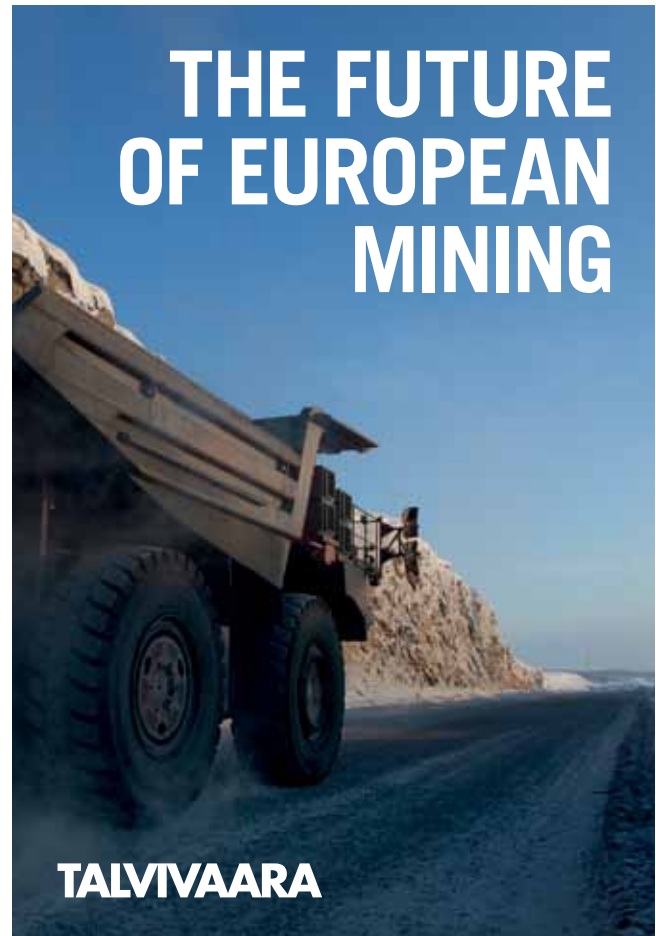
tivät Juvanruukin, he tuhosivat myös Viipurin pitäjän Yläsäiniöllä olleen Huppoisten rautaruukin. Sen olivat perustaneet vuonna 1695 viipurilaiset kauppias Per Fremling ja raatimies **Hans Tesche** /18, 19/. Tässä yhteydessä voidaan myös mainita, että Yläsäiniöllä oli vuosina 1761–1809 toiminut Säiniön ruukki, jossa oli taottu raakavaskea, mutta enimmäkseen kuitenkin vanhoja ruotsalaisia plooturahoja vaskiseppiin edelleen taottavaksi /1/.

Juvan rautatehdas ei noussut koskaan tuhkasta. Kosken äärellä olevat kasvillisuuden peittämät rautakuonakasat, rakennusten perustukset ja päärakennuksen kellarien rauniot muistuttavat kuitenkin vielä Karjalan varhaisimmasta suuresta teollisuuslaitoksesta. ▲

KIRJALLISUUSVIITTEET

1. Hultin, T.; Suomen teollisuushallituksen tiedonantoja, 26 (1897).
2. Härö, E.; <http://www.antskog.fi/ruukit.pdf>, (2005).
3. Haggrén, G.; Viipurin läänin historia III - Suomenlahdelta Laatokalle, (2010) 420-421.

4. Roos, J.E.; Historisk tidskrift för Finland, (1924) 114-126.
5. Laine, E.; Suomen historiallinen seura, Historiallisia tutkimuksia, XXI:2 (1948).
6. Laine, E.; Suomen historiallinen seura, Historiallisia tutkimuksia, XXI:3 (1952).
7. Haggrén, G.; <http://www.kansallisbiografia.fi/>, Peter Thorwöste (2000).
8. Haggrén, G.; <http://www.kansallisbiografia.fi/>, Johan Thorwöste (2006).
9. Kojo, O. & Valkolahti, A. 1957. Kuolemajärvi -säätiö, (1957).
10. Akkanen, A.; Kuolemajärveläinen, 1 (2000) 27-28.
11. Härö, E.; Museovirasto, Museo viraston rakennushistorian osaston raportteja, 7 (1994).
12. Starman, D.; Relationer för Finlands Bergmästarredöme, (1686-1705).
13. Nikander, G.; Fiskars bruks historia, (1929).
14. Viikuna, K.H.J.; Suomen Historiallinen Seura, Historiallisia Tutkimuksia, 188 (1994).
15. Hietanen, E.; Kuolemajärveläinen, 1 (2000) 23-25.
16. Ylioppilasmatrikkeli 1640-1852; <http://www.helsinki.fi/ylioppilasmatrikkeli>, Lorentz Thorwöste (2010).
17. Viikuna, K.H.J.; Suomen Historiallinen Seura, Historiallisia Tutkimuksia, 196 (1996).
18. Viikuna, K.H.J.; <http://www.kansallisbiografia.fi/>, Per Fremling (2004).
19. Haggrén, G.; <http://www.kansallisbiografia.fi/>, Hans Tesche (2007). ▲





