

MATERIA

2-2019 | Toukokuu

GEOLOGIA
KAIVOS
LOUHINTA
RIKASTUS
PROSESSIT
METALLURGIA
MATERIAALIT

YLI 70 VUOTTA VUORITEOLLISUUDEN ASIALLA





AGNICO EAGLE
KITILÄN KAIVOS

HYVÄ TULEVAISUUS rakennetaan vastuullisilla päätöksillä

Menestys on meille muutakin kuin kultaa. Se on hyvä tulevaisuus kaikille lähellämme oleville. Siksi ajattelemme jokaisessa päätöksessämme luontoa, ihmisiä ja koko yhteisöä.

www.agnicoeagle.fi



MATERIA 2–2019 | Toukokuu

- 5 Lukijalle **Ari Frisco Oikarinen**
- 7 Pääkirjoitus **Olavi Huhtala**: Terästeollisuuden tulevaisuus on fossiiliton
- 9 **Jari Rosendal**: Vuoriteollisuuden tila Suomessa vuonna 2018
- 12 Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2018
- 13 Rikasteiden, metallien, mineraalien ja vuolukiven tuotantoluvut
- 14 **Leena K. Vanhatalo**: Vuorimiespäivät 2019
- 18 **Leena K. Vanhatalo**: Energiamarkkinat
- 19 **Martin Pei**: Towards a fossil free future - development of iron- & steelmaking technology in Sweden & Finland
- 20 **Pekka A. Nurmi**: The Sourcing of Minerals for the Battery Revolution
- 24 **Matti Hietanen**: Vastuullista suomalaisten mineraalien arvon maksimointia
- 27 **Mari Lundström, Pyry-Mikko Hannula, Pertti Kauranen**: Finland-based Circular Ecosystem of Battery Metals (BATCircle)
- 29 **Timo Fabritius, Ville-Valtteri Visuri**: Energiatohokkuutta ja metallien kiertoa – uusia tutkimushankkeita
- 31 **Katja Holopainen**: Seuralaiset kulttuurieroksella

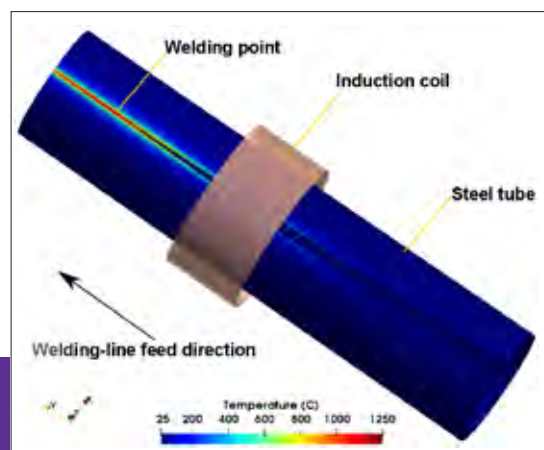




31



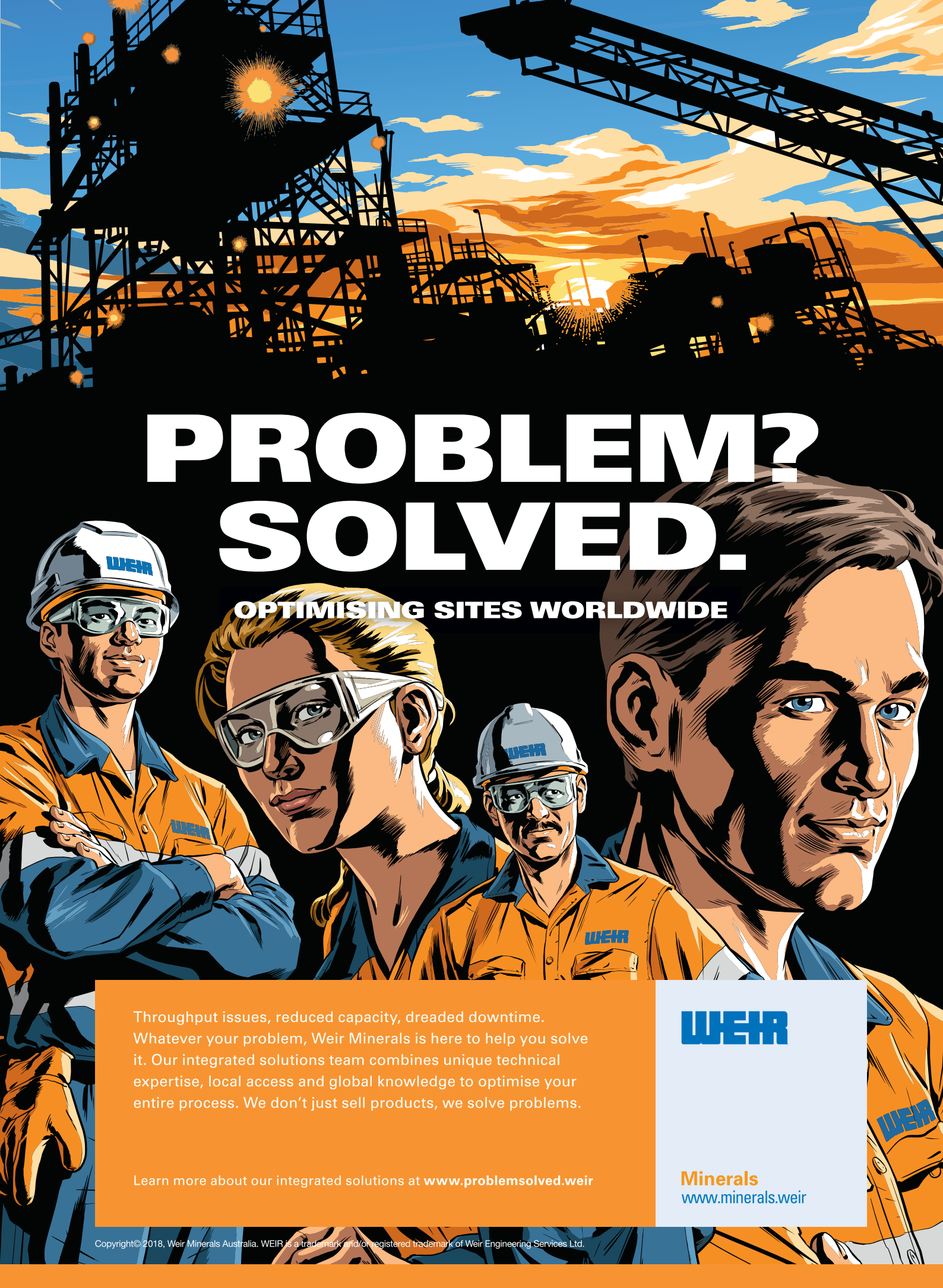
14



43

- 31 **Leena K. Vanhatalo:** Kvällen före à la ABB
- 32 **Leena K. Vanhatalo:** Illallistanssiaiset – jälleen kerran Messukeskuksessa!
- 34 **Leena K. Vanhatalo:** Aurinkoinen lauantain lounas
- 37 **Matti Hietanen:** Suomalaiset mineraalit vauhdittavat sähköistä liikennettä
- 39 **Aki Ullgren, Jukka-Pekka Uusitalo, Matleena Melasaari:** Uutta sensoriteknologiaa poraustapahtuman optimointiin
- 43 **Ville-Valtteri Visuri, Eshwar Kumar Ramasetti, Timo Fabritius, Prerana Das, Luigino Capone, Najib Alia, Manuel Jesús Arenas Jaén, Thomas Petzold, Dietmar Hömberg, Vahid Javaheri, Satish Kumar Kolli, David Porter, Shashank Ramesh Babu:** MIMESIS – Mathematics and Materials Science for Steel Production and Manufacturing
- 51 **Juhani Pulkkinen:** Ylijohtaja professori Vladi Marmon kuolemasta on kulunut 50 vuotta
- 53 **Pekka A. Nurmi:** 25 vuotta Suomi-promootiota PDAC-tapahtumassa
- 55 **Marko Holma, Marko Aittola, Timo Enqvist, Panu Jalas, Jari Joutsenvaara, Pasi Kuusiniemi, Kai Loo, Antto Virkajärvi:** Myonigrafian soveltaminen maa- ja kallioperän suhteellisten tiheysvaihteluiden kartoittamisessa

- 59 **Hanna Repo:** Safetywalk – virtuaalinen turvallisuuskierros Sandvikin testikaivoksessa
- 61 **Simo-Pekka Hannula:** Metallikerho In Memoriam
- 63 **Veli-Pekka Salonen:** K.H.Renlundin säätiöltä tukea kaivannaisteollisuuden kehityshankkeille
- 64 **Tuomo Tiainen:** Rahoitusta tutkijoille ja tutkimustyölle
- 66 Uutisia alalta: **Eero Hämäläinen:** Terrafamen kumivuorattuun kevytlavaan sopii lähes 9 tonnia enemmän lastia, lisäetuna melu ja tärinä vähenevät
- 67 **Leena K. Vanhatalo:** Future mine and mineral 2019
- 69 GTK: **Kalevi Rasilainen:** Mitä, missä, miten paljon – Löytämättömien mineraalivarantojen arvioinnin kehitysprojekti MAP
- 71 DIMECC on-line: **Kaisa Kaukovirta:** Finnish Industrial Internet Forum johdattaa digitaaliseen muutokseen
- 72 Metallinjalostajat: **Kimmo Järvinen:** Valtion päästökauppajärjestelmän nettotulot kasvoivat + 191 % vuonna 2018 – ja teollisuuden kasvihuonepäästöt ovat laskusuunnassa
- 73 Kaivosteollisuus: **Pekka Suomela:** Kaivostoimintaa ohjaavan lainsäädännön arviointi
- 74 Pakina **Tuomo Tiainen:** Hipsu Hiilen ihmeelliset seikkailut
- 75 Kolumni **Pertti Voutilainen:** Tulos tai ulos
- 76 Alansa osaajat
- 77 Ilmoittajamme tässä numerossa
- 77 **Leena K. Vanhatalo:** Mansen Mörinät
- 78 Hallituksen hyväksymät jäsenet ja nuoret jäsenet
- 79 **Frisco:** Näyteluento dosentuurin: Imaginäärisen materian elinkaarianalyysi
- 82 Pääsihteeriltä **Ari Juva:** Vuorimiespäivien jälkipuintia
- 82 VMY:n toimihenkilöitä



PROBLEM? SOLVED.

OPTIMISING SITES WORLDWIDE

Throughput issues, reduced capacity, dreaded downtime. Whatever your problem, Weir Minerals is here to help you solve it. Our integrated solutions team combines unique technical expertise, local access and global knowledge to optimise your entire process. We don't just sell products, we solve problems.

Learn more about our integrated solutions at www.problemsolved.weir

WEIR

Minerals
www.minerals.weir

Malminetsinnän & timanttikairauksen palkittu edelläkävijä

Safe Discovery Award –
Innovaatio
Myöntänyt Anglo
American Plc.

ISO 14001
Ympäristösertifikaatti
vuodesta 2004

Vuoden
ympäristöteko 2013
Myöntänyt Euro Mining
Jury, Suomi.

Palkittu suljetun kierron
järjestelmä



Oy Kati Ab Kalajoki
Sieventie 286 | 85160 Rautio
www.oykatiab.com

FinMeas

valvomme puolestasi

- ▶ KALLIO- JA MAARAKENTEIDEN AUTOMAATTINEN MONITOROINTI
- ▶ REAALIAIKAINEN TIETO RAKENTEIDEN TILASTA
- ▶ AUTOMAATTISET HÄLYTYKSET MUUTOKSISTA

www.finmeas.com



EXTREME CONDITIONS, EXTREME RESULTS

Certified Drilling Excellence

Choose us when you want full-scope exploration drilling services for geological surveys. Collect high-quality core samples safely and effectively with minimal impact on nature.



Arctic Drilling Company Ltd.
Call us +358 40 511 2289 or
visit www.adcltd.fi



MAAILMA SIIRTYY LITIUM- TALOUTEEN

KELIBER
www.keliber.fi

Lukijalle

Arvoisat lukijat! Vuorimiespäivät olivat ja menivät. Kiitos SSAB:lle isännöinnistä. Ohjelma oli mainiota ja vuorimiehet aveceineen viihtyivät. On ilo seurata, miten vuodesta toiseen tapahtuma houkuttelee vuorimiehet kokoontumaan yhteen, niin asian kuin hauskanpidonkin parissa. Esitelmät olivat kiinnostavia ja ajankohtaisia. Tämä lehden numero keskittyi perinteisesti Vuorimiespäivien raportointiin ja siellä esitettiin esitelmiin ja vuosiraporttiin, mutta mahtuu mukaan myös hieman muuta materiaalia, josta myöhemmin enemmän.

Kevät kääntyy kohta kesään ja tätä kirjoittaessa on vappu ovelta. Toimitus ei kuitenkaan vielä karkaa kesälaitumille, vaan pakertaa lehden erikoisnumeron parissa, jotta saamme sen ulos aikataulussa syyskuun alkupuolella. Ponnistus on melkoinen, ja lehti on hyvin erilainen kuin normaalit Materia-lehden numerot. Osana lehteä on tarkoitus tuottaa myös sisältöä inter-

nettiin, jolloin saamme huomattavasti lisää vapauksia sisällön ja myös sen päivittämisen suhteen. Tämä on meille oppimiskäyrän alkupäätä, joten jännityksellä odotamme, mitä kaikkea siitä seuraa.

Aasinsiltana edellistä käyttäen kokeilemme jo tässä numerossa lisäsisällön jakamista netissä. Esimerkkicaset ovat Teemu Kerpun dosentuuriluento ja professori Vladi Marmon elämäkerta. Molemmista on lehdessä pienet artikkelit, ja lisää materiaalia on löydettävissä netissä osoitteessa:

<https://materia.vuorimiesyhdistys.fi>

Otamme mielellämme vastaan kommentteja ja ideoita siitä, miten nettisisältöä voisi kehittää ja mitä siellä voisi olla, jotta se palvelisi lukijakuntaa ja miksei muitakin kiinnostuneita.

Antoisia lukuhetkiä, käykää netissä ja hyvää kesää!

FRISCO

Hyvä Vuorimiesyhdistyksen jäsen!

Olet saanut sähköpostilla vuoden 2019 jäsenmaksulaskun tai ainaisjäsenenä lehtimaksulaskun. Lasku erääntyy tämän lehden ilmestymisen aikoihin. Jos et ole saanut laskua, ota yhteyttä rahastonhoitajaan: leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi

MATERIA

JULKAISIJA / PUBLISHER Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y. 77. vuosikerta ISSN 1459-9694 www.vuorimiesyhdistys.fi | LEVIKKI n. 4000 kpl
MATERIA-LEHTI kattaa teknologian alueet geofysiikasta ja geologiasta lähtien ml. kaivos- ja prosessiteknikka ja metallurgia sekä materiaalien valmistus ja materiaaliteknikan erilaiset sovellutukset. 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. | **VAST. PÄÄTOIMITTAJA / EDITOR IN CHIEF** DI **Kari Pienimäki** 040 527 2510 kari.pienimaki@outotec.com | **PÄÄTOIMITTAJA/ DEBUTY EDITOR IN CHIEF** DI **Ari Oikarinen** 050 568 9884 ari.e.oikarinen@gmail.com | **TOIMITUSSIHTEERI / MANAGING EDITOR** DI **Leena K. Vanhatalo** 050 383 4163 leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi | **ERIKOISTOIMITTAJAT / SPECIALISTS** TkT, prof.(emer.) **Tuomo Tiainen** 040 849 0043, 050 439 6630 tuomo.j.tiainen@gmail.com, DI **Hannele Vuorimies** 040 187 6060 Epiroc Finland Oy Ab etunimi.sukunimi@epiroc.com, TkT **Topias Siren**, 050 354 9582 topias@smcoy.fi | **TOIMITUSNEUVOSTO / EDITORIAL BOARD** DI **Liisa Haavanlammi** pj /Chairman Outotec 040 864 4541 liisa.haavanlammi@outotec.com, DI **Jani Isokääntä** SFTec Ltd. 040 854 8088 jani.isokaanta@svy.fi, Professori (associate) **Ari Jokilaakso** 050 313 8885 ari.jokilaakso@gmail.fi, DI **Miia Kiviö** Aurubis Finland Oy 0406416529 m.kivio@aurubis.com DI **Matti Palperi** Helsinki 09 565 1221, DI **Pia Voutilainen** 040 590 0494 pia.voutilainen@copperalliance.se, Scandinavian Copper Development Ass. DI **Annina Mattsson**, 0400538452, anninak.mattsson@gmail.com | **OSOITTEENMUUTOKSET & TILAUKSET / CHANGES OF ADDRESS & SUBSCRIPTIONS** **Leena K. Vanhatalo** 050 383 4163 leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi, **VMY:N JÄSENISTÖ MYÖS VERKKOSIVUJEN JÄSENREKISTERIN KAUTTA.** | **PAINO JA TAITTO/ PRINTING HOUSE** Painotalo Plus Digital Oy, Lahti | **KANSI** Nuoret stipendiaatit ja Petter Forström -palkinnon saaja Kuvaaja: Leena K. Vanhatalo.

Artikkelien aineistopäivä
 Article deadline
 3/2019 17.9.
 4/2019 19.11.

Ilmoitustilavaraukset / aineistopäivä
 Booking ads dl / Ads delivered
 3/2019 17.9. 23.9.
 4/2019 19.11. 25.11.

Ilmoitusmyynti / Ad Marketing
 L&B Forsten Öb Ay, 0400 875 807
materia.forsten@pp.inet.fi



GRM-services Oy Ltd

GEOPHYSICAL AND ROCK MECHANICAL SERVICES

Vähennä
riskejä kattavalla
3D-mallinnuksella!

Urakointi- ja konsultaatiopalveluita ammattitaidolla, kustannustehokkaasti ja ympäristöä kunnioittaen malminetsinnän, geotekniikan ja ympäristötutkimusten tarpeisiin.



GEOFYSIIKAN MAANPINTA- JA REIKÄMITTAUKSET

- Maapinnan ensimetreistä yli kilometrin syvyyteen.
- EM, 3D/2D IP, painovoima, magneettinen, lataus-potentiaali, seisminen, vastusluotaus, maatutka, reikäkuvaukset ja fysikaaliset ominaisuudet in-situ.



KALLIOMEKANIIKAN ASENNUKSET JA MITTAUKSET

Monitorointi

- Reaaliaikaiset mittausjärjestelmät – niin maan päällä kuin alla.

Jännitystilamittaukset

- Hydraulinen murtaminen reikiin pinnalta ja maan alta satojen metrien syvyyteen.
- Irtikairaus-menetelmä tunneleista ja maan alta.



Lento-, maanpinta ja reikägeofysikaalisen datan prosessointi, mallinnus ja tulkinta. Historiallisen aineiston uudelleenkäsittely.

www.grm-services.fi | Antti Kivinen: 040-5394224 | info@grm-services.fi



Yhdistimme louhintaprosessin tärkeimmät palvelut

ForDEX on järjestelmäkokonaisuus, joka koostuu parhaista digitaalisista työkaluista louhinnan kokonaisprosessin sujuvoittamiseksi. ForDEX-työkalujen avulla voit suunnitella ja seurata saumattomasti koko poraus- ja räjäytysprosessia suunnittelusta raportointiin asti. Jatkuvasti kehittyvään ForDEX-perheeseen kuuluvat tällä hetkellä **Forcit Go**, **VipNordic** ja **O-Pitblast**. Modernit panostusajoneuvot ja laajat taustajärjestelmät mahdollistavat optimaalisen prosessitiedon hyödyntämisen louhinnan jokaisessa vaiheessa.

Lue lisää: forcit.fi

FORCIT
EXPLOSIVES

Terästeollisuuden tulevaisuus on fossiiliton

Vuorimiespäivien 2019 teema energiamurroksesta on hyvin ajankohtainen SSAB:lle. Terästeollisuus tulee mullistumaan vuoteen 2045 mennessä, kun SSAB:n teräksen valmistus muuttuu täysin fossiilivapaaksi. Valmistuttuaan prosessi laskee Suomen ja Ruotsin kansallisia hiilidioksidipäästöjä merkittävästi. Tähtäämme kestävämpään toimintaan kumppaninyhteistyön, innovaatioiden, HYBRIT-hankkeen ja Sustainability Expedition -ohjelmamme avulla.

Terästeollisuus synnyttää tällä hetkellä 7 % maailman hiilidioksidipäästöistä. Perinteisesti rautamalmin pelkistykseen käytetään hiiltä ja koksia, ja prosessissa muodostuu suuria määriä hiilidioksidia. Kehitteillä olevassa mullistavassa teräksen valmistusmenetelmässä koki korvataan fossiilittomalla sähköllä tuotetulla vedyllä. Uudessa menetelmässä päästöinä syntyy hiilidioksidin sijasta vettä. SSAB:n tavoitteena onkin toimia täysin fossiilittomasti vuoteen 2045 mennessä.

Tavoite on kunnianhimoinen tilanteessa, jossa väestönkasvun ja kaupungistumisen odotetaan kasvattavan teräksen kysyntää. Terästeollisuuden hiilijalanjälki on merkittävä haaste paitsi yrityksille itselleen, myös Euroopalle ja koko maailmalle.

Suomalaiset ja ruotsalaiset halukkaita keskustelemaan

SSAB:n kestävä kehityksen ohjelma Sustainability Expedition pohjautuu kyselytutkimukselle, johon vastasi viime joulukuussa 3 000 suomalaista ja ruotsalaista. Yli 80 % kyselyyn vastanneista koki ilmastonmuutoskeskustelun kiihtyneen. Lisäksi suurin osa piti ilmastonmuutosta yhtenä ihmiskunnan suurimmista uhista luonnonvarojen niukkuuden, ilmansaasteiden ja väestönkasvun ohella.

Tutkimuksessa kävi ilmi, että yritysten ajatellaan olevan velvollisia taistelemaan ilmastonmuutosta vastaan. Useimmat vastaajat olivat kiinnostuneita kestävästä kehityksestä koskevasta keskustelusta ja toimenpiteistä. Yritysten viestinnältä toivottiin selkeyttä.



Kaivos-, energia- ja teräsala yhteistyössä

Vuonna 2016 SSAB, LKAB ja Vattenfall selvittivät, voisiko vähäpäästöisesti tuotettu teräs kilpailla perinteisen terästuotannon kanssa. Johtopäätös oli, että fossiilittoman sähkön hinnan laskiessa ja hiilidioksidipäästöjen hinnan noustessa kehitystyöhön kannatti ryhtyä. Perustettiin yhteishanke uuden menetelmän pilotointia ja eteenpäin viemistä varten.

Uuteen teollisen mittakaavan tuotantoprosessiin tähtäävän HYBRIT-yhteishankkeen

suunta on oikea niin Ruotsille kuin Suomellekin ja mukana oleville yrityksille. Tämän vahvistavat myös laaja-alaiset keskustelumme asiantuntijoiden kanssa.

Ruotsilla ja Suomella on ainutlaatuinen mahdollisuus toteuttaa tällainen hanke. Meillä on paljon fossiilitonta sähköä, alueen rautamalmivarannot ovat Euroopan laadukkaimpia ja terästeollisuus on pitkälle erikoistunut ja innovatiivinen.

Tarkoitus on tutkia uuden toimintamallin laajentamista myös Suomeen. Tarkoituksena ei ole enempää eikä vähempää kuin mullistaa teräsentuotanto käyttämällä fossiilivapaata valmistustekniikkaa ensimmäisinä maailmassa. Onnistuessaan HYBRIT-hanke vähentää valtakunnallisia hiilidioksidipäästöjä Ruotsissa 10 % ja Suomessa 7 %.

Matkalla kestävään tulevaisuuteen

SSAB:n kestävä kehityksen ohjelma pyrkii poistamaan fossiiliset raaka-aineet kaikista teräksen elinkaaren vaiheista aina sataprosenttiseen kierrätettävyyteen asti. Myös tuotteilla on roolinsa: asiakasyritykset voivat jo nyt vähentää hiilidioksidipäästöjään merkittävästi käyttämällä erikoislujia teräksiä.

SSAB:illa oli ilo tuoda esille tätä kestävä kehityksen sanomaa tämän kevään Vuorimiespäivillä. Isäntäyrityksenä toimiminen oli meille suuri kunnia. Oli myös ilo nähdä ennätysellinen määrä vuorimiehiä osallistumassa päivien eri tilaisuuksiin. Suuri kiitos kaikille osallistujille! ▲

OLAVI HUHTALA,
EXECUTIVE VICE PRESIDENT, SSAB EUROPE OY

Vuoriteollisuuden tila Suomessa vuonna 2018

TEKSTI: JARI ROSENDAL, VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUKSEN PUHEENJOHTAJA

Jari Rosendal aloitti vuosikatsauksen näyttämällä, miten tuotantotilastot olivat kehittyneet. Bruttokansantuote jatkoi kasvuaan ja kasvua ennakkotietojen mukaan oli 2,2 %.

Vienti oli tuontiin nähden melko hyvin tasapainossa, vienti kasvoi 1,5%.

Metallit ja metallituotteet edustivat 15,5% viennistä ja olivat arvoltaan vajaat 10 miljardia euroa.

Seuraavassa malminetsinnän ja kaivos-toiminnan katsaukset aakosjärjestyksessä:

Agnico Eagle Finland Oy – Kittilän kaivos

Kullan tuotanto oli 189000 unssia ja liikevaihto 202 M€. Investoinnit tuplaantuivat edellisestä vuodesta ja olivat 148 M€. Kaivoksella on käynnistetty kolmen vuoden ja 250 M€ investointihanke kaivoksen laajentamiseksi ja syventämiseksi sekä rikastamon laajentamiseksi. Malminetsinnässä on löytynyt merkittävä määrä lisää kultatamalmia ja kultavarantoja yli tuhannen metrin syvyydestä.

Anglo American Sakatti Mining

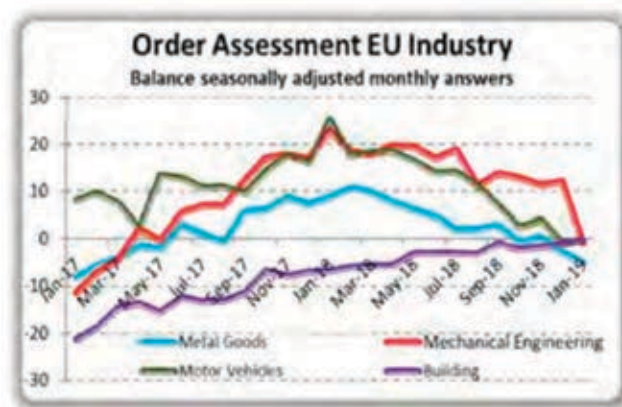
Kehitystyötä Sakatin polymetallikaivoksen osalta jatketaan. Vuotuinen panostus on noin 20 miljoonaa dollaria. Henkilökuntaa on jo 38 henkeä. Erittäin aktiivinen kairaus on jatkunut ja työturvallisuuteen on kiinnitetty erityistä huomiota. Vuonna 2017 aloitettu pre-feasibility study on tarkoitus saada valmiiksi vuoden 2019 alkupuolella ja ympäristön vaikutusarvio valmistuu 2019 loppuun mennessä.

Boliden

Konsernilla on vahvat numerot viime vuodelta. Käyttökate oli 18 % ja liikevaihto oli 5,1 miljardia euroa. Suomessa Bolidenilla on toimintaa Harjavallassa, Kevitsassa, Kokkolassa ja Kylynlahdella sekä malminetsintää FinnEx-yhtiön toimesta Kevitsan ja Kylynlahden alueella.

Bolidenin juhluvuonna Harjavallan liekkisulatusmenetelmä täytti 70 vuotta ja Kokkolan sinkkitehdas 50 vuotta.

Steel demand development 2018



Kevitsan numerot olivat todella vahvat vuonna 2018. Liikevaihto oli 284 Me ja käyttökate vaatimattomat 56 % liikevaihdosta. Kokonaislouhinta oli 41 Mt ja malmituotanto 7,0 Mt. Kylynlahti teki uudet tuotantoennätykset nikkelin ja koboltin osalta. Liikevaihto oli 66 M€ ja käyttökate noin 38 %. Bolidenin sulatoilla Harjavallassa oli uuden rikkihappotehtaan ensimmäisen vaiheen käyttöönotto. Harjavallan sulatto teki 102 M€ ennätysliikevoiton. Kokkolassa puolestaan sinkin tuotantomäärä kasvoi edellisvuoteen verrattuna ja erityisesti loppuvuosi oli hyvä. Investointien painopiste oli korvaus- ja ympäristöinvestoinneissa. Kokkolan sulaton liikevoitto oli 43,5 M€.

Dragon Mining

Vuoden kultan tuotanto oli lähes 25,000 unssia ja hinta oli hyvällä tasolla eli \$992/unssi. Työturvallisuus oli erittäin hyvällä tasolla kaikissa neljässä kaivoksessa. Mineraali- ja malmivarannot olivat vahvalla tasolla ja kultan keskipitoisuus oli noin 3,2 g/t. Färbolidenin ja Kaapelikulman uusien kaivosten kehittäminen jatkuu.

Endominex Oy

Uusitun strategian mukaisesti malminetsintää Suomessa jatketaan sekä kehitetään



tuotantoa ja kaivoksia Idahossa USA:ssa. Potentiaalisia kohtuuhintaisia yritysosto-kohteita haetaan vakailta maantieteellisiltä alueilta, joissa olisi suhteellisen lyhyt aikajänne tuotannon käynnistämiseen.

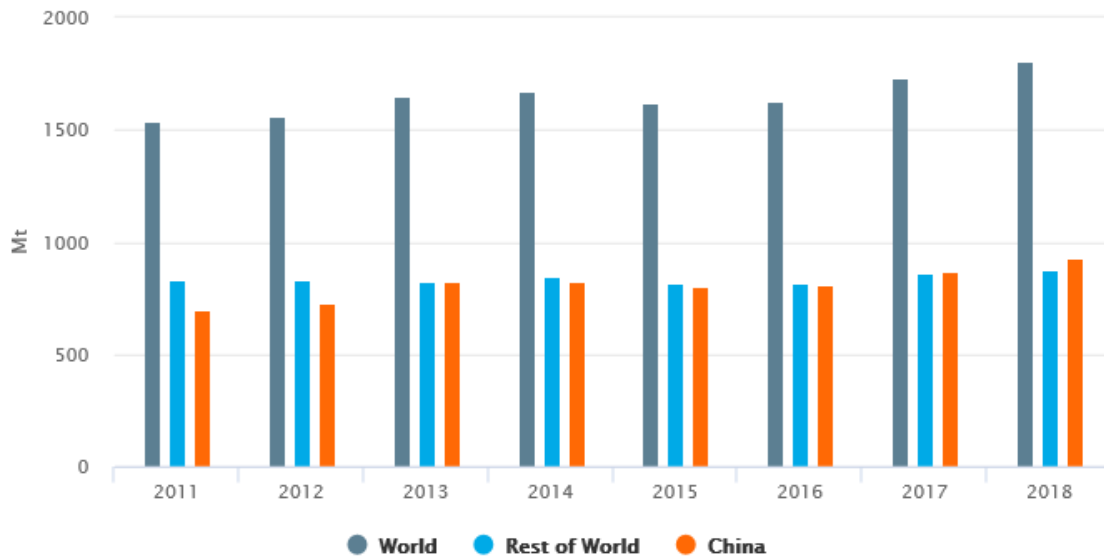
Pampalon kullantuotanto oli 331 kg. TVL Gold -yritysostos saatiin maaliin ja se sisältää viisi kultaprojektia Idahossa. Idahon Friday- kaivoksen malmituotanto käynnistettiin 2018 ja vuonna 2019 odotetaan 5000-8000 unssin kullantuotantoa.

Hannukainen Mining

Kaivosprojektin kehittäminen jatkui. Maan-käyttösuunnitelma esitettiin keväällä 2018. Kaivoksen ja prosessilaitoksen sekä vesienkäsittelylaitoksen suunnittelu ja myös ympäristölupien käsittely jatkuivat vuoden aikana.

Global crude steel production grew 4,6%

Annual crude steel production (in million tonnes)



Keliber Oy

Feasibility study julkaistiin kesäkuussa ja se osoittaa hyvää kannattavuutta litiumprojektille. Autojen sähköistymisen kasvaessa kehitys on menossa litiumhydroksidin kysynnän kasvun suuntaan, joten pilottikokeet hydroksidin tuottamiseksi tehtiin syksyllä 2018. Alkuvuodesta 2019 päivitettiin feasibility study, joka osoitti jopa parempaa kannattavuutta, jos tuotteena on litiumhydroksidi.

Mineraalivarannot ovat 9,5 miljoonaa tonnia 1,16% litiumpitoisuudella. Ympäristöselvitys jatkuu hyvässä yhteistyössä viranomaisien kanssa. Syväjärven kaivoslupa on saatu. Rikastamon ympäristöluvat ovat työn alla.

Kokkolan kemikaalitehtaan ympäristölupa laitetaan hakuun keväällä 2019.

Nordkalk Oy

Nordkalk suoriutui hyvin Keski-Euroopassa. Maatalous- ja ympäristömarkkinat pärjäsivät hyvin kaikissa maissa. Poltetun kalkin markkinoilla kilpailu Pohjoismaissa oli kovaa. Uusi murskauslinja käynnistettiin Turkissa. Transformaatio-ohjelma käynnistettiin alkuvuodesta 2019 kannattavuuden parantamiseksi.

Kalkkikiven tuotanto oli 13,2 miljoonaa tonnia, josta Suomessa 3,3 Mt.

Kahdeksan etsintäprojektia on käynnissä Lappeenrannassa. Työtä jatketaan työturvallisuuden parantamiseksi.

Pyhäsalmen kaivos

Malmituotanto jatkui tasolla 1,2 Mt/a. Liikevaihto oli 124M€ ja tulos 65 M€, eli vaatimattomat 52% liikevaihdosta. Malmivarat ehtyivät edellisen vuoden 2,1 Mt:sta 0,8 Mt tasolle.

Kaivoksen jatkokäyttösuunnittelua jatketaan yhdessä Pyhäjärven kaupungin kanssa CALLIO brändin alla. Kaivoksen sulkemisanomus on jätetty lokakuussa 2018. Vaikea uskoa, että tämä tarina on kohta päättymässä.

Sotkamo Silver

Hopeakaivoksen avajaiset pidettiin 27.3.2019. Hankkeeseen investoitiin vuonna 2018 noin 26 miljoonaa euroa, kokonaisinvestointien ollessa noin 60 M€. Hopeakaivoksen louhintaurakkasopimus solmittiin Tapojärvi Oy:n kanssa ja valmistelevat louhinnat aloitettiin syksyllä. Rikasteiden myynti- ja toimitussopimus solmittiin Bolidenin kanssa lokakuussa.

Terrafame

Terrafamen kaivoksella malmituotanto oli vuonna 2018 17,9 Mt. Nikkeliä tuotettiin 27,4 kt ja sinkkiä noin 62 kt. Liikevaihto kasvoi 326 miljoonaan euroon ja käyttökate tuplaantui 33 M€ tasolle.

Terrafame teki strategisen päätöksen investoida akkukemikaalien tuotantoon. Tuotteina ovat nikkeli- ja kobolttisulfaa-

tit, jotka soveltuvat ajoneuvojen akkuihin. Teknologian toimitussopimukset on tehty laitetoimittajien kanssa. Tuotannon arvioidaan käynnistyvän vuoden 2021 alussa ja tuovan noin 200 M€ lisää liikevaihtoa.

YARA Siilinjärvi

Kiveä YARAN Siilinjärven kaivoksesta nostettiin 25 Mt; siitä 11 Mt oli malmia. Apatiittirikastetta tuotettiin lähes miljoona tonnia (989 kt), joka oli taas uusi tuotantoennätys. Uusia malmilöydöksiä on tehty avolouhoksen pohjoispuolelta. Kaivoksen elinikä päivitettiin vuoteen 2035. Kehityshankkeiden osalta vanha tankomylly vuodelta 1979 uusittiin. Kaivoksen kehittämissuunnitelmaprojekti kaivoksen iän jatkamisesta vuodesta 2035 eteenpäin on käynnistetty.

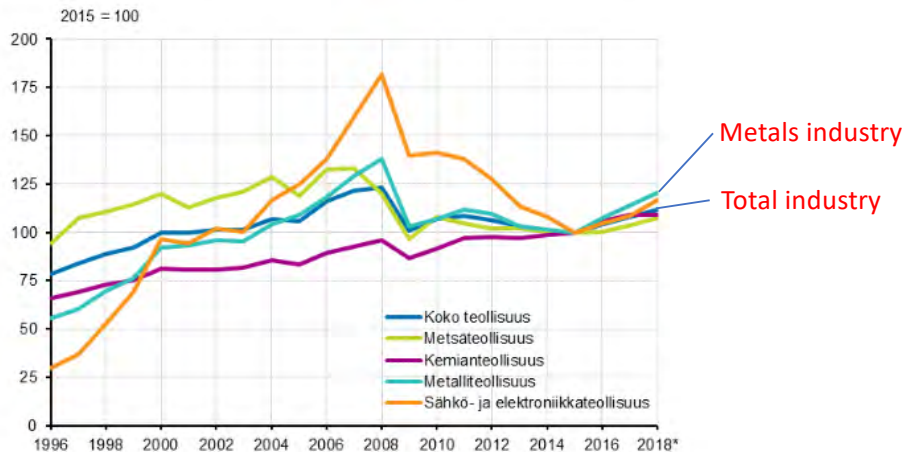
Metallien tuotanto ja jalostus

Globaalisti terästuotanto kasvoi 4,6% vuonna 2018 ja se oli 1,8 miljardia tonnia. Kuten kuvasta näkyy, hiukan yli puolet tuotetaan Kiinassa. EU:ssa terästilaukset kääntyivät laskuun käytyään huipussaan 2017/2018 vuodenvaihteessa, poikkeuksena oli raketin valmistaminen. EU-alueen haasteena oli kasvava tuonti EU:n ulkopuolelta. Kysyntä kasvoi vain 1,4% vuoden jälkipuoliskolla, mutta tuonti kasvoi 15%.

Kuparin markkinahinnan osalta cash costs ja fyysiset tuotantotekijät ovat vaikut-

2018 Finland Statistics

Industrial production volume index



Lähde: Tilastokeskus

taneet hintaan eniten, mutta on sijoittajien mielialoilla ja dollarin kurssillakin selkeä vaikutus hintoihin.

Seuraavassa yritysten kuulumiset:

Aurubis

Sovittu kauppa, jossa valssattujen tuotteiden valmistus olisi siirtynyt Wieland Werkelle, kompastui EU:n kilpailuviranomaisen kielteiseen päätökseen. Muuten 2018 oli vahva vuosi Aurubis Finlandille. Jalostuspalkkiot kasvoivat 41 miljoonasta 47 miljoonaan euroon. Markkinat vaikuttavat hiukan pehmeiltä, mutta kasvavan sähköautojen tuotannon ja niihin liittyvän kuparituotteiden kysynnän uskotaan tuovan positiivisen vaikutuksen.

Kuusakoski Recycling

Liikevaihto kasvoi 8%. Raaka-ainemarkkinat olivat haastavat ja volatiilit, mutta hinnat nousivat hiukan. Heinolan laitokseen tehtiin 15 M€ investointi. Kiinan kierrätysmateriaalien tuontirajoitteet ovat tuoneet kierrätysalalle isot muutokset, mutta myös mahdollisuuksia.

Luvata

Mitsubishi Material Corp. osti Luvatan vuonna 2017. Luvata toimii itsenäisenä osana konsernia. Toiminta jatkuu Porissa ja liikevaihtoa kertyi 625 M€. Henkilökuntaa oli 1430 henkilöä.

Asiakaskuntana ovat muun muassa autoteollisuus, sähköteollisuus ja terveydenhoitolaitteet.

Nornickel Harjavalta

Tuotanto kasvoi kaksi prosenttia ja oli uusi ennätys. Tuotanto on integroitu Nornickelin omista kaivoksista. Merkittävä hiilijalanjäljen pudotus on tapahtunut bioenergiaan ja maakaasuun siirtymisen johdosta. Merkittävää tuotekehitystä on tehty akkuteollisuutta silmällä pitäen.

Outokumpu

Outokummun liikevaihto oli 6,9 miljardia euroa ja vertailukelpoinen käyttökate 485 M€ eli seitsemän prosenttia. Työntekijöitä oli 10500 ja terästoimituksia 2,4 miljoonaa tonnia. Vuosi 2018 oli poikkeuksellinen vuosi USA:n terästulleista johtuen. Hyvää edistymistä tapahtui vuoden aikana työturvallisuudessa, tuotannon luotettavuudessa sekä kustannustehokkuudessa.

Ovako

Ovako on johtava eurooppalainen koneenrakennusterästen valmistaja. Ovakon kolmesta terästehtaasta kaksi sijaitsee Ruotsissa (Hofors ja Smedjebacken) ja yksi Suomessa, Imatralla. Jatkojalostus- ja myyntiyritykset mukaan luettuna Ovako toimii yli 30 maassa. Henkilöstöä koko Ovakossa on noin 3000, joista Imatralla 600. Kesäkuussa 2018 Ovakon osti maailman kolmanneksi suurin teräsajähti Nippon Steel. Uuden omistajan eräs tavoite on luoda yhtiöstään merkittävien globaali koneenrakennusterästen tuottaja, mistä Ovakon osto on yksi näyttö. Ovako Imatra Oy:llä ei ollut poissaoloihin johtaneita työtatapaturmia. Liikevaihto oli 215 M€, kasvua 11%. Vuonna 2019 keskitytään turvallisuuteen, laatuun, asiakastytytyväisyyteen ja tuottavuuteen.

SSAB

SSAB teki liikevoittoa 5,2 miljardia Ruotsin kruunua. Yhtiö keskittyy tuotannon vakautamiseen ja turvallisuuteen.

Laitevalmistajat ja palvelut

ABB

ABB Suomella oli 5400 työntekijää ja sen liikevaihto oli 2,3 miljardia euroa. ABB panosti T&K toimintaan noin 130 M€. ABB oli kaivos- ja metallurgisessa teollisuudessa digitalisaation ja automaation edelläkävijä. Se lanseerasi uuden ABB Ability -konseptin datan hallintaan ja sen visualisointiin. Vuoden 2018 projektisopimuksia olivat kaivoshissin kokonaistoimitus Kittilän kaivokselle, SVC eli korkeajännitteen hallintayksikkö SSAB Hämeenlinnan tehtaalle sekä prosessiautomaatio ja sähköistys Sotkamo Silverin kaivokselle.

AGA

AGA Oy on osa saksalaista kaasujättiä Lindeä, jolla on 20 % osuus maailman kaasumarkkinoista. Linde yhdistyi Amerikkalaisen Praxairin kanssa teollisuuskaasujen ykköseksi. AGA Suomella on tuotantoa 10 paikkakunnalla, 300 työntekijää ja liikevaihto oli 225 M€. AGAlla oli vuonna 2018 isot investoinnit: Riihimäen automaattinen pullojen täyttöasema sekä eChannel ja Propane -myynti- automaattiasemat.

