

MATERIA

6-2021 | Joulukuu

GEOLOGIA
KAIVOS
LOUHINTA
RIKASTUS
PROSESSIT
METALLURGIA
MATERIAALIT

YLI 70 VUOTTA VUORITEOLLISUUDEN ASIALLA





AGNICO EAGLE
KITTILÄN KAIVOS

VASTUU HYVÄSTÄ TULEVAISUUDESTA

Menestymme yhdessä lappilaisten kanssa.
Siksi panostamme vahvasti koko yhteisöön –
työntekijöihin, sidosryhmiin ja alueeseen.
Meistä on tullut toisillemme tärkeitä.

**SITOUDEMME LUOMAAN YHDESSÄ VALOISAA HUOMISTA
MYÖS TULEVINA VUOSIKYMMENINÄ.**

 @AgnicoEagleFinland  @AgnicoFinland

www.agnicoeagle.fi



Keraamisia laattoja esittelevät Moona Kiistala ja Kamaldeep Randhawa hallitsivat tuomareiden hiillostuksen varmoilla vastauksillaan kiperiinkin kysymyksiin.

26

MATERIA 6-2021 | JOULUKUU



Uutta teknologiaa hyödyntävän poralaitteiston hankinta on konkreettinen osoitus automaation ja etäohjauksen yhdistämisestä kaivosteknologiaan.

24

- 2 Ilmoittajamme tässä lehdessä
- 5 Lukijalle **Kari Pienimäki**
- 7 Pääkirjoitus **Kim Fagerlund**
- 8 **Mikko Hokka, Timo Saksala, Veli-Tapani Kuokkala:** Korkeatasoista kivimekaniikan tutkimusta Tampereen yliopistossa
- 14 **Mari Lindgren:** Kuka tuottaa vihreintä metallia?
- 17 Euroopan ytimessä: **Olli Salmi:** Ilmastoneutraalius vaatii investointeja kiertotalouteen ja jäljitettävyyteen
- 18 **Kristina Karvonen:** MinExTarget – malmiesiintymien sormenjäljillä
- 24 **Tiina Nousiainen, Tanja Helminen:** Uudenlaisen tekemisen aikakausi käynnistyy Yara Siilinjärven kaivoksella
- 26 **Anne Jaakola, Tiina Nousiainen:** Lipeästä laataksi – ja muita kiertotalouden ratkaisuja
- 30 **Tiina Heiniö:** Sandvik tutkii 5G-verkon hyötyjä ja mahdollisuuksia maanalaisessa kaivostoiminnassa
- 32 **Riina Salmimies:** Xplorer-verkosto haluaa olla suomalaisen kaivannaisalan huippuosaamisen lippulaiva
- 34 **Tuomo Tiainen:** Metalleja muutetaan lämmöllä
- 40 **Tuomo Tiainen:** Levymateriaalit tuotevalmistuksessa
- 46 **Tapio Ruotoistenmäki:** Areal and Rock Type Variations of Lithium in Finland; Applications for Li-Prospectivity
- 52 **Lasse Moilanen:** BioSO4 Oy – Kaivosteollisuuden kansainvälinen rikinhallinnan ammattilainen
- 53 In Memoriam: Matti Palperi
- 54 **Paula Vehmaanperä:** Rikastus- ja prosessijaoston perinteinen syyskursus 13.10.2021 Boliden Harjavaltaan



”Nautinnollisia lukuhetkiä joulunaikaan toivottaa Materia-lehden toimitus.”

- 55 Uutisia alalta: Flowrox Oy:n uusi nimi on Roxia Oy
- 59 **Pekka Purra:** Tosikot museossa... joskaan eivät museoitumassa
- 61 **Tuomo Tiainen:** Prosessi se on puuronkin keittäminen
- 62 **Audio Dubbado, Lehden Suihkuseurapiirienpäätöhjänn-toimittaja:** RETUPERÄN WBK Töölönlahden palokunnantalon suurkonsertti 5.11.2021
- 64 DIMECC on-line:**Teknolohiateollisuus, DIMECC:** FAMN-verkosto vie valmistavan teollisuuden uuteen aikaan fossiilisten polttoaineiden korvaamiseksi uusiutuvalla energialla
- 66 Metallinjalostajat: **Kimmo Järvinen:** Millä selviämme uudesta raaka-aineiden pula-ajasta ? - komission korjauspakki siirtää vastuun jäsenmaille
- 68 Kaivosteollisuus: **Sanni Röttsä, Elsi Malkki, Niko Oksanen, Hanna Luukkonen, Pekka Suomela :** Kaivosteollisuuden näkymiä vuodelle 2022
- 71 Kolumni: **Pertti Voutilainen:** Kulttuuri kunniaan
- 72 Pakina **Tuomo Tiainen:** Hipsu Hiilen ihmeelliset seikkailut
- 75 Alansa osajat
- 76 Pääsihteeriltä: **Ari Juva:** Kevättä ja Vuorimiespäiviä odotellessa
- 80 VMY:n toimihenkilöitä

