

MATERIA

5-2019 | Joulukuu

GEOLOGIA
KAIVOS
LOUHINTA
RIKASTUS
PROSESSIT
METALLURGIA
MATERIAALIT

YLI 70 VUOTTA VUORITEOLLISUUDEN ASIALLA





AGNICO EAGLE
KITTILÄN 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.



@AgnicoEagleFinland

www.agnicoeagle.fi



9

MATERIA

5–2019 | Joulukuu



13

- 5 Lukijalle **Kari Pienimäki**
- 7 Pääkirjoitus **Ilkka Niemelä**: Hyvät lukijat
- 9 **Leena K. Vanhatalo**: FEM kiinnosti kahdennentoista kerran
- 13 **Leikoski Niina**: Luonnonsäteily kaivostoiminnassa
- 15 **Jari Honkanen**: Euroopan suurin kansainvälinen räjäytysalan tapahtuma pidettiin Helsingissä 15.-18.9.
- 16 **Patrick Nadoll**: Raw materials and sustainability – A European perspective
- 19 **Zong-Xian Zhang**: Challenges and potentialities of rock blasting in mining engineering
- 23 **Jukka-Pekka Ranta, Leena Suopajärvi**: Communication skills and social aspect into geoscience education
- 26 **Vesa Nykänen, Juha Kaija**: NEXT- New Exploration Technologies
- 29 **Elina Huttunen-Saarivirta, Anssi Laukkanen, Helena Ronkainen**: Kestävää liiketoimintaa kulumisen ja korroosion vuorovaikutuksia hallitsemalla
- 33 **Suvi Heinonen**: Geofysiikan mittauksilla arvokasta lisätietoa Keski-Lapin mineraalisysteemeistä
- 38 **Kati Valtonen, Mari Honkanen, Turukka Salminen, Janne Juoksukangas, Mikko Hokka**: Mikroskopian mahdollisuudet kulumistutkimuksessa
- 41 **Tuomo Tiainen**: Korroosiovauriot ja niiden estäminen



- 46 **Tuomo Tiainen:** Viisikymmentä vuotta materiaalitieteen tutkimusta ja opetusta Tampereella
- 53 **Tuomo Tiainen:** Alumiini brändinä
- 57 **Ari Jokilaakso, Mari Lundström, Pyy-Mikko Hannula, Lassi Klemettinen:** The Third International Process Metallurgy Symposium
- 64 **Minna Sarkkinen, Seppo Gehör, Kauko Kujala:** Systemianalysimenetelmät kiertotalouden tukena
- 67 **Mateusz Janiszewski:** Seasonal storage of solar thermal energy in rocks beneath our feet
- 69 **Katri Avarmaa:** Arvometallien kiertotalous pyörimään kuparituotannossa
- 70 **Heini Elomaa:** Rikastus- ja prosessijaoston syyseskursio KoKa '19
- 72 **In memoriam:** Leijo Keto
- 74 **In memoriam:** Eero Laatio
- 75 **In memoriam:** Tauno Piirainen
- 76 Lukijan mietteitä: **Jussi Sipilä:** Meitähän hassutetaan!
- 77 Kolumni **Pertti Voutilainen:** Vilkas uutissyksy
- 78 Pakina **Tuomo Tiainen:** Hipsu Hiilen ihmeelliset seikkailut
- 79 Kaivosteollisuus: **Pekka Suomela:** Kenen vastuulla?
- 80 Metallinjalostajat: **Kimmo Järvinen:** Vuosi 2020 – kuinka suureksi Kiinan ylikapasiteetti metallinjalostuksessa voi kasvaa?
- 81 VMY:n toimihenkilöitä
- 82 DIMECC on-line: **Riikka Kämppe:** Demola laajentunut Shanghaihin
- 83 Alansa osaajat
- 83 Ilmoittajamme tässä numerossa
- 84 Pääsihteeriltä **Ari Juva**



Yhdistyksen 77. vuosikokous pidetään perjantaina 27.3.2020 Marina Congress Centerissä, Helsingissä

Päivän teema on:

Kiertotalous - kierrätettävyys - vastuullisuus

Illallistanssiaiset juhlietaan perjantaina Dipolissa. Myös lauantain iloinen lounas nautitaan Dipolissa.

Kutsu ja ohjeet ilmoittautumiseen ja pöytävarauksiin julkaistaan kotisivuillamme ja postitetaan jäsenille helmikuun alkupäivinä.

Olethan muistanut maksaa vuosimaksusi.



JOHTAVA TEKNOLOGIA PAIKALLINEN PALVELU

Tarjontamme ja tuotekehityksemme perustuvat alan vaatimusten tuntemiseen. Tarjoamme sinulle korkealaatuiset laitteet ja kattavat jälkimarkkinapalvelut maanpäälliseen ja -alaiseen poraukseen, murskaukseen ja seulontaan, lastaukseen ja kuljettamiseen sekä kalliorakentamiseen. Meiltä saat johtavan globaalin teknologian, paikallisella asiantuntevalla palvelulla – tavoitteenamme on tukea toimintasi turvallisuutta, tuottavuutta ja kannattavuutta.

OTA YHTEYTTÄ – SANDVIK PALVELEE
P. 020 544 4600

ROCKTECHNOLOGY.SANDVIK





SYNERTREX®

Advanced.
Understanding.

What's that rattle? How do we fix it? What can we improve? For nearly 150 years Weir has been on sites listening to our products. Now, with Synertrex®, we're teaching them to speak. From a Warman® pump to a Cavex® hydrocyclone and everything in between, Synertrex® allows you to gather operation critical data across your entire circuit. Here we have visualised data gathered through a Synertrex® enabled product in order to optimise performance and accurately predict any issues that could cause downtime.

Synertrex® allows the equipment to share this data with us, then using our advanced knowledge we can help you address any problems that might occur well before they become an issue.

WEIR

Supported by



Microsoft



Reduce downtime with data at synertrex.weir

Copyright© 2018, Weir Minerals Australia Ltd. All rights reserved MICROSOFT and DELL are not trademarks of any company forming part of The Weir Group PLC.

Arvoisa lukija!

Postilakko onneksi päättyi, joten tälläkin julkaisulla on mahdollisuus ehtiä kuluvan vuoden puolella koteihin. Tuo kyseinen työtaistelu oli raju ja johti lopuksi omistajaohjaus- ja pääministerinkin eroon. Jälkipyykkiä aiheesta tullaan varmaan pesemään vielä pitkään.

Olen hieman huolissani seurannut tätä työehtosopimusneuvotteluista käytyä keskustelua mediassa. Olen ollut aistivini samaa ilmiötä, josta Lauri Ihalaistenkin kommentoi, että keskinäisen luottamuksen rapautumista neuvotteluapuolten välillä olisi havaittavissa. Lakkoherkkyys on korkealla ja jopa lähes ennenkuulumattomasti työnantajapuolikin on julistanut työsulun mekaaniseen metsäteollisuuteen.

Itsekin olen osallistunut aikoinaan työtaisteluun työskennellessäni konepajalla, joten tiedän kyllä, mitä se raaimmillaan on. Metallityöväen liitto järjesti 80-luvun alkupuolella viiden minuutin työnseisauksen Suomen pitämiseksi ydinaseettomana vyöhykkeenä. Itse en kuulunut liittoon ja ajattelin aluksi, että minun ei kuulu osallistua kyseiseen mielenilmaukseen. Mutta kun kaikki sorvit, jyrsimet ja aarporet olivat pajalla hiljentyneet, ja työnjohtajat olivat tiiviisti toimistoissaan, alkoivat vanhempien työkaverien kaulat venyä koneiden takaa. Tuijotuksen ollessa käsin kosketeltavaa ja kierteityskoneen-poikaseni ollessa ainoa jurinaa pitävä kone muuten huopatosunhiljaisella pajalla ajattelin, että: ”Hitto vieköön - hyvän asian puolestahan tässä ollaan taistelemassa”. Pysäytin koneeni sekä nautiskelin hiljaisesta hetkestä. Seuraavassa tilinauhassa oli sitten maininta ”taisteluun” osallistumisesta ja palkkaa oli leikattu vastaavasti. Noh, uskoakseni Suomi ainakin on pysynyt ydinaseettomana vyöhykkeenä siitä asti, joten se mielenilmaus kyllä kannatti.

Työtaistelun uhka on hyvä painostuskeino neuvotteluille, mutta kun tilanne eskaloituu varsinaiseksi lakoksi, alkaa neuvotteluiden sävy luonnollisesti muuttua kireämmäksi. Lisäksi sellainen antaa sen huonon viestin, että asioista ei kyettäisi sopimaan ilman taisteluita

KUVA JAANA ROMPPANEN



täällä ”maailman onnellisemmassa lintukodossa”. Se vastaavasti heijastuu mm. suoraan kansantalouteen ja välillisesti investointihalukkuuteen, koska tuo erinomainen sopimiskulttuuri on ollut eräs maamme erityisvahvuuksista. Isänikin aina neuvoi minua olemaan aina valmis neuvottelemaan loppuun asti, ennen kuin päästää tilannetta eskaloitumaan. Siitä me olimme aikoinaan sulatollakin ylpeitä, että pystyimme neuvottelemalla ja sopimalla välttämään lakot.

Sitten itse lehteen: FEM oli taas kerran jymymenestys yli 1200 osallistujalla yli neljästä sadasta organisaatiosta. Siitä on Leenan raportti. Zong-Xian

Zhangin ja Jari Honkasen räjäytysjutut ovat todella mielenkiintoisia. Jussi Sipilä lähestyi lehteä railakkailla mietteillään, nyt IPCC:n raportista kirjoittamaan intoutuneena. Juttuun liittyvää tausta-aineistoa ja laskentakaavoja löytyy lehden nettisivuilta, mikäli joku haluaa aiheesta kommentoida. Toivoisimmekin tästä käynnistävän laajempaa debattia aiheen ympäriltä, koska keskustelu aiheesta on ollut lievästi mustavalkoista.

Suvi Heinonen kirjoitti mielenkiintoisen tarinan xSoDEx -mitauksilla tehtyjen seismisten profiilien laatimisesta kulta-, nikkeli ja rautaesiintymien sijaintipaikoilla Keski-Lapissa. Mukana on myös tärkeitä VTT:n, TWC:n, ASM:n ja Suomen Korroosioyhdistyksen juttuja kulumisesta ja korroosiosta.

Vuoden 2005 metsäteollisuuden jättimäisten työtaisteluiden vaikutukset kansantuotteeseen olivat arviolta 0,5-1%, kun taas korroosikustannusten on arvioitu olevan noin 2,5 % kansantuotteesta. Siten tässäkin kontekstissa kannattaa mielestäni keskittyä olennaiseen ja sellaiseen, mihin meidän on helppo vaikuttaa.

Nautinnollisia lukuhetkiä!

KARI PIENIMÄKI
päätoimittaja

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 Piennimäki** 040 527 2510 kari.piennimaki@outotec.com | **PÄÄTOIMITTAJA/ DEPUTY 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** 050 439 6630 tuomo.j.tiainen@gmail.com, DI **Hannele Vuorimies** 040 187 6060 Outotec etunimi.sukunimi@outotec.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 FEM2019 Levillä Kuva:** Leena K. Vanhatalo

Artikkelien aineistopäivä ja Ilmoitustilavaraukset

Article and Booking ads deadline

1/2020 28.1.
2/2020 24.3.
3/2020 5.6.
4/2020 29.9.
5/2020 23.11.

Ilmoitusten aineistopäivä

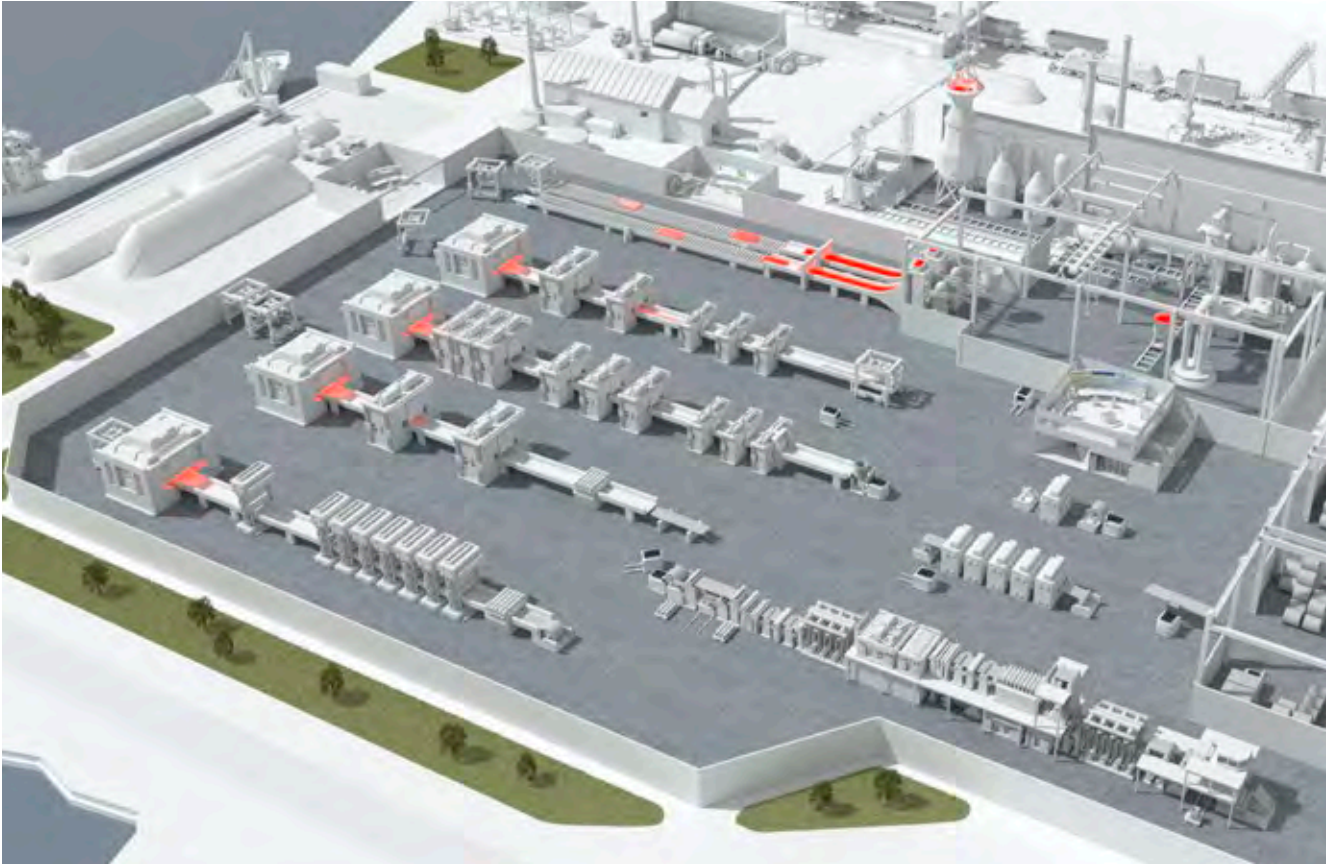
/Ads delivered

1/2020 28.1. 11.2.
2/2020 24.3. 6.4.
3/2020 5.6. 18.8.
4/2020 29.9. 13.10.
5/2020 3.11. 4.12.

Ilmoitusmyynti / Ad Marketing

L&B Forsten Öb Ay, 0400 875 807

materia.forsten@pp.inet.fi



Uraauurtavaa teknologiaa kaivos- ja metalliteollisuuden digitalisaatioon

Digitalisaation myötä älykkään tehtaan tulevaisuus tapahtuu nyt. ABB:n digitaaliset ratkaisut metalliteollisuudelle mahdollistavat tuotantoympäristön muuntamisen älykkääksi tehtaaksi, jossa riskit voidaan minimoida ja toimintavarmuus maksimoida. ABB Ability™ on digitaalinen kokonaisratkaisumme, joka yhdistää automaatiojärjestelmät tehokkaaksi voimavaraksi, varmistaen eri järjestelmien ja laitteiden saumattoman ja reaaliaikaisen yhteistoimivuuden. abb.com/metals/fi



Hyvät lukijat,

Pääministeri Antti Rinteen hallitusohjelmassa on luku *Osaamisen, sivistyksen ja innovaatioiden Suomi*, jossa määritellään koulutus- ja tiedepolitiikan suuntaviivoja. Otsikointi on Aalto-yliopiston kannalta osuva. Tutkimuspohjaisen korkeamman opetuksen tulee tukea osaamista, sivistystä ja innovaatioita. Laadukas koulutus on hyvinvointimme perusta.

Hallitusohjelman korkeakoulupolitiikan tavoitteet ovat kunnianhimoiset. Tavoitteena on nostaa Suomen korkeakoulutettujen määrä 50 prosenttiin uusista ikäluokista vuoteen 2030 mennessä ja tutkimus-, kehitys- ja innovaatiomenot neljään prosenttiin bruttokansantuotteesta. Näiden tavoitteiden toteutuminen toisi merkittävän lisän suomalaiseen osaamiseen ja kilpailukykyyn.

Jotta korkeakoulutettujen osuus voidaan nostaa 50 prosenttiin, hallitusohjelmassa esitetään aloituspaikkamäärien merkittävää lisäystä. Opiskelupaikkojen lisäyksen on kohdennettava hallituksen ohjelman mukaan aloille ja alueille, joilla on suurin kysyntä työmarkkinoilla ja jotka tukevat kansantalouden innovointikykyä. Näitä avainaloja ovat tekniikka, liiketaloustiede ja luovat alat eli Aalto-yliopiston pääalat. Alueellisesti korkeakoulutuspaikkojen lisäystarve koskee erityisesti Uudenmaan maakuntaa, jossa on väestöpohjaan suhteutettuna liian vähän aloituspaikkoja. Lisäksi monet yritykset kärsivät osajapulasta juuri Uudellamaalla.

Opetus- ja kulttuuriministeriö esittääkin korkeakouluille tutkintomääriin 40 prosentin korotusta nykytasoon verrattuna vuoteen 2030 mennessä hallitusohjelman mukaiseksi ratkaisuksi koulutustason nostoon, hakijasuman purkamiseen sekä alojen ja alueiden osajapulaan.

Aalto-yliopisto on valmis tarttumaan haasteeseen ja nostamaan oppijamääriä. Se on kansallinen tehtävämme tilanteessa, jossa työvoiman lisätarve kasvaa eniten juuri Aallon edustamilla aloilla. Pystymme tarjoamaan kansainvälisesti kilpailukykyistä koulutusta, jota Suomi tarvitsee menestyäkseen tulevaisuudessa. Toimimme kuitenkin jo nyt suhteellisesti pienillä resursseilla opiskelijaa kohden, joten opiskelijamäärien kasvattaminen laadukkaasti edellyttää välttämättä lisäresursseja.

Aloituspaikkamäärien kasvattamisen rahoitus on vielä ratkaisematta. Suomi käyttää korkeakoulutukseen opiskelijaa kohden jo nyt paljon vähemmän rahaa kuin keskeiset vertailumaat. Koulutusmäärien kasvun vaatiman lisäresursoinnin ratkaiseminen onkin keskeinen tulevaisuuden haaste, kun haluamme pysyä kehityksessä mukana ja säilyttää tutkimuksen ja korkeakoulutuksen laadun kansainvälisesti kilpailukykyisellä tasolla.



Asia liittyy hallitusohjelman toiseen päätavoitteeseen eli tutkimus-, kehitys- ja innovaatiomenojen kasvattamiseen neljään prosenttiin bruttokansantuotteesta. Tällä hetkellä osuus on noin 2,7 prosenttia. Tässäkin lisäyksen täytyy tulla merkittävien osin yksityiseltä sektorilta eli yrityksiltä.

Miten yksityistä rahoitusta sitten saadaan? Kuten hallitusohjelmassa ehdotetaan, julkisen tutkimus-, kehitys- ja innovaatiopolitiikan tulee edistää sellaisten osaamiskeskittymien rakentumista, että ne houkuttelevat yrityksiä sijoittamaan toimintaansa aiempaa enemmän Suomeen. Tämä edellyttää osaamiskeskittymien ytimessä toimivilta yliopistoilta paitsi maailmanluokan laatua, myös keskittymistä vahvuusalueisiinsa.

On siis luotava kansainvälisen luokan innovaatioekosysteemejä ja maailmanluokan infrastruktuureja, jotka erottuvat ja menestyvät kansainvälisessä kilpailussa ja

houkuttelevat yksityistä rahaa. Julkiset rahat on käytettävä niin, että luodaan rakenteita, jotka houkuttelevat myös kansainvälisesti yksityisiä investointeja.

Aalto-yliopisto on tämän kehityksen keihäänkärki Suomessa. Olemme määrätietoisesti rakentaneet yliopistosta yhteistyökumppaneineen koko maata palvelevaa innovaatioekosysteemiä, joka on verkottunut maailman johtavien keskusten kanssa.

Edellä mainittujen koulutuspoliittisten tavoitteiden lisäksi hallituksen tavoitteena on 75 prosentin työllisyysaste. Kuten hallitusohjelmassa todetaan, talouskasvu perustuu Suomessa ennen kaikkea tuottavuuden kasvuun. Tuottavuuden kasvun tärkeimmiksi tekijöiksi mainitaan osaaminen ja innovaatiot, joten myös tämä tavoite heijastuu välillisesti yliopistoihin. Osaamistason nosto korkeakoulutettujen määrää lisäämällä näkyy työllisyysasteessa ja työn tuottavuuden kasvussa viiveellä. Samoin panostukset korkeakoulutukseen ja tutkimukseen kasvattavat Suomen kansainvälisiä kilpailukykyä ja vetovoimaa pitkällä aikavälillä.

Hallitusohjelman tavoitteena on siis rakentaa Suomesta kansainvälisesti houkutteleva paikka opiskella, tutkia ja investoida. Se on myös Aallon – jonka asema yhteiskunnallisesti relevantin osaamisen ja radikaalienkin innovaatioiden moottorina on tunnustettu – tavoite. Muuttuvaa Suomea ja maailmaa piinaavat suuret haasteet kestävyyskriisistä väestön vanhenemiseen, joten maamme ja maailma tarvitsevat huippuluokan tiedettä ja tutkimusinfrastruktuureja, tiivistä yritysyritysyhteistyötä, kestävästi kehityksen ratkaisuja ja yhä uusia, itsenäisesti ajattelevia muutoksentekijöitä.

ILKKA NIEMELÄ

AALTO-YLIOPISTON REHTORI



WALTER AHLSTRÖM
SÄÄTIÖ | STIFTELSE | FOUNDATION

WALTER AHLSTRÖMIN SÄÄTIÖN APURAHAT

Walter Ahlströmin säätiön tarkoituksena on tukea tiedettä **puunjalostusteollisuuden, sähkötekniikan, voimatalouden ja metalliteollisuuden** aloilla.

Säätiö jakaa apurahoja ylemmän yliopistotutkinnon suorittaneille teknillisiin jatko-opintoihin, tiedettä edistävään tutkimukseen ja opintomatkoihin sekä projektiluonteisille tutkimuskohteille.

HAKEMUKSET: Hae sähköisesti osoitteessa:
<https://apurahat.walterahlstrom.fi/fi>

HAKUAIKA: Apurahojen hakuaika on alkanut
1.11.2019 ja päättyy 31.12.2019.

LISÄTIEDOT: www.walterahlstrom.fi

Walter Ahlströmin säätiön hallitus

Suomen ensimmäinen
hopeakaivos



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

Sotkamo Silver Oy | Hopeatie 20, 88600 Sotkamo



Rauhallista joulua!

Oman maan juureksia. Puhtaan ruuan
aineksia. Hyvän mielen juhlaa.

Kohdistamme joulutervehdyksen Hyvä joulumieli -keräykseen.



FEM kiinnosti kahdennentoista kerran

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

Talven lisäksi Leville tuli loka-marraskuun vaihteessa FEM – Fennoscandian Exploration and Mining -konferenssi. Tänä vuonna ilmoittautuneita oli huimat 1215 osallistujaa 423 eri organisaatiosta. Kansallisuksiakin oli 32. Näytteilleasettajiä oli 127 kolmessa eri tilassa.

Konferenssin avausanat lausui Lapin maakuntajohtaja Mika Riipi, joka nosti esiin maailmanlaajuisen huolen ilmastomuutoksesta. Riipi kuitenkin korosti Suomen ja muiden pohjoismaiden kykyä ja mahdollisuutta investoida uusiin rakentaviin ratkaisuihin, joiden avulla ne pystyvät sekä osallistumaan ilmastotalkoisiin että mahdollis-

tamaan kestävää kehitystä ja hyvinvointia. Esimerkkinä tällaisista ratkaisuista hän mainitsi vahvan kansallisen akkuklusterin rakentamisen Suomeen.

Valtiovallan tervehdyksen toi työ- ja elinkeinoministeriön alivaltiosihteeri Petri Peltonen ja pääsponsorin puheenvuoron käytti Agnico Eaglen toimitusjohtaja Jani Löönen.

Konferenssin avajaistilaisuuden yh-

teydessä jaettiin myös FEM-palkinnot. Palkintokomitean puheenjohtaja Pertti Lamberg onnitteli Sotkamo Silver-tiimiä ja erityisesti edesmennyt professori Tauno Piirainen sekä professori Pekka Nurmea heidän saavutuksistaan. Kaikki palkinnonsaajat ovat tehneet merkittävää työtä Fennoscandian kaivosteollisuuden eteen.

Tässä vielä palkintoperustelut: >



FEM palkintojen vastaanottajat Timo Lindborg ja Erkki Kuronen Sotkamo Silveristä sekä Pekka Nurmi (Kuva Lapin Liitto, Jaakko Posti)

9th FENNOSCANDIAN MINING AWARD 2019

Sotkamo Silver Team responsible for opening the Sotkamo Silver mine with special honour to late professor Tauno Piirainen for the work he did for the discovery of the deposit.

Sotkamo Silver Team has been working persistently to develop the project since they acquired the rights in 2006 to the production start in March 2019. Sotkamo Silver demonstrates that with relentless attitude it is possible for a junior company to do this in Fennoscandia nowadays. The construction phase was completed in early 2019 on schedule and on budget. The company has successfully ramped-up the production and has recently reached their targeted throughput. The operating profit of the company was positive in August.

Professor Tauno Piirainen, Oulu University, played a major role in the early history of the Taivaljärvi Ag-Zn-Pb-Au ore. He established and led the Kuhmo ore project which discovered the ore body in 1980. Tauno passed away recently but did see his work come to an end, when he participated in the opening ceremony of the mine. >



8th FEM SPECIAL AWARD

Professor, PhD Pekka Nurmi, Director of Minerals Economy, GTK. Responsible for GTK's minerals sector activities (just retired)

Professor Pekka Nurmi has done 35 years long career in Finnish geological research and exploration. Since 1984 he has worked in Geological Survey of Finland in different research management and director positions. His scientific work at GTK, but also in Finnish universities, is extensive comprising approximately 90 contributions in scientific journals and books; mainly related to economic geology, mineral exploration with special reference to gold exploration, sustainable mining and the minerals sector in general.

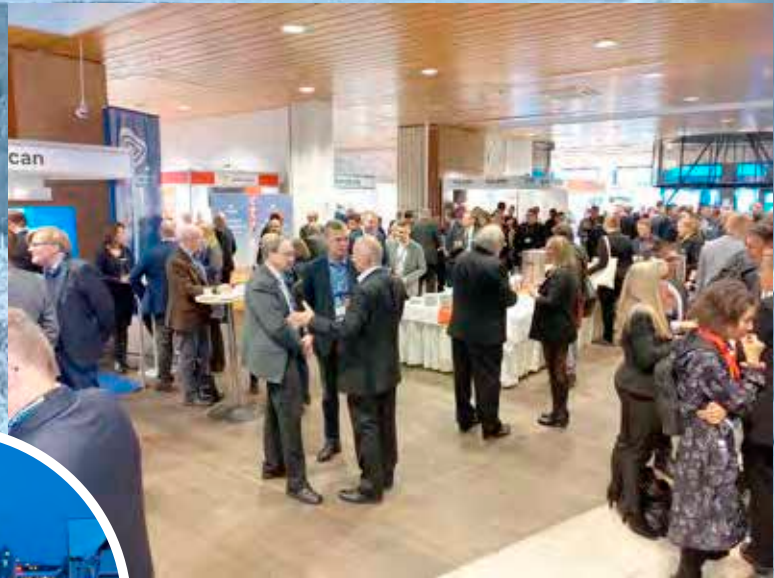
Professor Nurmi has played active, enterprising and important role in promoting geological research and mineral perspective of Fennoscandia. He led the expert group developing Finland's mineral strategy in 2008 and was one of the key persons in putting together the Finland's Green Mining concept (2010). His contribution has been vital also in establishing the EIT RawMaterials in 2015 and in building up the relationship between PDAC and FEM. Pekka has been one of the important persons developing FEM to it's current form as internationally appreciated forum for exploration and mining.

Background

The Fennoscandian Mining Award can be given to individuals, working groups, companies, associations or any other

entity for an outstanding contribution to Fennoscandian mining industry. The FEM Special Award can be presented to individuals for outstanding contributions to Fennoscandian economic geology or mining industry. The awards have been presented by the FEM Award committee since 2005 always in connection with the FEM conference. The biannual FEM, founded in 1998, is one of the largest and most significant mineral industry events in Europe.

The awards have been presented by the FEM Award committee since 2005 always in connection with the FEM conference.



Jo tiistai-iltana oli avajaisten jälkeen mahdollisuus käydä kiertelemässä näytteliasettajien osastoilla, joissa kävikin kova vilkske. Gondolihissit kuljettivat alhaalla Levin kylällä majoittuvat napakassa talvikelissä nopeasti alas ja taas seuraavana aamuna ylös.

Konferenssipäivien aikana oli mahdollista kuulla toinen toistaan mielenkiintoisempia esitelmiä uusista malminetsintä- ja kaivoshankkeista. Ensimmäisen hyvin aikaan sopivan esitelmän piti geologi ja TKT Evi Petavratzi (British Geological Survey)

akkuraaka-aineista. Hän mainitsi muun muassa sen, että sähköautojen valmistajien piirissä on alkanut yhteistyö suoraan akkuminaeraalikaivosten kanssa. Myös monen muun esitelmän aiheet sivusivat akkuminaeraaleja. Malminetsintää, geologiaa ja uusia kaivoshankkeita käsiteltiin reilun kahden päivän aikana. Myös kaivoksen sulkemiseen liittyviä tapahtumia käytiin läpi konferenssin esityksissä.

Vaikka auditoriossa oli mahdollisuus kuunnella monia mielenkiintoisia esityksiä, yksi FEMin parhaista puolista on kuitenkin mahdollisuus tavata alan ihmisiä. Erityisesti

esitysten väliajoilla kahvi- ja lounastauoilla näytteliasettajien osastot täyttyivät ja puheensorinasta päätellen keskustelut kävivät vilkkaasti. Paikalle olivat saapuneet usean maan geologiset tutkimuskeskukset, kaivosyhtiöt ja laitevalmistajat osastoineen.

Keskiviikko huipentui Fennoscandian Mining Night -iltajuhlaan. Hyvän ruuan ja juoman lomassa ilta jatkui ihmisten verkostoituessa. Istumapaikkoja ei tilassa löytynyt kuin murto-osalle, joten oli helppo siirtyä keskustelusta toiseen. Suurin osa FEM-osallistujista lähti kotimatkalleen jo torstaina iltapäivällä, mutta vielä

>



pieni joukko jäi Leville ja Lappiin perjantai-
taiksi. Perjantaiamuna ennen kahdeksaa
ekskursiobussit kävivät noutamassa osallist-
tajat eri hotelleilta kahteen retkikohteeseen.
Toinen bussi lähti Kevitsan kaivokselle ja
toinen bussi suuntasi lähikohteeseen Kit-
tilän kaivokselle. Vaikka Kittilän kaivoksen
pystyi näkemään Leviltä asti, niin matkaa
tehtiin kuitenkin lähes tunnin verran. Tie
oli mutkainen ja kapea. Matkaoppaamme
Oja käytti matka-ajan hyödyksi ja kertoi
tietoja Kittilän kaivoksesta. Aurinkokin
nousi ja näyttäytyi hetkellisesti talvisen jän-
gän yläpuolella. Kaivoksen portilla kaikki

puhallutettiin, koska jo aika laajalle yleis-
tynyt sääntö on nollatoleranssi kaivokselle
pääsyn edellytyksenä. Kaivoksen toimis-
tolla saimme kattavan esittelyn kaivoksen
geologiasta, louhinnasta ja rikastuksesta.
Esityksen jälkeen pääsimme bussikierr-
rokselle, jonka aikana esiteltiin kaivoksen
maanpäälliset alueet. Jo lopetetun avolou-
hoksen reunalla otimme yhteiskuvan ja
palasimme toimistolle. Retkemme ajoittui
sinänsä historialliseen päivään, koska kai-
vostornin betonivalu kerrottiin saatavan
päätökseen samaisena päivänä. Tosin kai-
vostorni ja nostokuilu valmistuvat vasta

vuoden päästä.

Lounaan jälkeen jakaannuimme kah-
teen ryhmään ja vuorotellen pääsimme
tutustumaan kairasydänvarastoon ja ri-
kastamoon. Rikastamolla käyntiä varten
puimme yllemme suojavarusteet haala-
reineen, kypärineen ja hengityssuojaimi-
neen päiviin. Kairasydänvarasto tuntui
kiinnostavan kovasti retkemme geologeja
ja monta kivinäytettä lähti luvan kanssa
retkeläisten matkamuistoksi.

Ilta alkoiikin jo hämärtyä ja oli aika
lähteä kohti lentoasemaa ja kotimatkalle.
Taas oli takana erittäin mielenkiintoinen



Luonnonsäteilykaivostoiminnassa

STUKin laboratoriossa tutkitaan näytteiden radioaktiivisuuspitoisuuksia

TEKSTI: LEIKOSKI NIINA, ANTTI KALLIO, STUK, KUVAT: STUK

Kaivosyhtiöiden vastuulla on selvittää kaivostoiminnasta aiheutuva luonnonsäteilyaltistus ja mahdollisten luvanvaraisten säteilevien materiaalien esiintyminen. Luonnon radioaktiivisia aineita kuten uraani- ja toriumsarjan radionuklideja esiintyy kaikissa kivi- ja mineraaliaineksissa vaihtelevina pitoisuuksina. Luonnon radioaktiivisten aineiden hajoamisesta syntyy ionisoivaa säteilyä, joka voi aiheuttaa terveyshaittaa. Säteily- ja ydinenergialainsäädäntö vaikuttavat kaivosteollisuuden toimintaan. Kyseisten lakien tarkoitus on suojella ihmisiä ja ympäristöä säteilyn haitallisilta vaikutuksilta ja niiden noudattamista valvoo Säteilyturvakeskus (STUK).

Selvitysvelvollisuus

Kaivostoimintaa koskee säteilyaltistuksen selvitysvelvollisuus. STUKille tehtävää selvitystä varten toimijan on tehtävä materiaaleista radioaktiivisuusmäärittäksiä ja mitattava ulkoisen säteilyn annosnopeutta eri työpisteissä. Kaivostoiminnan päästöjen määrä ja laatu on otettava huomioon. Mahdollisten vesipäästöjen sisältämät luonnon radioaktiiviset aineet tulee myös selvittää. Toiminnasta vastaavan on tiedettävä, mitä toiminnassa käsiteltävät materiaalit sisältävät.

Säteilylain mukainen selvitys luonnonsäteilyaltistuksesta

SELVITYS LUONNONSÄTEILY-ALTISTUKSESTA (MUUT KUIN RADON)		TUTKITAAN MATERIAALEJA JA TEHDÄÄN MITTAUKSIA
Materiaalit ja jätteet prosessissa < 1 Bq/g (U-238 ja Th-232 -sarjat)	Materiaalit ja jätteet prosessissa > 1 Bq/g (U-238 ja Th-232 -sarjat)	Vesijakeiden laatu tulee selvittää, vaikka kiinteissä materiaaleissa olisi U-238 ja Th-232 -sarjat < 1 Bq/g
Säteilyaltistusta ei yleensä tarvitse arvioida (päästöistä riippuen)	Työntekijöiden ja väestön säteilyaltistus on arvioitava	Säteilyaltistuksen arvioinnissa huomioidaan:
Jätteet käsitellään jätelain mukaisesti	Jätteiden käsittelyyn tarvitaan STUKin hyväksyntä	<ul style="list-style-type: none"> • Ulkoinen altistus • Sisäinen altistus • Altistusta rajoittavat toimet
	Tavoitteena on luonnonsäteilyaltistuksen viitearvoja pienempi altistus	Jos altistus on suurempaa kuin viitearvot, tarvitaan turvallisuuslupa STUKista.
	<ul style="list-style-type: none"> • Työntekijöille 1 mSv/v • Väestölle 0,1 mSv/v 	

Selvitykseen sisältyy säteilyaltistuksen arviointi. Arvioinnissa otetaan huomioon kaivostoiminnasta aiheutuva työntekijöiden ja väestön ulkoisen ja sisäisen säteilyaltistuksen lisäksi luonnon taustasäteilyyn verrattuna sekä altistusta rajoittavat toimet. Ulkoinen säteilyaltistus lasketaan työpisteissä mitattujen annosnopeuksien ja siellä käytetyn työajan avulla. Sisäinen altistus arvioidaan materiaalitutkimusten

perusteella. Väestön mahdollista altistusta on arvioitava esimerkiksi silloin, jos luonnon radioaktiivisia aineita voi päästä vesiin kaivostoiminnasta johtuen.

Selvityksessä ei kuitenkaan tarvitse arvioida säteilyaltistusta, jos selvityksessä osoitetaan mittausten avulla, että käsiteltävien materiaalien uraani-238:n, torium-232:n ja näiden hajoamistuotteiden aktiivisuuspitoisuudet ovat käsitteilyn eri vaiheissa

Säteilylain ja ydinenergiain alaiset menettelyt kaivostoiminnassa

Säteilylaki

- Ilmoitus ja selvitys STUKille luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta (kaivostoiminta; maanalaiset työt; uraani, torium tai hajoamistuote > 1 Bq/g)
- Turvallisuuslupa STUKilta, jos altistus > viitearvot

Ydinenergiain mukainen lupa STUKilta

- Uraani + torium > 0,5 kg/t tuotteessa, välituotteessa tai jätteessä;
- Uraanin tai toriumin tuotanto < 10 000 kg/v;
- Uraani- tai toriummalmin vienti

Ydinenergiain mukainen lupa Valtioneuvostolta

- Lupa valtioneuvoston työ- ja elinkeinoministeriöstä tuotettaessa uraania tai toriumia > 10 000 kg/v

enintään 1 Bq/g. Jos toiminnasta syntyy vesipäästöjä, tätäkin pienemmät luonnon radioaktiivisten aineiden pitoisuudet voivat edellyttää säteilyaltistuksen arviointia. Vesipäästöt voivat aiheuttaa väestön viitearvon ylityksiä huomattavasti pienemmilläkin pitoisuuksilla.

Selvityksen perusteella varmistetaan, että altistus on viitearvoja pienempää. Muusta luonnonsäteilystä kuin radonista tai avaruussäteilystä aiheutuvan altistuksen viitearvot ovat työntekijöille 1 mSv ja väestölle 0,1 mSv vuodessa. Altistusta voidaan rajoittaa esimerkiksi suojavaatteilla, hengityssuojaimilla, etäisyyden kasvattamisella, altistusajan lyhentämisellä, prosessin muuttamisella tai vesienkäsittelyllä. Säteilysuojelun optimointiperiaatteen mukaan työperäinen ja väestön altistus ionisoivalle säteilylle on pidettävä mahdollisimman vähäisenä. Jos altistus on viitearvoa suurempi rajoittavista toimista huolimatta, kaivostoimintaan tarvitaan turvallisuuslupa STUKilta.

Ilmoitusvelvollisuus

Ennen kaivostoiminnan aloittamista on toiminnasta vastaavan tahon tehtävä tästä ilmoitus STUKille. Ilmoitukseen sisällytetään säteilyturvallisuuden kannalta keskeiset tiedot sekä selvitys säteilyaltistuksesta. Lisäksi maanalaisissa työpaikoissa on selvítettävä työpaikan sisäilman radonpitoisuus ja sitä on mitattava säännöllisesti.

Jätteet

Jos jätteiden luonnon radioaktiivisen aineen aktiivisuuspitoisuudet ovat suurempia kuin vapauttamisrajat, jätteidenkäsittelylle tarvitaan STUKin hyväksyntä. Vapauttamisraja kiinteiden materiaalien uraani-238 ja torium-232 -sarjan luonnon radionuklideil-

le on 1 Bq/g ja kalium-40:lle 10 Bq/g. Jos luonnon radioaktiivisten aineiden määrät ovat pienempiä kuin vapauttamisrajat, jätettä voidaan kierrättää, hyödyntää ja loppukäsitellä jätelain mukaisesti.

Ydinenergiain mukainen lupa

Jos toiminnassa syntyy uraani- tai toriumpitoisia tuotteita tai jätteitä, joiden uraanin ja toriumin yhteinen pitoisuus on suurempi kuin 0,5 kg tonnissa (500 ppm painon mukaan), toiminta on ydinenergian käyttöä, johon täytyy hakea ydinenergiain mukaista lupaa. Toimintaan, jonka tarkoituksena on uraanin tai toriumin tuottaminen, tarvitaan aina ydinenergiain mukainen lupa.

Ydinainetta, jossa uraanin ja toriumin yhteinen pitoisuus on suurempi kuin 0,5 kg tonnissa, saattaa muodostua esimerkiksi metallinjalostusteollisuudessa käsiteltäessä pieniä uraanipitoisuuksia sisältäviä malmirikasteita siten, että uraani rikastuu johon-

kin välituotteeseen tai jätteeseen. STUKin myöntämällä luvalla voi tuottaa enintään 10 000 kg uraania ja toriumia vuodessa. Laajamittaisempi toiminta vaatii valtioneuvoston luvan, jota haetaan työ- ja elinkeinoministeriöltä.

Ydinenergiain mukaiseksi uraanimalmiksi katsotaan kivennäinen, jossa uraanin keskimääräinen pitoisuus on suurempi kuin 1 kg tonnissa (1000 ppm painon mukaan). Uraanimalmien vienneistä on ilmoitettava STUKille ja Euroopan komissiolle eli Eurotomille. Suurempia kuin 1 kg:n uraani- tai toriumvientejä varten pitää hakea STUKin lupa. Malmin kuljetuksessa on noudatettava vaarallisten aineiden kuljetusmääräyksiä. ▲

”Teksti on lyhennelmä STUKin julkaisusta Luonnonsäteily kaivostoiminnassa (2019), joka on ladattavissa suomeksi ja englanniksi osoitteessa www.julkari.fi

Gammaskpektrometrillä tutkittavia materiaalinäytteitä mittausspurkeissa





Euroopan suurin kansainvälinen räjäytysalan tapahtuma pidettiin Helsingissä 15.-18.9.