**Laboratoriopäällikkö
Kauko Ingerttilä 1957-2013**

Sunnuntaina 16. kesäkuuta saapui yllättävä suruviesti. Pitkäaikainen työtoverimme ja esimiehemme Kauko Ingerttilä oli menehtynyt auto-onnettomuudessa työmatkalla Mongoliassa. Samassa onnettomuudessa loukkaantuivat Kaukon vaimo Riitta ja kaksi työtoveria Geologian tutkimuskeskuksesta (GTK). Myös kolme mongolialaista työtoveria loukkaantui vakavasti.

Kauko Ingerttilä syntyi pohjalaispitäjässä Pattijoella 11.9.1957 ja valmistui diplomi-insinööriksi Oulun yliopistosta. Työ toi nuoren insinöörin ja hänen vaimonsa Pohjois-Karjalaan Outokumpuun. Vuonna 1984 Kauko aloitti työnsä VTT:n Mineraalitekniikan laboratoriossa, joka oli tuolloin aloittanut toimintansa Outokummussa.

Haasteelliset tehtävät alkoivatkin pian kun Kauko aloitti jo v. 1985 va. laboratorion johtajana. Samana vuonna alkoi laboratorion uusien tilojen suunnittelu ja pian niiden rakentaminen, joita toimia Kauko veti laboratorionsa edustajana. Uudet nykyaikaiset tilat vihittiin käyttöön v. 1988, josta alkoi toimintojen voimakas laajentuminen.

Kauko Ingerttilästä tuli 1993 vakiituinen laboratoriopäällikkö. Hän ehti hoitaa tehtävää kaksikymmentä vuotta. Tuona aikana Mineraalitekniikan laboratorio kehittyi kansainvälisesti tunnetuksi mineraalialan tutkimus-

laitokseksi. Laboratorio siirrettiin organisatorisesti VTT:sta GTK:een vuonna 2004. Tuo siirtymävaihe oli yksi niitä tapahtumia, joissa Kauko joutui puolustamaan laboratorionsa olemassaolon oikeutusta – olihan lakkautusuhkakin päällä. Omaa työyhteisöään puolustaessaan joutui Kauko välillä kokemaan kovaakin painostusta. Myöhemmin on saatu nähdä mineraalitekniikan tutkimuslaitoksen tarpeellisuus. Kaukon luotsaama laboratorio on saanut olla tiiviisti mukana siinä kehityksessä, joka on johtanut viimeaikaiseen kaivosteollisuuden laajenemiseen maassamme ja muuallakin.

Yhteydenpito asiakkaisiin ja sidosryhmiin vei Kaukoa työmatkoille, paitsi kotimaahan myös useisiin muihin maanosiin. Tämä viimeinen, Kaukon kohtaloksi koitunut matkakin oli jo kuudes Mongoliaan suuntautunut. Mineraalialan yritysten lisäksi yhteydenpito oli tiivistä myös tiedeyhteisöjen ja alan yhdistysten, kuten Vuorimiesyhdistyksen kanssa. Työ matkoineen vei paljon aikaa myös vapaa-ajasta. Vastapainona toimi usein toistuva mökkeily perheen kanssa Kainuun järvimaisemissa Ristijärvellä. Kauko oli myös innokas hiihtäjä. Riitta ja hän olivat usein nähty pari niin Mustikkakorven metsäisillä laduilla kuin myös kevättalvisen Juojärven aurinkoisilla selillä. Harrastuksiin kuuluivat myös golf ja metsästys.

Kaukon joviaali, turhaa hötkyilyä välttävä toimintatapa sekä perusoptimistinen suhtautuminen asioihin tekivät hänestä helposti lähestyttävän työtoverin ja esimiehen. Nämä ominaisuudet auttoivat vastaamaan myös henkilöstöhallinnon haasteisiin, joita ympärillä olevien tutkijoiden moninaiset luonteenpiirteet ja intressit asettivat.