Ilmoittajamme tässä lehdessä

AA Sakatti Mining	75	Linde Gas AG	70
ABB	39	Miilux Oy	75
Agnico Eagle Finland Oy	2.kansi	NewPaakkola Oy	6
Arctic Drilling Company Oy	75	Nolia	28
Astrock Oy	73	Nordic Drilling Box	75
Atlas Copco	67	Nordkalk Oy Ab	3
Aurubis Finland Oy	65	Normet Group Oy	4
Avesco	33	Orica Oy	6
Brenntag Nordic Oy	54	Palsatech Oy	45
ContiTech Finland Oy	75	Pipelife Finland Oy	13
Element Group	56-58	POHTO	38
Epiroc Finland Oy Ab	3.kansi	Pyhäsalmi Mine Oy	76
Eurofins Mineral Testing Oy	75	Oy Rock Physics Finland Ltd	54
FinMeas Oy	65	Roxia	22, 23, 55
Forcit Oy	60	Sandvik	29
Geovisor Oy	6	Sibelco Nordic Oy Ab	4
GRM-services Oy	74	Suomen TPP /Masino	3
Jyväskylän Messut	21	Weir Minerals Oy	takakansi
Oy KATI Ab	6	Yara Suomi Oy	74
Kokkolan Satama Oy	45		

Liity matkaamme kohti kiertotaloutta

Raaka-aineiden tehokkaaseen käyttöön perustuva kiertotalous on yksi Nordkalkin uuden strategian tärkeimmistä painopistealueista.



Käy katsomassa video:
nordkalk.fi/kiertotalous



Luitko jo vastuullisuusraporttimme?
nordkalk.fi/vastuullisuus

Nordkalk



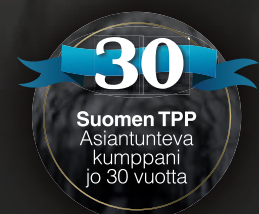
Korkealaatuiset tuotteet kaivos-, rakennus- ja betonteollisuudelle

Suomen TPP on erikoistunut kallion lujitukseen ja tiivistykseen, maanalaisten tilojen ilmanvaihtoon sekä betonin lujituskuituihin. 30 vuoden kokemus alalta tarjoaa asiakkaidemme käyttöön vankan ammattitaitomme, laadukkaat tuotteet ja kilpailukykyisen hintatason.

- Laaja valikoima erilaisia kalliopultteja kallion lujitukseen mm. vaijeripultti, harjateräspultti
- CEMENTA- ja NORCEM-injektointisementit kallion ja maaperän injektointiin
- Teräskuidut ja FortaFerro-makrokuidut betonin lujitukseen
- Kaivosverkot maanalaisten tilojen lujitukseen
- Zitrón raitisilma-, poistoilma- ja peräpuhaltimet savunpoistoon ja tuuletukseen
- Protan Ventiflex -tuuletusputket maanalaisiin tunneliin
- Alvenius-pikaliitinputket paineilman, veden, liejun ja sementtimassan kuljettamiseen



Suomen TPP Oy | Kärkikuja 3, 01740 Vantaa
0400 407 235 | info@suomentpp.fi | www.suomentpp.fi



INNOVATING FOR PERFORMANCE

TEHOKASTA BETONIRUIKUTUSTA

ILMAN PAIKALLISIA PÄÄSTÖJÄ

SmartDrive tuoteperheellä korkea tuotavuus alentuneilla kustannuksilla



Ei paikallisia päästöjä
Puhtaampi ilma



Suurempi nopeus & korkeampi
suorituskyky



Parantunut turvallisuus
Vähemmän melua



Parantunut energiatehokkuus
Alemmat käyttökustannukset



SIBELCO

material solutions advancing life

www.sibelco.com

Mikkelänkallio 3, FI-02770 Espoo
+358102179800

Arvoisa lukija!