TEKSTI: **JARI HONKANEN**, PUHEENJOHTAJA, EFEE. TOIMITUSJOHTAJA, OY FINNROCK AB

Euroopan räjäytysinsinöörien järjestön EFEE:n (European Federation of Explosives Engineers) 10. juhlakonferenssi pidettiin Helsingissä Katajanokan Marina Congress Centerissä 15.-18.9.2019. Tapahtumaan osallistui 470 alan ammattilaista 50 maasta. Suomalaisia osallistujia oli n. 50. Näytteilleasettajia oli esillä 60, joista yhdeksän suomalaista. Tapahtuma oli kaikkien aikojen suurin EFEE-konferenssi ja sitä kiitettiin myös laadullisesti kaikkien aikojen parhaaksi.

Konferenssia edeltävän viikon lopulla koko EFEE:n neuvosto ja hallitus saapuivat Helsinkiin kolme päivää ennen konferenssia kokoustamaan. Perjantaina pidettiin kaikkien komiteoiden ja hallituksen kokoukset. Lauantaina oli vuorossa neuvoston kokous, johon osallistui kaikkien 25 jäsenmaan kynnelle kyetneet edustajat. Jännittävin hetki oli, kun 12. konferenssin pitopaikasta kilpailevat Dublin ja Maastricht esittelivät suunnitelmansa ja päästiin äänestämään. Dublin voitti Guinnessin mitalla vuoden 2023 tapahtuman, mutta Maastricht sai lohduksiksi oikeuden järjestää seuraavan, 13. konferenssin 2025.

Sunnuntaipäivä alkoi sitten workshopilla, joka käsitteli louhintatöitä herkässä kaupunkiympäristössä. Senhän suomalaiset osaavat. Tilaisuus alkoi lyhyillä alustuspuheenvuoroilla, joissa allekirjoittanut ja Juha Halonen Kalliorakennus-Yhtiöt Oy:stä kuvasivat, millä reunaehdoilla ja prosesseilla Suomessa tehdään louhintatöitä kaupunkikeskuksissa.

Käytiin läpi riskianalyysit, katselmukset ja mittaukset, lainsäädäntö, räjähdysainevallinat, louhintamenetelmät, turvallisuuden varmistaminen, kaikki yhdessä tunnissa. Työryhmissä esim. tärinäryhmän tehtävänä oli luonnostella optimaalinen tulevaisuuden tärinäohjeistus puhtaalta pöydältä nykytietämyksellä. Ryhmässä oli maailman johtavia tärinäasiantuntijoita joka mantereelta, ja voitte vain kuvitella, että lopputulos ei muistuttanut mitään, mikä on tänä päivänä maailmalla käytössä.

Iltapäivällä vietiin koko joukko ratakalla keskustaan ja kävelytettiin muutama kilometri maan alla Helsingin keskustan huoltotunnelia pitkin tutustumassa maanalaiseen infrastruktuuriin. Vieraat ihailivat hartaasti suomalaisen kalliorakentamisen jälkeä. Iltapäivällä YIT:n Matti Juppi tuli esittelemään erittäin mielenkiintoista louhintakohdetta, johon rakennettiin avolouhinnalla tehtävää maanalaista parkkihallia, josta johti maanalaisena louhintana johdettu yhteys viereisen kiinteistön sisään – kaikki tämä naapurin lähes 100 vuotta vanhojen kerrostalojen seinävieriä nuollen. Kohteessa oli käytetty myös mm. irtiporausta sekä vaijerisahausta ja taas oli vierasjoukolla suu auki.

Sunnuntai-ilta huipentui konferenssin avajaisiin, joissa allekirjoittanut pääsi toivottamaan kaikki tervetulleiksi ja avaamaan ammatillisen

näyttelyn.

Varsinainen konferenssi alkoi maanantaiaamuna jälleen allekirjoittaneen ja ISEE:n (International Society of Explosives Engineers) edustajan puheenvuoroilla. Sen jälkeen myönnettiin EFEE:n neljäs kunniajäsenyys Saksan Rolf Schillingerille, joka on saanut panostajan pätevyden jo vuonna 1970. Hän toimi aikanaan EFEE:n hallituksessa ja presidenttinä sekä myöhemmin myös ISEE:n hallituksessa.

Päivä sujui sen jälkeen rattoisasti kahdessa salissa pidettyjä esityksiä kuunnellen sekä näyttelyä välillä kierrellen. Päivä huipentui illalla Klippanin luodolla, ravintola Saaristossa, pidettyyn Gala-illalliseen, johon osallistui ennätysyleisö 330 henkeä. Illan juontajana ja pääesiintyjänä toimi Noora Karma. Illallisen päätteeksi nähtiin Suomen Ilotulitus Oy:n toteuttama, mereltä Finlandian tahtiin ammuttu erittäin näyttävä ilotulitus.

Tiistaina olikin sitten hieman rauhallisempi, mutta silti täysi konferenssipäivä aamusta iltaan. Keskiviikkona 55 nopeinta ilmoittautujaa mahtuivat mukaan Forcitiin Hangon tehtaalle ja Tytyrin kaivosmuuseon suunnatulle kokopäiväretkelle. ▲



Raw materials and sustainability – A European perspective

TEXT: **PATRICK NADOLL**, SENIOR ADVISOR, EXPLORATION AND RESOURCE ASSESSMENT, EIT RAWMATERIALS

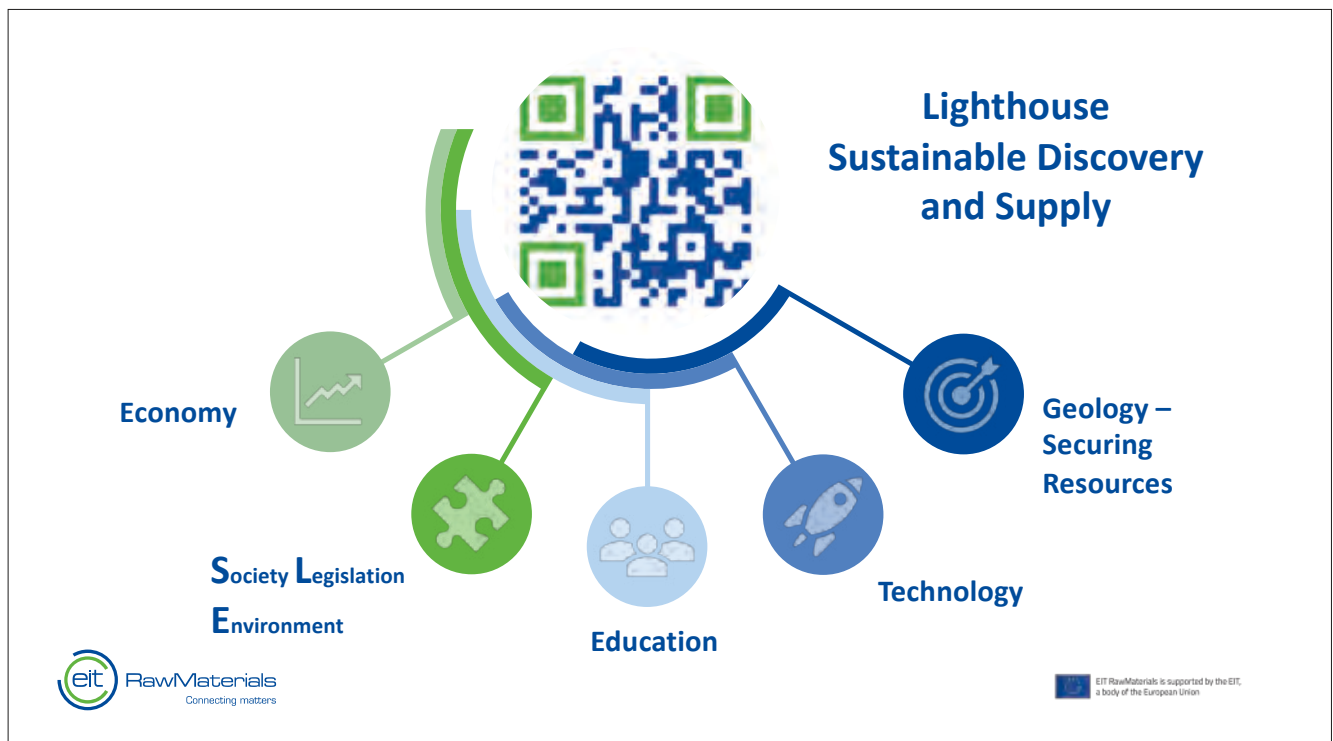
We live in exciting and challenging times. This certainly applies to the raw materials sector. As a geologist and a European who has spent a significant amount of time in Australia and North America, I am particularly inspired by the challenges and opportunities Europe is currently facing regarding a sustainable supply of raw materials, specifically metals and minerals. Europe is highly dependent on raw materials that are predominantly sourced overseas. Europe is using 23% of the world's mining production for metals and minerals but only produces 2-3 % itself. Similarly, only around 9% of the global production of critical raw materials (CRM)

is provided by European countries. Hence, Europe is vulnerable to scarcity and supply shortage and there is a need for increased exploration activity and the development of mining operations and processing capabilities.

Historically, Europe was the breeding ground for mineral exploration, discoveries, and subsequent mining of primary resources. As one of the most technologically advanced regions in the world with a huge demand for minerals and metals and a renowned expertise in mineral research one would think that Europe has its eyes on the money when it comes to strategies regarding securing supplies. However, decades of importing cheaply and easily available raw materials from overseas seem

to have rendered European stakeholders heavy-eyed on the subject for a long time. Thankfully this is changing and there are a number of inspiring and impactful European initiatives, such as EIT RawMaterials, that are aiming at securing a raw materials supply for Europe in a sustainable and ethical way with a minimum environmental impact by enabling smart, sustainable and innovative solutions to boost Europe's raw materials sector.

At the FEM 2019 conference, EIT RawMaterials launched a new Sustainable Discovery and Supply Lighthouse program that aims to find innovative solutions for discovering, extracting and processing strategic mineral resources in a sustainable and safe way with a Social License to Operate.



Technology plays a pivotal role in this context and digital tools cannot only help to allow for more accurate geological models to reduce exploration costs or increase the often energy- and water-consuming mineral resource processing. They can also certify the traceability of raw materials so that companies and consumers can be sure that the minerals and metals used in their smartphones, car batteries or other products have been sourced sustainably, without child labour, dangerous artisanal mining or from conflict areas. While the wider public has developed a strong awareness for the sustainability of energy, food and clothing, there is still a lack of awareness when it comes to raw materials and how they are instrumental in building the clean and green future that we are striving for.

Talking about awareness, one of the major challenges the sector is facing in Europe is that public acceptance is low and social opposition to mining remains one of the biggest hurdles to investment and development in the European raw materials sector.

The positive impact that mining can have on our economy and its critical role in a sustainable circular society including future mobility and a transition to clean green energy have to be clearly communicated to increase transparency, awareness and eventually acceptance. Critical public framings have to be addressed in an open and transparent dialogue to build credibility and eventually trust on local, national and international levels to achieve a Social License to Operate. Everyone has to consider the alternatives, i.e., mining operations in countries without technical, environmental and humanitarian regulations.

I strongly believe, that it is not mutually exclusive to be a climate or environmental activist and to support mining in Europe within a responsible and sustainable framework. At the same time, it is equally possible to create value for shareholders and to advance clean and green energy while driving innovation and investing in sustainable solutions in the raw materials sector.

Besides that, in a more and more uncertain geopolitical environment, can Europe afford to stay or become even more dependent on increasingly costly raw materials imports? ▲

The EIT RawMaterials **Sustainable Discovery and Supply Lighthouse program** will promote the benefits of a strong minerals and materials sector in modern society and the transition towards the green and circular economy. The Lighthouse program aims to find innovative solutions for securing and processing strategic mineral resources in a sustainable and safe way and with a Social License to Operate (SLO). The Lighthouse will foster activities that drive knowledge transfer, collaboration and responsible investments through industry engagement, as well as contribute to an improved decision making based on knowledge, data and advanced technologies. This will reduce import dependency and also significantly contribute to economic growth, specifically in regions where new exploration projects, mining operations and processing facilities can be developed or expanded. The Sustainable Discovery and Supply Lighthouse will promote social engagement through education, networking and liaising with all involve stakeholders and the wider public will play a pivotal role in raising awareness and increasing acceptance of a renewed raw materials sector in Europe.

RF VALVES

Advanced technology and inspired design to meet tough conditions

RF Valves, Oy.
 Tullitie 9,
 53500 Lappeenranta, Finland
 Tel: +358-20-758-1790
 Fax: +358-20-785-1799
 email: rfvalves@rftek.fi
 www.rfvalve.com

www.rfvalve.com



MENESTYS LOUHITAAAN 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!



Challenges and potentialities of rock blasting in mining engineering

ZONG-XIAN ZHANG

PROFESSOR OF MINING ENGINEERING, OULU MINING SCHOOL, UNIVERSITY OF OULU
EMAIL: ZONGXIAN.ZHANG@OULU.FI

Explosives are materials that can rapidly decompose chemically, produce an extremely high pressure, and release a huge amount of energy at a moment. For example, upon detonation, an explosive can produce a pressure over 20 GPa and a temperature above 3000°C [1]. Explosives are not only powerful but also cheap, as compared to many other types of energy. In hard rock mining and hard rock construction, blasting plays an extremely important role not only in the economy of mining and construction but also in mineral resources recovery, safety and the environment. Although blasting science has been initiated for several decades ago by many pioneers such as Langefors and Kihlström [2], Persson et al. [3], and so on, up till now rock blasting has been dominated by empirical design, resulting in considerable mineral loss, poor safety, high vibrations, explosive wastage, and induced seismic events. To improve the practical blasting in mining as well as in rock construction, this article aims to show the challenges in current rock blasting and to demonstrate the possibility of improving present blasting designs and operations. In addition, some successful examples for increasing ore recovery, decreasing blast-induced vibrations and improving mining safety will be mentioned.

Blast-caused ore loss

A great amount of mineral resources is lost during mining operations every year over the world, with an average of 20% ore loss in mining among various mining methods according to our statistical result



Fig. 1. A large empty room formed due to hanging roof in sublevel caving [1].

at Oulu Mining School. The ore loss in mining results from many factors and poor rock blasting is one of them. For example, as more and larger boulders are produced by blasting, a desired cut-off grade is difficult to implement. This will lead to the fact that ore extraction has to be stopped earlier, making the ores to be extracted left eventually unattended. In addition, poor production blasting may cause hanging roofs in sublevel caving or other similar mining methods. A hanging roof, as shown in Fig. 1, is a common problem in sublevel caving or other similar mining methods.

Hanging roofs may bring about large ore loss in sublevel caving [1].

Ore recovery can be markedly increased by using modern blasting theory. For example, as primers were moved from the collars positions to middle points of charged blastholes in Malmberget mine, the ore extraction from a total of 40 blasts with the middle-primer placement was increased by 107%, as compared with that from 210 blasts with collar-primer placement [4]. After these 40 tests, the middle-primer placement was used in more drifts, and the result for ore extraction was still very good [1]. Fig. >

2 shows the result from 148 middle-primer blasts on one production level JH437 of an ore body. As a comparison, the extraction of all blasts with collar-primer placement on another level JH390 in the same ore body is indicated in the graph.

A hanging roof can be destroyed by a special blast method based on shock wave collision and rock fracture theories [1, 5]. The key point of the method is to make use of shock collision to concentrate the stresses and energy in a short time and within a small region of the rock to be destroyed.

Misfires in production blasting

Misfires in this article mean that explosives are not detonated completely or partly in some holes during blasting. Misfires result in not only the loss of explosives but also poor fragmentation, air blasts, fly rocks, and even lower ore recovery.

Misfires have been detected for many years in mining blasts by means of field measurements. The measurements indicated that misfires were up to 30% in open stopping operations [6], 23% in drifting [7], 18% from production blasts with collar-primer placement and 9% from production blasts with middle-primer placement in sublevel caving production blasting [1, 4].

Up to now only a few publications mentioned above have reported actual misfires. Therefore, it is necessary for mining or rock construction companies to carry out field measurements to investigate whether and how many misfires they have. Misfires are caused by many factors [1], and an important measure to reduce misfires is to make a scientific blast design. In addition, it is necessary to consider deformed or fractured blastholes [1, 8], as shown in Fig. 3, in deep mining when blasting operation and mining plans are made. If explosive is precharged into the blastholes in Fig. 3 before they are sheared or deformed, the charged explosive can be easily pushed out of the holes during the deformation of the holes, making the holes fail in blasting.

Misfires exist not only in underground blasting but also in open pit blasting. Therefore, it is necessary for open pit mines to carry out measurements in the field during blasting so that misfires can be detected. In addition, it is important to address that a higher powder factor does not necessarily result in finer fragmentation if misfires exist. The users of high powder factors are recommended to consider this seriously. To reduce misfires, the blast design must be carefully made by using the knowledge

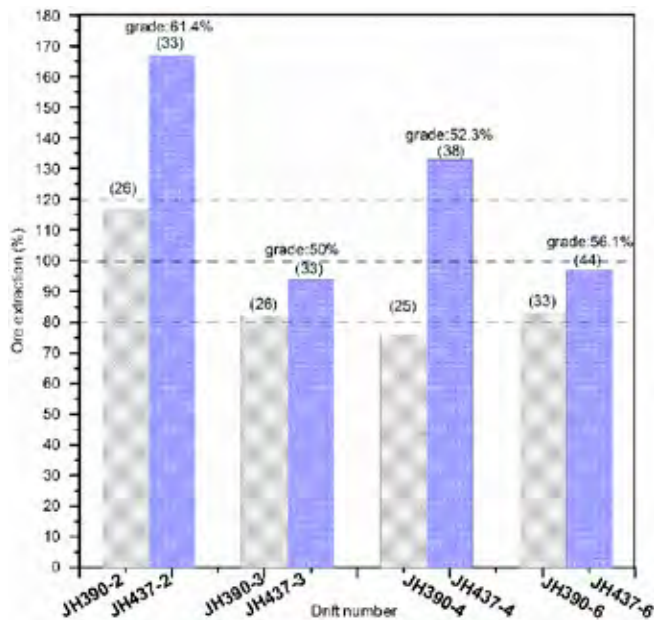


Fig. 2. Ore extraction and iron content from middle-primer and collar-primer blasts [1]. The result from 148 middle-primer blasts (blue) on level JH437 and 110 collar-prime blasts (grey) on level 390 in one ore body. The numbers in the brackets show the quantity of blasts included in each drift.

in rock blasting, stress and shock waves and rock fracture [1].

Stemming in rock blasting

Energy distribution in rock blasting has been investigated in previous studies such as [9, 10]. The latter reported that the energy used in fracturing rock varied from 0,1% to 6,0%, the energy carried by seismic waves was from 0,6% to 12%, and the kinetic energy carried by moving fragments was from 3,3 to 39% of the explosive energy. The sum of these three energies varied from 8,5 to 40%. In other words, the maximum sum of the three energies is only 40%, while the rest of the total energy is at least 60%. This result is quite consistent with the field measurements by Brinkmann [11] who reported that the detonation energy escaping from the collars was up to 50% of the total explosive energy, as the blastholes were not stemmed at all. In other words, up to 50% of explosive was wasted as ejected gases from the collars of the blastholes as they were not stemmed. Therefore, stemming is definitely necessary in production blasting.

Unfortunately, stemming has not been widely used in current upward-drilled blastholes and blastholes in tunneling or drifting. Only downward-drilled blastholes are often stemmed by aggregates, cuttings or other similar materials. Fig. 4 shows that gases were ejected through the collars of presplit

holes close to the slope and they were not stemmed at all. In addition to the presplit holes, the production blastholes in the first row also produced much gases from the collars even though they were stemmed, indicating that the stemming is not sufficient to limit the gas ejection. Theoretically, it has not been confirmed that presplit holes should not use stemming. Therefore, this issue requires a thorough research to answer whether or not stemming is necessary in presplit blasting. Otherwise, too much explosive energy is just wasted in the form of ejected gases going into the air, causing air pollution.

The role of stemming and the method of determining stemming length have been described in [1]. However, further studies on stemming are still needed in order to provide more detailed parameters to apply correct stemming to practical rock blasting.

Kinetic energy carried by moving fragments

In engineering blasting, kinetic energy carried by fragments is mostly wasted in many cases. For example, in open pit mines it was observed that most boulders came from the first row [12, 13]. One of the main reasons is that the fragments from the first row can freely fly away [1, 14]. This free flight makes the kinetic energy mostly wasted, since the kinetic energy carried by the

flying fragments contributes nothing to fragmentation, provided that they are not fragmented again when they land on the ground. However, if such a free flight is stopped and some of the kinetic energy is transformed into effective energy to cause secondary fragmentation, the boulders can be reduced. To reduce or stop the free flight, the distance between the face of the bench to be blasted and the muck pile in front of the bench is to be reduced. Because such a distance (often in the upper part of a bench) decreases with the increasing number of the rows in a multi-row blast, the fragmentation becomes finer when the number of the rows in the blast increases. To utilize the kinetic energy carried by flying fragments, some measures were recommended for open pit blasting and underground blasting below hanging walls [1, 14].

Powder factor

The powder factor at tunneling is 3–10 times higher than at bench blasting [2, 13]. In particular, the explosive consumption in the cut holes is extremely high, and an area of 1 m² cut requires about 7 kg/m³ for a good result [13]. Unfortunately, the measurement in underground drifting indicated that the misfire was high as mentioned previously, i.e., much explosive was not detonated at all. Accordingly, it can be inferred that it is not necessary to have so many blastholes in the drifting. Correspondingly, the extremely high powder factor, especially in cut holes, might be useless. Therefore, if misfires cannot be controlled to a small value, a very high powder factor cannot give a better or finer fragmentation. In brief, it is necessary to determine a correct powder factor in drifting/tunneling blasting, open cut blasting, and underground production blasting by theoretical analysis rather than only by experience.

Shock wave collision

In general the energy used in rock fracture and fragmentation can be increased by increasing total amount of explosive charge. For example, a greater powder factor can result in better or finer fragmentation if all the explosives are detonated and other conditions such as confinement are constant. In addition to using a greater powder factor, another way to enhance rock fragmentation is to use shock wave collision. According to one-dimensional shock wave theory [1, 15], when one shock wave with pressure P1 meets another shock with pressure P2, the

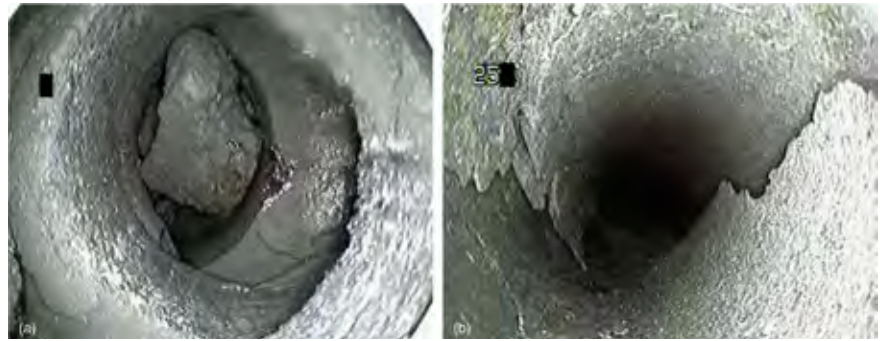


Fig. 3. Borehole instability problems in sublevel caving. (a) Production blasthole is sheared, broken, and jammed; (b) production blasthole is fractured [1].



Fig. 4. Gas ejection in both the presplit holes close to the slope and the first row of production holes.

final shock pressure P3 after the collision of P1 and P2 is greater than the sum of the pressures of the initial two shock waves, i.e., $P3 > P1 + P2$

This is the beauty of shock wave collision that it can increase both the peak pressure of the final shock and the peak stress of the final stress wave, without increasing explosive energy. This kind of shock collision has been successfully used in improving ore recovery and mining safety by reducing brow damage [16], and used in breaking down hanging roofs in sublevel caving mining [1, 17]. Although these applications are successful, a further and deeper investigation on shock wave collision in blasting is necessary, especially on the distribution of both fracture energy and seismic energy in the case of shock collision.

Delay timing

In theory, rock fracture and fragmentation can be improved by not only increasing the total input energy but also changing energy distribution while the total input energy is kept constant. The latter can be realized by applying an optimum delay time between two adjacent blastholes. Under the optimum

delay time the stresses and energies from the two holes could be well overlapped.

For many years scientists in the field of rock blasting have been investigating the effect of delay timing on rock fragmentation [1, 2, 18–22]. The previous studies can be divided into two opposite groups: one group argues and demonstrates that the delay time influences rock fragmentation, and the other group concludes that delay time does not have significant impact on fragmentation. The major reason for forming the two opposite groups is that the previous analytical studies mainly considered elastic stress analysis and stress superposition. Theoretically, the determination of delay time should consider many other factors in addition to elastic stress distribution. These factors include crack propagation and crack velocity, detonation waves, confinement and boundary conditions, rock fracture nearby, movement of fragments etc. [1].

Adversary impact of rock blasting on environment

Rock blasting is similar to a double-blade sword. It may cause adversary impact on many things as it does positive work. Such

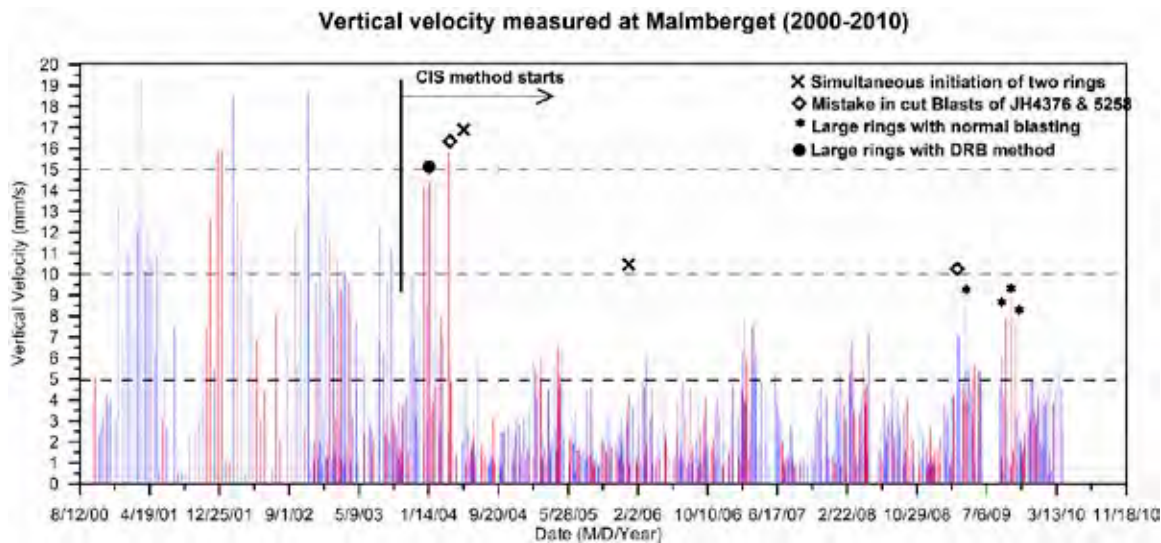


Fig. 5. Ground vibrations (vertical velocity) measured at Malmberget town from year 2000 to 2010 [23].

adversary impacts may be higher vibrations in a habitant area, fractures or cracks in the walls and roofs of tunnels, drifts and other underground openings, contamination to local water system, fly rocks, air blasts, initiation of a slope failure or a seismic event, etc. By using updated blasting theory, such adversary impacts can be reduced [1]. For instance, blast-induced roof spalling and ground vibrations can be largely reduced by applying rock blasting theory [1, 4, 23-24]. Fig. 5 indicates that both peak and average velocities from production blasts in Malmberget mine have been largely reduced by two methods based on stress wave and blasting theory since the year 2004.

Concluding remarks

Rock blasting has a great potential to make a significant favourable contribution to current mining industry and rock engineering by increasing resource recovery, improving mining profit and safety, and reducing adversary impact on mining and environment, if the modern blasting theory is well understood and correctly used in blasting design and operation. ▲

References

Zhang ZX. *Rock Fracture and Blasting: Theory and Applications*. Oxford: Elsevier Science, 2016a.
 Langefors U, Kihlström B. *The modern technique of rock blasting*. 3rd ed. Stockholm: AWE/ GEBERS; 1978.
 Persson PA, Holmberg R, Lee J. *Rock blasting and explosives engineering*. New York: CRC Press; 1994.
 Zhang ZX. Increasing ore extraction by changing detonator positions in LKAB Malmberget

mine. *Int J Blast Fragm* 2005;9:29-46.
 Zhang ZX, Naarttijarvi T. Applying fundamental principles of stress waves to production blasting in LKAB Malmberget mine. In: *Proceedings of eighth international symposium on rock fragmentation by blasting*, Santiago, Chile, May 7-11, 2006, p. 369-374.
 Dawes JJ, McKenzie CK, Liddy TJ. Interaction between blast design variables: experimental and modelling studies. In: *Proceedings of first international symposium on rock fragmentation by blasting*, Luleå, Sweden, August, 1983, vol. 1, p.265-287.
 Nyberg U, Fjellborg S. Controlled drifting and estimation of blast damage. In: *Proceedings of first world conference on explosives and blasting technique*. Rotterdam: Balkema, 2000, p. 207-216.
 Ghosh R, Zhang ZX, Nyberg U. Borehole instability in Malmberget underground mine. *Rock Mech Rock Eng* 2015;48:1731-1736.
 Ouchterlony F, Nyberg U, Olsson M. The energy balance of production blasts at Norkalk's Klinthagen quarry. In: Holmberg R, editor. *Proceedings of the second world conference on explosives and blasting*. Rotterdam: Balkema; 2003, p. 193-203.
 Sanchidrián JA, Pablo S, López LM. Energy components in rock blasting. *Int J Rock Mech Min Sci* 2007;44:130-47.
 Brinkmann JR. An experimental study of the effects of shock and gas penetration in blasting. In: *Proceedings of third international symposium on rock fragmentation by blasting*, Brisbane, Australia, August 26-31, 1990, p.55-66.
 Winzer SR, Anderson DA, Ritter AP. Rock fragmentation by explosives. In: *Proceedings of first international symposium on rock fragmentation by blasting*, Luleå, Sweden, August, 1983, Vol.1, p.225-249.
 Olofsson SO. *Modern Bergsprängningsteknik*. Sweden: APPLEX; 1999.
 Zhang ZX. Kinetic energy and its applications

in mining engineering. *International Journal of Mining Science and Technology* 2017;27:237-244.
 Cooper PW. *Explosives engineering*. New York: Wiley-VCH; 1996.
 Zhang ZX. Effect of double-primer placement on rock fracture and ore recovery. *Int J Rock Mech Min Sci* 2014a;71:208-216.
 Zhang ZX. Failure of hanging roofs in sublevel caving by shock collision and stress superposition. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* 2016b;8(6):886-895.
 Nutting MJ, Stagg MS. Effects of delay time on fragmentation. *The 27th US symposium on rock mechanics (USRMS)*, June 23-25, 1986, Tuscaloosa.
 Stagg MS, Rholl SA. Effects on accurate delays on fragmentation for single-row blasting in a 6.7-m bench. In: *Proceedings of second international symposium on rock fragmentation and blasting*, Fourney W and Dick R editors, Society of Experimental Mechanics, 1987, p. 210-223.
 Rossmann HP. The use of Lagrange diagrams in precise initiation blasting. Part I: two interacting blastholes. *Int J Blast Fragm* 2002;6(1):104-136.
 Vanbrabant F, Espinosa A. Impact of short delays sequence on fragmentation by means of electronic detonators: theoretical concepts and field validation. In: *Proceedings of the 8th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, Editec SA, Santiago, 2006, p 326-331.
 Katsabanis PD, Tawadrous A, Braunand C, Kennedy C. Timing effects on the fragmentation of small scale blocks of granodiorite. *Int J Blast Fragm* 2006;10:83-93.
 Zhang ZX. Controlling vibrations caused by underground blasts in LKAB Malmberget mine. *Blast Frag* 2012;6(2):63-72.
 Zhang ZX. Blast-induced dynamic rock fracture in the surfaces of tunnels. *Int J Rock Mech Min Sci* 2014b;71:217-223.

Stakeholder engagement in exploration and mining course:

Communication skills and social aspect into geoscience education

OULU MINING SCHOOL, UNIVERSITY OF OULU

JUKKA-PEKKA RANTA, PHD, POST-DOCTORAL RESEARCHER, UNIVERSITY OF OULU

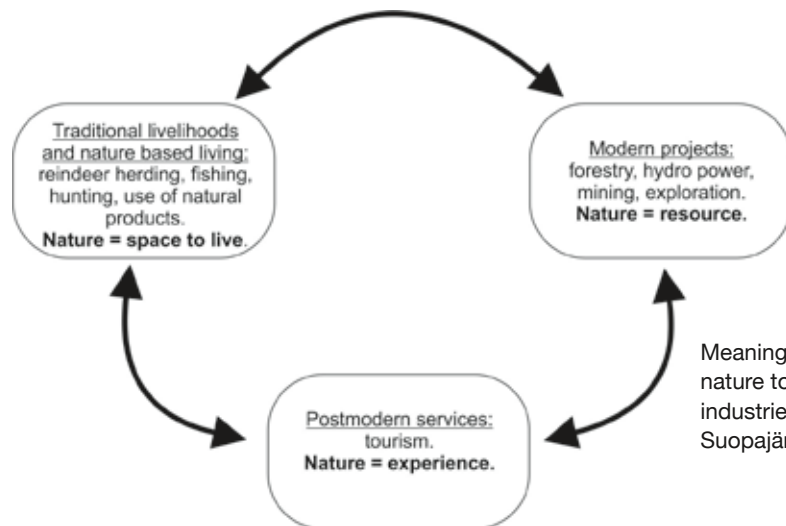
LEENA SUOJAJÄRVI, PHD, ADJUNCT PROFESSOR, UNIVERSITY OF OULU

For mining and exploration companies, it is increasingly important to gain the trust and approval from the stakeholders, including local communities.

The formal license to operate from the authorities is no longer enough. Social License to Operate (SLO) continues to be the top risk for miners, based on the survey done by Ernst and Young (2019) for the mining and metals executives. Especially in mineral exploration projects, the exploration geologists are the key persons in creating positive image of the respective company to the local stakeholders, as they are often the first persons on the ground. The first encounter and interaction with the local communities in the very early stages of exploration is important, as it will set the ground for trust of the locals towards the company and the project (e.g., Eerola, 2013). Moffat and Zhang (2014) stated that positive contact between mining company personnel and community member will promote the gaining of trust and hence increase the likelihood that mining developments are accepted by a community. Therefore, educating social aspects and the sociological context of the mining cycle to mining related professionals during their university studies are important.



Students discussing the mineral strategy in Finland.



Meaning of nature to different industries after Suopajärvi (2001)



Dr. Leena Suopajärvi

1. The EXpLORE project

The EXpLORE is an EIT RawMaterial Academy funded project started in 2018 and it is coordinated by the Luleå University

of Technology. The project has four partner universities along with the industry partners:





Eero Yrjö-Koskinen from the Finnish Network of Sustainable Mining.



Janne Kinnunen from Mawson Resources Ltd.

The EXplore project aims to create a MSc exchange program in exploration involving University of Oulu, Luleå University of Technology, AGH University of Science and Technology and TU Bergakademie Freiberg. In addition, the development of short courses in various fields related to exploration together with the industry partners is one of the key goals of the EXplore. For more information about the project, visit <http://www.explore.agh.edu.pl/>



2. Stakeholder engagement in exploration and mining –course

As a part of the EIT RawMaterials Academy-funded EXplore-project, Oulu Mining School organized an advanced level course “Stakeholder engagement in exploration and mining” in collaboration with the University of Lapland, Mawson Resources Ltd. and Finnish Network for Sustainable Mining. The course was organized between 31th of October and 8th of November, 2019. Main lecturer for the course was Dr. Leena Suopajarvi (Univ. Lapland) who holds an adjunct professorship in the Oulu Mining School. Janne Kinnunen from Mawson Resources Ltd. presented their case study from the Au-Co prospect in northern Finland. In addition, we had the pleasure to get the secretary general, Eero Yrjö-Koskinen from the Finnish Network of Sustainable Mining to talk about their network and mission. Course gained interest not only in the academic side, but also in the industry. Altogether 21 students from the University of Oulu and two students from TU Bergakademie Freiberg registered into the course. From the industry side, participants from Boliden

AB and Pöyry Finland attended the course partly by physical presence and partly via video connection. The course comprised altogether 18 h of lectures, which were held during two weeks.

The course started in 31st of October with the presentation by Dr. Jukka-Pekka Ranta who introduced the EXplore project and explained the context why the social studies are important to geologists and other mining related professionals. Dr. Leena Suopajarvi continued the lecture by discussing the social scientific approach to natural resource management. The lecture started with deep discussions about the importance of the nature and how the society and nature are intertwined. During the day, the issue of “How the nature became a social issue” was discussed. This included a historical overview of the natural conservation movement in Finland from the late 1960’s to the rise of the climate warming concerns during the 1980’s. Natural resource management, it’s meaning and disputes about the nature in the Finnish Lapland were the issues discussed during the last part of the lectures of the first day. Traditional livelihoods have to adapt and make compromises in today’s society as they are faced to cope with the postmodern tourism and modern projects, including for example forestry, mining and mineral exploration activities. For each of these different operators, the term nature has a different meaning ranging from “space to live” for the traditional livelihoods to experience and resource for tourism and modern projects, respectively.

The subject of the 2nd day was social impact assessment (SIA) in mining industry in Finland. The lecture included explanations of what is SIA and what the impacts (positive or negative) mean in this context. Case study

examples were given from the Sodankylä and Kittilä areas. Identification of relevant stakeholders is an important part of the social impact assessment. Stakeholders are persons or organizations with an interest or direct/indirect relationship to the operation and those who may be affected or have an affect on the project. Along with SIA, also social impact management plan (SIMP) is important. In SIMP plans to manage impacts in co-operation with different stakeholders are made. Case study of SIMP process on the Sodankylä municipality was given.

The 3rd lecture was given by Eero Yrjö-Koskinen (Fig. 3) from the Finnish Network of Sustainable Mining. He discussed sustainable raw materials, low-carbon society and sustainable resource extraction in the Arctic. Our society today is heavily dependent on the use of fossil fuels and the goals to reduce carbon emissions during the next decades create challenges in the raw material supply. The energy transition towards more low-carbon sources affects both individuals and businesses, which may create oppositions, as for example the “yellow vest” movement in France. The goal of the Finnish Network of Sustainable Mining is to be a forum for the mining/exploration sector and it’s key stakeholders. The network aims to create principles of sustainable development standard that can be used by mining industry planning to operate or already operating in Finland.

In the 4th lecture Dr. Suopajarvi introduced the concepts of social license to operate and social license to explore. The division of these terms is based on the difference between mining operations and mineral exploration. The gaining of the social license is case sensitive and cannot be transferred from one area to another. It is also under constant evaluation by different stakeholders and therefore needs continuous effort from the mining or exploration companies. The gaining of trust is one of the key parameters in local acceptance. Janne Kinnunen, senior geologist from Mawson Resources presented their Au-Co project (Rompas-Rajapalot) in northern Finland and discussed their stakeholder engagement strategies. The Rompas-Rajapalot Au-Co is one example of the successful stakeholder engagement process for organizing “open door” days and using local workers and businesses as much as possible in their operations. With the honest, open, respon-

sible approach towards stakeholders, the company has gained trust within the local communities of their operation. In the 5th lecture Dr. Suopajarvi presented case example of mining conflicts in Lapland. The global drivers, risks and reasons behind the mining conflicts were also discussed.

3. Feedback from the course

After the course, feedback was collected from the participating students and industry representatives. The results were positive, participants acknowledged the need for this type of education within the mining related studies and felt that they will likely think these types of issues differently in the future. The only negative issue which was raised was the inability to participate into the group discussions via video participation with the current setup. This issue will be addressed in the future.

”Good course that gave a lot of new perspectives”

”Great lecturers, good interaction with students during lectures. Provided different aspect to geological thinking towards mining”

”Overall a very good and relevant course.”

4. Outlook for the future

This was the first time the Stakeholder engagement in exploration and mining -course was organized in the Oulu Mining School. The EIT RawMaterial Academy -funded EXpLORE -project enabled the funding of the course. The need of this type of “soft-skills” education within the more technical curriculum of geosciences and mining related education is evident. In order to develop more sustainable and responsible mining in the future, the integration of this type of course into the curriculum of the Oulu Mining School is planned. ▲

References

Eerola, T., 2013. A model for stakeholder engagement in mineral exploration in Finland. 6th International Conference in Sustainable Development in the Minerals Industry, 30 June – 3 July 2013, Milos Island, Greece, 232-237

Ernst and Young., 2019. Top 10 business risks and opportunities – 2020. https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/10-business-risks-facing-mining-and-metals

Moffat, K., Zhang, A., 2014. The paths to social licence to operate: An integrative model explaining community acceptance of mining. Resources Policy 39, 61-70.

FROM MINE TO MINE



For more information, please contact:

Satu Penttinen, phone +358 (0)20 753 7478

www.nordkalk.com



Consortium

Industry & SME's (40% of the budget)

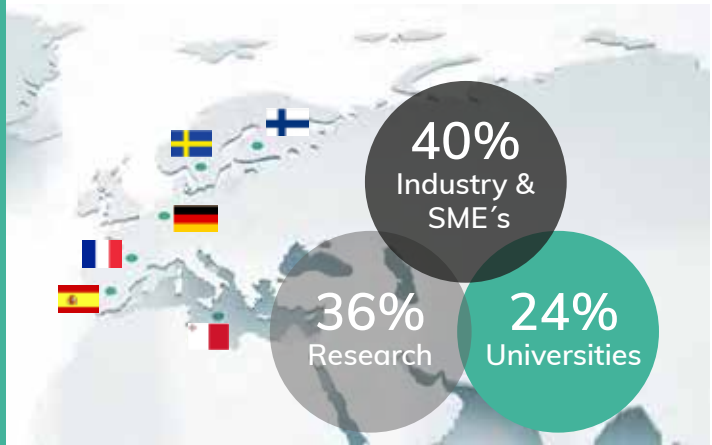
- Mawson Oy, FI
- Yara Suomi Oy, FI
- Minas de Aguas Teñidas S.A.U., ES
- Valoriza Minería SL, ES
- Radai Oy, FI
- Beak Consultants GmbH, DE
- DMT GmbH & Co. KG, DE
- EFTAS Remote Sensing Transfer of Technology, DE
- Integrated Resources Management (IRM) Company Ltd, MT
- Loop and Line Oy, FI

Research (36%)

- Geological Survey of Finland – GTK, FI
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas – CSIC, ES
- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, DE

Universities (24%)

- University of Lapland, FI
- Université de Lorraine, FR
- Luleå University of Technology, SE



NEXt-konsortium muodostaa 16 partneria kuudesta EU maasta. EU-rahoituksen kokonaismäärä on noin 6,9 M€, josta teollisuus- ja pk-yritysten osuus on 40%, tutkimusorganisaatioiden 36% ja yliopistojen 24%.