Kaukon äkillinen poismeno, vielä kaukana synnyinseuduiltaan, saa tuntemaan kuinka ennalta arvaamaton elämä voi olla. Me Kaukon tunteneet olemme menettäneet pitkäaikaisen työtoverin ja esimiehen, sekä myönteisen elämänasenteen omaavan ihmisen. ▴

*Reijo Kalapudas ja Pekka Mörsky,
Kaukon pitkäaikaiset työtoverit*

Lehden Kauko-partio on poissa

Kauko tuli mukaan Materia-lehden toimintaan kesällä 2006, toimituskunnan jäsenenä. Toimituskunnan kokouksiin hän osallistui aina kun hänen oma leipätyönsä Outokummussa sen salli. Hänestä tuli toimitukselle arvostettu yhteistyöpartneri. Opimme varhain luotamaan hänen osaamiseensa ja harkintakykyynsä. Kun asiasta oli epävarma, kannatti pirauttaa Kaukolle. Tiesi, että häneltä sai aina rehellisen vastauksen.

Monissa tilaisuuksissa hän toimi toimituksen Kauko-partiona asettaen kameransa ja kännykkänauhurinsa toimituksen käyttöön.

Viime kesältä meillä on mukava muisto tilanteesta, jossa Kauko nauhuristaan toisti meille silloisen elinkeinoministeri Jyri Häkämiehen Altona Miningin Kylylahden ja Luikonlahden vihkiäisissä pitämää puheen. Nauhoituksen purku tapahtui miellyttävässä ympäristössä Tammisaaren ulkosaaristossa toimituskunnan kokouksen yhteydessä.

Samalla reissulla kävimme Kaukon toivomuksesta Jussarössä, kuvassa Kauko kaivostornin juurella.

Kauko oli alansa asiantuntijana meille lehdentekijöille verraton apu, mutta vielä suurempi oli hänen merkityksensä ihmisenä ja ystävänä. ▴

*Jouko Härkki, Harri Lehto,
Leena ja Bo-Eric Forstén*





Gabor Gaál 1938-2013

Professori, geologi Gabor (Gabriel) Gaál kuoli kotikaupungissaan Budapestissa odottamattoman nopeasti edenneen sairauden jälkeen 16.6.2013. Hänen viimeiset hetkensä olivat rauhalliset lähiomaisten läsnä ollessa.

Unkarilaissyntyinen kolmen maan kansalainen (Unkari, Itävalta ja Suomi) Gabor Gaál oli yksi Suomen kansainvälisimmistä ja arvostetuimmista geologeista. Gaál syntyi 28.10.1938 Nyitrassa, Unkarissa (nyk. Slovakia). Nuorena hän osallistui Unkarin kansannousuun 1956 ja joutui sen jälkeen jalkaan haavoittuneena maanpakoon Itävaltaan kaksoisveljensä Tiborin kanssa.

Ylioppilaaksi hän kirjoitti Innsbruckissa 1957 ja aloitti samana vuonna geologian opinnot Wienin yliopistossa, josta valmistui tohtoriksi 1963 erikoistuen tektoniikkaan ja rakennegeologiaan. Valmistuttuaan Gaál kartoitti Koillis-Intiassa Singh-

bhumin kuparivyöhykettä.

1965 hän tuli Pohjois-Karjalaan Outokumpu Oy:n malminetsintään, jossa työskenteli useita vuosia. Siirtyminen lähes suoraan Wienistä Outokumpuun ei sujunut ilman lievää kulttuurishokkia, mutta hän sopeutui luonteensa mukaisesti hyvin uusiin oloihin. Outokummusta löytyi vaimo Eine, jota hän suuresti arvosti ja rakasti. Avioliitosta syntyi kaksi lasta, Gabriela ja Miklos.

Vuosina 1973–1977 hän oli tutkimuspäällikkönä Pohjois-Suomen malmigeologisessa toimikunnassa, jonka projekteissa saatiin ensimmäiset viitteet uusien kultamalmien esiintymisestä alueella. Gaál toimi apulaisprofessorina Helsingin yliopiston geologian laitoksella 1978–1983, vierailevana professorina Bahian yliopistossa Brasiliassa 1982 ja Perthissä Länsi-Australian yliopistossa 1991. Oulun yliopistossa hän oli rakennegeologian professorina 1970 alkaen. Gaálin innostava opetustyyli ja kenttäkurssit ovat jääneet lähtemättömästi monen geologin mieliin. Kentällä hän teki usein avonuotiolla herkullista gulassia ja kertoi kiehtovia tarinoita kokemuksistaan.