Ympäristöön liittyvät aiheet ovat jälleen vahvasti esillä tässäkin Materia-lehdessä. Tällä kertaa tarjolla on useita artikkeleita, jotka kuvaavat alamme omakohtaisia ponnisteluja ympäristökysymysten osaratkaisujen varsin kompleksisessa viidakossa. Useimmat näistä osaratkaisuisista tarvitsevat poikkeittieteellistä sekä luovaa ajattelua onnistuakseen. Emme onneksi ole yksin näiden ongelmien kanssa, mutta kuten jäljempänä tulette huomaamaan, osuutemme kyseisissä ratkaisuissa on kyllä kokoamme merkittävämpi.

Lehdessä vertaillaan otsikolla ”Kuka tuottaa vihreintä metallia?” erilaisten sulattoteknologioiden hiilijalanjälkiä. Artikkelit valottaa tieteellisen, riippumattoman tutkimuksen sekä laskentamallien oikeellisuuden merkitystä tuotettaessa aitoa vertailuinformaatiota, jonka avulla todellinen tieto voidaan erottaa mainospuhe-viherpesusta.

Opiskelijoille suunnattu ”Tapojärvi Innovation Challenge” -ideakilpailu teollisuuden sivutuotteiden uusien käyttökohteiden löytämiseksi on oiva esimerkki siitä, miten nuorisosaadaan innostetuksi alallemme ja ymmärtämään alan merkitystä paremman tulevaisuuden rakentajana. Onnittelut minunkin puolestani kilpailussa menestyneille hienoille ideoille sekä oivalliselle nuorisolle.

Artikkeli 5G-verkon tuomista eduista kaivostoiminnan tehokkuuden parantamisessa sekä muun muassa CO₂-päästöjen vähentämisessä etäohjattavien kaivoskulkuneuvojen automatisoinnin kautta näyttää tietä tulevaisuuden kestävään kaivostoimintaan.

MinExTarget -projekti tähtää malminetsinnän perinteisen keinovälikoiman täydentämiseen uusien informaatiolähteiden avulla.



Projektissa myös kehitetään mm. raskasmineraalien erottamista myrkyttömällä nesteillä. Tästäkin on hieno artikkeli lehdessä.

Tuomon toimittama lämpökäsittelyn ja takomoiden toimialaryhmän webinaarireferaatit käsittelee metallien erilaisten lämpökäsittelyjen merkitystä muun muassa suuritehoisten tuulimyllyjen vaihteistojen suunnittelun, valmistamisen ja toiminnan mahdollistajina. Referaatissa tarkastellaan myös sitä, millaisia ominaisuuksia 3D-tulostettuihin materiaaleihin on mahdollista saada aikaan lämpökäsittelyjen avulla.

Levytekniikan teemapäivän webinaarissa on paneuduttu erilaisten teräs- sekä alumiinilajien ja seosaineiden vaikutukseen ohutlevyjen leikattavuuteen ja muovattavuuteen.

Tapio Ruotoistenmäen artikkeli ”Li-prospectivity” tarkastelee maailman sähköistymisen vaatimien litiumvarantojen esiintymispotentialia Suomessa.

Ehkä näillä eväillä emme voi vielä täydellisen syvällä rintaaänellä lausua maailman pelastuvan, mutta ainakin kehitys ponnahtaa oikeaan suuntaan. Sen myötä voimme olla rahtusen tyytyväisempiä omaan osaamme maailmanparantajina.

Sulkapallon pelaamisella ei välttämättä ole mitään tekemistä ympäristönsuojelun kanssa. Sen voin kuitenkin vakuuttaa, ettei pelatessa ole ainakaan kovin runsaasti aikaa mihinkään pahantekoon ▲. Mukavia lukuhetkiä!