Atlas Copco

Atlas Copco jakautui kahdeksi erilliseksi yhtiöksi vuoden aikana. Atlas Copcon tuotteita kaivosteollisuuteen ovat lähinnä generaattorit. Kaikki muu kaivostoimintaan liittyvä on nyt Epirocissa.

Epiroc

Epirocille vuosi 2018 oli ensimmäinen vuosi itsenäisenä yhtiönä. Se irtautui Atlas Copco-konsernista 2017 ja listattiin Tukholman pörssiin viime kesäkuussa. Epiroc on tehnyt yritysostoksia ja lanseerannut uusia tuotteita. Epiroc keskittyy kaivannaisteollisuuden eli louhinnan ja yhdyskuntarakentamisen tarpeisiin. Epiroc Suomen liikevaihto oli 48 M€, kasvua 37%. Epiroc osti virolaisen jälleenmyyjän Sautech AS:n. Uusia tilauksia Epirocilta tekivät monet yhtiöt kuten Skanska Infra, Outokumpu, E.Hartikainen ja Vilppulan Kivijaloste.

Flowrox

Flowroxilla on neljä tuotelinjaa: Flow control, Industrial, Automation & Digital Services ja uutena Environmental technologies & filters. Flowrox osti NovaTec Ab:n vuonna 2018. Liikevaihto oli 36 M€ ja vuosi 2018 oli vahvaa kasvua. Flowroxilla oli 170 työntekijää ja toimituksia 80 maahan. Yhtiöllä on kattava edustajaverkosto ympäri maailmaa. Uudet tytäryhtiöt perustettiin Chileen ja Ruotsiin.

Forcit

Suomessa käytettyjen räjähteiden määrä kasvoi kaikkien aikojen ennätykseen eli vuonna 2018 noin 80 000 tonniin. Suomi käyttää per capita ehkä eniten räjähteitä maailmassa. Räjähteistä puolet käytetään kaivoksissa ja puolet tie- ja tunnelirakentamisessa. Konsernin liikevaihto oli noin 107 M€, josta räjähteet 80 %, konsultointi 15 % ja myynti sotilastarkoituksiin viisi prosenttia.

GTK

Strategian toteutus eteni suunnitelmien mukaan. Mineraalipotentialin kartoitus keskittyi lähinnä kultaan, nikkeliin, kupariin sekä kobolttiin. Erikoisfokuksessa olivat akkuihin ja paristoihin käytettävät mineraalit: koboltti, grafiitti ja litium. Yritysasiakkaiden määrä jatkoi kasvuaan ja GTK vahvisti rooliaan EU:n mineraalipoliittikan kehittämisessä asiantuntijatahona. GTK kasvatti panostustaan innovaatio- ja tutkimustoiminnassa sekä yhteistyön kehittämisessä valituilla kohdealueilla.

Kemira

Kemiran liikevaihto oli 2,6 miljardia ja orgaaninen kasvu seitsemän prosenttia. Liikevaihto jakautui siten, että 60 % tuli sellu- ja paperikemikaaleista ja 40 % veden käsittelystä, öljystä ja kaasusta. Kaivos- ja metallurgia-asiakkaat tuottivat liikevaihtoa noin 80 miljoonaa euroa ja öljyn- ja maa-

kaasutuottajat noin 250 M€. Työntekijöitä oli reilut 4900 ja heistä noin 800 Suomesa. Vuosi 2018 oli toimintaympäristöltään haastava vuosi Kemiralle raaka-aineiden ja valuuttojen takia, mutta yritys onnistui silti kasvattamaan liikevaihtoa ja operatiivista käyttökatetta neljättä vuotta peräkkäin.

Metso

Metson liikevaihto kasvoi 18 prosenttia 3,2 miljardiin euroon. Tilauskanta kasvoi 17%. Vertailukelpoinen EBITA oli 369 M€ eli 11,6% liikevaihdesta. Metso teki kolme yritysostoa sekä avasi Competence Centerin Kiinassa. Pekka Vauramo aloitti toimitusjohtajana marraskuussa.

New Paakkola

New Paakkola Oy jatkoi vahvaa kasvua ja onnistui uudella avauksella Pohjois-Venäjän markkinoilla. Siellä avattiin uusi liike-toimintayksikkö ja toimitettiin asiakkaille ensimmäiset laite- ja kunnossapitoprojektit. Kotimaassa suuret ja keskisuuret kunnossapitoprojektit olivat suurimmat työllistäjät. Liikevaihto oli 5,3M€ ja liikevaihdon kasvu oli 80%. Venäjän vienti oli 1,6M€. Merkittävin yksittäinen kunnossapitourakka Pohjoismaissa oli arvoltaan 1,2M€.

Normet

Normetin liikevaihto oli 315 M€ ja liikevoitto 17 M€. Kasvua oli 20%. Normet al-lekirjoitti ison 60M€ huoltosopimuksen Intian Hindustan Zincin kanssa. Kiinassa oleva yhteisyritys aloitti tuotannon 2018.

Oulu Mining School

Kaivannaisalan yksikkö (OMS) siirtyi osaksi teknillistä tiedekuntaa 1.1.2018. OMS:n kehittäminen on jatkunut aiempien suunnitelmien mukaan. Kansainvälinen maisteriohjelma Mineral resources and sustainable mining houkutteli paljon hakijoita ympäri maailmaa, ensimmäiset opiskelijat aloittivat syksyllä 2018. Myös suomalaisia hakijoita oli kaivos- ja rikastustekniikan koulutusohjelmaan huomattavasti aiempaa enemmän. OMS-tutkimuskeskuksen laajennus valmistui ja avajaiset olivat toukokuussa. Oulu Mining Summit – seminaari jatkui edelliseen tapaan aiheena kaivostekniikka. Vuoden 2019 aihe on geofysiikka. KV-tutkimusyhteistyötä on vahvistettu entisestään.

Outotec

Tilauhankinta kasvoi neljä prosenttia. Liikevaihto oli 12% kasvussa ja oli lähes 1,3 miljardia euroa. Services-toiminta oli 39% liikevaihdesta. Tulot ilman Saudi-Arabian

ilmeniittiprojektin varauksia olisi ollut +64 M€, mutta varauksen jälkeen se oli -46 M€. Organisaation virtaviivaistaminen jatkui. Tuotekehitysinvestoinnit olivat 57 M€. Joitakin esimerkkejä näistä ovat: Litiumhydroksidiprosessin kehittäminen akkukemikaaleihin ja LKAB:n kanssa tehty sulfaatin talteenottoteknologian pilotointi. Uudet hybridi Ceramec filterilaatat ja modulaarinen esikokoonpantu rikkihappotehdas on lanseerattu vuonna 2018.

Insinööritoimisto Pöyry

Insinööritoimisto Pöyry suunnittelee ja toteuttaa merkittävän osan Pohjolan metallurgia- ja kaivosinvestointihankkeista. EPCM-projektien kysyntä on hyvässä kasvussa ja Pöyry on laajentamassa toimintaansa kaivos- ja metallurgisille asiakkaille myös Suomen ulkopuolelle. Pöyryn tilauskanta kasvoi 20% ja oli lähes 540 M€. Liikevaihto nousi 11% 580 miljoonaan euroon. Oikaistu liiketulos kasvoi 66% ja oli 43 miljoonaa euroa. Ruotsalainen ÅF teki tarjouksen koko Pöyryn osakekannasta. Yhdistyminen tapahtui nyt helmikuussa ja yhtiöt toimivat jatkossa nimellä ÅF-Pöyry.

Robit

Liikevaihtoa kertyi yli 82 M€ ja toimituksia oli yli sataan maahan. Robit on ainoa kotimainen poran terien valmistaja. Robitilla on globaalisti kuusi tuotantolaitosta ja 10 myynti ja palvelupistettä.

Sandvik Mining

Koko konsernin liikevaihto oli 100 miljardia kruunua, josta Mining and Rock Technologyn osuus oli 43 miljardia kruunua. Viime vuosina Sandvik on tehnyt isoja panostuksia Suomen tuotantoyksiköihin ja avasi viime vuonna Turussa innovaatiokeskuksen akkukäyttöisille ajoneuvoille. Sandvik osti myös Artisan Vehicle Systems -yhtiön, joka erikoistuu akuilla toimiviin maanalaisiin kaivosajoneuvoihin. Digitalisaatio ja IoT ovat keskeisessä roolissa Sandvikissa. Esimerkkinä on sopimus Nokian kanssa kehittää Private-5G-verkkoon perustuvaa kaivostoiminnan ohjausta.

Weir

Weir Groupilla on 15000 työntekijää, 214 tuotantolaitosta ja huoltokeskusta yli 70 maassa. Konsernin liikevaihto oli 2,5 miljardia Englannin puntaa. Weir Mineralsin osuus liikevaihdesta oli 55 prosenttia ja kasvua siinä oli edelliseen vuoteen verrattuna 23 prosenttia. ▲

Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2018						
Kaivos/Louhos	Kunta	Tärkeimmät arvoaineet	Haltija	Yhteensä nostettu (t)	Malmia tai hyötökiveä (t)	Sivukiveä (t)
Metallimalmit						
Kittilä	Kittilä	Au	Agnico Eagle Finland Oy	3 224 256	1 636 867	1 587 389
Jokisivu	Huittinen	Au	Dragon Mining Oy	321 325	264 679	56 646
Orivesi	Orivesi	Au	Dragon Mining Oy	122 983	37 140	85 843
Pampalo	Ilomantsi	Au	Endomines Oy	117 220	117 220	0
Laiva	Raahe	Au	Nordic Gold Oy	2 124 866	319 261	1 805 605
Hopeakaivos	Sotkamo	Ag, Au, Pb, Zn	Sotkamo Silver Oy	203 509	0	203 509
Kevitsa	Sodankylä	Ni, Cu, PGE	Boliden Kevitsa Mining Oy	41 428 452	7 932 917	33 495 535
Kylylahti	Polvijärvi	Cu, Zn, Ni, Co	Boliden Kylylahti Oy	792 619	791 424	1 195
Kemi	Keminmaa	Cr	Outokumpu Chrome Oy	3 318 138	2 211 284	1 106 854
Pyhäsalmi	Pyhäjärvi	Cu, Zn, S	Pyhäsalmi Mine Oy	1 247 536	1 247 536	0
Terrafame	Sotkamo, Kajaani	Zn, Cu, Ni	Terrafame Oy	42 277 065	17 910 496	24 366 569
Yhteensä 11 kpl				95 177 969	32 468 824	62 709 145
Karbonaattikivet						
Reetinniemi	Paltamo	Do	Juuan Dolomiittikalkki Oy	34 500	34 500	0
Matkusjoki	Huittinen	Do	Nordkalk Oy Ab	31 426	26 408	5 018
Putkinotko	Huittinen	Kals	Nordkalk Oy Ab	22 803	21 795	1 008
Ahola	Kitee	Do	Nordkalk Oy Ab	13 000	13 000	0
Ihalainen	Lappeenranta	Kals, Wo	Nordkalk Oy Ab	1 972 607	1 498 140	474 467
Tytyri	Lohja	Kals	Nordkalk Oy Ab	236 305	230 757	5 548
Limberg-Skräbböle	Parainen	Kals	Nordkalk Oy Ab	2 085 403	1 524 010	561 393
Sipoo	Sipoo	Do, Kals	Nordkalk Oy Ab	1 097	1 032	65
Mustio	Raasepori	Kals	Nordkalk Oy Ab	51 484	33 400	18 084
Ryytimaa	Vimpeli	Do	Nordkalk Oy Ab	58 684	44 704	13 980
Siikainen	Siikainen	Do	Nordkalk Oy Ab	66 318	29 716	36 602
Hyypiämäki	Salo	Kals	Salon Mineraali Oy	540 035	159 577	380 458
Ankele	Pieksämäki	Do	SMA Mineral Oy	47 646	40 111	7 535
Kalkkima	Tornio	Do	SMA Mineral Oy	69 163	69 163	0
Yhteensä 14 kpl				5 230 471	3 726 313	1 504 158
Muut teollisuusmineraalit						
Siilinjärvi	Siilinjärvi	Ap	Yara Suomi Oy	25 037 789	10 886 690	14 151 099
Horsmanaho	Polvijärvi	Tik, Ni	Mondo Minerals B.V.	744 766	244 496	500 270
Punasuo	Sotkamo	Tik, Ni	Mondo Minerals B.V.	1 754 181	441 277	1 312 904
Uutela	Sotkamo	Tik, Ni	Mondo Minerals B.V.	378 552	196 214	182 338
Karnukka	Polvijärvi	Tik, Ni	Mondo Minerals B.V.	813 285	275 556	537 729
Joutsenlampi	Lapinlahti	Al	Paroc Oy Ab	161 869	153 791	8 078
Lehlampi	Mäntyharju	Ol	Paroc Oy Ab	62 761	62 761	0
Sallittu	Salo	Al, Mg, Fe, Ms	Paroc Oy Ab	17 948	17 948	0
Ybbersnäs	Parainen	Al, Mg, Ms, Kv	Paroc Oy Ab	23 999	23 999	0
Sälpä	Kemiönsaari	Ms	Sibelco Nordic Oy Ab	30 982	30 982	0
Kyrkoberget	Kemiönsaari	Ms	Sibelco Nordic Oy Ab	28 318	28 318	0
Kinahmi	Kuopio	Kv	Sibelco Nordic Oy Ab	100 195	100 195	0
Kvartsila	Kuopio	Kv	Sibelco Nordic Oy Ab	4 625	4 625	0
Ristimaa	Tornio	Kv	SMA Mineral Oy	242 936	161 416	81 520
Yhteensä 14 kpl				29 402 206	12 628 268	16 773 938
Teollisuuskivet ja muut						
Lampivaara	Pelkosenniemi	Jk	Kaivosyhtiö Arctic Ametisti Oy	5	2	3
Tevalaisen spektrol. louh.	Lappeenranta	Jk	Tielinen Teuvo ym.	30	0	30
Kännätsalo	Luumäki	Jk, Ms, Kv	Karelia Beryl Oy	10	5	5
Nunnanlahti	Juuka	Vlk	Nunnanlahden Uuni Oy	19 369	19 369	0
Koskela	Juuka	Vlk	Tulikivi Oyj	193 082	100 830	92 252
Kivikangas	Suomussalmi	Vlk	Tulikivi Oyj	83 355	71 595	11 760
Mörönvuori	Savonlinna	Vlk	Polarstone Oy	500	500	0
Yhteensä 7 kpl				296 351	192 301	104 050
Kaivoksia/louhoksia yhteensä 46 kpl				130 106 997	49 015 706	81 091 291

Lähde: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)

Rikasteiden, metallien, mineraalien ja vuolukiven tuotantoluvut (tonnia / v)

	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009
Suomessa tuotetut metallimalmrikasteet										
Rikkirikaste	771 452	879 031	719 102	1 039 671	1 035 637	994 155	909 299	804 884	584 085	383 901
Kromirikaste	1 099 438	972 028	1 070 281	946 188	1 034 750	981 752	425 217	692 527	598 000	246 818
Nikkelirikaste	212 069	192 929	149 981	108 303	126 801	137 911	99 089	87 974	43 151	11 413
Sinkkirikaste	140 845	112 111	84 073	55 585	77 425	72 910	89 026	91 196	95 305	56 197
Kuparirikaste	193 091	207 246	193 349	165 021	163 016	145 758	104 393	48 668	50 709	50 876
Kobolttirikaste	19 428	26 329	35 463	44 419	51 258	76 210	117 819			
Metallit ja metallurgiset tuotteet (osa raaka-aineista Suomen ulkopuolelta)										
Teräsräsihiot (sis. jaloteräsräsihiot)	4 100 000	4 003 634	4 102 000	3 988 000	3 808 000	3 517 000	3 759 000	3 989 000	4 029 000	3 066 000
Rauta	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Ferrokromi	492 774	416 285	469 141	457 063	441 292	433 677	228 744	231 405	238 000	123 000
Sinkki	295 029	284 992	290 599	305 717	302 024	311 686	314 742	307 352	307 144	295 049
Katodikupari, kupariutuotteet (t Cu)	157 288	146 749	145 189	141 474	146 542	135 840	129 256	124 360	120 528	105 411
Nikkelituotteet (t Ni)	92 591	85 780	85 424	60 709	42 750	44 498	46 275	49 823	49 772	41 556
Kobolttituotteet (t Co)	12 874	12 222	12 393	9 615	12 551	10 798	10 562	10 627	9 429	8 970
Germaniumituotteet (t Ge)	-	-	0,1	13	17	17	16	12	12	-
Ei hopea (kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	9 000	6 210
Hopea (kg)	91 345	84 568	118 180	125 720	142 360	100 890	128 200	73 081	64 596	70 062
Seleenin (kg)	108 918	100 198	104 420	93 051	93 682	72 459	92 769	85 663	73 130	59 040
Metallien kotimainen kaivostuotanto										
Nikkeli (t)	43 572	34 641	20 654	9 383	19 281	18 560	19 073	18 244	11 240	735
Sinkki (t)	85 067	66 284	45 852	25 332	46 063	41 124	52 265	64 115	55 562	30 233
Kupari (t)	46 674	53 144	47 488	41 805	42 810	39 342	25 445	14 000	14 700	14 600
Koboltti (t)	1 377	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Kulta (kg)	8 732	9 102	8 865	8 342	8 085	8 660	9 100	6 674	5 896	3 996
Hopea (kg)	12 849	13 654	16 348	13 051	12 830	14 226	10 479	11 160	11 020	11 721
Platina (kg)	1 576	1 418	1 178	992	1 060	946	429	..	..	..
Palladium (kg)	1 157	1 021	901	784	808	766	379	..	..	..
Mineraalit, mineraalirikasteet ja kiviutuotteet										
Apatiitti	989 073	978 613	939 531	956 564	946 234	877 189	858 005	869 694	817 289	658 347
Taikki	374 398	354 819	345 739	332 174	380 821	361 840	396 332	429 494	419 345	375 302
Magneesiitihiekka	49 601	63 850	54 227	22 390	12 276	-	-	-	-	-
Kvartsi	81 418	71 943	92 813	103 587	87 903	90 131	111 183	153 159	160 545	154 689
Vuoriviljäläivi	116 867	99 479	87 680	88 280	122 822	226 926	188 896	223 584	161 734	145 665
Maasäpä	17 469	14 926	18 549	38 026	46 233	47 636	43 124	26 292	28 013	23 120
Vuolukiviutuotteet	13 044	12 707	13 006	17 430	20 369	23 062	27 708	28 827	31 930	30 953
Kiillerikaste	12 122	10 740	52 310	11 836	11 973	11 244	12 112	12 896	13 809	7 855
Bioitiitti raaka-ainekäyttöön	50 456	47 123	10 843	38 169	41 997	42 150	27 493	31 504	37 850	53 860

Yhtiöiden pyynnöstä osa tiedoista on jätetty julkaisematta

.. Tieto ei käytettävissä

- Ei tuotannossa

Lähde: Tukes, GTK, TEM



Vuorimiespäivät 2019

Parin vuoden tauon jälkeen Vuorimiesyhdistyksen 76. vuosikokous päätettiin pitää jälleen Helsingin Messukeskuksessa perjantaina 29.3.2019. Aurinkoinen keväinen keli johdatti vuorimiehet vuotuiseen tapaamiseen ja iloinen puheensorina täytti aulatilat ahtauteen asti.

TEKSTI JA KUVAT: **LEENA K. VANHATALO**

Kello yhdeksän Vuorimiesyhdistyksen puheenjohtaja Jari Rosendal avasi kokouksen ja toivotti tervetulleeksi runsaslukuisen kokousväen (723 ilmoittautunutta) lisäksi valtiohallan edustajat alivaltiosihteeri Petri Peltosen ja kaivosylitarkastaja Riikka Aaltosen työ- ja elinkeinoministeriöstä sekä ulkomaalaiset vieraat puheenjohtaja Anders Ullbergin Bergshandterings Vänner:stä ja Bo-Erik Persin Jernkontoretista. Lisäksi Rosendal kiitti Vuorimiespäivien isäntäyritystä SSAB:tä lupautumisesta tähän tärkeään ja vaativaan tehtävään.

Tervetulotoivotusten jälkeen hiljennyimme kunnioittamaan viimeisen vuoden aikana poisnukkuneita yhdistyksemme jäseniä, jotka olivat Kauko Kaasila, Helge Krogerus, Anssi Lonka, Raimo Monni, Unto Paakkinen,

Pentti Rastas, Reino Sandelin, Leo Tenhonen, Ari Turkia, Tapani Vainio-Mattila, Seppo Väisänen ja Heikki Welling.

Puheenjohtaja esitti katsauksen vuoriteollisuuden tilaan vuonna 2018. Katsauksesta on referaatti myöhemmin tässä lehdessä. Vuosikatsauksen jälkeen siirryttiin käsittelemään sääntömääräiset vuosikokousasiat.

Kokouksen puheenjohtajaksi valittiin Kari Tähtinen. Pöytäkirjan tarkastajiksi valittiin yksimielisesti Liisa Haavanlammi ja Pia Voutilainen. Yhdistyksen pääsihteeri Ari Juva luki toimintakertomuksen ja rahastonhoitaja Leena K. Vanhatalo puolestaan esitteli tilinpäätöksen. Jäsenmäärässä ei ollut tapahtunut merkittävää muutosta edelliseen vuoteen verrattuna. Tilinpäätöksen vahvistamisen ja tilintarkastuskertomuksen hyväksymisen jälkeen vastuuvapaus myön-

nettiin hallitukselle. Seuraavana oli vuorossa katsaus tulevaan. Leena K. Vanhatalo esitti vuoden 2019 talousarvion. Huolella laadittu talousarvio takasi sen, että keskustelua ei syntynyt ja näin ollen esityksen mukaisesti yhdistyksen jäsenmaksut ja lehtimaksut pysyvät ennallaan.

Toimintasuunnitelman hyväksymisen jälkeen valittiin yhdistykselle uudet luottamushenkilöt. Vaalitoimikunnan puheenjohtaja Sakari Kallo esitteli toimikunnan ehdotukset. Puheenjohtajaksi valittiin uudestaan DI Jari Rosendal ja varapuheenjohtajaksi TkT Kalle Härkki. Kolmen erovuoroisen hallituksen jäsenen tilalle kokous valitsi vaalitoimikunnan ehdotuksen mukaisesti kolmivuotiskaudeksi 2019-2022 TkT Mari Lundströmin, DI Hannele Vuorimiehen ja FM Harry Sundströmin. Viime vuotisen kokouksen puheenjohtajan Marjo Mati-



Pääsihteeri Ari Juva ja kokouksen puheenjohtaja Kari Tähtinen

Ruokajonossa Arto Suokas ja Markus Malinen

kainen-Kallströmin evästyksset olivat siis tulleet otetuiksi huomioon.

Kokous valitsi uudestaan tilintarkastajaksi vuodelle 2019 DI, KHT Katja Hanskin ja toiminnan tarkastajaksi DI, KTM Antti Pihkon sekä varalle tilintarkastajaksi Nexia Oy KHT yhteisön ja varalle toiminnantarkastajaksi KTM Tanja Nordlundin.

Sääntömääräisten asioiden lisäksi hallituksen esittämä vuoden 2018 vuosikokouksessa ensimmäisen kerran käsitelty ja hyväksytty sääntömuutosehdotus hyväksyttiin toisen kerran vuosikokouksessa 2019.

Kari Tähtinen päätti yhdistyksen vuosikokouksen näiltä osin ja pyysi yhdistyksen puheenjohtajaa Jari Rosendalia jatkamaan kokouksen muiden asioiden käsittelyä.

Kokouksessa jaettiin myös tavanomaiseen tapaan huomionosoituksia ansiotuneille vuorimiehille. Ensimmäisenä kutsuttiin lavalle hopeisen Eero Mäkinen-mitalin saajat ja puheenjohtaja kertasi hopeisen Eero Mäkinen –ansiomitalin myöntämisperusteet:

”Säilyttääkseen pysyvällä ja näkyvällä tavalla Suomen vuoriteollisuuden kehittäjän Eero Mäkinen muiston on Vuorimiesyhdistys - Bergsmannaföreningen r.y. vuonna 1955 perustanut hänen nimeään kantavan hopeisen ansiomitalin. Mitali voidaan antaa yhdistyksen jäsenelle tai yhdistykseen kuulumattomalle henkilölle suurista ansioista yhdistyksen toiminnassa tai sen tarkoituksien tukemisessa ja ansiokkaasta toiminnasta vuoriteollisuudessa ja siihen liittyvän tutkimuksen alalla.”

Hopeinen Eero Mäkinen –ansiomitali numero 56 myönnettiin Jaakko Leppiselle. Jaakko Leppinen teki merkittävän

uran Outotecillä rikastamotekniikan teknologiajohtajana. Hän jäi eläkkeelle 2016 ja toimii nyt Oulu Mining Schoolissa mineraalitekniikan dosenttina. Hänen tärkeimmät teknilliset ja tieteelliset mielenkiinnon kohteensa ovat mineraalitekniikka, hydro-metallurgia ja vaahdotuksen pintakemia. Hänellä on yli 50 tieteellistä julkaisua ja hän on keksijänä yli 20 patentissa. Jaakko on ollut Vuorimiesyhdistyksen rikastus- ja prosessijaoston jäsen vuodesta 1985. Hän on ollut keskeisenä vaikuttajana useissa rikastamoprojekteissa niin ulkomailla kuin kotimaassakin. Hänen panoksensa ja saavutuksensa ovat merkittäviä koko Suomen kaivannaisteollisuuden kannalta. Jaakko on ollut esimiehenä pidetty ja arvostettu ihmisläheisen johtamistyylinsä vuoksi.

Hopeinen Eero Mäkinen –ansiomitali numero 57 myönnettiin Niilo Suutalalle. Niilo Suutala valmistui Oulun yliopistosta diplomi-insinööriksi vuonna 1974 ja väitteli tohtoriksi vuonna 1982 aiheesta ”Solidification Studies on Austenitic Stainless Steels.”

Hän teki uransa Outokummun Tornion tehtaalla tutkijana, tuotekehitysjohtajana, tuotantojohtajana ja viimein tehtaan johtajana. Hänellä oli ratkaiseva osuus Outokummun Tornion tehtaiden kehittämisessä yhdeksi maailman johtavista ruostumattoman teräksen valmistajista.

Vuonna 2004 Niilo siirtyi emoyhtiö Outokumpu Oy:n teknologiajohtajaksi ja jäi eläkkeelle vuonna 2015.

Niilo Suutalan ura on merkittävä koko Suomen metallinjalostuksen kannalta. Lisäksi hän on aina ollut erittäin pidetty ja arvostettu kollega ja esimies. Hän on ollut

myös aktiivisesti mukana Vuorimiesyhdistyksen toiminnassa.

Seuraavaksi kutsuttiin lavalle pronssisen Eero Mäkinen –mitalin saajat ja luettiin perustelut. ”Vaaliakseen Eero Mäkinen muistoa Vuorimiesyhdistys perusti vuonna 2000 hänen nimeään kantavan pronssisen ansiomitalin. Mitali voidaan antaa yhdistyksen jäsenelle tai yhdistykseen kuulumattomalle henkilölle suurista ansioista yhdistyksen toiminnassa tai sen tarkoituksien tukemisessa tai ansiokkaasta toiminnasta erityisesti yhdistyksen eri jaostoissa”

Pronssinen Eero Mäkinen –ansiomitali numero 50 myönnettiin Kari Föhrille. Kari Föhr halusi jo nuorena vuorimieheksi. Hän tuli materiaali- ja kalliotekniikan laitokselle opiskelemaan ja luovi itsensä jo opiskelijana alan piireihin liittyen myös rikastus- ja prosessijaoston jäseneksi. Karin työtehtävät ovat aina liittyneet rikastamoprojekteihin ja niissä hän on erittäin arvostettu asiantuntija. Hän on vinyt alan teollisuuden ilosanomaa eteenpäin sekä kotimaassa että ulkomailla.

Kari on ollut jaoston toiminnassa ja myös Vuorimiesyhdistyksen hallituksessa aktiivisena useamman kauden ajan. Kari on myös lukkariainesta ja hänen mahtavaa lauluaan on kuultu näissäkin tilaisuuksissa ja tullaan toivottavasti kuulemaan jatkossakin.

Pronssinen Eero Mäkinen –ansiomitali numero 51 myönnettiin Jukka Jokelalle. Jukka on tehnyt uraa malminetsinnän tehtävissä monissa maissa. Hän on kunnostautunut erityisesti kaivosprojektien eteenpäin puskemisessa. Jukka on edennyt tehtävästään toiseen mm GTK:ssa ja Outokumpu Miningissa. Parhaillaan Jukka valmistele



Eero Mäkinen-mitalistit: Jaakko Leppinen, Niilo Suutala, Pia Voutilainen, Kari Föhr ja Jukka Jokela

mallikelpoisen kaivoksen käyttöön ottoa AA Sakatti Mining Oy:n toimitusjohtajana. Jukka on osoittanut mitä parhaita vuorimieshenkeä ja on siten ansainnut kollegoidensa jakamattoman arvostuksen ja kunnioituksen. Hän on aktiivisesti kannustanut työtovereitaan ja alaisiaan toimimaan mm. jaoston johtokunnassa. Hän on myös itse toiminut aktiivisesti yhdistyksen hallituksessa.

Pronssinen Eero Mäkinen –ansiomitali numero 52 myönnettiin Pia Voutilaiselle. Pia Lahest löysi tiensä vuorilafkalle 80-luvun puolivälissä. Kiltatoiminta vei Pian ja loi hyvän pohjan hänen nykyisille

verkostoilleen. Pia aloitti työuransa prosessimetallurgina Outokumpu Engineeringissä, minkä jälkeen hän toimi tutkijana TU Delft:ssä. Palattuaan Suomeen Pia syventyi kuparibisnekseen painottaen jo tuolloin ympäristöasioita. Nykyisessä tehtävässään Pia on kääntänyt kupariteollisuuden herrojen päitä haluamaansa suuntaan jo vuosien ajan.

Pialle luonteenomaista on edelläkävijän rooli ja hän on toteuttanut sitä menestyksekkäästi sekä työelämässä että Vuorimiesyhdistyksessä. Yhdistyksen hallituksessa ja sen jälkeen toimitusneuvoston puheenjohtajana ja edelleen varapuheenjohtajana Pia on ollut aktiivinen jo kymmenkunta vuotta



Leena ja Bo-Eric Forstén

ja jatkaa yhä - omien sanojensa mukaan elinkautisessa tehtävässä.

Seuraavaksi toimitusneuvoston puheenjohtaja Liisa Haavanlammi saapui lavalle ojentamaan elämäntyöpalkinnon Leena ja Bo Eric Forsténille.

Leena ja "Budju" perehtyivät vuoriteollisuuden maailmaan jo 1970-luvulla silloisessa Ovakossa, missä heillä oli keskeinen rooli tiedottajina. Heistä tuli korkeatasoinen viestintäammattilaispari ja he löysivät toisensa myös siviilielämässä. He perustivat yrityksen ja toimittivat muun muassa Imatra Steelin Info-lehteä. "Vuoriteollisuus"-lehden tekoon he molemmat antautuivat koko sielullaan ja ammattitaidollaan ja opettivat lehden muun toimituksen "oikean lehden" tekemiseen. Forsténien yhteistyö toimi saumattomasti. Budju haastatteli ja kirjoitti jutut. Leena kuvasi, taittoi ja oikoluki lehden. He ovat aina seuranneet alan tapahtumia

Takarivissä Raimo Matikainen, Kari Heiskanen



Ruotsalaiset kutsuvieraamme
Po Erik Pers ja Anders Ullberg





Varttuneempaa vuorimieskaartia tuumaustauolla, etualalla Matti Palperi.

Nuoret stipendiaatit



Jukka Helle ja Nina McDougal

ja yhä tuntuu siltä, ettei mikään liikahdus alalla jää heiltä huomaamatta. Tämä on näkynyt lehden sisällön ajankohtaisuudessa ja luonut pohjan menestykselle ilmoitusmyynnille. Ilmoitusmyyjänä Budju pelasti lehden talouden ja pitää sitä edelleen vakaalla pohjalla.

Leena ja Budju pitivät pienen kiitospuheen.

Petter Forsström -palkinto myönnetään vuosittain Materia-lehden parhaan artikkelin kirjoittajalle. Valinnan tekee lehden toimitusneuvosto. Hallitus päätti myöntää toimitusneuvoston esityksen mukaisesti 1000 euron suuruisen Petter Forsström -palkinnon Johanna Tammiselle artikkelista ”Hyperspektraaliset satelliitit paljastavat ilmansaastelähteet” (numero 2/2018). Toimitusneuvosto perusteli valintaansa seuraavasti:

”Artikkeli on hyvin laadittu kokonaisuus aiheesta, joka avaa uudenlaisia näkökulmia kaivos- ja metallurgisen teollisuuden saavutusten mittaamiseen ympäristönsuojelun kannalta. Insinöörimäisen ongelmanratkaisun keskiössä on luotettava ja tarkka mittaustekniikka, sillä mitä tarkempia tuloksia riippumattomat tahot mittauksissaan saavat, sitä helpompaa on todistaa teknologiavalintojen vaikutus ympäristöön myös kansainvälisellä tasolla”.

Vuorimiesyhdistyksen hallitus päätti myöntää 1500 euron suuruisen Nuoren jäsenen stipendin viidelle henkilölle huomionosoituksena heidän erinomaisesta opintomenestyksestään ja poikkeuksellisesta aktiivisuudestaan opiskelijaelämän luottamustehtävissä. Stipendiaatit vuonna 2019 olivat Salli Aikio, Atte-Mainio Harrikari, Emmi-Kaisa Molkari, Anssi Mäkisalo ja Topias Puumalainen.

Puheenjohtaja päätti kokouksen ja tauon jälkeen kuulumme Vuorimiespäiviemme teemaan ”Vuoriteollisuuden rooli energiamuutoksessa” liittyvät esitykset.

Pääesitelmöitsijät olivat: ST1:n hallituksen puheenjohtaja Mika Anttonen, EIT Innoenergyn Thematic Leader Smartgrids & Storage Bo Normark ja isäntäyritys SSAB:n Executive Vice President & CTO Martin Pei.

Lounaan jälkeen olivat perinteisesti vuorossa jaostojen kokoukset ja esitelmät. ▲

Energiamarkkinat

HAASTATTELIJA JA KUVAT: **LEENA K. VANHATALO**

Vuorimiespäivien ensimmäisen pääesitelmän piti St1:n Mika Anttonen aiheesta Carbon Market. Esitelmään liittyen Anttoselle esitettiin muutama haastattelukysymys.

Mitä globaalissa energiapolitiikassa pitäisi muuttaa?

– Tiedeyhteisön johdolla meidän tulisi tehdä globaalin energijärjestelmän visio, jota kohden lähdetäisiin kaikkien toimesta kulkemaan. Vision tulisi sisältää kestävä hiilikierto (biologinen fotosynteesiin perustuva ja teknologiaan perustuva synteettisten polttoaineiden valmistus ilmakehässä olevasta CO₂:sta ja vedestä elektrolyysillä erotetusta vedystä), T&K panokset nykyisen energijärjestelmän pullonkaulojen poistamiseksi ja hiilipörssi (päästävä yritys maksaa, sitova yritys saa).

Mitä tämä tarkoittaisi Suomen elinkeinoelämälle ja tavalliselle suomalaiselle?

– Uusia liiketoimintamahdollisuuksia elinkeinoelämälle ja kustannustehokkaan tiekartan kestävä kehityksen mukaiseen energijärjestelmään.

Mitä keinoja meillä on vähentää CO₂-tasoa ja miten se olisi mahdollista?

– Osallistumalla globaalin uuden energijärjestelmän rakentamiseen. Vahvistamalla kansainvälistä yhteistyötä. Ilmakehä on yhteinen eikä noudata mitään rajoja. Meidän täytyy olla myös valmiita globaaliin solidaarisuuteen. Maailman väestön enemmistö eli noin 4,5 miljardia ihmistä elää YK:n mukaan vähemmällä kuin 8 USD/päivä. He eivät kykene osallistumaan uuden energijärjestelmän rakentamiseen ilman meidän apuamme.

Mikä vaikutus olisi polttomoottoriautojen korvaamisella sähköautoilla?

– Ei se juurikaan vähennä ilmakehän CO₂-pitoisuutta.

Mitä tämä vaikuttaisi öljyn tuotantoon?

– Öljyn tuotanto vähenee, kun kestävä hiilikierto saadaan aikaiseksi. Hiili otetaan ilmakehästä fotosynteesillä ja uusilla teknologioilla sen sijaan, että hiili otettaisiin fossiilisista polttoaineista. Ihmiskunta tarvitsee hiiltä elääkseen; hiilen kestävä kierto pitää saada aikaiseksi. Nyt otamme hiilen maasta ja se päättyy käytön jälkeen ilmakehään. Jatkossa hiili pitää ottaa ilmakehästä, jonne sitä edelleen päätyy, mutta ei samaa määrää.

Mikä on Suomen asema energiamarkkinoilla?

– Meidän asemamme on riippuvainen siitä, miten aktiivisesti olemme rakentamassa uutta energijärjestelmää. Mahdollisuudet kokoamme suurempaan asemaan ovat erinomaiset.

Mikä on viestisi ja mikä kannustuksesi nuorelle?

– Ei ole mitään syytä kokea ilmastoahdistusta. Ilmasto tulee muuttumaan jonkun verran, mutta kestävä hiilikierron toteutumisen jälkeen tilanne saadaan hallintaan. Nuoret voivat suhtautua tulevaisuuteen luottavaisesti. Ihmiset pystyvät kyllä ratkomaan itse aiheuttamansa ongelmat. ▲



Towards a fossil free future - development of iron- & steelmaking technology in Sweden & Finland

MARTIN PEI
EVP & CTO, SSAB

Sweden has been an early world-leader in steelmaking with a production share of 50 % during 18th century. This was based on the abundance of large forests for charcoal production, water power and deposits of pure ore. Technological development of ironmaking processes has been enhanced by Jernkontoret which now acts on joint Nordic research with a network of more than 900 persons. World leading development in ironmaking technology in Sweden and Finland has helped SSAB to be a world benchmark in terms of CO₂ emissions. With the help of technologies such as 100 % pellet operation, circulation of by-products and BF-dust injection, all SSAB's blast furnaces operate with low specific fuel rate and CO₂ emissions.

A lot of technologies exist to further reduce the CO₂ emissions of BF ironmaking process. One interesting alternative is to introduce biomaterials to replace coal or coke in the BF process. An example of this is the Finnish "BioStart" project where part of injected pulverized coal (PCI) is replaced by charcoal. Other options have been studied in-depth, for instance, in European ULCOS project. However, the fact is that blast furnace process is built on coke. To fully eliminate CO₂ emissions of iron and steelmaking processes, new technologies are needed.

SSAB together with LKAB and Vattenfall has introduced HYBRIT-initiative with a target to be fossil-free latest in the year 2045. At the moment SSAB stands for 10% of Sweden's total CO₂ emissions and 7% of Finland's emissions. The goal for HYBRIT is to develop a steelmaking process that emits H₂O instead of CO₂ by using hydrogen as a reductant of iron ore replacing fossil carbon. In addition to being fossil-free in 2045, SSAB's sustainability targets include sustainable offering by promoting the use of high-strength steels which help customers to achieve CO₂ savings during their end-product's use-phase.

There are two main ways to produce steel from iron ore today: the BF – BOF route and a direct reduction – EAF route, Fig. 1. In the direct reduction route natural



gas is commonly used for reduction, sponge iron (DRI) being the solid product. HYBRIT initiative will utilize direct reduction process with hydrogen as a reducing gas, thus eliminating fully the need of coal. Hydrogen will be produced with fossil-free electricity, water being the emitted gas.

According to a HYBRIT pre-feasibility study finished in 2017, no unforeseen technical obstacles were identified. At present conditions the production costs of a green-field HYBRIT-case would be 20-30% higher than a BF-case. Future trends with lower renewable energy costs, higher CO₂ emission costs and lack of coking coal will improve the attractiveness of HYBRIT. Total renewable energy need for SSAB's Nordic steel production is around 27 TWh/a. Important steps in the development are the pilot plant and demonstration plant –scale tests to be conducted before final conversion of processes to be fossil-free. A roadmap for the conversion to HYBRIT is shown in Fig. 2. According to the plan the conversion at Raahе Steel Works will be carried out in two steps in 2030 and 2040. ▲

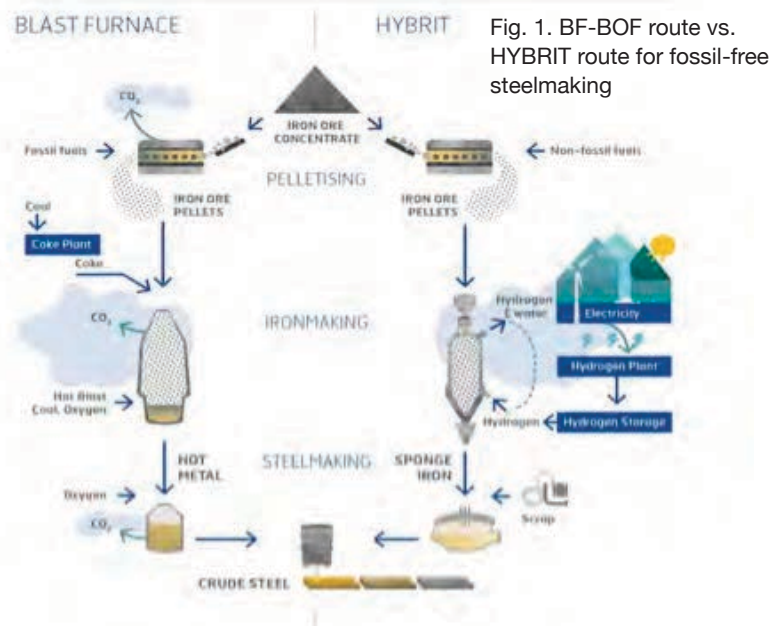


Fig. 2. SSAB roadmap of HYBRIT



The Sourcing of Minerals for the Battery Revolution

PEKKA A. NURMI, DIRECTOR, MINERAL ECONOMICS, GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND
GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND, ESPOO

Battery technologies are becoming dominant in mobility, machinery, marine applications, renewable energy storage and electronic devices. E-transformation will demand huge and continuous growth in battery manufacturing over the next decades.

Lithium, cobalt, nickel, manganese, graphite and copper are crucial minerals for today's lithium ion batteries and electronic devices. Raw material reserves, as well as their production and refining capacity, will become scarce within the next few years. In particular cobalt and copper, and possibly nickel, are at risk of a supply shortage.

China has taken the leading role in strategic ownership and controls raw materials trade and manufacturing, which have become critical in the battery business. This is an important moment for Finland to become one of the key industrial players in sustainable batteries in Europe. We have it all to establish a complete battery ecosystem and large-scale business.

The battery revolution around the corner

Road transport accounts for 20% of global carbon dioxide emissions, and cuts in these emissions would be one of the most effective ways to limit global warming to 1,5 degrees, as recommended by the Intergovernmental Panel on Climate Change. Many governments have set ambiguous goals to promote the electrification of traffic and simultaneously to reduce or even ban internal combustion engine cars within the next two decades.