Gaál oli GTK:n palveluksessa 1983–1991 päätyönään kansainvälinen suhdetoiminta. Unkarin kansantasavallan hajoamisen jälkeen hän meni 1991 synnyinmaahansa johtamaan ja nykyaikaistamaan Unkarin geologista tutkimuslaitosta. Suomeen hän palasi 1998 GTK:n tutkimusjohtajaksi eläkkeelle siirtymiseensä asti 2003. Työssään hän vei suomalaista geologista asiantuntemusta aktiivisesti Eurooppaan ja muihin maanosiin, etenkin Afrikkaan.

Työura jatkui konsulttina ja Gaál

koordinoi useita EU:n rahoittamia ympäristö- ja hydrogeologian projekteja. GTK:n palvelukseen hän palasi 2009 työnään Euroopan kaivannais-teollisuudelle suunnatun ProMine EU-projektin tieteellinen koordinaattori. Gaál sai 2007 Suomen Geologisen Seuran Eskola-mitalin, joka on korkein kunnianosoitus geologian alalla Suomessa. Hänelle myönnettiin Fennoscandian Exploration and Mining-erikoispalkinto 2011 elämäntähtäisestä työstään Fennoskandian taloudellisen geologian hyväksi. Gaálin tieteelliset tutkimustulokset muuttivat käsityksiä Fennoskandian kilven synnystä ja laattatektonisten prosessien merkityksestä malmien muodostukseen.

Gabor oli unohtumaton sydämellinen persoona. Ulkomaan projekteissa hänen poikkeuksellinen innovatiivisuutensa, monipuolinen geologinen osaamisensa ja sosiaalinen älykkyytensä pääsivät oikeuksiinsa. Hän solmi vaivatta kontakteja ja oli kotonaan Brysselin kokouksaleista Afrikan savanneille. Hänellä oli kyky luoda aito yhteishenki ja saada kaikki antamaan parhaansa, hän näki aina enemmän mahdollisuuksia kuin esteitä. Työtoverina hän oli kannustava, aina valmis auttamaan ja jakamaan tietämystään. Vaikeissa tilanteissa työssä tai sen ulkopuolella hän antoi ystävilleen ehdoitta täyden tukensa.

Hänet siunattiin 11.7.2013 Gaálin sukuhautaan Farkasrétin hautausmaalle kotinsa lähelle Budapestiin. ▀

Juha Kaija, Erikoisasiantuntija, GTK, Gabor Gaálin ystävä ja läheinen työkaveri.

Apurahoja jakoon

Teknologiaateollisuuden 100-vuotissäätiön Metallinjalostajien rahaston tarkoituksena on edistää metallien valmistuksen koko jalostusketjun kattavaa teknologian ja liiketoiminnan tieteellistä tutkimusta, opetusta ja opiskelua yliopistoissa, korkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa.

Vuodelle 2014 haettavien apurahojen hakuilmoitus tulee Metallinjalostajien rahaston kotisivuille (www.metallinjalostajienrahasto.fi) 1. syyskuuta 2013.

Lisätietoja antaa asiamies Asmo Vartiainen, puh. 020 529 2012, [asmo.vartiainen\(at\)outotec.com](mailto:asmo.vartiainen(at)outotec.com). ▀

VUORINAISTEN TAPAHTUMIA

Vuorinaisten tiedottaja esittää pahoittelut edellisen Materia-lehden puuttuvista artikkeleista. Erilaiset tietokone- ja verkkouudistukset ja niistä seuranneet pakolliset päivitykset sekä sattuman sanelemia itsestä riippumattomia samanaikaispäivityksiä ovat työllistäneet etsintätouhuihin ja bittiavaruuteen hävinneiden tiedostojen korvaamiseen.
Tekstit ja kuvat: **Seija Aarnio**



VUORINAISTEN VUOSIKOKOUS

Vuorinaisten uuden johtokunnan muodostavat edelleen jatkavat: puheenjohtajana **Marja Nurmisalo**, rahastonhoitajana **Seija Vaaioensuu**, tiedottajana **Seija Aarnio**, uutena varapuheenjohtajana **Ritva Haani**, jäsenkirjetoimijana **Aino-Riitta Kaislaniemi**, sihteerinä **Helka Venäläinen**, jäsenenä **Tuula Gustafsson**, uusina jäseninä **Riitta Airola** ja **Airi Järvinen**. Kiitämme johtokunnan jättäviä **Anna-Liisa Väisästä** ja **Kaarina Vahtolaa** ja toivotamme tervetulleiksi uudet johtokunnan jäsenet.