PÄÄTOIMITTAJANNE, KARI

MATERIA

JULKAISIJA / PUBLISHER Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y. 79. vuosikerta ISSN 1459-9694 www.vuorimiesyhdistys.fi | LEVIKKI n. 4000 kpl
MATERIA-LEHTI kattaa teknologian alueet geofysiikasta ja geologiasta lähtien ml. kaivos- ja prosessitekniikka ja metallurgia sekä materiaalien valmistus ja materiaalitieteiden erilaiset sovellutukset. Osa lehden artikkeleista 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. Part of the magazine focuses on what's happening in the field and the companies involved while the R&D section concentrates on the results of research and development. | **VAST. PÄÄTOIMITTAJA / EDITOR IN CHIEF** DI Kari Pienimäki 040 527 2510 Metso Outotec kari.pienimaki@mogroup.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 | **ERIKOIS-TOIMITTAJAT / SPECIALISTS** TkT, prof.(emer.) Tuomo Tiainen 050 439 6630 tuomo.j.tiainen@gmail.com, TkT Topias Siren, 050 354 9582 topias.siren@sweco.fi | **TOIMITUSNEUVOSTO / EDITORIAL BOARD** DI Liisa Haavanlammi pj / Chairman Metso Outotec 040 864 4541 liisa.haavanlammi@mogroup.com, DI Sini Anttila Northvolt AB +358407091776 Sini.anttila@northvolt.com DI Jani Isokääntä SFTec Ltd. 040 854 8088 jani.isokaanta@svy.fi, Professori (associate) Ari Jokilaakso 050 313 8885 ari.jokilaakso@gmail.fi, TkT Miia Kiviö Aurubis Finland Oy 040 641 6529 m.kivio@aurubis.com, DI Arto Suokas Boliden Kevitsa Oy 0400 91 88 50 arto.suokas@gmail.com, Matti Vaajamo 044 544 9385 matti.vaajamo@gmail.com, DI Pia Voutilainen 040 590 0494 pia.voutilainen@cupori.com, Scandinavian Copper Development Ass. | **OSOITTEENMUUTOKSET & TILAUKSET / CHANGES OF ADDRESS & SUBSCRIPTIONS** Leena K. Vanhatalo 050 383 4163 leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi, **VMY:n jäsenistö myös verkkosivujen jäsenrekisterin kautta.** | **PAINO/ PRINTING HOUSE** Lehtisepät Oy, Lahti | **TAITTO** Risto Mikander, Mediaspät Studio | **KANSI** Metso Outotec Porin tutkimuskeskuksen AC koeuunin koeajosta **KUVA** Metso:Outotec

Artikkelien aineistopäivä ja Ilmoitustilavaraukset
 Article and Booking ads deadline

1/2022	1.2.
2/2022	5.4.
3/2022	31.5.
4/2022	5.9.
5/2022	15.11.

Ilmoitusten aineistopäivä
 /Ads delivered

1/2022	15.2.
2/2022	19.4.
3/2022	14.6.
4/2022 1	9.9.
5/2022	29.11.

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



Geofysiikan, geohydrologian ja
kalliomekaniikan mittaukset ja palvelut

Malminetsintä

Kaivostoiminta

Kalliorakentaminen

Ympäristögeofysiikka

Geovisor Oy
+358 40 539 9727
geovisor.fi



CONVEYOR
MAINTENANCE
SPECIALIST

KULJETINHUOLLON AMMATTILAINEN

NewPaakkola tarjoaa kattavan valikoiman kuljetinjärjestelmien huoltopalveluita: **analytiikan, kunnossapidon, korjaukset ja varaosat**. Huoltoasiantuntijamme takaavat laitteesi toimivuuden ja hoitavat kuljettimien mittavatkin korjaukset.

TARJOAMME

- > Kuljetinrullat
- > Rullatelineet
- > Kuljetinrummut

Lisätiedot

Huolto 040 809 8853
Komponentit 0400 516 844

www.newpaakkola.com

AMMATTITAITOISET KENTTÄPALVELUT NOPEASTI JA LUOTETTAVASTI



Orica Finland Oy

Jussilankatu 6
15680 Lahti

Puhelin: 010 3212 550

Sähköposti: finland@orica.com



orica.com



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

Hyvät lukijat,

Heinäkuun 1.2020 oli merkittävä päivä kaivos- ja metallurgiselle teollisuudelle, kun kaksi vahvan suomalaisen perustan omaavaa kansainvälistä vientiyhtiötä – Metso ja Outotec – yhdistyivät. Nyt on hyvä hetki ennen joulurauhan saapumista hieman katsastaa sitä, minkälainen kombinaatio on saatu aikaan ja tietenkin arvioida yhteenliittymän merkitystä ympäröivälle maailmalle. Entisten yhtiöiden historiasta on kirjoitettu kirjoja ja voitaisiin kirjoittaa uusiakin. Kuitenkin Glasgow'n kokouksen jälkimainingeissa mieleen väistämättä tunkeutuu ajatuksia myöskin siitä, miten maailma muuttuu ja kuinka voimme olla osa sitä muutosta tulevaisuudessa. Kun on jo jokunen vuosi ja kilometri karttunut tossun pohjaan ja on tullut nähdäksi lukuisia eri operaatioita kaikilla mantereilla, niin jossain määrin pyrkii myöskin objektiivisiin mittareihin puhuttaessa ympäristövaikutuksista. Tässäkin numerossa käsitellään aihetta ansiokkaasti faktapohjalta.