NEXt- New Exploration Technologies

TEKSTI: **VESA NYKÄNEN**, GTK, **JUHA KAIJA**, GTK

Kaksi päivää ennen jouluaattoa vuonna 2017 Euroopan komissio lähetti meille mieluista sähköpostia: ”Dear Coordinator, Congratulations. Your proposal has reached the stage of Grant Agreement preparation.” GTK:n koordinoima noin 7 miljoonan euron NEXt – New Exploration Technologies – projektihakemus oli hyväksytty rahoitettavaksi Horisontti 2020 –ohjelmasta. Puitesopimuksen valmistelu aloitettiin EASME:n (Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises) kanssa saman tien, olihan joulun vielä aikaa. EASME on pienistä ja keskisuurista yrityksistä vastaava toimeenpanovirasto, joka hallinnoi mm. Euroopan Unionin tutkimusohjelmia. Maaliskuun puolesta välissä 2018, kohtuullisen ison paperityön jälkeen, sopimus oli valmis kumppaneiden allekirjoitettavaksi. Projektin alkupäiväksi määrättiin vappupäivä ja projektin aloituskokous sovittiin pidettäväksi Rovaniemellä toukokuun lopussa.

NEXt-projekti sai alkusysäyksen jo vuonna 2015 laaditussa ExplOre - European

Deep Exploration Project H2020-hakemuksessa. Se ei mennyt läpi, mutta tehty työ ei mennyt hukkaan! Itseasiassa ExplOre poiki NEXt:n lisäksi toisenkin malminetsintää kehittävän projektin. Smart Exploration - Sustainable mineral resources by utilizing new exploration technologies on noin 5 miljoonan euron projekti ja sitä koordinoi Uppsalan yliopisto.

Keväällä 2018 käynnistynyt NEXt yhdistää mineraalisysteemien geologisen tutkimustiedon ja uudet edistykselliset etsintämenetelmät. Aineistoanalyysiin käytettävän tekniikan kehittäminen on ratkaisevan tärkeä askel, kun yritetään hyödyntää valtavaa tutkimusaineistoa pienemmillä kustannuksilla ja paremmalla tarkkuudella. Näillä eväillä NEXt-projekti etenee kohti tehokkaampaa ja taloudellisempaa sekä ympäristöystävällisempää malminetsintää.

NEXt konsortio koostuu kuuden EU:n jäsenmaan tutkimuslaitoksista, yliopistoista sekä yrityksistä. Nämä kuusi maata ovat Suomi, Ruotsi, Saksa, Ranska, Malta ja Espanja. Projektin geologisina testialueina ovat Euroopan taloudellisesti tärkeimmät

metallogeeniset vyöhykkeet Fennoskandian kilvellä sekä Espanjassa pyriittivyöhykkeellä. Ne ovat geologisesti monipuolisia ja potentiaalisia alueita uusien mineraaliesiintymien löytämiselle. Yhteensä partnereita tässä mielestämme erittäin tasapainoisessa konsortiossa on kuusitoista. NEXt:llä on myös kansainvälinen tukiverkosto eli tieteellinen ohjausryhmä, jossa on neljä malminetsintään huippuammattilaista Australiasta, Brasiliasta, Englannista ja Suomesta.

Pääpaino malminetsintämenetelmissä

Pääpaino projektissa on malminetsintämenetelmiin liittyvässä tutkimuksessa. Pääkohteina ovat kriittiset raaka-aineet Li, W, P ja Co sekä muut Euroopan teollisuuden aloille tärkeät raaka-aineet kuten Au, Zn, Pb, Cu, Ag ja Sn.

Malminetsinnässä keskitytään geofysiikan ja geokemian menetelmien kehittämiseen unohtamatta mineraalisysteemejä ja geologista tutkimusta. Merkittävä osa resursseista käytetään geoinformatiikan tutkimusalaan liittyen malminetsintätietä

integroinnin ja analysoinnin kehittämiseen. Malminetsinnän yhteiskunnallinen hyväksyttävyyden on yhtenä tutkimuskohdeena. NEXT verkostoituu myös muiden meneillään olevien eurooppalaisten ja kansainvälisten projektien kanssa.

NEXT:n ympäristöystävällisillä malminetsintämenetelmillä vähennetään malminetsintäkustannuksia ja lisätään sidosryhmien luottamusta uusiin menetelmiin. Näitä voidaan käyttää sekä vaikeapääsyisillä syrjäisillä paikoilla että herkällä luonnonsuojelualueilla luontoa vahingoittamatta. Ympäristövaikutusten väheneminen ja sosiaaliseen hyväksyttävyyteen vaikuttavien tekijöiden tuntemus auttavat parantamaan kaivosteollisuuden ja laajemman yhteiskunnan välistä suhdetta. Tämä on edellytys Euroopan kaivannaisteollisuuden jatkokehitykselle.

NEXT hyödyntää mm. UAV-tekniologiaa (miehittämätön ilma-alus, drone) yhdessä jatkuvasti kehittyvien geofysikaalisten, geo- ja biogeokemiallisten etsintätyökalujen (XRF, LIBS, Raman) ja kaukokartoitustekniikoiden kanssa. Mineraalien etsinnän laajojen tietoa-aineistojen analysointi nostetaan uudelle tasolle integroimalla nykyaikaiset tietojenkäsittely-, tekoäly- ja kartoitusmenetelmät. Eri mineraalisysteemien tutkimus ja karakterisointi on keskeinen lähtökohta uusien mineraalivarantojen löytämiseen.

Projektin nykytilanne

Ensimmäistä kertaa NEXT-projekti kokoaa merkittävimmät mineraalisysteemit Fennoskandian kilven ja Iberian pyriittivyöhykkeen alueilta yhtenäiseksi tietopaketeiksi. Odotettavissa on mielenkiintoista uutta tietoa, jota voidaan hyödyntää malminetsinnässä. Tekninen kehitystyö on edistynyt hyvin ja aikataulussa. Merkittävin innovaatio lienee Radai Oy:n kehittämä sähkömagneettinen malminetsintämenetelmä, jota käytetään droneilla. Projektissa kehitettävistä geokemiallisista malminetsintämenetelmistä on myös odotettavissa erittäin lupaavia tuloksia esimerkiksi kenttämittauksiin tarkoitettujen sähkökemiallisten sensoreiden kehitystyön tuloksena. Datafuusiota toteutetaan useilla tekniikoilla. Keskiössä on GTK:n malminetsintään soveltuva SOM-menetelmä (self organising map), joka on datan klusterointiin soveltuva, ohjaamaton neuroverkkoihin

WP1: Coordination

WP2: Mineral systems modelling

WP3: Novel Exploration Technology

WP4: Data fusion

WP5: Social license to explore

WP6: Clustering with other projects

WP7: Dissemination and exploitation

WP8: Ethical requirements



perustuva tiedonlouhintamenetelmä. Sen avulla isoja malminetsintäaineistoja yhdistämällä löydetään uutta tietoa, joka voi johtaa uusien malmiesiintymien löytymiseen. Siinä on varmasti NEXT-projektin yksi merkittävä tekninen lopputulos ja tuote.

PDAC:ssa tavataan

NEXT on saanut laajasti julkisuutta ja huomiota. NEXT pitää PDAC:n yhteydessä Short Coursen "Qualitative and quantitative prospectivity mapping and assessment of undiscovered mineral resources". Tämä on hieno saavutus ja kuvaa hyvin projektin nauttimaan kansainvälistä arvostusta. Maaliskuussa 2020 Torontossa pidettävän kurssin kouluttajiksi tulee useita GTK:n ja kumppaneidemme tutkijoita. Tämä sekä malminetsintä- ja kaivosyhtiöiden osoittama suuri kiinnostus kertovat, että NEXT:ssä tehdään maailmanluokan geologisen tieteen lisäksi urauurtavaa teknologista kehitystä. Tämä tulee muuttamaan malminetsinnän koko kenttää maailmanlaajuisesti. ▲

NEXT-projektin työ tehdään kahdeksassa työpaketissa tieteellisen koordinaattorin Vesa Nykäsen ja työpakettien vetäjien ohjauksessa.

NEXT projektin malminetsintäteknologioiden kehittäminen perustuu kolmeen peruspilariin: 1) Mineraalisysteemien mallinnus, 2) Malminetsintämenetelmät ja -teknologiat ja 3) Malminetsintädatan prosessointi- ja integrointityökalut.

Ensimmäistä kertaa NEXT-projekti kokoaa merkittävimmät mineraalisysteemit Fennoskandian kilven ja Iberian pyriittivyöhykkeen alueilta yhtenäiseksi tietopaketeiksi.

FINNMATERIA

18.-19.11.2020

TERVETULOA NÄYTTEILLE- ASETTAJAKSI!

KATSO LISÄÄ



Pohjoismaiden suurin kattavasti vuoriklusteriin keskittyvä messutapahtuma järjestetään jo kahdeksannen kerran! Teemoina kaivosteollisuus, metallinjalostus, kiviainesteollisuus, kiertotalous ja maarakentaminen!

Ota yhteyttä, niin varaamme sinun tarpeisiisi parhaiten soveltuvan osaston!

MYNNIN YHTEYSTIEDOT

www.finnmateria.fi

Raimo Pylvänäinen

raimo.pylvanainen@paviljonki.fi

+358 400 671 923

Hannu Mennala

hannu.mennala@paviljonki.fi

+358 50 591 5428



Kestävää liiketoimintaa kulumisen ja korroosion vuorovaikutuksia hallitsemalla

ELINA HUTTUNEN-SAARIVIRTA, ANSSI LAUKKANEN, HELENA RONKAINEN
TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT OY

Tiivistelmä

Kulumisen ja korroosio ovat yleisimpiä rakennemateriaalien vaurioitumisen syitä teollisuudessa. Monissa käyttöympäristöissä nämä vaurioitumisilmiöt tapahtuvat samanaikaisesti: rakenteen komponentit ovat keskenään kosketuksissa ja suhteellisessa liikkeessä, ja kontakti tapahtuu aggressiivisessa ympäristössä, tai komponentti on kosketuksissa kiinteitä partikkeleita sisältävän korroosiota aiheuttavan väliaineen kanssa. Käytännön esimerkkejä tällaisista tilanteista ovat vaikkapa paperikoneen telat, jotka altistuvat paperinvalmistuskemikaaleille, ja hydrometallurgisten ja muiden prosessilaitteiden monet keskeiset osat. Kulumisen ja korroosion vuorovaikutusten vuoksi tribokorroosiolle altistuvat materiaalit vaurioituvat usein huomattavasti nopeammin kuin erillisinä prosesseina esiintyvien kulumisen ja korroosion yhteenlaskettu vaikutus antaisi olettaa. Juuri päättyneessä Business Finlandin rahoittamassa SUBTRIB-tutkimushankkeessa on perehdytty kulumisen ja korroosion väliseen synergiaan erilaisissa teollisuudelle tärkeissä tribokorroosiosysteemeissä. Hanke on nojautunut sekä kokeelliseen tutkimukseen että materiaalien monitasomallinnukseen, ja tuloksia tullaan hyödyntämään materiaalikehityksessä ja vuorovaikutusten paremmassa hallinnassa teollisuussovelluksissa.

Johdanto

Prosessien ja systeemien materiaali- ja energiategokkuus ovat keskeisiä seikkoja elinkeinoelämän kilpailukykyä ajatellen. Toisaalta ne ovat avainasemassa resurssi-

tehokasta yhteiskuntaa tavoiteltaessa, ja niiden merkitys tulee tulevaisuudessa yhä kasvamaan. Resurssitehokkuuteen liittyy oleellisesti materiaalien ja komponenttien käytettävyys eli niiden kyky toimia suunnitellussa sovelluksessa halutulla tavalla. Kun tämä kriteeri ei enää täyty, on komponentti sellaisenaan käyttöikänsä päässä ja sen jatkoehdyntämistä (uudelleenikäyttö tai -valmistus, kierrätys) on aika miettiä.

Korroosio ja kulumisen ovat yleisimpiä rakennemateriaalien vaurioitumisen syitä teollisuudessa ja siten vahvasti sidoksissa materiaalien käytettyvyyteen. Korroosiolle tarkoitetaan metallien ja metalliseosten vaurioitumista niiden ollessa vuorovaikutuksissa ympäristönsä kanssa. Tyypillisesti korroosio etenee sähkökemiallisen mekanismin kautta termodynamiikan sääntöjen mukaisesti, ja sen suorien ja välillisten vaikutusten (materiaalihäviöt, käyttökatkot, vuodot, korjauskustannukset) on arvioitu eri lähteiden mukaan vastaavan kustannuksiltaan 3,5 %¹ ja jopa 6% bruttokansantuotteesta². Kulumisella puolestaan tarkoitetaan materiaalihäviöitä pinnan ollessa liikkuvassa kontaktissa suhteessa toiseen komponenttiin tai muihin kiinteisiin kappaleisiin, kuten partikkeleihin. Myös kulumisella on selkeä kansantaloudellinen merkitys: sen vaikutuksiksi on arvioitu vuositasolla 0,75 % bruttokansantuotteesta vastaava summa. Nämä kustannusluvut osoittavat, että puhutaan yritysten liiketoiminnan kannalta todella merkittävistä asioista. Oman haasteensa tuo myös teollisuuden toimintaolosuhteiden moninaisuus: on runsaasti käytännön olosuhteita, jolloin korroosio,

kulumisen ja muut tribologian ilmiöt tapahtuvat samassa systeemissä samanaikaisesti, jolloin puhutaan *tribokorroosiosta*. Tällöin yksittäisten vaurioitumismekanismien välisellä *vuorovaikutuksella* on keskeinen merkitys sille, miten nopeasti vaurio lopulta etenee ja mitä muita ilmiöitä, kuten muutoksia toisiaan koskettavien pintojen välisessä kitkakertoimessa, systeemissä esiintyy (heijastuen lopulta mm. energiankulutukseen). Pahimmillaan tribokorroosiovaurio etenee synergiaa johtuen monikertaisella nopeudella erillisiin vaurioitumismekanismiin verrattuna. Parhaimmillaan taas vaurioituminen saattaa jopa hidastua ja muodostuva korroosiotuotekerros toimia systeemissä esimerkiksi kiinteänä voiteluaineena. Tällä hetkellä tribokorroosiosysteemiin sovellettavaa tietoa ja esimerkiksi elinikä-laskentaa ja -suunnitteluun tarvittavia työkaluja on vähän, joten tarve tutkimukselle on ilmeinen. Tässä tutkimuksessa tuotettiin tuota tarvittavaa tietoa: tietoa materiaalien tribokorroosioikäkertymisestä eli tribologian ja korroosion yhteisvaikutuksista teollisuusympäristöissä. Tietoa tullaan hyödyntämään materiaalikehityksessä, valmistusprosessien optimoinnissa ja suunnittelutyökalujen pohjana eli olemassa olevissa ja uusissa tuotteissa ja palveluissa.

2. Tribokorroosio teollisissa systeemeissä

Maailmalla tehty tribokorroosiotutkimus on vahvasti keskittynyt biolääketieteeseen sovelluksiin^{3,4}, kuva 1. Tribokorroosio onkin keskeinen ihmiskehon metallisten vaurioiden, esimerkiksi lonkan tekoniiveltien,

vaurioitumismekanismi. Biolääketieteen materiaalien käyttäytymisen herättelemänä tribokorroosioilmiöön on havahduttu muillakin sektoreilla. Tribokorroosiosysteemin käyttäytymiseen vaikuttavat kuitenkin monet muuttujat, kuten kuva 2 osoittaa. Tämän vuoksi tribokorroosio teollisissa systeemeissä vaatii uudenlaisia lähestymistapoja. Esimerkiksi biolääketieteen sovelluksissa käytettävät materiaalit ovat tyypillisesti passiivioituvia, kuten titaaneoksidit, kun taas teollisten systeemien materiaaliratkaisut vaihtelevat aktiivisista seoksista, kuten teräksistä tai kupariseoksista, metalli-ke-raami-komposiittipinnoitteisiin. Tällöin tarvitaan uusia lähestymistapoja myös esimerkiksi korroosion ja kulumisen yhteisvaikutusten määrittämiseen. Tieteidenvälisen luonteen vuoksi yhteisvaikutusten määrittämiseen tarvitaan monenlaisia menetelmiä: tribologian menetelmiä, sähkökemiallisia mittauksia, pintatutkimusta sekä perinteistä materiaalitekniikkaa. Siihen, että SUBTRIB-projektissa pystyttiin tuottamaan tarvittavaa tietoa ja ymmärrystä materiaalien tribokorroosioikäytymisestä teollisissa ympäristöissä, tarvittiin myös menetelmäkehitystä vuorovaikutusten mekanismien määrittämiseksi ja kvantifioimiseksi.

Tribokorroosiosysteemissä kokonaismateriaalihäviöt (T) muodostuvat korroosion (C), kulumisen (W) sekä niiden välisten vuorovaikutusten eli synergian (S) kautta:

$$T = C + W + S \quad (1)$$

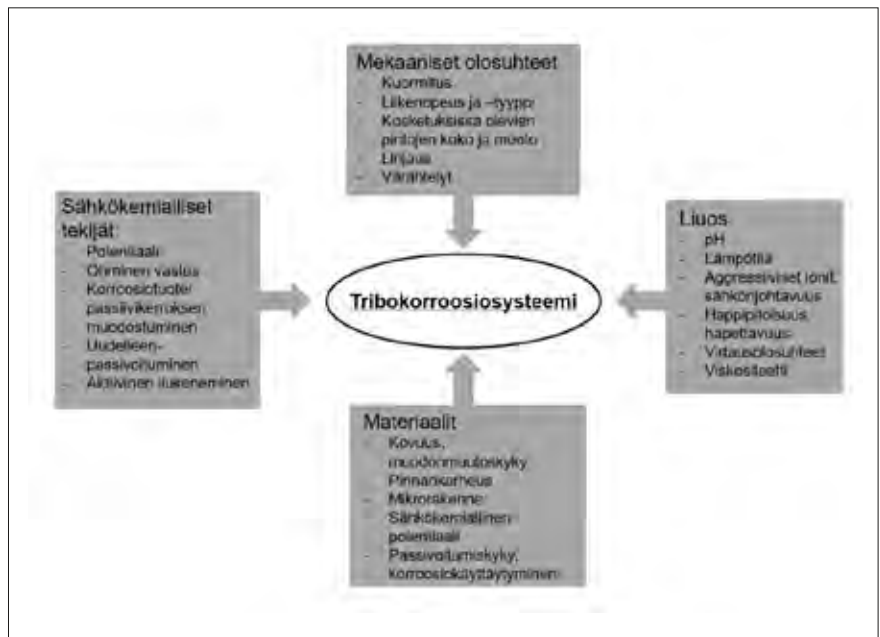
Vastaavasti synergia kattaa korroosion aiheuttaman kulumisen (ΔW_C) ja kulumisen aiheuttaman korroosion (ΔC_W):

$$S = \Delta C_W + \Delta W_C \quad (2)$$

Passiivitulassa olevien metalliseosten kohdalla moniin tarvittaviin termeihin päästään näppärästi käsiksi Faradayn yhtälön kautta, sillä käytännössä kaikki sähkökemiallinen data kerätään alueelta, jonka passiivikerros on rikkiönyt (kulumisura). Passivoitumattomien ja ei-passiivitulassa olevien materiaalien kohdalla tilanne on toinen, sillä myös kulumisuran ulkopuolella olevalla alueella tapahtuu korroosiota. SUBTRIB-projektissa synergia termeihin päästiin kiinni tutkimalla materiaalin käyttäytymistä hapettavuudeltaan erilaisissa olosuhteissa tappikuluskoelaitteessa (pinon-disc). Katodisissa oloissa käyttäytymisen edustaa puhdasta kulumista (materiaalin korroosiota ei tapahdu, sillä ollaan pelkistävässä oloissa, ja ympäröivä liuos toimii voiteluaineena). Tällöin tappikuluskoelaitteissa levynäytteessä tapahtuvat ma-



Kuva 1. Tribokorroosiotutkimusten jakautuminen sovellusalueittain.^{3,4}



Kuva 2. Tribokorroosiosysteemin keskeiset muuttujat.

terialihäviöt voidaan määrittää tribologian lähestymistavan mukaan⁵

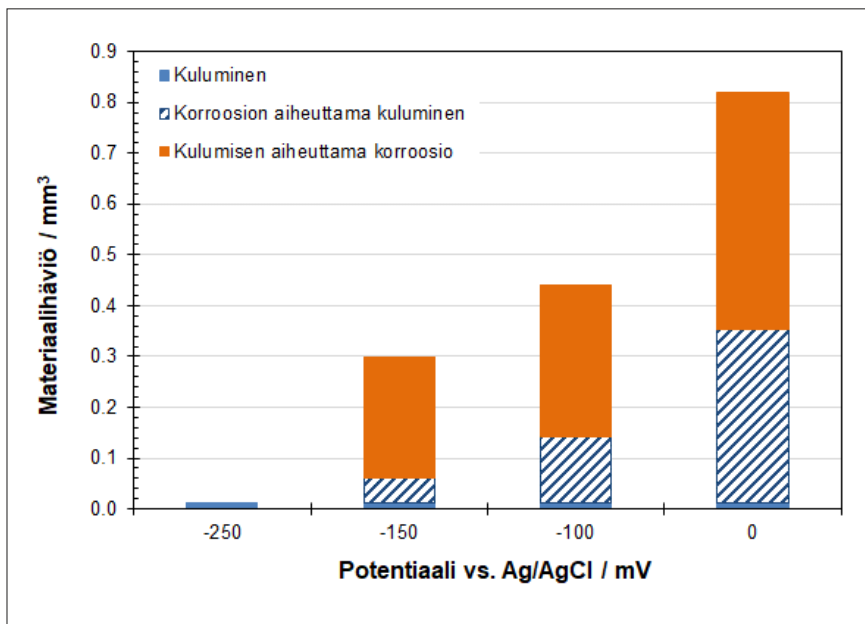
$$W = 2\pi R \left[r^2 \sin^{-1} \left(\frac{w}{2r} \right) - \left(\frac{w}{4} \right) \sqrt{4r^2 - w^2} \right] \quad (3)$$

jossa R = liukuosäde, r = vastinpinnan säde, w = kulumisuran leveys. On myös hyvä muistaa, että ainoastaan inerttiä vastinpintaa käyttämällä kaikki sähkökemiallinen data liittyy disc-näytteeseen (joka tyypillisesti on tutkittavaa materiaalia), muussa tapauksessa mitataan systeemin sekapoten-

tiaalia. Vastaavasti hapettavissa olosuhteissa tapahtuvien kulumishäviöiden (W_C) kautta päästään käsiksi korroosion aiheuttaman kulumisen termiin:

$$\Delta W_C = W_C - W \quad (4)$$

Näissä olosuhteissa myös materiaalin kokonaismateriaalihäviöt (T) kulumisurassa on helppo määrittää kokeellisesti profiilimetrian avulla, kun tiedetään, että kulumisurassa puhtaan korroosion vaikutus



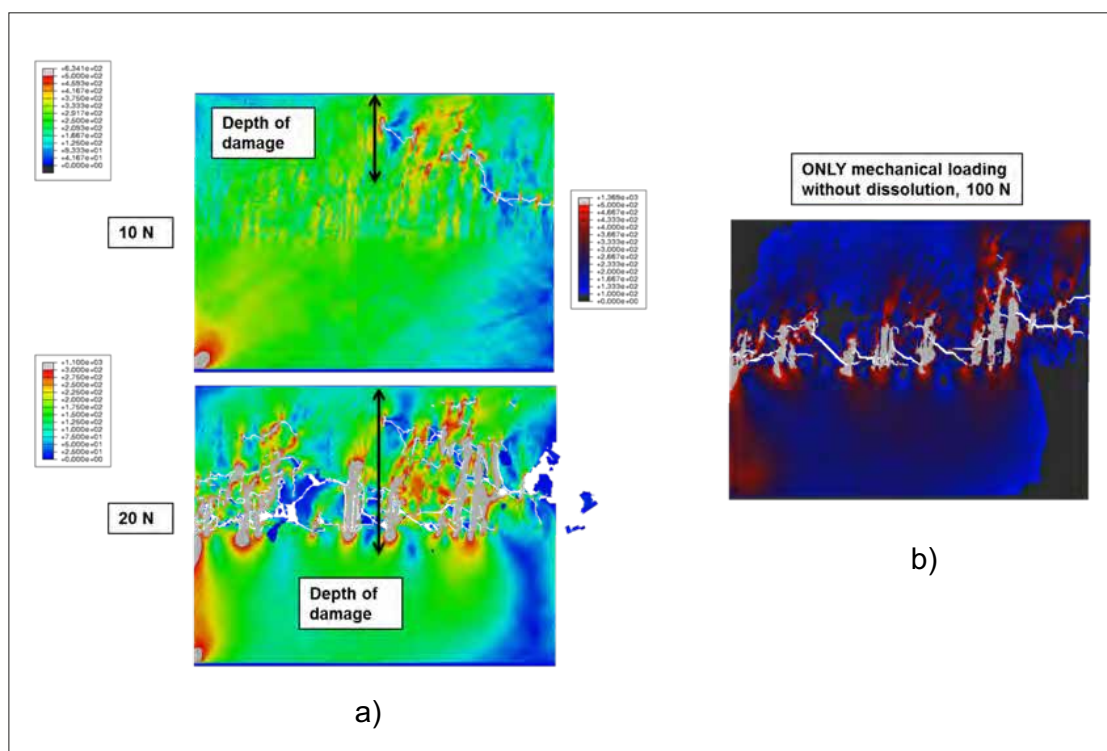
Kuva 3. Vaurioitumismekanismien vaikutus alumiinipronssin materiaalihäviöihin kulumisurassa. Pin-on-disc koe, 3,5 paino-% NaCl liuos, 920 MPa pintapaine, liukunopeus: 0.2 m/s.⁶

on merkityksetön (vain ajan hetkellä $t=0$, myöhemmin tribologia vaikuttaa korroosioon eli kulumisurassa tapahtuva korrosio on kulumisen aiheuttamaa korroosiot). Kuvassa 3 on esimerkki em. tavalla määritetyistä korroosion ja kulumisen vuorovaikutuksista kulumisurassa alumiinipronssille. Tämä esimerkki⁶ ja muut projektissa saadut tulokset, mm.^{7,8,9,10} osoittavat, että monissa teollisuuden kannalta merkittävisissä tribokorroosiosysteemeissä korroosion ja kulumisen vuorovaikutuksilla on mer-

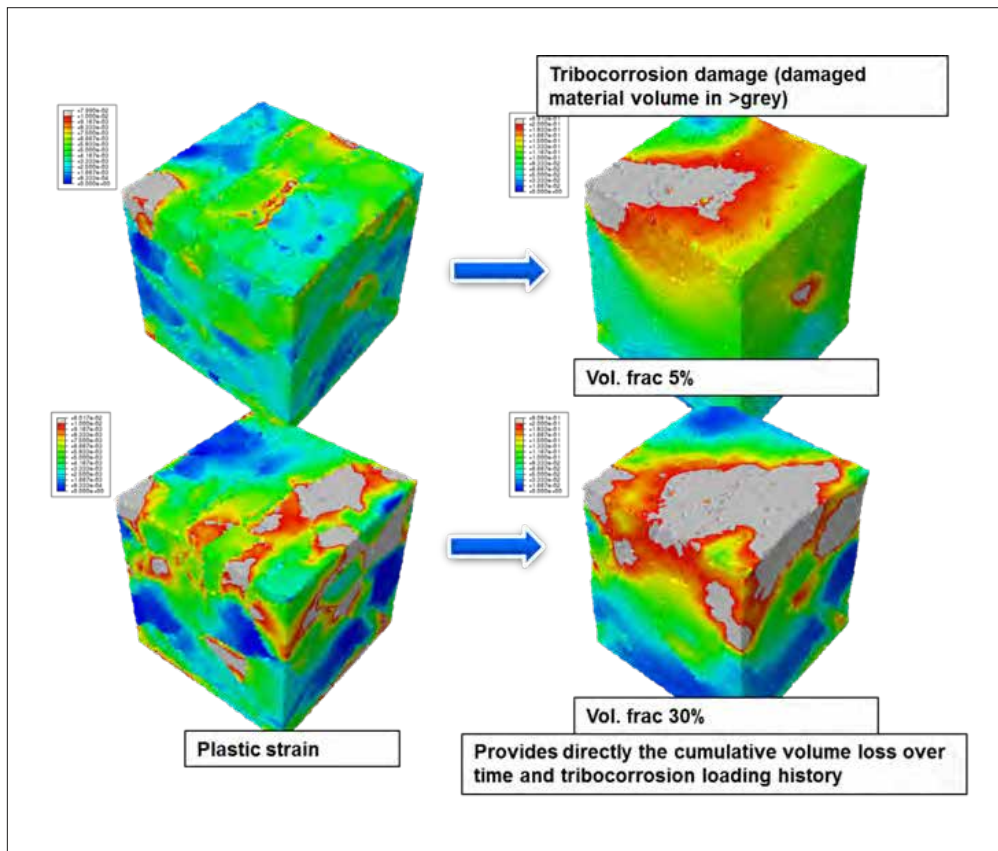
kittävä kiihdyttävä vaikutus materiaalien vaurioitumiseen. Tuotettua tietoa voidaan hyödyntää tribokorroosion hallinnassa, esimerkiksi korostamalla tiettyjen komponenttien eristämisen tärkeyttä (tiivisteet) tai kartoittamalla muita keinoja poistaa toinen keskeisistä vaurioitumismekanismeista (korrosio, kuluminen) tai ainakin lieventää sen vaikutusta olosuhteita muuttamalla. Materiaalikehitys on toinen keskeinen tie tribokorroosion hallintaan.

4. Mallinnuksen hyödyntäminen tribokorroosiotutkimuksessa

Materiaalin monitasomallinnusta hyödynnettiin sekä materiaalin vaurioitumismekanismien tarkastelussa että materiaalikehityksen apuna. Tribokorroosiomallinnus toteutettiin VTT:n ProperTune¹¹⁻¹² työkalupakettia käyttäen. Korroosion ja kulumisen vuorovaikutukset kalibroitiin kokeellisten tulosten avulla (kuva 4a), ja myös mallinnustuloksista on havaittavissa korroosion ja kulumisen voimakas synergia. Kuten kuva 4b osoittaa, alumiinipronssin tribokorroosiovauriota vastaava vaurioitumistaso puhtaan mekaanisen kuormituksen alaisena vaatisi moninkertaisen kuorman tribokorroosiotilanteeseen verrattuna. Havaittujen lainalaisuuksien pohjalta voidaan myös ennustaa tietynlaisten mikrorakenteiden käyttäytymistä tribokorroosion alaisena. Kuva 5 osoittaa alumiinipronssin tribokorroosiovaurioitumisen kuvan 4 kaltaisissa olosuhteissa satunnaisesti valituilla kuparirikkaan α -faasin faasiosuuksilla.



Kuva 4. Materiaalin vaurioituminen eri olosuhteissa. a) Tribokorroosiovaurio alumiinipronssissa mallinnettuna kokeellisten tulosten pohjalta. b) Vastaavan vaurion esiintyminen ko. materiaalissa puhtaan mekaanisen kuormituksen alaisena.



Kuva 5. Mallinnuksen avulla ennustettu alumiinipronssin tribokorroosio- ja kulumisvaurioituminen satunnaisesti valituilla α -faasin faasisuosuuksilla.

5. Tulosten hyödynnettävyys

Tutkimushankkeen ohjausryhmässä ovat olleet mukana seuraavat yritykset: Oy Johnson Metall Ab, Metso Flow Control Oy, SSAB Europe Oy ja Valmet Technologies. Tutkimus on tuottanut ymmärrystä etenkin eri materiaalivaihtoehtojen keskinäisestä paremmuudesta tilanteissa, joissa materiaalit altistuvat kuormitettujen pintojen suhteelliselle liikkeelle aggressiivisissa olosuhteissa. Kaikki ohjausryhmän jäsenet tulevat aktiivisesti hyödyntämään projektin tuloksia tuotteissaan ja palveluissaan. Projektin rahoitusmuotona ollut tutkimushanke ei enää ole Business Finlandin rahoitusmuotojen valikoimassa, joten jatkossa tämänkaltaiset hankkeet eivät enää ole mahdollisia kansallisen rahoituksen kautta.

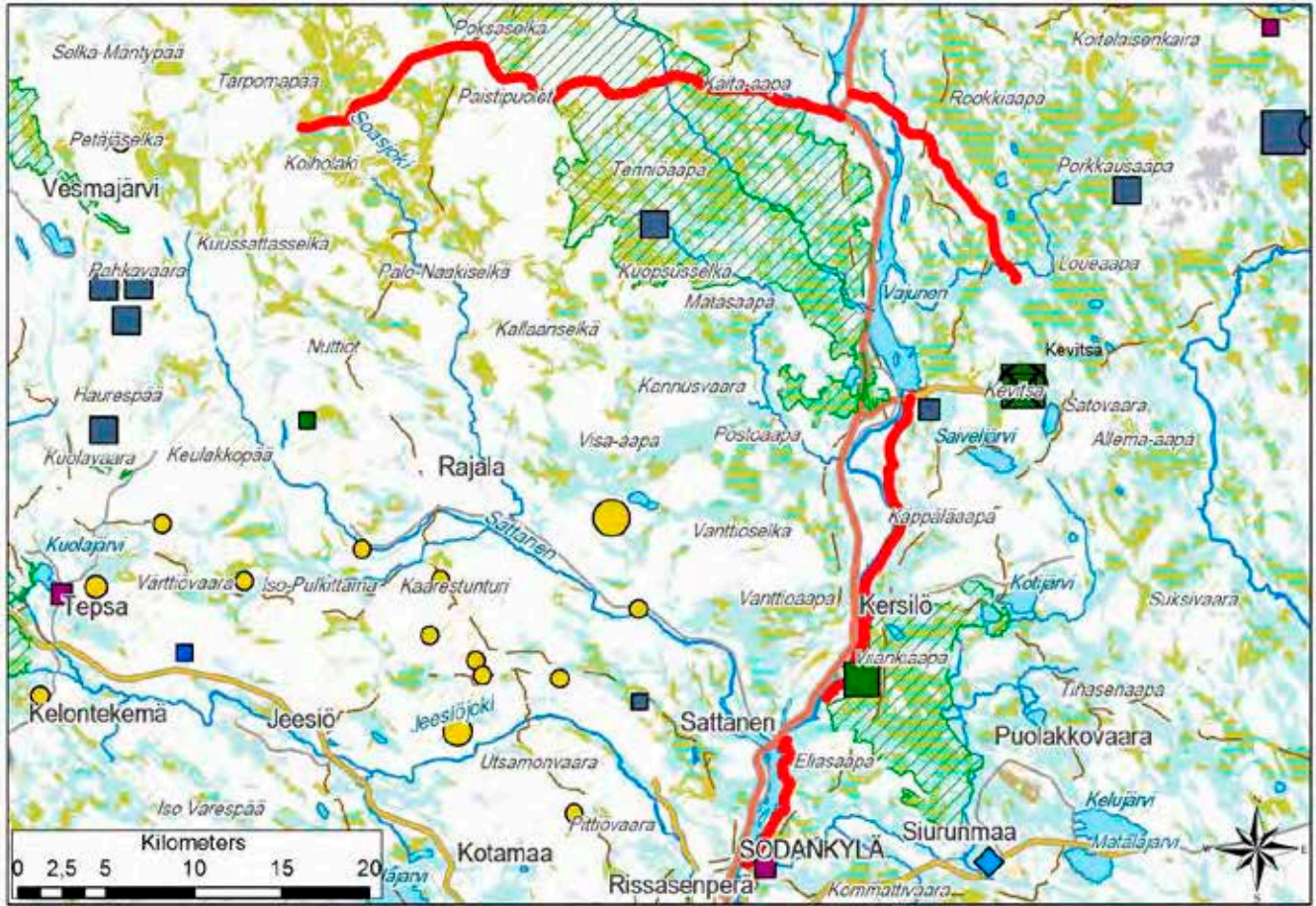
6. Yhteenveto

SUBTRIB-tutkimushanke toteutettiin Teknologian Tutkimuskeskus VTT:llä aikavälillä 1.9.2016-28.2.2019. Tutkimuksessa tuotettiin uutta tietoa korroosion ja tribologian vuorovaikutuksista suomalaiselle teollisuudelle tärkeissä teollisissa ympäristöissä sekä kokeelliseen tutkimukseen että materiaalimallinnukseen pohjautuen.

Projektin tuloksia tullaan hyödyntämään aktiivisesti teollisuuspartnerien tuotteissa ja palveluissa. ▲

Lähteet

1. M. Azzi, J.E. Klemberg-Sapieha, L. Martini, Role of Wear-Corrosion Synergy in the Degradation of Protective Coating Systems. 53rd Annual Technical Conference of Society of Vacuum Coaters, Orlando, USA, 2010.
2. W. Fürbeth, M. Schütze, Progress in corrosion protection as a requirement for technical progress. *Materials and Corrosion* 60 (7), 2009, 481-494.
3. M.T. Mathew, P. Srinivasa Pai, R. Pourzal, A. Fischer, M.A. Wimmer, *Advanced Tribology* 2009, article 250986.
4. S. Mischler, Triboelectrochemical techniques and interpretation methods in tribocorrosion: A comparative evaluation. *Tribology International* 41, 2008, 573-583.
5. American Society for Testing and Materials (ASTM) International, G99-05: Standard test method for wear testing with a pin-on-disc apparatus. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA, 2016.
6. E. Huttunen-Saarivirta, E. Isotahdon, J. Metsäjoki, T. Salminen, L. Carpén, H. Ronkainen, Tribocorrosion behaviour of aluminium bronze in 3.5 wt.% NaCl solution. *Corrosion Science* 144, 2018, 207-223.
7. E. Huttunen-Saarivirta, E. Isotahdon, J. Metsäjoki, T. Salminen, H. Ronkainen, L. Carpén, Behaviour of leaded tin bronze in simulated seawater in the absence and presence of tribological contact with alumina counterbody: Corrosion, wear and tribocorrosion. *Tribology International* 129, 2019, 257-271.
8. A. Mäntyranta, V. Heino, E. Isotahdon, T. Salminen, E. Huttunen-Saarivirta, Tribocorrosion behaviour of two low-alloy steel grades in simulated waste solution. *Tribology International* 138, 2019, 250-262.
9. E. Huttunen-Saarivirta, V. Heino, E. Isotahdon, L. Kilpi, H. Ronkainen, Tribocorrosion behaviour of thermally sprayed cermet coatings in paper machine environment (Submitted).
10. A. Mäntyranta, Tribocorrosion performance of steels: comparisons between steel grades and corrosion-wear interaction mechanisms. M.Sc. Thesis, School of Engineering, Aalto University, 2019, Espoo, Finland.
11. K. Holmberg, A. Laukkanen, E. Turunen, T. Laitinen, Wear resistance optimization of composite coatings by computational microstructural modeling. *Surface and Coatings Technology*, 247, 2014, 1-13.
12. A. Laukkanen, T. Pinomaa, K. Holmberg, T. Andersson, Effective interface model for design and tailoring of WC-Co microstructures. *Powder Metallurgy*, 59, 2016, 20-30.



POHJAKARTTA: © MAANMITTAUSLAITOS, MINERAL DEPOSIT DATABASES BY GTK

Kuva 1. XSoDEx-mittauksen seismisten profiilien sijainnit Sodankylän pohjoispuolella on merkitty karttaan punaisella. Projektin tutkimusalueelta tunnetaan useita kulta- (keltaiset ympyrät), nikkeli- (vihreät neliöt) ja rautaesiintymiä (siniharmaat neliöt), mikä tekee mittauksista erityisen kiinnostavia malminetsinnälle.

Geofysiikan mittauksilla arvokasta lisätietoa Keski-Lapin mineraalisysteemeistä

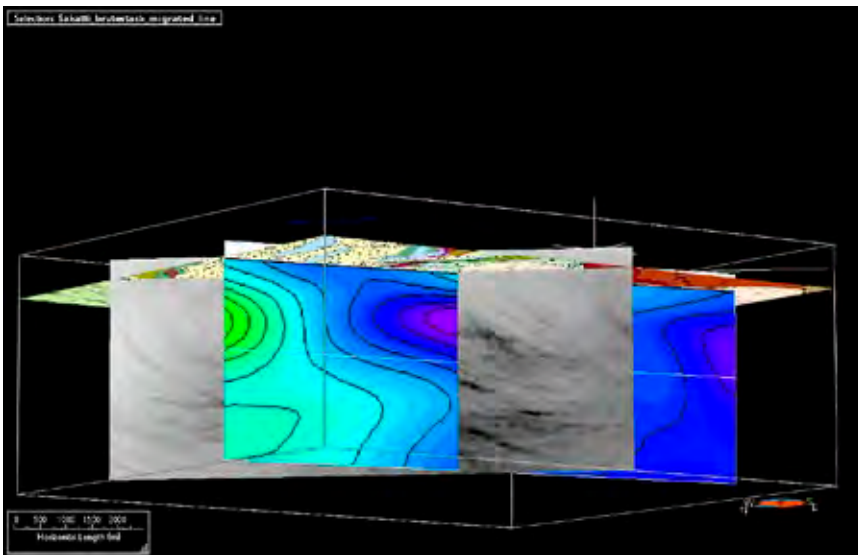
TEKSTI: **SUVI HEINONEN**

Suomen Keski-Lapissa kalliopaljastumat ovat vähissä, mutta kiinnostus kallioperän mineraalivarantoja kohtaan on suurta. Geologit tekevät pinnalle paljastuneesta kallioperästä tärkeitä havainnot, joiden lisäksi tarvitaan geofysiikan mittauksia tutkittaessa mineraalisysteemin

ominaisuuksia ja rakenteita suuressa, satojen metrien ja kilometrien mittakaavassa. XSoDEx-projektissa (eXperiment of Sodankylä Deep Exploration) Geologian Tutkimuskeskus tuotti merkittävän määrän uusia syväluotaavia geofysikaalisia aineistoja Sodankylän alueen kallioperätutkimuksen ja malminetsinnän hyödynnettäviksi.



Kuva 2. XSoDEX-projektin heijastusseisminen luotaus tehtiin käyttäen tärytinrekkaa (a) tuottamaan seisminen lähdesignaali ja 360-kanavaista vastaanotinsysteemiä (b). Jokaisen yli 8000 vastaanotinpaikan koordinaatit mitattiin tarkkuus-GPS:llä (c) ja mittaussysteemi mahdollisti reaaliaikaisen aineiston laadun monitoroinnin (d). Projektin aikana mitattiin yli 10 000 yksittäistä lähdepistettä (e), joita on käytetty poikkileikkauksen muodostamiseen kallioperän rakenteista 8 km syvyyteen saakka.



Kuva 3. XSoDEX-projektin seismiset aineistot (mustavalkoinen poikkileikkaus) ja audiomagnetotelluriikan mittaukset (värikuva) mahdollistavat Sodankylän alueen kallioperän rakenteiden tutkimisen ja mallinnuksen useiden kilometrien syvyyteen. Audiomagnetotellurinen aineisto kertoo kallioperän sähkönjohtavuudesta, kun taas heijastusseismissä aineistossa erottuvat geologiset rajapinnat.

Tieto tutkimusalueelle tyypillisten kivien tiheyksistä, seismisistä nopeuksista tai sähkönjohtavuuksista luo pohjan hyvälle tulkinnalle ja mallinnukselle.