New business opportunities and tightening regulations have also awakened the car industry. Massive investments have been made or are planned to develop electric vehicles, and their production has been

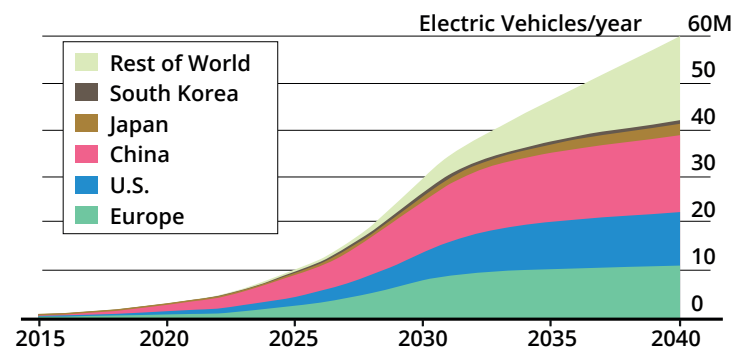


Fig. 1. Forecast for global electric vehicle production (modified from Bloomberg, New Energy Finance 2018).

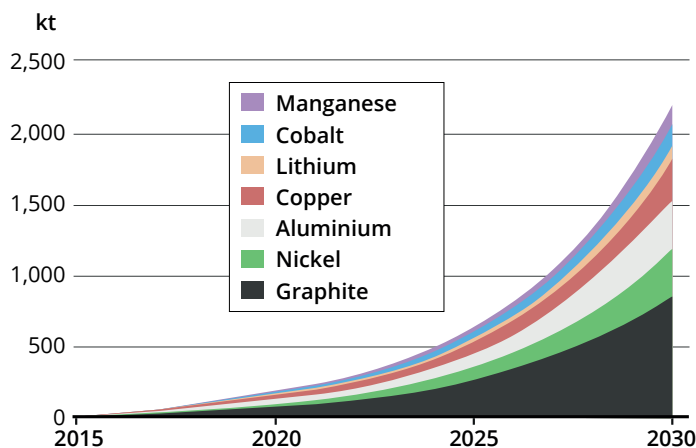


Fig. 2. Mineral demand for electric vehicles (modified from Bloomberg 2016).

scheduled by practically all major car manufacturers. Many companies have also decided to stop producing diesel and petrol cars in the next few years. For example, the Volkswagen Group has recently launched the largest e-offensive in the automotive industry and has projected 22 million EVs worldwide by 2028. Over the next ten years, the Group intends to launch almost 70 new e-models. Globally, the manufacturing of

electric vehicles is forecasted to grow very quickly and they will account for over 80% of all vehicles produced in 2040 (Fig. 1).

Development towards e-traffic is being speeded up by the development of lithium ion batteries and their decreasing price. Compared to a petrol or diesel car, an electric vehicle also has much fewer components and its maintenance is consequently cheaper. It is probable that an electric vehicle

will become less expensive than an internal combustion engine vehicle within the next decade.

The battery revolution is not dependent on passenger cars alone, but e-based technology will be everywhere, from buses and heavy-duty mobile machinery to personal transportation, marine applications, airplanes and all kinds of electronic devices. Battery capacity will also be needed to store renewable solar and wind energy, and to regulate the future smart grids.

Sourcing of battery minerals

Huge investments are needed to build the battery production capacity and allow the e-transformation to happen. The number of so-called battery gigafactories is estimated to grow ten-fold within the next 15 years, and much more capacity will be needed at least until 2050. China currently dominates the development, followed by Korea and Japan. The USA and Europe are struggling to create their share of the battery manufacturing capacity.

The availability of battery raw materials is becoming a critical factor for the battery revolution. Current lithium ion batteries (LIBs) are based on lithium metal oxide cathodes containing nickel, manganese and cobalt. The anodes are composed of graphite, and the electrolyte is a conductive lithium salt. Aluminum and copper are used for foils. The need for all these minerals for batteries will considerably grow within the next decades (Fig. 2).

The production and reserves of most of the key minerals are concentrated in only a few regions (Fig. 3). Cobalt is a particularly critical metal, with 61% being produced in the Democratic Republic of Congo (DRC), which also had 49% of global reserves in 2018 (USGS, Mineral statistics 2019). Over 20% of Congo's production is estimated to come from artisanal mines that often engage in unscrupulous mining practices.

Finnish mines produce about 1% of global cobalt, but there is a good potential for new mining operations in the future. Practically all mined cobalt comes as a by-product of copper and nickel production, which makes it difficult to increase the production capacity. The criticality of cobalt is further increased by the fact that 58% of the refining capacity is in China, with Freeport Cobalt Oy in Kokkola (about 10% of global cobalt refining) being the only major plant outside China. Terrafame Oy has decided to invest in a battery chemicals plant, which will start producing nickel sul-

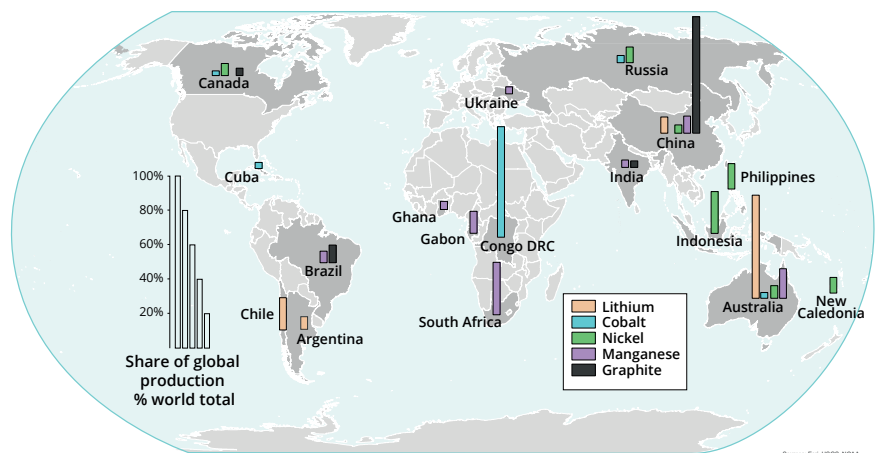


Fig. 3. A global view of battery minerals production in 2018 (data from USGS, Mineral statistics 2019).



Fig. 4. Trade flows of lithium ion battery materials (modified from MIT News 2017).

phates (up to 170 kt/a) and cobalt sulphates (up to 8 kt/a) in Sotkamo, eastern Finland from 2021 onwards.

Currently, more than half of mined cobalt is already used for lithium ion batteries, and the demand will grow dramatically. Manufacturers have been able to reduce the use of cobalt, but effective batteries still demand considerable amounts of the metal. The Volkswagen Group, for example, aims to reduce the use of cobalt from its present 12% to 14% (weight proportion in the cathode) to 5% within the next three to five years. Volkswagen is also working on the further development of cobalt-free batteries in the future.

Lithium reserves include hard rock spodumene deposits, particularly in Australia (60% of global production and 19% of global reserves, USGS, Mineral statistics

2019), and brine deposits in Chile (19% and 57%, respectively) and Argentina (7% and 14%). Three spodumene operations in Australia and two brine operations each in Argentina and Chile have accounted for the majority of global lithium production. The production capacity is growing fast. For example, Argentina's leading lithium producer expanded its lithium hydroxide production capacity by 80% in 2017. Australia planned to double its spodumene concentrate production capacity by mid-2019. New lithium mine operations are also planned to be started in new regions, such as Canada, Finland (Keliber Oy), Portugal and several African countries. Keliber plans to produce 12 kt/a lithium hydroxide in western Finland starting from 2021.

Nickel reserves are extensive, and production comes from many regions, with

Table 1. Calculated requirements for the battery minerals to make 200 million and 1 billion electric vehicles (EV). The calculations are based on the lithium ion battery pack of a small electric vehicle (e.g. BMW i3) containing on average 12 kg of cobalt, nickel and manganese, 6 kg of lithium and 35 kg of graphite (DERA 2018 estimates). Global reserves and production data are from USGS, Mineral statistics 2019. Average price estimates are for cobalt, nickel and manganese metals, and battery-grade lithium carbonate and flake graphite.

Mineral	To make 200 million EVs (kt)	To make 1 billion EVs (kt)	Global reserves in 2018 (kt)	Production in 2018 (kt)	Average price (\$/t)
Cobalt	2 400	12 000	6 900	140	33 000
Lithium	1 200	6 000	14 000	85	14 000
Nickel	2 400	12 000	89 000	2 300	13 137
Graphite	7 000	35 000	300 000	930	~900
Manganese	2 400	12 000	760 000	18 000	1 800

Indonesia (24%), the Philippines (14%), Russia (9%) and New Caledonia (9%) being the major contributors. Finland contributes about 2% of global mine production, and 4% of refined nickel. Finland's mineral potential for additional nickel mining is good. In addition to the Terrafame battery chemicals plant mentioned above, BASF has decided to build a chemical plant in Harjavalta, southwestern Finland, and start nickel sulphate (over 30 kt/a) and cobalt sulphate (over 7 kt/a) production.

Lithium ion batteries account for only 5% of current nickel usage, but it is forecasted that nickel demand for batteries may account for 10-40% of the current market within the next 10 years (UBS estimates 2018), which would mean that LIBs could offer a renaissance for the nickel market.

Less than 10% of global graphite is currently used for lithium ion batteries. Large reserves occur in many continents. China dominates the overall production of graphite (67%) and has a 100% monopoly in battery grade graphite and graphite anode production.

Manganese is the fourth most commonly used metal by tonnage mined (for all applications), with South Africa (33%), China (15%) and Australia (14%) being the main producers (USGS, Mineral statistics 2019). Reserves and resources are large and concentrated in South Africa (29%), Ukraine (21%), Brazil (18%) and Australia (14%). A few percent of manganese is used today for lithium ion batteries, but its proportion is expected to grow because manganese has much lower price than other battery metals. (Table 1).

Figure 4 shows the major battery materials trade flows and demonstrates the distinct dominance of China. It has systematically made strategic acquisitions and investments, and most of the key battery

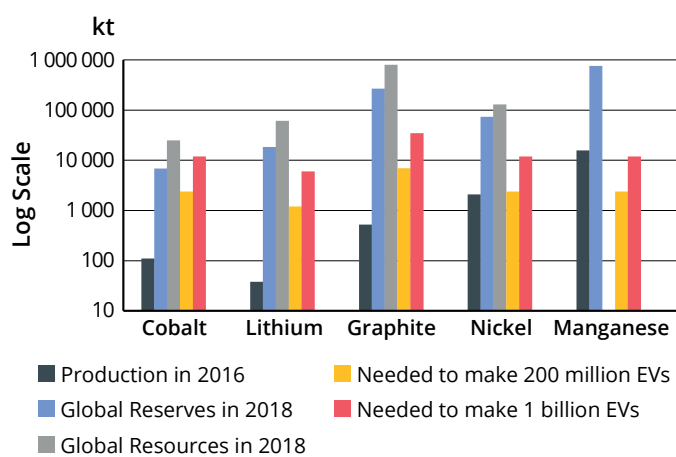


Fig. 5. Global annual production, reserves and resources of the key battery minerals, and estimates of the requirements to make 200 million electric vehicles (EU goal 2030) and 1 billion EVs (note the logarithmic scale).

minerals refining, chemicals production and lithium ion battery manufacturing today takes place in China.

Europe has a strong manufacturing industry, technological know-how, and also raw materials for batteries in certain countries, but their reserves and potential are poorly understood. The European Commission has recently stated that the supply of raw materials for the battery industry is a risk that needs to be addressed and mitigated. European companies have not traditionally worked fast enough to secure access to raw materials from third countries, and Member States have not invested enough in research into their raw material resources. There is also not enough processing and refining capacity in Europe to meet the demand from the European manufacturing industries.

EU policy supports Finland's strategic aims to develop a billion euro -scale business in lithium ion battery technolo-

gy. Everything that is required to create a fully-fledged battery ecosystem is currently in place in Finland. Finland has already established most of the battery raw materials in resource form, a developing chemical industry, end users, and technological capability from mining to recycling. Large capital investments and active RDI are speeding up the development of this potential ecosystem.

Will we have enough resources for the battery revolution?

The global vehicle fleet currently comprises approximately 1 billion passenger cars. We can make a rough calculation of the raw materials needed to replace the global fleet with small electrical vehicles, and to only achieve the EU target of 200 million electrical vehicles by 2030 (Table 1, Fig. 5).

Lithium ion battery packs for one billion small electric vehicles will need:

- 170% of the global cobalt reserves or 48%

of the global resources

- 33% of the global lithium reserves or 10% of the resources
- 6% of the global nickel reserves or 9% of the resources
- 13% of the global graphite reserves or 4% of the resources
- 1,6% of the global manganese reserves

It would take 108 years of cobalt production, at the 2016 production level, and 158 years of lithium production to replace the existing global car fleet with small electric vehicles. This demonstrates that the present mining volume should be multiplied to reach the ambiguous goals of electrification.

The battery revolution will provide a golden age for raw materials, best reflected by a dramatic increase in the expected demand for the key battery commodities, cobalt, lithium and nickel, but the replacement of the global passenger car fleet with electric vehicles based on current lithium ion battery technology seems simply impossible. The implications clearly show that there are not enough global reserves for cobalt, and huge investments are needed to expand the production of all the key components. Furthermore, the simplified calculations do not include buses, heavy machinery and all other important applications, which would easily double the amount of raw materials needed.

Copper is not a key component of lithium ion batteries, although it is used as a foil in anodes, but it may actually be one of the most critical raw materials for the battery revolution. An average passenger electric vehicle contains about 80 kg of copper and an electric bus 350 kg of copper (estimates by Copper.org 2019). Copper is also needed to build the dense global charging infrastructure. Currently, 19% of the global copper production goes to electric mobility, but a global fleet comprising 1 billion electric vehicles would need four times the current annual global production. A major expansion of copper mining and refining capacity may be difficult to achieve considering the supply gap already forecasted by many experts. Copper may also be difficult to substitute in electrification.

The importance of the electrification of mobility is largely recognized, but its dependence on raw materials is poorly understood, as well as is the inevitable role of growing mining industry to enable this development.

Recycling will have a crucial role in the

future raw materials supply for the battery industry, but in the fast-growing business it will take decades before recycling could make a major contribution towards meeting the rapidly growing demand, as each electric vehicle will have a life cycle of 10-15 years.

New battery technologies including less critical raw materials could be a solution, but both the operating and planned gigafactories use the current lithium ion battery technology, which will dominate the battery business for at least the next two decades.

Summary and conclusions

The electrification of mobility and other important applications requiring lithium ion batteries will demand huge and continuous growth in battery manufacturing for the next decades. New battery technologies are actively being developed, but current lithium ion battery technology will evidently predominate over the next 20 years. Raw material reserves, as well as the production and refining capacity, will become scarce

within the next few years in attempting to supply the needs, and cobalt and copper in particular, and possibly nickel, are at risk of a supply shortage.

Strategic ownership, as well as the control of raw materials trade and manufacturing are becoming critical. China is already the main player and plans to further strengthen its role.

The EU has set strategic aims to build a strong battery industry in Europe, and support for the manufacturing industry of crucial importance. Finland has it all to establish a complete battery ecosystem and build a billion euro-scale business for batteries.

Acknowledgements

I would like to thank my colleagues Simon Michaux, Jussi Pokki, Kalevi Rasilainen and Harri Kutvonen at the Geological Survey of Finland, for their help in collecting the data and drafting the figures. ▲

Suomen ensimmäinen
hopeakaivos

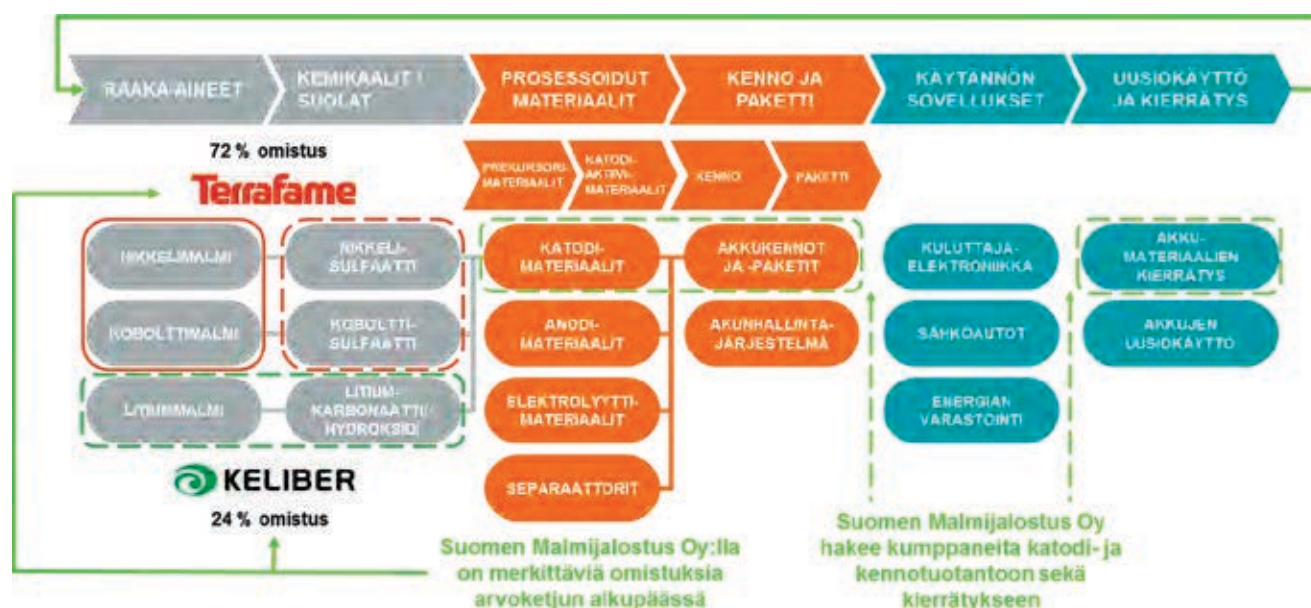


Lisätietoa www.silver.fi tai info@silver.fi

Sotkamo Silver Oy | Hopeatie 20, 88600 Sotkamo

Vastuullista suomalaisten mineraalien arvon maksimointia

MATTI HIETANEN
TOIMITUSJOHTAJA
SUOMEN MALMIJALOSTUS OY



Tiivistelmä esityksestä Vuorimiespäivillä 29.3.2019

Suomen Malmijalostus Oy on valtion kokonaan omistama erityistehtäväyhtiö, joka kehittää suomalaista akku- ja kaivostoimialaa. Yhtiö sai nykyisen toimintamandatinsa vuoden 2018 kesäkuussa. Sitä ennen vuodesta 2015 lähtien se toimi Terrafame Group Oy -nimellä ja keskittyi Terrafame Oy:n emoyhtiön tehtäviin.

Suomen Malmijalostus Oy:n tehtävänä on suomalaisten mineraalien arvon vastuullinen maksimointi. Tehtävän taustalla on tahtotila saada kaivosteollisuudesta yhä suurempi hyöty yhteiskunnalle, valtiolle ja paikallisyhteisöille. Tätä tavoitellaan kehittämällä valtio-omistajuutta sekä nostamalla tuotannon jalostusastetta. Toimimme markkinaehtoisesti ja tavoittelemme positiivista tuottoa kaikilla sijoituksillamme.

Hoidamme meille annettua tehtävää kolmen strategisen tavoitteen kautta, jotka toimivat myös liiketoiminta-alueina:

1. Suomalaisten kaivosyritysten aktiivinen omistus

Toimimme aktiivisena ja pitkäjänteisenä omistajana kaivosteollisuudessa. Edistämme kaivosalan kehitysprojekteja ja niiden teollistamista ottamalla samalla huomioon omistuksiin liittyvät vastuullisuusnäkökohdat.

Olemme Terrafame Oy:n emoyhtiö 72 prosentin omistuosuudella. Terrafame tuottaa nikkeliä, sinkkiä, kobolttia ja kuparia sekä tähtää akkukemikaalitehdasprojektissaan nikkeli- ja kobolttisulfaattien valmistuksen aloittamiseen vuonna 2021.

Muut portfolioyhtiömme ovat Keliber Oy, jossa olemme suurin omistaja, sekä

Sotkamo Silver AB. Keliber Oy valmistelee litiumkaivoksen avaamista ja litiumkemiaalien tuotannon aloittamista ja Sotkamo Silver AB on juuri avannut hopeakaivoksensa.

2. Kaivosalan teknologinen kehittäminen

Edistämme kaivosalan teknologista kehitystä. Toteutamme strategisia tutkimus- ja kehityshankkeita yhdessä kumppaniverkostomme kanssa. Kehitämme kohdeyhtiöittemme toimintaa ja tuemme osaamisellamme niiden tutkimus- ja kehitystyötä.

T&K-toimintamme aihealueet liittyvät tyypillisimmin prosessitehokkuuden kehittämiseen, uusien tuotteiden kaupallistamiseen ja kaivostoimintaan liittyviin ympäristöteknologioihin. Tällä hetkellä olemme mukana useissa EU-rahoitteisissa hankkeissa ja kotimaisessa BatCircle-hankkeessa.

3. Litiumioniakkujen arvoketjun luominen

Rakennamme sähköajoneuvoissa ja muissa sovelluksissa käytettävien litiumioniakkujen arvoketjua. Teemme töitä sen eteen, että voimme vähemmistöomistajana yhdessä kumppaneidemme kanssa toteuttaa investointeja akkukennojen ja niissä käytettävien komponenttien valmistamiseen Suomessa. Luonnollisesti myös käytettyjen akkujen kierrätys takaisin raaka-aineeksi on olennainen osa arvoketjua.

Meillä on parhaillaan käynnissä useita neuvotteluja investoinneista arvoketjun eri vaiheisiin prekursorituotannosta aina kennotuotantoon asti. Keskusteluissa olevien investointien yhteissumma nousee yli miljardiin euroon.

Vastuullisuus sisäänrakennettuna

Kaivostoiminnasta ja metallien jalostamisesta syntyy aina ympäristövaikutuksia ja

yhteiskunnallisia vaikutuksia. Vastuullinen kaivosteollisuus ja jalostustoiminta ottaa huomioon elinkaaren eri vaiheissa syntyvät ympäristövaikutukset, alueelliset ja taloudelliset vaikutukset sekä työturvallisuuden.

Kaivosteollisuuteen liittyy kuitenkin myös laajempi vastuullisuusnäkökulma, eli keskeinen osuus ilmastonmuutoksen vastaisessa työssä. Yksi keskeisimmistä keinoista torjua ilmastonmuutosta on energian käytön ja varastoinnin sähköistäminen. Kaivosteollisuuden tuottamat raaka-aineet ovat välttämättömiä esimerkiksi sähköautoissa käytettävien litiumioniakkujen valmistuksessa.

Suomen Malmijalostus Oy on sitoutunut vastuullisuuteen omassa toiminnassaan ja edellyttää sitä myös kohdeyhtiöiltään. Näkemyksemme mukaan vastuullinen toimintatapa hyödyttää sekä kohdeyhtiöitä että niiden omistajia ja muita sidosryhmiä. ▲

FLOWROX

Proven Performance

Suodatusratkaisut Flowroxilta

Yli 40 vuoden kokemuksella

- Panostamme nopeaan ja tehokkaaseen asiakaspalveluun
→ Prosessiasiantuntijamme ovat apunasi suodatuksen jokaisessa vaiheessa!
- Prosessin analysointi- ja suodatuksen optimointipalvelut
- Modernisointi, kunnostus, varaosat ja huollon tukipalvelut
- Paras mahdollinen laitevalikoima mitoituksineen
- Tuotannon tehostaminen Flowrox Malibu™ -pilvipalvelulla

 **Flowrox-suodatinhuolto takaa alkuperäisosien laadun ja ominaisuudet pienemmillä kustannuksilla.**



Flowrox-kammiosuodatin™

Automaattinen ja suorituskyyvyltään erinomainen sekä erittäin toimintavarma. Laitteiston valinta ja mitoitus testitulosten ja käytännön kokemuksen perusteella.



Flowroxin Keraaminen Kiekkosuodatin™

Suodattaa erittäin tehokkaasti vähäisellä energiankulutuksella, ei edellytä suuria investointeja. Lopputuloksena puhdas suodos ja alhainen kakun kosteus.

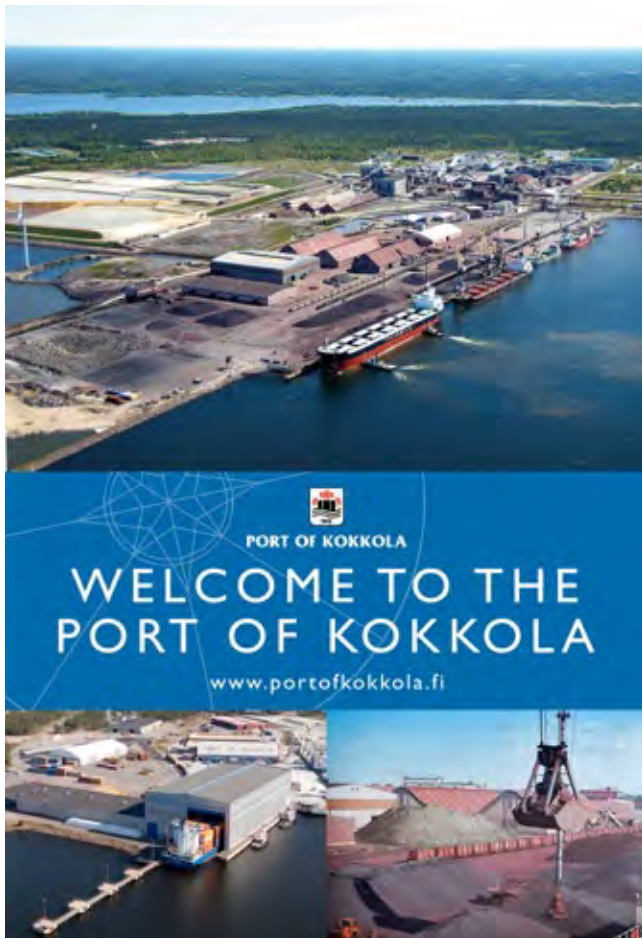


KIINNOSTUITKO? KYSY LISÄÄ:

0201 113 311 / sales@flowrox.com

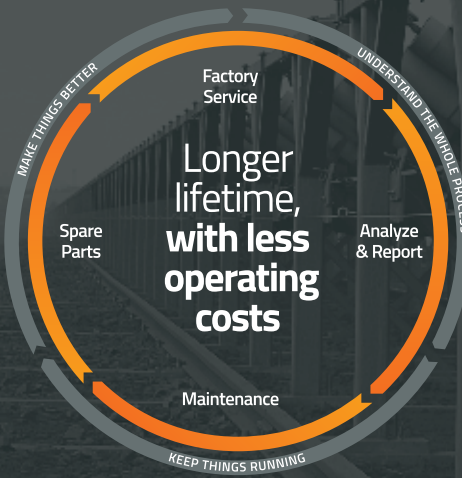
Seuraa meitä:






NEWPAKKOLA

CONVEYOR MAINTENANCE SPECIALIST



www.newpaakkola.com



Geoservices

We want to develop our research methods and services in order to be able to offer our clients a comprehensive and cost-efficient service.

- Mineral exploration
- Mining services
- Drill core logging, cutting and storage services.



+358 (0)40 5144 505 | www.palsatech.fi



Pyhäsalmen kupari-sinkki-rikkikaivos

- Tuotanto alkoi 1.3.1962
- Kokoluokassaan maailman tehokkaimpiin kuuluva maanalainen kaivos, jossa työskentelee n. 250 henkilöä
- Tehokkuuden lisäksi kiinnitämme erityistä huomiota turvallisuuteen, miellyttävään ja terveelliseen työympäristöön sekä ympäristönsuojeluun
- Olemme olennainen osa Pyhäjärveä ja yhteisöämme.



Pyhäsalmen Mine

Pyhäsalmen Mine Oy | tel. +358 8 7696 111 | www.first-quantum.com

Finland-based Circular Ecosystem of Battery Metals (BATCircle)

TEKSTI: **MARI LUNDSTRÖM**, ASSISTANT PROFESSOR, HYDROMETALLURGY AND CORROSION, PI BATCIRCLE
PYRY-MIKKO HANNULA, D.SC. (TECH), PROJECT MANAGER BATCIRCLE
PERTTI KAURANEN, D.SC. (TECH), PROJECT MANAGER – EUBATCIRCLE
 AALTO UNIVERSITY, SCHOOL OF CHEMICAL ENGINEERING,
 DEPARTMENT OF CHEMICAL AND METALLURGICAL ENGINEERING



Figure 1. BATCircle consortium

Finland-based Circular Ecosystem of Battery Metals is a ca. 22 M€ consortium of 22 companies, 2 cities, 4 Universities and 2 research organizations, led by Aalto University. The consortium aims at improving the competitiveness of Finland in the business related to battery metals life cycle. Business Finland promotes the development of competitiveness of Finnish companies on this emerging field and has granted to BATCircle consortium ca. 10 M€ funding.

From BATtobe to BATCircle

Maroš Šefčovič, vice-president of the European Commission for Energy Union, has predicted the Li-ion battery (LIB) market

to grow to ca. 250 billion EUR by 2025. Along electrification, challenges related to raw material supply and sustainability of battery recycling are evident. However, at the same time, new business potential will emerge, and Finland aims to explore and create business in this untapped field. Finland is a small country, rich in raw materials, with significant Li deposits which are among Europe's largest, existing industrial production and infrastructure in numerous battery metals as well as world class research in metallurgy and metals recycling. We are in a unique position to collaborate within a small geographical area with a wide variety of players in all steps of the battery metals value chain. To address this, building the BATCircle consortium was initiated in 2018

with the BATtobe project. The co-operation within the project is expected to lead to the formation of a domestic battery metals ecosystem that follows the principles of circular economy. The BATCircle consortium comprises of four universities (Aalto University, University of Oulu, University of Eastern Finland, Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT), two research centres (GTK, VTT), eight large companies, 14 small and medium-sized enterprises and two cities (Figure 1).

Company interest

Finnish industry is highly integrated into the BATCircle consortium. Industrial members have different interests in the emerging business ecosystem in all steps



Figure 2. BATCircle work packages



Figure 3. BATCircle WP7 - SET Plan recycling workshop on 15th January

of the value chain. For example, at Boliden Harjavalta, the research and development activities are focused on the nickel smelting line. The main objectives of Boliden Harjavalta in the BATCircle project are to improve the knowledge of the behavior of trace elements and impurity elements in the nickel smelting line, and to study the effects of different operating parameters on recoveries of nickel and cobalt. Another project partner, Norilsk Nickel Harjavalta Oy, targets in the research and development of methods and unit operations for efficient utilization of shred fractions as raw material for company operations. Companies like Outotec, Fortum and Crisolteq are interested in the development of recycling processes for spent EV LIBs. Among the 22 compa-

nies, there are a diverse range of interests and significant amount of competitiveness on future solutions. The company projects are confidential. However, all companies also financially support the open research.

Open research

Open research in BATCircle (ca. 5 M€) is performed in five work packages (Figure 2). In addition there is a dedicated work package for project management (WP6) and EU network (WP7).

WP1 Sustainable Primary Resources is led by GTK with focus on potential battery mineral resources and deposit types, geo-metallurgy and validation by case studies. Within the work package there is a strategic approach on battery minerals production

in the context of developing a battery ecosystem.

WP2 Value Addition in Metals Production investigates improved Ni and Co recovery in primary processing as well as the value addition of products. New process flowsheets will be developed to support improved battery metals recovery. Most of this work will be carried out at Aalto.

WP3 Recycling of Batteries investigates the behaviour of the future EV battery waste fractions in hydrometallurgical processing. This work will be carried out at Aalto, VTT and LUT. All process steps from the mechanical pre-treatment of the battery waste to hydrometallurgical leaching, solution purification and metals recovery are addressed. Trace and impurity removal will be in focus as well as the integration of the recycled streams into primary production. Tailored precursors and active electrode materials will be investigated in WP4. Oulu University, UEF and Aalto will study cathode materials, anode materials and structural and electrochemical characterization of the produced materials.

In addition to technical topics, WP5 aims at exploring the untapped business potential in the battery ecosystem. Led by Risto Rajala's group in Aalto University, determinants of sustainable business in the battery ecosystem and system-level influence will be addressed.

EU collaboration / ETIP

The increasing interest in battery recycling by Finnish companies was also recognized by the European Commission in 2018, and Finland was invited to lead the implementation working group (IWG) of battery recycling under EU's Strategic Energy Technology Plan (SET Plan). Dr. Ilkka Kojo of Outotec took the IWG lead with strong support from Aalto under the BATCircle action (Figure 3).

Meanwhile, the European battery research landscape is changing rapidly, and a new European Technology and Innovation Platform (ETIP) titled Batteries Europe was launched in January 2019. The objective of Batteries Europe is to cover the short to medium term battery research as the R&D arm of European Battery Alliance (EBA).

New working groups are being formed under the ETIP and the scope of the recycling working group will be extended to raw materials and recycling. ▲

Energiatehokkuutta ja metallien kiertoa – uusia tutkimushankkeita

SYMMET – Symbiosis of metal production and nature

TEKSTI: TIMO FABRITIUS, VILLE-VALTTERI VISURI
PROSESSIMETALLURGIAN TUTKIMUSYKSIKKÖ, OULUN YLIOPISTO



Kuva 1. SYMMET-ekosysteemi ja sen osapuolet.

Metallit ovat olennainen osa modernissa yhteiskunnassa tapahtuvaa rakentamista ja valmistamista. Metalleissa yhdistyy useita hyödyllisiä ominaisuuksia, kuten korkea lujuus, muokattavuus, kestävyys ja korkea kierrätysaste. Energia- ja materiaali-intensiivisyys sekä suuret sivutuotevirrat ovat metallinjalostuksen ominaispiirteitä. Kiristynyt kansainvälinen kilpailu, tiukemmat ympäristövaatimukset sekä yritysten omat strategiset valinnat ohjaavat metalliteollisuutta ottamaan merkittäviä askeleita kohti materiaalitehokkaampia tuotantoprosesseja.

Symbiosis of Metals Production and Nature (SYMMET) -hankkeen tavoitteena on kehittää menetelmiä, joilla voidaan parantaa metallurgisten prosessien materiaali- ja energiatehokkuutta sekä materiaalien kierrätystä metallinvalmistusprosesseissa ja niiden ulkopuolella. Keskiössä ovat metallurgisissa prosesseissa syntyvät sivuvirrat, joista tärkeimpinä kuonat, lietteen, hilsen, jäte-



Kuva 2. SYMMET-hankkeen tutkimusteemat ja työpaketit.

lämpö ja prosessivedet. Projektin tavoitteena on myös tukea tutkimukseen perustuvien innovaatioiden ja uuden liiketoiminnan muodostumista.

SYMMET kokoaa yhteen laajan joukon metallinvalmistuksen ekosysteemissä toimivia metallinvalmistajia, teknologia- ja palvelutoimittajia, pk-yrityksiä sekä tutkimuslaitoksia (kuva 1). Kaksivuotisen hankkeen

kokonaisbudjetti on noin 6,9 miljoonaa euroa ja sen rahoittavat Business Finland sekä konsortion osapuolet.

Sivuvirtojen käsittely ei ole metallinjalostusteollisuuden ydinliiketoimintaa, joten kaikkea tarvittavaa osaamista ei näin ollen välttämättä löydy yrityksistä. Sivuainevirtojen hyödyntäminen volyyymien pienentyessä ja/tai köyhtyessä edellyttää aiempaa

monimutkaisempia mittaus- ja käsittelymenetelmiä. Toisaalta sivuvirtojen online-analysointi edesauttaa hyötykäyttöä sekä kertoo välillisesti pääprosessien toiminnasta. Kuvassa 2 on esitetty SYMMET-hankkeen tutkimusteemat ja työpaketit. Hankkeen pääpaino on kiertotalouden applikaatioiden tunnistamisessa ja käyttöönotossa metallienjalostuksen ekosysteemissä.

Materiaalivirtojen hyödyntämispotentiaalia tutkitaan laajasti niin hydrokuin pyrometallurgisillakin menetelmillä hyödyntäen uusia mittaus- ja mallinnustekniikoita. Hankkeen tutkimus- ja kehitystyö on lähtenyt liikkeelle lupaavasti ja työn ensimmäisiä tuloksia on jo hyväksytty julkaistavaksi tieteellisissä aikakauslehdissä. Runsaasti osallistujia kerännyt SYMMET-hankkeen ensimmäinen tutkijaseminaari järjestettiin Oulun yliopistolla 26. maaliskuuta 2019. Tutkijaseminaarissa todettiin konsortion laajan osallistujakunnan edesauttavan huomattavasti nykyisten valmistusprosessien energia- ja materiaali-tehokkuuden parantamista ja uusien liiketoimintamahdollisuuksien tunnistamista. ▲



Kuva 3. Tutkimustyö on lähtenyt tehokkaasti liikkeelle yhteisillä kokoontumisilla.



Olkoon QAS 5:den voima kanssasi!

Uudet QAS 5 –sarjan mallit tarjoavat rakennus- tapahtuma- ja yleisaloille teollisuuden hiljaisimmat, jalanjäljiltään ja päästöiltään pienimmät sekä nopeinten plug-and-play kytkettävät ja polttoainetehokkaat dieselgeneraattorit. Näillä ominaisuuksilla QAS5 sarja auttaa asiakastaan ylläpitämään korkeaa käyttöastetta ja saamaan nopeasti vastinetta rahoilleen.

Lisätietoja Eemeli Erolalta - 040 860 49 22



Seuralaiset kulttuurikierroksella

TEKSTI JA KUVAT: **KATJA HOLOPAINEN**

Seuralaiset viettivät vuosikokouksen aikana mielenkiintoisen päivän Helsingissä SSAB:n Katja Holopaisen luotsaamina. Ryhmämme aloitti ohjelman kauppapaikkajohtaja Peggy Bauerin johdolla Torikorttelit-kierroksella. Peggy kertoi empirekeskustan kehittämisestä hallintokortteleista eläväksi osaksi Helsingin keskustaa.

Torikorttelikierroksen jälkeen seuralaiset vierailivat Helsingin kaupunginmuseossa Helsingin valitut palat -näyttelyssä. Seurue kiersi opastetun näyttelyn kahdessa ryhmässä tutustuen Helsingin historiaan aina 1800-luvulta lähtien. Lopuksi seuralaiset lounastivat kaupungintalon ravintolassa, josta jokaisella matka jatkui joko kotiin tai valmistautumaan illallistansseihin. ▲

Kvällen före à la ABB

TEKSTI: **LEENA K. VANHATALO**

Materia-lehti sai kutsun ABB:n torstai-illan Vuorimiespäivien aaton verkottumistilaisuuteen. ABB esitteli halukkaille sähköisen liikenteen latausratkaisuja, robotiikkaa sekä ABB:n tarjontaa kaivoksille. Tarjolla oli iltapalan ja keskustelujen ohella myös Pete Poskiparran hämmästyttäviä temppuja. Jotkut muutkin yritykset järjestävät torstaina ennen Vuorimiespäiviä tilaisuuksiaan omille sidosryhmilleen.



ANDI BALOGH

Illallistanssiaiset

– jälleen kerran Messukeskuksessa!

TEKSTI JA KUVAT **LEENA K. VANHATALO**

Vuoden tauon jälkeen palasimme Messukeskukseen viettämään myös Vuorimiespäivien iltajuhlaa. Tila oli tosin liian pieni, joten kaikki halukkaat eivät mahtuneet mukaan. Hallitus on jo antanut tehtäväksi löytää riittävän suuren tilan ensi vuodeksi. Kaikesta huolimatta paikalle saapui kuitenkin iloinen joukko vuorimiehiä seuralaisineen.

Tänä vuonna SSAB isännöi Vuorimiespäiviä. SSAB:n omasta henkilökunnasta oli löytynyt näyttävä ja osaava juontajakaksikko, Karoliina Krook ja Niko Korte, luotsaamaan illan ohjelmaa. Vuorimiesyhdistyksen puheenjohtaja Jari Rosendal esitti tervetuliaissanat vuorimiehille ja heidän seuralaisilleen. Isäntäyrityksen tervehdyksen toi Sakari Kallo. Fazerin keittiöpäällikkö kävi esittelemässä illan menun. Erityisesti ruokalistasta pisti silmään mäntyöljyllä höystetty alkuruoka. Aiemmin olen, kuten moni muukin vuorimies, tutustunut mäntyöljyyn vallan erilaisissa olosuhteissa.

Ruokailun lomassa saimme nähdä Jukka Puotilan esittämän hauskan shown. Yleisö nauroï välistä aivan hervottomana. Pääruoan syötyämme kuulimme vielä Vuorimieskillan puheen-

johtajan puheen. Ensimmäiset kiiruhtivat tanssimaan jo ennen kuin illan orkesteri saapui paikalle. Tosin orkesterin saapumisen jälkeen pöydät tyhjenivät. Osa lähti tanssimaan ja loput väistyivät aulatiloihin juttelemaan, koska salissa musiikin korkea äänitaso vaikeutti keskustelua. Hauskat juhlat olivatkin lopuillaan ja oli aika lähteä toipumaan seuraavia koitoksia varten. ▲







Aurinkoinen lauantain lounas

TEKSTI JA KUVAT: **LEENA K. VANHATALO**

Vuorimiespäivienlauantain lounas järjestettiin perinteiseen tapaan Crowne Plazassa. Talvipuutarhaan väki oli alkanut kerääntyä jo puolen päivän aikaan. Ennen lounaan alkua paikka olikin niin tupaten täynnä, että moni katsoi paremmaksi odotella ulkopuolella lounassaliin pääsyä. Teknologiaorkesteri Humpsvakarna kävi muistuttamassa, että ruokasalin ovet olivat auenneet ja väki seurasi orkesteria ylös ruokailemaan pyöreiden pöytien ääreen. Kuten perjantain iltajuhla, niin tämäkin tilaisuus oli viimeistä paikkaa myöten täynnä. Herkullisen näköiset ja myös siltä maistuvat ruoka-annokset hävisivät juhlakansan suihin lukuisten juomalaulujen saattelemina. 76-vuotiaan yhdistyksemme jäsenistö juhli perinteisen pitkän kaavan mukaan ja hyvien muistojen saattelemana voimme odotella, mitä tuleva vuosi tuo tullessaan. ▲





MENESTYS LOUHITAAN POHJOISESSA

POHJOINEN TEOLLISUUS

6.-7.5.2020 OULU

Tavoita pohjoisen teollisuuden tärkeimmät kontaktit.

**Mukana mm. kaivosteollisuus, teollisuuden kunnossapito ja automaatio
sekä pohjoisen suurhankkeet.**

2 päivää | 5000 kävijää | 350 näytteilleasettajaa

Merkitse kalenteriin ja ole mukana!



SEURAAVAN SUKUPOLVEN BLASTIQ™

YHDISTETYT TEKNOLOGIASOVELLUKSET RÄJÄYTYSTULOSEN OPTIMOINTIIN



VÄHENNÄ PORAUksen JA
PANOSTUKSEN
KOKONAISKUSTANNUKSIA



LISÄÄ
TUOTTAVUUTTA



PARANNA
TURVALLISUUTTA



HELPOTA
VIRANOMAIsvAATIMUSTEN
TÄYTTÄMISTÄ

Seuraavan sukupolven BlastIQ™ alusta on pilvipohjainen digitaalinen alusta, joka on suunniteltu erityisesti jatkuvaan räjäytystulosten parantamiseen.