Meillä uudessa Metso Outotecissa ovat paraikaa työn alla tiukemmat mittarit ja perusteet, joilla tuotteemme voidaan määrittää ”Planet Positive” -tuotteiksi. Meidän tehtävämme laitteiden, teknologian ja prosessien kehityksessä on nimenomaan saada markkinoille muutoksia siten, että meiltä saadaan tehokkaat, energiaa, vettä ja ympäristöä säästävät ratkaisut. Saavutimme viime vuonna todella huikean Corporate Knight -tunnustuksen, kun maailman vastuullisimpien yritysten Global 100 -listalla Metso Outotec arviointiin kahdeksanneksi. Tämä tunnustus ei kylläkään enää nykyään oikeuta sohvalla makoiluun ja Netflixin avaamiseen. Päinvastoin nyt alkaa todella tiukka kansainvälinen kisa siitä, kuinka koko teollisuudenalamme pystyy ajamaan vaadittavat muutokset hallitusti sisään.



Suurimmat muutokset tullaan näkemään rauta- ja terästeollisuudessa sekä sähköistämässä. Väittäisin, että seuraavat 10 vuotta muutos tulee olemaan verrattavissa teolliseen vallankumoukseen. Joku ilkeämielinen voisi tosin väittää, että viimeisten sadan vuoden aikana olisi ollut mahdollisuus muutenkin tehdä muutoksia, mutta otetaan haaste nyt yhteisesti vastaan.

Tässä muutoksen veneessä kaikkien pitäisi keikkua samaan tahtiin, jotta muutokselle saadaan vauhtia. Ympäristökokouksessa nukkuminen ei välttämättä vielä riitä panokseksi maailman poliittiselta johdolta. Epäreilu kilpailu ja regulaation epäsuhtaisuus antavat hyvin erilaiset lähtökohdat eri toimijoille. Eräs menestyksen perustekijä uudelle Metso Outotec -yhtiölle on riittävän laaja paikallisverkosto ja toiminta. Eri maanosien ja maiden väliset erot saadaan paremmin liuotetuksi (”hydrometallurgia”), kun sulautetut (”pyrometallurgia”) asiantuntijakeskukset pystyvät kriittisellä massalla tuomaan markkinoille maailman parhaat sovellukset. Epäreiluun kilpailuunhan olemme saaneet itse kukin tottua viime vuosina varsinkin idän markkinoilla ja tähän antaisinkin hyvän neuvon perinteisestä wappujulkaisusta: ”Älä anna kenen tahansa sörkkiä rasiaasi”. ▲

Virusvapaata vuoden loppua toivottaa, Kim

TKT KIM FAGERLUND
VP, METALS TECHNOLOGY, CHAIRMAN OF TECHNOLOGY BOARD



Kuva 1: Professori Mikko Hokka ja tohtorikoulutettava Nazanin Pournoori kohdistamassa suurnopeuskameraa Hopkinson Split Pressure Bar -koetta varten

Korkeatasoista kivimekaniikan tutkimusta Tampereen yliopistossa

TEKSTI: MIKKO HOKKA, TIMO SAKSALA, VELI-TAPANI KUOKKALA

Suomessa, kuten muissakin Pohjoismaissa, on käynnissä useita kokeiluja syvän geotermisen energian hyödyntämiseksi. Syvä geoterminen energia on nimensä mukaisesti syvällä maaperässä olevien radioaktiivisten isotooppien hajoamisen seurauksena syntyvää lämpöä, jota voitaisiin käyttää mm. rakennusten lämmitykseen olemassa olevia kaukolämpöverkkoja hyväksi käyttäen. Jotta geotermiseen energiaan päästäisiin käsiksi, on porattavien kaivojen kuitenkin oltava useita kilometrejä syviä.

Tällaisten kaivojen poraaminen ei ole teknisesti kovinkaan helppoa, vaan vaatii mm. materiaali- ja konetekniikalta monia uusia innovaatioita. Yleisimmin käytetyt porausmekaniikat perustuvat kiven rikkomiseen iskevällä kuormituksella, jolloin erityisesti haasteeksi muodostuu porakaluston kestäminen, varsinkin kun poraaminen tapahtuu kovaan pohjoismaiseen graniittiin. Materiaali- ja konetekniikan näkökulmasta tilanne on siis varsin haastava, etenkin kun koko kalusto on porauksen aikana useiden kilometrien syvyydessä maan alla.