GTK toteutti xSoDEX-projektin yhteistyössä TU Bergakademie Freibergin (TUBAF) ja Oulun yliopiston kanssa. Ilman usean instituutin yhteistyötä xSoDEXin kaltaisen projektin toteuttaminen Suomessa ei ole mahdollista mittalaitteiden ja riittävien resurssien puutteen takia. XSoDEX-projektissa tehtiin seismistä heijastusluotasta pääasiassa TUBAFin omistamalla kalustolla, seismistä taittumislousta Oulun yliopiston vastaanottimilla sekä audiomagnetotelluriikkaa ja painovoimamittauksia GTK:n mittalaitteilla. Lisäksi GTK:n laboratoriossa mitattiin petrofysiikkaa maastosta otetuista kiviäytteistä. Petrofysiikalisten ominaisuuksien tunteminen on tärkeää aineiston tulkinnassa, koska niiden avulla voidaan tunnistaa eri kivilajiyksiköiden aikaansaamat vastet geofysiikan mittausaineistossa. Tieto tutkimusalueelle tyypillisten kivien tiheyksistä, seismisistä nopeuksista tai sähkönjohtavuuksista luo pohjan hyvälle tulkinnalle ja mallinnukselle.

Seisminen heijastusluotaus muodosti suurimman osuuden xSoDEX-projektista niin työtunteina kuin taloudellisestikin. Mittauksissa käytettiin Geometric Geode -vastaanottimia ja 32 tonnin painoista tärytinrekkaa. Vastaanottimia oli kerrallaan levitettyä tien vierustalle 10 metrin välein 360 kappaletta. Rekkä pysähtyi niiden viereen täryttämään maata 40 metrin välein. Mittauksen edessä vastaanotti-

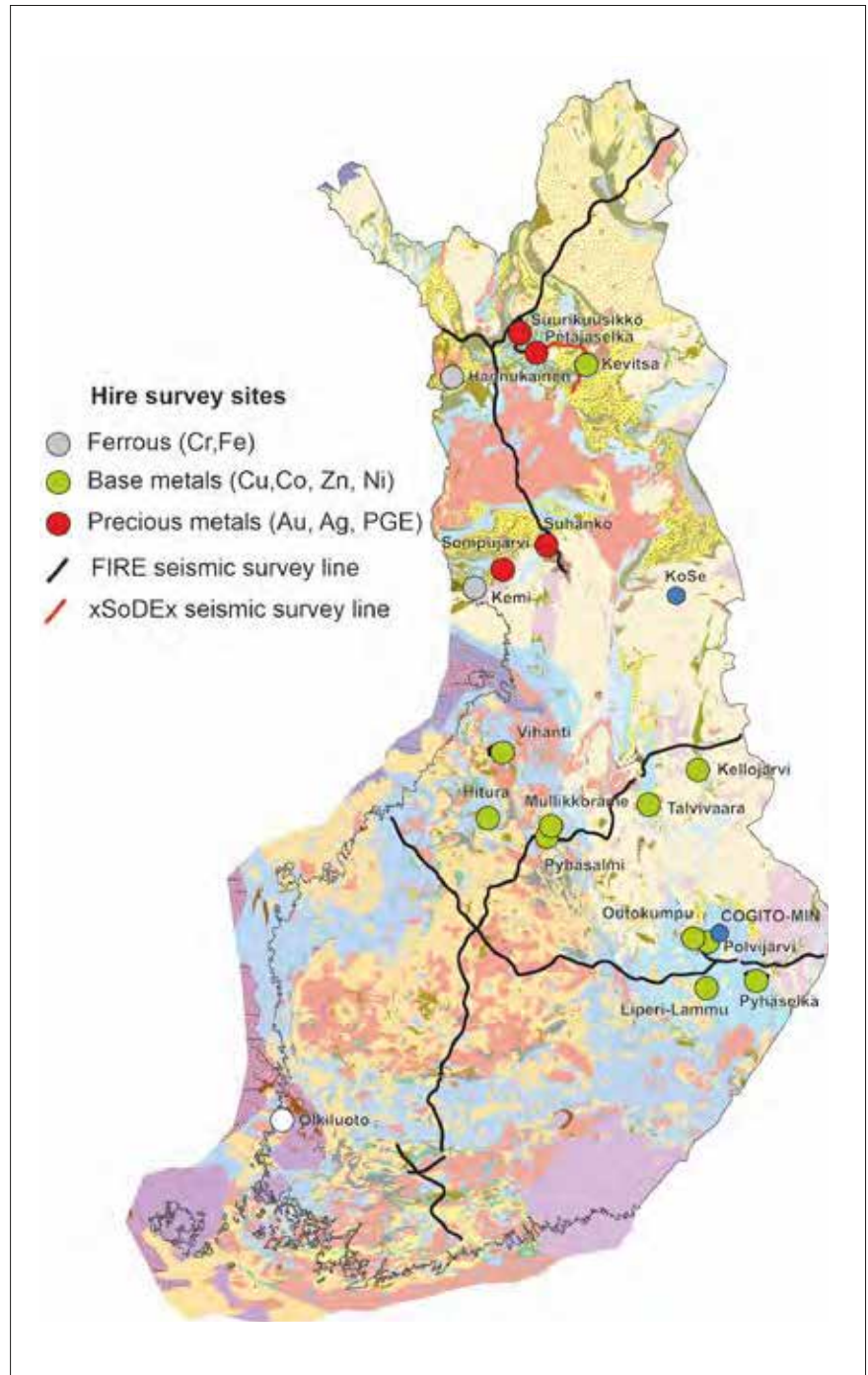
XSoDEx -mittaustyössä otettiin huomioon Keski-Lapin alueella aikaisemmin tehty laaja-alainen tutkimustyö.

mia siirrettiin vastaanotinletkan lopusta alkuun. Mittaus eteni tällä ns. *split spread* -menetelmällä kuvan 1 kartan mukaisesti Petäjäselältä itään kohti Kevitsan kaivosta ja Alaliesinjokea ja Sodankylän kaupungin pohjoispuolelle Eliasaaan, Viiankaapan ja Käppäläaapan lähistölle. Yhteensä näiden yli 80 linjakilometrin mittaaminen kesti kaksi kuukautta kahdelta osittain opiskelijoista koostuvalla työvuorolla, jotka tekivät töitä kuusi päivää viikossa.

Oulun yliopiston tutkijat hyödynsivät tärytinauton aikaansaamaa seismistä signaalia taittumisloutauksessa, jossa langattomat vastaanottimet oli levitetty noin 10 km matkalle tärytinauton molemmin puolin. Taittumisloutauksilla saadaan tietoa seismisten aaltojen nopeusvaihtelusta kallioperässä, mikä mahdollistaa tulkinnan kallioperän koostumusvaihtelusta. Seismiset heijastusluotaukset puolestaan tuovat esiin kallioperän rajapintoja, joiden perusteella voidaan muodostaa käsitys esimerkiksi eri kivilajien kontaktien syvyydestä ja muodosta sekä ruhjevyydyhkeistä ja siirroksista.

XSoDEx-projektin mittaustietojen käsittelyssä hyödynnettiin TUBAFissa kehitettyä Fresnelin tilavuusmigraatiota (FVM), jossa otetaan huomioon vastaanotinten ja tärypisteiden todellinen sijainti. Tämän edistyneen algoritmin avulla on mahdollista saada tarkempaa tietoa heijastavien geologisten piirteiden todellisesta asennosta syvällä kallioperässä. Vielä enemmän tietoa kallioperästä saadaan yhdistämällä erilaiset geofysiikan aineistot toisiinsa. Tällöin mallit sähköjohtavuuden, tiheyden ja seismisen nopeuden vaihtelusta yhdistettynä heijastaviin rajapintoihin luovat edellytykset entistä yksityiskohtaisempaan ja luotettavampaan mallinnukseen niin kallioperän rakennetutkimuksessa kuin malminetsinnässäkin.

XSoDEx -mittaustyössä otettiin huomioon Keski-Lapin alueella aikaisemmin tehty laaja-alainen tutkimustyö. Erityisesti HIRE-seismisiin heijastusluotauksiin



Kuva 4. Suomessa toteutetut syväseismiset heijastusluotaukset. Koko maan kattavat FIRE-linjat on merkitty karttaan mustalla ja vastikään mitatut xSoDEx-profiilit punaisella.

yhdistettynä xSoDEx-projektin aineistot mahdollistavat uuden ymmärryksen luomisen malminetsinnälle tärkeän alueen geologiasta ja sen kehityksestä. Kittilän kulta-alueelta Petäjäselälle ja siitä Kevitsan nikkeli-kuparikaivoksen ympäristöön

lähies katkeamattomana profiilina jatkuva seisminen heijastusluotausaineisto antaa meille maailman mittakaavassakin ainutlaatuisen mahdollisuuden tutkia mineraalisysteemien rakenteita ja niiden yhteyttä toisiinsa. ▲



material solutions advancing life

www.sibelco.com

Mikkelänkallio 3, FI-02770 Espoo
+358102179800



Research for a sustainable future

The metals research institute Swerim conducts needs-based industrial research and development concerning metals and their route from raw material to finished product. Our vision is a fossil-free and circular industry. www.swerim.se



LAITTEET



PALVELUT



RAKENNUS-
KEMIKAALIT



KALLIO-
LUJITUS

TAATUT

TULOKSET



JOKAISEN PROJEKTIN MENESTYS ALKAA ALUSTA

Olemme globaali brändi, jolla on yhteydet alan parhaisiin kykyihin. Käytämme näitä asiantuntijoita paikallisesti, missä toimimme asiakkaidemme yhteistyökumppaneina. Yhdessä kehitämme kaivoksen prosesseja paremman turvallisuuden, tuottavuuden ja kannattavuuden saavuttamiseksi

normet

LAITTEET

PALVELUT

RAKENNUSKEMIKAALIT

KALLIOLUJITUS

[NORMET.COM](https://www.normet.com)



TWC Raman-spektroskooppi Tampereen mikroskopiakeskuksessa

Mikroskopian mahdollisuudet kulumistutkimuksessa

Tampere Wear Centerin kulumisseminaari 31.10.2019

TEKSTI: **KATI VALTONEN, MARI HONKANEN, TURKKA SALMINEN, JANNE JUOKSUKANGAS, MIKKO HOKKA**, TAMPEREEN YLIOPISTO

Tampereen yliopistossa toimivat Tampere Wear Center ja Tampere Microscopy Center järjestivät 31.10.2019 yhteisseminaarin, jossa teemana olivat mikroskopian mahdollisuudet materiaalitutkimuksessa ja etenkin kulumis- ja tribologiatutkimuksessa. Seminaarissa esiteltiin laajasti elektronimikroskopian ja siihen liittyvän analytiikan sekä Raman-spektroskopian käyttöä materiaalien karakterisoinnissa.

Professori Minnamari Vippola avasi seminaarin ja esitteli Tampereen mikroskopiakeskuksen (Tampere Microscopy Center, TMC). Keskus on viime vuonna perustettu Tampereen yliopiston mikroskopia-alan tutkimusympäristö, jossa voidaan analysoida erilaisten materiaalien rakenteita ja kemiallisia koostumuksia jopa atomitasolla. TMC tarjoaa laitteistoja ja palveluja Tampereen yliopiston tutkijoille ja opiskelijoille sekä tutkimusyhteistyön kautta myös muille tutkimuslaitoksille ja yrityksille. TMC:n henkilökuntaan kuuluvat keskuksen johtaja prof. Minnamari Vippola, Senior Scientist Mari Honkanen ja Staff Scientist Turikka Salminen.

Seminaarin pääpuhuja professori Stefan Jacobson Uppsalan yliopistosta korosti mikroskopian merkitystä tribologisessa tutkimuksessa ja harmitteli, miten vähällä käytöllä elektronimikroskopia edelleen on. Elektronimikroskopian kehitys on tuonut

runsaasti lisävalaistusta siihen, mitä kulumiskontakteissa tapahtuu. Jacobson herätti yleisön esimerkeillään kiihdytysjännitteen valinnan vaikutuksesta ohuiden, kulumiskontaktissa muodostuneiden kerrosten tutkimuksessa. Yleisesti metallien tutkimuksessa käytettävät suuret kiihdytysjännitteet keräävät informaatiota liian syvältä ja hyvin ohuet kerrokset jäävät helposti näkemättä. Myös alkuaineanalyysi kertyy pääosin hieman syvemmältä materiaalista. Alhaisemmilla kiihdytysjännitteillä saadaan parempi pinta-herkkyys ja erotuskyky eli nähdään pinnalta pienempiä yksityiskohtia, mikä on olennaista pintailmiöitä tutkittaessa.

Nykyään on mahdollista tehdä kulumistutkimusta elektronimikroskoopin sisällä, kuten Uppsalan yliopistossa on tehty tai jopa määritellä materiaaliominaisuuksia, kuten apulaisprofessori Gaurav Mohanty kertoi esityksessään. Mohanty hyödyntää tutkimuksessaan Tampereen mikroskopiakeskuksen uutta *in-situ* nanoindentaalilaitteistoa, jolla

tutkimusta voidaan tehdä laajalla lämpötila- ja muodonmuutosasteikolla. Laitteisto mahdollistaa esimerkiksi terästen pintaan kulumisessa tai koneistuksessa muodostuneiden faasimuutoskerrosten mekaanisten ominaisuuksien määrittelyn. Käytännössä materiaaliin muodostetaan ionisuihkun avulla (FIB-SEM) mikropilareita, joilla voidaan tehdä vaikkapa puristuskokeita.

Terästen mikrorakenteita voidaan analysoida kvantitatiivisesti takaisin sironneiden elektronien diffraktioon perustuvalla EBSD-menetelmällä (Electron Backscatter Diffraction). Menetelmän vaatiman hyvin kiillotetun näytteen voi valmistaa poikkileikkien ionikiillotuslaitteistolla (cross-section polisher) tai elektrolyyttisellä kiillotuksella. Olli Oja SSAB Europelta on hyödyntänyt EBSD-menetelmää uudentyyppisten suurlujuusterästen tutkimuksessa. Esitelmässään hän kertoi vinkkejä näytteenvalmistus- ja analysointiparametrien valinnasta ja osoitti konkreettisilla esimerkeillä, miten EBSD-menetelmää voi hyödyntää faasin tunnistamisessa.

Tuomo Nyssönen (Outotec Oyj) käytti Tampereen teknillisessä yliopistossa tekemässään väitöskirjatyössä myöskin EBSD-menetelmää. Hän hyödynsi saamaansa mittausdataa perinnäisen austeniitin rae-koon määrittelyyn. Koska olemassa olevilla ohjelmistoilla tämä ei onnistunut, Nyssönen koodasi uuden Matlab-pohjaisen ohjelmiston, joka rakentaa EBSD-datasta uuden kartan. Ohjelmisto on saatavana avoimena

lähdekoodina: https://github.com/nyysson/parent_austenite_reconstruction.

Tampere Wear Center on rakentanut Tampereen yliopistolle merkittävän raskaaseen abrasiiviseen ja iskumaiseen kulumiseen keskittyvän kulumistestilaboratorion viimeisen kymmenen vuoden aikana. Kati Valtonen on tutkimuksessaan vertaillut eri testilaitteita keskenään, jotta niiden soveltaminen käytännön olosuhteisiin olisi helpompaa. Menetelmien vertailussa on tärkeää huomioida kulumisolosuhteet, kuten testi-aika ja kuluneen alueen koko. Referenssinäytteen käyttö kulumistesteissä on tärkeää, kun halutaan sulkea pois pienet erot eri testeissä etenkin silloin, kun kuluttava materiaali on kiveä, jonka ominaisuudet saattavat vaihdella. Tehdyssä tutkimuksessa erot kulumiskestävyudessa saman kovuuksisten kulumiskestävien terästen välillä abrasivisessa, iskuabrasiivisessa ja slurry-eroosiokulumisessa selittyivät eroilla terästen muokkauslujittumisessa.

Kitkaväsyminen ja värähtelykulumisen liitospinnoissa voivat johtaa koneenosan vakavaan vaurioitumiseen. Janne Juoksukangas Tampereen yliopiston tribologian ja koneenosien tutkimusryhmästä esitteli tuoreita tuloksia näiden kahden vauriomekanismin tutkimuksesta materiaalikarakterisoinnin keinoin. Ryhmällä on kolme kitkaväsymisen ja värähtelykulumisen tutkimiseen tarkoitettua koelaitetta. Laboratoriotestinäytteistä tehdyt poikkileikkeet kertovat paljon vauriosta. Juoksukangas esitteli, miten kitkaväsyminen ja värähtelykulumisen aiheuttavat materiaaliin merkittävää ja pysyvää muodonmuutosta, erilaisia materiaalirakenteeltaan muuttuneita vaurioeroksia sekä säröjä.

Tampereen mikroskopiakeskuksella on uusi ja erittäin monipuolinen läpivalaisuelektronimikroskooppi (TEM), jonka kuvan-



Staffan Jacobson ja Minnamari Vippola.

tamisresoluutio on 0,23 nm. Mari Honkanen esitteli analyyttisen TEM:n hyödyntämistä materiaalitutkimuksessa. TEM:n avulla saadaan informaatiota näytteen morfologiasta, kristallografiasta ja kemiallisesta koostumuksesta (EDS ja EELS) jopa atomitaso mittakaavassa. TEM-näytteen tulee olla hyvin ohut (<100 nm), sillä mittauksissa hyödynnetään pääasiassa näytteen läpi menneitä elektroneja. Honkanen esitteli mm. läpivalaisuelektronimikroskopian hyödyntämistä terästen karbiditutkimuksissa, pinnoitteen kulumistutkimuksessa, terästen magneettisten ominaisuuksien määrittämisessä, katalyyttimateriaalien karakterisoinnissa ja nanokomposiittien kuvantamisessa.

Turkka Salminen Tampereen yliopistosta kertoi Raman-spektroskopiasta, jossa tutkitaan laserin avulla atomien välisiä sidoksia. Saatavan tiedon avulla voidaan tunnistaa yhdisteitä ja mitata materiaalin ominaisuuksia, kuten kiteisyyttä, jännitystä ja erilaisia seosaineita. Tribologiassa Raman-spektroskopiaa on hyödynnetty vielä melko vähän.

Yksi merkittävä syy tähän lienee se, että puhtaille metalleille Raman-spektroskopia ei sovellu. Menetelmä antaa kuitenkin paljon tietoa erilaisista yhdisteistä, kuten oksideista, nitrideistä ja karbideista, joita esiintyy niin pinnoitteissa kuin korroosiotuotteissakin metallien pinnalla.

Haastavissa olosuhteissa kulumisen ja korroosion yhteisvaikutus saattaa muuttaa materiaalien ominaisuuksia merkittävästi. Elina Huttunen-Saarivirta VTT:ltä puhui eri mikroskopiamenetelmien tärkeydestä tätä yhteisvaikutusta selvittävän tribokorroosion tutkimuksessa. Kulumisurien tutkimukseen profilometria sopii tribokorroosion tapauksessa paljon perinteisesti käytettyä materiaalihäviöiden punnitsemista paremmin. Elektronimikroskopia tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia eri pintamekanismien ymmärtämiseen ja toimii tärkeänä muita menetelmiä täydentävänä työkaluna. Erityisesti eri korroosiotuotteiden analysoinnissa Raman-spektroskopian avulla voidaan tunnistaa eri yhdisteet myös silloin, kun korroosioerrokset ovat liian ohuita tai epäsäännöllisiä röntgendiffraktiolla analysoitaviksi.

Apulaisprofessori Mikko Hokka Tampereen yliopistosta esitteli materiaalien kokeelliseen mekaniikkaan keskittyvää IMPACT-tutkimusryhmää, jossa tehdään sekä tieteellistä perustutkimusta että myös soveltaa tutkimustyötä teollisuuden haasteiden parissa. Tutkimus keskittyy voimakkaasti materiaalien mekaanisten ominaisuuksien tutkimiseen erityisesti suurilla myötönopeuksilla sekä erittäin laajalla lämpötila-alueella. Materiaalien mekaniikkaa tutkitaan mm. puristus-, veto- ja taivutuskokeilla sekä mikroskooppisen pienillä näytteillä elektronimikroskoopin sisällä että myös makroskooppisilla näytteillä. Sovelluskohteita ovat erilaiset törmäykset kuten autokolarit, valmistusmenetelmät kuten takominen, sekä erilaiset teolliset prosessit kuten iskevä poraaminen. Ryhmän erikoisosaamista ovat myös materiaalien mekaanisen vasteen tutkiminen sekä erilaisten suurella nopeudella tapahtuvien prosessien analysointi suurnopeusvideokameroilla sekä suurnopeuslämpökameroilla. Valokuvien avulla pystytään määrittämään mm. muodonmuutoksen ja lämpötilan jakautuminen näytteessä nopean testin tai prosessin aikana.

Yritysyhteistyöverkosto Kulumisfoorumi järjestää vuosittain Tampere Wear Centerin kansainvälisen kulumisseminaarin ja seminaari on yksi Kulumisfoorumin jäseneduista yrityksille, kertoi Kati Valtonen seminaarin päätteeksi. ▲

Suurnopeusvideokamerajärjestelmä IMPACT-laboratoriossa





Posiva

Maailman johtava
loppusijoittaja



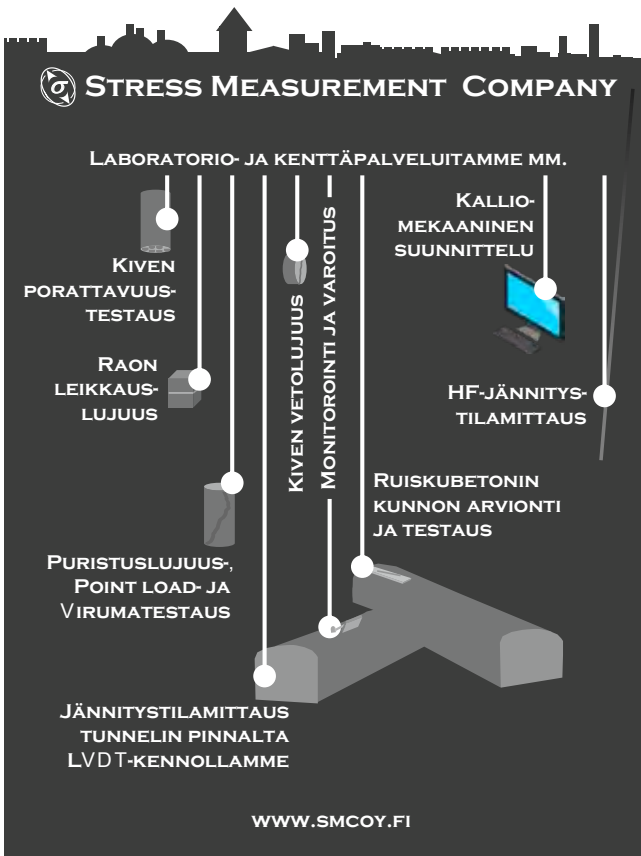
Pyhäsalmen kupari-sinkki-rikkikaivos

- 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.



Pyhäsalmi Mine

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



Korkealaatuiset tuotteet kaivos-, rakennus- ja betoniteollisuudelle

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
- Zitrón -puhaltimet
- Protan Ventiflex -tuuletusputket
- Alvenius -pikaliitinputket

Suomen
TPP

info@suomentpp.fi • puh. 0400 407 235

Korroosioauriot ja niiden estäminen

ASM Finland Chapterin ja Suomen Korroosioyhdistyksen syysseminaari 14.11.2019 Tampereella

ASM Finland järjesti perinteisen syysseminaarinsa yhdessä Suomen Korroosioyhdistyksen (SKY) kanssa torstaina 14.11.2019 Solo Sokos Hotel Tornissa Tampereella. Seminaarin teemana oli ”Korroosioauriot ja niiden estäminen”. Seminaariin osallistui kaikkiaan 60 korroosiosta ja sen torjunnasta kiinnostunutta henkilöä.

TEKSTIJA KUVAT: TUOMO TIAINEN

Seminaarin avannut ja sen puheenjohtajana toiminut ASM Finland Chapterin puheenjohtaja Erkki Kiiski, Encore Partners Oy, esitteli perinteiseen tapaan ASM Internationalin ja sen Suomen chapterin toimintaa ja jäsenyyteen liittyviä etuja. SKY:n puheenjohtaja emeritusprofessori Olof (”Frasse”) Forsén, Aalto-yliopisto esitteli henkilöjäsenyhdistyksenä toimivan SKY:n toimintaa ja tavoitteita. Yhdistyksellä on noin 100 jäsentä.

Ensimmäisen puheenvuoron käyttänyt Olof Forsén kertoi korroosion kustannuksista ja merkityksestä yhteiskunnalle. Korroosion hän määritteli luonnolliseksi tapahtumasarjaksi, jonka kautta materiaali pyrkii palautumaan energieettisesti edullisimpaan olomuotoonsa. Tämä pyrkimys johtaa useimmiten materiaali- ja komponenttivaurioihin. Metallien korroosio on siten eräänlaista anti- tai käänteismetallurgiaa vastakohtana metalleja tuottavalle ja jalostavalle metallurgialle.

Korroosion kustannuksia on arvioitu USA:ssa 1940-luvulta lähtien. Vuonna 1995 niiden arvioitiin olevan vuositasolla 4,2 % maan bruttokansantuotteesta (BKT). Rahanmääräisinä arvioitua USA:n korroosio kustannukset olivat v. 2001 276 Mrd USD ja vuonna 2013 jo 1 100 Mrd USD. Suomessa korroosio kustannusten on arvioitu olevan noin 2,5 % BKT:sta, joka tarkoittaa noin 5,5 Mrd euroa/vuosi. Suorien kustannusten lisäksi tulevat korroosioaurioista aiheutuvat välilliset kustannukset, jotka voivat olla paljon suurempia.

Forsénin mukaan 25-30 % korroosion suorista kustannuksista voidaan välttää



SKY:n puheenjohtaja emeritusprofessori Olof ”Frasse” Forsén pitämässä seminaarin avauspuheenvuoroa



Principal Scientist Elina Huttunen-Saarivirta VTT:Itä kertoi tribokorroosion uusista tutkimus- ja analysointimenetelmistä.



Tiivispakkauksinen yleisö eli myös tiiviisti mukana esityksissä.

oikeilla korroosionestotekniikoilla. Korrosio-ongelmat johtuvat suunnittelu- ja materiaalin valintavirheistä, liian vaativista korrosio-olosuhteista, vääristä prosessien ajotavoista, vääristä suojaustoimenpiteistä sekä tietämättömyydestä.

Korroosioilmiöitä ja estotekniikoita

Principal Scientist Elina Huttunen-Saarivirta, VTT, käsitteli esityksessään tribokorroosiota, sen syitä, ilmenemismuotoja ja tutkimusmenetelmiä. Tribokorroosiossa on kyse pintoihin kohdistuvien tribologisten ilmiöiden (kuten kitka, voitelu ja kuluminen) sekä korroosion (sähkökemia: anodi, katodi, elektrolyytti, kontakti) yhteisvaikutuksesta, joka on usein voimakkaampi kuin osiensa summa. Tribokorroosioon vaikuttavien tekijöiden moninaisuuden vuoksi ilmiön etenemistä ja vaikutusta mitataan useimmiten materiaalihäviön avulla.

Tribokorroosiossa vaikuttavat sekä korroosion indusoima kulumisen että kulumisen indusoima korrosio. Tutkittaessa passivoituvien metallien tribokorroosiota nämä tekijät voidaan erottaa toisistaan, koska systeemissä merkittävää korroosiota tapahtuu vain kulumisen vaurioittaman passivaatiokerroksen kohdalla. Passivoitumattomissa metalleissa näiden tekijöiden erottaminen on vaikeampaa, koska systeemissä tapahtuu myös yleistä korroosiota.

Vaurioituneiden pintojen profilometrinen ja Raman-spektroskopiamenttien avulla voidaan edellä mainitut kaksi tekijää erottaa toisistaan myös ei-passivoituvien metallien tapauksessa. Elina Huttunen-Saarivirran esityksen sisältöön voi perehtyä yksityiskohtaisemmin tässä numerossa julkaistun tutkimusartikkelin avulla.

Teknos Oy:n R&D Research Chemist (GI/HD) Kalevi Panka tarkasteli esityksessään maalausta korroosiosuojausmenetelmänä. Hän aloitti 30 000 vuotta sitten käynnistyneestä maalauksen historiasta ja kävi läpi käytettyjen maaliaineiden ja maalausmenetelmien kehitystä aina tähän päivään saakka. Maalaamalla tehtävä korroosiosuojaus perustuu kolmeen periaatteeseen: suojattavan pinnan passivointiin

(esim. pohjamaalaus ja korroosionestopigmentit), pinnan eristämiseen ympäristöstään tiiviillä kalvolla (esim. epoksimaalit) tai katodiseen suojaukseen, jossa esim. sinkkipölymaali toimii uhrautuvana anodina suojaten alla olevaa teräspintaa. Standardisointi ja direktiivit ohjaavat nykypäivänä myös maalaus pintakäsittelyä. Maalimateriaali ja maalausmenetelmä valitaan suojattavan kohteen ympäristöaritusluokan mukaan ja halutun käyttöiän perusteella. Maalauksessa kehitys kulkee kohti liuotinvapaita ja nopeasti kuivuvia yksikerros- ja vesiohenteisia maaleja ja polysiloksaanit sekä fluoropolymeerit ovat tulevaisuuden maaliaineita. Tavoitteena myös tällä alalla on kestävä kehitys: uusiutuvat, kierrätettävät ja biohajoavat raaka-aineet sekä VOC-komponenttien vähentäminen.

Staff Scientist Kati Valtonen, Tampereen yliopisto, Tampere Wear Center (TWC), esitteli kulumisen ja korroosion tutkimusta kaivosolosuhteissa painottuen enemmän kulumisen käsittelyyn. Kaivosolosuhteissa korrosio on aina mukana materiaalirasituksessa, mutta sen osuus koko materiaalivaurion syntymisessä on kuitenkin pienempi johtuen kulumisraituksen voimakkuudesta. Kati Valtonen käsitteli esityksessään abrasiivista kulumista, eroosiokulumista ja iskukulumista ja esitteli kunkin kulumislajin kohdalla

TWC:ssä on lähdetty siitä, että laboratoriolaitteissa syntyvä kulumiskontakti saadaan vastaamaan mahdollisimman hyvin tutkittavaa käytännön kulumistilannetta.

TWC:ssä käytössä olevia tutkimusmenetelmiä ja käytännön kulumistutkimuksissa saatuja tuloksia. Ongelmana on käytännön kulumistilanteiden ja tutkimuksissa käytettävissä testauslaitteissa syntyvän kulumistilanteen saaminen riittävästi toisiaan vastaaviksi. TWC:ssä on lähdetty siitä, että laboratoriolaitteissa syntyvä kulumiskontakti saadaan vastaamaan mahdollisimman hyvin tutkittavaa käytännön kulumistilannetta. Tältä pohjalta on rakennettu monipuolinen laitekanta eri kulumistilanteiden ja -mekanismien tutkimista varten. Tietyissä laitteissa kulumistilanteeseen voidaan liittää myös kontrolloitu korroosioympäristö. Esimerkiksi martensiittisten ruostumattomien terästen eroosiorossoitutkimuksissa on havaittu materiaalivaurion kiihtymistä eroosion iskiessä voimakkaammin korroosion synnyttämiin kuoppiin.

Metallurgi Tuomo Nyyssönen, Outotec Oy, kertoi esimerkin metallirikasteen liuotuslaitteistossa nopeasti syntyneestä materiaalivauriosta. Ruostumattomasta duplex-teräksestä valmistetussa reaktorissa oli 15-prosenttinen rikkihappoliuos, lämpötila 40 °C ja reaktorissa olevat rikastepartikkelit pidettiin suspensiossa voimakkaan sekoituksen avulla. Reaktorin vaippa puhkesi 6 kk:n käytön jälkeen, jolloin korroosionopeudeksi tuli yli millimetri kuukaudessa. Olosuhteiden perusteella vauriota pidettiin ensin eroosiorossoion aiheuttamana. Tutkimuksissa havaittiin kuitenkin, että monet vaurioituneen materiaalin piirteet puhuivat tätä vastaan; vauriokohdissa pinnalla oli kupari-, rauta- ja rikkipitoisia rikastekerroksia, pinnoilta puuttuivat eroosiolle tyypilliset piirteet ja poikkileikkaushieistä havaittiin runsaskromisemmän ferriittifaasin syöpyneen ja austeniittifaasin jääneen jäljelle.

Vauriotilannetta simuloivissa korroosio-kokeissa todettiin, että sekoituksen pienentyessä ja lopulta puuttuessa tutkitun duplex-teräksen korroosionopeus kiihtyi voimakkaasti ja upotuskokeissa syöpyminen keskittyi ferriittifaasiin kuten käytännön tilanteessakin. Potentiaalimittaukset ja kirjallisuustutkimukset antoivat viitteitä siitä, että rikasteessa olevat ja liuotuksen yhteydessä mahdollisesti muodostuvat yhdisteet (kupari- sekä kupari-rautasulfidit) muodostuivat käytettyä terästä ja erityisesti sen ferriittifaasia jalommiksi. Tällä perusteella vauriomekanismiksi pääteltiin galvaaninen selektiivinen korroosio jaloman rikastekerroksen alla. Torjuntakeinoksi valittiin reaktorin sisäpuolinen pinnoittaminen sähköä johtamattomalla pinnoitteella ja siitä lähtien reaktori on toiminut ongelmitta.

Maalauksessa kehitys kulkee kohti liuotinvapaita ja nopeasti kuivuvia yksikerros- ja vesiohenteisia maaleja ja polysiloksaanit sekä fluoropolymeerit ovat tultavaksi maaliaineita.

Research Scientist Konsta Sipilä, VTT, esitteli tutkimusta, jossa selvitettiin saksalaisen kiehutusvesireaktorityypin (BWR) ydinvoimalan paineastian jännityskorroosioriskiä. Niukkaseosteisesta teräksestä valmistettu paineastia oli sisäpuolelta pinnoitettu ruostumattomalla teräksellä. Taustalla olivat japanilaisessa samantyyppisessä kooreaktorissa havaitut ruostumattoman pinnoitteen jännityskorroosiosäröt, jotka eivät kuitenkaan edenneet niukkaseosteiseen perusaineeseen. Jännityskorroosio-kokeissa, jotka oli tehty niukkaseosteisella teräksellä käyttäen CT-tyypistä koesauvaa, oli todettu epäpuhtauksien mahdollisesti kasvattavan jännityskorroosiotaipumusta ja kiihdyttävän särön kasvua näissä olosuhteissa. Tehtävänä oli selvittää, onko tällainen riski olemassa saksalaisessa ydinvoimalassa ja pitäisikö ydinvoimalan vedenkäsittelyjärjestelmää parantaa mahdollisten haitallisten epäpuhtauksien poistamiseksi.

Laajassa mallintamis- ja simulointipohjaisessa tutkimustyössä määritettiin teoreettisin menetelmin niitä olosuhteita, jotka muodostuvat yhtäältä niukkaseosteisessa teräksessä olevan särön kärjessä sekä toisaalta pinnoitetussa teräksessä pinnoitteen läpi etenevän ja niukkaseosteiseen teräkseen päättyvän särön kärjessä epäpuhtauksien läsnä ollessa. Laskennallisesti selvitettiin mm. kloridien ja raudan rikastumista, pH- arvoa, korroosio- potentiaalia ja happipitoisuutta kummassakin tapauksessa särön leveyden ja syvyyden funktiona. Kokeellisessa osassa tutkittiin mm. niukkaseosteisen teräksen jännityskorroosiotaipumusta epäpuhtauksien läsnä ollessa kiehutusvesireaktorin olosuhteissa eri potentiaaliarvoilla. Kehittyneillä mittausmenetelmillä tarkasteltiin mm. kloridien vaikutusta korroosio-reaktioiden kinetiikkaan systeemin rajapinnoilla.

Tuloksena voitiin osoittaa, että niukkaseosteisen teräksen CT -sauvoilla BWR -olosuhteissa tehdyissä jännityskorroosio-kokeissa olosuhteet särön kärjessä olivat erilaiset kuin pinnoitetun teräksen pinnoitteen läpäisevän ja rajapinnalle päättyvän särön kärjessä samoissa olosuhteissa. Kloridien rikastuminen oli voimakkaampaa, pH-arvo alhaisempi, korroosio- potentiaali korkeampi ja happipitoisuuden aleneminen hitaampaa pinnoittamattoman niukkaseosteisen teräksen tapauksessa. Pinnoittamattoman teräksen tapauksessa korroosio- potentiaali osui jännityskorroosioherkälle alueelle, kun taas pinnoitetun teräksen tapauksessa se osui alueelle, jossa jännityskorroosioriskiä ei ole. Veden käsittelyyn liittyviä lisätoimia ei tarkastellussa tapauksessa siten tarvittu.

Pakkausmateriaaleja, pinnoitteita ja kulutusteräksiä

Teknologiapäällikkö Kari Saarinen, Zerust Oy, esitteli inhibiittorien käyttöä tuotepakkauksiin integroidussa korroosiosuojauksessa. Zerust valmistaa ja markkinoi pakkausmateriaaleina käytettäviä Zerust ExcorÒ -tuotteita, antaa niiden käyttöön liittyvää koulutusta ja tarjoaa korroosionestoon liittyviä palveluja. Tavoitteena on pakatun tuotteen säilyminen puhtaana, kuivana ja korroosiovapaana kuljetuksen ja varastoinnin aikana vaativissakin olosuhteissa. Inhibiittorit ovat aineita, jotka hidastavat tai estävät korroosio-reaktioita. Suojausteknologia perustuu inhibiittoriaineiden integrointiin pakkauksissa käytettäviin materiaaleihin kuten muovikalvoihin, paperiin tai vaatomuoviin. Tiiviin pakkauksen sisälle muodostuu inhibiittoriaineiden kyllästämä atmosfääri, josta suojattaville pinnoille muodostuu korroosiota estävä kerros. Pakkausta avattaessa suojakerros desorboituu pinnalta. Kari Saarinen esitteli myös esimerkkejä erilaisista, hyvinkin suuren kokoluokan pakkauksista, joissa inhibiittoritekniikka oli käytössä.

Professori Petri Vuorinen Tampereen yliopistosta esitteli termisten ruiskutuspinnoitteiden käyttöä korroosiosuojauksessa. Korroosionestoon voidaan käyttää sekä metallisia että epämetallisia pinnoitteita. Metalliset pinnoitteet toimivat joko anodisina (uhrautuvina) pinnoitteina tai katodisina pinnoitteina, jolloin suojausvaikeus perustuu fyysiseen estokerrokseen. Keraamisten ja polymeeripinnoitteiden suojavaikutus perustuu niiden luontaiseen korroosionkestävyyteen eli fyysiseen estokerrokseen. Ruiskutusta voidaan tehdä joko termisenä korkean lämpötilan prosessina



Professori Petri Vuoristo Tampereen yliopistosta kertoi pinnoitteiden käytöstä korroosion estämisessä.



Metallurgi Tuomo Nyyssönen Outoteciltä esitteli salapolitiisyyttä korroosiovaurion syiden selvittämiseksi.



ASM Finlandin puheenjohtaja Erkki Kiiski esitti seminaarin päätöspanat.

tai korkeakineettisenä kylmäruiskutuksena, joka soveltuu pääasiassa metallipinnoitteille. Ruiskutuspinnoitteilla on usein monikerrosrakente; perusaineen päällä on ensin tartuntakerros, sen päällä varsinainen pinnoitekerros, jolla voi olla korroosiosuojausominaisuuksia ja uloimpana on mahdollinen suojakerros esim. kulumista vastaan.

Termisille ruiskutuspinnoitteille tyypillinen piirre on lamellimainen, epähomogeeninen mikrorakenne ja huokoisuus, joka voi olla pinnoitekerroksen läpimenevä. Tällainen pinnoite ei siten täysin suojaa korroosiolta ilman tiivistyskäsittelyä, jollaisena useimmiten toimii pinnoitteen impregnointi polymeerihartsilla. Ongelmaksi tulee useimmiten pinnoitteen ja perusaineen rajapinnassa esiintyvä korroosio ja mahdollinen rakokorroosio joko rajapinnassa tai pinnoitelamellien välialueissa.

Kylmäruiskutuksella valmistetut metallipinnoitteet voidaan valmistaa täysin tiiviinä, jolloin ne tarjoavat pinnoitemateriaalia vastaavat korroosionkesto-ominaisuudet pinnoitetulle kappaleelle. Esimerkkinä voisi olla vaikkapa tantaali teräksen pinnoiteena. Myös päällehitsausta muistuttavalla laserpinnoituksella voidaan valmistaa tiiviitä metalli- ja keraamipinnoitteita. Petri Vuoristo esitteli laajasti esimerkkejä erilaisista pinnoitemateriaaleista, pinnoitteiden

Kaiken kaikkiaan pinnoitusteknologia ja terminen ruiskutuspinnoitus tarjoavat paljon mahdollisuuksia myös korroosiosuojaukselle, mutta realismi on hyvä säilyttää odotuksien suhteen.

rakenteista, korroosiomittausten tuloksista, korroosionopeuksista jne. Kaiken kaikkiaan pinnoitusteknologia ja terminen ruiskutuspinnoitus tarjoavat paljon mahdollisuuksia myös korroosiosuojaukselle, mutta realismi on hyvä säilyttää odotuksien suhteen.

Technical Development Manager Sami Nummela, SSAB Europe Oy, esitteli yhtiön uusia kulutusteräslajeja Hardox 600 Sheet, Hardox 500 TUF ja Hardox HiAce ja niiden käyttäytymistä tribokorroosioympäristöissä. Kulutusterästen haasteina vaikeissa ympäristöissä ovat yleinen korroosio, jännityskorroosio ja korroosioväsyminen. Uuden sukupolven kulutusteräksissä kovuutta ja siihen liittyvää kulumiskestävyyttä on

parannettu kasvattamalla kromiseostusta, joka tuo samalla mukanaan paremman korroosionkestävyyden. Sen myötä uusissa teräksissä ei ole havaittu jännityskorroosio- tai pistekorroosioitaipumusta vaikeissakaan olosuhteissa edes hitsatussa tilassa.

Puunjalostusteollisuudelle tyypillisessä ympäristössä tehdyissä tribokorroosio- testeissä HiAce –teräslajin kulumiskestävyyttä oli lähes kaksinkertainen perinteiseen Hardox 450 –teräslajiin verrattuna ja erityisen vaikeissa testiolosuhteissa (etikahappo, pH 4-6, abrasiivina 50 % kovuuden HRC 45-51 teräskuulia ja 50 % kovuuden 60 HRC teräshiekkaa) HiAcen kulumiskestävyyttä oli 2,7 –kertainen Hardox 450 –lajiin verrattuna ja 15 % Hardox 600 –lajia parempi. Konepajaominaisuuksiltaan (särmättävyys, leikattavuus ja hitsattavuus) uuden sukupolven teräkset ovat perinteisten kulutusterästen tasolla kehittyneen terästen valmistusprosessin ansiosta. Sami Nummela esitti myös esimerkkejä uusien terästen käyttökohteista.