Lähtien ennen räjäytystä tapahtuvasta mallintamisesta aina räjäytystulosten mittaamiseen ja analyysiin, BlastIQ™ alusta tuottaa dataa, vertailukohtia ja tietämystä jota tarvitaan varmistamaan kestävien ja kustannustehokkaiden parannuksien tekemiseen räjäytystyöissä

Saadaksesi lisätietoa BlastIQ™ alustasta sekä siitä kuinka se voi tukea toimintaanne päivittäin, ota yhteyttä paikalliseen Orican edustajaan tai vieraile osoitteessa orica.com/BlastIQ



Suomalaiset mineraalit vauhdittavat sähköistä liikennettä

Liikenne sähköistyy vauhdilla ympäri maailmaa. Sähköajoneuvon arvokkain osa on sen akku. Suomella on erinomaiset edellytykset vallata merkittävä markkinaosuus globaalista megatrendistä, joka on ilmastotoimien ytimessä maailmanlaajuisesti.

TEKSTI: **MATTI HIETANEN**, TOIMITUSJOHTAJA, SUOMEN MALMIJALOSTUS OY

Viime vuonna myytiin globaalisti lähes kaksi miljoonaa sähköautoa. Vuodesta 2017 myynti kasvoi yli 60 prosenttia. Kansainvälinen energiajärjestö IEA ennustaa, että vuoteen 2030 mennessä sähköautoja on jopa 140 miljoonaa.

Sähköautojen määrän nopea kasvu tarkoittaa myös akkujen ja akkujen raaka-aineiden kysynnän kasvua. Uusinta akkuteknologiaa hyödyntävän sähköauton akku sisältää keskimäärin 50 kilogrammaa nikkeliä, 7 kilogrammaa kobolttia ja 8 kilogrammaa litiumia.

Kiina, Japani ja Korea hallitsevat tällä hetkellä globaaleja henkilöautojen litiumioniakkujen markkinoita yli 90 prosentin osuudella. Komissio on arvioinut, että Euroopan markkinoiden arvo on 250 miljardia euroa vuonna 2025.

Varannot ja vastuullisuus kilpailuina

Liikenteen sekä laajemmin energian käytön ja varastoinnin sähköistyminen tarjoaa suomalaiselle kaivosteollisuudelle poikkeuksellisia mahdollisuuksia. Suomi on ainoa EU-maa, jonka kaivosteollisuus tuottaa kaikkia keskeisimpiä akuissa tarvittavia

raaka-aineita, eli nikkeliä ja kobolttia sekä Keliberin toiminnan alkaessa myös litiumia. Suomella on potentiaalia myös esimerkiksi mangaanissa, grafiitissa ja harvinaisissa maametalleissa.

On tärkeää korostaa, että suomalaiset raaka-aineet ovat vastuullisesti tuotettuja ja suomalaisen teollisuuden hiilijalanjälki on useita keskeisiä verrokkimaita matalampi. Vastuullinen tuotantoketju tuo lisäarvoa asiakkaalle ja on tärkeä osa monien autonvalmistajien strategiaa.

Taloustutkimus Oy selvitti helmikuussa Suomen Malmijalostus Oy:n toimeksiantonasta suomalaisten suhtautumista akkutoimialaan ja sen potentiaaliin. Puhelinhaastatteluin toteutettuun tutkimukseen vastasi kaikkiaan 1817 henkilöä. Jopa 81 % Taloustutkimuksen kyselyyn vastanneista oli täysin tai jossain määrin samaa mieltä siitä, että sähköautojen akuissa tarvittavia raaka-aineita ja komponentteja on vastuullisempaa valmistaa Suomessa kuin esimerkiksi Aasiassa tai Afrikassa.

Jalostusaste nousuun

Litiumioniakkujen valmistamisen arvoketjussa on mahdollista toimia monessa eri roolissa. Kaivosteollisuuden lisäksi merkittävä osa arvoketjua on kemianteolli-

suus, jossa tuotetaan akkukemikaaleja sekä esimerkiksi prekursori- ja katodiaktiivimateriaaleja. Arvoketjun vieminen aina akkukemien tuotantoon asti toisi eniten arvoa Suomen talouteen.

Edellä mainittuun Taloustutkimuksen kyselyyn vastanneista 80 % oli täysin tai jossain määrin samaa mieltä siitä, että sähköautojen akkujen valmistukseen liittyvä teollisuus voi tarjota Suomelle ja suomalaisille yrityksille hyviä uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Yrityspäättäjistä jopa 91 % oli täysin tai jossain määrin samaa mieltä väittämän kanssa.

Kilpailu akkuklusterin investoinneista on erittäin kovaa. Tässä kilpailussa Suomen on tärkeää ylläpitää ja hyödyntää raaka-aineiden lisäksi myös muita vahvuuksiaan kuten metallien jalostuksen ja prosessiteollisuuden osaamista sekä vahvaa T&K-ympäristöä. Olennaista on saada Suomeen isoja teollisia investointeja esimerkiksi katodi- ja kenovalmistukseen, tehdä kunnianhimoista T&K-työtä sekä panostaa alan koulutukseen. Näin toimimalla voimme luoda kaivosteollisuuden jatkoksi uuden kehittyvän ja kansainvälisesti kilpailukyisen toimialan. ▲



Astrock can take care of geophysics needed for mineral exploration as a whole

www.astrock.com



UUDISTUNUT MURSKAIN TULEVAISUUDEN TEKNOLOGIA

Sandvik CH800i -kartiomurskainsarjamme tarjoaa sinulle edistyksellistä teknologiaa ja älykästä murskausta. Nämä suurikapasiteettiset koneemme on suunniteltu kaivosten ja suurten louhosten jälki- ja hienomurskaukseen. Pääkomponentit ovat jopa 65 % vahvempia* ja mahdollistavat näin parhaan käyttöasteen ja kestävyys. Uusi automaatiojärjestelmämme optimoi murskaimen suorituskyvyn ja takaa turvallisen toiminnan.

Murskaimet ovat yhteydessä My Sandvik -sivustoon, joten pääset katsomaan laitoksesi tuottamaa dataa 24/7. Näin voit tehdä päätöksiä faktojen perusteella ja nähdä selvästi ne alueet, joilla käyttöaikaa voidaan pidentää ja tuottavuutta parantaa. Palvelusivustolta voit lisäksi tilata kulutus- ja varaosia sekä seurata osien toimitusta.

Lue lisää kartiomurskainsarjasta osoitteessa rocktechnology.sandvik/CH800i

OTA YHTETTÄ – SANDVIK PALVELEE

Pekka Jauhiainen puh. 0400 204 082

Lars Lönnqvist puh. 0400 683 235

Jari Millaskangas puh. 040 3500 158



* Sandvik ei takaa, että tulokset pätevät kaikissa olosuhteissa.

Kuva 1. Porakoneen iskuaallon muotoa mittaava heijastusaaltosensori on sijoitettu porakoneen etupäähän (kuvassa sinisellä).



Nykyaikainen sensoriteknologia sekä porattavuutta seuraavat järjestelmät tuottavat perinteisen MWD-datan (Measurement While Drilling) rinnalle kiven ominaisuusdataa, minkä avulla poraustapahtumaa voidaan ohjata porausolosuhteeseen sopivaksi. Tarkoilla sensoreilla on mahdollista mitata jopa yksittäisiä porakoneen iskuaaltoja ja niiden muotoa. Sensorien tuottama tietomäärä on valtava. Toteutuneesta poraustapahtumasta voidaan tuottaa hyvinkin tarkkaa tietoa porauksen säätöarvoista, kiviolosuhteesta ja porauslaitteen sekä -kaluston kunnosta, mikä mahdollistaa porauksen kustannustehokkuuden analysoinnin entistä tarkemman tiedon avulla.

Porakoneen iskuaallon tehokas välittyminen porakaluston kautta kiveen on edellytys kiven optimaaliselle rikkoutumiselle. Kaikki iskuenergia ei välity kiveen, vaan palaa takaisin paluuheijastuksena kruunu-kivi –kontaktista porakalustoon ja edelleen porakoneeseen aiheuttaen enenaikaista kulumista koko ketjussa. Palaavan iskuenergian määrään vaikuttavat oikeiden porausparametrien valinta sekä kiven porausominaisuuksiin sopiva porakone ja -kalusto.

Männän iskunopeutta ohjataan iskunpaineella. Porauksen toteutumista taas seurataan perinteisesti tunkeumanopeudesta ja muista MWD-suureista. MWD-suureet kertovat kivistä tulevasta vasteesta kuitenkin

Uutta sensoriteknologiaa poraustapahtuman optimointiin

TEKSTI: **AKI ULLGREN, JUKKA-PEKKA UUSITALO, MATLEENA MELASAARI**
SANDVIK MINING AND ROCK TECHNOLOGY

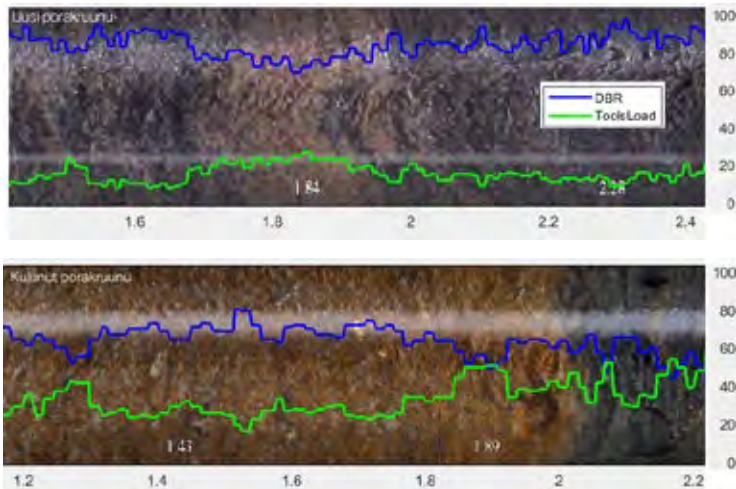
kin epäsuorasti ja viiveellä. Kahdella eri kivityypillä voi olla sama tunkeumanopeus, mutta kivistä heijastuvat jännitysaallot voivat erota suurestikin. Tällöin eri kivet vaatisivat täysin erilaiset porausparametrit, mutta tätä ei voida havaita tarkasti epäsuorilla MWD-mittauksilla.

Porakoneen iskuaalto, eli jännitysaalto, syntyy porakoneen männän iskiessä porakoneen niskaan. Jännitysaalto kulkee kaluston läpi kiveen ja osa siitä heijastuu takaisin. Heijastunut jännitysaalto kertoo suoraan porauksen säädöntarpeen. Mittaamalla näitä jännitysaaltoja suoraan voidaan ratkaista monta ongelmaa porauksessa. Jännitysaallon suoraan mittaamiseen on markkinoilla tarjolla vain yksi tuotantokäyttöön soveltuva mittari - RockPulse™. RockPulsen jännitysaaltoa mittaava sensor on sijoitettu porakoneen etupäähän

(kuva 1) ja se tuottaa tietoa porakoneen iskuaallosta reaaliaikaisesti. Mittarin tuottama tieto antaa mahdollisuuden säätää porausparametreja optimaaliseksi muuttuvissa kiviolosuhteissa.

Sensorin tuottama tieto on osoittautunut tehokkaaksi porauksenohjausvälineeksi porattaessa esimerkiksi rikkonaista kalliota tai ruuhjevyöhykettä. Kruunu-kivi –kontaktista ja sen laadusta saadaan tarkkaa tietoa datan avulla. Poraaja pystyy näin välttämään ali- tai ylisyyttötilannetta, joista aiheutuu joko porakankien ja porakruunun hajoamista tai reikätaipumaa. Sama porauksen säätömahdollisuus koskee myös porausolosuhteita, missä kiven porattavuusarvot vaihtelevat huomattavasti.

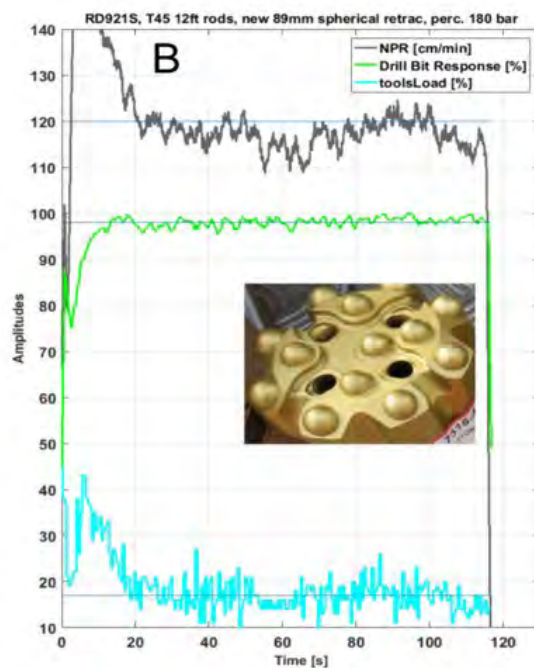
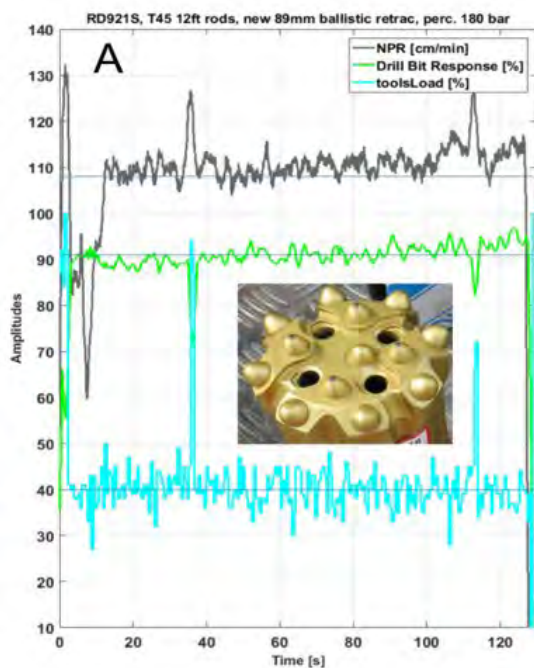
RockPulse -sensorin tuottama tieto poraustapahtumasta on visualisoitu kolmeksi uudeksi porauksenohjausmittariksi (kuva >



Kuvaajat 1 & 2. Porakoneen iskuaaltoja analysoimalla voidaan tuottaa tarkkaa tietoa kruunu-kivi-kontaktista ja kalustokuormituksesta. Kuvassa poraus on tapahtunut kivessä, missä on vaihtelevasti graniittia (punertava kivi) ja gneissia (harmaa kivi). Uusi porakruunu (ylin kuva) tuottaa huomattavasti paremman kivikontaktin (DBR eli Drill Bit Response) ja vähemmän kalustoa kuormittavia paluuheijastuksia (ToolsLoad) kuin kulunut porakruunu (alin kuva). Sensorin tuottaman tiedon avulla poraaja voi tehdä päätöksen esimerkiksi kuluneen porakruunun vaihtamisesta uuteen.



Kuva 2. RockPulse -mittarit poralaitteen ohjausjärjestelmässä. Drill Bit response (ylin) osoittaa kruunu-kivi -kontaktin laatua, Tools Load (keskellä) osoittaa iskun paluuheijastuksien määrää, ja Feed Level (alin) kertoo, ovatko porauksen säädöt ali- vai ylisytöillä.



Kuva 3. Oikean porakruunun valinnalla kulloiseenkin kiviolosuhteeseen on suuri merkitys porauksen optimoinnissa. Esimerkissä on graniittisessa gneississä (DRI 47, UCS 110 MPa) tapahtunut poraus eri kruunuvaihtoehtoilla. Diagrammissa A poraus on suoritettu ballistisella kruunulla ja diagrammissa B pyöreänastaisella kruunulla. NPR eli tunkeumanopeus (cm/min) on saatu kasvatetuksi lähes 10 % valitsemalla olosuhteeseen sopiva kruunu. Kruunu-kivi -@kontakti (RockPulsen Drill Bit Response-mittarin perusteella) on saatu noin 8 % paremmaksi, ja kalustoa kuluttavien iskun paluuheijastuksien määrää (RockPulsen Tools Load-mittarin perusteella) on vähennetty noin 55 %.

2). Drill Bit Response -mittari tuottaa tietoa kruunu-kivi -kontaktista. Hyvä kruunu-kivi -kontakti on edellytys tehokkaalle kiven rikkoutumiselle. Kontaktin ollessa

huono, poraus ei ole tehokasta ja aiheuttaa kalustokuormitusta. Mittari reagoi myös tilanteessa, missä porakruunu on kulunut liikaa ja vaatii teroitusta (kuvaajat 1 & 2).

Tools Load -mittari tuottaa tietoa kaluston ja porakoneeseen palaavan iskuaallon voimakkuudesta. Korkea Tools Load -arvo indikoi voimakasta kalustorasitusta, mikä

johtuu kiviolosuhteeseen sopimattomista porausasetuksista tai -kalustosta.

Feed Level -mittari mahdollistaa optimaalisen syöttötason säädön, mitä seuraamalla poraaja voi säätää syöttötason kiviolosuhteeseen sopivaksi. Esimerkiksi porauksen siirryttyä pehmeästä kivistä kovaan, syöttötasoa on säädettävä korkeammaksi, jotta kruunu saadaan iskemään sopivalla voimakkuudella kiveen. Tällöin vältetään alisyöttötilanteen aiheuttama kalustokuormitus sekä porausolosuhteeseen nähden alhainen tunkeumanopeus. Toisaalta, siirryttäessä kovasta kivistä pehmeään kiveen tai ruuhjevyyhykkeeseen, syöttötasoa on säädettävä pienemmäksi, jotta vältetään ylisytön aiheuttama reikätaipuma. Sensoridatan avulla tapahtuva porauksen ohjaus on parantanut huomattavasti esimerkiksi rakolinjaporausten laatua minimoimalla reikätaipumaa, koska poraaja on voinut säätää porausta vallitsevaan porausolosuhteeseen sopivaksi.

Kiviolosuhteeseen optimoidun porauskaluston valinnalla on suuri merkitys poraustehokkuuden parantamisessa. Oikea porakruunu vaikuttaa porakoneen iskuaallosta kalustoon palautuvan heijastusaallon määrään, ja sitä kautta kokonaiskalustokesto. Porakruunun porausolosuhdekohtainen vaihtaminen on suhteellisen helppo tapa vaikuttaa porauksen tehokkuuteen (kuva 3). Kun poraajalla on käytössä optimaalinen porauskalusto, ja sensoridata mahdollistaa optimaalisen porauksen säädön, kalustokulutusta on voitu pienentää jopa 50 %.

Porausten optimoinnilla voidaan pitkällä aikavälillä saavuttaa merkittäviä säästöjä kalustokustannuksissa tai parantaa porauksen tehokkuutta huomattavasti. Sovittamalla porauksessa käytetty tekniikka vallitsevaan porausolosuhteeseen saadaan myös porauksen kustannukset irrotettuun kivimassaan nähden sopiviksi. Alentuneiden kustannusten ja porauksen tehokkuuden lisäksi merkittävä tekijä kannattavassa porauksessa on porauksen laatu, minkä korostaminen osana poraussopimuksia lisääntyikin jatkuvasti. Sensoriteknologian avulla mahdollistetaan laadukas poraus tuottamalla tarkkaa, käyttökelpoista ja mitattavissa olevaa tietoa. ▲

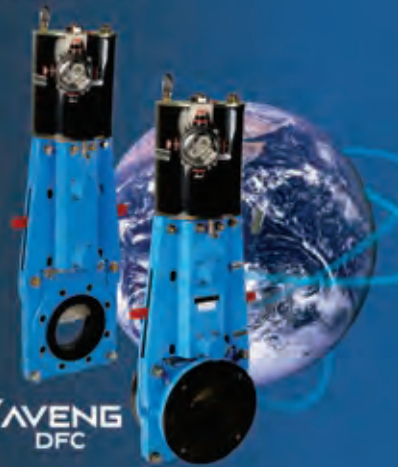
Cost effective insurance for expensive investments

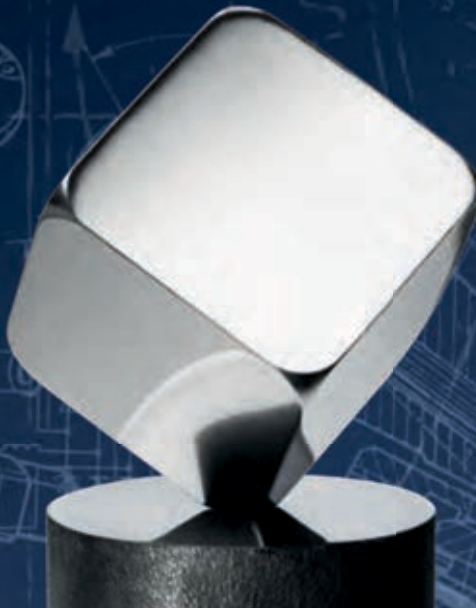
RF-SKG

A quality product with accessories to meet customer needs, attention to detail and manufactured to the highest of standards

RF Valves Oy
Tel: +358 207 851 790
Tullitie 9
53500 Lappeenranta, Finland
www.rfvalves.com







With the right steel, imagination is your only limit

There is an Ovako steel to suit almost every design and engineering challenge, no matter how extreme. Don't let your material limit your imagination.

In 2018 we became an integral part of Nippon Steel, allowing us to strengthen our offering in partnership with the world's largest specialty steel producers. This means we can support you with broader global service, knowledge and steel options from the group portfolio. Consider it yet another way to open up new design possibilities. Find out how we can help your imagination come to life at ovako.com



FROM MINE TO MINE



For more information please contact:
Erja Kilpinen, phone +358 (0)400 814 156
www.nordkalk.com



normet



LAITTEET



PALVELUT



RAKENNUS-
KEMIKAALIT



KALLIO-
LUJITUS

TAATUT TULOKSET

Kehitämme yhdessä asiakkaittemme kanssa kaivoksen prosesseja paremman turvallisuuden, tuotavuuden ja kannattavuuden saavuttamiseksi.

Olemme olleet mukana tarpeeksi kauan tietääksemme, että menestyminen tarkoittaa myös kykyä odottaa odottamatonta. Tästä syystä tekniset eksperttimme ovat valmiina auttamaan asiakkaitamme jokaisessa haasteessa, pienessä tai suuressa.

NORMET.COM

MIMESIS

– Mathematics and Materials Science for Steel Production and Manufacturing

VILLE-VALTTERI VISURI¹⁾, ESHWAR KUMAR RAMASETTI, TIMO FABRITIUS

PROSESSIMETALLURGIAN TUTKIMUSYKSIKKÖ, OULUN YLIOPISTO

PRERANA DAS

EFD INDUCTION AS, SKIEN

LUIGINO CAPONE, NAJIB ALIA, MANUEL JESÚS ARENAS JAÉN,

THOMAS PETZOLD, DIETMAR HÖMBERG

WEIERSTRASS-INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ANALYSIS UND STOCHASTIK, BERLIINI

VAHID JAVAHERI, SATISH KUMAR KOLLI, DAVID PORTER

MATERIAALI- JA KONETEKNIKAN TUTKIMUSYKSIKKÖ, OULUN YLIOPISTO

SHASHANK RAMESH BABU

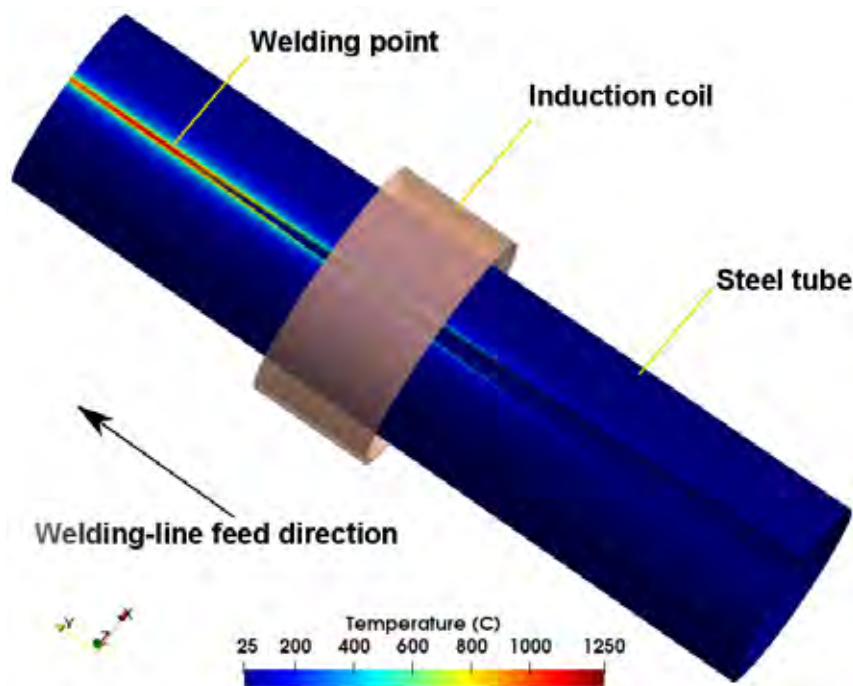
SSAB EUROPE OY, RAAHE

Johdanto

Kyky vastata joustavasti muuttuvaan kysyntään on muodostunut merkittäväksi teräksen valmistuksen kilpailukykyä määrittäväksi tekijäksi. Teräksen valmistuksen yksikköprosessien on pystyttävä vastaamaan muuttuviin asiakasvaatimuksiin ja strategiaan muutoksiin uhraamatta kustannustehokkuutta tai tuotetun teräksen laatua.

Mathematics and Materials Science for Steel Production and Manufacturing (MIMESIS) on European Industrial Doctorate (EID) -projekti ja osa Horizon 2020-ohjelman Marie Skłodowska Curie -toimien innovatiivisia koulutusverkostoja. Vuonna 2015 alkaneen kolmivuotisen tohtorikoulutusprojektin partnereita ovat Saksasta Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS), Norjasta EFD Induction AS sekä Suomesta SSAB Europe Oy ja Oulun yliopisto. Projektin partneriorganisaatioita ovat Outokumpu Stainless Oy ja Berlin Mathematical School.

MIMESIS-projekti koostuu kahdeksasta työpaketista, joista kukin muodostaa projektiin rekrytoitujen kahdeksan tohtorikoulutettavan väitösaikaa. Tohtorikoulutettavista neljä suorittaa opintojaan Oulun yliopistossa yhteistyökumppaneinaan SSAB Europe Oy, Outokumpu Stainless Oy ja EFD Induction AS. Oulun yliopistossa projekti toteutetaan laajemman tutkimus- ja kehityksen vuoksi nelivuotisen sijoituksen, että neljännen vuoden rahoitus katetaan yliopiston varoista. WIAS:n ohjaamat tohtorikoulutettavat työskentelevät EFD In-

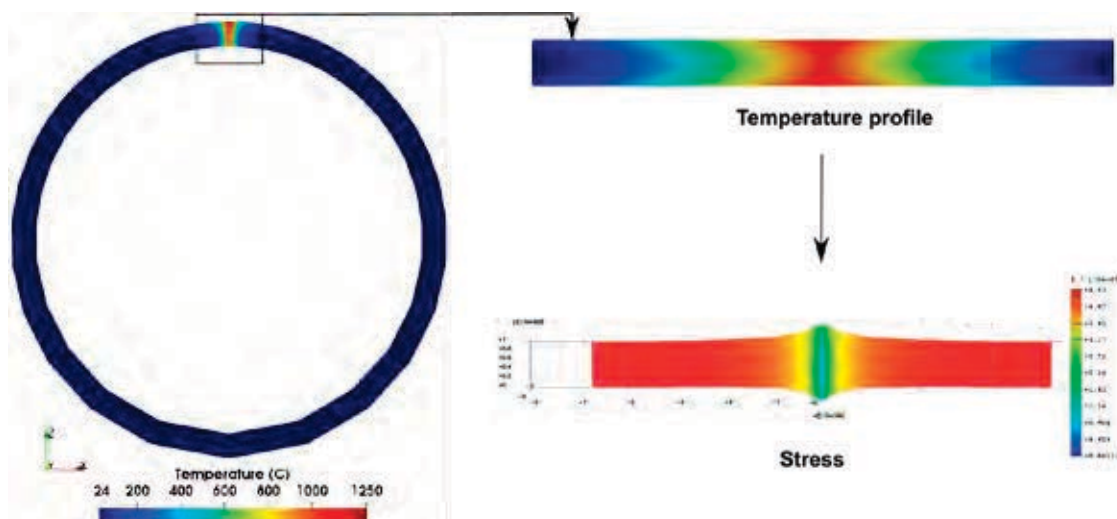


Kuva 1. Muovautuneen rainan reunojen ja hitsin muutosvyöhykkeen (HAZ) lämpötilajakauma.

duction AS:n ja SSAB Europe Oy:n tutkimus- ja kehityksen parissa; heidän tapauksessaan tohtorikoulutettavat puolustavat väitöskirjaansa Berliinin teknillisessä yliopistossa. Projektirakenteen erityispiirteinä

on se, että tohtorikoulutettavat suorittavat kurssiopintonsa sekä Oulun yliopistossa että WIAS:ssa. Varsinainen tutkimusaika jakautuu puolestaan tutkimuslaitoksen ja teollisuuspartnerin kesken.

>



Kuva 2. Kaksiulotteinen hitsausliitoksen HAZ-alue hitsauspisteessä: lämpötilaprofiili ja jännitys.

Työpakettit ja tulokset

Työpaketti 1: HF-hitsauksen mallintaminen, simulointi ja optimointi

Prerana Das, EFD Induction/WIAS

Työpaketti 1:n tavoitteena on simuloida korkeataajuus- eli HF-hitsausta teräsputkien valmistuksessa. Pääasiallisena kiinnostuksen kohteena on lämpötilaprofiilin määrittäminen hitsin laadun indikaattoriksi. HF-induktiohitsaus on menetelmä hitsattujen teräsputkien valmistamiseksi. Teräsrainaa muokataan ensin putkimaiseen muotoon, jonka jälkeen se viedään induktiokelan läpi. Induktiokela kuumentaa rainan reunat hitsauslämpötilaan, jonka jälkeen ne liitetään mekaanista puristusta käyttäen hitsatuksi putkeksi.

HF-induktiohitsaus on monifysiikkaprosessi, joka tapahtuu kahdessa vaiheessa: sähkömagneettista kuumennusta seuraa putken reunojen mekaaninen yhdistäminen. Nämä vaiheet voidaan kuvata matemaattisesti osittaisdifferentiaaliyhtälöiden avulla. HF-induktiohitsausprosessin numeeriseen diskreetointiin on käytetty elementtimenetelmää (FEM). Tämä on toteutettu hyödyntämällä C++-kirjastoa ”pdelib”, joka on Weierstrass-instituutissa kehitetty elementtimenetelmään perustuva työkalupaketti. Sähkömagneettista kuumennusta määrittävät Maxwellin yhtälöt aikaharmonisella alueella sekä klassinen lämpötilayhtälö. HF-induktiohitsaus on osa jatkuvatoimista tuotantolinjaa. Tästä syystä hitsaustapahtuma mallinnetaan kvasistationääriseen prosessiin.^[1] Putkeksi muovautuneen rainan reunojen lämpötilajakauma saadaan lasketuksi sähkömagneettisen kuumennuksen simuloinnin avulla (ks. kuva 1).

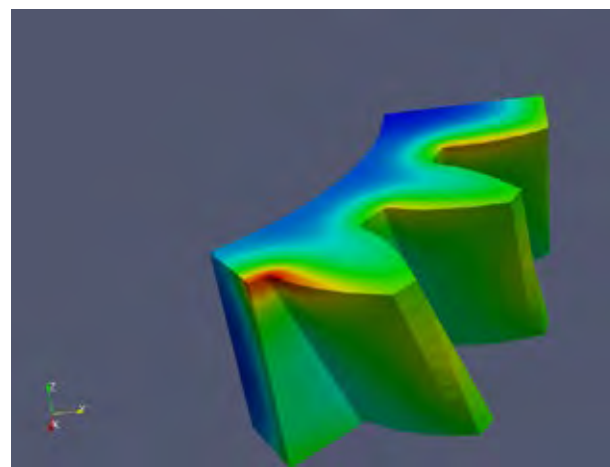
Rainan reunojen mekaaninen liittäminen on monimutkainen deformaatio-on-

gelma, jossa muodonmuutokset ovat pienet. Tämä on kuvattu kaksiulotteisessa levyssä tapahtuvana materiaallivirtana, jota mallinnetaan liikemäärätaseella. Teräksen konstitutiivista materiaalmallia varten otetaan huomioon teräksen viskoplastinen käyttäytyminen hitsauslämpötila-alueella.^[2] Sähkömagneettisen kuumennuksen simulointituloksista saatavaa lämpötilaprofiilia hyödynnetään rainan reunojen lämpötilariippuvaisten mekaanisten ominaisuuksien määrittämisessä. Samalla saadaan myös viskoplastisen virtauksen seurauksena muodostuvan teräsputken hitsausliitoksen muoto (ks. kuva 2). Hitsausliitoksen lujuus vaikuttaa teräsputken laatuun.

Työpaketti 2: Yksi- ja monitaajuuksien induktiokarkausn simulointi ja optimointi

Luigino Capone, WIAS/EFD Induction

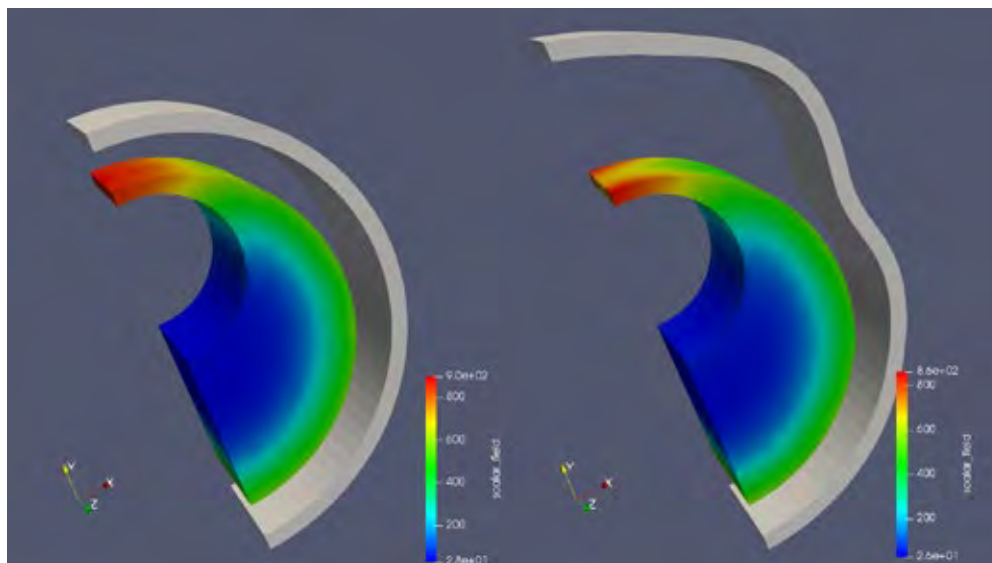
Induktiokuumennustekniikan alkuvaiheessa teräksisten hammaspyörien induktiokarkaus nähtiin yhtenä mahdollisuutena vähentää karkausn aiheuttamia muodonmuutoksia verrattuna vaihtoehtoisin tekniikoihin, joissa työkalupale lämmitetään läpikotaisin. Hiiletyskarkausn verrattuna induktiolämpökäsittely ei lähtökohtaisesti muodosta yhtenäistä karkaistua kerrosta, vaan erilaisia karkenemiskonfiguraatioita voidaan saavuttaa muuttamalla useita prosessiparametreja. Tästä johtuen on edel-



Kuva 3. Vinohampaisen hammaspyörän lämpötilaprofiili induktiokuumennuksen aikana.

leen kiistanalaista, mitkä prosessiparametrit tuottavat parhaan lopputuloksen tietylle hammaspyörälle.

Näennäisestä yksinkertaisuudestaan huolimatta hammaspyörien induktiokarkausn numeerinen simulaatio on aikaa vievää. Simuloinnin kustannuksiin vaikuttavat erityisesti manuaalisesti tehtävä laskennallisen alueen määrittäminen CAD-ohjelmistolla sekä laskennallisen hilan luominen numeerista laskentaa varten. Tämän työpaketin ensimmäisenä tavoitteena oli automatisoida työkalupaleen geometrian luominen sekä luoda matemaattinen kuvaus induktiokelan muodolle. Kun geometrian ja hilan luominen nopeutuvat, voidaan simulaatioiden avulla ennustaa kuumenemiskäyttäytymistä erilaisilla parametreilla ja kelan muodoilla.



Kuva 4. Induktiokelan paikallisen muotovirheen lämpötilavaikutus nokkamaisessa geometriassa.

Kelan muodolla ja tavoitegeometrialla on tiivis vuorovaikutus suunniteltaessa niin hammaspyörän kuin yksinkertaisempienkin työkappaleiden karkenemiskäyttäytymistä. Tässä työssä kelan muotovirheiden vaikutusta aikaansaatuun kuumenemiskäyttäytymiseen tutkittiin käyttämällä yksinkertaistettua nokkatyyppistä kohdetta. Tavoitteena oli myös kehittää soveltuva kustannusfunktio optimaalisen muodon löytämisen näkökulmasta. Tuloksena saatavaa tietoa voidaan jatkossa hyödyntää tarkasteltaessa monimutkaisempia työkappaleita ja täydennettäessä niihin liittyviä kustannusfunktioita.

Työpaketti 3: Induktiolämpökäsittely uusi kulutusteräs

Vahid Javaheri, Oulun yliopisto/
EFD Induction

Tämän työpaketin tavoitteena on tutkia teräksen kemiallista koostumusta sekä HF-induktiolahituksen ja induktiolämpökäsittelyn parametreja, joiden avulla voidaan tuottaa taloudellisesti sitkeitä putkia, joilla on erittäin hyvä sisäpinnan kulutuskestävyys (0,40 p-% hiiltä) ja siten hyvä kestävyys lietteiden aiheuttamasta kulumista vastaan. Lietteiden aiheuttama kuluminen on yksi monimutkaisimmista kulumisen tyypeistä. Sitä on käsitelty yksityiskohtaisesti työn puitteissa tehdyssä review-artikkelissa^[3].

Monimutkaisten ilmiöiden asettamien haasteiden vuoksi lieteputkien valmistamiseen on suunniteltu tuotantoreittiä, joka koostuu seuraavista osista: 1) jatkuvavalmu, 2) nauhan kuumavalssaus ja kelaus, 3) rainoitus, 4) kylmämuovaus ja HF-induk-

Taulukko 1. Lieteputkille suunniteltu teräskoostumus.

Pitoisuus (p-%)							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	N
0,40	0,19	0,24	0,92	0,02	0,48	0,013	0,004

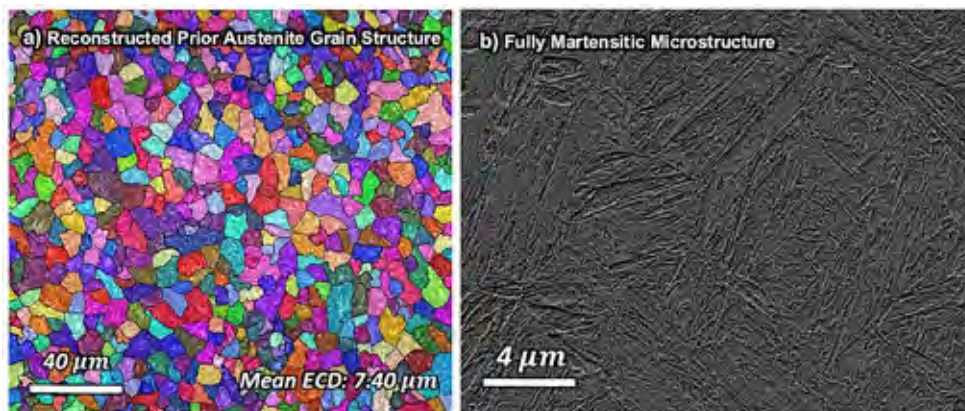
tiohitsaus putkeksi, ja 5) induktiolämpökäsittely, jolla saavutetaan kova sisäpinta yhdistettynä sitkeään putkirunkoon. Tätä varten on kehitetty uusi teräskoostumus, joka vastaa prosessin asettamia vaatimuksia. Kyseessä on keskihiilinen, matalaseosteinen teräs, johon on seostettu 0,013 p-% niobia (ks. taulukko 1). Koostumuksen suunnittelun yksityiskohdat on raportoitu lähdelehdessä^[4].

Suunniteltu teräskoostumus on valettu ja valssattu laboratorio-olosuhteissa ja samalla on tutkittu materiaalin käyttäytymistä kuumamuokkauksen aikana sekä induktiokarkaisukäyttäytymistä. Lisätietoa kuumavalssausprosessista, saavutetuista ominaisuuksista ja niobin vaikutuksesta on saatavilla lähdelehdessä^[5,6]. Induktiokarkaisun, erilaisten kuumennusnopeuksien, huippulämpötilojen ja jäähdytysnopeuksien jälkeisten ominaisuuksien tutkimiseksi käytettiin Gleeble-laitteistoa. Tulokset osoittavat, että lujuuden ja raekoon suhteen parhaat induktiokarkaisuolosuhteet saavutetaan, kun kuumennus tapahtuu 850 °C lämpötilaan nopeudella 50 °C/s ja jäähdytys puolestaan nopeudella ≥ 50 °C/s^[7]. Tällä tavoin saatavat austeniittiset rae- ja lopulliset mikrorakenteet on esitetty kuvassa 5.

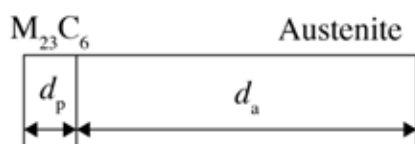
Työpaketti 4: Herkistyminen ruostumattoman teräksen tuotannossa

Satish Kumar Kolli, Oulun yliopisto/
Outokumpu Stainless Oy

Ruostumattomien terästen sisältämä kromi (> 10,5 p-%) suojaa niitä atmosfääriseltä korroosiolta. Korroosion estämiseksi on tärkeää, että teräsmatriisiin sisältämä kromi on jakautunut tasaisesti ilman paikallista ehtymistä myös alle mikrometrin mittakaavassa. Yleisimmin käytetyissä ferriittisissä ja austeniittisissä teräslajeissa hiili esiintyy joko epäpuhtautena tai seosaineena. Koska välisijoihin liuenneen hiilen ja korvaussijoihin liuenneen kromin liikkuvuudet eroavat toisistaan huomattavasti, kromin ja hiilen reagoiminen kromikarbideiksi saattaa johtaa kromin kriittiseen köyhtymiseen karbidien viereisessä ferriitti- tai austeniittimatriisissa, jolloin korroosionkesto menetetään. Ammattikielessä tätä ilmiötä kutsutaan herkistymiseksi. Kyseessä on aikariippuvainen ilmiö, joka aiheutuu ja poistuu ajan kuluessa teräksen ollessa tietyllä lämpötila-alueella. Toistaiseksi teräksenvalmistajilla ei ole ollut työkaluja ennustaa kvantitatiivisesti herkistymistä ferriittisten ja austeniittisten ruostumattomien teräslajien tuotantoprosesseissa. Tämä



Kuva 5. a) rekonstruoitu austeniittinen raerakenne ennen induktiokarkaisua, ja b) lopullinen mikrorakenne induktiokarkaisun jälkeen (optimaaliset lämpökäsittelyparametrit, kuumnennus- ja jäähdytysnopeus 50 °C/s ja huippulämpötila 850 °C).