PIHATONTUN JOULULOUNAALLA

Vuorinaisia kokoontui joulukiireiden keskeltä nauttimaan lämminhenkisestä yhteishetkestä.



PÄIVIKKI JA SAKARI SOHLBERGIN KOTIMUSEOVIERAILULLA

Esittelijäneuvos **Päivikki Tulenheimo-Sohlbergin** ja oikeusneuvos **Sakari Sohlbergin** kotimuseo Katajanokalla esitteli viime vuosisadan alun Suomen esineistöä, mm. hienoja kakluuni-uuneja, jotka olivat erilaisia jokaisessa huoneessa. Kotimuseon taidenautinnoista jatkoimme Wellamoon menun nautintojen äärelle.



VUORINAISTEN 55-VUOSIJUHLA Vuorinaiset juhlistivat 55-vuotista taivaltaan tammikuussa illallistanssiaisilla Tekniskan Kokoussalissa.



Rikastus- ja prosessijaoston 2013 Syysexcursio

Teemana: **AKUNI'13** (Apatiittia-Kultaa-Nikkeliä)

Ajankohta: 18.-21.09.2013

Vierailukohteina:
Yara, Siilinjärvi
Endomines, Pampalo
Talvivaara, Sotkamo

Matka alkaa Kuopiosta 18.09. noin klo 14:00 ja päättyy Kuopioon
21.09.2013 noin klo 16:00.

Kyytiin voi hypätä myös matkan varrelta.

Tarkempi matkasuunnitelma saatavilla Kotisivuiltamme:
www.vuorimiesyhdistys.fi

Hinta: 390 €/henkilö sisältäen majoituksen ja bussikuljetuksen.

Ilmoittautuminen: 31.08.2013 mennessä yhdistyksen
nettisivujen kautta tai suoraan
matti.riihimaki@weirminerals.com

Tervetuloa!

Uusia jäseniä



Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningens ry:n hallitus on hyväksynyt seuraavat henkilöt yhdistyksen jäseniksi kokouksessaan 15.5.2013:

Karinen Jouko Olavi (GEO),
Tainio Jasper (GEO),
Mikkonen Miia Inkeri (GEO),
Ridaskoski Timo Heikki Juhani (GEO),
Haverinen Juho Pekka (GEO),
Kuusirati Jarmo (GEO),
Peltonen Petri Tapani (GEO),
Klaver Ove Edvard (GEO),
Palonen Erkki (GEO),
Hannula Riina Maria (GEO),
Åkerman Johan Eric (MET),
Oja Tomi Tapani (MET),
Leinonen Jussi Ilmari (MET),
Popelka Klaus (GEO),
Tikkakoski Anne Maarit (GEO),
Strandberg Emil Niklas (GEO),
Stenberg Robert Jan Erik (GEO),
Tirroniemi Mirva Jonna Tuulikki (GEO),
Ahvenjärvi Outi Marjaana (GEO). ▀



**KAIVOS
POHJOINEN TEOLLISUUS**

KOHTAA KAIVOSALAN TOIMIJIAT OULUSSA!
21.-22.5.2014 | messut ja kongressi | Oulu



**MERKITSE
KALENTERIINI!**

Näyttävä ote Pohjoisen Teollisuutta!
Tapahtumakokonaisuus:



**KAIVOS
POHJOINEN TEOLLISUUS**



**KUNNOSSAPITO
POHJOINEN TEOLLISUUS**



**SOPIMUSVALMISTUS
POHJOINEN TEOLLISUUS**

YHTEISTYÖSSÄ:



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF OULU



POHTO



EXPOMARK

TAPAHTUMAN JÄRJESTÄJÄ:
Expomark Oy
info@expomark.fi
puh. 010 830 0800

LISÄTIEDOT JA MYYNTI:
Juha Nyholm
juha.nyholm@expomark.fi
puh. 050 585 4727

www.kaivosmessut.fi
www.pohjoinenteollisuus.fi

Tampereen teknillinen yliopisto - materiaalitekniikan koulutusohjelmasta valmistuneita diplomi-insinöörejä, 9.1.2013 alkaen, vain he, jotka ovat antaneet tietojen julkaisuluvan.