Seminaarin päätöspanoissaan Erkki Kiiski ja Olof Forsén kiittivät luennoitsijoita ja osallistujia. He myös toivat esille tyytyväisyytensä seminaarin antiin ja sen osanottajamäärään. Ne osoittavat, että käsitelty asia on ajankohtainen, kiinnostava ja tärkeä. Tälläkin alalla tieto on paras vahinkojen estäjä. ▲

A Member of
The Linde Group



Faster heating.
Reduced fuel
consumption.

Environmental technology delivering
peak heating performance.

Ideas become solutions.



Seminaariyleisöä Konetalon isossa salissa

Viisikymmentä vuotta materiaalitieteen tutkimusta ja opetusta Tampereella

Yliopistotasoisesta materiaaliopin opetuksen ja tutkimuksen viisikymmenvuotista taivalta Tampereella juhlistettiin Tampereen yliopiston Hervannan kampuksen Konetalossa 24.10.2019 pidetyllä juhlaseminaarilla. Englanninkielinen seminaari kokosi yhteen 124 laitoksen entistä ja nykyistä professoria, opettajaa, tutkijaa ja opiskelijaa sekä materiaaliasiantuntijaa.

TEKSTI JA KUVAT: **TUOMO TIAINEN**

Seminaarin avannut Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnan dekaani Martti Kauranen toteasi puheenvuorossaan, että suuret teknologiset edistysaskeleet maailmassa liittyvät useimmiten uusiin materiaaleihin ja niiden poikkeuksellisiin ominaisuuksiin. Materiaalitiedettä voidaan siten pitää tulevaisuuden teknologioiden perustana. Tampereella materiaalitutkimusta tehdään nykyään seitsemän professorin ja neljän apulaisprofessorin johdolla. Hän

kertoi myös, että Tampereen teknillisen yliopiston muuttuminen säätiöyliopistoksi vuonna 2010 avasi uusia mahdollisuuksia ja toimintatapoja myös materiaalitieteen tutkimusinfrastruktuurin parantamiseksi. Esimerkkinä hän toi esille vuonna 2018 avatun uuden mikroskopiakeskuksen, johon on hankittu alansa huippua edustavat analyyttiset elektronimikroskopialaiteistot.

Katsaus historiaan

Vuonna 1996 eläkkeelle siirtyneen laitok-

sen perustajan, professori Pentti Kettusen jälkeen materiaaliopin professorina toiminut emeritusprofessori Toivo Lepistö esitti laajan katsauksen laitoksen alkuvuosien historiaan. Professorin, kaksi tukihenkilöä (vanhempi assistentti ja laboratoriomestari) sekä kaksi huonetta (professorin työhuone ja laboratorio) käsittänyt Teknillisen korkeakoulun Tampereen sivukorkeakoulun Metalliteknologian laboratorio aloitti toimintansa Tampereen Koulukadulla vuonna 1969. Sieltä päästiin muuttamaan Näsilin-



Seminaari on alkamassa. Kuvassa vuoden 1988 ICSMA 8 -konferenssin iloinen järjestäjäjoukko Konetalon portailla

nankadun varressa Nalkalantorin laidalla sijainneen Tammer-tehtaiden kiinteistön kuudenteen kerrokseen tehtaan entisiin laboratoriotiloihin vuonna 1970.

Oma laboratoriohalli ja runsaasti muuta laboratorio- ja henkilöhuonetilaa saatiin (vuonna 1972 itsenäistyneen) Tampereen teknillisen korkeakoulun ensimmäisen oman rakennuksen, Konetalon, toisen puolikson valmistuttua Hervantaan vuodenvaihteessa 1973/1974. Koko Tampereen teknillinen korkeakoulu arkkitehtuurin osastoa lukuun ottamatta muutti Hervantaan Konetaloon rakennuksen tultua kokonaan valmiiksi keväällä 1974.

Käytyään läpi lyhyesti laitoksen perustajan professori Pentti Kettusen vaiheet ennen hänen Tampereelle tuloaan Toivo Lepistö kertoi laitoksen laajentumisesta. Vuonna 1974 saatiin epämetallisten materiaalien apulaisprofessori, johon virkaa ensin hoitaneen Jussi Asteljoen jälkeen nimitettiin Pertti Törmälä 1975. Kemian apulaisprofessoriksi laitokselle nimitettiin Antti Savolainen vuonna 1977; virkaa hoiti kuitenkin alussa Aarre Kellomäki. Toivo Lepistö esitteli tässä yhteydessä myös laitoksen alkuvaiheen tutkimusteemoja, -laitteistoja sekä laitoksen tuottamia tutkimintoja.

Kansainvälinen tutkimustoiminta käynnistyi ensin pohjoismaisen Nordforsk-yhteistyön merkeissä ja laajeni sittemmin yhteiseurooppalaisen COST- yhteistyön puitteissa koko Euroopan käsittäväksi. Pentti Kettusen kolmivuotinen toimiminen tutkijana Yhdysvaltojen Argonne National Laboratoryssa ennen Tampereelle tuloaan muodosti hyvän pohjan tutkimus-

yhteistyölle tällä mantereella. Sitä jatkettiin yhteistyössä Los Alamos National Laboratoryn kanssa, jossa useita Tampereelta valmistuneita tohtoreita ja jatko-opiskelijoita oli vierailevina tutkijoina vuodesta 1986 alkaen. Yhteistyötä tehtiin myös silloisen Neuvostoliiton tiedeakatemiaan kanssa mm. pinnoitusteknologian alalla.

Kansainvälisen yhteistyön yhtenä huipentumana oli laitoksen Tampereella vuonna 1988 järjestämä 8th International Conference on the Strength of Metals and Alloys (ICSMA 8). Se kokosi Hervantaan 330 osallistujaa yhteensä 21 eri maasta.

Oma lukunsa laitoksen historiassa ovat vuosina 1973-2010 järjestetyt vuotuiset kesäseminaarit, jotka alkuvuosina järjestettiin Kuusamossa ja muualla Itä- ja Keski-Suomessa brändinä ”Materials Science in the Wilderness”. Seminaareihin voivat osallistua sekä laitoksen henkilöstö perheineen että teollisuuden edustajat. Niihin kutsuttiin joka vuosi myös ulkomaisia materiaalitieteen huippututkijoita ja ohjelmassa oli tuhdin tieteellisen sisällön lisäksi myös leppoisaa yhdessäoloa ja kesäisiä harrastuksia.

Lopuksi Toivo Lepistö kiitti laitoksen perustajaa Pentti Kettusta ansiokkaasta

Oma lukunsa laitoksen historiassa ovat vuosina 1973-2010 järjestetyt vuotuiset kesäseminaarit, jotka alkuvuosina järjestettiin Kuusamossa ja muualla Itä- ja Keski-Suomessa brändinä ”Materials Science in the Wilderness”.

työstä materiaalitieteen tutkimuksen ja opetuksen käynnistämässä ja voimakkaassa kehittämisessä Tampereella. Hänen mukaansa kiitoksiin yhtyvät varmasti laitoksen tähän mennessä tuottamat yli 1 000 diplomi-insinööriä, yli 60 tekniikan lisensiaattia ja 75 tekniikan tohtoria.

Historiasta materiaaleihin ja niiden prosessointiin

Seminaarin tieteellisistä istunnoista ensimmäisen teema oli ”Advanced Materials Processing”. Esitykset aloitti DI Aaretti Kavela keraamimateriaalien tutkimusryhmästä. Hän kertoi ylikriittisen hiilidioksidin käytöstä keraamisten materiaalien prosessoinnissa. Paineen ja lämpötilan avulla hiilidioksidi saadaan ylikriittiseen tilaan, jossa sillä on sekä kaasun että nesteen ominaisuuksia. Kaasumaista tilaa vastaavat mm. korkea diffusiviteetti, virtausominaisuudet kuten matala viskositeetti ja pintajännityksen puuttuminen, kun taas nestettä vastaa mm. korkea tiheys. Näiden ominaisuuksien avulla voidaan saavuttaa tehokas diffuusio rakenteiden läpi sekä korkea ja säädettävissä oleva liuotuskyky. Hiilidioksidi on halpaa ja myrkytöntä, sen saatavuus on hyvä ja kriittinen piste on matala (lämpötila 31,4 °C ja paine 73 bar).

Näitä ominaisuuksia voidaan käyttää hyväksi muun muassa erilaisten materiaalien prosessoinnissa. Esimerkiksi kofeiiniton kahvi valmistetaan ylikriittistä hiilidioksidia käyttäen. Keraamisten materiaalien ryhmässä ylikriittistä hiilidioksidia tutkitaan mm. SiO₂ -aerogelin valmistamisessa poistamalla piidioksidigeelistä liuotin sen avulla. Syntyneen kiinteän aerogelin stabiilisuus on hyvä, huokoisuus 97 til. % ja ominaispin-

ta-ala 598 m²/g, joten se on esimerkiksi hyvä eristemateriaali. Toinen tutkimuskohde on keinotekoisien, tiivistettävien kontrolloidun sinkkipatinnan synnyttäminen sinkittyjen terästen pinnalle esim. maalauksen pohjakäsittelyksi. Patina voidaan lämpökäsittelyllä muuttaa esim. aurinkokennoissa käytettäväksi sinkkioksidiksi. Kolmantena tutkimuskohteena on valoaktiivisten nanopartikkelien ja funktionaalisten pintojen tuottaminen ylikriittisessä hiilidioksidissa suoritettuna pulsilaserablaation avulla.

DI Tommi Varis pinnoitusteknologian tutkimusryhmästä kertoi *in situ* -monitoroinnin käytöstä pinnoitusprosessin ja pinnoitteiden ominaisuuksien sekä toimivuuden välisten yhteyksien selvittämiseen termisissä suurnopeusruiskutusprosesseissa. Esimerkiksi lentokoneiteollisuudessa pinnoitteiden käytöllä voidaan globaalisti saavuttaa noin miljoonan litran polttoainesäästö tunnissa. Teollisuuskaasuturbiineissa pinnoitteilla saavutettava tehonlisäys on noin 5 %. Autoteollisuudessa vastaavasti pinnoitteet voivat aikaansaada 50 % vähennyksen voiteluöljyn kulutukseen. Ruiskutusprosesseissa prosessiparametrit vaikuttavat mm. partikkelinopeuteen ja lämpötilaan; näitä monitoroimalla voidaan selvittää prosessiparametrien, pinnoiterakenteen ja

Monimuotoisilla nanoselluloosarakenteilla on esim. hyvät hapenesto-ominaisuudet.

-ominaisuuksien välisiä yhteyksiä. Tommi Variksen tutkimuskohteena ovat erityisesti pinnoitteiden sisäiset jännitykset ja niiden vaikutukset pinnoitteen mekaanisiin ominaisuuksiin sekä kavitaatio- ja väsymisestäävytyteen.

DI Juuso Toriseva paperinjalostus- ja pakkausteknologian tutkimusryhmästä kertoi ryhmän tutkimusten keskittyvän raaka-ainepohjaltaan uusiutuvien sekä biohajoavien bio-, nanoselluloosa- ja puupohjaisten materiaalien käyttöön erityisesti elintarvikkeiden pakkausteollisuudessa. Tavoitteena on estää hapen, hiilidioksidin ja rasvojen pääsy tekemisiin pakattujen elintarvikkeiden kanssa. Ilman monikerroskalvorakenteisten polymeeripohjaisten pakkausmateriaalien käyttöä elintarviketeollisuuden energiankulutus kaksinkertaistuisi, kasvihuonekaasupäästöt kolminkertaistuisivat ja pakkausmateriaalien paino nelinkertaistuisi.

Biopohjaisten polymeerimateriaalien monomeerit syntyvät esim. bakteeritoiminnan tuloksena vaikkapa sokerin käymisprosessissa (polyhydroxyalkanoate PHA) tai solusisäisten bakteerien energia- ja hiilivarastoitukseen muodostamina biopolymeereina (polyhydroxybutyrate PHB). Monimuotoisilla nanoselluloosarakenteilla on esim. hyvät hapenesto-ominaisuudet. Puupohjaisten pakkausmateriaalikalvojen tuotanto

perustuu joko selluloosan liuottamiseen ja koagulointiin kalvoksi tai selluloosamirokuitususpension prosessointiin kalvoksi, kuivattamiseen ja dehydratointiin.

Haasteena kaikissa edellä mainituissa materiaalityypeissä on niiden prosessoitavuuden, mekaanisten ominaisuuksien ja esto-ominaisuuksien saaminen öljypohjaisten polymeerimateriaalien tasolle. Esimerkkinä tavoitellusta pakkausmateriaalista voisi olla kartongin pinnalle muodostettu nanoselluloosakalvo, jonka päällä on suojaava maitohappopohjainen polymeerikalvo.

Ensimmäisen osion viimeisen puheenvuoron esitti apulaisprofessori Mikko Kanerva muovi- ja elastomeeritekologian tutkimusryhmästä. Aluksi hän esitteli polymeerimateriaalien globaaleja trendejä. Ajankohtaisia teemoja ovat mm. käytettyjen lisäaineiden myrkyttömyys ja terveysvaikutukset, biopohjaisten polymeerien kehittäminen kasvihuonekaasujen vähentämiseksi, mikromuovien luontoon kertymisen estäminen sekä luonnonmateriaalien ymmärtäminen ja prosessoinnin kehittäminen. Olennaisia asioita ratkaisujen etsimisessä ovat materiaalien kierrätettävyys ja sen kannattavuus eri toimijoiden näkökulmasta, materiaalien ikääntymismekanismit ja käyttöikä.

Esimerkkeinä luonnonmukaisista lisäaineista hän esitteli luontaisesti antibakteerisen männyn pihkan käyttöä lisäaineena ja sen vaikutusta polymeerin komppoundointiin ja kuidutukseen. Toiminnallisista materiaaleista esimerkkinä oli sähköä johtavien selluloosapohjaisten polymeerikalvojen kehittäminen. Funktionaalisten polymeerimateriaalien ja niistä tehtyjen komponenttien toimivuus langattomassa viestinnässä on myös käynnissä oleva tutkimusteema.

Biopohjaisilla polymeereillä on yleensä rajallinen mekaaninen kestävyys ja siksi niiden ikääntymismekanismien ymmärtäminen on olennaista mm. käyttöikäenustusten laadinnassa. Materiaalidataa on toistaiseksi niukasti saatavilla ja myös testausmenetelmät datan luomiseksi vaativat kehittämistä. Suunnitteluperiaatteita on muutettava ja uusia vaurioitumismalleja kehitettävä. Sekä hyvien käyttöominaisuuksien saavuttaminen että luonnollisten materiaalien käyttö tarvitsevat tulevaisuudessa entistä enemmän epälineaarista analysointia, joka pohjautuu uusiin materiaali- ja rajapintamalleihin, monitieteisiin simulointeihin ja herkkyysanalyysiin.



Emeritusprofessori Toivo Lepistö kertoi Materiaaliopin laitoksen synty- ja kasvuhistoriasta.

Materiaalien käyttäytyminen ja suorituskyky

Päivän toisen osion teemana oli ”Materials Performance”. Ensimmäisessä esityksessä apulaisprofessori Essi Sarlin muovi- ja elastomeeritekniikan tutkimusryhmästä kertoi tutkimuksesta, joka käsittelee rajapintojen roolia komposiittimateriaaleissa. Motivaatio tutkimukselle tulee monelta teollisuuden alalta: tuulivoima, lentoteollisuus, veneet, polkupyörät, kuljetusteollisuus, uusi suomalainen materiaali-innovaatio Sulapac jne. Komposiittimateriaalin toimivuus riippuu lujitteen ja matriisin, erityisesti kuidun ja matriisin välisen rajapinnan sidoslujuudesta ja leikkauslujuus on tällöin käyttäytymistä määrittävä tekijä.

Sidoslujuuden parantamisessa kuidun pintakäsittelyllä on ratkaiseva merkitys. Lujutta voidaan testata joko kuitua tai matriisia kuormittamalla. Essi Sarlin esitteli molempiin ryhmiin kuuluvia tärkeimpiä testausmenetelmiä. Esimerkkeinä hän kertoi termisesti kierrätetyillä, lentokoneteollisuudesta peräisin olevilla hiilikuiduilla tehdyistä kuitujen pintakäsittelytutkimuksesta, jonka tavoitteena oli palauttaa kuitu/matriisirajapinnan lujuus alkuperäiselle

Yliopistotasaisen materiaaliopin opetus ja tutkimus Tampereella käynnistettiin vuoden 1969 alussa Metallitekniikan laboratorion perustamisena vuonna 1965 toimintansa aloittaneeseen Teknillisen korkeakoulun Tampereen sivu-korkeakouluun. Tekniikan tohtori Pentti Kettunen nimitettiin metallitekniikan professorin virkaan 1.10.1969. Tästä käynnistyi muutos kohti kaikkia materiaaleja tutkivan ja opettavan Materiaaliopin laitoksen syntymistä vuonna 1972. Se syntyi samana vuonna itsenäistyneessä Tampereen teknillisessä korkeakoulussa, joka vuonna 2003 muuttui Tampereen teknilliseksi yliopistoksi. Nyt seitsemän professorin ja neljän tenure track-uralla olevan apulaisprofessorin laitos kuuluu vuoden 2019 alusta toimintansa aloittaneen Tampereen yliopiston Materiaalitehteen ja ympäristötekniikan yksiköön Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnassa.

tasolle. Vastaavan kaltaisia adheesion parantamistutkimuksia on tehty myös tuulivoimateollisuudesta saaduille kierrätyslasikuiduille, neitseellisille lasikuiduille sekä luonnonmateriaalikuuduille.

DI Sakari Terho metallitekniikan tutkimusryhmästä tarkasteli esityksessään ultralujien terästen rakenteen ja ominaisuuksien muuttamista lämpökäsittelyn avulla. Lämpökäsittelyn tarkoituksena on minimoida ei-optimaalisten faasien osuus teräksen rakenteessa sekä eliminoida sisäisiä jännityksiä. Tutkimushankkeen tavoitteena on yhtäältä lämpökäsittelyssä muodostuvien mikrorakenteiden ja ominaisuuksien mallintaminen. Toisena tavoitteena on tutkia muuttuvien lämpökäsittelyparametrien vaikutusta teräksen ominaisuuksiin perinteisten testausmenetelmien avulla. Yhtenä tavoitteena on tuottaa mikrorakennekirjasto eri lämpökäsittelyparametrien tuottamista mikrorakenteista. Sakari Terho esitteli saatuja tuloksia sekä mekaanisten että fysikaalisten ominaisuuksien osalta. Tavoitteena on tuottaa tarkat lämpökäsittelyohjeet tutkittujen terästen ominaisuuksien optimoimiseksi.

Kahvitauoilla keskusteltiin vilkkaasti. Etualalla vasemmalta dekaani Jyrki Vuorinen, professori Veli-Tapani Kuokkala, TkL Timo Kinos ja professori Erkki Levänen



Tampere Wear Centerin TkT Kati Valtonen tarkasteli esityksessään laboratoriossa tehtyjen kulumistestien ja käytännön tilanteissa syntyvän kulumisen vastaavuutta. Hän muistutti, että kulumisen ei ole materiaaliominaisuus, vaan se on myös kulumisympäristöstä riippuva systeemiominaisuus. Siksi on tärkeää rakentaa sovelluskohtaisia kulumistestausmenetelmiä, joissa aikaansaatu kulumistilanne vastaa mahdollisimman hyvin todellista kulumistilannetta. Vastaavuudesta voidaan tällöin varmistua vertaamalla toisiinsa laboratoriotestissä ja käytännön tilanteissa syntyneitä kulumispintoja ja mikrorakenteita.

Esimerkkeinä Kati Valtonen tarkasteli kahta käytännön tapausta: dumperin kuormalavan kulumistilannetta ja kaivoskuormaajan kauhan huulilevyn kulumista. Dumperin tapauksessa neljän terästyyppin kulumista simuloitiin laboratoriossa murskaavalla pin-on-disc-laitteistolla, yksiaksiaalisella murskauslaitteistolla ja impeller-tumbler-laitteistolla. Huulilevyn kulumista taas simuloitiin dry pot-laitteistolla käyttäen kahta terästyyppiä ja neljää eri kuluttavaa kivilajia. Testeissä syntyneitä kulumispintoja ja materiaalien mikrorakenteita verrattiin todellisten kulumistilanteiden tuottamiin pintoihin ja mikrorakenteisiin.

Tuloksena voitiin todeta, että testeissä mitattujen painohäviöiden normalisointi referenssimateriaalin painohäviöllä toi selvästi esille eri teräslajien kulumiskäyttäytymisen erot. Todelliseen kulumistilanteeseen verrattaessa normalisoinnissa tulisi ottaa huomioon myös kulumistilanteen kontaktipinta-ala ja kontaktiaika. Lisäksi olennaista on määrittää laboratoriotesteissä ja käytännön tilanteissa vaikuttavat kulumismekanismit ja tutkia metallin muokkautumista kummassakin tapauksessa. Näillä toimenpiteillä voidaan varmistua siitä, että laboratoriotestit ja käytännön kulumistilanteet vastaavat riittävästi toisiaan.

TkT Janne Juoksukangas tribologian ja koneenosien tutkimusryhmästä käsitteli esityksessään ryhmässään tehtävää fretting-kulumisen tutkimusta. Fretting on kulumistyyppi, joka esiintyy vastakkain puristettujen metallipintojen ollessa pienamplitudisessa värähtelyliikkeessä toistensa suhteen. Esimerkiksi puristus- ja pulttiliitokset, nivelketjujen nivelet sekä hammaspyörä/akseliparien kiilaliitokset ovat tyypillisiä esiintymiskohteita. Ryhmän teoreettinen tutkimus keskittyy erityyppisten kontaktitilanteiden mallintamiseen ja kokeellinen työ kehitettyjen mallien kokeelliseen veri-

Fretting on kulumistyyppi, joka esiintyy vastakkain puristettujen metallipintojen ollessa pienamplitudisessa värähtelyliikkeessä toistensa suhteen.

fioimiseen sekä todellisten kulumistilanteiden kiihdytettyyn simulointiin. Janne Juoksukangas esitteli puheenvuorossaan tutkimusryhmässä rakennettuja kolmea erityyppistä fretting-kulumisen laboratoriomittakaavaista testauslaitteistoa. Tutkimuksissa on saatu uutta tietoa mm. fretting-kulumisen ja kitkan vuorovaikutuksesta sekä fretting-kulumisen väsymislujuutta alentavasta vaikutuksesta.

Materiaalitutkimus esittelyssä

Päivän kolmannen istunnon teemana oli ”Materials Research”. Ensimmäisessä esityksessä DI Tuomas Jokiaho materiaalikarakterisoinnin tutkimusryhmästä kertoi tutkimuksestaan, jonka tavoitteena on kartoittaa ja hallita paksujen teräslevyjen polttoleikkauksessa syntyviä mikrorakenteita, sisäisiä jännityksiä ja mikrohalkeilua. Polttoleikkauksessa leikkauspintaan syntyy kolme eri mikrorakennekerrosta: marteniittinen pinta, sekarakenteinen (marteniitti + perusaine) kerros ja muuttumaton (päästynyt) perusaine. Polttoleikkauksen aiheuttamia sisäisiä jännityksiä mitattiin hilavakioiden muutokseen perustuvalla menetelmällä. Jännitysten syvyysprofiili mitattiin poistamalla mittausten välissä pinnasta materiaalia kemiallisen kiillotuksen avulla.

Polttoleikatussa pinta-kerroksessa vallitsee puristusjännitys, joka syvemmälle mentäessä muuttuu vetojännitykseksi. Maksimin saavutettuaan vetojännitys tasaantuu etäisyyden kasvaessa kohti perusmateriaalin jännityksetöntä tilaa. Maksimaalisen vetojännityksen alueelle saattaa polttoleikkauksessa syntyä mikrohalkeilua jännityksen ja perinnäisen austeniitin raerajoille tapah-

tuvan suotautumisen yhteisvaikutuksen vuoksi. Tutkimuksessa etsittiin keinoja vetojännitysmaksimien pienentämiseksi ja puristusjännitysten kasvattamiseksi. Tehokkaimmaksi tässä suhteessa osoittautui leikattavan levyn esilämmituksen ja pienen leikkausnopeuden yhdistelmä.

Apulaisprofessori Mikko Hokka IMPACT-tutkimusryhmästä kertoi ääriolosuhteissa tapahtuvasta materiaalitestauksesta. Tutkimusryhmässä tämä tarkoittaa erityisesti materiaalien käyttäytymisen ja mikrorakenteiden muodostumisen tutkimusta suurilla muodonmuutosnopeuksilla ja laajalla lämpötila-alueella. Tutkimusmenetelminä ovat Hopkinson Split Bar -tekniikka sekä veto- että puristusjännityksenä toteutettuna, suurnopeusvalokuvaus ja digitaalinen kuvakorrelaatio. Näiden avulla pystytään määrittämään mm. muodonmuutoksen jakautuminen näytteessä nopean testin aikana. Tutkittava lämpötila-alue ulottuu -150 C-asteesta tutkittavan materiaalin sulamislämpötilaan saakka. Myös tutkittavan näytteen lämpötilamuutokset testin aikana voidaan mitata suurnopeusinfrapunatekniikalla. Menetelmiä voidaan hyödyntää mm. autokolarien yhteydessä tapahtuvien ilmiöiden tutkimuksessa, kallioporauksen



Tutkijatohtori Janne Juoksukangas kertoi fretting-kulumisesta ja sen tutkimuksesta.

TAPOJÄRVI

BELONG TO OUR STORY
EST. 1955

Suomalainen
kaivos- ja
teollisuuspalveluiden
erikoisosaaja,
kiertotalouden
rohkea edistäjä

TAPOJÄRVI

Kotimainen
kaivostoimija
- vahvasti Lapista

 **Hannukainen
Mining**

tehokkuuden lisäämisessä ja porausajan lyhentämisessä sekä muokaus- ja muovausprosesseihin liittyvien ilmiöiden tutkimisessa. Menetelmien käyttösovelluksia on myös varsinaisen materiaalitieteen ulkopuolella, mm. lääketieteessä.

Apulaisprofessori Gaurav Mohanty IMPACT-tutkimusryhmästä kertoi materiaalien mikromekaanisesta testauksesta. Tätä käytetään tilanteissa, joissa makroskooppinen mekaaninen testaus ei ole mahdollista: ohuet kalvot ja pinnoitteet, mikrokomponentit ja MEMS (Micro Electrical Mechanical Systems) -laitteet sekä rajapintojen tutkimukset. Menetelminä ovat nanoindentaatio (kovuus- ja kimmomodulimittaukset) sekä testaus SEM-mikroskoopissa, jossa mikroskooppisia näytteitä voidaan testata nanometrien tarkkuudella lämpötila-alueessa -150 – 800 °C ja muodonmuutosnopeusalueella 10^{-5} – 10^4 s⁻¹. Esimerkkinä hän kertoi zirkonioksidi/posliinirajapinnan tutkimuksesta proteesisovelluksessa. Siinä selvitettiin rajapinnan murtumiskäyttäytymistä ja määritettiin murtositkeys rajapinnan yli muutaman nanometrin välein. Toisena esimerkkinä oli amorfisen piidioksidin jännitys-venymäkäyttäytymisen ja murtumistyyppien mikromittakaavainen tutkiminen eri muodonmuutosnopeuksilla.

Katse myös tulevaisuuteen

Seminaarin viimeisessä esityksessä professori Erkki Levänen kartoitti materiaalitieteen tulevaisuuden näkymiä Tampereella. Muutosten tahti on vain kiihtynyt 50 vuoden ikää lähestyttäessä toisin kuin inhimillisessä elämässä yleensä. Nyt aikaisempi Materiaaliopin laitos eli nykyinen Engineering Materials Science (EMS) on osa Materials Science and Environmental Engineering –yksikköä, jonka muut osat ovat Chemistry and Advanced Materials (CAM) ja Bio and Circular Economy (BIC). Keskeisiä asioita tulevaisuuden pohdinnassa ovat mm. seuraavat: Kuinka saada materiaalien kasvava suorituskyky hyötykäyttöön nopeasti? Miten luoda huippututkimuksesta nopeasti teollisuussovelluksia samalla käyttäen materiaaleja kestäväällä tavalla? Miten saada opiskelijat kiinnostumaan alasta?

Erkki Levänen kävi esityksessään läpi EMS:n nykyisen tutkimuskentän keihäänkärkiä ja saavutuksia ja esitteli pääpiirteissään materiaalitieteen alalla tällä hetkellä annettavan opetuksen sekä laitoksen hakija-, rahoitus- ja tutkintotilastoja. Tulevaisuudessa hän näki tärkeäksi avoimen vuoropuhelun säilyttämisen tieteen ja sen teollisten sovellusten välillä. Nuorison tietoisuutta tulee saada lisätyksi sekä materiaalitieteen alasta että sen kyvystä vastata jo olemassa oleviin ja esille tuleviin globaaleihin haasteisiin. Keskeisinä tehtävinä EMS-yksikössä ovat profiilin edelleen vahvistaminen, nuorison kiinnostuksen voimistaminen, tenure track- järjestelmän täysimääräinen hyödyntäminen ja uusien avausten synnyttäminen erityisesti materiaalien rajapintojen alueella.

Seminaarin kahvi- ja lounastaukojen aikana ja seminaarin päätteeksi osallistujat voivat tutustua varsinaisten esitysten lisäksi järjestettyyn posterinäyttelyyn. Mahdollista oli myös osallistua opastettuihin tutustumiskäynteihin Tampere Wear Centeriin, uuteen Tampere Microscopy Centeriin, Thermal Spray Centeriin sekä useisiin muihin tutkimuslaboratorioihin. Seminaarin kaikki esitykset ovat nähtävissä videotallenteina osoitteessa <https://events.tuni.fi/materialsscience50/seminar-materials/>. ▲

Polar-Automaatio on nyt osa Flowroxia

Tehokkaat Järjestelmäratkaisut

- Suunnittelu
- Kokonaistoimitukset
- Kenttähuollot

Digitaaliset Palvelut

- Prosessin etäseuranta 24/7
- Ilmoitukset laitteiden kunnosta & vikaantumisesta
- Analytiikkatyökalut prosessin optimoiseksi & huollon ennakointiin



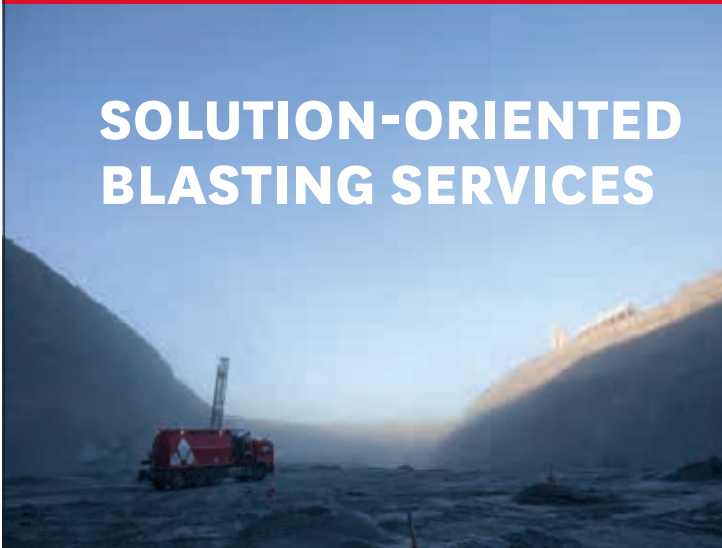
KIINNOSTUITKO? KYSY LISÄÄ:

016 4590 500 / office@polar-automaatio.fi

www.polar-automaatio.fi
www.flowrox.com

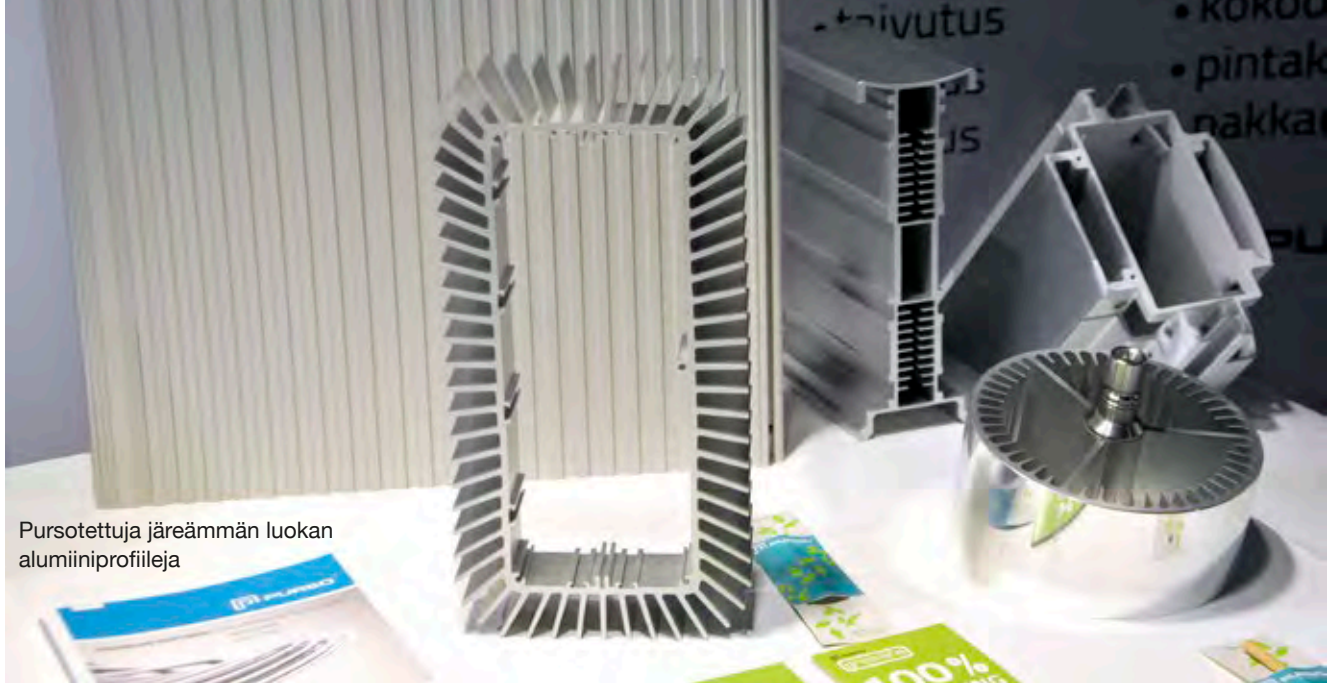


SOLUTION-ORIENTED BLASTING SERVICES



FORCIT EXPLOSIVES manufactures and delivers civil explosives and provides blasting related services. Our comprehensive product repertory consists of bulk emulsions and cartridge explosives as well as other blasting related products and accessories.

Read more about our services on >> FORCITGROUP.COM



Pursotettuja järeeämmän luokan alumiiniprofiileja

Alumiini brändinä

Alumiinipäivät 2019 Tampereella

Teknoliateollisuus ry:n Alumiinituotteet-toimialaryhmän Alumiinipäivät 2019 järjestettiin 30.-31.10. Solo Sokos Hotel Tornissa Tampereella. Päivien teemana oli ”Alumiini brändinä”. Päivillä julkistettiin toimialaryhmän järjestämän alumiinituotekilpailun tulokset, käsiteltiin sekä yleisiä että alumiinialan talousnäkyymiä, puhuttiin brändin rakentamisesta ja tutustuttiin alumiinin käyttöön erilaisissa tuotteissa. Tapahtumaan osallistui yli 50 alumiinialan ammattilaista.

TEKSTI JA KUVAT: TUOMO TIAINEN

Alku cocktailien ja kilpailun merkeissä

Päivät aloitettiin torstai-illan 30.10. cocktail-tilaisuudella, jonka yhteydessä järjestettiin toimialaryhmän julistaman alumiinituotekilpailun loppukilpailu. Tilaisuuteen oli kutsuttu esikarsinnassa kolmen parhaan joukkoon selvinneiden ehdotusten esittäjät tai esittäjäryhmien edustajat. He esittelivät ehdotuksensa tilaisuuden osanottajille, jotka ratkaisivat kilpailun esittelyjen jälkeen pidetyssä äänestyksessä.

Ehdotukset ja niiden esittäjät olivat Kiia Heinonen Helsingin yliopistosta (uudenlainen elintarvikkeille tarkoitettu säilykepurkki), Eemeli Matila Seinäjoen ammattikorkeakoulusta (kilpa-auton moottorin venttiilikoneiston keinuvipu) ja Ilkka Pääkkönen Tampereen yliopistosta (alumiinista 3D-tulostuksella valmistettu lämmönvaihdin). Äänestyksessä voittajaksi selviytyi Ilkka Pääkkösen ehdotus, jossa hyödynnettiin monipuolisesti sekä alumiinin ominaisuuks-

sia että 3D-tulostuksen mahdollisuuksia. Tilaisuudessa tutustuttiin myös päivien yhteydessä järjestettyyn alumiinituotteita ja niiden valmistajia esittelevään näyttelyyn.

Yleisiä ja alumiinialan talousnäkyymiä

Varsinaisen seminaaripäivän avannut toimialaryhmän hallituksen puheenjohtaja, myyntijohtaja Mika Korkea-aho, Mäkelä Alu Oy, esitteli perinteiseen tapaan toimialaryhmän suhdannebarometrin kaudelle 4/2019 – 9/2019. Kaudella tuotanto laski osassa kyselyyn vastanneista yrityksistä. Myös uusissa tilauksissa sekä henkilöstön ja viennin määrässä oli joissakin yrityksissä tapahtunut kautta koskevan ennusteen vastaista laskua. Toisaalta oli myös yrityksiä, joissa vastavat tunnusluvut olivat kasvaneet. Seuraavaa puolivuotiskautta koskevassa ennusteessa ei odotettu suuria muutoksia tarkastelukauden toteutumaan verrattuna.

Hyvinä puolina Mika Korkea-aho näki mm. alumiinin käyttöön lisääntymisen akkuliiketoiminnassa, suunnittelijoiden kiinnostumisen alumiinista, uusien alumiiniin keskittyvien yritysten tulon markkinoille,

tuotantotekniikan ja automaation kehittämisen sekä alumiinin hinnan pysymisen stabiilina. Tilaukset ja kapasiteetti ovat hyvin tasapainossa, kehitystyölle on nyt aikaa ja alumiinituotteiden kysyntä on monipuolistunut. Vähemmän hyviä asioita ovat mm. se, että sertifiikatit eivät riitä kaikkeen valmistukseen kotimaassa, rakentamisen ja vientikysynnän lasku sekä osaavan työvoiman heikko saatavuus.

Teknoliateollisuuden johtava ekonomisti Jukka Palokangas tarjosi totuttuun tapaan laajan ja monipuolisen katsauksen globaaleihin ja kotimaisiin talousnäkyymiin. Maailmanlaajuisesti teollisuustuotanto polkee tällä hetkellä paikallaan ja USA:n sekä Kiinan välinen kauppasota tuo epävarmuutta ennusteisiin. Edellisen laman kaltaista finanssikriisiä ei tällä hetkellä kuitenkaan ole näköpiirissä eikä Kiinan tilanteessa ole mitään hälyttävää. Joillakin aloilla on nähtävissä merkkejä siitä, että pahin voi olla jo takanapäin. Euroopassa talouden kasvunennusteita on laskettu, mutta kasvun odotetaan jatkuvan lievästi positiivisena. Palokankaan näkemyksen mukaan Eurooppa ei ole vie-

mässä maailmantaloutta taantumaan.

Suomen kansantalouden kasvu suhteessa EU- ja euromaihin on edelleen noin viiden prosentin takamatkalla, mutta teknologiateollisuuden liikevaihto on jatkanut kasvuaan ainakin tämän vuoden heinäkuulle asti. Kasvua on edelleen myös viennissä ja uusissa tilauksissa. Teknologiateollisuuden työpaikat olivat syyskuussa 2019 lisääntyneet 11 600:lla edellisen vuoden keskiarvoon verrattuna.

Kustannuskilpailukyky on parantunut, mutta takamatkaa on vielä 4-5 % tärkeimpiin kilpailijamaihin verrattuna. Myös työn tuottavuudessa ollaan edelleen takamatkalla, joskin ero on voimakkaasti supistunut. Huolestuttavaa on aineettomien investointien matala taso kilpailijamaihin verrattuna; ne ovat Suomessa puolittuneet vuoden 2005 jälkeen ja olemme tässä suhteessa Euroopan maiden itäryhmän tasolla. Myös aineelliset investoinnit suhteessa kulumiseen ovat pieniä ja arvio on, että vuoden 2008 jälkeen aineellinen pääomamme on supistunut 6,4 Mrd euroa eli noin kuuden Äänekosken uuden biotuotetehtaan verran.

Director Gerd Götz European Aluminium -järjestöstä esitteli ensin videoesityksessään järjestönsä. Siihen kuuluu yli 80 alumiinialan yritystä, joilla on noin 600 tuotantolaitosta EU- ja Efta-maissa sekä Turkissa. Jäsenyritykset työllistävät yhteensä yli miljoona ihmistä ja niiden yhteenlaskettu liikevaihto on noin 40 Mrd€. Järjestön tavoitteena on vahvistaa alumiiniteollisuuden asemaa Euroopassa älykkäänä (smart), kestäväenä (sustainable) ja strategisena teollisuuden alana, vahvistaa järjestön vaikuttavuutta mm. lainsäädännön ja säädösten laadinnassa sekä markkinoida alumiinia innovatiivisena, kierrätettävänä ja ensiluokkaisena materiaalina positiivisten yhteiskunnallisten muutosten toteuttamiseksi Euroopassa.

Esityksessään hän kävi myös laajasti läpi alumiinituotteiden markkinoita ja niiden kehittymistä Euroopassa maittain ja toimialoittain tarkasteltuna. Yleiskuva Euroopassa oli profilituotteissa positiivinen vielä vuonna 2018: esim. vienti kasvoi 3,7 %, mutta toisaalta tuonti kasvoi samaan aikaan 13 %. Vuoden 2019 ennusteet olivat pääsääntöisesti lievää kasvua tai laskua osoittavia maasta ja toimialasta riippuen.

Alumiinin tuotantoa ja brändin rakentamista

Head of Technology, Rolling Mill, Joseph Berneder, AMAG rolling GmbH, Itävalta, esitteli AMAG-konsernin toimintaa ja tuotantolukuja. Yritys harjoittaa alumiinin sulatto- ja valssaustoimintaa; sen Itävallan tuo-



Alumiinikilpailun kolme parasta kilpailukappaleineen. Vasemmalta Kiia Heinonen, Ilkka Pääkkönen ja Eemeli Matila



Tuvan täysi seminaariyleisö seurasi tarkkaavaisesti esityksiä.

tantolaitokset sijaitsevat lähellä Saksan rajaa noin 200 km päässä Wienistä ja yrityksellä on Amerikan suurin sulatto Alouette Quebecissä Kanadassa. Vuoden 2018 liikevaihto oli 1,1 Mrd€, tuotanto 424 600 tonnia ja kasvu 4 % edelliseen vuoteen verrattuna. Yritys on Euroopan suurin alumiinin kierrättäjä; romun käyttöaste on 75-80 %. Vesivoiman käytön ansiosta myös hiilidioksidipäästöt ovat alhaiset, 1,84 kg CO₂/kg Al, kun kaasua käytettäessä ne olisivat 7,1-9,6 kg CO₂/kg Al ja hiiltä käytettäessä 16,4-20 kg CO₂/kg Al. Alumiinin valmistuksen energian kulutus Alouette-sulatossa on 13 100 kWh/tn Al. AMAG-konsernin päätuotteet ovat kuuma- ja kylmävalssattuja levyjä (maksimi paksuus 152,4 mm, leveys 2300 mm ja pituus 6500 mm) ja kuumavalssattuja ohutlevyjä. Kuumavalssatuille levyille taataan homogeeninen mikrorakenne, mm. raekoko, koko ainepaksuudelle.