Kuva 6. Numeerisen mallinnuksen toteutus karbidi-austeniitti-rajapinnalla.

johtuu siitä, että mallit on ensin verifioitava termomekaanisilla käsittelysykleillä ja kriittiset malliparametrit on määritettävä teräsmatriisin tyyppin ja koostumuksen perusteella.

Tämän työpaketin tavoitteena on ottaa huomioon edellä mainitut seikat ja muodostaa pohja mahdollisten korroosionkestoon ongelmien online-ennustamiseen. DL-EPR -testiä (double loop electrochemical potentiokinetic reactivation) ja oksaali-happosyövytystä käytettiin herkistymisen mittaamiseen. Materiaalin herkistymisen aiheuttavien kromikarbidien ydintymistä ja kasvua simuloitiin CALPHAD-tekniikalla. Tasapainolaskuihin käytettiin Thermo-Calc-ohjelmistoa. Kromikarbidien ydintymisen ja kasvun tarkasteluun käytettiin TC-Prisma- ja DICTRA -ohjelmistoja. Kromin köyhtymiskäyttäytymisen kuvaamiseen käytettiin 1-ulotteista kasvumallia ottaen huomioon systeemin kaksi faasia kuvassa 6 havainnollistetulla tavalla.

Pitoisuusprofiilien määrittämiseksi simuloitiin liikkuvan rajapinnan tapaus- ta karbidi- ja austeniittimatriisien välillä. Isotermisillä lämpökäsittelyillä määritettiin ehtymisparametri, joka kuvaa kromin ehtymisalueen leveyden ja syvyyden raerajojen vieressä. Ehtymisparametrin arvojen havaittiin korreloivan hyvin kokeellisesti määritettyjen herkistymisarvojen kanssa.^[8] Tulokset on verifioitava pitkille lämpökäsittelyille,



Kuva 7. Havainnollinen esitys fysikaalisen mallin toimintaperiaatteesta.^[17]

jotka poistavat herkistymisen sekä ottamalla huomioon ydintymisajat. Edellä mainitut tutkimukset tullaan tekemään erilaisille koostumuksille ja raekoon arvoille, jotta voidaan määrittää lämpökäsittelysykliä, koostumuksen ja ehtymisparametrin väliset suhteet.

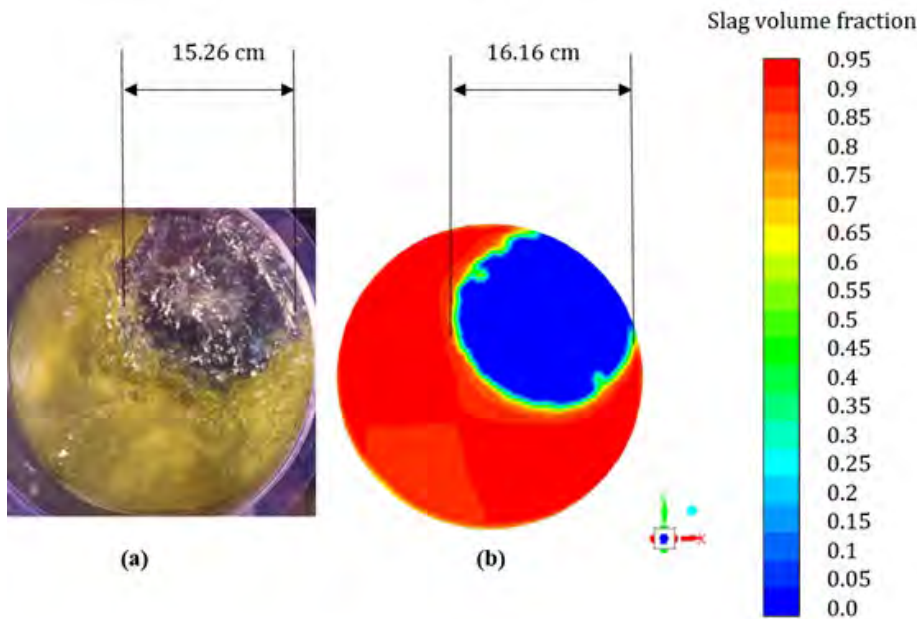
Työpaketti 5: Senkkakäsittelyjen numeerinen virtausmallinnus

Eshwar Kumar Ramasetti, Oulun yliopisto/ Outokumpu Stainless Oy

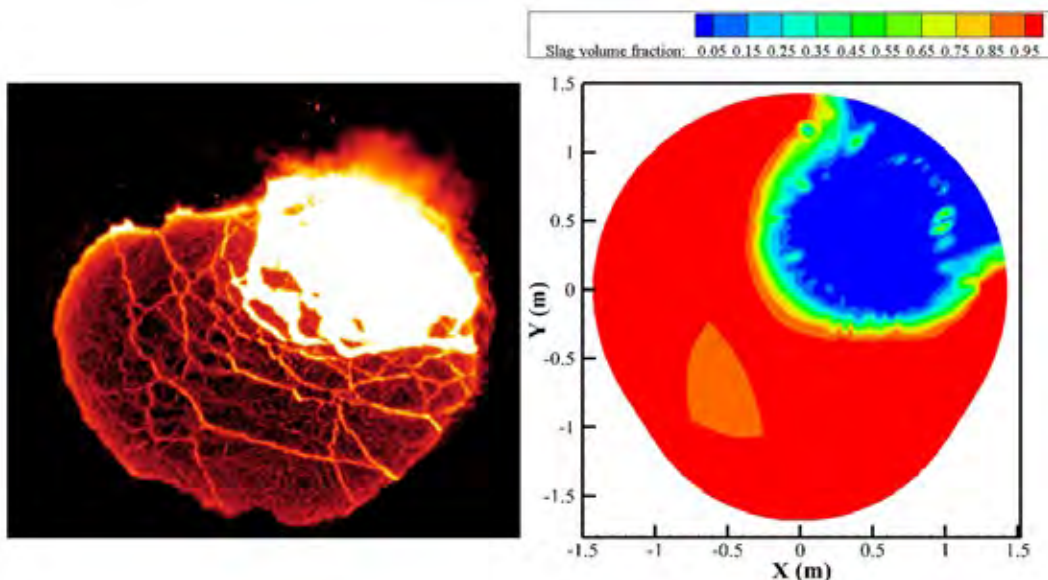
Työpaketti 5:n tavoitteena on optimoida seostuspraktiikkaa ja vähentää seostettavan nikkelin kulutusta. Vähentämällä ylimääräistä nikkelseostusta pyritään myös vähen-

tämään teräkselle haitallisten sulkeumien muodostumista. Erityisen mielenkiinnon kohteena on myös kaasuhuuhtelun vaikutuksesta syntyvä avoin silmäke, johon seostus tehdään.

Työn tavoitteiden saavuttamiseksi kehitettiin numeerinen virtausmalli eli CFD-malli, jolla voidaan tarkastella kaasuhuuhtelua ja seosaineiden sekoittumista metallisulaan.^[9-13] Tätä edelsi esiselvitys, jossa tutkittiin turbulenssimallien vaikutusta puhallussilmäkkeen laskennalliseen nopeusprofiiliin hyödyntämällä kirjallisuudessa aiemmin esitettyä aineistoa.^[14] Mallikehityksen tueksi suunniteltiin 150 tonnin terässenkkään verrattuna 1:5-mit-



Kuva 8. Mitattu ja simuloitu avoin silmäke vesimallissa.^[12]



Kuva 9. Kuvattu (vasen) ja simuloitu (oikea) avoimen silmäkkeen koko 150 tonnin terässenkassa (400 Nl/min kaasuhuuttelu, 40 cm kuonakerros).^[10]

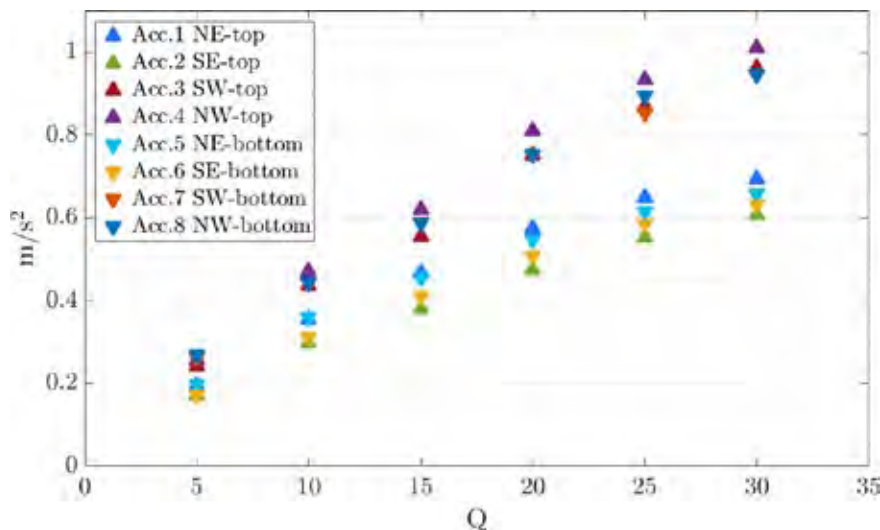
takaavainen fysikaalinen malli^[15, 16], jossa terästä, kuonaa ja pohjasta injektointavaa argon-kaasua kuvattiin vedellä, öljyllä ja ilmalla kinemaattisen samankaltaisuuden saavuttamiseksi.^[15, 16] Dynaamiseen samankaltaisuuteen sovellettiin modifioitua Frouden lukua kaasupylvään pystysuuntaisessa keskikohdassa.^[15, 16] Fysikaaliseen malliin liittyvä koejärjestely on havainnollistettu kuvassa 7.

Fysikaalista mallia kuvaava CFD-malli toteutettiin ANSYS Fluent-ympäristössä käyttäen Reynolds-keskiarvoistettuja Navier-Stokes-yhtälöitä yhdistettynä kahden yhtälön k- ϵ -turbulenssimalliin sekä Volume of Fluid (VOF)-menetelmällä tapahtuvaan

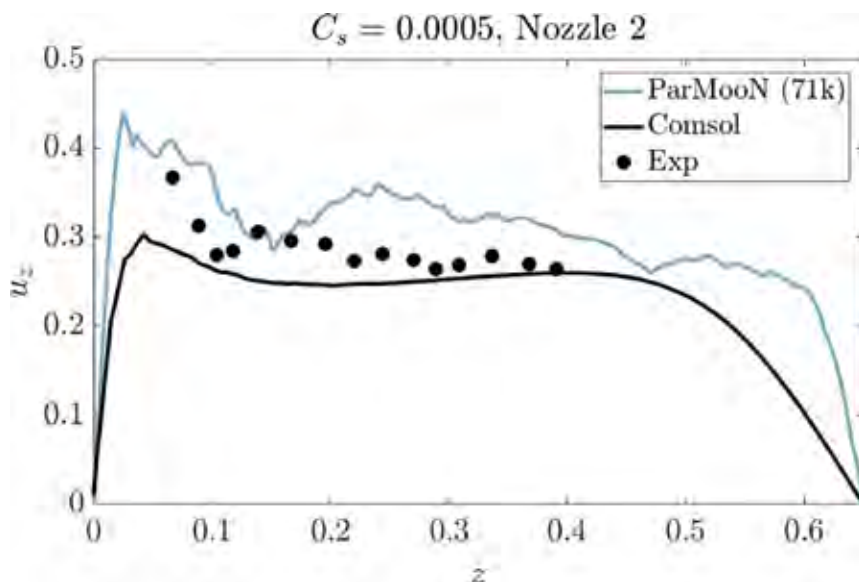
rajapintojen seurantaan.^[9-13] Fysikaalisella mallilla tehtyjen kokeiden avulla saatiin hyvä vertailukohta CFD-mallilla tehtyihin simulaatioihin, joissa tutkittiin kaasuhuuttelun voimakkuuden, öljykerroksen paksuuden ja öljyn ominaisuuksien vaikutusta avoimen silmäkkeen muodostumiseen sekä verrattiin virtauskenttää yhden ja kahden suuttimen konfiguraatioissa.^[9-13] Simuloidut ja fysikaalisesta mallista määritetyt avoimien silmäkkeiden koot vastasivat yleisesti ottaen hyvin toisiaan (ks. kuva 8). Vakioimalla simulaation muut muuttujat havaittiin, että avoimen silmäkkeen kokoon vaikuttaa kaasuhuuttelun voimakkuuden ohella pääasiassa kuonaa kuvaavan öljyn

tiheys.^[17] Öljyn dynaamisen viskositeetin vaikutus oli sen sijaan vähäinen.^[17]

Työn seuraavassa vaiheessa vesimallille sovellettua mallinnusmenetelmää käytettiin täysikokoisen 150 tonnin terässenkan geometrian mallintamiseen.^[10, 18] Mallin geometria sekä käytetyt teräs- ja kuonafasien fysikaaliset ominaisuudet määritettiin vastaamaan olosuhteita Outokumpu Stainless Oy:n Tornion terästehtaalla. Tulosten validoimiseksi kerättiin kuvamateriaalia todellisesta senkasta yhteistyössä Sapotech Oy:n kanssa. Alustavat tulokset osoittavat, että mallilla voidaan ennustaa verrattain tarkasti kuonan pinnalle puhkeavan avoimen silmäkkeen muoto ja koko eri kaasu-



Kuva 10. Mitattu senkan seinämän värähtelykiihtyvyys (m/s^2) kaasuhuuhteluvoimakkuuden (Nl/min) funktiona eri mittauspisteissä.



Kuva 11. Laskettu ja fysikaalisesta mallista mitattu pystysuuntainen kaasun nopeus (m/s) kaasupatsaan keskiliinjalla vesipatjan korkeuden (m) funktiona.

huuhteluvoimakkuuksilla ja kuonakerroksen paksuuksilla (ks. kuva 9).^[10, 18] Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa seostuspaikan valinnassa sekä kaasuhuuhtelun voimakkuuden optimoinnissa seosaineiden sekoittumisen, kaasunkulutuksen ja vuorauksimateriaalien kulumisen näkökulmasta.

Työpaketti 6: Senkkahuuhtelun optimaalinen ohjaus

Najib Alia, WIAS/SSAB Europe

Työpaketin tavoitteena on parantaa senkkahuuhtelun ohjausta. Paremmalla ohjauksella tavoitellaan parempaa sulkeumapuhtautta, optimaalisempaa käsittelyn pituutta sekä pienempää kaasunkulutusta. Nykyisellään

ohjauksen haasteena ovat vaikeat prosessiolosuhteet, jotka tekevät suoran mittaus-tiedon saamisen erittäin ongelmalliseksi.

Tässä työssä on käytetty lähestymistapana numeerista mallinnusta. Kaasuhuuhtelun voimakkuuden ja senkan seinämän värähtelyn välistä yhteyttä sekä mittauspisteiden vaikutusta mitattuun värinään tutkittiin fysikaalisen mallin avulla.^[19] Kuvasta 10 nähdään, että mitattu värähtelykiihtyvyys kasvaa odotetusti kaasuhuuhtelun voimakkuuden funktiona ja että verrannollisuus riippuu mittauspaikasta. Johtopäätöksenä suositellaan, että metallisulan sekoitushokkuuden määrittämiseen käytetään tietoa useista kiihtyvyyssantureista. Näin voidaan

havaita sekoitukseen liittyviä ongelmia, kuten suuttimen tukkeutuminen tai huuhtelutehokkuuden heikkeneminen.

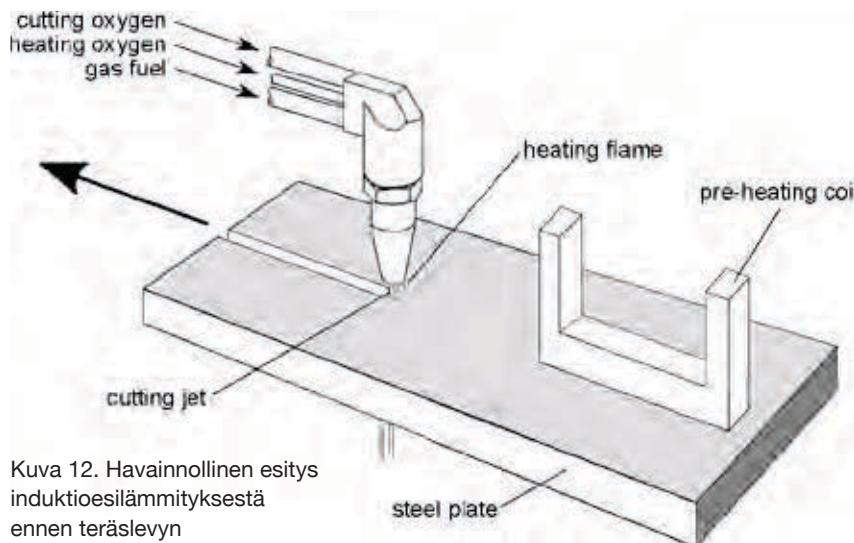
Fysikaalisen mallin lisäksi kehitettiin numeerinen malli virtauskäyttäytymisen matemaattiseen kuvaamiseen. Mallissa terässulaa kuvataan yksifaasivirtauksena kokoonpuristumattomilla Navier-Stokes-yhtälöillä ja kaasufaasia puolestaan nosteen avulla. Mallin tarkempi kuvaus on esitetty lähdelehtessä^[20]. Ensiksi mallia sovellettiin aiemmin kuvatussa^[15, 16] 1:5-mittakaavan fysikaalisen mallin tarkasteluun. Kuvasta 11 havaitaan, että laskennan tuloksena saatu pystysuuntainen keskiliinjan nopeusprofiili vastaa kohtuullisen hyvin fysikaalisesta mallista mitattuja arvoja. Työn viimeisessä vaiheessa mallia sovelletaan todellisen teräsenkan simuloimiseen ja ohjausongelman optimointiin. Tarkasteltavia ohjausmuuttujia ovat muun muassa kaasuhuuhtelunopeus sekä suuttimen sijainti. Tulevaisuudessa saatua tietoa voidaan hyödyntää yhdessä kiihtyvyyssmittauksiin perustuvan monitorointijärjestelmän kanssa.

Työpaketti 7: Induktiivisen esi- ja jälkilämmityksen mallinnus, simulointi ja optimointi teräslevyjen polttoleikkauksessa.

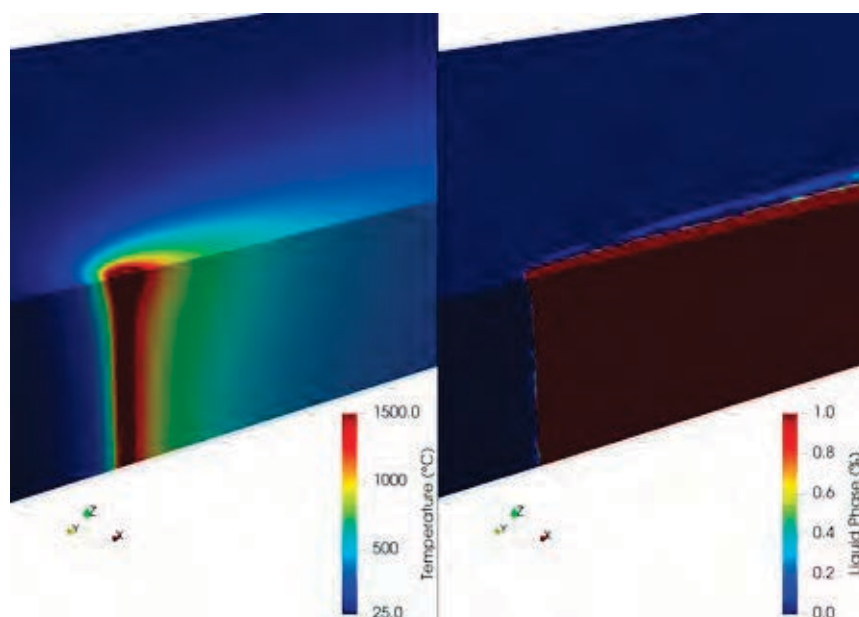
Manuel Jesús Arenas Jaén, WIAS/EFD Induction

Polttoleikkaus on tehokas ja yleinen menetelmä metallilevyjen termiseksi leikkaamiseksi teräsaihioiden tuotannossa. Polttoleikkauksella voi kuitenkin aiheuttaa epätoivottuja vaikutuksia – esimerkiksi halkeamia – riippuen materiaalin ominaisuuksista, levyn paksuudesta ja erityisesti levyn lämpötilasta ennen leikkausta.^[21, 22] Yleinen käytäntö on esilämmittää levyt juuri ennen polttoleikkausta halkeamien välttämiseksi.

Työpaketti 7:n tavoitteena on tutkia paikallista esilämmitystä, joka on energiatehokkaampi tapa koko levyn yhtenäiseen esilämmitykseen verrattuna. Tähän tarkoitukseen tarvitaan polttoleikkauksen simulointia halkeamille herkimmän Heat Affected Zone (HAZ) -alueen tapahtumien ymmärtämiseksi. Tässä työssä on käytetty kvasi-stationääristä 3D-mallia samalla tavoin kuin Thiébaud ym.^[23] ovat tehneet. Kun HAZ-alue on tunnistettu, voidaan lisätä optimaalinen esilämmitys. Tämä toteutetaan termosähköisellä 3D-mallilla^[24], joka ennustaa lämpötilajakaumaa leikkauslinjassa liikkuvan levyn yläpuolelle sijoitetun induktiokelan vaikutuksen alaisena (ks.



Kuva 12. Havainnollinen esitys induktioesilämmityksestä ennen teräslevyn polttoleikkausta.



Kuva 13. Lämpötilajakauma ja polttoleikkauksen synnyttämän sulan teräksen faasisuus.

kuva 12). Molempien mallien validointiin käytetään kokeellista dataa, jonka jälkeen niitä voidaan käyttää koko prosessin optimointiin.

Mallinnettava prosessi kattaa suoraan liikerataa liikkuvan teräslevyn, jonka yläpuolelle sijoitettu poltin aiheuttaa raudan palamisen. Eksotermisen reaktion seurauksena syntyvä sula rautaoksidi puhaltuu välittömästi pois reaktioalueelta. Polttoleikkausmalli kuvaa lämpötilajakaumaa teräslevyssä^[21] sekä polttoleikkauksen seurauksena syntyvää ja poistuvaa sulavaanaa (ks. kuva 13). Malli on validoitu käyttäen kokeellista dataa.

Induktioesilämmitysmallin tarkoituk-

sena on mallintaa paikallista esilämmitystä leikkauslinjassa juuri ennen polttoleikkauksien käyttöä. Esilämmitys tapahtuu induktiokelan avulla. Suoraa liikerataa seuraavan teräslevyn yläpuolelle on sijoitettu kiinteä kuparikela. Kela indusoi levyyn pyörrevirtauksia, jotka lämmittävät sitä Joule-vaihtuksen vuoksi. Kelan ja polttoleikkauksien välinen etäisyys on merkittävä prosessiin vaikuttava tekijä. Matemaattinen malli kattaa toisiinsa liitetyn kvasistationäärisen kuumennusmallin ja harmonisen alueen mallin. Tämän avulla voidaan tunnistaa lämpötilan stationäärinen jakauma teräslevyssä. Malli kuvaa siten kelan virran ja jännitteen välistä suhdetta, joiden perus-

teella voidaan analysoida tuloksena syntyvä lämpötila. Kuva 15 havainnollistaa syntyvää lämpötilaprofilia teräslevyssä.

Projektin viimeisessä vaiheessa on tarkoituksena yhdistää molemmat mallit ja käyttää niitä ohjauksen optimointiongelman ratkaisuun parhaan induktioesilämmitystavan määrittämiseksi. Projektin teollisen partnerin määrittämän optimistrategian saavuttamiseksi voidaan säätää polttimen ja kelan välistä etäisyyttä, kelan jännitettä ja induktiokuumennuksen taajuutta.

Työpaketti 8: Martensiitin muodostumisen mallintaminen ja austeniitin retentio

Shashank Ramesh Babu,

SSAB Europe/Oulun yliopisto

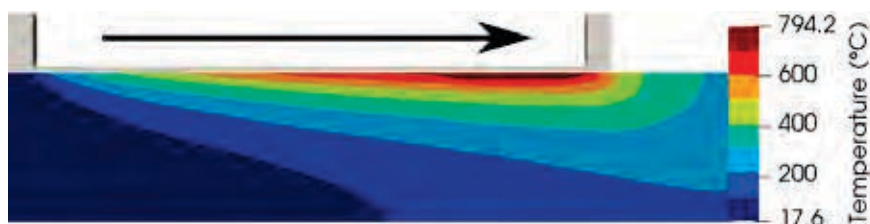
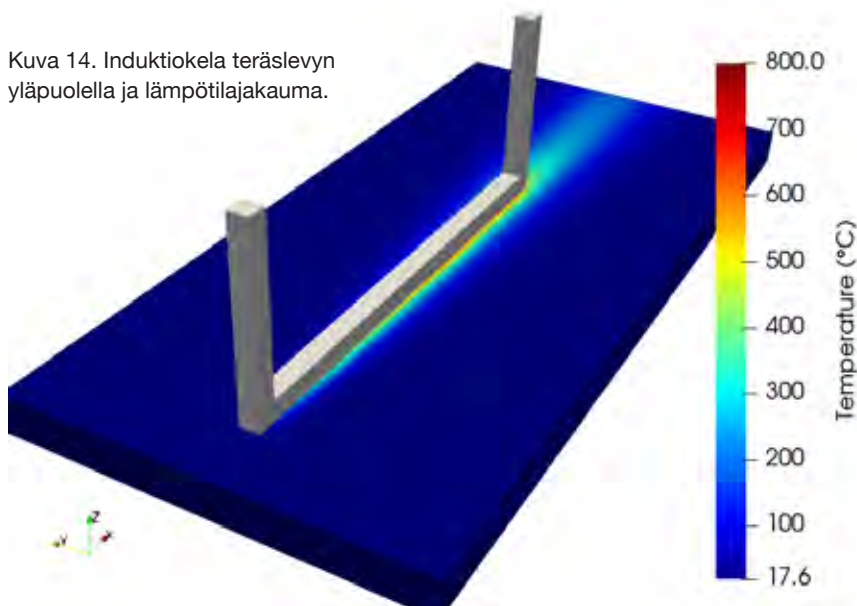
Kiderakennemuutoksiin pkk-tkk ja pkk-tkt liittyvän tilavuudenmuutoksen vuoksi faasitransformaatiolämpötiloja määritetään yleisesti dilatometrialla. Suurlujuusteräksissä erityisen kiinnostuksen kohteena on martensiitin muodostumisen alkulämpötilan (M_s) määrittäminen. On havaittu kokeellisesti, että martensiitin muodostumisen alkua ei indikoi Koistinen-Marburger (KM)-yhtälön ennustama jyrkkä muutos dilatatiokäyrässä, vaan muutos on vaiheittainen ja martensiitin muodostumisen alkulämpötila on huonosti määritetty.

Työpaketin ensimmäisessä julkaisussa^[25] osoitettiin, että vaiheittainen muutos voi liittyä dendriittien sisäisen mikrosegregaation aiheuttamaan kemialliseen epähomogeenisuuteen, jota havaitaan kuumavalssatuissa nauhoissa ja teräslevyissä. Yhdistämällä Koistinen-Marburger -yhtälö mitattuihin pitoisuusprofileihin voitiin ennustaa hyvin kokeellisia dilatatiokäyriä (ks. kuva 16). Ottamalla huomioon tarkasteltavien terästen kemiallinen epähomogeenisuus, Koistinen-Marburger -yhtälö muotoiltiin uudestaan suljetussa muodossa, jolloin sillä voidaan ennustaa martensiitin faasimuutoksen hidasta alkua esimerkiksi elementtimenetelmällä tehtävissä simuloinneissa.

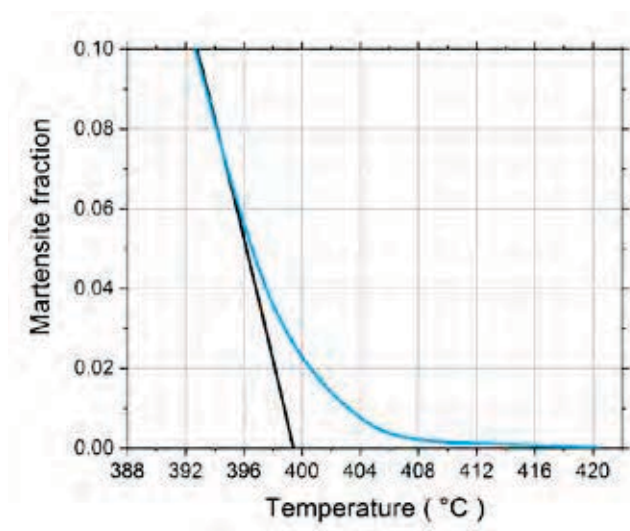
Työpaketin seuraava vaihe käsittelee itseispäästymisen erkaumien muodostumista martensiitissa sammutuslämpökäsittelyn aikana. Tulosten avulla on tarkoituksena kehittää malli, jolla voidaan kuvata jäähtymisen aikaista sälemartensiitin, karbidin tai jäännsäusteniitin mikrorakennetta ja jossa itseispäästymisen on käsitelty yhdistämällä paikallisen hiilipitoisuuden huomioon ottaen muokattu Koistinen-Marburger -malli yksiulotteisiin diffuusiomalleihin.

>

Kuva 14. Induktiokela teräslevyn yläpuolella ja lämpötilajakauma.



Kuva 15. Tuloksena saatava lämpötila induktiokelan alapuolella olevassa teräslevyssä. Nuoli osoittaa teräslevyn liikkumissuunnan.



Kuva 16. Martensiitin kokonaistilavuusosuus lämpötilan funktiona. Sininen viiva perustuu sataan mitattuun paikalliseen koostumukseen ja musta viiva pohjautuu keskimääräiseen koostumukseen.

Yhteenveto

MIMESIS-projekti on tuonut yhteen ainutlaatuisen konsortion eri maissa toimivia tutkimuslaitoksia ja yrityksiä Suomesta, Saksasta ja Norjasta. Projektin tuloksena on saatu materiaaalitekniikan puolella uutta tietoa HF-hitsaukseen, induktiokarkaisuun, kulumiskestäviin gradienttimateriaaleihin, induktiiviseen kuumennukseen ja marten-siitin muodostumiseen liittyen (työpaketit 1–4 sekä 7–8). Prosessimetallurgian puolella on puolestaan saatu lisätietoa seostuksesta sekä sen värinäkäyttämisen hyödyntämisestä prosessiohjauksessa (työpaketit 5 ja 6). Projektissa työskentelevien kahdeksan tohtorikoulutettavan väitöstöiden edetessä projekti on myös tuottanut merkittävän määrän tieteellisiä julkaisuja, jotka vahvistavat entisestään Oulun yliopiston ja WIAS:n tutkimuksellisia profiileja. Projektin myötä saadun monipuolisen työkokemuksen myötä tohtorikoulutettavilla on valmistuttuaan erinomaiset valmiudet toimia niin yliopistoissa kuin yritysmaailmassakin.

Kiitokset

Kirjoittajat kiittävät hankkeen teollisia kontakteja Seppo Ollilaa (SSAB Europe Oy), Jari Savolaista (Outokumpu Stainless Oy), Thomas Ohligschlägeriä (Outokumpu Stainless Oy), John-Inge Asperheimia (EFD Induction AS), Bjørnar Grandeä (EFD Induction AS) ja Dmitry Ivanovia (EFD Induction AS) tiiviistä yhteistyöstä. Lisäksi kirjoittajat kiittävät Petri Sulasalmea hyödyllisistä täydennyksistä käsikirjoitukseen. Ville-Valter Visuri kiittää Suomen kulttuurisäätiötä taloudellisesta tuesta. ▲

Lähdeluettelo

- [1] P. Das, T. Pelzold, J. I. Asperheim, B. Grande, D. Hömberg, Simulation of Temperature Profile in Longitudinal Welded Tubes during High-Frequency Induction (HFI) Welding, Proceedings of Heat Treat 2017, Columbus, OH, Yhdysvallat, 2017, 534-538.
- [2] A. E. Huespe, A. Cardona, N. Nigro, V. Fachi-notti, J. Mater. Process. Technol. 2000, 105(1-3), 143.
- [3] V. Javaheri, D. Porter, V.-T. Kuokkala, Wear 2018, 408-409, 248.
- [4] V. Javaheri, T. Nyyssönen, B. Grande, D. Porter, J. Mater. Eng. Perform. 2018, 27(6), 2978.
- [5] V. Javaheri, N. Khodaie, A. Kaijalainen, D. Porter, Mater. Charact. 2018, 142(8), 295.
- [6] V. Javaheri, T. T. Nyo, D. Porter, On the Role of Nb on the Texture and Microstructure of a Novel As-Rolled Medium Carbon Wear Resistant Slurry Pipeline Steel, Anonymous Proceedings of the 9th International Sym-

- posium on High-Temperature Metallurgical Processing, Springer, Cham, Sveitsi, 2018, 365-379.
- [7] V. Javaheri, N. Khodaie, T. T. Nyo, D. Porter, Induction Hardening of a 0.40 % C Novel Microalloyed Steel: Effects of Heating Rate on the Prior Austenite Grain Size, Proceedings of the 10th International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials, Pariisi, Ranska 2018, 3-8.
- [8] S. K. Kolli, T. Ohligschläger, D. Porter, Quantitative prediction of sensitization in austenitic stainless steel accounting for multicomponent thermodynamic and mass balance effects, käsikirjoitus.
- [9] E. K. Ramasetti, V.-V. Visuri, P. Sulasalmi, T. Fabritius, Numerical Simulation of the Effect of Slag Thickness on Slag Eye Area in a Water Model Ladle, Proceedings of the 21st Australasian Fluid Mechanics Conference 2018, Adelaide, Australia, 2018
- [10] E. K. Ramasetti, V.-V. Visuri, P. Sulasalmi, T. Fabritius, Modelling of Effect of Gas Flow rate on Open-eye Formation and Mixing Time of Nickel Alloy in Argon Stirred Industrial Ladle, Proceedings of the 2nd International Symposium on Computational Particle Technology & 13th International Conference on CFD in the Minerals and Process Industries, Melbourne, Australia, 2018, 251.
- [11] E. K. Ramasetti, V.-V. Visuri, P. Sulasalmi, T. Fabritius, A CFD and Experimental Investigation of Slag Eye in Gas Stirred Ladle, Proceedings of the 5th International Conference on Fluid Flow, Heat and Mass Transfer, Niagara Falls, Kanada, 2018
- [12] E. K. Ramasetti, V.-V. Visuri, P. Sulasalmi, T. Fabritius, J. Fluid Flow Heat Mass Transfer 2018, 5, 78.
- [13] E. K. Ramasetti, V.-V. Visuri, P. Sulasalmi, R. Mattila, T. Fabritius, Steel Res. Int. 2019, 90(2), 1800365.
- [14] E. K. Ramasetti, V.-V. Visuri, P. Sulasalmi, A. Kärnä, T. Fabritius, Numerical study of multiphase flows in a ladle for different closure models, Proceedings of the 11th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing, Kumamoto, Japan, 2017
- [15] T. Palovaara, Physical Modelling of Gas Injection in a Ladle, diplomityö, Oulun yliopisto, 2017
- [16] T. Palovaara, V.-V. Visuri, T. Fabritius, Physical modelling of gas injection in a ladle, Proceedings of the 7th International Congress on Science and Technology of Steelmaking, Venetsia, Italia, 2018
- [17] E. K. Ramasetti, V.-V. Visuri, P. Sulasalmi, P. Palovaara, A. K. Gupta, T. Fabritius, Physical and CFD Modelling of the Effect of Top Layer Properties on the Formation of Open-eye in Gas-stirred Ladles with Single and Dual-plugs, Steel Res. Int., painossa.
- [18] E. K. Ramasetti, V.-V. Visuri, P. Sulasalmi, J. Savolainen, M. Li, S. Lei, T. Fabritius, Numerical Modelling of the Effect of Gas Flow Rate and Slag Thickness on Open-eye Formation in a 150-ton Industrial Ladle, käsikirjoitus.
- [19] N. Alia, M. Pylvänäinen, V.-V. Visuri, V. John, S. Ollila, J. Iron Steel Res. Int. DOI: 10.1007/s42243-019-00241-x, painossa.
- [20] N. Alia, J. Volker, S. Ollila, Appl. Math. Model. 2019, 67(3), 549.
- [21] L. E. Lindgren, A. Carlestam, M. Jonsson, J. Eng. Mater. Technol. 1993, 115(4), 440.
- [22] T. Jokiaho, A. Laitinen, S. Santa-aho, M. Isakov, P. Peura, T. Saarinen, A. Lehtovaara, M. Vippola, Metall. Mater. Trans. B 2017, 48(6), 2891.
- [23] R. Thiébaud, J.-M. Drezet, J.-P. Lebet, J. Mater. Process. Technol. 2014, 214(2), 304.
- [24] D. Hömberg, Q. Liu, J. Montalvo-Urquiza, D. Nadolski, T. Petzold, A. Schmidt, A. Schulz, Finite Elem. Anal. Des. 2016, 121(10), 86.
- [25] S. R. Babu, D. Ivanov, D. Porter, Influence of Microsegregation on the Onset of the Martensitic Transformation, ISIJ Int. 2019, 59(1): 169.



Korkealaatuiset tuotteet kaivos-, rakennus- ja betonteollisuudelle

Suomen TPP Oy on kallion lujitukseen ja tiivistykseen, maanalaisten tilojen ilmanvaihtoon sekä betonin lujitus-kuituihin erikoistunut yritys. Tarjoamme korkealaatuisia tuotteita kilpailukykyiseen hintaan asiakkaan tarpeiden mukaisesti.

Edustamme tunnettuja tuotteita maailman johtavilta valmistajilta.

- Laaja valikoima kalliopultteja mm. vaijeripultti ja dynaaminen pultti
- Cementa Ab:n injektointisementit
- Teräskuidut ja FortaFerro -makrokuidut
- Kaivosverkot
- Zitron -puhaltimet
- Protan Ventiflex -tuuletusputket
- Alvenius -pikaliitinputket



info@suomentpp.fi • puh. 0400 407 235

Ylijohtaja professori Vladi Marmon kuolemasta on kulunut 50 vuotta

Geologisen Tutkimuskeskuksen ylijohtaja professori Vladi Marmon kuolemasta on kulunut 50 vuotta. Hän oli aikanaan Vuorimiesyhdistyksen hallituksessa useampia kausia ja hänen vaimonsa Kaija, nyt 95 v., toimitti pitkään Materia-lehden edeltäjää Vuoriteollisuus-lehteä. Vladi Marmon elämäkertä-artikkelin kuvineen voit lukea Vuorimiesyhdistyksen web-sivuilta.

<https://materia.vuorimiesyhdistys.fi> ▲

EAPKY Suvina
Kössölässä

Wherever there's mining, there are challenges. Lowering costs. Keeping people safe. Working more efficiently. Managing your assets. Reducing fuel consumption.

And wherever there are challenges, there's Caterpillar. We don't just sell mining equipment; we solve problems. We're true business partner who shares your goal of mining excellence – however you define it. And we have the knowledge, products, technologies and solutions to help you get there.

WHEREVER THERE'S MINING, WE'RE THERE.





KUVA JUKKA LEHTIMÄKI

Kuhinaa GTK:n näyttelyosastolla vuonna 1995, Royal York – hotellin upeassa Ball Room –tilassa. Esittelijöinä Pekka Nurmi (vasemmalla), Harry Sandström ja Caj Kortman.

25 vuotta Suomi-promootiota PDAC-tapahtumassa

TEKSTI: PEKKA A. NURMI

Prospectors & Developers Association of Canada (PDAC) järjestää vuosittain maaliskuussa kongressi/messutapahtuman, jota voidaan hyvällä syyllä pitää malminetsintä- ja kaivosteollisuuden ”maailman kongressina”. Tänä vuonna osallistujia oli 25 800 yli 130 eri maasta. Nelipäiväinen tapahtuma kokosi Torontoon jälleen kerran alan toimijat ympäri maailmaa: kaivosyhtiöt, junioriyhtiöt, prospektorit, sijoittajat, rahoitusorganisaatiot, palveluyritykset, teknologiyritykset, geologian tutkimuskeskukset, kaivosviranomaiset, opiskelijat, tiedotusvälineet, jne. Toronto on kaivosteollisuuden tärkein keskus ja tarjoaa mainiot puitteet.

PDAC-tapahtuman ohjelmatarjonta on laaja. Itse kongressi esitelmineen ja messuosastoineen järjestetään Metro Toronto Convention Centressä, Toronton Cityssä, ja sosiaalinen ohjelma lukuisine PDAC:n iltatilaisuuksineen ja yhtiöiden omine tilaisuuksineen pääosin perinteikkäässä Royal York – hotellissa. Vaikka tilat ovatkin valtavat ja kaikki toimii uskottoman sujuvasti, ajoittaiselta tungokselta ei voi välttyä. Teknisessä ohjelmassa johtavat asiantuntijat käsittelevät globaalia kaivosteollisuuden tilaa, raaka-ainemarkkinoiden kehitysnäkymiä, eri alueiden malmipotentialia ja teollisuuden parhaita käytäntöjä. Monet maat

järjestävät omaan toimintaympäristöönsä liittyviä erikoisseminaareja, näytteilleasettajilla on oma esitelmäfooruminsa ja tasokkaat lyhytkurssit tarjoavat mahdollisuuden oppia uutta alan erikoiskysymyksistä.

Messuosasto on jaettu kahteen pääosastoon. Investors Exchange -näyttelyssä etsintä- ja kaivosyhtiöt esittelevät toimintaansa. Valtavassa hallissa oli yli 600 näyttelyosastoa, joten käveltävää ja katseltavaa on kilometrikaupalla. Näytteilleasettajina oli taas kerran myös useita Suomessa toimivia yhtiöitä. Investors Exchange on ollut jo pitkään loppuun myyty, ja jonossakin on monia yhtiöitä. Eikä ihme, sillä tarjoaahan se ainoalaatuisen tilaisuuden tavoittaa globaali yleisö sekä keskustella kasvokkain institutionaalisten sijoittajaorganisaatioiden johtohenkilöiden ja myös yksityisten sijoittajien kanssa.

Trade Show on tarkoitettu erilaisille palveluorganisaatioille, teknologiatoimittajille, valtioille, geologian tutkimuslaitoksille, yliopistoille, jne. Tämäkin messuosasto on ollut jo pitkään loppuun myyty. Trade Show on niin ikään erinomainen foorumi tavoittaa globaalit sidosryhmät.

PDAC-tapahtuman synergia oli käsin kosketeltava, olivathan paikalla lähes kaikki, vieläpä johtotasolla. Tilaisuudessa puhui tänä vuonna Kanadan pääministeri Justin

Trudeau. PDAC:n yhdessä World Economic Forumin kanssa järjestämään tapaamiseen osallistuivat 24 maan kaivosministerit keskustelemaan mineraalien kestävästä tuotannosta. Suomesta tilaisuuteen osallistui Petri Peltonen TEM:stä. Myös koko Toronto kuhisee, jopa niin, että monet eivät tahdo ehtiä lukuisten tapaamistensa vuoksi kuin käväisemään PDAC:ssa.