9.1.2013

Tuomas Haponen: Valimon mittaustoit-
minnan kehittäminen

Saara Heinonen: Silver Dissolution and
Functionality of Silver Doped Superhydro-
phobic Surfaces

Hannu Karjalainen: Optimization of the
Melt Process of Solution Strengthened
Ferritic Ductile Irons

Lauri Mäenpää: Liuotusreaktorin kor-
roosiotutkimus

6.2.2013

Janne Koivisto: Differentiation of
Human Induced Pluripotent Stem Cells
into Peripheral Neural Cells

Osmo Kuusisto: Optical Inspection
Systems for Quality Assurance and
Improvement of Plastic Films

Konsta Sipilä: Sulfidipitoisen pohjave-
den vaikutus kuparin vrumiseen

6.3.2013

Leo Janka: The Effect of Microstruc-
ture of Steel on Impact-Abrasive Wear
Resistance

Teemu Soini: Elastomeerin ja metallin
välinen tartunta

3.4.2013

Laura Junntila: Lujitemuovirakenteinen
meluaita

8.5.2013

Johanna Riihivuori: Characterization
on Natural Fibre Reinforced Thermoset
Composites

Sarianna Rönkkö: Evaluation of Wear
Behaviour and Mechanism of Refiner
Segments

Jarmo Tonteri: VOC-päästöjen hallinta
työkoneurakoiden valmistuksessa

5.6.2013

Saija Aimo: Adhesion Enhancement
between Non-Woven Para-Aramid
Fabric and Epoxy Matrix

Eeva Jokinen: Kierrätysmuovin tuotteis-
taminen

Tuuli Kamppila: Improving the Plasma
Spray Process of an Alumina Coating

Erkka Kannisto: Fabrication and Charac-
terization of Al₂O₃/Ni Nanocomposites

Niina Merilaita: Happikuparin laadun
parantaminen

Esa Mouhu: Requirements and Imple-
mentation of Product Data Management
System in Company Manufacturing
Plastic Pipe Systems

Jenni Räisänen: Polyolefiinipohjainen
kierrätysmuovilevy

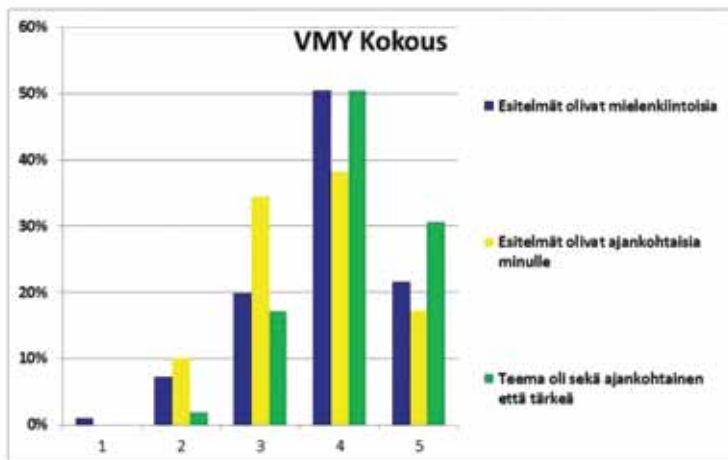
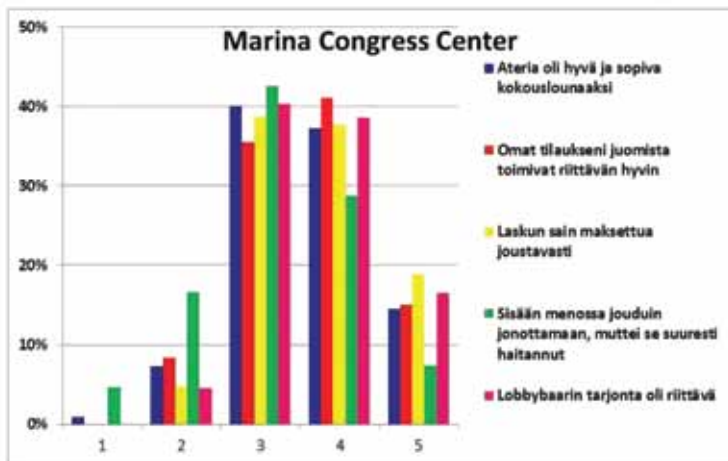
Sari Seppälä: Keraaminen ainetariki-
komaton karakterisointi taajuusvaste-
menetelmällä

Jussi Uitto: Levymäisten materiaalien
laminointikehitys

Mikko Väliheikki: Konttilukin laivauk-
sen aikaisen kiinnityksen tarkastelu

PÄÄSIHTEERILTÄ

Yhteenveto Vuorimiespäivistä 2013



Ohjeita kirjoittajille

TIEDE & TEKNIikka -ARTIKKELIT KUVAT JA TAULUKOT numeroidaan jatkuvasti ja niiden tekstit sekä näiden englanninkieliset käännökset kirjoitetaan erilliselle arkille. Kuvien paikat merkittävä käsikirjoitukseen.