Luova johtaja Juuso Kemi, Staart Oy, käsitteli esityksessään brändiä ja sen rakentamista. Esimerkkinä brändin voimasta hän kertoi, että Toyotalla, Citroenilla ja Peugeotilla on pienautojen mallistossa kaikilla

95-prosenttisesti sama auto. Kuitenkin Toyotan mallia myydään kuusi kertaa enemmän kuin Citroenin ja Peugeotin vastaavaa mallia yhteensä siitä syystä, että Toyotan brändiarvo on korkein. Kun kaikilla kolmella tuotteella on samat ominaisuudet ja asiakkailla sama tieto, vain brändiarvo ratkaisee. Juuso Kemien määritelmän mukaan brändi on tiedon, mielikuvien ja kokemusten summa. Sen luomiseksi pitää ymmärtää isoja kokonaisuuksia ja lunastaa brändi asiakaskokemuksella. Suomessa brändin rakentamista ei oikein vielä hallita; pohjoismaiden 50 suurimmasta brändistä 20 on ruotsalaisia (arvo 68 Mrd€), 17 tanskalaisia (24 Mrd€), 7 norjalaisia (17 Mrd€) ja 6 suomalaisia (6 Mrd€).

Brändiä rakennettaessa ei pidä unohtaa tunteiden voimaa. Liikkeelle pitää lähteä ihmisistä ja heidän tunteisiinsa vetoavista tarinoista. Brändin pitää olla merkityksellinen asiakkaalle ja erottua kilpailijoista. Hyödyllistä on myös pitää sanoma mahdollisimman yksinkertaisena. Tähän pätee Einsteinin lause: "Everything should be made as simple as possible, but no simpler". Kun tiedetään,

että alumiinituotteet ovat aina osa jokin ja alumiini tunnetaan keveydestään, voidaan ryhtyä miettimään, miten brändi voidaan rakentaa näiden varaan. Esityksessään Juuso Kemi käsitteli mm. Sandvikin, Volvon, Cimcorpin ja Porin kaupungin tapoja rakentaa brändejään ja niiden tuoteistamista. Tekeminen yhdessä asiakkaan kanssa on tärkeää.

Alumiinin käyttöä ja kyberturvallisuutta

Toimitusjohtaja Anssi Alasaari, Alucar Oy, esitteli alumiinin käyttöä puutavaran kuljetusautojen päällysrakenteissa. Alucar on Pohjoismaiden suurin päällysrakenteiden valmistaja ja Suomessa markkinajohtaja, jonka toiminta-ajatuksena on hyötykuorman kasvattaminen rakenteita keventämällä. Yrityksellä on 55 työntekijää, liikevaihto oli v. 2018 16 M€ ja vientiä oli 30 maahan. Alucar kuuluu ruotsalaiseen Extendo-ryhmään. Sekä vetoauton että perävaunun päällysrakenteet (mm. apurunko, nosturin kiinnitysteline ja ohjaamosuoja) rakennetaan alumiiniprofileista mahdollisimman pitkälti modulaarisina standardikomponentteina, jotka liitetään toisiinsa pääasiassa pulttiliitoksien. Tämä mahdollistaa päällysrakenteiden asiakaskohtaisen räätälöinnin ja rakenteiden suunnittelun käynnistämisen jo alusta-autoa tilattaessa. Yritys toimittaa päällysrakenteita myös rakennussarjoina muualla asennettaviksi sekä yksittäisiä komponentteja muille rakentajille.

Cyber Security Specialist Antti Lehvonen, Siemens Oy, puhui tuotantoverkkojen kyberturvallisuudesta. Maailmassa esiintyy yhä enemmän ammattimaista hakkerointia, joka on siirtymässä it-verkoista tuotantoverkkoihin. Tällöin rahallinen uhka tai riski on paljon suurempi ja hakkerointi on tulossa huumebisnestä kannattavammaksi. IoT jouduttaa kehitystä, koska se avaa tuotantoverkkoja internetin suuntaan. Tuotantoverkkojen suojaamiseen on kehitetty IEC62443-standardi, joka mm. pyrkii rajoittamaan tuotantoverkkojen kokoa helpommin hallittaviksi. Laajoissa verkoissa ei aina tiedetä, mitä laitteita niissä on, jolloin verkon turvallisuutta ei voi johtaa. Tietokoneen, varsinkin vanhan, liittäminen verkkoon on aina turvallisuusrisikki. Turvallisuussuunnittelun tulee olla mukana verkon rakentamisessa alusta lähtien; sitä on vaikea liimata päälle valmiiseen verkkoon. Kyberturvallisuus mahdollistaa digitalisaation; ellei turvallisuus ole kohdallaan, tulee digitalisaatiosta painajainen.

Development Manager Arto Nivala ja mekaniikkasuunnittelija Pekka Puura, Vai-



Vaisala Oyj:n optisen näkyvyys/vallitsevan sään mittausanturin mittauspää.

sala Oyj esittelivät alumiinin käyttöä optisen sääinstrumentin rakentamisessa. Professori Vilho Väisälän vuonna 1936 perustama yritys valmistaa mittausinstrumentteja sää ja ympäristö- sekä teolliset mittaukset –liiketoiminta-alueille. Yritys työllistää maailmanlaajuisesti 1 850 ammattilaista ympäri maailmaa ja vie 98 % tuotannostaan yli 150 maahan.

Esimerkkiprojektin tavoitteena oli rakentaa markkinoiden paras näkyvyys/vallitsevan sään mittausanturi, jolla voidaan mitata näkyvyys etäisyysalueella 1 m-100 km, tunnistaa vallitseva säätyyppi ja erilaiset sadetyypit sekä mitata sademäärät. Alumiini valikoitui anturirakenteen pääasialliseksi rakennemateriaaliksi mm. keveyden (liikuteltavuus, asennettavuus), hyvän korroosionkestävyyden, lämmönjohtavuuden (optisten komponenttien lämmitys), hinnan ja saatavuuden sekä monipuolisten, vakiintuneiden valmistustekniikoiden vuoksi. Anturimasto valmistettiin pursotetusta profilista, laitekotelo ja sääsuoja ohutlevystä ja optinen mittapää sekä pursotetuista, kokill- ja painevaletuista että koneistetuista alumiinikomponenteista. Pintakäsittely koostui anodisoinnista sekä pulverimaalauksesta. Laitteen yksinkertainen ja esteettinen ulkoasu kätkee sisälleen todellisen high tech –tuotteen, joka täyttää hyvin sille suunniteltuvaiheessa asetetut tavoitteet.

Systems Engineering Manager Sakari Kytölä, Senop Oy, esitteli alumiinin käyttöä vaativaan käyttöympäristöön suunnitelluissa suojausjärjestelmissä. Senop Oy on puolustusteollisuuden alan yritys, jonka alkuvaiheet ovat vuodessa 1940. Senop on Millogin 100-prosenttisesti omistama tytäryhtiö, jolla on Suomessa neljä toimipistettä. Henkilöstöä on yhteensä 60. Päätuotteet ovat optroniikan (kiikarit, lämpökame-

rat, tähtäinjärjestelmät jne.) ja integraation (mm. taktiset suojausjärjestelmät) alueilta.

Esimerkkinä alumiinin käytöstä oli Arctic Fox –tuoteperhe, joka käsittää kontti-standardiin perustuvan suojausjärjestelmän. Suoja tarjoaa työskentelyolosuhteet sekä ihmisille että laitteille erilaisissa ympäristöissä ja lämpötila-alueessa -40 - +55 °C. Suojan tulee antaa turva sekä sään että ympäristön vaikutuksia, sähkömagneettista säteilyä ja ulkoisia ballistisia uhkia vastaan. Sen tulee olla helposti liikuteltava ja räätälöitävissä erilaisiin käyttötarkoituksiin. Suojan päärakennemateriaaliksi valittiin alumiini sen lujuuden, painon ja kustannustehokkuuden vuoksi. Tällä saavutettiin mm. se etu, että nyt suoja on siirrettävissä Unimog- kalustolla, kun teräsraakenteisen kontin siirtämisen tarvittaisiin järeä 6x6 Sisu-kuorma-auto.

Yhteenvedona Alumiinipäivien annista Mika Korkea-aho totesi, että alan yrityksillä työtä on vaihtelevasti, kierrätys on nykypäivää myös alumiinin kohdalla, alumiinia liikkuu jo paljon Suomen teillä ja alan tilanne näyttää ajateltua paremmalta.▲



Anssi Alasaari, Alucar Oy, kertoi alumiinin käytöstä puutavara-autojen päällysrakenteissa.

SEURAAVAN SUKUPOLVEN BLASTIQ™



YHDISTETYT TEKNOLOGIASOVELLUKSET RÄJÄYTYSTULOSTEN OPTIMOINTIIN



VÄHENNÄ PORAUKSEN JA
PANOSTUKSEN
KOKONAISKUSTANNUKSIA



LISÄÄ
TUOTTAVUUTTA



PARANNA
TURVALLISUUTTA



HELPOTA
VIRANOMAIKVAATIMUSTEN
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 räjäytystöissä

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





Figure 1. The Lumituuli lecture hall in Dipoli was full when VP Hannu Seristö gave his opening speech.

The Third International Process Metallurgy Symposium

– Metallurgy as a tool for challenges in circular economy

TEXT: **ARI JOKILAAKSO**, PROFESSOR (ASSOCIATE), AALTO UNIVERSITY, SCHOOL OF CHEMICAL ENGINEERING, METALLURGY
MARI LUNDSTRÖM, ASSISTANT PROFESSOR, AALTO UNIVERSITY, SCHOOL OF CHEMICAL ENGINEERING, HYDROMETALLURGY
PYRY-MIKKO HANNULA, POST-DOC RESEARCHER, AALTO UNIVERSITY, SCHOOL OF CHEMICAL ENGINEERING, HYDROMETALLURGY
LASSI KLEMETTINEN, DOCTORAL STUDENT, AALTO UNIVERSITY, SCHOOL OF CHEMICAL ENGINEERING, METALLURGY
PHOTOGRAPHS: **PETTERI HALLI**, DOCTORAL STUDENT, AALTO UNIVERSITY, SCHOOL OF CHEMICAL ENGINEERING, HYDROMETALLURGY

The International Process Metallurgy Symposium – Metallurgy as a tool for challenges in circular economy was arranged already for the third time in Aalto University at Dipoli. This time parallel sessions dedicated to different themes were arranged, including the BATCircle and SYMMET sessions. The presentations covered a wide range of topics and research results in circular economy, sustainable use of resources, and climate change. All in all, the future looks scary, but at the same time there are a lot of technological solutions under development for tackling the issues.

Truly successful symposium

The International Process Metallurgy Symposium 2019 was the third in a row in Aalto

University School of Chemical Engineering, Department of Chemical and Metallurgical Engineering. The symposium series was started to honor Prof. Emer. Olof Forsén and Prof. Emer. Pekka Taskinen when they retired in 2015 and 2017, respectively. This year, luckily, no metallurgy professor retired in Aalto University. However, along with the increasing need of metals, metals recycling and metallurgical research, we decided to continue this tradition, and the Symposium had 175 participants representing more than 20 nationalities.

The title of these Symposia has had the sub-title of “Metallurgy as a tool for challenges in circular economy”, which emphasizes the key role which metallurgy and metallurgists play in solving the resource deficit in metals and minerals. This is today more true and urgent than ever. We have

already seen the shift from “traditional” raw material research towards recycled materials and their impact on metallurgical processes. Another emerging or growing trend is the need and request for minimum waste and carbon free processes. Increasingly wide discussion has grown around green energy and zero-emission transportation, i.e. electric vehicles, which will have a growing impact on the need for different metals in addition to the increased amounts needed to satisfy the already forecasted demand. These issues strongly underline the importance of fundamental metallurgical research, knowledge and education. Metallurgy, indeed, is a key tool in solving the challenges of circular economy.

Another tradition was to bring together doctoral students and professionals from the industry. Metallurgy students in Finn- >

ish universities have been encouraged to participate and conduct this Symposium as a part of their postgraduate studies by preparing some individual assignments. Additionally, the MSCA-ETN Socrates (EU Framework Program for Research and Innovation Horizon 2020) students from different European countries had a major input with their presentations.

The themes and topics of the IPMS 2019 attracted delightfully many participants from industry. Altogether, 175 participants including 62 speakers attended the symposium. One measure of the success of the event was that there were no 'no shows'; all presentations were given and on time.

Parallel sessions

The Symposium of 2019 had parallel sessions, which helped to increase the number of presentations and to extend the scope beyond previous years. Three sessions were dedicated to SYMMET and BATCircle projects, financed by Business Finland and two large ecosystems in Finland: Metals Producers, and the new and fast growing Finland-based circular ecosystem of battery metals. In addition, one session was dedicated to Goldtail-project, financed by the Academy of Finland. Other sessions were focusing on the key areas of modern metallurgy - Valorisation and Resource Efficiency. In the following, the key messages and interesting results or presentations from different sessions are summarized.

Keynote Session

The Symposium began with one common session with four talks. VP Hannu Seristö from Aalto University guided the participants to the essence of Aalto University and the many activities in studies and research in his vivid opening speech. Dr Efstathios Peteves, EC Unit of Knowledge for the Energy Union, gave a breathtaking review of supply chain analyses in his presentation "Materials – a key enabler for a climate-neutral economy". The conclusions were:

- Large part of the periodic table and advances in materials processing and science will be critical for achieving climate-neutrality.
- Sustainable resourcing, resource efficiency and circularity are the key.
- Resourcing is not the only issue; processing and manufacturing are also critical assets.

After his presentation, the audience asked several questions and requested him to take the message to EU: there are too



Figure 2. CEO Joni Lukkaroinen, Terrafame.



Figure 3. Dr. Efstathios Peteves, EC, Unit of Knowledge for the Energy Union giving his keynote presentation.

many obstacles in EU level research as even small samples of industrial waste and other side stream materials cannot be transported to other countries for research and test purposes.

CEO Joni Lukkaroinen, Terrafame, discussed the reasoning behind battery metals and Finland as a good place to develop an efficient battery ecosystem.

The last keynote speaker, Prof. Andy Abbott from University of Leicester, paved the way towards afternoon sessions filled with scientific results from recent research. His topic was "Ionometallurgy: Metal processing using ionic liquids", which introduced an economically viable method for designing liquids for metal digestion and winning.

Battery Materials – BATCircle Session

It is clear that battery metals, both from primary and recycled secondary sources,

will play a key role in enabling electrification of different fields. In the near future, Keliber will start to produce lithium hydroxide, Northvolt lithium batteries, and Fortum starts to provide battery life cycle services as well as to recycle the end-of-life batteries. This was clarified in the presentations of Prof. Martina Petranikova from Chalmers University (Sweden) presenting the "Northvolt story", CEO Pertti Lamberg, Keliber and Jaakko Savolainen, Fortum. Also the importance of battery grade nickel production was highlighted – as the LIB chemistries are moving from LCO towards NMC811, the proportion of nickel in the batteries will increase. Currently, almost 10% of global battery grade nickel is produced in Finland, and with the lowest CO₂ footprint, stated CEO Joni Hautajärvi, Nornickel. Prof. Zhihong Liu from Central South University (China) brought the Asian perspective of battery recycling to

the Symposium – there are over 400 small recycling operators in China, focusing on improving metal recoveries. The biggest challenges are in the collection step, but also the impurities and electrolyte removal are a challenge for the recycling operators. Doctoral student Shichao He presented the recovery of LiCoO_2 through calcination-leach-precipitation process, whereas Dr. Fupeng Liu demonstrated how actually the mixed leaching of NiMH and LIB battery waste can support each other. NiMH is reductive in nature, but LIB waste contains several oxidative components – the synergistic leaching promotes effective leaching of both of these fractions, therefore reducing the external chemical consumption.

Norwegian flavor was brought by Dr. Sulalit Bandyopadhyay presenting LIBRES Lithium Battery Recycling. Prof. Tuomo Sainio from LUT University made an amazing illustration of ion exchange operation of battery metals – by several animations of the movements of rabbits and turtles, demonstrating the movements of different elements by different speed. The session was closed by the chair – Prof. Mari Lundström, PI of BATCircle, who presented the needs and views of future battery recycling. The session was able to fill the Lumituuli conference hall fully - professionally and physically, and rarely have so many questions been heard in the conferences.

Carbon Footprint – SYMMET Session

This session was dedicated to topics included in the Business Finland – funded SYMMET (Symbiosis between metals production and nature) project. The session keynote presentation was given by Jarmo Lilja from SSAB: HYBRIT – Nordic solution towards fossil free iron and steelmaking processes. During the interesting presentation, many aspects of the project were discussed and compared to other projects initiated by various steel companies around the world. The presentation was concluded with SSAB's commitment to fossil-free steelmaking by 2045.

Prof. Timo Fabritius from University of Oulu continued with the topic of sustainable steel production, presenting their research regarding the use of biomass based reductants in steelmaking. On the basis of laboratory as well as industrial scale tests, it is possible to replace some of the coke used in the blast furnace with biochar. The biggest problems lay in the lack of large-scale biochar production in Finland, and



Figure 4. Symposium chairman Prof. Ari Jokilaakso congratulates The Best Paper Award winner doctoral student Stylianos Sphathariotis from University of Leicester.

the price of the biochar available.

The next presentations also dealt with reducing CO_2 emissions; Prof. Paul Beukes from South Africa introduced ways to reduce these emissions in Cr-ferroalloy production, and Dr. Eli Ringdalen, SINTEF, presented pretreatment options for manganese ores. Prof. Merete Tangstad from NTNU (Norway) continued with her presentation about reducing CO_2 emissions in Mn-ferroalloy and Si/FeSi production.

The second half of the session was opened by Prof. Joo Hyun Park with his presentation on the use of H_2 -reduced DRI (direct reduced iron) in EAF steelmaking. Prof. Ron Zevenhoven from Åbo Akademi gave an interesting presentation with many examples of metals production, CO_2 mineralisation and life cycle assessment.

Doctoral Student Samant Nagraj from Metallo Belgium and KU Leuven reviewed slag fuming processes for recovering zinc. Prof. Ari Jokilaakso presented some of the experimental research conducted in his group on the use of non-fossil reductants in non-ferrous metals production. The two discussed examples dealt with pyrometallurgical processing of jarosite and recovery of battery metals from nickel flash smelting furnace slag, using biochar or methane as reductants.

The session was concluded by Prof. Rauf Hürman Eriç from South Africa. He discussed metals processing in general – sustainability, circular economy, carbon footprint, research, education, milestones and future prospects. The message was clear – we have the know-how and even most of the technologies needed for the shift to sustainable circular economy, but if we fail to act fast, the future will not look very bright.

Gold and precious metals – Goldtail Session

The session was focused on the production, extraction and recovery of precious metals by different techniques such as pyrometallurgy, hydrometallurgy and electrochemistry. Both traditional and novel techniques were presented, including new solvents and techniques that are currently studied in the laboratory scale, but that could be potentially utilized on an industrial scale in the future. The keynote presentation in the session was given by Petri Latostenmaa from Boliden Harjavalta. Mr. Latostenmaa carefully explained the mechanisms and techniques for the recovery of precious metals, such as silver, gold, palladium and many others, in the production chain of copper through smelting and electrorefining operations.

Dr. Pyry-Mikko Hannula from Aalto University detailed the electrochemical deposition – redox replacement technique (EDRR) for both silver recovery and production of bimetallic silver/gold particles. The technique was shown to be highly versatile when using industrial copper electrorefining solutions containing only trace amounts of valuable metals and the kinetics and deposit types could be modified by varying the applied parameters. Doctoral student Stylianos Sphathariotis from University of Leicester followed by explaining the use of deep-eutectic solvents in the recovery of metals by electrowinning and cementation reactions. The highly engaging talk also received the award for the best presentation, sponsored by the MDPI journal Metals. Next it was time for Doctoral student Pelin Altinkaya from Outotec to introduce her results on the study of chloride- and glycine based processes for gold leaching. The motivation for the work comes from the toxicity of cyanide and its relatively low effectiveness when treating complex refractory gold ores. Prof. Herman Potgieter from University of Witwatersrand continued with the gold extraction topic with his presentation on utilizing ionic liquids in the extraction of sulfidic gold.

Dr. Fabrice Stassin of Umicore gave an insightful presentation on how lead metallurgy is tightly connected to the production of many critical raw materials needed in circular economy, such as In, Bi, Cd and Te. Doctoral student Ivan Korolev, Outotec, gave an interesting talk on the use of EDRR for the recovery of highly pure gold from chloride based solutions that could originate, e.g., in chloride leaching of gold from flotation tailings. One beneficial aspect of the technique is that it does not require as many process stages as compared to conventional electrowinning. Mr. Tero Korhonen from GTK presented some results based on cyanide leaching of flotation concentrates and tailings with a special mention on how safety of the process is a key area to be controlled. In the final presentation of the session, doctoral student Joonas Heikkinen (Aalto University) explained the use of inert and highly conductive pyrolytic carbon as an electrode material for the EDRR process to recover platinum.

Process Simulation session

The other SYMMET session was dedicated to process simulation results. The keynote presentation was given by Dr. Jiliang Xia from Outotec. It was evident from his many

examples how versatile and reliable tool CFD (Computational Fluid Dynamics) is today. A more recent modelling tool is the coupled CFD-DEM software that combines discrete element method (DEM) for individual solid particles to fluid flow. Doctoral student Jani-Petteri Jylhä, Aalto University, presented an interesting application where he has used this modelling tool to simulate molten matte droplets settling and coalescence in the flash smelting furnace settler.

Dr. Sirpa Kallio from VTT, in turn, gave an overview of CFD modeling of reactive gas-solid flows with examples from combustion processes illustrating the power of CFD in, e.g., burner development. Thermochemical multiphase methods in process simulation were presented by Dr. Risto Pajarre, also from VTT.

Doctoral students Roberto Macchieraldo and Gwydyon Marchelli, University of Bonn, continued the ionic liquid theme started by Prof. Andy Abbott. The molecular level modelling was an interesting dive into the development of new liquids for metal extraction.

Sustainability evaluation of metallurgical flowsheets through process simulation was introduced by doctoral student Alejandro Llamas from Freiberg University. The presentation was a very welcome input to the discussion of true and complete resource efficiency and environmental impact analysis of metals production.

A more traditional process modelling case was presented by post-doc Min-Kyu Paek, Aalto University. He focused on the model of Vacuum Tank Degasser Process for improved operation. The session was finalized by Prof. Daniel Lindberg, Aalto University, with a report of elemental recovery and valorization of biomass and waste incinerator ashes.

Valorisation session

This session was for the various opportunities of valorisation within metallurgical processing with a special focus on circular economy and process residues. The session keynote was given by Dr. Leona Wunderlich from Boliden Odda (Norway), who explained the previously conducted research for recovering silver from zinc oxide calcine by leaching with thiosulphate.

Dr. Mari Lindgren gave an overview of Outotec technologies vital for the circular economy with examples from waste electrical and electronic equipment recycling, slag treatment and zinc residue treatment. The metallurgical understanding of the behavior

of different elements in various streams and processing conditions is vital for designing efficient processing options. Doctoral student Ioanna Maria Pateli presented her results from the recycling of end-of-life spent fluorescent lamps. The study is of importance as lamp phosphors account for around 30% of the total REE market. In her work, the use of various deep eutectic solvents have been shown to be efficient for the selective leaching of REEs from this type of waste. Doctoral student Thupten Palden (KU Leuven) continued with the ionic liquid topic with focus on the leaching of industrial jarosite. Dr. Joost Helsen gave an overview of the VITO project, which is focused on bringing together infrastructure and end-users of metal recovery via electrochemistry in Europe under a single network called Electroflex (<https://electroflex.zerowastecluster.eu/>).

Doctoral student Jennifer Astoveza was next to explain how iron-containing slags could be utilized in calcium aluminate blended cements. Doctoral student Christina Siakati from KU Leuven continued with valorization of iron containing slags. In her work the focus has been on the production of inorganic polymers that could find use, e.g., in load bearing applications. Dr. Oluf Bøckman (Norway) from Nikkelverk detailed the highly impressive developments done at the copper electrowinning demoplant in Kristiansand during the past decade and longer. Due to new cell design, including new anodes, cathodes, electrode contacts and other improvements, the specific energy consumption has dropped by around a third. Nearing the end of the session, Prof. Yongxiang Yang from TU Delft discussed the recycling technology options of rare earth elements from various different types of permanent magnet waste. As the last speaker of the session, Prof. Bart Blanpain from KU Leuven gave a thought provoking talk on the concept of sustainable metallurgy and the pressing need to act on a global scale together and not as single actors.

Resource Efficiency Session

The last session of the Symposium was dedicated to resource efficiency in different sectors of metallurgy. The session was opened with the keynote speech by Dr. Justin Salminen from Boliden Kokkola. He gave an overview of Boliden's operations, and discussed possibilities of recovering more metals from complex side-streams. The topic is important, as legislation for landfilling hazardous residues is tightening.

Prof. Dimitrios Panias from Nation-



Figure 4. The Valorisation session started with two presentations from Boliden Odda and Outotec by Dr. Leona Wunderlich and Dr. Mari Lindgren, respectively.

al Technical University of Athens went through ways of improving resource efficiency in primary alumina and aluminum industry. The AMADEUS project, dealing with heat storage and conversion at ultra-high temperatures, was presented by Dr. Alejandro Datas from Madrid. An important and promising part of the project is the conversion of excess thermal energy from pyrometallurgical processes to electricity.

Doctoral student Giacomo Damilano from KU Leuven gave an interesting presentation about the synthesis of extractants and ionic liquids from renewable chemicals. They have managed to develop a high-yielding and scalable process as a part of the Socrates EU Framework Program. Chinese expertise was brought to this session by professors Zhiyong Liu, Tianzu Yang and Longgong Xia from Central South University. Their topics dealt with the behavior of

arsenic in lead-zinc smelting, preparation of sodium pyroantimonate, and improving copper recovery from smelting slags, respectively.

Doctoral student Nikolaos Nikolopoulos from Utrecht University discussed the possibility of using waste mine tailings for the synthesis of zeolites for catalysts in methanol-to-hydrocarbons process. This was another presentation from the EU Socrates project, with promising results. Doctoral student Pirkka Ollonqvist presented results from another EU Horizon 2020 project, NEMO. New experimental results from a recent study regarding the measurement of iron activities in non-ferrous slags at copper smelting temperatures were presented by Prof. Emer. Pekka Taskinen. The results were in relatively good agreement with the database of the commercial thermodynamic software MTDATA. However, an update of

the database was recommended based on the new results.

Summary and conclusions

The need for circular economy of metals is urgent and many actions are needed for solving the growing need for metals. This symposium offered a good view on the many ongoing approaches in metallurgy for solving the burning issues in ensuring the sustainable use of primary mineral and secondary resources. The program was found as very interesting and the registration to the event had to be closed already before the deadline. Additionally, it was gratifying for the organizers that both meeting rooms were full until the very end of the program. The work continues and the planning for the 4th IPMS in 2021 has already started. ▲



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

www.astrock.com



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 ensimetristä yli kilometrin syvyyteen.
- EM, 3D/2D IP, painovoima, magneettinen, lataus-potentiaali, seisminen, vastusluotaus, maatutka, reikäkuvaukset ja fyysiset 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

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.



W BOLIDEN
Metals for modern life

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.



Systemianalyysimenetelmät kiertotalouden tukena

GeoSolutions – Uudet kierrätysmateriaaliratkaisut infra- ja ympäristörakenteisiin

TEKSTI: TKT **MINNA SARKKINEN**, KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU, FT **SEPPÖ GEHÖR**, OULUN YLIOPISTO, TKT **KAUKO KUJALA**, KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU & SOILMETRIC OY

Arvioidessa kierrätysmateriaalien soveltuvuutta kulloiseenkin käyttötarkoitukseen kestävä kehityksen näkökulmasta on arviointiin yhdistettävä teknisten toimivuusvaatimusten lisäksi erilaisia sosioekologisia ja taloudellisia tekijöitä. Raaka-aine- ja materiaalivalinnat vaikuttavat esimerkiksi ympäristöön, rakentamiskustannuksiin, tekniseen toimivuuteen, materiaalin elinkaareen, kestävyteen sekä ihmisten hyvinvointiin. Erityisesti kaivannaisteollisuudelle on tyypillistä se, että sivuvirtojen hallintaa koskevilla päätöksillä voi olla kauaskantoisia vaikutuksia ja päätöksentekoon liittyvät tavoitteet eriyvät useiden sidosryhmäosapuolten välillä.

Monimuuttujamenetelmät (multi-criteria decision-aid, MCDA) ovat päätöksenteon tukityökaluja, joiden avulla voidaan systemaattisesti analysoida kestävä kehityksen vaatimuksia parhaiten täyttävä materiaali tapauskohtaisesti ja valita parhaiten soveltuvat raaka-aineet. MCDA-menetelmien avulla pystytään käsittelemään

sekä määrällisiä että laadullisia kriteereitä ja ottamaan huomioon keskenään ristiriitaisia tekijöitä, jotka muutoin johtaisivat kompromissien perusteella tehtäviin valintoihin tai subjektiiviseen päätöksentekoon, esimerkiksi yksinomaan kustannusten perusteella. Nykyiset tietokonepohjaiset päätöksentekoprosessit tukevat työkalut keskittyvät yleisesti vain päätöksenteon systematisointiin. Yleisesti käytettyjä materiaalivalintaa tukevia MCDA-työkaluja ovat esimerkiksi analyttinen hierarkiaprosessi (AHP) ja sen eri versiot, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ja PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations). Ympäristövaikutuksia arvioivat elinkaariarviointityökalut (Life Cycle Analysis, LCA) ovat puolestaan yleisesti informaatiopohjaisiin tietokantoihin perustuvia, mutta niiden integrointi MCDA-menetelmiin on vielä puutteellista. GeoSolutions -hankkeen esimerkit osoittavat, miten konkreettisia, kompleksisia monimuuttujaongelmia on mahdollista analysoida systeemisuunnitelun työkalujen avulla.

Lähtökohtaisena tavoitteena hankkeessa oli tutkia eri materiaalivaihtoehtoja kestävä kehityksen kriteereiden mukaisesti integroimalla MCDA- ja LCA-menetelmät. Analyysimenetelmää sovellettiin kolmeen eri koerakennekohteeseen sen toimivuuden verifioimiseksi. Yksi pilottikohteeksi oli

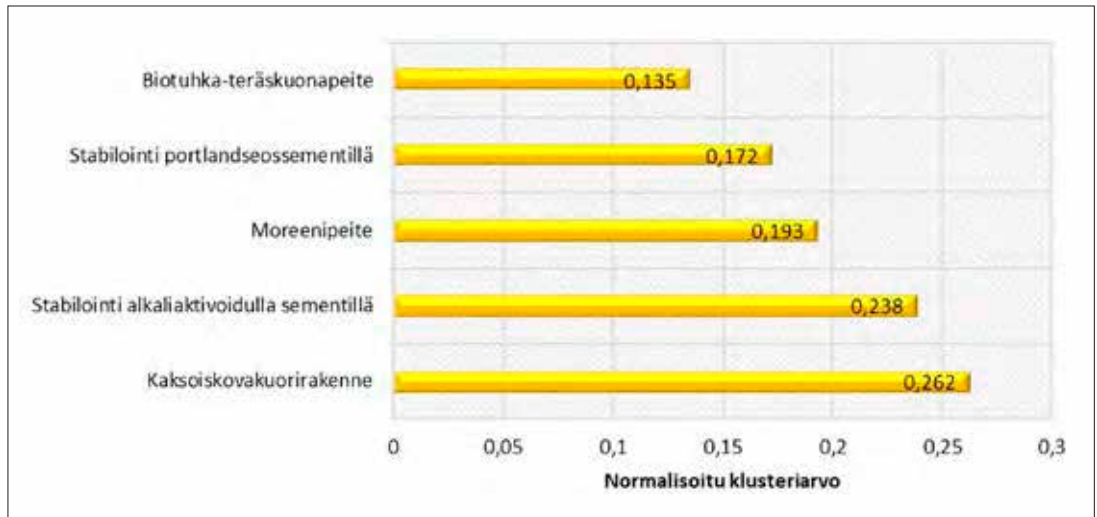
rikastushiekka-altaan peiterakenne, toinen vanhan tierakenteen kunnostaminen stabiolomalla ja kolmas ympäristölle haitallisen romuttamojätteen kapselointi betonirakenteeseen. Materiaalivaihtoehtoina tutkittiin esimerkiksi teräskuonien, rikastushiekkujen ja lentotuhkien käyttöä raaka-aineina. Pääkriteereinä käytettiin materiaalin teknistä toimivuutta, materiaalivalintaan liittyviä kustannuksia (kuljetusmatka ja -määrä, raaka-aineen hinta sekä työ- ja laitekustannukset) ja ympäristövaikutuksia. Pääkriteeriryhmät sisälsivät useita alakriteereitä, joiden määrä ja laatu määriteltiin kohdekohtaisesti. MCDA-menetelmänä sovellettiin AHP-menetelmää, johon integroitiin materiaaliikohtaiset elinkaariarviotulokset (CO₂-päästöt, energian tarve, resurssien kulutus jne.). AHP-menetelmää käytettiin, koska esimerkeissä käytettyjen vertailtavien vaihtoehtojen ja kriteerien määrä oli suhteellisen pieni (n. 5-10) ja menetelmä oli sekä joustavasti sovellettavissa kohdekohtaisiin vaatimuksiin että integroitavissa LCA-tuloksiin. AHP-menetelmä perustuu parivertailuun, joka käytännössä rajoittaa analysoitavien vaihtoehtojen ja käytettävien kriteerien määrää.

Analyysimenetelmän avulla voitiin hyvin selvittää kestävä kehityksen eri tekijöiden merkitystä kohteittain. Kaikissa tapauksissa käytettiin sosioekologisten, taloudellisten ja teknisten pääkriteerien osalta

Kuva 1. GeoSolutions-hankkeessa Pyhäsalmen kaivoksen rikastushiekka-altaalle vuonna 2017 rakennettu kaksoiskovakuoerakenne.



Kuva 2. Esimerkki AHP-analyysin lopputuloksena saadusta rikastushiekka-altaan peiterakennevaihtojen suositusjärjestyksestä (korkein arvo on paras).



samaa priorisointia (painoarvoa) kestävän kehityksen mukaisten tavoitteiden optimoimiseksi. Tulosten perusteella rikastushiekka-altaan peiterakenteeksi valikoitui kaksoiskovakuorirakenne ja alkaliaktivoitulla sementillä stabiloitu rikastushiekka ennen moreenipeiterakennetta. Tiekorjauskohteissa analyysin avulla voitiin määrittää eri materiaalien kannattavalle kuljetusetäisyydelle

tarkka indikaattori, joka huomioi kustannusten lisäksi ympäristövaikutukset ja materiaalivaihtoehdon tekniset ominaisuudet. Tierakenteissa voitiin parhaiten yhdistää sekä taloudellinen että ekologinen hyöty ja hyvä tekninen toimivuus käyttämällä teräskuonapohjaista sideainekomposiittia tavallisen sementin vaihtoehtona. Romuttamoprosessijätteen kapseloinnin osalta

kestävän kehityksen mukainen optimointi suosi sivutuotepohjaista alkaliaktivoitua sideaineeseen perustuvaa betonia normaalin portlandsementtipohjaisen betonin vaihtoehtona. ▲

GeoSolutions-projektin (2017-2019) päärahoittaja on EAKR. Lisätietoja: minna.sarkkinen@kamk.fi

ADC
Arctic Drilling Company

DIRECTIONAL CORE DRILLING

ADC can provide the total drilling package, from the hole and branch planning to the highly skilled drillers – no extra contractors needed.

SEE THE K10 IN ACTION ON ADCLTD.FI

- HIGH ACCURACY
- COST-EFFECTIVE
- ENERGY EFFICIENT

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

CERTIFIERAT LEDNINGSSYSTEM
DNV-GL
ISO 9001 • ISO 14001
OHSAS 18001

Powering people to
choose for climate

KELIBER
www.keliber.fi

KATI

**Recognized pioneer
in eco-friendly
exploration & drilling**

- Safe Discovery Award – Innovation granted by Anglo American Plc.
- ISO 14001 Environmental Management System since 2004
- Environmental Contribution of the year 2013 Awarded by Euro Mining Jury, Finland.
- Patented water recirculation system

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

PORT OF KOKKOLA

**WELCOME TO THE
PORT OF KOKKOLA**

www.portofkokkola.fi

NEWPAKKOLA

**CONVEYOR
MAINTENANCE
SPECIALIST**

Factory Service

Longer lifetime,
with less
operating costs

Analyze & Report

Maintenance

Spare Parts

MAKE THINGS BETTER

UNDERSTAND THE WHOLE PROCESS

KEEP THINGS RUNNING

www.newpaakkola.com

PALSATECH

Wide range of Geoservices

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

Seasonal storage of solar thermal energy in rocks beneath our feet

TEXT: D.SC. **MATEUSZ JANISZEWSKI**, AALTO UNIVERSITY

TOPIAS SIREN

Introduction

The current situation of climate change has urged us to adopt immediate actions to globally increase the share of clean, renewable energy sources, for example the solar thermal energy that is harnessed from the sun using solar thermal collectors. In high-latitude countries, such as Finland, the supply of solar thermal energy varies seasonally resulting in more energy being available in summer and a lesser amount in winter. However, the peak space heating demand is during the winter months, thus creating a mismatch between the supply and demand. The solution is to collect energy in the summer, store it seasonally, and use it to cover demand in the winter. One of the most optimal methods for seasonal storage of energy is thermal energy storage (TES) in the form of sensible heat, which is dependent on the mass, specific heat, and temperature change of the storage medium (Converse, 2012). It has been present in human existence since the time when early humans dwelt in caves which, when heated up with a fire and the annualised temperatures of the surrounding rock mass, served as perfect shelters in cold winters (Stephens, 2005). The most desirable storage media for sensible heat storage are required to provide a substantial change of internal energy per unit volume, be mechanically stable, have low toxicity and corrosiveness, and low costs (Cabeza, 2015). Therefore, crystalline hard rocks and water are both considered to be good storage media, due to their favourable properties and ability to obtain large storage volumes at relatively low costs (Nordell and Hellström, 2000). The available underground thermal energy storage (UTES) methods (see Figure 1) include: Aquifer (ATES), Borehole (BTES), Tank (TTES), Pit (PTES), Cavern (CTES), and Fractured (FTES) thermal energy storage methods.

One of the main application areas of UTES is the solar community, which is a community-scale group of buildings that utilises solar thermal energy for district



heating. In the Nordic countries of Europe, there are 194 active community-scale solar district heating (SDH) plants, with 109 plants in Denmark, 13 in Sweden, and one in Finland (Solar District Heating, 2019). The first solar community in Finland was the Kerava solar village built in the 1980s (Lund and Mäkinen, 1982). It consisted of 47 houses aiming to achieve a solar fraction of 75 %, defined as the amount of heating energy produced by solar thermal collectors divided by the total required energy. The solar energy was stored seasonally in a water pit of 1500 m³ volume. The rock pit was surrounded by 53 borehole heat exchangers for heat loss recovery. Although the storage system achieved a very high seasonal storage efficiency of 85 %, which is defined as the amount of discharged energy compared to the amount of charged energy in one season, the solar fraction peaked at 38 %. Therefore, the overall goal was not reached and the project was terminated (KTM, 1986). The best case example of a successful solar community located in a high latitude country is the Drake Landing Solar Community (DLSC) in Okotoks, Canada. In the DLSC, the solar thermal energy is seasonally stored in the subsurface using 144 borehole heat exchangers of 35 m depth (Drake Landing

Solar Community, 2019). It is one of the best results of a solar community in the world, achieving almost 100% solar fraction – a record in high latitude climatic region.

The research on underground thermal energy storage (UTES) in Finland has been mainly active in the 1980s and 1990s when the first storage facilities were planned (Lund, 1983; Nordell, 1994; Nordell *et al.*, 1994). Currently, several UTES facilities are active, for example, the largest BTES system in Finland located in Sipoo (Korhonen *et al.*, 2018), or the CTES system in Oulu based on an old rock cavern oil storage that was converted into heat storage cavern and is used for the optimisation of energy sourcing with a storage capacity of 10 GWh (Sipilä and Ritola, 1989; Nordell *et al.*, 1994). Other facilities are in the planning phase, such as the Mustikkamaa CTES system in Helsinki, also an old oil storage cavern that is being refurbished to provide 11,6 GWh of heat storage capacity (Galkin-Aalto, 2018). In the recent years, the market of ground-source heat pumps has been proliferating, with the estimated number of ground source heat pumps installed in Finland exceeding 170 000 (SULPU, 2019), and a growing number of new BTES systems for the heating and cooling of buildings. Lately, the research on UTES for

solar communities was commenced at Aalto University in the Tackling the Challenges of a Solar-Community Concept in High Latitudes (SCC) research project, aimed at finding scientifically-based solutions for a solar community at high latitudes (Hirvonen *et al.*, 2018).

Borehole Thermal Energy Storage

In this study, the BTES was suggested as the most favourable method for the seasonal storage of solar thermal energy in a small-scale solar community in Finland. BTES system consists of an array of borehole heat exchangers (BHEs) placed in the rock mass, which serves as the storage medium (see Figure 1b). The design of large-scale BTES systems is typically aided by numerical modelling; hence, two finite element numerical modelling approaches were developed capable of accurate simulation of large BTES systems (Figure 2). Both models were validated by an *in-situ* experiment of thermal injection into a single BHE installed in a hard crystalline rock environment in the Aalto Research Tunnel under the Otaniemi campus in Espoo. Both models predicted accurately the outlet fluid temperatures and were computationally efficient (Janiszewski *et al.*, 2018a). Based on the sensitivity analysis of a single BHE modelled with the HTiP approach, it was concluded that low thermal diffusivity of the rock as a storage medium is essential for maximising storage efficiency (Figure 3). Hence, the thermal properties of the rocks at a potential storage site should be determined by pre-investigations, for example, by laboratory measurements of thermal conductivity. The main benefit of such measurements is that they reduce the uncertainty of the values used for dimensioning of the storage compared to values obtained indirectly. High uncertainty of thermal conductivity may result in overall cost increase exceeding the cost of pre-investigation, which confirms the cost-efficiency of pre-investigations (Nordell, 1994).