PDAC sai alkunsa pienimuotoisesta prospektoreiden ja meklareiden paikallistapahtumasta Torontossa 1930-luvulla. Nyt organisaatio on malminetsijöiden ja kaivosten kehittäjien tärkein yhteisö, jolla on yli 8000 jäsentä maailmanlaajuisesti. Keskeisenä tavoitteena on edistää globaalisti vastuullista, elinvoimaista ja kestävää mineraalisektoria, joka hyödyntää parhaita käytäntöjä tuotannossa, ympäristöasioissa, työturvallisuudessa ja yhteiskuntavastuussa.

GTK ja Suomi PDAC:ssa

GTK on osallistunut säännöllisesti PDAC-tapahtumaan omalla Trade Show – osastollaan jo vuodesta 1995 alkaen. Silloin vielä PDAC-tapahtuma järjestettiin kokonaan perinteikkäässä Royal York – hotellissa. Osallistujia oli 4200 noin 30 eri maasta.

EU-jäsenyyden myötä Suomi oli vas- ➤



Sidosryhmätapaamisia GTK:n messuosastolla 2019. Esittelijöinä Katja Lalli, Esa Tuominen (Tukes), Suvi Heinonen ja Asko Käpyaho.

ta avautunut kansainväliselle etsintä- ja kaivosteollisuudelle, ja nyt oli oikea hetki aloittaa Suomi-promootio mineraalisektorin investointien houkuttelemiseksi. Suomi kiinnosti jo tuolloin, mutta tällä foorumilla maamme kaivosteollisuus, etsintäpotentiaali, poliittinen järjestelmä ja jopa maantieteellinen sijainti tunnettiin hämmästyttävän huonosti.

Systemaattinen panostus PDAC-tapahtumaan on ollut hyödyllistä ja tärkeä keino Suomen mineraalisektorin investointimahdollisuuksien markkinoinnissa. Samalla on ollut palkitsevaa nähdä Suomi-tietouden olennainen lisääntyminen globaalin kaivostoiminnan sidosryhmissä. Suomi onkin nykyisin Fraser-instituutin tutkimusten perusteella eräs houkuttelevimmista malminetsinnän investointikohteista maailmassa.

On vaikea kuvitella parempaa paikkaa promovoida investointi- ja liiketoimintamahdollisuuksia sekä esitellä uusimmat aineistot ja tutkimustulokset. Synergiaa kuvaa se, että PDAC-tapahtumassa on mahdollista tavata myös useimmat Suomessa toimivat yhtiöt vielä johtotasolla, puhumattakaan lukuisista uusista kontakteista. Vuosien varrelta on monia esimerkkejä, joissa nyt Suomessa toimivaan yhtiöön on luotu ensikontaktit nimenomaan PDAC:ssa.

GTK:n yhteistyö Ruotsin sisarorganisaation, SGU:n kanssa on alusta alkaen ollut tiivistä. Malli, jossa maittemme näyttelyosastot ovat vierekkäin, mutta itsenäisinä osastoinaan, on osoittautunut toimivaksi. Yhteistyössä skandinaavisten naapurimaittemme kanssa järjestettiin jälleen Nordic



Suomalaisdelegaation tapaaminen PDAC:n toimitusjohtajan Lisa McDonaldin kanssa PDAC:n Awards Galassa, Royal York -hotellissa 2019. Vasemmalta Olli Salmi (EIT RawMaterials), Lisa McDonald (PDAC), Pekka Nurmi (GTK) ja Saku Vuori (GTK).

Mining Day. Tilaisuus on tarkoitettu Fennoskandiassa toimivien tai alueesta kiinnostuneiden kaivos- ja etsintäyhtiöiden sekä rahoitussektorin johtotason henkilöille. Isäntinä toimivat Pohjoismaisten geologian tutkimuslaitosten ja valtiovaltojen edustajat. Osallistujia oli 120 mukaan luettuna järjestävien maiden suurlähettiläät.

Mining Finland – kasvuohjelmalla oli Trade Show – näyttelyssä myös oma osastonsa, jossa 16 ohjelman jäsenyritystä markkinoivat palvelu- ja teknologiatarjontaansa sekä investointimahdollisuuksia projekteihinsa. Tukes ollut jo useana vuonna muka-

na GTK:n osastolla tuomassa luvitukseen liittyvää asiantuntemusta.

Suomalaiset ovat luoneet tiiviit yhteistyösuhteet PDAC:n kanssa. PDAC:n ja Fennoscandian Exploration & Mining – organisaation (FEM) vuonna 2002 solmima yhteistyösopimus tarjoaa vastavuoroisesti ilmaista näyttelyosastoa kumpaankin tapahtumaan. FEM olikin taas omalla osastollaan Torontossa markkinoimassa tapahtumaansa. Felix Lee on peräjälkeen jo yhdestoista PDAC:n presidentti, joka vierailee keynote-puhujana FEM-tapahtumassa Levillä 29.–31.10.2019. ▲



Uusi menetelmä:

Myonigrafian soveltaminen maa- ja kallioperän suhteellisten tiheysvaihteluiden kartoittamisessa

TEKSTI: MARKO HOLMA^{1,2}, MARKO AITTOLA^{1,2}, TIMO ENQVIST^{1,3}, PANU JALAS⁴, JARI JOUTSENVAARA^{1,2,4}, PASI KUUSINIEMI^{1,2,3}, KAI LOO³ & ANTTO VIRKAJÄRVI¹

¹MUON SOLUTIONS OY, ²ARCTIC PLANETARY SCIENCE INSTITUTE, ³JYVÄSKYLÄN YLIOPISTON FYSIIKAN LAITOS,

⁴OULUN YLIOPISTON KERTTU SAALASTI INSTITUUTTI

MARKO.HOLMA@MUON-SOLUTIONS.COM

Myonit ja myonigrafian periaatteet

Myonigrafia (engl. *muography*) on ast-rohiuukkasfysiikkaan perustuva tiheyden mittaussuomenetelmä, jossa hyödynnetään avaruudesta tulevaa kosmista hiukkassäteilyä [1]. Vaikka menetelmällä onkin jo vuosikymmenien pituinen kunniakas historia, sitä voidaan pitää sen alkuperäisten käyttöalueiden (esim. arkeologia, [2]) ulkopuolella uutena menetelmänä. Geotieteiden puolella myonigrafiaa on tähän mennessä kokeiltu mm. tulivuorien aktiivisuuden monitoroinnissa [3]. Muon Solutions Oy on Suomessa vuonna 2016 perustettu

teknologia- ja konsultointiyritys, joka on erikoistunut hiukkasfysiikaalisten mitta-laitteiden kehittämiseen ja rakentamiseen sekä geotieteelliseen konsultointiin ja urakointiin kuten malminetsintään. Yrityksen tuotekehityksen lippulaivana ovat erilaiset myonigrafiaan perustuvat geofysiikaaliset mittalaitteet.

Myonigrafia perustuu kosmisten säteiden synnyttämien myonihiukkasten havaitsemiseen. Suurin osa maapallolla tavattavista myoneista syntyy noin 15-25 km korkeudessa yläilmakehässä erityisen lyhytikäisten pionihukkasten hajotessa

mm. myoneiksi. Pionit taas syntyvät noin 25–30 km korkeudessa primäärien kosmisten säteiden (protonit ja raskaammat atomiytimet) ja ilmakehän molekyylien välisissä törmäyksissä. Näissä törmäyksissä syntyy useita erityyppisiä sekundaarisia hiukkasia (sekundäärinen kosminen säteily), jotka suurella nopeudella maanpintaa kohti levitessään muodostavat jopa miljoonista yksittäisistä hiukkasista koostuvia nk. ilmasuihkuja. Myonit ovat yksi tärkeimmistä ilmasuihkujen komponenteista. Myoni (*muon*) on elektronin kaltainen alkeishiukkanen, joka on – toisin kuin elektroni – epä- >

vakaa. Koska myonit ovat lisäksi 207 kertaa elektronia raskaampia ja syntyprosessistaan johtuen erittäin korkeaenergisiä hiukkasia, niillä on erittäin suuri tunkeutumiskyky jopa tiheisiin materiaaleihin.

Erilaisten materiaalien läpi kulkiessaan myonit menettävät energiaansa koko ajan (mm. jarrutussäteilynä), kunnes ne vihdoin pysähtyvät tai ne epävakaina muuttuvat muiksi hiukkasiksi. Materiaali voi olla mitä tahansa ilmasta kiviin tai ihmisen tekemistä rakennelmista eliöihin. Myonien menettämä energia eli ns. energiajätto on sita suurempi, mitä tiheimmästä materiaalista on kyse. Eritiheyksiset materiaalit toimivat käytännössä siis eräänlaisina ”suodattamina”, jotka leikkaavat kokonaisyonivuosta materiaalin tiheyden funktiona ensimmäisenä kaikkein heikkoenergisimmät myonit ja sen jälkeen seuraavaksi heikkoenergisimmät, jne. Maa- ja kallioperässä myonien määrä vähenee eksponentiaalisesti syvyyden funktiona, kuten käy hyvin ilmi seuraavista esimerkeistä: maanpinnalla myonivuo on noin 150 myonia neliömetrille sekunnissa, kun taas 100 m syvyydessä se on vähän alle 1 myonia neliömetrille sekunnissa ja 1 km syvyydessä enää noin 2 myonia neliömetrille tunnissa. Kaikkein korkeaenergisimmät myonit pystyvät siis läpäisemään jopa kilometrien paksuisia kappaleita. Periaatteeltaan myonigrafia on verrattavissa röntgensäteilyllä tehtävään tiheyskuvantamiseen, mutta näiden kahden menetelmän syvyysulottuvuudet ovat aivan

eri luokkaa, sillä röntgensäteillä voidaan läpäistä maksimissaankin vain noin yhden metrin paksuisia kohteita.

Myonigrafian käyttö geotieteellisissä sovelluksissa

Myonien hyödyntämisellä materiaalin tiheysvaihteluiden kuvantajana on hyvät perusteet: ne läpäisevät materiaaleja tehokkaasti, ne ovat ilmaisia, niitä on koko ajan runsaasti saatavilla eivätkä ne lisää havainnoitsijan henkilökohtaista säteilyannosta. Myonigrafiaa kuva tarkasteltavasta objektista muodostetaan vertaamalla mittalaitteeseen eri suunnista tulevien myonien lukumääriä oletettuun tiheysprofiiliin. Esimerkiksi keskimääräistä tiheimmät alueet absorboivat ympäristöään enemmän myoneja, jolloin niiden suunnalta mittalaitteeseen tulee keskimääräistä vähemmän myoneja. Samanlainen, mutta käänteinen syy-seuraussuhde pätee keskimääräistä harvemmille alueille (esimerkiksi maanalaiset tyhjt tilat eivät pysäytä myoneja käytännössä lainkaan). Tiheyden lisäksi myonien absorptioon vaikuttavat luonnollisesti myös eri alueiden paksuudet mittalaitteeseen tulevien myonien suunnassa. Kun myonien lukumäärä ja niitä koskeva suuntatieto yhdistetään, maa- tai kallioperästä saadaan tapauksesta riippuen kaksi-, kolme- tai jopa neljäulotteista tiheystietoa. Jälkimmäisessä tapauksessa neljäs ulottuvuus on aika eli myonigrafian avulla voidaan tutkia myös tiheyden muutoksia aiheuttavien prosessien

etenemistä ajan funktiona. Ajan suhteen tahtuvaa myonigrafista tutkimusta voidaan tehdä sekä kaksi- että kolmiulotteisena tiheyskartoitukseksi.

Maanpinnalla tehtävät myonigrafiset mittaukset tehdään yleensä niin sanotulla myoniteleskoopilla ja ne vaativat mittauskohteelta jonkinlaista topografiaa eli mittalaite täytyy saada vähintäänkin kohteen kyljelle niin, että ainakin osa kohteesta yltää mittalaitteen yläpuolelle (esim. vuoren rinne). Maanalaisissa sovelluksissa voidaan käyttää hyödyksi luolia tai ihmisen tekemiä kaivostunneleita. Näissäkin tapauksissa mittalaite on yleensä myoniteleskooppi. Maanalaisia mittauksia voidaan tehdä kuitenkin myös toisella tapaa, nimittäin kairareikien kautta. Jälkimmäisessä tapauksessa mittalaite ei ole enää myoniteleskooppi, vaan lieriön muotoinen kairareikälaite.

Myonigrafian geofysikaaliset sovellukset vaihtelevat siis maanpinnalta käsin tehtävistä mittauksista (esim. vuoren läpivalaisu) maanalaisiin sovelluksiin (esim. yläpuolisten kivien läpivalaisu tiheysanomalioiden löytämiseksi). Edellä mainitusta energiajättoilmiöstä johtuen maanpinnalla tavataan erittäin paljon enemmän myoneja kuin maan alla ja maan allakin eksponentiaalisesti sitä vähemmän, mitä syvemmälle mennään. Tästä syystä johtuen kallioperän tiheysvaihteluiden kuvantaminen myonigrafian keinoin toimii parhaiten, kun mittaus suoritetaan kohtuullisen matalalla syvyydellä (< 500 m). Myös tätä syvemmät mittaukset ovat mahdollisia, mutta mitä syvemmällä mittaus suoritetaan, sitä kauemmin kestää, että kerättävä myoniaineisto saavuttaa tilastollisesti riittävän hyvän laadun. Pitkää mittausaikaa voidaankin pitää yhtenä maanalaisen myonigrafian ominaispiirteinä. Riittävän tarkan tiheyskuvan saaminen vaihtelee kestoltaan päivästä tai parista viikkoihin tai jopa kuukausiin, riippuen siitä kuinka syvällä ja ennen kaikkea kuinka monella mittalaitteella mittaus suoritetaan. Mittalaitteiden määrän lisäksi auttaakin siten leikkaamaan kokonaismittausaikaa huomattavasti.

Myonigrafia eroaa perinteisistä geofysikaalisista mittausmenetelmistä pitkän mittausajan lisäksi myös toisella perustavanlaatuisella tavalla, nimittäin siten, että yhden mittauspisteen keräämän datan resoluutioon voidaan vaikuttaa jatkamalla mittauksia kauemmin (vrt. valmistuneen painovoimamittauksen laatu ei parane vaikka mittausaikaa lisättäisiin). Minimissään myonigrafinen tiheyskartointus voidaan suo-





rittaa vain yhdessä pisteessä, mutta tällä tavalla saatu kuva on kaksikulotteinen. Useimmissa sovelluksissa onkin järkevintä tehdä mittaus usealla eri syvyydellä, jolloin maa- ja kallioperässä olevat erilaiset tiheysvaihtelut nähdään eri kulmista ja niiden paikannus tarkentuu. Eri suunnista tehtävät mittaukset tuovat aineistoon siis lisää kolmiulotteisuutta.

Alan termistö ei ole vielä täysin vakiintunut ja monilla termeillä on synonyymejä (esim. *'muography'* ja *'muon imaging'* tarkoittavat samaa asiaa). Myonigrafia on erinomainen kattotermi erilaisille saman tekniikan sovellusmuodoille ja se näyttäisi-

kin tulevan vuosi vuodelta suosituimmaksi, erityisesti Euroopassa ja Japanissa. Myonigrafian alaisista termeistä myoniradiografialla (*'muon radiography'*) tarkoitetaan mittausta, jonka tuottamat tiheysprofiilit ovat kaksikulotteisia leikkauskuvia (vrt. lääketieteellinen röntgenradiografia). Jos taas käytetään termiä myonitomografia (*'muon tomography'*), halutaan korostaa, että mittaus tuottaa kolmiulotteista dataa (vrt. röntgentomografia). Kaikkia kolmea termiä käytetään alasta riippumatta niin arkeologiassa, rajavalvonnassa (esim. rahtikonttien läpivalaisu myoneilla) kuin erilaisissa geotieteellisissä sovelluksissa-

kin. Termillä myonigeotomografia (*'muon geotomography'*) puolestaan halutaan korostaa, että myonitomografiaa sovelletaan nimenomaan geotieteellisessä tutkimuksessa. Geofysiikassa myonitomografialla (tai myonigeotomografialla) tarkoitetaan sellaista myonigrafian sovellusta, jossa useissa eri paikoissa samanaikaisesti (mittalaitteita tarvittava määrä) tai peräkkäisesti (käytössä yksi tai korkeintaan muutama mittalaite, joita siirrellään tarpeen mukaan eri mittauskohteiden välillä) suoritetuilla mittauksilla saadaan maa- tai kallioperän kohteesta aikaiseksi 3D-tiheyskuva. Englanninkielisellä termillä *'time-sequential'*

>

Martin luo uusia kontakteja ja ideoita. Hän tarvitsee metalleja onnistuakseen.

Viestintävälineet ja liikenne tuovat ihmisiä lähemmäksi toisiaan ja helpottavat verkostoitumista, ajatustenvaihtoa ja uusien ideoiden syntymistä. Juniin, busseihin ja mobiililaitteisiin tarvitaan kuparia ja sinkkiä, joita käytetään esimerkiksi sähköjohdoissa ja teräsrakenteissa. Martin on tärkeä linkki verkostossa – aivan kuten meidän metallimme.

NEW BOLIDEN
Metals for modern life

muography' (tai *'time-lapse muography'*) puolestaan kuvataan sellaista myonigrafista sovellusta, jossa mittaus suoritetaan pitkäaikaismittauksena eli tiheyden muutoksia seurataan ajan funktiona. Tällaista mittaustekniikkaa voidaan soveltaa esimerkiksi tulivuoren aktiivisuustason seurannassa [3]. Kaikkia yllä olevia termejä voi käyttää sekä maanpinnalla tehtävistä että maanalaisistakin myonigrafisista mittauksista.

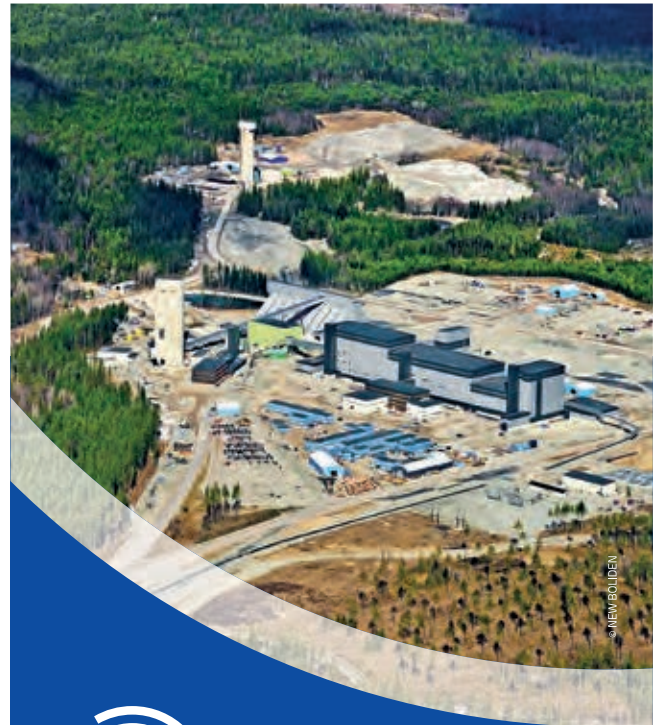
Myonitomografisen mittauksen kestoon ja tarkkuuteen voi vaikuttaa suuresti mittalaitteiden lukumäärillä. Enemmän mittalaitteita tarkoittaa valinnasta riippuen joko lyhyempää mittausaikaa tai parempaa tarkkuutta ja optimaalisella asettelulla saavutetaan yksityiskohdissaan tarkempi tulos kuin huonolla asettelulla. Mikäli tarkasteltavan geologisen kohteen yleisluonne on etukäteen selvillä (esimerkiksi halutaan löytää tietyn tiheysisiä anomaliaita) ja kohteesta on saatavilla kairareikä- tai tunneliverkoston sijaintia koskeva 3D-malli, mittalaitteiden optimaaliset sijainnit voidaan etsiä simulaatioiden avulla ennen mittausprojektin aloittamista.

Myonigrafian tulevaisuus

Vaikka tulevaisuutta on hankala ennakoida, myonigrafian käyttö geotieteellisissä sovelluksissa tulee todennäköisesti lähivuosina kasvamaan runsaasti [4]. Kehitystä tähän suuntaan ajavat useat eri tekijät, kuten esimerkiksi teknologian kypsyminen ja malminetsinnän siirtyminen yhä syvemmälle. Myonigrafialle on geotieteiden parissa keksittävisissä lukuisia potentiaalisia sovellusalueita. Näistä mainittakoon tiheysmittaukset maaperämuodostumien kerrosjärjestyksen selvittämiseksi, rapakalliotutkimukset, pohjavesitutkimukset ja pohjaveden etsintä, jäätiköiden alaisen kallioperän topografiatutkimukset, kivilajitutkimukset, litostratigrafiset tutkimukset, rakennegeologiset tiheyskartoitukset, impaktikraatteritutkimukset, malminetsintä, öljyn- ja kaasunetsintä ja erilaiset geotekniset tiheystutkimukset (esim. ydinjätteiden loppusijoitustutkimukset, tunnelirakentaminen, kallioperän muodostumiin pumpatun CO₂:n monitorointi mahdollisten vuotojen havaitsemiseksi, jne.). Myonigrafiaa voidaan käyttää myös varsinaisessa kaivostoiminnassa sekä teollisuudessa laajemminkin, kuten esimerkiksi erilaisten siilojen, kasojen ja altaiden pitkäaikaismonitoroinnissa. ▲

Viitteet

- [1] Procureur, S., 2018. Muon imaging: Principles, technologies and applications. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A 878, 169-179. DOI:10.1016/j.nima.2017.08.004
- [2] Morishima, K., Kuno, M., Nishio, A., et al., 2017. Discovery of a big void in Khufu's Pyramid by observation of cosmic-ray muons. Nature. DOI:10.1038/nature24647.
- [3] Tanaka, H.K.M., Kusagaya, T. & Shinohara, H., 2014. Radiographic visualization of magma dynamics in an erupting volcano. Nature Communications 5, 3381. DOI:10.1038/ncomms4381
- [4] Holma, M. & Kuusiniemi, P., 2018. Underground muography: The raise of geoparticle physics as a soil, orebody and rock realm imaging method. Lithosphere 2018 - Tenth symposium on the structure, composition and evolution of the lithosphere. Programme and Extended Abstracts, Oulu, Finland, November 14-16, 2018. Institute of Seismology, University of Helsinki, Report S-67, 27-30.



RawMaterials

Connecting matters

YOUR INNOVATION PARTNER IN THE RAW MATERIALS VALUE CHAIN

EIT RawMaterials is the largest innovation ecosystem in the raw materials sector worldwide.

EIT RawMaterials unites more than 300 partners from leading industries, universities, research and technology organizations in more than 20 EU countries.

Our partners are active across the entire raw materials value chain:

- Exploration and Mining
- Mineral Processing and Resource Efficiency
- Substitution and Recycling
- Circular Economy

We collaborate on finding new, innovative solutions in:

- Securing raw materials supply
- Designing materials solutions
- Closing materials loops

Our vision is to develop raw materials into a major strength for Europe.



EIT RawMaterials is supported by the EIT, a body of the European Union

eitrawmaterials.eu

f t in y @ EITRawMaterials



Lippusiimalla eristetty tunnelialue Sandvikin testikaivoksessa, virtuaalinen Safetywalk-näkymä.

Safetywalk – virtuaalinen turvallisuuskierros Sandvikin testikaivoksessa

TEKSTI: **HANNA REPO**, YHTEYSPÄÄLLIKKÖ, INFRASUUNNITTELU OY

Parisen vuotta sitten Infrasuunnittelu Oy näkyi Materia-lehden sivuilla jutun ”Äly tuo turvallisuutta kaivoskohteisiin” kautta. Elettiin kevätkesää 2017 ja Infrasuunnittelu teki virtuaalisen työturvallisuuden pioneerinä sovelluskehitystyötä. Lehtijutun avulla etsittiin pilottikumppania kaivosteollisuuden parista. Juttu poiki mielenkiintoisen yhteydenoton ja käynnisti tapahtumaketjun, joka johti Safetywalk – Sandvikin testikaivokseen sijoittuvaan virtuaaliseen turvallisuuskoulutukseen. Mallissa testitunnelissa liikutaan virtuaalisesti kohteeseen tutustuen ja reitin varrelta tunnistettuja turvallisuuspoikkeamia havainnoiden.

Sandvik on suunnannäyttävä kaivosalan digitalisoinnissa

Ruotsalaiseen Sandvik -konserniin kuuluva Tampereen yksikkö testikaivoksineen on jo vuosia ollut tunnettu kaivoslaitteiden digitalisoinnin edistämisestä. - Mukaan Safetywalk-projektiin lähdettiin uteliaisuudesta ja tarpeesta olla ajan hermolla virtuaalitekniikan tarjoamista mahdollisuuksista. Työ- ja toimintaympäristöturvallisuus hyvä esimerkki siitä, mihin virtuaalisuutta voidaan kaivosympäristössä käyttää. Testikaivoksemme ideologiaan liittyy läheisesti edelläkävijyyden -ajattelu ja pilottikumppanuus mahdollistaa Sandvikin profiloitumisen vahvaksi suunnannäyttäjäksi virtuaaliturvallisuudenkin saralla, Sandvikin testikaivoksen Mining application specialist *Maunu Mänttari* taustoittaa yhteisprojektin motiiveja.

Safetywalk -kaivospilottin alkuaskeleet

Infrasuunnittelun, Kajaanin ammattikorkeakoulun ja Sandvikin yhteinen kehitysohjelma käynnistyi loppuvuodesta 2017. Infrasuunnittelu mallinsi yhdessä alihankkijanaan toimivan Kajaanin ammattikorkeakoulun kanssa murto-osan testikaivoksesta ja tuotti Sandvikille lyhyen teaser-videon, jonka avulla havainnollistettiin mihin sovellusta voidaan käyttää ja miltä lopputulos voisi esimerkinomaisesti näyttää.

Tiiseri teki tehtävänsä - Safetywalk -kaivospilottiprojekti starttasi joulukuussa 2018. Projektin kehitystiimi suuntasi tuolloin Sandvikin vieraisi Tampereen Myllypurolle tutustumaan tarkemmin mallinnettavaan testikaivosympäristöön sekä ottamaan selkoa Sandvikin tarpeista. Samalla sovittiin mallin laajuudesta ja sisällöstä, tehtiin

yleislinjaukset toiminnallisuuteen liittyen ja jaettiin projekti kuukausittain julkaistaviin toimitussisältöihin. Näin varmistettiin sovelluksen eteneminen pilottiasiakkaan toivomaan suuntaan.

Hämmästyttävän autenttinen kokemus

Sandvikin testikaivoksella virtuaalisen työturvallisuuden ajatukseen on koko ajan suhtauduttu innostuneesti. - Pelinomainen liikkuminen virtuaalisessa kaivosympäristössä on hämmästyttävän autenttinen kokemus, kuvaa kokemustaan Test mine digitalization and customer experience manager *Taina Heimonen* Sandvikin testikaivokselta. Pilottikumppanin toiveesta liikkuminen Safetywalkissa tapahtuu virtuaalisesti kävellen. Näin turvakierros on kokemuksellisesti aidompi kokemus – kä-

vellenhän tunnelissa useimmiten liikutaan - ja samalla koulutettavalla on enemmän aikaa eri kohteiden havainnointiin.

Käyttäjän osallistaminen minimoi myös tehokkaasti mahdollisen virtuaali-huimauksen, jota nopeat siirtymät joillekin virtuaalilasien käyttäjille aiheuttavat. Turvallisuusrastien monivalinnat, kuvien otto poikkeamista, testitulospäätökset sekä muut toiminnallisuudet toteutettiin Safetywalkissa raadin päätöksellä virtuaalitabletin avulla. Toiminnot räätälöidään asiakas- ja tarvetasolla, korostaa toimitusjohtaja *Antti Haataja* Infrasuunnittelusta.

Hyvän tuotteen taustalla on tunnistettu tarve

Virtuaalisen työturvallisuuskoulutustuotteen kehitystyö on lähtenyt liikkeelle Infrasuunnittelussa henkilöstön omakohtaisista havainnoista teollisilla työmailla. Turvallisuus sitoo huomattavia aika- ja henkilöresursseja kautta toimintaketjun – ja kaikesta panostuksesta ja velvoitteista huolimatta työmaalle jää helposti turvallisuuden näkökulmasta epäjatkuvuuskohтия, joita on hankala hallita: kohteen oman henkilöstön parissa vakinaisia sijaistetaan, alihankkija lähettää kohteeseen eri miehityksen kuin edellisillä kerroilla, tieto ei kulje, mukana on ulkomaisia työntekijöitä ja asiaan liittyy tulkintamahdollisuus tai läpikäymismateriaali jää sisäistämättä.

Safetywalk -sovelluskehitys pohjaa työnantajan laissa säädettyyn turvallisuuden ylläpitovelvoitteeseen. Taustalla on vahva tahto tuottaa lisäarvoa teollisuusasiakkaalle. - Teollisuuskohteessa ongelmatilanteissa vastuu on teollisuuslaitoksella katsomatta siihen, kuka ongelmatilanteen aiheuttaa, Haataja muistuttaa. Kysymys kuuluu: Kuinka vakioida turvallisuus mahdollisimman pitkälle?

Testikaivoksen työntekijöiden ja ulkopuolisten henkilöiden koulutustyökalu

Sandvikin testikaivoksessa vaaditaan turvallisuuskoulutuksen läpikäynti ennen itsenäistä työskentelyä. Tämä koskee niin Sandvikin omia työntekijöitä kuin myös ulkopuolisia henkilöitä, esimerkiksi urakoitsijoita ja yhteistyökumppaneiden henkilöstöä. Koulutus pitää sisällään luokahuoneessa käytävän teoriaosuuden sekä fyysisen kierroksen testikaivoksen tiloissa turvallisuuteen liittyviin asioihin perehtyen.

Safetywalk-sovellusta käytetään aluksi erityisesti Sandvikin omien työntekijöiden yksilötason turvallisuuskoulutukseen. Koh-

Safetywalkin taustalla oleva Infrasuunnittelu Oy on kajaanilainen insinööritoimisto, joka tuottaa kaivoksille kaivosinfraan liittyviä suunnittelu-, mittaus-, valvonta- ja asiantuntijapalveluita. Viitisentoista vuotta kunta- ja teollisuusasiakkaita palvelee Infrasuunnittelun toiminnan fokus on viimeisen vuoden aikana suuntautunut entistä vahvemmin kaivosteollisuuden pariin. Samalla palvelutarjonta on kasvanut suunnittelusta pääurakointiin ja perinteisen infraurakoinnin ohessa toteutetaan myös muita kokonaisurakoita. Yrityksellä on toimistot Kajaanissa ja Kuopiossa, pohjoisen toimipiste on suunnitteilla.

teen ja käyttötarpeen mukaan koulutussisältöihin voidaan sisällyttää esimerkiksi reitinvaihtoehtoja, turvavarusteiden valintoja, työskentelyä henkilönostimesta käsin tai vaahtosammuttimen ja ensiapuvälineiden paikkoja. - Näen heti, että Safetywalk-sovellus tarjoaa monia muitakin käyttökohteita testikaivoksellemme, Heimonen innostuu virtuaalilasit silmillään.

- Oleellista on uuden VR-työkalun kautta saavutettava aktiivisuuden nostaminen, Maunu Mänttari painottaa. Koulutettava tekee jatkossa itse turvallisuuteen liittyviä valintoja. - Lisäksi koetulosten automaattinen tallentaminen tietokantaan helpottaa kulkulupien hallintaa ja koulutuksen uusintatarpeen seuranta, Mänttari jatkaa Safetywalkin tuomien konkreettisten hyötyjen listausta. Käyttäjäpalautteet sanelee, mihin suuntaan virtuaalista työturvallisuutta testikaivoksella viedään yhteisprojektin päättyessä. Asiakas- ja muut vierailijaryhmät käyvät edelleen läpi perinteisen lyhyen turvallisuusperehdytyksen videon muodossa. Tämän lisäksi he saavat liikkua testikaivoksessa ainoastaan Sandvikin oman isännän mukana.

Kokemuspohjaista työmaan riskeihin tutustumista ilman todellista vaaraa

Mahdollisten riskitilanteiden simulointi ja harjoittelu virtuaalikaivoksessa on yksi suunta, mihin kaivosten kannattaa tulevaisuudessa panostaa. Oikeat reaktiot opitaan vain tekemällä oppimisen kautta, eikä todellisia harjoitteita voida olla aina järjestä-mässä. Tekemällä oppiminen virtuaalisesti

luodussa autenttiossa ympäristössä on monin verroin tehokkaampi tapa omaksua asiat kuin passiivinen lukemalla, katsomalla tai kuulemalla oppiminen.

Safetywalkin avulla koulutettavat henkilöt saavat ajan tasalla olevan informaation aina samalla tavalla ”tarjoiltuna” ja pelinomaisuus tuo koulutukseen lisää mielenkiintoa. Sovelluksen turvallisuusrasteihin on rakennettu sisään myös ns. mielenkiintoelementtejä, niin vakavasta asiasta kuin onkin kyse. - Olemme huomanneet, että pienet epäohdonmukaisuudet valintavaihtoehtoisissa ja poikkeamat odotetusta kaavasta pitävät koulutettavan virettä mukavasti yllä, kertoo *Jonna Kalerma-Poranen* KAMK:n kehitystiimistä.

Voiko teollisuuslaitoksen turvallisuusvastuuta jakaa?

Jatkossa Safetywalk-tuote mahdollistaa työmaahan ja sen turvallisuusnäkökohtiin perehtymisen jo ennen kohteeseen saapumista mobiilisti. - Portille saapuvan henkilön testitulos on nähtävissä tulostietokannasta portille saavuttaessa. Kohteessa on virtuaalinen showroom, jossa koulutetaan vierailijoita ja suoritetaan virtuaalisia pistokokeita työntekijöille. Sovellus arpoo testikierroksen turvallisuuspoikkeamat henkilön työtehtävien mukaan määriteltyjen käyttöalueiden mukaisesti. Käyttöliittymä voidaan siis räätälöidä halutun kaltaiseksi niin, että teollisuusasiakkaan turvallisuus vakioidaan mahdollisimman pitkälle läpi työntekijäkaartin ja alihankintaketjujen. Sovelluksen ylläpitovastuu on palveluntarjoajalla, visioi Infrasuunnittelu Oy:n Antti Haataja. - Jos turvallisuutta ylipäättään voidaan vakioida ja vastuuta siitä jakaa, niin tässä ollaan kyllä mahdollisimman lähellä optimitilannetta, Haataja korostaa. Sovellukseen voidaan rakentaa sisään myös turvallisuuskulttuuriin positiivista kierrettä tuovaa vuorovaikutteisuutta.

Oppia on otettu, palvelukonseptia kehitetty ja sopivia kumppaneita ympärille löydetty. Safetywalk-turvallisuuskoulutuspäätöksen kaupallistaminen on käsillä ja projektimyynti käynnistymässä. Kehitystyö jatkuu nyt asiakasprojektien ohessa. Infrasuunnittelussa suunnitellaan kaivoskierrokselle jalkautumista, palvelukonseptin esittelyä ja esittelykoulutuksia syksyllä 2019.

Kiinnostuneille tiedoksi: Safetywalk-pilotti esitellään kesän alun Kaivosseminaari19 -tapahtumassa Vuokatissa (5 - 7.6.19). Lisätietoja www.infrasuunnittelu.fi / ajankohtaista. ▲

Metallikerho In Memoriam

Aalto-yliopiston Metallikerho täytti 25.11.2018 kuusikymmentä vuotta. Merkkipäivää juhlittiin hieman etuajassa lauantaina 10.11.2018. Tuo juhla oli samalla kerhon toiminnan viimeinen merkkipaalu, sillä kerhon toiminta päätettiin fuusioda Vuorimieskiltaan vuoden 2018 loppuessa.

SIMO-PEKKA HANNULA, METALLIKERHON OLTERMANNI 2004-2018

Kerhon toiminnan katsotaan alkaneen 25.11.1958 pidetystä perustamiskokouksesta (kuva 1), jonka kuusi prof. Heikki Miekko-ojan oppilasta kutsui koolle. Kokoukseen osallistui 14 opiskelijaa ja kerhon ensimmäiseksi puheenjohtajaksi valittiin Jukka Setälä ja prof. Heikki Miekko-oja kutsuttiin kerhon kunniajäseneksi ja oltermanniksi. Kerho oli yksi ensimmäisistä, ellei ensimmäinen TKK:n ammattiainekerho ja sen tarkoituksena oli toimia yhdyssiteenä metallioppia ja siihen liittyviä aineita opiskelevien teekareiden välillä ja lisätä ja kehittää heidän alan tuntemustaan. Kerhoon saattoivat liittyä Vuoriteollisuusosaston metallurgian opintosuunnan, koneinsinööriosaston metallitekniikan linjan ja fysiikan osaston materiaalfysiikan opiskelijat sekä muut opiskelijat, jotka tunsivat kiinnostusta asiaa kohtaan. Liittyminen tapahtui tyypillisesti kolmannella vuosikurssilla. Kerhon kolmannessa kokouksessa hyväksyttiin kerhon tunnusmerkiksi positiivisen särmädislokation merkki, joka sitten säilyi loppuun asti kerhon tunnuksena.

Kerhon toiminta käsitti aluksi esitelmä- ja keskustelutilaisuuksien järjestämisen, joita pidettiin säännöllisten kuukausikokousten yhteydessä kuukauden viimeisenä torstaina. Tähän kutsuttiin teollisuuden asiantuntijoita esittelemään ajankohtaisia ongelmia ja kysymyksiä teollisuudesta. Muita tärkeitä tavoitteita olivat alan kirjallisuuden hankkiminen (Miekko-ojan Metallioppi julkaistiin vasta 1960), yhteyksien luominen alan yrityksiin, ekskursiot alan laitoksiin kotimaassa ja tutkintotyöluettelon toimittaminen 1969-1995. Toiminnan rahoittamiseksi yrityksille tarjottiin myös kannatusjäsenyyksiä. Toiminnan päättämiseen asti jatkuneet ulkomaan ekskursiot käynnistyivät 1962 vierailulla Englantiin ja Pohjois-Saksaan. Otaniemeen muuton



Metallikerhon ensimmäisen kokouksen loppuun asti kestäneet perustavat jäsenet yhteisposeerauksessa. Vasemmalta: Heikki Tilander, Tapani Moisio (istumassa), Rainer Halmela, Karri Vartiainen, Jukka Setälä, Kalle Sourio, Jaakko Anttila ja Antti Jalava.

METALLIKERHO

jälkeen 1964 jäsenkunta painottui vähitellen Vuoriteollisuusosaston metalliopin ja metallien muokkaamisen ja muovaamisen opiskelijoihin, ja fyysikoiden ja konemiesten osuus pieneni alle 10 prosentin. Seitsenkymmenluvulla kerhoon liittyi myös prosessimetallurgian opiskelijoita prosessitekniikan kerhon toiminnan hiivuttua ja 1977 päätettiin virallisesti laajentaa kokouksissa pidettävien esitelmien aihepiiri käsittämään yleisesti metallurgiaa eikä ainoastaan metallioppia. Myöhemmin 1980- ja 1990-luvuilla mukaan tulivat myös piiteknologia ja elektroniikan materiaalit.

Ulkomaan ekskursioita tehtiin tuolloin Euroopan eri osiin, mutta ei juuri ulkopuolelle. Yhteistoiminta Vuorimieskillan kanssa myös tiivistyi mm. aikataulujen integroinnissa, mutta kerho säilyi vapaana toimijana riippumattomana killoista ja osastoista. Metallikerhosta tuli ASM Student Chapter vuonna 1989, mikä houkutteli uusia jäseniä

kerhoon. Tullessa 2000-luvulle monet alkuperäiset toimintamuodot olivat käyneet vähitellen tarpeettomiksi. Jäsenistön kiinnostuskohteet hajaantuivat eri sektoreille (metalleihin liittyvään tekniikkaan, piin ja puolijohteiden valmistamiseen, elektroniikan materiaaleihin, uusiin funktionaalsiin materiaaleihin jne.). Teollisuuden edustajien vierailuja järjestettiin edelleen, mutta epäsystematisemmin ja ero killan toimintaan hämärtyi.

Merkittävänä erona säilyi kuitenkin yhteys ASM Finlandin toimintaan ja rooli Materials Advantage Chapterina, joka muodostettiin amerikkalaisten materiaalien kattojärjestöjen (ASM, ACerS, TMS, AIST) yhdistäessä vuonna 2005 opiskelijatoimintansa. Yhteydenpidossa uudet kommunikaatioteknologiat ja internetin käyttö tiedonhaussa muuttivat 1990-luvulta alkaen opiskelijoiden kiinnostusta perinteisiin yhteisöihin ja vähensivät aktiiv-



vijäsenten määrää. Syitä tähän on monia, mutta ehkä tärkeimpänä niistä ovat opiskelijajärjestöissä tapahtuneet muutokset Aalto-yliopiston muodostamisen yhteydessä 2000-luvulla. Tällöin uuden Kemiantekniikan korkeakoulun opiskelijavalinta yhtenäistettiin ja kouluun on voinut hakea vain yhdellä, kemian-, bio- ja materiaaliteknikan hakukohteella, jota markkinoidaan kemiantekniikan kandidaattiohjelmana. Samalla muodostettiin uusi Prosessiteknikan kiltta, jonka tarkoituksena on ollut muodostaa yhteinen koti kaikille koulussa opiskeleville. Killan tehtäviin on kuulunut mm. kouluun tulevien fuksien vastaanotto. Kun vanhat killat ovat kuitenkin jatkaneet toimintaansa, on niiden painopiste siirtynyt pidemmälle opiskeluissa ehtineisiin. Lisäksi toimintaan on vaikuttanut opiskelun ja osin opiskelijoidenkin jakautuminen selkeämmin kandi- ja maisterivaiheen opiskelijoi-

hin. Jälkimmäisistä merkittävä osa tulee suoraan maisterivaiheeseen muualta kuin Aalto-yliopiston omasta kandidaattiohjelmasta, Heille kerho- ja kiltatoiminta ei tietenkään näyttäydy samanlaisena kuin yliopistossa jo pitkään olleille opiskelijoille.

Aalto-yliopiston muodostamisen yhteydessä 2010 toteutetut järjestelyt, prosessikillan synnyttäminen ja perinteisten kilttojen tehtävien uudelleen järjestäminen ovat johtaneet tilanteeseen, jossa Metallikerhon on ollut vaikea erottautua opiskelijoiden suuntaan erityisesti, kun Vuorimieskillan ja Metallikerhon toiminta oli usein samojen aktiivisten opiskelijoiden varassa. Vähitellen näiden opiskelijajärjestöjen toiminta muotoutui toisiaan tukevaksi niin, että metallikerho järjesti lyhyitä teollisuusvierailuja tai yritysten edustajien vierailuja yliopistolle sekä ulkomaan ekskursioiden joka toinen vuosi, kun kiltta taas keskittyi nuorempien opiske-

lijoiden haltuunottoon, koeporausten, vuosijuhlien ja vappulounaiden järjestämiseen, sekä kotimaan pitkien ekskursioiden järjestämiseen ja teekkarikasvatukseen yleisesti. Toiminnan yhdistyessä keskustelua herätti myös jatko Materials Advantage Chapter-toiminnasta. Tämä ratkaistiin positiivisesti, kun Vuorimieskilta päätti vuoden 2019 alussa yleiskokouksessaan jatkaa Metallikerhon siihen asti ylläpitämää toimintaa.