KAAVAT JA YHTÄLÖT on kirjoitettava selvästi ja yksinkertaiseen muotoon. Käytettävä SI-yksiköitä.

KIRJALLISUUSVIITTEET numeroidaan jatkuvasti // sulkuihin tekstissä ja esitetään lopussa seuraavassa muodossa: 1. Järvinen, A.; Vuoriteollisuus-Bergshangeren, 34 (1976) 35-39.

Jokaiselle T&T-osaan tulevalle artikkelille on ilmoitettava englanninkielinen otsikko ja kielellisesti tarkistettu englanninkielinen yhteenveto. Kuvatekstit myös englanniksi. **SUMMARY** pituudeltaan enintään noin 20 konekirjoitusriviä.

Kirjoittajasta CV ja valokuva.

ERIPAINOKSET toimitetaan kirjoittajan laskuun eri sopimuksella. Tilataan suoraan kirjapainosta (Mariehamns Tryckeri Ab, Klaus Pärnänen, 040-7688755)

NEKROLOGIEN pituuden pyydämme rajoittamaan noin 150 sanaan.

KORJAUS yhteystietoihin

(Materia 2-2013 s. 93):

TkL Markus Malinen, Quintiq Oy
Teknobulevardi 3-5, 01530 Vantaa
040 5697118
markus.malinen@quintiq.com

Alansa osaajat

AQUAFLOW

Vedenkäsittelypalvelut
www.aquaflow.fi
www.veoliawaterst.com



CTS ENGTEC

Kaikukatu 7 | P.O. Box 193, FI-45101 Kouvola, Finland
Tel: +358 (0)207 567 100 | Fax: +358 (0)207 567 111
info@ctse.fi | http://www.ctse.fi | http://www.ctsengtec.ru

LABORATORIOKUMPPANISI POHJOISMAISSA



WWW.LABTIUM.FI

Endomines

www.endomines.com



Kalliorakentamisen
moniosaaja

yit.fi/infra



Kovaa faktaa.

www.gtk.fi



Geologista tutkimusurakointia:

Kairaus / Geofysiikka / Geologia / Kalliomekaniikka

Suomen Malmi Oy (Drillcon Smoy) on tytäryhtiö geologista tutkimusurakointia ja nousunporausta harjoittavassa Drillcon Groupissa. Lisätietoa yrityksestä ja palveluista: www.smoy.fi



Miilux
Hard from edge to edge

Miilux Kulutusteräskeskus
Kulutus- ja suojateräsket
www.miilux.fi

MAAN JA KALLION
TUTKIMUS •
POHJAVEDEN HALLINTA •
SUUNNITTELU JA KONSULTOINTI

GEOSTO

Down to Earth Consulting and Service - www.geosto.fi



Nikkeliä Harjavalasta
yli 50 vuotta



NORILSK NICKEL HARJAVALTA Oy

www.norilsknickel.fi



Power and productivity
for a better world™

www.abb.fi



PUHEENJOHTAJA/President

DI Harri Natunen, Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj
Ahventie 4 B 47, 02170 ESPOO, 040-550 2700
harri.natunen@talvivaara.com

VARAPUHEENJOHTAJA/Vice president

TkL Sakari Kallo, Rautaruukki Oyj,
Suolakivenkatu 1, PL 138, 00811 HELSINKI
020 5928 888 *sakari.kallo@ruukki.com*

PÄÄSIHTEERI/Secretary General

TkL Heikki Rantanen, Kanakouluntie 8 B,
13100 HÄMEENLINNA
045-1268201 *heikki.rantanen@vuorimiesyhdistys.fi*

RAHASTONHOITAJA/Treasurer

DI Outi Lampela,
Uurrekuja 36, 01650 VANTAA
040-539 4688 *outi.lampela@vuorimiesyhdistys.fi*

WEBMASTER

DI Topias Siren, Posiva Oy
Olkiluoto, 27160 EURAJOKI
050-3549 582 *topias.siren@vuorimiesyhdistys.fi*

GEOLOGIJAOSTO/Geology section

MSc Tiia Kivisaari, pj/chairman
Northland Exploration Finland Oy, 040-8650089
tkivisaari@northland.eu