The long-term thermal performance of multiple design scenarios of BTES system was numerically simulated using the proposed approach (Janiszewski *et al.*, 2018b). It was concluded that the seasonal storage efficiency of BTES systems is proportional to the total length of installed BHEs and inversely proportional to borehole spacing. The most efficient BTES model with 168 boreholes was a system with a depth and width of 37,1 m which corresponds to a 40 000 m³ rock volume, a total borehole length of 5 708 m, and borehole spacing of 2,5 m.

Dr Mateusz Janiszewski



Mateusz Janiszewski is a postdoctoral researcher in the Rock mechanics research group at Aalto University. Dr Janiszewski got his first degree in mining engineering in 2012 at Wroclaw University of Science and Technology in Poland. In 2014 he completed the international Master programme – European Mining Course at three universities: Aalto University in Finland, RWTH Aachen in Germany, and TU Delft in the Netherlands. He obtained his Doctor of Science (Tech.) degree in October 2019. In his doctoral dissertation, he focused on techno-economic aspects of seasonal underground storage of solar thermal energy in hard crystalline rocks. His current research interests include numerical simulation, underground thermal energy storage, photogrammetry, and virtual reality.

It achieved a discharged energy amount of 971 MWh and the seasonal storage efficiency of 69 % in the fifth year of operation, which would be sufficient to cover the heating requirement of a solar community consisting of 150 houses.

Fractured Thermal Energy Storage

Furthermore, the Fractured Thermal Energy Storage (FTES) method was selected as a cost-effective alternative concept to the BTES method. One of the applications of the FTES method is HYDROCK, a conceptual method for thermal energy storage in an artificially fractured hard rock aquifer. The heat exchange occurs between the fluid and the walls of multiple parallel sub-horizontal fractures (see Figure 1f). The main advantage of HYDROCK is the reduction of the number of boreholes and the increased heat transfer area as compared to the conventional BTES method (Hellström and Larson, 2001). This creates the opportunity to reduce the construction costs of the storage system by as much as 50 %, thus rendering the energy storage more economically attractive (Ramsstad, 2004). In this study, a hydro-mechanical coupled numerical model capable of simulating hydraulic fracturing in the presence of a natural, pre-existing fracture was developed in FRACOD2D code (Janiszewski *et al.*, 2019). The model is based on the fracture

mechanics approach and can simulate the explicit process of hydraulic fracturing in the construction of FTES systems. The model was used to simulate realistic interaction mechanisms between hydraulic and natural fractures (see Figure 4) and was validated against an analytical criterion. Based on the numerical experiment, pre-existing discontinuities with low dip angles can arrest the propagating sub-horizontal hydraulic fracture that could potentially hinder the thermal performance of the FTES systems.

Conclusions

Five main outcomes of the study were reached. First, the Borehole Thermal Energy Storage (BTES) method was found to be the most optimal method for a small-scale solar community in Finland. Next, a numerical model for simulation of BTES was developed, and improvements in BTES design suggested. Finally, a numerical model based on fracturing mechanics was developed for the simulation of the hydraulic fracturing process in fractured rocks, and the interactions between hydraulic and natural pre-existing discontinuities were simulated. The results of this dissertation contribute to the development of the state-of-the-art of underground thermal energy storage methods in a hard rock environment. ▲

Kuvat 1 ja 2 suurempina sekä kuvat 3 ja 4 ja lähdeluettelo löytyvät webistä: <https://materia.vuorimiesyhdistys.fi/>

Figure 1

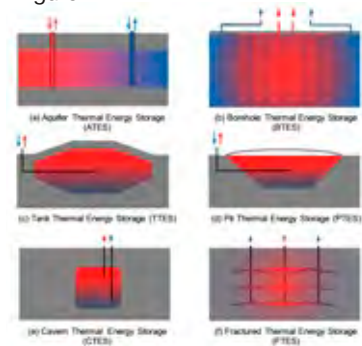
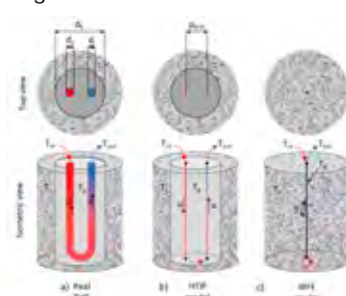


Figure 2



Arvometallien kiertotalous pyörimään kuparituotannossa



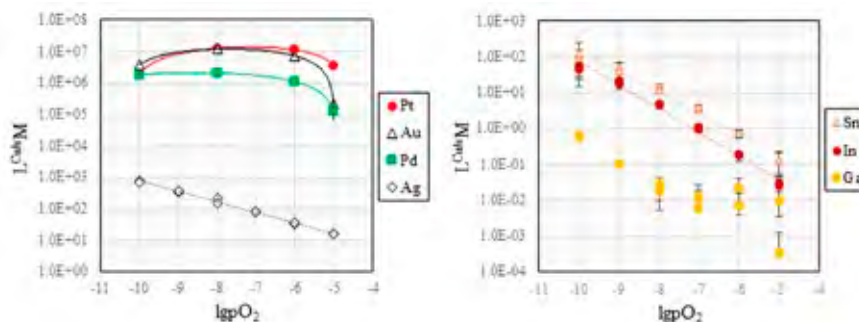
Kuva 1. Metallien kierrätyksellä turvataan lastemme tulevaisuus ja yhteiskunnan kehitys.

TEKSTI: KATRI AVARMAA

Metallien kiertotalous ja teknologiakehitys ovat kriittisessä roolissa metallien ja koko maailman tulevaisuuden turvaamisessa, kuva 1. Lisäksi uusia resurssivaroja tarvitaan metallien kulutuksen kasvaessa. Sekundääriset lähteet, kuten sähkö- ja elektroniikkaromu (SER), voidaan nähdä taloudellisesti ja ympäristön kannalta merkittäviksi resurssimahdollisuuksiksi useille metalleille. SER:n käyttö sulatuksen raaka-aineena tuo metallien prosessoinnin piiriin uusia, ei-tyypillisiä primääriresurssien hivenaineita kuten Ge ja Ga. Lisäksi tyypilliset arvometalli- ja PGM-pitoisuudet ovat usein suuremmat käytettäessä kierrätysmateriaalia raaka-ainelähteenä verrattuna malmiresurssieihin.

Katri Avarmaan väitöskirjassa on tarkasteltu arvometallien (Ag, Au, Pd ja Pt) ja high-tech metallien (Ga, Ge, In ja Sn) käytäytymistä ja talteenottoa kuparin valmistuksessa kierrätysraaka-aineita käytettäessä. Projekti tuki suomalaista kulttuuriperintöä ja elinkeinoelämää, sillä siinä on tutkittu yhtä viime vuosisadan merkittävintä suomalaiskeksintöä, kuparin liekkisulatusprosessia.

Jotta hivenmetallien kierrätys ja talteenotot saataisiin korkealle tasolle, tarvitaan tietoa metallien termodynaamisista aineominaisuuksista. Yllättäen useiden hivenmetallien aineominaisuuksia ei ole saatavissa tai ne ovat puutteellisia. Tämä työ valotti metallien (M) ominaisuuksia, erityisesti hivenaineiden metallin tai kiven ja kuonan välisiä jakautumiskertoimia ($L^{Cu/s}$ $M = [m\%M]_{kuparissa} / (m\%M)_{kuonassa}$), kokeellisin tekniikoin ja mallinnuksen keinoin



Kuva 2. Arvometallien ja high-tech metallien jakautumiskertoimet kuparin ja SiO_2 - FeO_x - Al_2O_3 - CaO kuonan välillä hapen osapaineen funktiona 1300 °C lämpötilassa.

simuloiduissa primäärisen ja sekundäärisen kuparin sulatuksen ja konvertoinnin olosuhteissa. Tämä oli kuparin sulatuksessa ensimmäinen hivenainetutkimus, jossa hyödynnettiin pitkälle kehitettyä tasapainotus-sammutustekniikkaa yhdistettynä EP-MA ja LA-ICP-MS analyysieihin. Erityisesti viimeksi mainitun analyysitekniikan käyttö oli merkittävä edistysaskel, joka mahdollisti mittauksia jopa alle 1 ppb (parts per billion, mg/t) pitoisuuksilla metallurgisista kuonista.

Hivenainemetallit jakautuvat sulatuksen olosuhteista ($T, p\text{O}_2$) ja tarkasteltavasta systeemistä (kuonakoostumus, tasapainofaasit) riippuen metalliseen kupariin, sulfidikiveen, kuonaan ja/tai kaasufaasiin. Tulokset osoittavat arvometallien Au, Pd ja Pt potentiaalisen kierrätystehokkuuden kuparisulatuksessa olevan todella korkea ja jopa aiemmin osoitettua parempi, kuva 2. High-tech metallien Ga ja Ge tulokset tutkimuksissa kupari-kuona- systeemeissä ovat ainutlaatuisia ja ensimmäiset kirjallisuus-

nessa julkaistut. Kuvasta 2 voi nähdä, että high-tech metallien jakautuminen on vahvasti riippuvainen prosessivaiheesta ($p\text{O}_2$). Tutkimus antaa arvokasta tietoa teollisuudelle prosessikehitykseen ja määritettyjä aineominaisuuksia käyttäen pystytään kehittämään mallinnukseen sekä simulointiin käytettäviä tietokantoja.▲

Väitöskirjan nimi: Thermodynamic properties of WEEE-based minor elements in copper smelting processes
Väittelijä: Katri Avarmaa, Aalto-Yliopisto, Kemian tekniikan korkeakoulu, Kemian tekniikan ja metallurgian laitos, Metallurgian tutkimusryhmä
Kustos: Professori Ari Jokilaakso
Vastaväittäjä: PhD Inge Bellemans, Ghent University
Väitöspäivämäärä: 20.9.2019
Sähköinen linkki väitöskirjaan: <https://aaltoodoc.aalto.fi/handle/123456789/39995>

Rikastus- ja prosessijaoston syyssekskursio KoKa '19

Tämä juttu kertoo Rikastus- ja prosessijaoston syyssekskursiosta 2019. Tämä tarina voi olla tosi tai ei, mutta näin se meni.

TEKSTI JA KUVAT: HEINI ELOMAA

Tiistai 3.9.2019

Rikastusjaosto lähti tänä vuonna eheytyään Suomen kauniisiin maisemiin Kokkolan kautta Kainuuseen. Reissuun osa porukasta lähti jo tiistaina kokoontumalla Kokkolaan illanviettoon. Ekskursion järjestivät Joakim Colpaert Metsolta ja Teemu Alatalo Pöyryltä. Kaikkiaan reissulla oli mukana 14 vuorimiestä ja osa liittyi matkaan Sotkamosta.

Keskiviikko 4.9.2019

Keskiviikkoaamuna lähdimme aikaisin matkaan suunnattoman hienolla bussillamme kohti Kokkolan satamaa, jossa meidät ottivat vastaan Rauanheimon edustajat. Rauanheimo on perustettu vuonna 1884 ja se toimii kaivosalatuotteiden satamakäsittelijänä. Isäntämme Pasi Salmela, Henrik Hagström ja Stefan Brannkarr kertoivat logistiikkaketjujen järjestämisestä kaivoksilta ja rikastamoilta satamaan sekä käytännön satamatoiminnasta. Rauanheimo kuuluu KWH Logistics-yhtiöön, joka on suurin satamaoperaattori Suomessa. Pääsimme bussilla kiertämään satama-alueita ja näimme myös junien lastausta.

Satamasta matka jatkui Centria-ammattikorkeakoululle, jossa Centria tarjosi meille erittäin maittavan lounaan. Lounaan jälkeen meille esiteltiin sekä Centrian koulutusohjelmia että tutkimusta. Lisäksi myös viereisessä rakennuksessa sijaitseva Oulun, Vaasan ja Jyväskylän yliopistojen yliopistokeskus esitteli tutkimustaan. Isäntänä vierailulla toimi lehtori Laura Rahikka. Uutena koulutusohjelmiana Centria on lisännyt valikoimaan monimuoto-opetuksen, jossa on mahdollista suorittaa tutkinto suurimmaksi osaksi etäopiskeluna työn ohessa.

Centrialta matka jatkui kohti päivän viimeistä ekskursiokohdetta. Kokkolan yliopistokeskus Chydenius ja Centria-ammattikorkeakoulu ovat vuosikausia olleet korvaamattomana apuna tehtäessä tutkimustyötä seuraavan kohteemme Tracegrown teknologian kehityksessä.



Kuva 1. Vierailu Tracegrown tehtaalla Kärsämäellä



Kuva 2. Ekskursioporukka ihastelemissa suodatinta Sotkamo Silverin rikastamolla

Matkasimme bussilla Kärsämäelle Tracegrown uudelle tehtaalle. Tracegrow on kehittänyt menetelmän, jolla alkaliparistojätteestä tehdään sinkki- ja mangaanipitoista liuosta, jota voidaan käyttää maataloudessa lehtilannoitteena ruiskuttamalla sitä kasvuvaiheessa kasvien lehdil-

le. Alkaliparistojen pääkomponentit ovat sinkki ja mangaani, joita tarvitaan myös maataloudessa ns. hivenravinnelannoitteina täydentämään perinteistä NPK-lannoitusta. Meidät otti vastaan toimitusjohtaja Mikko Joensuu. Kuulimme Tracegrown laajentumisesta Eurooppaan sekä kävimme katso-



Kuva 3. Tuulisella louhoskierroksella Terrafame Oy vieraina

massa prosessia. Kärsämäen tehtaalla on myös oma laboratorio, jossa liuotusta, puhdistusta ja mekaanisia käsittelyjä testataan laboratoriomittakaavassa ja optimoidaan sitä mukaa kuin tuloksia on saatu.

Vierailun jälkeen ajeltiin kohti Kajaania ja Sotkamo Katinkullan kylpylään rentoutumaan. Mukaan liittyivät Sini Anttila, Eelis Eskelinen, Miika Forsberg, Janne Juola, Simo Pyysing ja Mikko Taskinen. Illalla kokoonnuimme Maisemaravintolaan nauttimaan ABB Oy:n Petri Vuolukan tarjoamasta illallisesta, jonka jälkeen siirryttiin saunaosas-

tolle kertaamaan päivän matkatarinoita. Karaokeen ei enää päästy, joten suunnattiin nukkumaan ja valmistautumaan viimeisen ekskursion päivän vierailuihin.

Torstai 5.9.2019

Torstaina lähdettiin ensin Sotkamo Silverille katsomaan uutta rikastamo. Aamukahvin ja parhaiden pullien äärellä meille kerrottiin Sotkamo Silverin toiminnasta. Kalvosulkeisten jälkeen pukeuduimme turvavarusteisiin ja lähdimme itse rikastamolle isäntämme rikastamon päällikkö Jarmo

Huuskosen johdolla. Pääsimme katsomaan vesilaitosta ja rikastamolla kiersimme katsomassa koko prosessin.

Viimeinen kohde oli Terrafame Oy. Toimitusjohtaja Joni Lukkaroinen esitteli Terrafamen toimintaa ja katsoimme turvallisuusvideon ennen kuin lähdimme katsomaan louhusta. Kävimme katsomassa näköalapaikoilla louhusta sekä bioliuotuskasoja. Lisäksi pääsimme myös katsomaan uutta akkukemikaalitehtaan rakennustyömaata. Akkukemikaalitehtaan arvioitu aloitus on 2021 ja sen investointikustannukset ovat noin 240 miljoonaa euroa.

Ekskursioiden jälkeen ehdimme vielä kylpyläänkin ja osa myös golfaamaan Katinkultaan. Illanviettoon kokoonnuimme Metson tarjoamille illallisille Rantahoviin, missä myös sauna oli kuumana. Tällä kertaa selvisimme myös karaokeen!

Perjantai 6.9.2019

Tosi villien hurjimusten (TVH) joukko kokoontui aamiaisella väsyneinä, mutta onnellisina. Monet jatkoivat jo suoraan Katinkullasta kohti kotikonttuja ja osa Kokolan kautta.

Kiitos tohtoriksi koulututtavalle Heini Elomalle matkaraportista, minkä hän sai tehtäväkseen, kun Vuorimiespäivillä voitti osallistumisen matkalle legendaarisesta bingosta! ▲



Leijo Keto

1928 –2019
in Memoriam

Grönlannin tutkija ja malminetsijä Leijo Uolevi Keto menehtyi 90-vuotiaana 7.10.2019 vaikean sairauden murtamana. Hän oli syntynyt 8.12.1928 Laihialla, jossa hänen isänsä toimi Laihian verosihteerinä.

Leijo kirjoitti ylioppilaaksi Vaasan suomalaisesta lyseosta 1947 ja opiskeli asepalveluksen ja siihen kuuluneen reserviupseerikoulun jälkeen geologiaa ja mineralogiaa Helsingin yliopistossa. Ajan tavan mukaan hän hankki kenttäkokemusta malminetsinnässä ja kallioperäkartoituksessa, aluksi Outokumpu Oy:n malminetsinnässä ja kesinä 1957 ja 1958 Grönlannissa tanskalaisen Kryolitselskabet Øresund A/S:n palveluksessa. Opiskeluaikana hän työskenteli Merentutkimuslaitoksessa professori Erkki Palosuon assistenttina tutkimassa merijään rakennetta. Myöhemmin hän toimi mineralogian assistenttina Teknillisessä korkeakoulussa.

Leijo Kedon elämänuran kannalta merkittäväksi muodostui tanskalainen valtionyhtiö Kryolitselskabet Øresund A/S, joka hallitsi Ivittuutissa (Ivigtut) Etelä-Grönlannissa liki 100 vuotta toiminutta kryoliittilouhosta. Harvinainen mineraali kryoliitti oli avainasemassa metallisen alumiinin valmistuksessa. 1950-luvulla tämän maailman ainoan kryoliittikaivoksen varannot olivat loppumassa, mutta valmiiksi louhittua kryoliittia oli kuitenkin runsaasti odottamassa laivausta rikastettavaksi Kööpenhaminaan. Yhtiö oli edelleen hyvissä varoissa ja tavoitteena oli löytää toiminnan varmistamiseksi lisää kryoliittivarantoja. Kun halukasta tanskalaista asiantuntemusta ja osaamista ei ollut saatavissa, halusi yhtiön päägeologina tuolloin toiminut Hans Pauly kokeneen pohjoismaisen malminetsintäorganisaation suorittamaan yhtiön suunnittelemaa käytännön malminetsintätoimia Grönlannissa.

Sen paremmin Norjasta kuin Ruotsistaakaan ei kuitenkaan löytynyt innokkaita yrittäjiä tähän tehtävään. Vihdoin vuonna 1957 saatiin työhön Suomesta GTK:n geologi Veijo Yletyinen, joka toimi vuoteen 1961 saakka yhtiön malminetsinnästä vastanneena geologina. Tohtori Hans Pauly johti Kryolitselskabetin geologista osastoa vuoteen

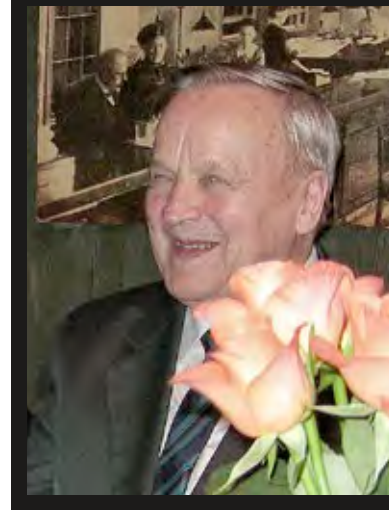
1964 saakka, jolloin hänet nimitettiin Tanskan teknillisen korkeakoulun mineralogian professoriksi. Yletyisen kanssa Grönlantiin lähti kenttätöihin keväällä 1957 geologian ylioppilas Leijo Keto. Heidän ensimmäinen tehtävänsä oli kryoliittiesiintymän isäntäkiivenä olevan Ivittuutin alkaligraniitin ja koko alkaalikompleksin geologinen kartoitus ja yksityiskohtainen tutkimus.

Tällä matkalla Keto keräsi materiaalia pro gradu -tutkielmaansa, joka hyväksyttiin keväällä 1960. Samalla valmistui maisterin tutkinto ja kesäkuussa tuli lähtö Tanskaan Kryolitselskabet Øresund A/S -yhtiön vakituiseksi geologiksi. Seuraavat 27 kesää menivät sitten Grönlannissa, jossa hän toimi ensin 1961–62 yhtiön Grönlannin kenttätöistä vastaavana geologina, 1963 – 1980 malminetsinnän johtajana ja 1980–89 päägeologina, malminetsinnän johtajana ja toimitusjohtajana Grönlands Prospekterings- og Mineselskap A/S -nimisessä yhtiössä.

Suomalainen malminetsinnän johtaja halusi palkata kesän kartoitusapulaiset ja muutakin asiantuntemusta Suomesta. Ensimmäisten joukossa Grönlannissa oli vuonna 1958 Leijo Kedon kanssa Aimo Tyrväinen, ja vuonna 1960 suomalaisia kenttätöläisiä oli jo toistakymmentä. Jaakko Kurki (1964–74), Seppo Turkka (1966–70) ja Risto Juhava (1971–75) jäivät Kedon kanssa Kryolitselskabetin palvelukseen useiksi vuosiksi. Ajan mittaan suuri osa suomalaisista geologian opiskelijoista kävi itse kukin kenttätöissä Grönlannissa, ja kun toimet vuonna 1987 lopetettiin, oli yli 100 geologia ja geologian opiskelijaa ollut maastotöissä Grönlannissa.

Kaikkiaan noin 300 suomalaista geologia, geofysikkaa, mittamiestä, kairaajaa, lentäjää, mekaanikkoa, kokkia ja apumiestä osallistui 30 vuoden aikana Grönlannin malminetsintätöihin. Huippu saavutettiin vuonna 1970, jolloin geologisiin kenttätöihin osallistui kaikkiaan 50 suomalaista, joista 19 oli geologisissa tehtävissä. Grönlanti oli todellinen koetinkivi ja monipuolinen oppimispaiikka suomalaisille malminetsijöille. Siellä saatuja kokemuksia sovellettiin suomalaisessa malminetsinnässä ja myös päinvastoin.

Kedon johdolla suoritettun tutkimuksen



laajuutta on vaikea tajuta. Tutkimusalue käsitti 120 000 km² vastaten kolmasosaa Suomen pinta-alasta. Se oli mannerjäätikön ja meren välissä olevaa keskimäärin 80 km leveää jäätöntä Grönlannin läntistä rannikkokaistaa, jossa asui yli 90 % saaren 57 000 hengen väestöstä. Suoritettu aerogeofysiikan mittaus kattoi kaikkiaan 128 500 km². Lentomittaukset toteutti DI Pietari Peltosen johtama yhtiö Finnprospekting Ky yhdessä suomalaisen Lentohuolto Oy:n kanssa. Muita suomalaisia yhteistyöyhtiöitä olivat Suomen Malmi Oy, Outokumpu Oy ja Helikopteripalvelu Oy.

Ennen tätä geologista peruskartoitusta oli tiedossa vain satunnaisia kallioperähavainnoja vuonojen rantavyöhykkeillä. Maa oli puutteellisen kartoituksen takia Terra incognita, josta oli vain huonoja vanhoja ilmakuvia ja pieniltä alueilta topografikarttoja. Näin GPS:n aikakaudella on vaikea kuvitella niitä moninaisia ongelmia, joita puutteellinen peruskartoitus aiheutti maastotyölle. Toisaalta kallioperä oli miltei kokonaan paljastuneena, joten geologian havainnointi ja kartoittaminen oli niiltä osin helppoa. Tehtäessä malminetsintää rannikkokaistalla tukeutui toiminta sopivaan paikkaan vuonolle ankkuroituun tukialukseen, josta suoritettiin kenttäryhmien huolto ja ensimmäisen havainnointivaiheen helikopterilennot. Geologinen peruskartoi-



Finuitien tapaaminen Juuan Nunnalahdessa 2009. Henkilöt vasemmalta: Seppo Väisänen, Kauko Puustinen, Pentti Karhunen, Leijo Keto, Markku Mäkelä, Esa Sandberg, Caj Kortman.

tus tehtiin maastoryhmissä, jotka kartoittivat ja tarkensivat helikopterista tehdyt alustavat havainnot.

Tutkimuksissa paikallistettiin kymmeniä malmiaiheita kuten hyvin kookas Isuan rautamalmiaihe, nikkeli- ja monimetalliesiintymiä, timantteja sisältäviä kimberliittejä sekä karbonaattiiteja. Jatkotutkimuksia tehdään edelleen monessa paikassa kuten Isuassa sekä Maniitsoqin (Sukkertoppen) alueen nikkelivyöhykkeellä. Kaikkia malminetsinnän tuloksia säilytetään GEUS:in arkistossa, jossa kansainväliset kaivosyhtiöt ovat niitä jatkuvasti hyödyntäneet. Grönlannin tutkimuksesta on kerrottu yksityiskohtaisesti Geologi-lehden lukijoille (Keto 2007).

Tutkimusvaiheen aikana Leijon ja perheen vakituinen asunto oli Hørsholmissa Pohjois-Själlannissa. Päästyään eläkkeelle vuonna 1989 Leijo ja puoliso Leena muuttivat Suomeen, Tampereelle, jossa avautui mahdollisuus moniin työaikana toteutumatta jääneisiin harrastuksiin. Useana talvena hän osallistui pitkän matkan hiihtoretkille kuten Pirkan hiihtoon, mutta karuissa työolosuhteissa oli kuitenkin kasautunut fyysisiä ongelmia, jotka myöhemmin tulivat esteiksi näille harrastuksille.

Sukututkimus oli mieleinen eläkepäivien harrastus. Suvulla oli Laihian Lyyskilän kylän Kedon taloon johtava vankka talonpoikainen perinnetausta, ja tutkimuksessa Lei-

jon erinomaiset Skandinavian kielten taidot pääsivät oikeuksiinsa. Vanhojen käsialojen ja ruotsin kielen taitavana tulkitsijana hän kykeni avustamaan monia tutkijoita historiallisten kirkonkirjojen sekä vaikeaselkoisten tuomiokirjojen ymmärtämisessä. Etelä-Pohjanmaan ja erityisesti Laihian suvut saivat hänen kauttaan luotettavaa perustietoa, ja Kedon suvun varhaisista vaiheista on useita Leijon laatimia kirjoituksia saatavana Laihian kirjastossa.

Myös ammattiasioissa hän oli tuottelias kirjoittaja. Kryolitselskabet Øresund A/S:n kirjastoon kertyi 76 omaa julkaisua ja raporttia sekä 20 yhteisjulkaisua, yhteensä liki 2500 sivua. Hän toimi myös Kööpenhaminan yliopistossa Grönlantia koskeneiden tieteellisten tutkimusten ja kirjoitusten sensorina. Omille lapsenlapsilleen Leijo omisti ja painatti tanskankielisen kertomuksen varhaisista kokemuksistaan Grönlannin kenttätöissä otsikolla ”Farfar og Isbjörnen”. Toinen mielenkiintoinen painettu teos perustuu norjalaisen Paul Qvalen päiväkirjaan hänen Etelä-Grönlantiin ja Ivigutiin tekemälleen tutkimusmatkalta vuosina 1863–64.

Leijon elämäntyö geologina oli saavutuksiltaan ainutlaatuinen. Valtavan tutkimusohjelman toteuttaminen lyhyinä kesäkausina vaikeakulkuisessa ympäristössä edellytti luovuutta ja yksityiskohtaista suunnittelua. Henkilökohtaisella johtamisella

tavoitteet saavutettiin ja ankarista paineista huolimatta työilmapiiri säilyi hyvänä ja tuloksellisena. Hyvästä työskentelyilmapiiristä todisti se, että monet fyysisesti vaativaan kesätyösuhteeseen tulleet halusivat päästä uudelleen kentälle Grönlantiin. Läheinen yhteys työssä olleisiin säilyi vielä Leijon eläkevuosina, ja Grönlannin kävijöillä, ”Finuiteilla”, oli monia lämminhenkisiä tapaamisia.

Suuri ystäväjoukko osallistuu Leenan ja poikien Petrin, Anssin ja Mikan sekä heidän perheidensä suureen suruun Leijon poismenon johdosta.▲

Heikki Papunen, Caj Kortman ja Risto Juhava

Kirjoittajat ovat Leijon monivuotisia ystäviä ja kollegoita: Heikki Papunen on emeritusprofessori ja Leijon opiskelutoveri. Caj Kortman oli monivuotinen kesäapulainen ja myöhemmin Finuitien aktiivijäsen. Risto Juhava oli pitkään Leijon työtoverina Tanskassa.

Alussa olevan kuvan on Seppo Turcka ottanut Leijon 80-vuotispäivillä.

Ref.: Leijo Keto (2007): Suomalaisista malminetsintää Grönlannissa. *Geologi* 59, 72–82

Eero Laatio

In Memoriam

16.11.2019



Eero Veli Matti Laatio – perheen ja ystävien kesken Repa – kuoli pitkäaikaisen taudin uuvuttamana Espoossa 24.08.2019.

Eeron puoliso Taina ja lapset Hanna, Saara ja Timo olivat Eeron viressä viimeisinä elonhetkinä. Eeroa jäävät kaipaamaan oman perheen lisäksi hänen lastensa puoliset, lapsenlapset, sisarukset perheineen sekä suuri joukko ystäviä ja työtovereita pitkän, monipuolisen ja ansiokkaan työuran ajalta.

Eero syntyi 13.12.1950 Kiskossa Gunnar ja Ines Laation perheeseen hänen isänsä toimiessa Orijärvi Oy:n kuparikaivoksen johtajana. Vuodesta 1952 perhe asui Vihannissa uuden kaivoksen ja kaivoskylän rakentamisesta asti lähes 20 vuotta. Eero kävi koulua ensin kaivoskylässä ja sen jälkeen Oulaisten yhteiskoulussa, mistä pääsi ylioppilaaksi. Siellä hän tapasi Tainan ja he avioituivat vuonna 1975. Perheeseen syntyivät lapset Hanna, Johannes (k. 1978), Saara ja Timo.

Eero seurasi isänsä jalanjälkiä Teknilliseen korkeakouluun, mistä hän valmistui diplomi-insinööriksi pääaineenaan kaivos- ja rikastustekniikka.

Uransa Eero aloitti vuonna 1975 Outokumpu Oy:n Pyhäsalmen kaivoksen työsuojelupäällikkönä vastuualueinaan työsuojelu ja kaivoksen ilmastointi. Hän siirtyi vuonna 1979 Vihannin kaivokselle käyttöinsinööriksi.

Kansainvälinen ura alkoi Outokum-

mun kaivostoiminnan kansainvälistymisen myötä vuonna 1981, kun perhe muutti Kanadaan. Eero toimi Hudson Bay Mining and Smelting Co:n Trout Laken kaivoksen pääsuunnitteluinsinöörinä ja projektipäällikkönä Manitobassa.

Outokumpu Oy:n Keretin kaivoksen kaivososaston päälliköksi Eero siirtyi vuonna 1982, missä tehtävässä hän toimi vuoteen 1986 saakka. Eero muutti tällöin perheineen Irlantiin, missä hän toimi ensin Outokumpu Oy Tara Mines Ltd:n kaivospäällikkönä (-1988), sen jälkeen tuotantojohtajana (-1991) ja edelleen koko kaivoksen johtajana. Tara Mines oli silloin ja on edelleenkin Euroopan suurin sinkkirikasteen tuottaja.

Vuonna 1995 Eero perheineen palasi Suomeen Outokumpu Oy:n Base Metalin varatoimitusjohtajaksi vastuualueinaan tekninen kehitystoiminta, projektit ja malminetsintä. Tässä tehtävässä hän toimi vuoteen 2000, jolloin hän siirtyi Outokumpu Mining Oy:n toimitusjohtajaksi. Vuosina 2001 – 2003 Eero toimi sekä Outokumpu Mining Oy:n että Tara Mines Ltd:n toimitusjohtajana, kotipaikkanaan Irlanti.

Näinä vuosina Eero toimi myös useiden Outokummun ulkomaisten yhtiöiden, tytäryhtiöiden, joint venture- ja osakeyhtiöiden hallitusten jäsenenä tai puheenjohtajana muun muassa Australiassa, Chilessä ja Kanadassa.

Outokummun myytyä kaivoksensa ruotsalaiselle Boliden-yhtiölle Eero jatkoi Tara Minesin toimitusjohtajana Irlannissa

kesään 2005 asti. Sinä syksynä hän siirtyi irlantilaiseen CRH-konserniin ja 2006 hänet nimitettiin Finnsementti Oy:n toimitusjohtajaksi Suomeen, josta tehtävästä hän jäi eläkkeelle 2008.

Eeron urasta ja elämäntyöstä tuli kansainvälinen ja vaikuttava. Hän oli hyvä esimerkki todellisesta kansainvälisestä kaivosalan ammattilaisesta. Hän oli jämerä, hyvä ihmistuntija, joka osasi vaatia, delegoida ja kannustaa ihmisläheisesti. Eero oli hyvin huumorintajuinen, sosiaalinen ja ulospäin suuntautuva ihminen. Hän oli kuin kotonaan ihmisten kesellä ja sai paljon ystäviä kaikkialla, missä hän toimi ja vaikutti.

Opiskeluaikanaan hän oli mm. Vuorimieskillan puheenjohtaja ja Vuorimiesyhdistyksen hallituksen jäsen vuosina 1996-1998. Hän sai pronssisen Eero Mäkinen -ansiomitalin vuonna 2013. Eero oli taitava pianon soittaja ja golfin pelaaja.▲

Hanna Laatio-McDonnell

Rauno Pitkänen

Markku Isohanni

Kirjoittajat ovat Eero Laation tytär sekä pitkäaikaisia työtovereita ja ystäviä.

Professori Tauno Piirainen

In Memoriam

1929-2019

Tauno Piirainen syntyi 22.4.1929 Kuhmossa 11-lapsisen maanviljelijäperheen toiseksi nuorimpana. Lapsuuden katkaisi talvisota ja melko pian sen jälkeen seurasi jatkosota. Sodan jälkeen Taunon mieli paloi opin tielle, vaikka kotonakin olisi tarvittu tekijöitä. Hän hakeutui opiskelemaan Raudaskylän keskikouluun ja lukioon, mistä kirjoitti ylioppilaaksi vuonna 1950 ja sitä tietä opiskelemaan geologiaa Helsingin yliopistoon. Hän valmistui filosofian kandidaatiksi vuonna 1958 ja lisensiaatiksi 1963.

Tauno työskenteli Atomenergia Oy:n geologina Kolin alueella vuosina 1956 - 61. Hän toimi lyhyen jakson matematiikan opettajana Enossa, josta siirtyi Oulun yliopistoon geologian opetustehtäviin vuosiksi 1963 -1967 ja väitteli filosofian tohtoriksi Kolin alueen uraanimalmeista vuonna 1968. Hän toimi mineralogian vt. apulaisprofessorina ja nimitettynä apulaisprofessorina 25 vuotta vuosina 1967 - 1992. Hän toimi Suomen Geologisen Seuran puheenjohtajana vuoden 1983.

Kauppa- ja teollisuusministeriö rahoitti useita hänen johtamia malmineitsintää palvelevia perustutkimusprojekteja. Koillismaa-projektin tuloksena selvisivät Pudasjärven Syötteeltä Kuusamon Näränkävaraan ulottuvien ns. emäksisten kerrosintruusioiden rakenteet ja malmipotentiali. Tarkemman tutkimuksen kohteena olivat mm. Mustavaaran vana-diini-rautamalmi ja myöhemmin platina-metalliesiintymät.

Seuraavaksi oli vuorossa Kuhmon liuskejakso vv. 1977 - 1980. Asiantuntijat arvelivat, että alueella on vain ”kuivia kiviä”,

mutta pitäähän Taunosta tulla ”hembygdskforskare” (kotiseutututkija). Projektin tuloksena Kuhmon liuskejakson pääosin vulkaanis-syntyisten kivien malmipotentiali tarkentui ja Taivaljärven hopeamalmi löytyi syksyllä 1980. Tauno ja kaksi projektin tutkijaa saivat tämän johdosta valtion malmipalkkion v 1983.

Opettajana Tauno oli kannustava ja oppilaisiinsa luottava valmentaja, jonka antaman tuen ja neuvojen ansiosta opiskelijat menestyivät opinnoissaan ja myöhemmin tyourallaan. Taunon kiinnostus geologiaan jatkui eläköitymisen jälkeen mm. Nunnanlahden vuolukivien lämmönvarausominaisuuksien selvittämisellä. Hän oli mukana myös timantinsintätutkimusten asiantuntijaryhmässä. Hänellä on julkaisuja geologian ja mineralogian alalta, mm. Suomen emäksisistä kivilajeista ja niihin liittyvistä malmiesiintymistä.

Työskentely Kolin alueella johti laajempaan pohdintaan Suomen kallioperän kehityksestä. Tuloksena syntyi laattatektoniikkaan perustuva kehitysmalli, jota monet kollegat nimittivät ”s-nan Piiraisismiksi”. Aikaansa edellä olleen mallin ovat sittemmin hyväksyneet pahimmatkin änkyrät.

Tauno Piirainen oli aidosti erähenkinen ihminen. Hopeaesintymän löytymisen jälkeen tehdyillä esiintymän tutkimusten tarkastusmatkoilla yövyttiin aluksi metsäkämpillä mutta myöhemmin laavuilla. Tauno seurasi hopeaesintymän tutkimuksia koko niiden keston ajan ja oli mukana Hopeakaivoksen avajaisissa maaliskuussa 2019 ja piti avajaisissa mieleenpainuvan puheen. Hän kertoi läheisilleen hopeakaivoksen avajaisten olleen elämänsä huipentuma.

Kolin mökki ja Ahman-hiihto Kolin



maisemissa samanhenkisten kaivosalan ystävien kanssa oli tärkeä tapahtuma vuosien ajan. Hiihdon jälkeen Kolin mökkillä ystäville tarjottiin vuosittain oman maan lantuista valmistettua maailman suurinta lanttukukkoa. Hän oli mukana tapahtumassa vielä keväällä 2019 ja vietti samalla ystäviensä kanssa 90-vuotispäiväänsä.

Kolin lisäksi syntymäpitäjänsä Kuhmo oli hänelle rakas, hän kävi säännöllisesti tapaamassa sukulaisiaan Kuhmoniemellä ja ihailemassa maisemia, joita hän kertoi pitävänsä maailman kauneimpina. Vakituinen asunto Taunolla ja Hilikka-vaimollaan oli Muhoksella, jossa Hilikka toimi kielten opettajana. Heillä on kaksi poikaa ja neljä lastenlasta.

Professori Tauno Piirainen kuoli 90-vuotiaana 1.9.2019 kertaalleen leikatun ja selätetyn syövän uusiuduttua. Tauno Piirainen oli huumorintajuinen, itseään korostamaton ja sydämellinen ihminen, jolta riitti aina huomiota ja ystävällisyyttä opiskelijoille ja työtovereille. Häntä jää kaipaamaan perheen ja suvun lisäksi laaja ystäväjoukko. ▲

Kalle Taipale, Ilkka Tuokko (kirjoittajat työskentelivät Kuhmon malmiprojektissa ja olivat Tauno Piiraisen oppilaita)

Meitähän hassutetaan!

En yleensä usko ”vallitseviin käsityksiin” ennen kuin ymmärrän niiden takana olevat perusteet. Näin kävi jälleen, kun luin vahvoja mielipiteitä ilmastoasioista, yleensä IPCC:n 4. ilmastoraporttiin tukeutuvia. (IPCC on ”Intergovernmental Panel on Climate Change”, usein Suomessa nimetty Ilmastopaneeliksi). Niinpä päätin perehtyä raporttiin (tai paremminkin sen 74-sivuisen vahvistamattoman yhteenvetoon), siis siihen, mitä siellä sanotaan ja erityisesti siihen, mitä siellä jätetään sanomatta.

Yhteenveto on koostettu maailman huomattavien tutkimuslaitosten/yliopistojen syvällisten (ilmeisen kapea-alaisten) asiantuntijoiden selvityksistä ja sisältää:

– faktoja: mm. ilmakehän kaasukoostumuksen, lämpötilan ja merenpinnan korkeuden mittauksista ja niiden historiasta; säätilastoista jne.

– lukuisia pohdintoja ”luonnollisten” tekijöiden mahdollisista vaikutuksista: auringon säteilyvaihtelut, tulivuorenpurkaukset, eteläisen Tyynen valtameren sykliset El Niño ja La Niña ilmiöt sekä ihmisen vaikutuksista: fossiilisten polttoaineiden poltto, maankäytön vaikutus kasvillisuuteen yms. Pohdinnoissa on myös aika kaukaakin haettuja vaikutuksia (mm. maapallon akselin asennon vaihtelu).

– myös CO₂-päästöjen laskennallisia määriä, hiililtonneina lasketuina. Nämä ovat pelkästään fossiilisten polttoaineiden ja sementtiteollisuuden määristä koostettuja. Vastaavasti arvioidaan hiilinielujen vaikutus nettopäästöihin: raportti toteaa, että näitä ei täysin tunneta.

Merkittävimmät IPCC:n toteamukset:

1. Ilmaston lämpenemistä (mittaukset jaksolla 1960...2005 osoittavat 0,4...0,5 asteen nousun) ei osata selittää ”luonnollisilla” tekijöillä, vaan on huomioitava ”ihmisen toimenpiteiden” vaikutus; näiksi luetaan fossiilisten polttoaineiden poltto ja maankäytön vaikutus kasvillisuuden määrään.
2. Fossiilisten polttoaineiden poltosta tuli v. 2005 ilmakehään CO₂:ta hiileksi muunnettuna 7,2 Gt (gigatonnia =10⁹ t); muita CO₂-lähteitä ei raportissa huomioida.
3. Ilmaston lämpeneminen ”hyvin todennäköisesti” johtuu kasvihuonekaasuista, joista CO₂:n painoarvo on ¾. Lämpeneminen keskittyy pohjoisen pallonpuoliskon teollistuneille alueille. IPCC ei esitä lämpenemisen syyksi vaihtoehtoa CO₂:lle! IPCC ei myöskään esitä toimenpiteitä kuvaamansa uhkakuvan ratkaisemiseksi, ne ovat poliitikkojen omia keksintöjä.
4. Vaikutukseltaan merkitykselliseksi todetaan fossiilisten polttoaineiden poltosta vapautuva lämpö; maailman väestön (ja karjan) hengityksestä vapautuva CO₂ ja lämmönkehitys jätetään huomiotta.

Kun kohdan 4 tekijät minua epäilyttivät, niin laskinpa näiden vaikutuksen ilmakehän koko massaan *), vaikka niiden vaikutus painottuikin ilmakehän alimpiin osiin. Tässä tulokset:

– hengitysilmaasta ilmakehään tuli 2005 (6,5 Mrd henkeä) 5,6 Gt hiiltä (josta 1,4 ihmistä, ja ruokkimisemme tarvittavasta karjasta 4,2 Gt, koska syömme vuodessa painomme lihaa =kolmannes teuraseläimen painosta). Tämä hiilikuorma kasvaa suorassa suhteessa väestön kasvuun (kuten itse asiassa sähkön ja fossiilisten polttoaineidenkin käyttö). IPCC:lle 5,6 Gt on siis merkitykseltön 7,2 Gt rinnalla, ja esitetystä ”pääsyyllisestä” CO₂:sta huomioidaan vain 56 %.