Metallikerhon pääasialliseksi tehtäväksi 2000-luvulla muotoutui ulkomaaneksursioiden järjestäminen. Vuodesta 2008 alkaen ulkomaaneksursioiden konseptia muutettiin tavoitteellisempaan suuntaan. Syksyllä toteutettavan ekskursioiden tueksi järjestettiin keväällä kurssi, jossa oli sarja luentoja, jotka koskettelivat mm. kohdemaan talouselämää, tutkimus- ja kehityspolitiikkaa, kulttuuria ja tapoja sekä kokemuksia suomalaisten yritysten etabloitumisesta ao. maahan. Myös maassa olleita vaihto-opiskelijoita kutsuttiin kertomaan kokemuksistaan opiskelusta kohdemaassa. Matkalle osallistuvat opiskelijat valmistelivat myös esityksen kustakin vierailukohteesta, jotta kaikilla osallistujilla oli perustiedot vierailukohteista jo ennen vierailua.

Esitykset oli sitten matkalla tehtyjen havaintojen, kysymysten ja saadun informaation valossa helppo muuttaa raporteiksi ekskursioiden julkaisuun matkan sponsoreille toimitettavaksi. Tällä konseptilla tehtiin pari viikkoa kestäneet matkat Kiinaan (2008), Brasiliaan ja Chileen (2010), Japaniin (2012), USAn Kaliforniaan (2014) (kuva 2) ja Etelä-Koreaan (2016) (kuva 3). Matkojen järjestelyissä ja matkakohteiden valinnassa hyödynnettiin suomalaisten yritysten ja allekirjoittaneen ja kollegoidensa verkostoja kohdemaissa toimiviin yrityksiin sekä tutkimuskeskusten ja yliopistojen tutkijoihin. Joissakin tapauksissa saatiin apua myös Suomen suurlähetystöltä kohdemaassa. Muutamassa kohteessa, kuten Japanissa ja Etelä-Koreassa järjestettiin myös yhteinen seminaari paikallisen yliopiston opiskelijoiden kanssa.

Kerhon toiminnan nyt päättyessä haluan lausua kiitokset kaikille metallikerhossa ja sen eri tehtävissä mukana olleille, erityisesti puheenjohtajille, omistautumisesta kerhon toimintaan. Kiitän myös hienoista kokemuksista, joita kerho on antanut paitsi jäsenilleen, myös meille oltermannina toimineille (Heikki Miekko-oja, 1958 – 1967; Martti Sulonen, 1967 – 1972; Sakari Heiskanen, 1972 – 1973; Veikko Lindroos, 1973 – 2003). ▲



K.H. Renlundin säätiöltä tukea kaivannaisteollisuuden kehityshankkeille

TEKSTI: VELI-PEKKA SALONEN

Rautakauppias ja suurliikemies Karl Herman Renlundin perustamasta säätiöstä on runsaan vuosisadan kuluessa kehittynyt tärkeä luonnonvaratutkimuksen tukija, jolla on aivan omanlaisensa, kaivannaisteollisuutta läheltä koskettava profiili. Säätiön jakamien apurahojen vuotuinen summa on viime vuosina ollut miljoonan euron koluokkaa, mikä tekee siitä oloissamme merkittävän rahoittajan. Säätiön tavoite on sen säännöissä selvästi todettu: *”edistää malmien ja hyödyllisten mineraalivarojen, teknisesti hyödynnettävien kivi- ja maa-ainesten sekä pohjavesiesiintymien etsimistä ja hyväksikäyttöä Suomessa”*. Testamenttiin perustuvasta rajauksesta johtuen hakupaine on suhteellisen kevyt verrattuna moniin muihin, tyypillisesti laaja-alaisiin luonnontieteellisiin tai tekniikan säätiöihin. K.H. Renlundin säätiön vastaanottamista esityksistä normaalisti lähes puolet saa myönteisen rahoituspäätöksen. Tänä vuonna tukea sai 48 % hakijoista ja haetusta 2 808 515 € kokonaissummasta voitiin rahoittaa 33 %.

Tämä ei kuitenkaan tarkoita hakemusten heikkoutta, sillä säätiön vastaanottamat hanke-esitykset ovat yleensä varsin korkeatasoisia. Yleisin rahoittamatta jättämisen peruste ei olekaan hakemuksen puutteellisuus, vaan se, että hakemus ei kuulu säätiön sääntöjen rajaaman toiminnan piiriin. Säätiö on myös linjannut, ettei se tue puhdasta luonnontieteellistä perustutkimusta. Niinikään ei pelkkiä matkakustannuksia tai laitehankintoja ole otettu rahoituksen piiriin.

Viime marraskuussa päättyneessä apurahojen haussa säätiö sai yhteensä 102

rahoitusesitystä, joista päätettiin 8.3.2019 myöntää tukea 49 tutkimushankkeelle yhteensä 920 700 euroa. Lisäksi rahoitettiin harrastepohjalta toimivien malminetsijöiden kannustuspalkintoja, joita koordinoi GTK:n kansannäytetoimisto sekä stipendejä parhaille geologian alan maisteri- tai DI-töiden tekijöille. Tukipäätökset ja niiden erittely käyvät ilmi oheisesta taulukosta.

Lista rahoitetuista hankkeista on nähtävissä säätiön kotisivuilla (www.khrenlund.fi), missä on myös muuta tietoa säätiöstä, sen toiminnasta sekä apurahojen myöntöperiaatteista. Lisätietoa säätiön tähänastisesta taipaleesta on luettavissa 100-vuotisjuhlajulkaisusta (Ehlers ja muut 2015, 2016).

Tämän vuoden hankkeista voi todeta joitakin kiinnostavia ilmiöitä, jotka heijastavat alan nykyisiä painotuksia ja tutkimuksellisia ongelmia. Malminetsintähankkeissa

painottuvat akku- ja high tech -metalleihin liittyvät kysymykset. Tutkimuksen kohteina ovat koboltti, platinaryhmän metallit, litium, skandium ja grafiitti. Myös metallien kiertäystä ja esimerkiksi REE-alkuaineiden talteenottoa sivuvirroista tutkitaan säätiön rahoituksella. Ylipäänsä on nähtävissä, että rikastustekniikkaan liittyvät hakemukset ovat lisääntyneet ja uudenlaiset kiertotalouden ratkaisut tarvitsevat tutkimuspanostuksia.

Kaivostekniikka ja kaivosympäristöjen tutkimus ovat laajalti mukana säätiön rahoittamissa hankkeissa. Niihin liittyy murskauksen ja jauhatuksen kehittämisen kysymyksiä, louhinnan optimointia fotogrammetrian menetelmin sekä kaivosten jätealueiden suojarakenteiden kehittämistä vastaamaan ympäristön kannalta hyväksyttäviä käytäntöjä. Pohjavesivaroihin ja

>

Taulukko. K.H. Renlundin säätiön v 2019 apurahapäätökset eriteltynä.

Projektiapurahat yhteensä	920 700
Malminetsintäprojektit	249 100
Kaivosympäristötutkimus	200 000
Kaivos- ja rikastustekniikka	153 000
Pohjavesitutkimus	63 000
Muut	23 600
Pro gradu-palkinnot	7 200
Tuki kansannäytetoiminnalle	8 850
Myönnetty rahoitus kokonaisuudessaan	936 750

niiden suojeluun liittyvät tutkimukset ovat jatkuvasti mukana säätiön rahoittamissa hankkeissa samoin kuin geonergian hyödyntäminen.

Puhdasta luonnontieteellistä perustutkimusta ei siis tueta suoraan, mutta väitöskirjatyt ja post doctoral -tutkimukset edustavat parhaimmillaan korkeatasoista kansainvälistä perustutkimusta. Kevään rahoituspäätöksissä säätiö myönsi rahoituksen 19 väitöskirjaprojektille ja viidelle hiljan väitelleelle tutkijalle. Näin säätiö on osaltaan turvaamassa alan korkeimman asiantuntemuksen syntyä ja vahvistumista maassamme.

Yksiköistä on Oulun yliopisto viime vuosina noussut suurimmaksi edunsajaksi. Siellä lähinnä Oulu Mining Schoolin puitteissa toimivat yksiköt saivat tänä vuonna noin puolet kaikesta myönnetystä rahoituksesta. Myös Helsingin yliopiston osuus on kasvanut edustaen nyt noin viidesosaa rahoitetuista projekteista. ▲

Kirjoittaja on Helsingin yliopiston emeritusprofessori ja K.H. Renlundin säätiön hallituksen jäsen.

Kirjallisuus

Carl Ehlers, Carl-Gustav Lindén, Henry Wiklund 2015. Hundra år av malmdrömmar K. H. Renlunds stiftelse 1915-2015. Waasa Graphics, Vasa. 96 s.

Carl Ehlers, Carl-Gustav Lindén, Henry Wiklund 2016. Sadan vuoden malmijahti. K. H. Renlundin säätiö 1915-2015. Waasa Graphics, Vasa. 100 s.

Rahoitusta tutkijoille ja tutkimustyölle

Walter Ahlströmin säätiö ja Runar Bäckströmin säätiö jakoivat vuoden 2019 apurahat

TEKSTI JA KUVAT: TUOMO TIAINEN

Säätiöiden yhteinen apurahojen jakotilaisuus järjestettiin perjantaina 12.4.2019 alkaen klo 15 Aalto Design Factoryn tiloissa Otaniemessä. Tilaisuuteen osallistui runsaslukuinen joukko apurahan saajia sekä säätiöiden edustajia. Walter Ahlströmin säätiö myönsi apurahoina yhteensä noin 221 000 euroa 52 hakijalle ja Runar Bäckströmin säätiö noin 195 000 euroa 15 hakijalle.

Musiikin säestämän kuohuvan tervetulomaljan ja naposteltavien nauttimisen jälkeen siirryttiin varsinaiseen englanninkieliseen jakotilaisuuteen Design Factoryn saliin. Molemmissa säätiöissä hallituksen puheenjohtajana toimiva professori Markku Wilenius esitteli lyhyesti kummankin säätiön ja niiden historian ja kertoi tilaisuuden ohjelmasta. Tilaisuuden

Kummankin säätiön hallituksen puheenjohtaja professori Markku Wilenius esitti tilaisuuden avauspuheenvuoron.



Osa Walter Ahlströmin
säätiön apurahan saajista
yhteiskuvassa. Oikealla Markku
Wilenius, säätiöiden asiamies
Niklas Törnqvist ja sihteeri
Johanna Linna



tarkoitus oli paitsi juhlia apurahojen saajia, myös tarjota heille mahdollisuus keskustella kollegoiden kanssa tutkimuksesta ja sen tuloksista. Wileniuksen mukaan osaaminen ja sen tuottama pätevyys perustuvat taitoon hyväksyä ja omaksua uusia asioita. Tärkeää on kyetä yhdistämään insinööriosaaaminen ja taloudelliset asiat. Säätiöt pyrkivät edistämään juuri tätä.

Molempien säätiöiden paikalla olevat apurahojen saajat kutsuttiin lavalle onniteltaviksi ja kuvattaviksi. Aalto-yliopiston professori Kalevi Ekman esitteli lyhyesti Design Factoryn toimintaa. Tavoitteena on tulla yhteen ja tehdä töitä yhdessä tulevaisuutta koskevien unelmien toteuttamiseksi.

Tämän jälkeen apurahojen saajilla oli mahdollisuus esitellä tutkimustyötään tilaisuuteen osallistuville 3-5 minuutin pituisissa puheenvuoroissa. Kaikkiaan kahdeksan apurahan saajaa tai työparia tarttui tilaisuuteen ja esitteli oman tutkimustyönsä ydinkohtia. Esitelyjen töiden teemoina olivat ultraääniavusteinen ydintyminen ja teollinen kiteytysprosessi, ligniinin käyttö biopolttoaineiden ja monoaromaattisten fenolien tuotannon raaka-aineena, hydrofobisten pintojen kehittäminen, biomassasta tuotetut hiilipohjaiset vaahtorakenteet, pajunkuorimassasta valmistettu biohajoava kertakäyttölautanen, puupohjaisten biopolymeerien 3D-tulostus biolääketieteellisiin sovelluksiin, metallurgisten kuonien jätelämmön käyttö kuivauksessa ja uusi yksittäisten solujen genomiteknologia yksilöllisen syöpäimmunoterapian kehittämisessä.

Töiden esittelyn jälkeen ilta jatkui maittavan päivällistarjoilun ja Combo Continental- orkesterin esittämän latinorytmisen musiikin säestämän vilkkaan keskustelun merkeissä. Jatkot oli järjestetty läheiseen ravintolaan. ▲



Runar Bäckströmin säätiön apurahan saajat yhteiskuvassa



Combo Continental vauhdissa

Walter Ahlströmin säätiö on perustettu vuonna 1926 tukemaan nuorten diplomi-insinöörien jatkokoulutusta. Säätiö jakaa vuosittain apurahoja puunjalostusteollisuuden, sähkötekniikan, voimalouden ja metalliteollisuuden aloilla. Ehtona apurahan saamiselle on akateeminen loppututkinto, Suomen kansalaisuus ja alle 35 vuoden ikä. Viime vuosina säätiö on keskittynyt tukemaan väitöskirjatöitä kannustinapurahan muodossa.

Runar Bäckströmin säätiö on perustettu vuonna 1988. Säätiön tarkoituksena on rohkaista ja edistää keksintötoimintaa, joka on hyödyksi suomalaisille yrityksille ja vahvistaa näin yritysten kansainvälistä kilpailukykyä. Vuosittain myönnettävät apurahat voidaan antaa yksityisille ihmisille, työryhmille, yrityksille ja yhteisöille. Saajilta ei edellytetä muodollista pätevyyttä kuten tiettyä oppiarvoa.

Terrafamen kumivuorattuun kevytlavaan sopii lähes 9 tonnia enemmän lastia, lisäetuna melu ja tärinä vähenevät

TEKSTI: EERO HÄMÄLÄINEN



Painon ja värityksen ohessa suurlujuusteräksestä valmistetut poikkipalkit sekä peilejä, renkaita ja pakoputkia suojaavat sivulevyt erottavat Metson suunnitteleman kevytlavan Hitachi-kiviauton alkuperäisestä lavamallista.

▲ Metson suunnittelema kiviauton uusi kumivuorattu kevytlava on saanut ensimmäisessä testauspaikassaan Terrafame Oy:n monimetallikaivoksella erinomaisen vastaanoton. Kevytlavalle mahtuu lähes 9 tonnin verran enemmän lastia, mikä parantaa kaivoksen kumipyöräkuljetusten kustannustehokkuutta. Lisäetuna kumitus vähentää lastauksessa syntyvän melun noin puoleen ja samalla myös tärinää merkittävästi.

”Ensimmäisten testikuukausien koke-muksemme Metson kevytlavasta näyttävät myönteisiltä. Lavan kantokyky ja kestävyys vastaavat sitä, mitä Metso on meille luvannut. Suurempi hyötykuorma ja kuljettajien työergonomia ovat molemmat meille tärkeitä asioita. Kiviauton kuljettajilta meille tullut palaute on varsin myönteistä,” arvioi ensikokemuksiaan Terrafame Oy:n louhintaosaston päällikkö **Esa-Tapani Leinonen**.

”Kevytlavan muotoilu näyttää onnistuneen Metsolta hyvin. Isommasta, 325 tonnin kokonaiskuormasta huolimatta

korotettu takalaippa pitää malmi- ja sivukivilohkareet hyvin kyydissä,” Leinonen jatkaa.

Kokkolassa Metson piirustusten mukaan valmistettu ja kumitettu kevytlava asennettiin viime vuoden joulukuussa Terrafamen vanhimpaan, Hitachi EH3500-malliseen kiviautoon, jossa käyttötunteja on jo noin 50 000. Ensimmäiset malmin ajot Kuusilammen maanpäälliseltä kaivokselta ylös esikaramurskaimelle tehtiin ennen joulua.

Kaivoksen kiviautot ovat ajossa ympäri vuorokauden. Malmi lastataan tällä hetkellä noin 60 metrin syvyydessä sijaitsevasta avolouhoksesta kiviautojen kyytiin Caterpillarin 910-sarjan kaivinkoneella. Vuorokaudessa yksi auto ehtii kuljettaa noin 40 kuormaa, eli noin 6500 tonnia.

”Keveys kestävyydestä tinkimättä oli keskeistä lavan suunnittelussa. Keräämme kuuden kuukauden testijakson aikana tietoa kuljetetuista tonnimääristä ja kirjaamme myös kuljettajien kokemuk-

set,” kertoo Metson Suomen kaivosmyyntiä johtava **Timo Sarvijärvi**.

”Kustannustehokkuutta syntyy lisäkuorman ohessa myös tyhjänä. Olemme mitanneet melun vähentyneen kumitetulla standardilavalla noin 10 desibelillä, eli kumitus on hardox-teräkseen verrattuna puolet hiljaisempi. Vähintään samaa odotamme myös Terrafamen kokeilussa,” Sarvijärvi arvioi.

Terrafamen kaivoksen kiviauto kuljettaja **Kristiina Karjalainen** kiipeää tottuneesti yksion kokoisen, 150 tonnia painavan ja 7 metriä korkean kiviauton numero ykkösen ohjaamoon. Hän on yksi kuljettajista, jotka ovat päässeet kokeilemaan Metson uuden kevytlavan ominaisuuksia.

”Kyllä uusi, kumivuorattu lava on vähentänyt melua huomattavasti. Lastausääni hyttiini on kolinan sijasta nyt lähinnä suhinaa. Myös tärinä on vähentynyt selvästi,” Kristiina Karjalainen kommentoi.

Hänen mukaansa ensimmäinen kaihinkoneen kauhallinen – noin 40 tonnia – on ollut kuljettajalle aina hankalin. Sen jälkeen lavalla oleva materiaali tasaa aiheutuvaa melua ja ääntä.

”Myös uuden kevytlavan sivusuojat toimivat hyvin ja pitävät kiviauton sivupeilit ehjinä putoavilta lohkarilta. Haluaisin ilman muuta kumivuoratusen lavan myös nimikkoautooni kymppiin,” Kristiina Karjalainen toivoi.

Terrafamen nikkeliä, sinkkiä, kuparia ja kobolttia tuottava monimetallikaivos on ajettu tuotannoltaan ylös tavoitetasolle viime vuoden aikana. Kuljetettavaa riittää, sillä uudessa lupahakemuksessa tähdätään 18 miljoonan malmitonnin ja jopa 45 miljoonan tonnin sivukivimäärän käsittelyyn vuosittain.

”Vuonna 2021 sivukiven louhinta-määrämme tuplaantuu, kun Kuusilammen louhoksen laajentuessa poistamme malmion päältä suuret määrät sivukiveä,” louhintaosaston päällikkö Esa-Tapani Leinonen kertoo.

”Sitä ennen koko Terrafamen ja urakoitsijoiden kuljetusketjujen rakenne ja vastuut on mietittävä uudelleen. Kumipyöräkuljetusten kustannustehokkuuden säilyttäminen korostuu, kun massojen määrät kasvavat,” Leinonen painottaa.



Future mine and mineral 2019

TEKSTI JA KUVAT: **LEENA K. VANHATALO**

Jo kahdeksannen kerran Future Mine & Mineral -Framtidens Gruv & Mineral -konferenssi kokosi Tukholmaan lähes 300 osallistujaa. Perinteiseen tapaan tapahtuma järjestettiin Tukholman keskustassa Grand Hotelin talvipuutarhassa.

Loskaiseen Tukholmaan oli saapunut runsaslukuinen suomalaisjoukko, josta osa oli tapahtumassa mukana myös esitelmöitsijöinä. Kaksipäiväinen ohjelma oli todella tiivis ja reilut 50 puhujaa pääsi lavalle kertomaan ja keskustelemaan alan tärkeitä asioista.

GTK:n pääjohtaja Mika Nykänen valotti puheessaan tekijöitä, jotka houkuttelevat investoimaan kaivoksiin ja esitteli Suomen valttikortteja. Hän muistutti siitä, että Suo-

nessa on muun muassa pitkä kokemus kaivostuotannosta, maailman kattavin geodata, tiukka, mutta selkeä lainsäädäntö ja useita potentiaalisia kohteita uusien kaivosten perustamiseen.

Yhtenä konferenssin pääteemoista olivat akkuminaalit ja Suomen Malminjalostajien toimitusjohtaja Matti Hietanen kävi kertomassa yrityksestään. Hän kertoi myös, kuinka Suomi on ainoa maa Euroopassa, joka voi tarjota kustannustehokkaan, kestävä kehityksen sähköautoakkujen valmistuksen raaka-aineesta akkukennoihin asti.

Esityksistä ja keskusteluista nousi esiin myös se, että ruotsalaiset painivat monessa mielessä samanlaisten ongelmien kanssa kuin me suomalaiset. Ruotsalaistenkin on

vaikea löytää riittävästi nuoria opiskelemaan kaivosalaa. Eräässäkin paneelikeskustelussa kuultiin niin tuttu lausahdus: ”Jos pidät tuulimyllyistä tai sähköautoista, silloin sinun pitää myös pitää kaivoksista!” Future Mine -sivustolta voi käydä lukemassa lisää siitä, mitä aiheita tapahtumassa käsiteltiin.

Toisen päivän iltana oli sitten kotiinlähdon aika. Kahdessa päivässä oli vihdoin jalkakäytävät ja ajoradatkin saatu auruksi. Lumi oli yllättänyt tukholmalaiset ja lumi, loska ja pyöriteiden ensisijaisuus talvikunnossapidossa olivatkin kahvitaukokeskustelujen yleinen aihe. Tukholmassa on annettu pyöräilijöille lupaus, jonka mukaan pyörätiet pidetään ajettavassa kunnossa läpi talven. ▲

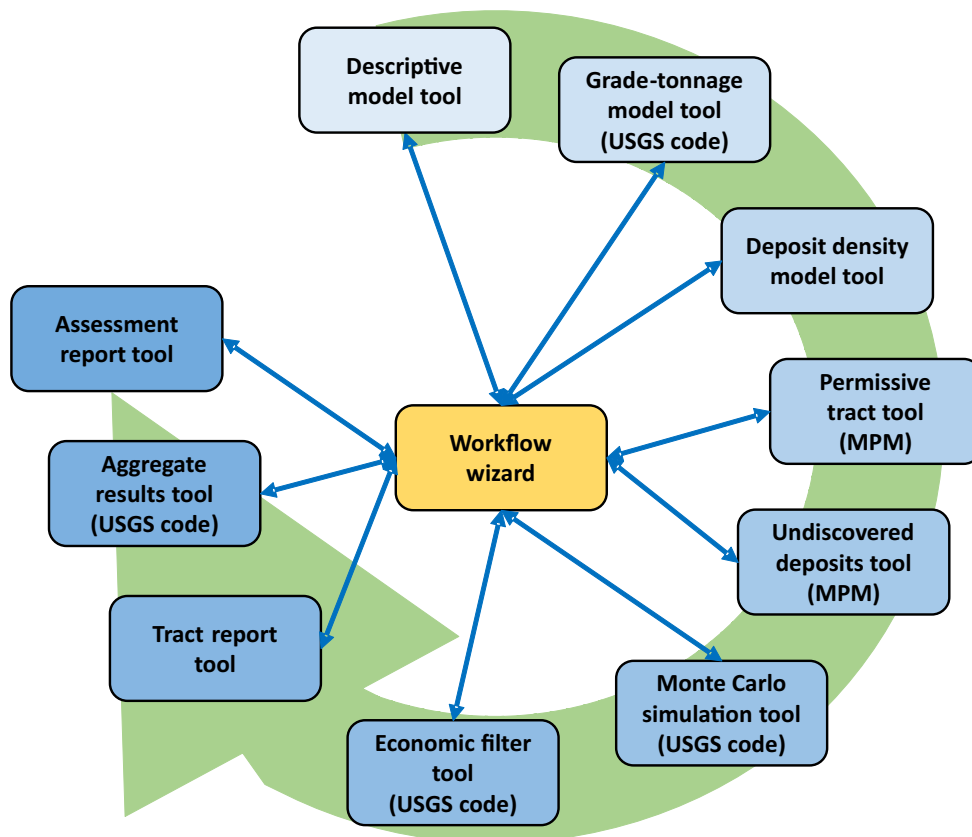
A Member of
The Linde Group

AGA

Increased productivity.
Uniform heating.

Environmental technology delivering
peak heating performance.

Ideas become solutions.



MAP-ohjelmistossa on työkalu jokaiseen arviointiprosessin vaiheeseen, alkaen esiintymämallien luomisesta ja päättyen tulosten raportointiin.

Mitä, missä, miten paljon

– Löytämättömien mineraalivarantojen arvioinnin kehitysprojekti MAP

KALEVI RASILAINEN
PROJEKTIPÄÄLLIKKÖ
GEOLOGI
GTK

Mineraaliset raaka-aineet ovat kautta historian olleet ratkaisevassa asemassa teknologian kehityksen ja ihmiskunnan lisääntyvän hyvinvoinnin mahdollistamisessa, ja niiden kysyntä on kasvanut jatkuvasti maapallon populaation mukana. Nykyään mineraalivarantojen hyödyntäminen kilpailee muiden maankäyttötarkoitusten kanssa, ja kaivostoiminnan haitallisten sivuvaikutusten aiheuttama huoli vaikuttaa osaltaan uusien hankkeiden hintaan ja

etenemisnopeuteen. Mineraalisten raaka-aineiden esteetön saatavuus ulkomailla ei ole enää itsestään selvää, ja valtioiden onkin tärkeää tuntea omat varantonsa. Tähän informaatioon kuuluu oleellisena osana myös arvio siitä, kuinka paljon eri mineraalisia raaka-aineita maankamarassa on vielä löydettävissä nykyään tunnettujen varantojen lisäksi. Järkevä maankäytön suunnittelu on hyvin vaikeaa ilman tätä tietoa. Kvantitatiivinen arvio alueiden mahdollisesti sisältämästä raaka-ainearannoista on oleellisen tärkeä myös malminetsinnän

alkuvaiheessa, kun valitaan alueita, joille etsintää suunnataan.

Geologian tutkimuskeskus (GTK) on tuottanut tietoa Suomen maankamaran sisältämisestä, vielä löytämättömistä mineraalivarannoista vuodesta 2008 lähtien. Tähän mennessä on arvioitu lähes kaikkien Suomessa esiintyvien tavallisimpien mineraaliesiintymätyyppien sisältämien löytämättömien varantojen määrät. Sekä GTK:lle että muille arviointitekeville taholle vuosien aikana kertyneet kokemukset ovat osoittaneet, että arviointimetodiik-

>

kaa ja -työkaluja on syytä kehittää. Tähän kehitystyöhön tarjoutui mahdollisuus EIT RawMaterials -rahoitteisessa projektissa ”Mineral Resource Assessment Platform”, eli lyhyesti MAP.

MAP on kolmevuotinen EIT RawMaterials KAVA-projekti, jota koordinoi GTK. Muut partnerit ovat GTK:n sisarorganisaatiot Ruotsista (SGU), Norjasta (NGU) ja Islannista (ÍSOR), Oulun yliopisto/Oulu Mining School (OMS), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Beak Consultants GmbH (BEAK) ja LTU Business AB (LTUB). Lisäksi U.S. Geological Survey (USGS) toimii projektin tukiorganisaationa. Projektin kokonaisbudjetti on noin 1,85 miljoonaa euroa, ja EIT RawMaterials kattaa tästä 1,63 miljoonaa euroa. Projektin tarkoitus on luoda uudistettu metodi ja ohjelmisto löytämättömien mineraalivarantojen kvantitatiiviseen arviointiin. MAP-ohjelmisto on ilmainen ja se tulee vapaasti kaikkien halukkaiden saataville. Ohjelmiston kehityksessä pyritään noudattamaan mahdollisimman pitkälle avoimen lähdekoodin periaatteita. Tarkoituksena on tuottaa ohjelmisto, jonka avulla yritykset voivat helpommin tuottaa mineraalivarantojen arviointipalveluja. Tämän odotetaan laajentavan arviointien käyttäjäkuntaa ja luovan uusia liiketoimintamahdollisuuksia.

Projekti aloitettiin vuoden 2018 alussa suunnitteluvaiheella, jonka aikana tutkittiin arviointimetodin päivytystä ja ohjelmiston koodausta, järjestettiin työpaja ja verkkokysely sidosryhmien toiveiden ja mielipiteiden keräämiseksi ja tuotettiin selvitys pääasiallisista vaihtoehtoisista arviointimethodista sekä teknologinen toteutettavuusselvitys. Kesällä valmistui myös kaupallinen toteutettavuusselvitys. Suunnitteluvaihetta seurasi nyt käynnissä oleva ohjelmistokehitysvaihe, jonka kuluessa GTK:n ohjelmoijat tuottavat MAP-ohjelmiston. Vuoden 2018 lopussa valmistui ensimmäinen versio, ja kesällä 2019 valmistuu toinen beta-versio, jota projektipartnerit ryhtyvät käyttämään omilla testialueillaan. Testivaihe kestää vuoden 2020 syksyyn, ja sen aikana ohjelmistoa kehitetään edelleen testeistä saatujen kokemusten perusteella. Viimeistely MAP-ohjelmisto julkaistaan projektin päätteeksi vuoden 2020 lopussa.

Projektissa kehitettävä metodi perustuu USGS:n kolmivaiheiseen menetelmään,

Projektissa kehitettävä metodi perustuu USGS:n kolmivaiheiseen menetelmään, joka on alan käytännön standardi.

joka on alan käytännön standardi. Arvioinnit tehdään mineraaliesiintymätyyppi-kohtaisesti ja menetelmän pääosat ovat 1) mineraaliesiintymätyypin mallintaminen tai olemassa olevien valmiiden mallien valinta (kuvaileva malli, tonnimäärä-pitoisuusmalli), 2) niiden alueiden rajaaminen, joilla geologia sallii kyseistä tyyppiä olevien mineraaliesiintymien olemassaolon, ja 3) löytämättömien esiintymien lukumäärien arviointi rajatuilta alueilta eri todennäköisyytasoilla. Tämän jälkeen kohdistaa 1-3 saadut arviot yhdistetään tilastollisesti Monte Carlo -simulaation avulla, ja lopputuloksena saadaan rajattujen alueiden sisältämien löytämättömien esiintymien metallimäärien todennäköisyysjakaumat.

MAP-projekti pyrkii korjaamaan niitä ongelmakohtia, joita kolmivaiheisen metodin käytössä on vuosien varrella ilmennyt. Nämä eivät niinkään liity itse metodin periaatteisiin, vaan sen käytännön soveltamistapoihin. Tulosten voimakas riippuvuus asiantuntijoiden (subjektiivisista) arvioista on ehkä merkittävin kolmivaiheisen metodin käyttöön yleisesti liittyvä ongelma. Toinen selkeä puute on nykyisin käytössä olevasta ohjelmistosta puuttuva mahdollisuus arvioida löytämättömien esiintymien taloudellista kannattavuutta. Koko arviointiprosessin läpivienti edellyttää useiden eri ohjelmistojen käyttöä prosessin eri vaiheissa, ja tähän liittyvä datan ja tulosten siirto ohjelmistojen välillä aiheuttaa prosessiin turhia pullonkauloja ja hidasteita. Lisäksi nykyisestä ohjelmistosta puuttuvat dokumentointi- ja raportointityökalut.

Mineraalipotentialikartoituksen (MPM) työkalujen implementointi kolmivaiheiseen menetelmään on merkittävin projektissa tehtävä yksittäinen uudistus.

Kolmivaiheisessa menetelmässä asiantuntijat tavallisesti rajaavat esiintymille mahdolliset alueet kuvailevassa esiintymämallissa lueltujen kriteerien perusteella. MPM:n menetelmiä käyttäen rajausta voidaan suorittaa dataperusteisesti ja automaattisesti käyttäen hyväksi tunnettuja esiintymiä. Toinen merkittävä uudistus on taloudellisten filttien lisääminen kehitettävään ohjelmistoon. Tämä antaa mahdollisuuden arvioida, kuinka suuri osa löytämättömistä varannoista olisi taloudellisesti kannattavasti louhittavissa. Kehitettävä ohjelmisto on interaktiivinen ja ohjaa käyttäjää läpi koko arviointiprosessin. Lisättävät raportointityökalut varmistavat, että koko prosessi ja sen tulokset tulevat kunnolla dokumentoituiksi.

MAP-ohjelmiston kehitys on GTK:n vastuulla. GTK, SGU, NGU, ÍSOR, NTNU ja BEAK osallistuvat metodin ja ohjelmiston testaukseen omilla alueillaan. Testattavat mineraaliesiintymätyypit ovat vulkanogeeniset massiiviset sulfidimalmit, karsiesiintymät, epitermaaliset esiintymät ja merenpohjan massiiviset sulfidiesiintymät. Yliopistopartnerit pitävät huolta koulutusnäkökulman tuomisesta projektiin. Tämä tapahtuu mm. sisällyttämällä löytämättömien mineraalivarantojen arviointimetodiikkaa mineraalivarantoja sivuaviin kursseihin ja tuottamalla oppimateriaalia näistä teemoista. Projektin teemoista on myös tekeillä väitöskirjatyö OMS:ssa. LTUB on vastuussa toteutettavuusselvityksen tuottamisesta ja päivittämisestä koko projektin ajan. USGS toimii neuvonantajana ja yhteistyökumppanina mm. antamalla projektin käyttöön kehittämänsä arviointiohjelmistojen lähdekoodin.

Projekti levittää tietoa toiminnastaan ja tuloksistaan mm. verkkosivujensa kautta (<https://www.map-eitrawmaterials.eu/>), konferenssiesitelmien avulla ja järjestämällä kursseja alan ammattilaisille. Seuraava kaikille avoin kurssi pidetään Fennoscandian Exploration and Mining (FEM) -konferenssin yhteydessä 1.11.2019 Levillä (<http://www.map-eitrawmaterials.eu/levi2019/>). Päivän kestävä kurssi on ilmainen ja sille voi ilmoittautua edellä mainitun linkin kautta. Kurssilla saa hyvän käsityksen sekä löytämättömien mineraalivarantojen arvioinnista yleensä että MAP-projektissa kehitetystä metodiikasta, ohjelmistosta ja ensimmäisistä testituloksista. ▲

Finnish Industrial Internet Forum johdattaa digitaaliseen muutokseen

FIIF synnyttää yrityksiin kasvua uusista teknologioista. Kesäkuussa ideoita haetaan tekoälystä ja onnellisuudesta.

TEKSTI: KAISA KAUKOVIRTA

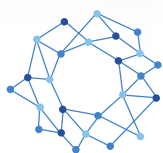


Kesäkuun 4. päivänä Finnish Industrial Internet Forumin jäsenet perehtyvät valois-
san vuodenajan siivittäminä keinoälyyn ja onnellisuuteen. Vieraileva keynote-puhuja, tohtori Kazuo Yano Hitachilta Japanista kertoo silloin FIIF-yritysverkoston jäsenille aiheesta The New Human Factor – AI Meets Employee and Customer Experience. FIIF-tilaisuus järjestetään Tampereella MPD:n oheistapahtumana.

Ihmisen ja koneen välinen yhteistyö on yksi FIIF:in keskeisistä aiheista. Muita ovat muun muassa sensorit, konnektiviteetti, pilvilaskenta ja ohjelmistotalustat, verkkoon liitetyt laitteet sekä data-analytiikka.

Se, syntykö Kazuo Yanon innostamana kotimaisiin tuotanto- ja prosessiteollisuuden sekä energiasektorin ja älyrakennusten yrityksiin uusia, onnellisuutta lisääviä tekoälyavauksia, jää nähtäväksi. FIIF:in ydintehtävänä on auttaa kotimaisia yrityksiä suunnittelemaan ja toteuttamaan konkreettisia aloitteita ja tekoja, jotka kääntävät digitalisaationäkymät bisnekseksi ja varmistavat kilpailukyvyyn kansainvälisillä markkinoilla.

Suuryrityksille se tarkoittaa kasvua teknologian kehittymisen tuomasta uudesta lii-



**FINNISH
INDUSTRIAL
INTERNET
FORUM**

ketoinnasta. Pienille ja keskisuurille yrityksille on luvassa toiminnan laajentamista uusiin tuotteisiin sekä palveluihin ja markkinoihin. Startup-yrityksille puolestaan avautuu erilaisia liiketoimintamahdollisuuksia. ”FIIF:in toiminnassa mukana olevat yritykset arvostavat erityisesti verkostoitumismahdollisuuksia, sekä yritys- että henkilötasolla”, kommentoi FIIF-manageri Risto Lehtinen DIMECC Oy:stä. Vuonna 2014 perustettu FIIF on DIMECCin johtama.

Keväällä järjestetyn jäsenkyselyn perusteella FIIF:istä haetaan etenkin tietoa uusista trendeistä ja teknologioista. Se toimii myös verkostona, jonka kautta jäsenet voivat löytää asiakkaita tai liiketoimintakumppaneita. Lisäksi hyödyllisenä koetaan tiedot standardeista, tuoreista tutkimustuloksista ja markkinoille tulleista uusista kaupallisista ratkaisuista.

FIIF-verkostossa on lähes 600 jäsentä. Vuosimaksu määräytyy yrityksen koon mukaan. Pienimmille yrityksille se on 150 euroa.

FIIF:in keskeistä toimintaa ovat seminaarit, joita järjestetään vuodessa hieman alle kymmenen. Niiden aiheina ovat olleet muun muassa IoT-alustat, AI ja koneoppiminen, 5G, kyberturvallisuus, sensorit sekä uudet liiketoimintamallit. Jäsenet toivoivat vuosi sitten järjestetyssä kyselyssä eniten juuri uusien liiketoimintamallien käsittelyä, joten tarjonnalla on pyritty vastaamaan toiveisiin. Tämän kevään kyselyssä kartoitettiin jälleen jäsenten näkemyksiä tarjonnasta ja niiden perusteella voidaan jo kurkata tulevaan.

”FIIF:in syksyn tapahtumissa käsitellään jäsenten toiveiden mukaisesti ainakin tekoälyä ja koneoppimista, sillä kiinnostus näihin aiheisiin kasvaa edelleen. Lisäksi yhden tapahtuman aiheeksi on toivottu myös esimerkiksi digitaalista kaksosta”, Lehtinen kertoo.

Lisätietoja FIIF:istä löytyy osoitteesta <https://fiif.fi> ▲



KIMMO JÄRVINEN
TOIMITUSJOHTAJA
METALLINJALOSTAJAT RY
P. 043 825 7642

Valtion päästökauppajärjestelmän nettotulot kasvoivat + 191 % vuonna 2018 – ja teollisuuden kasvihuonepäästöt ovat laskusuunnassa

Päästökauppajärjestelmä vähentää teollisuuden päästöjä ja tuo valtiolle tuloja

Päästökauppajärjestelmä on EU-tason yhtenäinen teollisuuden päästöjen verotusjärjestelmä, joka tuotti Suomen valtiolle verotuloja 252 miljoonaa euroa vuonna 2018. Nämä verotulot maksoi järjestelmän piirissä oleva teollisuus, joka vastaa yli 40 % päästöistä. Vuosina 2005–2017 päästökauppajärjestelmän alaisen teollisuuden kasvihuonepäästöt (CO₂) laskivat 2,4 mrd tonnista 1,78 mrd tonniin eli keskimäärin 2,4 % vuodessa. Päästökauppakauden (2021–2030) laissa velvoitetaan, että lain piirissä olevan teollisuuden tulee vähentää päästöjään 43 % vuoteen 2030 mennessä (ei-päästökauppasektorin tavoite on 35 %). Päästöjen vähentämiseen pakotetaan vähentämällä myönnettävien päästöoikeuksien määrää 2,2 % vuodessa.

Päästökauppajärjestelmän rankaiseva ja palkitseva ominaisuus perustuu päästöoikeuksilla käytävään avoimeen kauppaan. Järjestelmän piiriin kuuluville teollisuuslaitoksille myönnetään ilmaisia päästöoikeuksia vähiten saastuttavien 10 % tuotantolaitosten päästöjen mukaisesti ja tämän päästötason ylittävältä osalta laitosten on ostettava päästöoikeutensa. Tämä kirittää laitoksia kehittämään omaa tuotantoprosessiaan niin, että ne pysyvät ilmaisjaon piirissä ja vastaavasti rankaisee runsaspäästöisempiä.

Metallien maailmanmarkkinahinnat muodostuvat Lontoon metallipörssissä joka päivä osto- ja myyntinoteerausten perustella. Koska pörssinoteeraukset perustuvat vain metallien ominaisuuksiin, eivätkä esimerkiksi valmistustavan päästöjen mukaan, päästöiltään puhtaimpien suomalaisten laitosten tuotteet kilpailevat EU:n ulkopuolisten tuottajien kanssa riippumatta siitä, ovatko kilpailijat maksaneet päästöistään vai eivät (esimerkiksi venäläiset ja intialaiset tuottajat). Jotta EU:n vähäpäästöisimmät tuotantolaitokset pystyvät kilpailemaan tasavertaisesti EU:n ulkopuolisten laitosten kanssa, päästökauppadirektiivissä on säädetty, että EU:n puhtaimmat 10 % tuotantolaitoksista saavat päästöoikeutensa ilmaiseksi (ilmaisjako).

EU:ssa sähköntuottajat siirtävät maasta riippuen 60 % - 70 % päästöoikeuksien kustannuksista käyttäjien maksettavaksi. Tämä johtuu sähkön hinnoittelumekanismista, jossa sähkön hinta muodostuu kalleimman tuotantotavan muuttuvien kustannusten mukaisesti eli käytännössä hiilellä tuotettavan lauhdesähkön muuttuvien kustannusten mukaisesti, lisättyinä päästöoikeuskustannuksella. Tästä syystä päästökauppalaissa esitetään, että sähkön hinnassa olevaa päästöoikeuskustannuslisää tulee osin kompensoida ns. epäsuorien kustannusten kompensaatona. EU:n valtioneuvoston päätösten mukaan kompensaatoin maksimi voi olla 70 % - 80 % sähkön hinnassa maksetusta päästöoikeuskustannuksesta,

mutta esimerkiksi Suomen kompensatiolain perusteella epäsuorien kustannusten kompensaatoin suuruus on käytännössä vain 20-30 %.

Sähköistäminen on teollisuuden tärkein keino vähentää kasvihuonekaasupäästöjään

Metallien jalostuksen kustannuksista sähkön osuus on keskimäärin 38 %, ja vähähiilisten prosessien kehittämisen myötä sähkön osuus tulee kasvamaan merkittävästi. Metallinjalostusteollisuuden päästöjä voitaisiin vähentää 75 %, jos vähähiilistä sähköä olisi riittävästi saatavilla kilpailukykyiseen hintaan. (Tomas Wyns: "A bridge Towards A Carbon Neutral Europe", 7 September 2018, European Studies at the Vrije Universiteit Brussel). Sähköistäminen prosessipäästöjen vähentämisen keinona onnistuu merkittävässä määrin kuitenkin vain, jos sähkön hintaan ei kohdistu sellaisia ylimääräisiä lisäkustannuksia, joita kilpailijamailla ja perinteisiin energiamuotoihin perustuvissa ratkaisuissa ei ole.