FT Tero Niiranen, sihteeri/secretary

GTK, 040-73207281
tero.niiranen@gtk.fi

KAIVOS- JA LOUHINTAJAOSTO/

Mining and Excavation section

DI Pauli Syrjänen, pj/chairman
050-584 9093 *pauli-syrjanen(at)live.fi*

DI Mari Teikari, sihteeri/secretary
Oy Forcit Ab, 040-8690417 *mari.teikari@forcit.fi*

RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO/

Mineral processing section

DI Juha Koskinen, pj/chairman
Outokumpu Oy, puh. 040 846 7293

juha.koskinen@outokumpu.com
DI Matti Riihimäki, sihteeri/secretary

Weir Minerals, puh.040 543 8417,
matti.riihimaki@weirminerals.com

METALLURGIJAOSTO/Metallurgy section

DI Jarmo Lilja, pj/chairman

Ruukki Metals Oy, 040-557 8892
jarmo.lilja@ruukki.com

DI Olli Oja, sihteeri/secretary
Ruukki Metals Oy, 050-314 3626
olli.oja@ruukki.com

ILMOITTAJAMME TÄSSÄ NUMEROSSA

Aalto Pro	48, 75	Norilsk Nickel Oy	87
ABB Prosessiteollisuus	87	Normet International Ltd	8
AGA	5	Orica Finland Oy	2
Agnico Eagle Finland	2. kansi	Oulun yliopisto/Oulu Mining School	75
Algol	21	POHTO	67
Altona Mining	87	Posiva Oy	88
Aquaflow	87	Pyhäsalmi Mine Oy	55
Arctic Drilling Company Oy Ltd.	55	Pöyry Finland Oy	12
Oy Atlas Copco Louhintatekniikka Ab	3. kansi		
		Rautaruukki	35
Boliden	22	Sandvik	6
Bollfilter	59	Schneider Electric Finland Oy	41
Brenntag Nordic Oy	77	Strabag	8
CTS Engtec Oy	87	Suomen Malmi Oy	87
Oy Endominex Oy	87	Suomen TPP Oy	59
Expomark	85		
Flowrox Oy	39	Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj	81
Oy Forcit Ab	22	Tampereen Messut	67
FQM Kevitsa Mining Oy	55	Weir Minerals Finland Oy	12
Geologian tutkimuskeskus, GTK	87	Vimelco	37
Geosto Oy	87	YIT Rakennus Oy	87
		YTM-Industrial Oy	48
Herman Andersson	18		
Kemira	62		
Labtium	87		
Lapin Liitto /FEM	64		
Metso Minerals Finland Oy	Takakansi		
Miilux Oy	87		
Miranet Oy	39		
Nordic Mines	67		

Tutkimusta ja tekoja turvallisen
tulevaisuuden puolesta.

POSIVA

www.posiva.fi

SwedVent-ilmanvaihtojärjestelmät



Ilmanvaihto on pieni osa kaivoksen tai tunnelityömaan kokonaisinvestoinnista mutta merkittävä osa jatkuvista käyttökustannuksista. Atlas Copcon ilmanvaihtojärjestelmät koostuvat SwedVent-korkeapainepuhaltimista, äänenvaimentimista ja ilmanvaihtoputkista. Niiden tehokkuuden salaisuutena on korkea paine yhdistettynä vähäiseen hukkavuotoon. Vankkarakenteiset laitteet on tehty kestäämään jatkuvaa käyttöä joka päivä vuodesta toiseen. Ja mikä parasta - ne ovat niin hiljaisia, että tuskin huomaat niitä!

Oy Atlas Copco Louhintatekniikka Ab
Tuupakankuja 1, 01740 Vantaa
Puhelin: 020 718 9300
louhinta@fi.atlascopco.com, www.atlascopco.fi

Sustainable Productivity

Atlas Copco



Kohti tehokkaampia prosesseja

Metson Process Technology and Innovation (PTI) –organisaatio on maailman johtava toimija mineraalien käsittelyn integrointi- ja optimointitutkimuksissa (PIO). Ne sisältävät louhinnan, murskauksen, jauhatuksen, vaahdotuksen / liuotuksen sekä vedenerotuksen optimoinnin uusinvestoinneille ja olemassa oleville toiminnoille.

Erikoisosaamisemme sekä vankka teknologia mahdollistavat toimintanne prosessiongelmien ratkaisemisen. Autamme parantamaan toimintanne kannattavuutta sen koko elinkaaren ajan pienentämällä käyttökustannuksia, lisäämällä kapasiteettia, tehostamalla koko prosessia, parantamalla energia-tehokkuutta sekä vettä säästämällä.

Metso Minerals Finland +358 2048 45200 www.metso.com/miningandconstruction

 **metso**
Expect results