– 7,2 Gt hiiltä vastaa 8,5 Gt öljyä: kun tämän polttaa, se lämmittää 0,25 asteen verran ilmakehää. Kun tähän lisätään ihmiskunnan (ja karjan) oman lämpöhukan lämmittävä vaikutus 0,2 astetta ja maailman sähköntuotannon (sekä muuttuu lämmöksi) lämpövaikutus yli 0,05 astetta, tuli ilmakehään v. 2005 aikana lämpöä 0,5 asteen lämmön nousuun riittävä lämpömäärä. Siten näiden lämmitysvaikutus vuodessa on sama kuin mittauksissa havait-

tu lämpötilan nousu 45 vuoden aikana. Tätäkään ei siis IPCC: n mukaan tarvitse huomioida lämpötilan perustason muutoksena!

Jos katsotaan lämpövaikutuksen rajoittuvan vesihöyryn kiertokulun alueelle, 2000 m korkeuteen (=20 % ilmakehän massasta), nämä lasketut lämpövaikutukset ovat viisinkertaiset.

Kun lämpenemisen selitykseksi tarjotaan CO₂-päästöjen lämpösäteilyä heijastavaa vaikutusta ja jätetään ilmaston fyysinen lämmittäminen huomiotta, asia alkaa jo haista.

Näistä kahdesta viimeksi kuvaamastani tekijästä ei paneelilta lausuntoa liene pyydetty. Jos lausunto olisi pyydetty, olisi raporttiin jouduttu tuloksia vääristämään, mikä on tutkijan etiikalle vierasta. Ainoaksi loogiseksi selitykseksi jää, että lausuntoa ei pyydetty, vaan aiheet kuitattiin oletuksilla niitä perustelematta. Hyvä tarkoitus (minunkin mielestäni) kai sitten pyhittää keinot, vaikka keinot pudottavatkin tutkimuksen päätulokset mielipiteiden luokkaan. Korjattujen ennustemallien osuvuus näyttääkin perustuvan pelkkään korrelaatioon syy-yhteyden sijasta. Raporteissa on yhtä tärkeää lukea se, mitä niissä jätetään sanomatta, kuin se, mitä niissä sanotaan.

Ilmasto on lämmennyt, ja siihen on kaikki syyt suhtautua vakavasti. Ihmisen vaikutus tähän vaikuttaa ilmeiseltä. Se ei kuitenkaan oikeuta hassuttamaan hallituksia julkisten varojen käyttöön varmentamattomin perustein ja jopa ilman sellaisia.

Oleellinen viestini yllä olevassa on:

- kun IPCC:n raportti tutkitsee CO₂:n ilmaston lämpenemisen pääsyyksi, mutta laskee CO₂-päästöiksi vain runsaat puolet todellisista,
- kun ilmastoa on jo vuosittain lämmitetty fossiililla polttoaineilla, ihmiskunnan ruumiinlämmöllä ja sähkön käytöllä n. 0,5 astetta – yhdessä vuodessa (v. 2005), kun taas mittaukset osoittavat tähän kuluneen 45 vuotta,
- kun edellä olevan mukaisesti CO₂:ta ei tarvita selitykseksi ilmaston lämpenemiselle,
- kun voimakkaasti vaaditaan CO₂-päästöjen vähentämiseksi toimenpiteitä, olisi paikallaan ensin korvata päätösten perustaksi tarjotut mielipiteet tosiasioilla. Vain tosiasioihin perustuvat päätökset voivat johtaa myönteisiin tai edes realistisiin tuloksiin. Näyttää aivan liian todennäköiseltä, että tässä uhkakuvilla täytetyssä päätöksentekoilmapiirissä päädytään teholtaan olemattomiin tai jopa väärin ratkaisuihin.

Mika Anttonen kuvasi viime Vuorimiespäivien esitelmässään tilanetta peräti realistisesti: kun maailman väestöstä 60 % ei vielä osallistu Euroopan tasoiseen (globaali päästöosuus 10 %) kulutusjuhlaan, mutta kyllä tavoittelee sitä, tulevat eurooppalaiset päästövähennykset auttamattomasti jäämään globaalia kasvusta jälkeen. Olisiko paikallaan ajatella muitakin ratkaisuja tai peräti todeta, että lämpenemisen pääsyyllinen on energian käytön surkea hyötysuhde ja kohdistaa lämpenemistä torjuvat toimenpiteet sen pohjalta.▲

Jussi Sipilä TkT

PS: Soiden suojelijat ampuvat omaan nilkkaansa. Tiedämme, että soilla ei kasva metsää, eivätkä ne niin ollen toimi hiilinieluinä. On jo 70-luvulla selvitetty, että kun maapohjasta kuoritaan turvekerros pois, paljastuva maa soveltuu metsän istutukseen ja siis hiilinielujen luomiseen. Kun Suomessa on soita yli kahden Tanskan pinta-alan verran, uskallan väittää, että meillä on varaa luopua jopa kolmanneksestä. Ylempänä olevasta poiketen, tämä on kuitenkin vain mielipide.

JS

*) Yllä esittämiini lukuihin johtavat laskelmat on esitetty artikkelin täydellisessä versiossa, joka on luettavissa verkossa osoitteessa <https://materia.vuorimiesyhdistys.fi/metallurgin-mietteita/>.



PERTTI VOUTILAINEN

Vilkas uutissyksy

Päättynyt syksy on maailman menon seuraajalle ollut todella mielenkiintoinen. Ei ole tullut aika pitkäksi. Päätinpä uutisvirrasta poimia muutamia asioita ihmeteltäviksi ja irvisteltäviksi.

Brexit on ollut uutisten ykkösaiehe. Eikä syyttä. Se on ollut tosiveevertä parhaimmillaan. Niin yllättäviä ovat sen käänteet olleet. Ja uusia tuotantokausia on vielä pitkään tarjolla. Vaikeaa vaan on päättää, pitääkö katsojan itkeä vai nauraa. Riippumatta lähitulevaisuuden ratkaisuisista näytelmä jatkuu vielä useita vuosia, kun Britannian suhteet muuhun maailmaan pitää uudelleen järjestää. Eikä se ole helppo tehtävä. Kunpa järki voittaisi, ja koko Brexit kaatuisi. Se olisi kaikkien voitto. Usein olen todennut, että tyhmyys on ehtymätön luonnonvara. Voiton se ehkä vie tässäkin asiassa.

Kotimaassa on kiivaasti keskusteltu veikkauksesta ja peliautomaateista. Hyvä, että asia on noussut esille. Osittain väärää puuta kyllä mielestäni haukutaan. Peliriippuvuus voi joillekin yksilöille olla vakava sairaus, mutta yhteiskunnallisesti paljon isompi kysymys on se, kuka maksaa pelaamisen. Rahat tulevat pääasiassa vähävaraisilta, joilla tällaisiin lahjoituksiin on vähiten varaa. Miljardeja euroja lähtee vuosittain köyhien kukkaroista tähän tarkoitukseen. Lopullinen tarkoitus on hyvä, mutta onko maksaja oikea. Lyhyt kurssi tilastomatematiikassa olisi oiva vaatimus pääsylipuksi peliautomaatille pääsyyn. Ainakin osa ihmisistä oppisi tajuamaan, kuinka pieni voitonmahdollisuus on. Varakkaat pankkoot rahansa mihin tahansa hullutukseen. Ratkaisuksi ei kelpaa se, että pelaaminen sallittaisiin vain niille, joilla on riittävän paksu lompakko. Samasta ongelmasta puhutaan, kun joku piloiltaan esitti vaatimuksen, että vaikeuksien välttämiseksi pankkien pitäisi myöntää lainaa vain niille, jotka eivät sitä tarvitse.

Hyvätuloisten verotietojen julkistaminen oli tälläkin kertaa syksyn suuri mediatapahtuma. Lueskelin uutisia minäkin ja huomasin, että otsikot olivat monessa tapauksessa harhaanjohtavia, koska veroista ei kaikissa luetteloissa ollut mitään mainintaa. Ehdotankin, että tulotietojen sijasta alettaisiin julkaista verotietoja. Näin meille kävisi selväksi, millä panoksella kukin menestynyt kansalainen on osallistunut yhteisen hyvinvointimme rakentamiseen ja ylläpitoon. Osaisin nostaa hattua entistä korkeammalle tavatessani paljon veroja maksaneen kansalaisen. Aikansa kyllä voisi käyttää hauskeimminkin kuin tulo- ja veroluetteloita tutkimalla. Suosittelemme luettavaksi Bilteman ja Motonetin tuotekatalogeja. Niistä käy selville, kuinka kummallisia laitteita insinööri pystyy keksimään kanssaihmissen hyödyksi ja huviksi. Hila-

vitkuttimiksi niistä kehittyneimpiä ennen vanhaan kutsuttiin.

Amerikkalaisten presidentti on lopultakin joutunut ahtaalle omalaatuisten puheittensa ja toimiensa johdosta. Suomalaiseen korvaan sikäläinen kielenkäyttö särähtää pahasti. Kadulla kulkevilta amerikkalaisilta TV-toimittaja kyseli mielipiteitä maan johtajasta. Voimakkain viesti, joka vastauksena kuultiin, oli että presidentti on täysi idiootti. Meillä tuollaisen mielipiteen esittäjä taitaisi saada syytteen kunnianloukkauksesta. Muistan muutaman vuosikymmenen takaa, että tämä ruma sana oli käytössä, kun presidentit Nixon ja Brezhnev tapaamisessaan kiistelivät siitä, kumpi heidän johtamistaan maista oli vapaampi. Nixon tietenkin puolusti USA:ta sanoen, että heidän kansalaisillaan on vapaus vaikkapa kutsua presidenttiään idiootiksi. Brezhnev ei tuosta kovin hämmentynyt, vaan totesi, että kyllä Neuvostoliitossakin on sallittua kutsua Amerikan presidenttiä idiootiksi. Tasapeliin taisi se kiistely päättyä.

Lehdestä luin, että Donald Trump voisi olla hyvä ehdokas Nobelin palkinnon voittajaksi, jos sellainen jaettaisiin ilmaston suojelusta. Kun hän irrotti USA:n Pariisiin sopimuksesta, Amerikassa firmat ja kaupungit ryhtyivät vapaaehtoisiin talkoisiin. Tämän seurauksena vähähiilisten ja uusiutuviin polttoaineiden käyttö lähti kovaan kasvuun. En ole varma, onko uutinen totta, mutta jos on, niin onnitelut vaan. Varmaa kuitenkin on, että Trumpin aloittama kauppasota alentaa maailmanlaajuisia päästöjä talouden kasvun alenemisen seurauksena. Tästä toimintatavasta en onnittele, vaikka lopputulos olikin ympäristön kannalta hyvä.

Ekologisen kestävyuden peruslinjaksi on ehdotettu, että ihmisen toiminta ei saisi hävittää yhtään eliölajia maailmasta. Tätä vastustan, sillä ainakin hirvikärpänen saisi hävitä. Tässä ollaan lähellä perimmäisiä arvokysymyksiä. Niistä on syksyn mittaan käyty laajaa keskustelua Amerikassa. Siellä monet talouselämän edustajat ovat kyselleet, onko kapitalismissa vika, kun suuria ongelmia ei pystytä ratkomaan. Meillä tähän keskusteluun ovat osallistuneet lähinnä kaikkietävät konsultit ja akateeminen yhteisö. Peruskysymys on, pitääkö firmojen kantaa vastuuta muustakin kuin voiton tavoittelusta. Tähän asiaan palaan myöhemmin. Sillä välin yrittäkää parhaan kykynne mukaan tehdä voittoa.▲

Savolaisukolta kysyttiin, kumpi mahtaa painaa enemmän: kilo liijyä vai kilo höyheniä.

”Puotappas varpailles, niin tiijät” kuului vastaus.

Hipsu Hiilen ihmeelliset seikkailut

Osa 8: Päästömartensiitti

Pienen pieni hiiliatomi Hipsu oli joutunut rauta- ja hiiliatomien muodostamassa yhteisössä tiukkaan paikkaan. Raudan nopea jäähtyminen korkeasta lämpötilasta oli jättänyt yhteisöön runsaasti ylimääräisiä hiiliatomeja, jotka eivät olleet ennättäneet sitoutua rautakarbideihin. Niille ei oikeastaan olisi ollut rakenteessa lainkaan tilaa ja siitä syystä koko yhteisö oli ratkeamaisillaan ja kireä kuin viulun kieli. Hipsu mietti miettimistään, kuinka rakenteen ahdinkoa voitaisiin helpottaa menettämättä kuitenkaan liiaksi sen käyttökelpoisia kovuus- ja lujuusominaisuuksia.

Siinä kipuillaessaan Hipsu tuli ajatelleeksi taas kerran lämpötilaa ja sen vaikutuksia raudassa. Aikaisemmista kokemuksistaan se muisti, että lämpötilan nousu helpotti atomien liikkumista kiinteissä rakenteissa. Voisiko osa hiiliatomeista tällöin vaeltaa rautakarbideihin ja siten lieventää muiden ahdinkoa? Toisaalta Hipsu ymmärsi, että liian korkea lämpötila muuttaisi taas tilanteen raudassa liian radikaalisti. Lopulta Hipsu päätteli, että lämpötilan kutsumisesta apuun ei olisi ainakaan haittaa, jos maltettaisiin pysytellä kohtuuden rajoissa. Se esitteli ajatuksensa tuskissaan ähkiville kumppaneilleen ja hetken maaniteltuaan sai ne suostumaan tuumaansa.

Lämpötila saapui paikalle. Hipsu pyysi sitä kohoamaan varovasti ja pysähtymään aina välillä odottamaan mahdollisia muutoksia rakenteessa. Eipä aikaakaan, kun yhden odotusjakson aikana muutama hiiliatomi pääsi puikahtamaan ahdistuskolostaan ja lähti liikkeelle kohti pienempien sisäisten jännitysten alueita. Ne kokoontuivat yhteen ja muodostivat ensimmäiset karbidialkiot rakenteeseen. Seuraavan lämpötilan kohoamisjakson jälkeisessä odotusjaksossa irtipäässeiden hiiliatomien määrä ja karbidialkioiden lukumäärä lisääntyivät. Myös koko yhteisörakenteen kireys tuntui hiukan helpottavan.

Vielä muutaman lämpötilan kohoamis- ja odotusjakson jälkeen Hipsu tiedusteli lähikumppaneiltaan, millaiseksi ne olonsa tunsivat. Ne il-



moittivat olonsa tuntuvan edelleen ahtaalta, mutta kuitenkin juuri ja juuri siedettävältä. Myös rakenteen kireys ja hajoamisen riski tuntuivat hellittäneen. Läheisen jyrkän aktivaatioenergiakukkulan rinnettä alaspäin vierinyt ja yhteisöön törmännyt harvinaisen isokokoinen atomi sai näet aikaan vain kovan kopsahduksen. Itselleen se sai kuitenkin sellaisen tällin, että makasi pitkään maassa ennen kuin pystyi jatkamaan matkaansa. Hipsun yhteisö

sattui näet sijaitsemaan tasapainomaan laidalla ja siksi viereisiltä aktivaatioenergiakukkuloilta laskeutui usein uusia atomeja etsimään onneaan tasapainomaasta.

Hipsu päätteli, että sen asettama tavoite oli saavutettu, kiitti lämpötilaa ja päästi sen seuraavien apua tarvitsevien yhteisöjen pariin. Se ilmoitti ylpeänä rakennekumppaneilleen, että ne olivat todennäköisesti muodostaneet metalliatomeihin pohjautuvien yhteisöjen kovimman ja kestävimmän rakenteen. Tämä tieto ilahdutti koko yhteisön ja antoi sille voimaa kestää rakenteessa vielä vaikuttavan ahdistuksen. Hipsukaan ei sitä vielä tuolloin tiennyt, mutta koska rakenne oli Hipsun keksinnön ansiosta ikään kuin osittain päässyt ahdingostaan, sitä alettiin myöhemmin kutsua päästömartensiitiksi.

Hipsu ei kuitenkaan ollut vielä ihan tyytyväinen. Se jäi miettimään, olisiko sittenkään tarpeen kutsua lämpötilaa paikalle kahteen kertaan nyt saavutetun rakenteen synnyttämiseksi. Voisiko mitenkään olla mahdollista antaa atomeille aikaa ryhmittäytyä nyt saavutetuksi rakenteeksi jo ensimmäisen lämpötilan laskun yhteydessä? Miten voisi kokeilla tätä?

Ongelma osoittautui visaisimmaksi kaikista niistä, joita Hipsu oli matkoillaan kohdannut. Se pohti pohtimistaan asiaa ja tunsu välillä olevansa ihan hukassa. Lopulta se ryhtyi kuitenkin kokoamaan mielessään yhteen aikaisempia kokemuksiaan ja sen mielessä alkoi välkkyä uudenlainen koe asian selvittämiseksi. Siitä, millainen tuo koe oli ja mitä siitä sitten seurasi, kerrotaankin seuraavassa tarinassa. ▲



PEKKA SUOMELA
 KAIVOSTEOLLISUUS RY
 TOIMINNANJOHTAJA

Kenen vastuulla?

Korostamme vastuullisuutta kaikessa; yrityselä-mässä, vastuullisissa kuluttajavalinnoissa, jopa hallitusohjelmassa. Toisille meistä vastuullisuus on arjen vaatimattomuutta, jossa hyveet ovat perinteisiä. Jotkut taas nauttivat vastuullisuudesta hieman enemmän, jos siitä voi somettaa tai muuten vaan tehdä asioita näyttävästi.

Yrityksen vastuullisuus on kaikkea sitä, mitä seminaareissa opetetaan. Ulkoisesti vastuullisuudesta kertovat standardit tai raportoinnit – asioista kerrotaan. Raportointi antaa yritykselle itselleen tärkeää palautetta, minkä lisäksi se on keino kommunikoida sidosryhmille vastuullisuustyön etenemisestä. Toiminnan kehittämisen näkökulmasta taas kyse voi olla vaikkapa ympäristövaikutusten arvioinnista tai CO₂-päästöjen mittaroinnista. Kehykseen kuuluu myös ulkoisarviointi jollain tapaa. Suomessa painotukset voivat olla hyvin erilaisia kuin toimittaessa muissa teollisuusmaissa tai kehittyvillä markkinoilla.

Yrityksen toiminnan vastuullisuus korostaa koko businessmallin vastuullisuutta. Mitä peilissä näkyy? Tekemiseen kuuluvien riskien tuntemista ja tekemisen läpinäkyvyyttä. Suomalainen voisi puhua rehtydestä ja aitoudesta. Toimitusjohtajan parhaat ystävät eli sekä omistajat että rahoittajat korostavat vastuullisuutta myös euroilla. Kun jutustellaan kapitalismin kriisistä, hyvän kurkistuksen teemaan tarjoaa keskustelu yhtiön toiminnan tarkoituksesta - voittoa vaiko jotain muutakin?

Elinkeinoelämän keskusliiton (EK) viestintäjohtaja ja vastuullisuudesta vastaava Jenni Järvelä totesi HS:ssa (21.8.2019), että vain kannattava yritys voi kasvaa, työllistää ja investoida. ”Eli tehdä asioita, jotka johtavat yhteiskunnan kannalta hyvään eli esimerkiksi verotuloihin, joilla pohjoismaisessa yhteiskunnassa voidaan tarjota hyvinvointipalveluja kansalaisille. Kannattavuus ja vastuullinen toiminta kulkevat käsi kädessä”.

Yrityksen vastuullisuudella on siis myös sosiaalinen ulottuvuutensa; vastuu työpaikoista ja hyvinvoinnista.

Entä sitten raaka-aineet, metallit ja kaivos-toiminta? Euroopan komissio otti käyttöön Due Diligence Ready! -verkkoportaalin, jonka avulla yritykset saavat tietoa siitä, miten ne voivat tarkistaa toimitusketjuihin päätyvien metallien ja mineraalien alkuperän due diligence -vaatimusten mukaisesti. Uuden työkalun tarkoitus on helpottaa mineraalien vastuullista hankintaa koskevan EU:n asetuksen (nk. konfliktimineraaleja koskeva asetus) noudattamista, vastata vastuullisesti hankittujen mineraalien kasvavaan kysyntään, sekä parantaa mineraalien hankintaa koskevia due diligence -prosesseja.

Vastuullisuuden merkitys korostuu voimakkaasti myös kaivosteollisuudessa. Ja se on tehnyt sitä jo ennen kuin asiasta tuli muotia. Kyse on toisaalta vastuullisen kaivostuotannon määrittelystä ja toisaalta valmistavan teollisuuden mahdollisuudesta osoittaa uskottavasti käytettyjen raaka-aineiden vastuullisuus. Suomessa malminetsinnän ja kaivostoiminnan vastuullisuus perustuu Kestävän kaivostoiminnan verkoston rakentamiseen. Vastuujärjestelmä perustuu kanadalaiseen standardiin ja sen käyttö on leviämässä laajalle.

Luonnonvarapolitiikkaa koskevassa keskustelussa Suomessa tunnistetaan monia lähtökoh-tia ja usein voimakkaastikin eriäviä näkökantoja. Toisaalta modernin yhteiskunnan tarve käyttää metalleja ja mineraaleja on usein keskiössä. Samanaikaisesti teemat, jotka liittyvät ympäristöön tai alueiden käyttöön, nousevat voimakkaasti esille. Varmaankin vastuullisesti. ▲



KIMMO JÄRVINEN
TOIMITUSJOHTAJA
METALLINJALOSTAJAT RY
P. 043 825 7642

Vuosi 2020 – kuinka suureksi Kiinan ylikapasiteetti metallinjalostuksessa voi kasvaa?

Metallinjalostajat ry:n jäsenyritysten toimintaympäristö heikentyi merkittävästi vuonna 2019. Teollisuustuotannon kasvun nopea maailmanlaajuinen hidastuminen käänsi metallien, erityisesti teräksen, kokonaiskysynnän laskuun lähes kaikilla länsimarkkinoilla. Niilläkin markkinoilla (Kiina ja Intia), joissa metallien kysyntä vielä kasvaa, kasvu on hidastunut. Erityisen voimakasta teräksen tuotannon lasku on alkuvuodesta ollut Turkissa (-32 %) sekä Saksassa. Tämä siitäkkin huolimatta, että uusiutuvan energian (tuulivoima ja aurinkovoima) ja sähköisen liikenteen kasvu lisää metallien kysyntää maailmanlaajuisesti.

Markkinan heikkeneminen ei kuitenkaan ole estänyt Kiinaa jatkamasta kaikkien merkittävempien metallinjalostustuotteiden tuotantokapasiteetin kasvattamista. Teräksen ylituotantofoorumin GFSEC (Global Forum on Steel Excess Capacity) ponnisteluista huolimatta teräksen ylituotanto kääntyi tänä vuonna takaisin kasvu-uralle kahden vuoden kapasiteetisopeutusten jälkeen. OECD:n tilastojen mukaan teräksen tuotantokapasiteetti kasvoi 4,9 % vuoden 2019 alkupuolella. Tämä tarkoittaa vuositasolla tuotannon kasvua 2 290 miljoonaa tonniin. Kuvaavaa tilanteelle on, että vaikka G20-maat pyrkivät jatkamaan teräksen ylituotanto-ongelman ratkaisun etsintää GFSEC-foorumien jatkamisen kautta, Kiina ei kuitenkaan tue foorumin jatkamista.

Kyse ei ole ainoastaan teräksestä. Kiinasta on 15 vuodessa tullut teräksen lisäksi alumiinin, kobolttin, sinkin ja lyijyn valmistuksen markkinajohtaja maailmassa, samalla kun Euroopan tuotantokapasiteetti on hiljalleen supistunut. Samaan tapaan kuin esimerkiksi indonesialaisen ruostumattoman teräksen valmistuksen CO₂-päästöt ovat seitsemän kertaa suuremmat kuin suomalaisen valmistuksen, myös värimetallien osalta Kiinan valmistusprosessit tuottavat huomattavasti enemmän ympäristöhaittoja kuin eurooppalaiset prosessit.

Maailmanlaajuisen ja merkittävän ylikapasiteettitilanteen jatkuminen ja pahentuminen, erityisesti

teräksen valmistuksen osalta, on johtanut kauppapoliittiseen protektionismin kierteeseen ja hintojen laskuun. Vuoden 2019 loppuun mennessä lähes kaikki merkittävät terästuottajamaat USA:n lisäksi (Meksiko, Turkki, Kanada, Malesia, Intia, Vietnam, Indonesia, Egypti sekä Persianlahden tuottajamaat Saudi-Arabia, Kuwait, Bahrain, Qatar, Oman, Arabiemiiri) ovat asettaneet suojatullit omalle teräksen tuotannolle. Valittavasti vuoden 2019 toteutuneiden lukujen valossa on selvää, että vuonna 2018 asetetut EU:n teräksen suoja-toimet eivät ole pystyneet vakiinnuttamaan EU:n teräksen maailmankauppaa tavoitellulla tavalla. EU:n terästuottajat ovat puolella vuodessa joutuneet vähentämään kapasiteettiaan yhteensä 6 miljoonaa tonnia, ja sopeuttaminen tulee jatkumaan edelleen. Suurin syy EU:n suojatullien epäonnistumiseen oli kiintiöiden asettamisen yhteydessä tehty väärä oletus markkinan kasvusta, eivätkä WTO-säännöt anna mahdollisuutta pienentää kiintiöitä asetuksen voimassaolon aikana.

Suomi pienenä avotaloutena on jälleen kerran yksi protektionistisen aallon merkittävimmistä kärsijöistä. Suomessa metallien jalostuksen volyyymi on laskenut vuoden kahdeksan ensimmäisen kuukauden aikana seitsemän prosenttia, kun EU:n terästuotanto on laskenut ”vain” 3,4 % (hiiliteräslaadut -3 %, seostetut teräslaadut -4,3 % ja ruostumattoman teräksen kapasiteetti -6,7 %). Onneksemme nikkelin ja monien muiden värimetallien kysyntätilanne ei ole heikentynyt läheskään yhtä merkittävästi kuin teräksen, mutta on selvää, että teräksessä tilanne on saavuttanut kriittiset mittasuhteet ja se tulee vaikuttamaan myös muiden metallien kysynnän heikentymiseen.

Suomalaisen metallinjalostusteollisuuden päämarkkina-alueella Euroopassa auto- ja konepajateollisuuden sekä kodinkoneiden valmistuksen sopeuttamisesta johtuen EU:n teräksen kysynnän arvioidaan laskevan 0,5 % vuonna 2019 ja laskun ennustetaan jatkuvan vuonna 2020. Myös teräksen kokonaistuonti laski 13 % vuoden



VUORIMIESYHDISTYKSEN TOIMIHENKILÖITÄ 2019

PUHEENJOHTAJA/ President

DI Jari Rosendal, Kemira Oyj Porkkalankatu 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

GEOLOGIJAOSTO/ 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 PROSESSIJAOSTO/

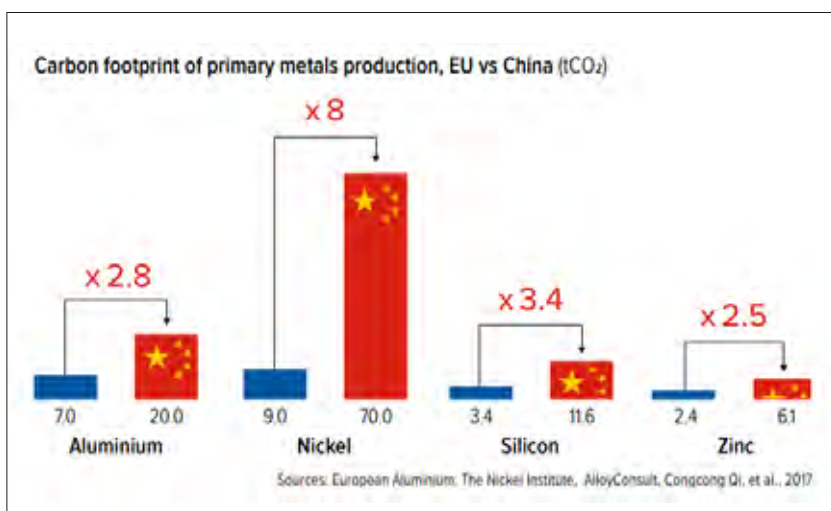
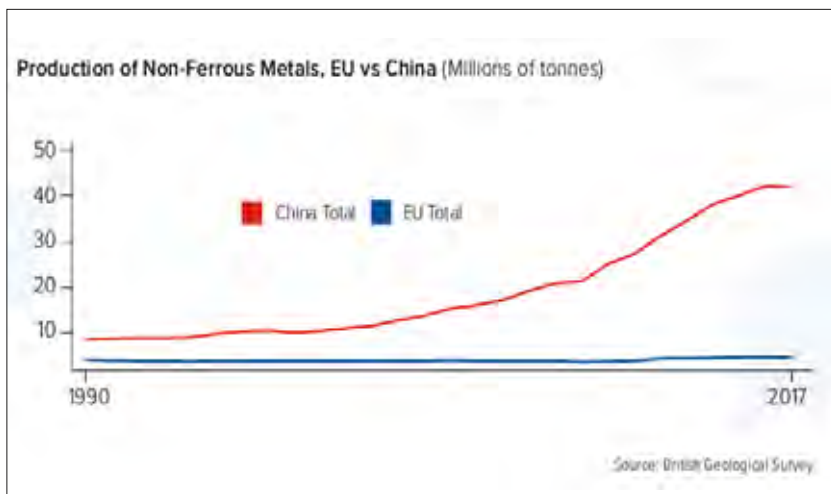
Mineral processing section

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



kahdeksan ensimmäisen kuukauden aikana. Kysynnän heikkenemisestä huolimatta EU:n suojatullien kiintiöitä kasvatetaan tänäkin vuonna asetuksen mukaisesti.

Tuonnin osuus tulee siis kasvamaan Euroopassa, elleme kehittä lisämekanismeja eurooppalaisen teollisuuden tasapuolisen kohtelun varmistamiseksi. Kiina, Intia ja Indonesia nimittäin jatkavat edelleen raaka-ainevientikieltojen, valtiontukien ja olemattomien ilmastovastuiden tukemina uuden tuotantokapasiteetin rakentamista. Vuoden 2019 ensimmäisellä vuosipuoliskolla Kiinan teräksen tuotanto kasvoi 9,2 %, Intian 4,8 % ja Indonesian ruostumattoman teräksen tuotanto lähes 50 %.

Toivon sydämestäni, että juuri nimitysprosessissa olevalla EU:n uudella komissiolla ja komissaareilla on rohkeutta kehittää EU:lle uudenlainen kauppapoliittinen dogmatiikka, jossa perinteisten kauppapoliittisten totuuksien rinnalle nostetaan ilmastopoliittiset ja sosiaaliset tavoitteemme. Tätä kehitettäessä on hyvä muistaa, että vaikka rapistuvan WTO:n roolia tulee pyrkiä tukemaan ja vahvistamaan, Kiina on toiminnallaan osoittanut olevansa immuuni WTO:n vaatimuksille. On nimittäin niin, että vaikka pystyisimmekin vähentämään EU:n (ja Suomen) päästöjä siirtämällä metallinjalostustuotannon EU:n rajojen ulkopuolelle, emme saavuta sitä tärkeää ilmastotavoitetta eli ilmaston lämpenemisen pysäyttämistä, päinvastoin.▲

Demola laajentunut Shanghaihin

Suomalaiset teollisuusyritykset työskentelevät yhdessä kiinalaisten yliopisto-opiskelijoiden kanssa

TEKSTI: **RIIKKA KÄMPPI**

DEMOLA

Kuluneena vuonna suomalaisella teollisuudella on ollut ensimmäistä kertaa mahdollisuus työskennellä suoraan kiinalaisen huippuyliopiston opiskelijoiden kanssa, kun Euroopan laajin innovaatioalusta Demola aloitti toimintansa Shanghaissa. Kiinaan laajentumisen myötä Demola toimii jo 17 maassa.

Demola Global Oy:n osaomistaja on DIMECC Oy. Sen toimitusjohtajan Harri Kulmalan mukaan Demola on suomalaiselle teollisuudelle erinomainen mahdollisuus saada jalansijaa Kiinan tulevaisuuteen.

”Kiina on maailman suurin markkina-alue. Demolan myötä yritykset saavat käyttöönsä huippuyliopiston opiskelijoiden näkemykset ja ideat ilman kiinteitä investointeja”, sanoo Kulmala.

DIMECCin omistajista Metso, Kone ja Raute ovat tänä syksynä käynnistäneet omat Demola-innovaatiohaasteensa paikallisessa Fudanin yliopistossa. Metso haluaa Demolan avulla ymmärtää kiinalaisen uuden sukupolven osto- ja myyntikäyttäytymistä. ”Kiina on valtava markkina, jossa meidän tulee pystyä muuntautumaan ja löytämään ratkaisuja, jotka toimivat paikallisesti. Demolan avulla pystymme kokeilemaan erilaisia tulevaisuuden liiketoimintakonsepteihin liittyviä ideoita ja jalostamaan parhaimmat niistä konkreettiselle tasolle”, sanoo Jaakko Huhtapelto, Metson strategia- ja liiketoimintakehitysjohtaja.

Demolassa Metson työntekijät työskentelevät yhdessä täysin eri kulttuuritaustasta tulevien opiskelijoiden kanssa.

”Usein omat asiantuntijamme ovat kiinni päivittäisen työn rutiineissa, ja ajan ottaminen uusien ideoiden kehittälylle ei aina ole mikään itsestäänselvyys. Demolassa on mahdollisuus ottaa etäisyyttä omasta työstä ja haastaa perinteisiä ajatusmalleja. Fasilitoinnin lisäksi Demola toimii arvokkaana linkkinä myös Fudanin yliopistoon”, Huhtapelto kuvaa.

Konkreettisten ideoiden lisäksi Metsole on tärkeää, että Demolan mukanaan tuoma ajatusmaailma tulee osaksi yhtiön jokapäiväistä toimintaa.



Fudanin yliopiston opiskelijat ovat työskennelleet syksyn ajan yhdessä Metson, Koneen ja Rauten asiantuntijoiden kanssa.

”Haluamme synnyttää kulttuurin, jossa uutta voidaan kokeilla matalalla kynnyksellä ja katsoa, mitä ideoista poikii”, Huhtapelto päättää.

Demola Global Oy:n toimitusjohtaja Ville Kairamon mukaan kiinalaiset nuoret ovat avainhmissä tulevaisuuteen valmistautumisessa. Kiina on yhä useammalle teollisuusyritykselle tärkeä, mutta samalla haastava markkina-alue.

”Siksi kaikkien suomalaisten yritysten, olivat ne millä toimialalla tahansa, kannattaa kuunnella Kiinan tulevia johtavia asiantuntijoita. Kiinassa käyttäjätottumukset muuttuvat äärettömän nopeasti, ja esimerkiksi mobiilimaksaminen on syrjäyttänyt muut maksutavat maassa lähes täysin”, sanoo Kairamo.

Seuraavat Demola-innovaatiohaasteet Shanghaissa käynnistyvät alkuvuodesta 2020. Yritykset voivat hakea mukaan Demolan nettisivuilla. Materiaalitekologiset näkökulmat ovat jatkossa erityinen syventymiskohde, koska niiden merkitys

kiertotalouden ja energiatehokkuuden toteuttamisessa on suuri, ja nuorison asenteet ovat ilmastonmuutoskeskustelun johdosta muuttumassa varsin nopeasti.▲

Demola

- Innovaatioalusta, joka tuo yhteen 750 000 korkeakouluopiskelijaa ja satoja yrityksiä ympäri maailmaa.
 - Demolassa kahdeksan viikon projektityöskentelyn aikana korkeakouluopiskelijoista ja yrityksen edustajista koottu tiimi etsii yhdessä ratkaisuja innovaatiohaasteeseen.
 - Perustettu 2008
 - Tarjonnut työelämäyhteyksiä yli 15 000 opiskelijalle ympäri maailmaa yli 4 000 innovaatiohaasteessa
 - Osaomistajana DIMECC
- Lisätietoa: www.demola.net



Real Mining. Real People. Real Difference.

METALLEJA ENERGIAMURROKSEN TARPEISIIN



AA Sakatti Mining Oy
vastuullista kaivostoimintaa

CTS
ENGTEC

CTS Engtec Oy is one of the leading engineering, project management and consulting companies in the process industry.

**New methods.
Best solutions.**

www.ctse.fi

Teräspalvelukeskus

Miilux® Oy

Hannu Rantasuo
Mikko Harjula
Harri "Hemmi" Hutka
Juha Huttunen

044 7713 695
050 4347 030
050 4302 873
044 7713 694

www.miilux.fi

Continental
The Future in Motion

**Kuljetinhinnat ja tarvikkeet.
Asennus- ja huoltopalvelut.**

www.contitech.fi

ContiTech



NORICKEL

HARJAVALTA

**Nikkelijalostuksen
maailmanluokan
asiantuntija**

www.nornickel.fi

Ilmoittajamme tässä lehdessä:

AA Sakatti Mining	83	Nordkalk Oy Ab	25
ABB	6	NoriIsk Nickel	
Agnico Eagle		Harjavalta Oy	83
Finland Oy	2.kansi	Normet Group Oy	37
AGA GAS AB	45	Orica	56
Arctic Drilling		Palsatech Oy	66
Company Oy	65	Posiva	40
Astrock Oy	61	Pyhäsalmi Mine Oy	40
Boliden	62	RF Valves	17
Brenntag Nordic Oy	84	Sandvik	3
ContiTech Finland Oy	83	Sibelco	36
CTS Engtec Oy	83	Sotkamo Silver Oy	8
Epiroc Finland Oy	3.kansi	Stress Measurement	40
Expomark	18	Suomen TPP Oy	40
Flowrox Oy	52	Swerim Ab	36
Forcit Oy	52	Tallqvist	71
GRM Services Oy	62	Tapojärvi	51
Jyväskylän Messut	28	Walter Ahlström	
Oy KATI Ab	66	Säätiö	8
Keliber OY	65	Weir	4
Kokkolan Satama Oy	66	Wihuri Oy	
Labtium Oy	83	Tekninen kauppa	63
Metso Minerals Oy	takakansi	Vulcan Hautalampi Oy	83
Miilux Oy	83	Yara Suomi	8
New Paakkola Oy	66		



LABORATORY SERVICE
PROVIDER FOR ALL
PHASES OF MINING
OPERATIONS



eurofins

Mineral Testing

FINNCOBALT

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



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/>

Vuorimiespäivät 27.-28.3.2020



Vuorimiespäivien ajankohdasta ja pitopaidasta on jo kysely. Kertaanpa ne tässäkin.

Vuosikokous pidetään "vanhaan malliin" Marina Congress Centerissä Katajanokalla. Uutta on se, että tällä kertaa sekä illallistanssiaiset että lauantain iloinen lounas pidetään Dipolissa. Perinteinen lauantain lounaan juhlapaikkamme, Crowne Plaza on remontissa.

Katsotaan sitten vuoden päästä taas tilanne uudelleen. Vuorimiespäivien isäntäyrityksen vaativan ja vastuunalaisen tehtävän hoitaa tällä kertaa ABB. Vuorimiespäivän teema on kiteytetty kolmeen sanaan: "kiertotalous-kierrätettävyys-vastuullisuus".

Yhteistyömessut

Parittomina vuosina olemme mediayhteistyössä FEMissä. Tämän vuoden FEM onnistui hienosti ja teki taas uuden osallistajaennätyksensä. FEMistä on kerrottu tärkeimmät kuulumiset tässä lehdessä. Parillisina vuosina olemme yhteistyökumppaneina kahdessa messutapahtumassa. Toukokuussa pidetään Oulussa Pohjoinen Teollisuus 2020, missä vuoriteollisuudella on keskeinen osuus. Tapahtuman järjestää Expomark Oy. Marraskuussa on sitten Jyväskylän Messujen järjestämä FinnMateria 2020 Jyväskylässä. Molempien messujen näyttelypaikkojen myynti on sujunut hyvin, joten vireät messut ovat tulossa! Molemmissa tapahtumissa on myös paljon mielenkiintoista oheishjelmaa, joten laittakaa messut nyt jo kalentereihinne!

Materia-lehden erikoisnumero on saanut hyvän vastaanoton. Sitä on jaettu kouluihin ja muihin kohteisiin, missä toivomme sen tavoittavan kohderyhmämme, opintojaan ja uravalintojaan suunnittelevat nuoret. Jotkut yhdistyksen jäsenet eivät ole tunnistanee erikoisnumeroa "omakseen", koska se poikkeaa ulkonäöltään tavallisesta Materia-lehdestä. Lehtiä on varastossamme paljon. Yhdistyksen tilaisuuksissa niitä on saatavilla ja niitä voi myös pyytää lisää Leena Vanhatalolta tai pääsihteeriltä.

Hyvää loppuvuotta ja pian alkavaa uutta vuotta!

ARI JUVA

Yhdistyksen 77. vuosikokous pidetään perjantaina 27.3.2020 Marina Congress Centerissä, Helsingissä

Päivän teema on:

Kiertotalous - kierrätettävyys - vastuullisuus

Illallistanssiaiset juhlietaan perjantaina Dipolissa.

Myös lauantain iloinen lounas nautitaan Dipolissa.

Kutsu ja ohjeet ilmoittautumiseen ja pöytävarauksiin julkaistaan kotisivuillamme ja postitetaan jäsenille helmikuun alkupäivinä.

Olethan muistanut maksaa vuosimaksusi.

Lisää tuottoa investoinnillesi

United. Inspired.

Keskimme poraterän uudelleen

Powerbit Underground saattaa näyttää tavalliselta poraterältä. Sitä se ei kuitenkaan ole. Kaikki siinä on uutta: Teräs, josta se on valmistettu. Nastojen muoto. Huuhtelureikien asemointi.

Kukin osatekijöistä on yhtä tärkeä. Ja kun kaikki osatekijät ovat kohdallaan, sinulla on käsissäsi täydellinen resepti tuottavaan poraamiseen.



Metson uusi Kevytlava-ratkaisu lisää materiaalikuljetusten kustannustehokkuutta

Metson uusi Kevytlava-ratkaisu yhdistää kumin ja lujan teräksen edut. Kevytlavalla voit kuljettaa kaivoksissa ja louhoksilla enemmän materiaalia samalla kokonaispainolla ja lisätä näin työskentelyn kustannustehokkuutta ja samalla ergonomiia.

Materiaalikuljetukset ovat yksi kaivos- ja lohostoiminnassa eniten kustannuksia synnyttäviä toimintoja. Metson Kevytlava on kiviautoihin suunniteltu, kevytrakenteinen ja kumivuorattu ratkaisu. Joustava kumi vaimentaa jopa 97% lavaan kohdistuvista iskuista.

Metson Kevytlava painaa 20-30% vähemmän kuin perinteinen teräslava. Käyttökohteesta riippuen hyötykuormaa voidaan lisätä näin useilla tonneilla kuormaa kohti.

Kumivuorauksella saavutetaan myös merkittäviä terveys- ja turvallisuusetuja, kun kuljettajan työolot parantuvat melun ja värinän vähentyessä.

Kysy lisää Kevytlavasta asiantuntijoiltamme:

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



*Toivotamme
asiakkaillemme
Hyvää Joulua ja
menestyksestä
Uutta Vuotta!*