Suomelle kiertotalouden edistäminen on yksi tärkeimmistä ympäristötavoitteista. Metallien, samoin kuin muidenkin materiaalien, kierrätys tapahtuu nimenomaan sähköisten prosessien avulla. Mikäli päästökaupasta johtuvaa sähkön lisäkustannusta ei kompensoida kierrättäjille, kierrätys siirtyy maihin, joissa sähkön hinnassa ei ole vastaavaa kustannuslisää kuten on jo käynyt esim. muovien ja metallien osalta.

Suomen valtion päästökauppatulot ovat satoja miljoonia euroja positiiviset epäsuorien kustannusten kompensaatoin jälkeenkin

Suomessa sähkön päästökauppakompensaatoin maksetaan päästökauppatuloista eli siitä järjestelmästä, joka kilpailuhaitan aiheuttaa. Uusi päästökauppadirektiivi vuosille 2021-2030 leikkaa päästöoikeuksien määrää merkittävästi ja päästökauppa-ammattilaiset arvioivat, että päästöoikeuden hinta nousee noin 30 euroon/t CO₂ ja Suomen valtion huutokauppatulot kasvavat 400-500 miljoonaa euroon vuodessa.

Esimerkiksi kierrätysteräksestä tuotteensa tekevä Outokummun Tornion tehtaalle päästökauppa aiheuttaa suuret ylimääräiset sähkökustannukset. CO₂-tonnin nykyhinnalla 20,3 eur/t CO₂ (26.3.2019) tehtaalla ylimääräinen sähkölasku on 34 miljoonaa euroa, joka vastaa noin 800 työntekijän vuosipalkkaa. Kun päästöoikeuden hinta yhä nousee, kuten kaikki asiantuntijat ennustavat, ilmastopolitiikan työkaluksi luodun sähkökompensaatoin tärkeys korostuu. Mikäli kompensaatoin lopetettaisiin, tällä tulisi olemaan kielteisiä vaikutuksia Suomessa kulutettavan teräksen hiilijalanjälkeen, teollisuuden tilauksiin, työpaikkoihin sekä valtion verotuloihin pitkällä aikavälillä. ▲



PEKKA SUOMELA
KAIVOSTEOLLISUUS RY
HALLITUKSEN PJ.

Kaivostoimintaa ohjaavan lainsäädännön arviointi

Työ- ja elinkeinoministeriö asetti yhteistyössä ympäristöministeriön kanssa 1.3.2019 selvityshenkilö OTT, KHO:n emerituspresidentti Pekka Vihervuoren selvittämään ja arvioimaan kaivoslain toimivuutta suhteessa laissa asetettuihin tavoitteisiin sekä kaivoslain ja muun keskeisen lainsäädännön välisen suhteen toimivuutta.

Vaalien alla keskusteltiin kiihkeästi ilmastopolitiikasta ja ratkaisuksi tarjottiin muun muassa uusiutuvan energian lisäämistä, fossiilisista polttoaineista luopumista ja liikenteen sähköistämistä. Energiamurroksen mahdollisimman kestävä toteuttaminen edellyttää myös raaka-aineiden saantia kotimaisista kaivoksista.

Tutkimus ja sen tarjoaman tiedon hyödyntäminen ovat niin ikään olleet keskeisiä teemoja keskustelussa. Samaan aikaan puolueet ovat kuitenkin säätämässä kokonaan uutta veroa kaivoksille. Perustelut ovat toistaiseksi olleet vain otsikkotason heittoja. Vastuullisen päätöksenteon tueksi tarvitaan tutkimustietoa kaivosten verojalanjäljestä ja veron perusteista.

Malminetsinnän ja kaivostoiminnan keskeisiä edellytyksiä ovat esiintymän hyödyntämisoikeus, siihen liittyvä etuoikeus ja yksinoikeus suhteessa kilpailijoihin, käyttöoikeus kaivostoiminnassa tarvittaviin alueisiin sekä oikeuksien pysyvyys, siirrettävyys ja pantattavuus. Kaivoslain historiallinen tausta on pitkälti elinkeino-oikeudellinen. Ympäristöön, maankäyttöön ja luonnonvarojen säästävään käyttöön liittyvien näkökohtien merkitys on kuitenkin jatkuvasti kasvanut. Vuoden 2011 kaivoslain uudistamisen taustalla olivat keskeisesti paitsi muuttunut lainsäädäntö myös erityisesti perusoikeuksista johtuva oikeustilan kehittymisen kirjaaminen kaivoslakiin sekä silloinen näkemys hallintomenettelystä ja osallistumisoikeuksista. Tältä osin voidaan luonnehtia uudistuksen olleen eräänlainen vastapaino vuoden 1965 kaivoslain säädöksille.

Uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö on tutkimuksen, keskustelun ja myös poliittisten linjausten kohteena. Keskustelu on maailmanlaajuista, mutta Suomea koskettaa erityisesti Euroopan Unionin sisällä käytävä keskustelu, jossa raaka-aineiden saatavuus on huomioitu aivan uudella tavalla. Energiamurros, akkuminaalit, kiertotalouden vaatimukset ja mahdollisuudet sekä ilmastomuutos kytkeytyvät kaikkialla kaivostoiminnasta käytävään keskusteluun. Suomessa kaivostoimintaan on viimeisten vuosien aikana kohdistunut osin voimakastakin kritiikkiä. Tämä näkyy myös lupamääräysten kehityksessä sekä ympäristölainsäädännön muutospaineina.

Malminetsintä on kaivosteollisuuden T&K-toimintaa. Kyse ei ole teollisesta toiminnasta, vaan pitkäaikaisesta tutkimusprosessista, jonka vaikutukset luontoon tai ympäristöön ovat kokonaisuudessaan vähäiset. Malminetsintä vaatii pitkäaikaisia tutkimuksia ja merkittäviä satsauksia ilman, että yhtiöllä on mitään varmuutta tuotantovaiheeseen etenemisestä. Suomessa malminetsintään käytetään 50 - 100 miljoonaa euroa vuosittain. Jonkun on otettava riski, ja siksi tarvitaan kaivoslain etuoikeutta - etuoikeutta tutkimuksen tekemiseen, mutta ei oikeutta kaivoksen perustamiseen.

Kaivoslaki muodostaa keskeisen lainsäädännöllisen kehyksen sekä malminetsinnälle että kaivostoiminnalle. Samalla kaivoslaki ilmentää kulloinkin voimassa olevaa yhteiskunnan suhtautumista kaivostoimintaan ja sen kehittämiseen. Kaivoslain muutosprosessi pitääkin nähdä pitkäaikaisempaan prosessiin. Suuremmat muutokset edellyttävät lisää kokemuksia ja tietoa sekä näkemystä.

Huhtikuun lopulla TEM kertoi selvitystyön alustavista havainnoista. Vuoden 2011 kaivoslain perinpohjaiselle muuttamiselle ei ole tarvetta. Sen sijaan kaivoslain ja muun kaivoksia koskevan lainsäädännön välisessä suhteessa on ilmennyt mahdollisia muutostarpeita. ▲

Hipsu Hiilen ihmeelliset seikkailut

Osa 6: Raudan ja hiilen epäortodoksinen liitto

Tasapainomaan energiatasangolla yhdessä muutaman muun hiiliatomien kanssa vaelteleva pienen pieni hiiliatomi Hipsu tunsii lopulta kohdanneensa lupaavan mahdollisuuden itselleen sopivan yhteisön löytämiseen. Sen kohtaamat muutamat yksittäiset rauta-atomit tuntuivat suhtautuvan Hipsuun ja sen kumppaneihin vapaamielisemmin kuin toistaiseksi tavatut muut metalliatomit.

Toki niidenkin keskuudessa esiintyi vaihtelua kohtaamisissa, mutta valtaosan suhtautuminen oli muita metalliatomeja avoimempaa ja sallivampaa. Joidenkin kohdalla se oli jopa houkuttelevaa. Lisäksi rauta-atomit puhuivat jotakin salaperäisistä lämpötilan muuttuessa esiintyvistä muutoksista, jotka kiehtoivat aina uteliasta ja uutta etsivää Hipsua. Niinpä se kulki pienen hiiliatomien muodostaman joukon kärjessä etsimässä sopivaa muodostumassa olevaa rauta- ja hiiliatomien yhteisöä.

Eipä aikaakaan, kun sellainen yhteisö sattui Hipsun silmiin ja se johdatti joukkonsa rauta-atomeista koostuvan ryhmän ja sen ympärillä parveilevien hiiliatomien luo. Melkein välittömästi kävi ilmi, että hiiliatomit olivat jo keskustelleet lämpötilan kutsumisesta apuun lopullisen rauta-hiiliyhteisön muodostamiskokeilun käynnistämiseksi. Hipsun joukkueen liittyminen mukaan sai päätöksen syntymään nopeasti ja lämpötila kutsuttiin paikalle.

Lämpötilan noustessa rauta-atomit ryhmittäytyivät muiden metalliatomien tapaan kiinteäksi rakenteeksi ja hiiliatomit lähtivät Hipsu etunenässä pyrkimään mukaan tuohon rakenteeseen. Hipsu huomasi, että rakenteessa oli rauta-atomien välissä sopivasti tyhjiä tiloja, joihin se voi sijoittua. Tosin nuo tilat olivat Hipsua pienempiä ja siten vähän ahtaita.

Rauta-atomien väljähköstä pinoutumisesta ja yleisestä myötelemisyydestä johtuen ne olivat kuitenkin valmiita antamaan periksi sen verran, että Hipsu kumppaneineen pääsi sisään muodostumassa olevaan yhteisöön. Pian se havaitsi kykenevänsä jossain määrin jopa liikkumaan rauta-atomien väleihin muodostuneita kanavia pitkin. Tosin kanavat olivat sen verran ahtaita, että Hipsu toivoi joko muuttuvansa laihemmaksi tai kanavien muuttuvan väljemmiksi liikkumisen helpottamiseksi.

Osoittautui myös olevan niin, että vain pieni osa sisään pyrkivistä hiiliatomeista mahtui mukaan uuteen rauta-hiiliyhteisöön. Lisäksi hiiliatomeja pystyi yhteisöön sijoittumaan vain siten, että ne liittyivät yhteen houkuttelevimpien rauta-atomien kanssa ja muodostivat niiden kanssa pysyviä saarekkeitä samaan tapaan kuin Hipsu oli nähnyt aikaisemmin tapahtuvan hiili- ja kromiatomien yhteisössä. Nyt saarekkeitä oli kuitenkin vain yhtä lajia ja niissä oli aina kolme rauta-atomia yhtä hiiliatomia kohti. Hipsu kutsui mielessään näitä saarekkeitä rautakarbidiksi.

Yhä suuremmaksi käyvän ahtauden ja liikkumisen vaikeutumisen vuoksi vapauttaaan rakastava Hipsu ehdotti, että apuun pyydetäisiin lisää lämpötilaa tilanteen lievittämiseksi. Näin myös tehtiin. Aluksi ei tuntunut tapahtuvan juuri mitään. Nousevan lämpötilan myötä rauta-atomien lisääntyvä liikkuvuus tosin helpotti tilannetta hiukan, mutta varsinainen ongelma ei poistunut. Muistellen aikaisemmin kohtaamiensa rauta-atomien puheita salaperäisistä muutoksista lämpötilan



muutosten mukana Hipsu ja sen kumppanit pyysivät rohkeasti lisää lämpöä.

Yhtäkkiä tilanne muuttui dramaattisesti. Kun salaman iskusta kaikki rauta-atomit päättivät yhtä aikaa loksahduttaa kokonaan uuteen pinoutumisjärjestykseen. Se oli aikaisempaa tiiviimpi, mutta toisaalta rauta-atomien väliin jäivät tyhjät kolot olivat äkillisesti paljon suurempia ja hiiliatomit pystyivät sijoittumaan niihin paljon helpommin. Niitä mahtui myös rakenteeseen merkittävästi aikaisempaa enemmän niin, että kaikki yhteisöön pyrkimässä olleet hiiliatomit mahtuivat nyt mukaan. Niitä oli näet loppujen lopuksi kuitenkin hyvin

pieni määrä rauta-atomien lukumäärään verrattuna. Aikaa myöten myös rautakarbidisaarekkeisiin sitoutuneet hiiliatomit pyrkivät irti sidoksistaan ja pujahtelivat kukin omaan tyhjiin koloonsa. Lopulta kaikki karbidisaarekkeet olivat kadonneet ja hiiliatomit lekottelivat kukin omissa kolossaan jakaantuneina tasaisesti kautta koko rakenteen.

Liikkuminen kolosta toiseen oli kuitenkin aikaisempaa hankalampaa, koska rauta-atomien tiiviimpi pinoutuminen oli entisestään kaventanut kolosta toiseen johtavia kanavia. Vaikka olotila uudessa rautarakenteessa tuntuikin keskimäärin ottaen varsin mukavalta, Hipsu halusi päästä liikkumaan paremmin ja ehdotti taas korkeamman lämpötilan pyytämistä. Jotkut hiiliatomit halusivat kyllä jo asettua aloilleen ja nurisivat ainaisista muutoksista, mutta taipuivat lopulta Hipsun toiveeseen ja lämpötila alkoi taas nousta.

Liikkuminen helpottui taas hiukan lämpötilan kohoamisen myötä, mutta perusongelma oli ja pysyi. Yhtäkkiä kuitenkin tapahtui taas radikaali muutos. Rauta-atomit päättivät ryhmittäytyä taas nopeasti uuteen järjestykseen, joka osoittautui olevan kopio aikaisemmasta matalassa lämpötilassa vallinneesta pinoutumisesta. Hiiliatomien tila rakenteessa kävi taas ahtaaksi ja ylimääräisiksi jääneet atomit alkoivat tuskastua oloihinsa. Lämpötilan edelleen noustessa rauta-atomien keskinäinen sitoutuminen alkoi pettää siellä täällä ja ne irtautuivat rakenteesta vapaasti liikkuvaksi massaksi. Ylimääräiset hiiliatomit pujahtivat sujuvasti mukaan tuohon vapaasti liikkuvaan joukkoon ja lopulta koko yhteisö oli mukana kiihkeissä karkeloissa.

Kun lämpötilalle annettiin lupa poistua, tapahtumat toistuivat vaiheittain päinvastaisessa järjestyksessä. Lopputuloksena oli aikaisempi matalan lämpötilan rakenne, jossa osa hiiliatomeista oli jakautuneena tasaisesti harvakkosti pinoutuneeseen rautarakenteeseen ja osa oli sitoutuneena Hipsun rautakarbidiksi kutsumiin saarekkeisiin.

Hipsua kuitenkin kiinnosti se, että rautaan mahtui tietyn lämpötila-alueen rakenteessa paljon enemmän hiiliatomeja tasaisesti jakautuneina kuin sen ala- ja yläpuolisissa lämpötiloissa ja rakenteissa. Se kyseli rauta-atomeilta syytä moiseen tilanteeseen, mutta kukaan ei osannut siihen vastata. Ne vain selittivät käyttäytymisen ja pinoutumisjärjestyksen muutosten olevan jotenkin sisäänrakennettuna niiden perimään.

Hipsu jäi ihmettelemään, mitä sitten tapahtuisi, jos lämpötilan muutokset varsinkin jäähtymisen yhteydessä olisivat nopeita eivätkä kankeammin liikkuvat hiiliatomit ennättäisi ryhmittäytyä uudeksi muuttuneen rakenteen mukaiseen järjestykseen. Se, miten Hipsu päätti selvittää tätä kysymystä, ja mitä siitä sitten seurasi, onkin seuraavien tarinoiden aiheena. ▲



PERTTI VOUTILAINEN

Tulos tai ulos

Näin unta. Siinä elettiin vuotta 2040 ja olin valmistautumassa 100-vuotispäivieni viettoon. Kunniavieraaksi oli tulossa tasavallan presidentti Paavo Värynen, jolla toinen kausi presidenttinä oli lähestymässä loppuaan. Valtakunnassa oli kova keskustelu meneillään siitä, pitäisikö Paavo poikkeuslailla valita kolmannelle kaudelle. Heräsin ja tyytyväisenä totesin, että on maailmassa vielä jotakin pysyvääkin jäljellä. Ei ollut tekoäly kaikkea muuksi muuttanut.

Vaalitaistelun tuoksinassa meille luvattiin jälleen monia hyviä asioita. Sellaisten lupauksen pohjalta olisi helppoa suhtautua tulevaisuuteen luottavaisena, ellei tietäisi, että kaikkea luvattua emme tule saamaan. En ole ihan varma, lupasiko kukaan panna verot valtion maksettaviksi. Pohjanoteeraukseksi lasken ehdotuksen nuuskan laillistamisesta Suomessa. Perusteluksi tuntui riittävän, että Ruotsissa nuuskaaminen on sallittua. Toivottavasti tätä ei tuomita vihapuheeksi, kun sanon, että ruotsalaiset ovat tässä asiassa täysin pöhköjä. Ja pöhköjä ovat sellaiset suomalaisetkin, jotka tällaisen ehdotuksen tekijälle ovat äänensä antaneet. Raipparangaistus tulisi heille tuomita.

Vaalien hyvistä tuloksista – ja hyvällä syyllä – on tuotu esille naisten esiinmarssi. Naisedustajien määrä eduskunnassa nousi uuteen ennätykseen. Samanlainen tasa-arvokehitys tuntuu olevan vallalla muuallakin. Jopa pelätty ja vihattu terroristijärjestö Isis on ilmoittanut, että ”nainenkin voi päästä paratiisiin, mikäli hänen miehensä ja poikansa kaatuvat kunnian kentillä”. Hyvässä seurassa ollaan.

Ihan täysin överiksi meni keskustelu ilmastonmuutoksen torjunnasta. Kiiluvasilmäiset nuoret naiset yksi toisensa jälkeen ilmoittivat halustaan tulla maailman pelastajiksi. Mutta mahtoivatko he tietää, miten temppu tehdään. Onhan tämä tärkeä kysymys, mutta ”jäitä hattuun”. Fiksuille nuorille naisille olisi helpompiaakin ja ihan tärkeitä hommia tarjolla. Realismia on ymmärtää, että globaalin ilmastonmuutoksen kohtalon lopulta ratkaisevat isojen valtioiden johtajat. Omien voimien rajallisuuden tunnustamisesta löytyy oiva oppi Kekkosen ajalta. Moskovasta ehdotettiin, että Suomen olisi viisasta liittyä neuvostovaltioiden joukkoon. Viisaasti siihen vastasi presidenttimme, joka kertoi jo olevansa liian vanha ja heikko ottaakseen niin suuren valtion johtamisen vastuulleen.

Politiikan tekemisen kulttuuri tuntuu eriytyvän ns. tavallisen kansalaisen tavasta ajatella. Tämä tuli erityisen selvästi esille, kun eduskuntavaalien tuloksen tultua julki

kovin moni juuri valittu kansanedustaja ilmoitti, että hän lähtee ehdokkaaksi eurovaaleihin. Ja kaiken huippu on, että eräät ehdokkaat samassa yhteydessä kertoivat, etteivät tulisi vastaanottamaan tehtävää Euroopan parlamentissa, vaikka tulisivat valituiksi. Tämä tuntuu kovasti moraalittomalta touhulta, enkä usko olevani ainoa, joka tästä uutisesta tuli vihaiseksi. Mutta poliittinen eliitti elää omaa elämäänsä, mikä ei suinkaan liene ollut alkuperäinen tarkoitus, kun parlamentaarisia hallintomalleja rakennettiin. Meitä petetään. Pettäjille tuomitsisin häpeärangaistuksen jalkapuuissa kirkon ovella. Veikkaanpa, että tämä auttaisi, eikä järeämpiä keinoja tarvittaisi.

Tätä kirjoittaessani en vielä tiedä, millaisella ohjelmalla hallitus meitä lähivuosina hallitsee. Varmaankin sote pysyy edelleen tärkeänä riidan aiheena. Kahden viimeisimmän epäonnistumisen väli oli 1 452 päivää. Jos samalla vauhdilla jatketaan, seuraava katastrofi tässä asiassa koetaan helmi-maaliskuun vaihteessa 2023. Sellaista parannusta prosessiin ehdotan, että poliittikoherrat Helsingissä kabineteissaan ja valiokunnissaan keskittyisivät pelkästään hallintohimmeleiden piirtelyyn ja antaisivat asiantuntijoiden sillä välin hoitaa itse asia valmiiksi.

Itävallassa järjestettiin keskitalvella isot hiihtokilpailut. Mitalitaulukossa Norja päihitti Suomen lukemin 25 – 1. Hävettää. Jos olisin tiennyt oikean osoitteen, olisin lähettänyt joukkueemme johtajalle viestin: siellä on hiihtokilpailut, tulkaa kotiin. Niin kovin monta kertaa olen vaatinut urheilurahojen ja valmentajien erottamista, mutta eipä ole parannusta tapahtunut. Päävalmentaja totesi, että Suomella oli huono onni. Jos mitalien määrä onnesta kiinni on, niin kävipä Norjalla satumaisen hyvä tuuri, kun kaikki mitalit satoivat heidän laariinsa. Tämä asia on minulle tärkeä, koska en koskaan malta olla lyömättä vetoa Suomen menestyksen puolesta. Ja nykymeno tulee kalliiksi. Olisikohan jossakin terapeutti, joka voisi auttaa. Tiedän kyllä, että tällainen riippuvuus on aivojen sairaus, joka aiheuttaa pakonomaisen himon vedonlyöntiin. Eipä tähän taida täydellistä lääkettä olla olemassa, joten on pakko alistua kohtaloonsa. Sellaisen ehdotuksen kuitenkin teen, että valitaan Juha Sipilä päävalmentajaksi. Hän varmaan älyäisi erota, jos ei tulosta tule. Tulos tai ulos. ▲

-Miten siilit siittelevät?

-Hyvin hyvin varovasti.



VASTUULLINEN GLOBAALI KAIVOSTOIMIJA



Toimimme vastuullisesti, osallistavasti ja ympäröivää yhteisöä kunnioittaen sekä paikallista elinkeinoelämää tukien. Sakatti on uusi ja ainutlaatuinen monimetalliesiintymä, jossa on suuri potentiaali tulevaisuuden metalleille.




Conceptual & Feasibility studies
Permitting
Environmental & Water technology
Basic & Detailed engineering
Project & Construction management
Site management
Engineering services for maintenance

www.ctse.fi

Teräspalvelukeskus

Miilux® OY

Hannu Rantasuo 044 7713 695
 Mikko Harjula 050 4347 030
 Harri "Hemmi" Hutka 050 4302 873
 Juha Huttunen 044 7713 694

www.miilux.fi



Kuljetinhinnat ja tarvikkeet.
Asennus- ja huoltopalvelut.

www.contitech.fi

ContiTech



NORICKEL

HARJAVALTA

Nikkelijalostuksen maailmanluokan asiantuntija

www.nornickel.fi

CHAMPIONDOOR®

Toimintavarmat ovet koviin olosuhteisiin



www.championdoor.com



Research for a sustainable future

Swerim is a leading industrial research institute within mining engineering, process metallurgy, materials and manufacturing. We are 190 professionals in two locations in Sweden – Luleå and Stockholm.

www.swerim.se

LABORATORIOKUMPPANISI POHJOISMAISSA



EUROFINS LABTUM OY

WWW.LABTUM.FI

FINNCOBALT

- * Revitalisation of the Outokumpu Mining Camp
- * Aiming to produce Traceable and Responsible battery-grade Co-and Ni-chemicals

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.



Teknologiaateollisuuden 100-vuotissäätiö

Vuodelle 2020 haettavien apurahojen **hakuilmoitus** tulee Metallinjalostajien rahaston kotisivuille **1. syyskuuta 2019** (<http://techfinland100.fi/>). Lisätietoja antaa asiamies Juho Talonen, puh. 040 595 1181, sähköposti: [juho.talonen\(at\)outokumpu.com](mailto:juho.talonen(at)outokumpu.com).



Knowledge grows

Kivestä leipää jo 50 vuotta



Yara on maailmanlaajuinen kivennäis-
lannoitteiden, teollisuuskemikaalien ja
ympäristönsuojelutuotteiden toimittaja.

Yaran Siilinjärven apatiittikaivos
tuottaa fosforia, joka on yksi kasvin
pääravinteista. Fosfori jatkojaloste-
taan fosforihapoksi ja lannoitteeksi.
Näin kasvin tarvitsemat ravinteet
kulkevat viljan kautta
suomalaisten
ruokapöytään.

yara.fi

[@YaraSiilinjärvi](https://www.facebook.com/YaraSiilinjärvi)



Ilmoittajamme tässä lehdessä

AA Sakatti Mining	76	Miilux Oy	76
Agnico Eagle Finland Oy	2.kansi	New Paakkola Oy	26
AGA GAS AB	68	Nordkalk Oy Ab	42
Arctic Drilling Company Oy	4	Norilsk Nickel Harjavalta Oy	76
Astroock Oy	37	Normet Group Oy	42
Atlas Copco	30	Orica	36
Boliden Harjavalta	57	Outokumpu Chrome	51
Brenntag Nordic Oy	79	Ovako	41
Champion Door	76	Palsatech Oy	26
ContiTech Finland Oy	76	Pyhäsalmi Mine Oy	26
CTS Engtec Oy	76	RF Valves	41
EIT Raw Material	58	Sandvik Mining and Construction Oy	38
Epiroc Finland Oy	3.kansi	Sotkamo Silver Oy	23
Expomark	35	Suomen TPP Oy	51
FinMeas Oy	4	Swerim Ab	76
Flowrox Oy	25	Weir Minerals Finland Oy	3
Forcit Oy	6	Wihuri Oy	52
GRM Services Oy	6	Vulcan Hautalampi Oy	76
Oy KATI Ab	4	Yara	77
Keliber OY	4		
Kokkolan Satama Oy	26		
Labtium Oy	76		
Metallinjalostajien rahasto	76		
Metso Minerals Oy	takakansi		

Mansen Mörinät

TEKSTI: **LEENA K. VANHATALO**

Pirkanmaalla järjestettiin huhtikuun ensimmäisenä viikonloppuna perinteinen Mansen Mörinät. Raskaskone- ja kuljetuskalustoammattilaisia kävi tapahtumassa arviolta 10 000 henkeä. Kaivoskonekalustoa myyvistä yrityksistä olivat tapahtumassa mukana muun muassa Rotator Oy, Suomen Rakenuskone Oy ja Wihuri Oy Witraktor. Suomen Rakennuskone Oy:n Kari Kokkonen ennusti kuluvalle vuodelle vielä hyvää vuotta rakennuskonealalla. Kuten Suomen Rakennuskoneella myös Rotatorilla kerrottiin vuokrakone- ja markkinoiden olevan kasvussa. ▲

Hallituksen hyväksymät jäsenet ja nuoret jäsenet (N)

15.3.2019: Barron, Pelayo (geo); Bates, Liam (met); Cabaliero, Enrique Hernandez (kai); Ekman, Kai (met); Georgi, Jaakko (geo)N; Grönqvist, Niina (rik); Harju, Jenni (geo); Harrikari, Atte.Mainio (rik)N; Haviala, Erik (rik); Järvenpää, Marko (met)N; Järvinen, Heini (met)N; Kaisanlahti, Janne (rik); Kalliomäki, Matti (kai); Kangas, Kimmo (kai); Kankkunen, Tommi (rik); Karppinen, Kimmo Kalevi (met); Kattilakoski, Ville Valtteri (met); Karvinen, Speep (geo)N; Kokko, Sini-Maaria Eveliina (geo); Konttinen, Antti (met); Korpinen, Kari (kai); Korte, Niko (met); Koskela, Elina (geo)N; Kostiainen, Mauri (met)N; Kujala, Jari (rik); Kurhila,

Matti (geo); Laakso, Viveka (geo)N; Laaksonen, Valtteri (geo)N; Larkiola, Jari (met); Lehtiniemi, Iiro (met); Leinonen, Esa Tapani (kai); Luoto, Olli-Pekka (geo)N; Lätti, Pauli (kai); Löönen, Jani (rik); Markkinen, Otso (geo); Marttiini, Markus (rik); Molkkari, Emmi-Kaisa (geo)N; Mäkinen, Jonna (geo)N; Niemelä, Jussi (met); Nieminen, Ville (kai)N; Nevatalo, Laura (rik); Nyström, Stefan (kai); Näkki, Jonne (met); Ohvo, Viivi (geo)N Oiva, Johanna (geo); Ollila, Juho (rik)N; Paadar, Johanna (geo); Paasovaara, Niina (rik); Palo, Juha (met); Pellinen, Jaakko (rik); Piispanen, Anni (geo)N; Pikkuaho, Onni Kaarlo (met)N; Pokela, Pekka (met);

Pussinen, Eetu (geo); Puumalainen, Topias (geo)N; Pyysing, Juuso (rik); Rankinen, Heli (geo)N; Rantanen, Hanna (geo)N; Ravanto, Toni (rik); Romedahl, Stefan Lars Brehmer (kai); Röning, Hille (geo); Saira, Jesse (rik); Sieppi, Juha (met); Sjövall, Tapio (rik); Steen, Petteri (met); Suvanto; Aappo (kai); Tikander, Anna-Mari (kai); Törnkvist, Niklas (rik); Uusikorpi, Juuso (geo)N; Vaarala, Topi (rik)N; Vainionpää, Valtteri (met)N; Velazquez-Martinez, Omar (rik); Yli-Petäys, Juha (kai)

3.5.2019:Tepsell, Johanna (geo)

Jaostot tiedottavat:

Kaivos- ja louhintajaoston

SYYSRETKI

suuntautuu iloiseen itä-Suomeen
30.9.-1.10.2019.

Retken teemana on kaivoksen elinkaari eli tutustutaan toiminnan eri vaiheissa oleviin kaivoksiin: Pyhäsalmen kaivos, Terrafamen kaivos ja Sotkamo Silverin kaivos sekä laitevalmistaja Normet.

Rikastus- ja prosessijaoston

SYYSEXCURSIO KOKA'19

järjestetään syyskuussa.

Lisätietoja luvassa lähiaikoina! Seuraa jaoston ajankohtaisia asioita VMY:n nettisivuilta tai jaoston sosiaalisen median kanavilta.



WELCOME TO FEM 2019 – Top reasons to attend

- Outstanding networking opportunities - meet the key actors and influencers face-to-face.
- High-level speakers, engaging presentations, short courses and mine excursions.
- Be inspired, learn and share your vision.
- Widen your network, do business, bring fresh ideas back to your company – and have fun!

Main sponsor



AGNICO EAGLE
FINLAND



Kaivosteollisuuden raaka-aineet



Brenntag Nordic Oy kuuluu Brenntag-konserniin, joka on kemikaalijakelun globaali markkinajohtaja.

Pohjoismaisessa kaivosteollisuudessa hyödynnämme globaalia osaamistamme ja kokemustamme.

PÄÄTUOTTEET

- Aktiivihielet
- Ditiiofosfaatit
- Jauhinkuulat ja tangot (myös kromiseosteiset)
- Kupari- ja sinkkisulfaatti
- Pölynestoaineet
- Yleisesti kokooja-, kerääjä-, painaja-, vaahdotus-, aktivointi- ja pH-säätökemikaalit rikastukseen
- Prosessivesien käsittelykemikaalit

PALVELUT

- Kemikaalitestaukset ja konsultaatio
- Starttipaketit uusille kaivoksille
- Varastointi- ja logistiikkapalvelut

YHTEYSTIEDOT

Brenntag Nordic Oy

Mikko Kähäri

Puhelin 040 708 7006

mikko.kahari@brenntag-nordic.com

<http://www.brenntag-nordic.com/fi/>



Näyteluento dosenttuuriin: Imaginäärisen materian elinkaarianalyysi

TEKSTI JA KUVAT: TOSIKOIDEN MYÖTÄVAIKUTUKSELLA **FRISCO**.

Vapun alla pidettiin Aalto-yliopistolla näyteluento dosenttuuria varten aiheenaan: ”Tosikoiden ja maasäteilyn energiavarastointi vuosikymmenien valinkauhassa”. Luennoitsijana oli TkT, e.i.o.c. (Tekniikan tohtori extra ordinem ioci causa) Teemu Kerppu.

TkT, e.i.o.c. Teemu Kerppu on suorittanut diplomityön 1971 ”Vuoriteollisuusolosuhteiden vaikutus teekkari-insinööritransformaation mekanismiin”, työn valvojana toimi professori Aimo Mikkola. Hän väitteli tekniikan tohtoriksi 26.11.2007, väitöskirjan aiheena: ”Elinkaaren kattavat käyttäytymisohjeet”, ja promovoitiin nimikkeellä Tekniikan tohtori extra ordinem ioci causa (e.o.i.c.) promoottori professori Olavi Nevanlinnan toimesta 2.4.2008. TkT, e.i.o.c. Teemu Kerppu on tunnettu teekkarihengen joukkotiivistymisen esiintymisen kartoitustyön tuntijana ja tutkimuksistaan tekniikan taitajien alttiudesta lähiympäristön vaikutuksille. Viime aikoina hän on keskittynyt energiavarastointiin erityisesti maasäteilyn sovelluksissa.

Näyteluento oli koonnut Kemian tekniikan korkeakoulun luentosali Ke 2:een runsaan joukon Tosikkoja sekä vanhempia ja nuorempia tieteen harjoittajia. Tupa oli täysi. Tilaisuuden avasi Aalto-yliopiston provosti Kristiina Mäkelä, ja alustusta luentoan antoi professori Mari Lundström.

Yleisö ei joutunut yllätyttyään siitä, että TkT, e.i.o.c. Kerppu ei itse ilmaantunut pitämään luentoaan, vaan toteutti jo totuttua tapaansa käyttää tilaisuuksissa sijaista. Kunnian oli tällä kertaa saanut Tosikko Pekka Purra.

Itse luento oli sisällöltään vankan tieteellinen ja imaginäärinen, ja sen tieteellinen arviointi ei tuottanut suuria vaikeuksia. Pedagogisen arvioinnin teki yliopiston lehtori, dosentti Kirsi Yliniemi, joka joutui toteamaan luennon pedagogiset ansiot. Oli niitä tai ei. Lopuksi TkT, e.i.o.c. Teemu Kerppu todettiin dosenttuurin arvoiseksi, ja sai sen osoituksena akateemisia huomionosoituksia.

Asiaan kuuluvasti tämän jälkeen nautittiin kuohuviiniä ja kakkukahvit. Jälkipuheissa skumppalasin yli todettiin tämänkaltaisten jäynien koko lailla hyvin vahvistavan ja liimaavan yhteen senioriteekkarien, yliopiston ja opiskelijoiden, tässä tapauksessa erityisesti vuorimiesten yhteenpuhallusta. Mistä ei ole varsinaista haittaa pitemmälläkään tähtäyksellä.

Tulevan dosentin koko luento on nähtävillä vuorimiesyhdistyksen sivuilla MATERIA-lehden alaotsakkeessa: <https://materia.vuorimiesyhdistys.fi>. ▲



Vuorimiespäivien jälkipuintia

Vuorimiespäivät ovat jälleen kerran takana päin. Vuosikokous meni sujuvasti Jari Rosendalin ja Kari Tähtisen puheenjohtajilla. Kokouksen jälkeen kuulumme Mika Anttosen tavattoman mielenkiintoisen pohdinnan siitä, mihin ilmastoasioissa ollaan menossa. Myös Bo Normark ja Martin Pei valaisivat omista näkövinkkeistään vuoriteollisuuden roolia energiamuutoksessa.

Vuosikokoukseen ilmoittautui peräti 738 jäsentä, mikä oli kaikkien aikojen ennätys. Myös illallisella (527) ja lauantain lounaalla (658) oli ennätysmäärä juhlijoita. Molemmissa oli tupa täynnä ja jopa muutama halukas enemmänkin olisi tullut, jos paikkoja olisi ollut enemmän. Illallistanssiaiset juhlittiin Messukeskuksen Siivessä. Messukeskus ja Fazer hoitivat tilaisuuden kaikin puolin hyvin ja isäntäyrittäjä SSAB tarjosi hienon ohjelman ja juhlalliset järjestelyt. Tunnelma oli taas mukaansa tempaava.

Seuralaisten ohjelma SSAB:n isännöimänä oli kiinnostava ja onnistunut. Seuralaiset tutustuivat Helsingin Empire-keskustan Torikortteleihin sekä ”Helsingin valitut palat”-näyttelyyn Kaupunginmuseossa.

Se ”parempi lounas” lauantaina nautittiin perinteisin menoin Crowne Plaza Humpsvakarnien ja Sipilä Swing Bandin tahdittamana. Myös Senkkasiskojäseniä kuultiin solisteina. Ensi vuonna pitkä putkemme katkeaa, sillä Crowne Plaza on remontissa Vuorimiespäivien aikaan, joten joudumme hakemaan lauantain lounaalle toisen paikan.

Parhaimmat kiitokset onnistuneista järjestelyistä kaikille yhteistyökumppaneille ja erityisesti isäntäyrittäjässämme SSABlle. Jarmo Lilja ja hänen tiiminsä hoitivat isännöinnin mallikkaasti. Vuorimieskillan järjestelijät Ted Nuorivaara, Waltteri Leskinen, Atte-Mainio Harrikari ja Sauli Rytkönen junailivat ryhdyttävästi ilmoittautumiset ja paikkavaraukset. He tekivät valtavan työn tasapainoilemalla yritysten ja ryhmien ennakkovarausten ja yksittäisten pöytävaraajien toiveiden välillä.

Uusi varausjärjestelmämme oli tulikasteessa ja sillä pärjättiin, mutta kehitystarpeita on kovasti ensi vuotta



varten. Webmasterimme, Topias Sirénin johdolla kehitämme varausjärjestelmää kesän ja syksyn aikana ja siitä tullaan tiedottamaan riittävästi loppuvuodesta. Ryhmävaraukset ovat edelleen mahdollisia, mutta varaajan ei tarvitse maksaa koko pöytää, vaan hänen kutsumansa henkilöt voivat itse käydä syöttämässä tietonsa pöytäan ja samalla maksamassa oman osuutensa. Tämänkertainen panniikki vähenee myös sillä, että paikkoja on riittävästi, joten kaikki halukkaat mahtuvat mukaan! Myös perinteisiä senioripöytiä otetaan uudelleen käyttöön. Olennaista on, että varausjärjestelmän avautuessa yksittäiset jäsenet pääsevät heti varaamaan paikkojaan eikä vain lukemaan ”0 paikkaa vapaana” tekstejä jokaisen pöydän kohdalta. Olemmekin sentään henkilöjäsenyhdistys!

Ensi vuonnakin Vuorimiespäivät ajoittuvat maaliskuun viimeiseen viikonloppuun. Voit tehdä varauksen kalenteriin 27.-28.3.2020. Kokous järjestetään Marina Congress Centerissä. Sekä illallinen että lauantain lounas juhlitaan Dipolissa. Isäntäyrittäjäksi ensi vuonna on lupautunut ABB!

Hyvää kesää ja Vuorimiespäivien välistä aikaa!

ARI

VUORIMIESYHDISTYKSEN TOIMIHENKILÖITÄ 2019

PUHEENJOHTAJA/ President

DI Jari Rosendal, Kemira Oyj Porkkalan-
katu 3, 00180 HELSINKI 040 595 1456,
etunimi.sukunimi@kemira.com

VARAPUHEENJOHTAJA/

Vice president

TkT Kalle Härkki, Outotec (Finland) Oyj PL
86, FI-02201 Espoo 040 513 3383, etunimi.
harkki@outotec.com

PÄÄSIHTEERI/ Secretary General

TkL Ari Juva Adjutantinkatu 8 b 19, 02650
Espoo 0400457907
etunimi.sukunimi@vuorimiesyhdistys.fi

WEBMASTER

TkT Topias Siren, 050 354 9582
topias@smcoy.fi

RAHASTONHOITAJA/Treasurer

DI Leena K. Vanhatalo Vasamantie 122,
33450 Siivikkala 050 383 4163
leena.sukunimi@vuorimiesyhdistys.fi

GEOLOGIAOSTO/ Geology section

FM Leena Rajavuori, pj/chairman Agnico
Eagle Finland Oy,
Leena.Rajavuori@agnicoeagle.com,
puhelin: 040 350 1127
FM Jouko Nieminen, sihteeri/secretary,
GTK, 0400 714582
etunimi.sukunimi@gtk.fi

KAIVOS- JA LOUHINTAJAOSTO/ Mining and Excavation section

DI Mari Halonen pj/chairman Forcit Oy,
040 869 0417
etunimi.sukunimi@forcit.fi
DI Simo Laitinen, sihteeri/secretary,
YIT Oyj, 050 411 8400
etunimi.sukunimi@yit.fi

RIKASTUS- JA PROSESSIAOSTO/ Mineral processing section

Ins. Simo Pyysing, pj/chairman,
Weir Minerals Finland Oy,
040 3505542 etunimi.sukunimi@mail.weir
DI Sini Anttila, sihteeri/secretary
TerraFame, 0407091776
etunimi.sukunimi@terrafame.com

METALLURGIJAOSTO/ Metallurgy section

DI Lauri Närhi pj/chairman Outotec
(Finland) Oy, 040 189 6868
etunimi.sukunimi@outotec.com
DI Miia Pesonen sihteeri/secretary Boliden
Kokkola Oy, 040 176 4301
etunimi.sukunimi@boliden.com

Kivi, paperi, SmartROC CL



United. Inspired.

Se ei ole pelkkä porauslaite, vaan polku jota pitkin vain harvat voivat kulkea. Se ei ole vain tekniikkaa, vaan se on muistutus kaikista, jotka ovat kulkeneet täällä ennen meitä. Se ei ole vain insinööritiedettä, vaan taitoa ja intohimoa. Se ei ole kilpailua vaan yhtenäisyyttä.

SmartROC CL – tehokkain maanpäällinen porauslaite, jonka olemme valmistaneet.



Mitä kaivoksellesi merkitsisi, jos saisit vuodessa enemmän tuotantopäiviä?

Murskausprosessilla on keskeinen rooli kaikessa kaivostoiminnassa. Tiedätkö, että juuri murskainten kulutusosat ovat pääosassa siinä, miten tehokkaasti tuotanto toimii, vai syntykö katkoksia.

Metson kammio-optimointiohjelma on kehitetty parantamaan kaivoksen kokonaistehokkuutta. Suunnittelemme kulutusosat juuri sinun tarpeittesi mukaan. Työkalumme tukeutuu satoihin optimointiprojekteihin, joita olemme toteuttaneet eri puolilla maailmaa.

Kulutusosien optimointipalvelu yhdistettynä pitkäjänteiseen yhteistyöhön ja Elinkaaripalveluihimme takaavat parhaiten tuotannon tehokkuuden koko hienonnusprosessissa.

Miten voimme auttaa sinua kulutusosien optimoinnissa?
Ota yhteyttä:

Timo Sarvijärvi, puhelin 050 317 0906
Jouko Tolonen, puhelin 050 355 7580
Joakim Colpaert, puhelin 045 317 5198
Sauli Pekkala, puhelin 040 595 8065