Kivien käyttäytymisen tutkiminen iskevässä kuormituksessa (porausessa) vaatii sekä kokeellisten että numeeristen tutkimusmenetelmien tehokasta käyttöä ja yhteispeliä. Kivien mekaniikka on hyvin monimutkaista, ja esimerkiksi kiven vaurioituminen ja murtuminen ja sitä kautta sen porattavuus riippuvat erityisesti kiven mikrorakenteesta ja siinä vallitsevasta jännitystilasta. Porattaessa erilaisten kiverrosten läpi on myös hyvin todennäköistä, että sekä kivien rakenne että jännitystilat vaihtelevat. Syvällä kaivon pohjalla maankuoren aiheuttama hydrostaatti-



Kuva 2: Brazilian Disc -kokeen näytteitä

Kuva 3: Tampereella käytetään aktiivisesti myös suurnopeuslämpökameroita materiaalitutkimuksessa.

nen paine vaikuttaa myös merkittävästi kiven ominaisuuksiin, ja yleensä poraaminen vaikeutuu, mitä syvemmälle poraus etenee. Koska iskevässä porauksessa poran kärki ja kivi ovat suorassa kontaktissa vain muutamia kymmeniä tai satoja mikrosekunteja kerrallaan, muodonmuutosnopeudet sekä kivessä että porassa voivat olla hetkellisesti erittäinkin suuria.

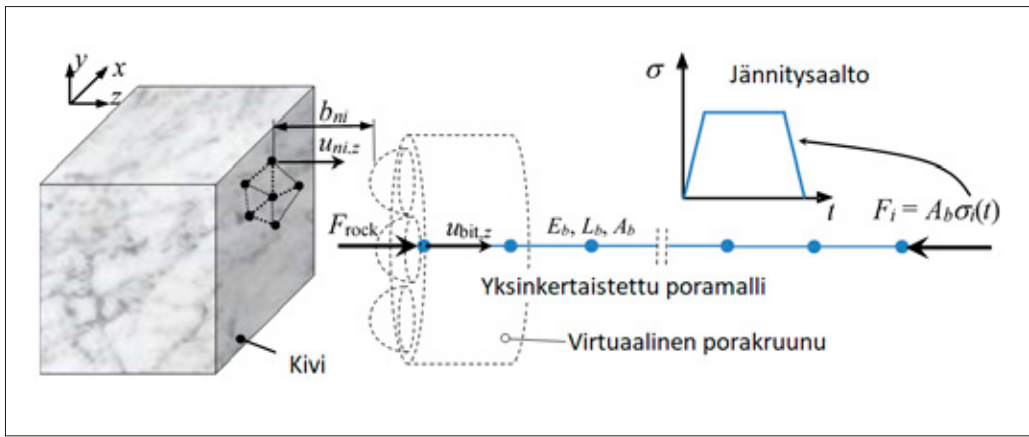
Kiven mekaniikan ymmärtäminen mahdollistaa prosessin parantamisen

Jotta porausnopeutta, poran terän kulumista ja tietenkin syntyviä kustannuksia pystyttäisiin arvioimaan, täytyy kiven ominaisuudet tuntea porausolosuhteissa. Porausnopeus on eräs käytetyimmistä suureista, joilla porausprosessin tehokkuutta voidaan arvioida. Ennustettaessa porausnopeutta ja reaktiivominaisuuksia täytyy luonnollisesti myös jännitystilän muuttuminen ottaa huomioon. Myös edellisissä iskuissa syntyneet mikrosäröt ja muut vauriot vaikuttavat porausnopeuteen. Pelkästään kiven mekaniikan ymmärtäminen ei tietenkään riitä porausprosessin optimointiin, vaan huomioon täytyy ottaa myös monia muita seikkoja kuten kaivon stabiilisuus, porakangen värähtelyt sekä kaluston kulumisen minimointi. Lisäksi porausjätteiden tehokas nostaminen kaivosta maan pinnalle täytyy varmistaa osana porausprosessia. Syvien kaivojen porausprosessin optimointi on siis erittäin monimutkainen tehtävä ja vaatii monien alan osaamista. Tampereen yliopistossa on tutkittu kivimekaniikkaa ja erityisesti iskevää poraamista jo useita vuosia.

Tampereen yliopiston IMPACT-laboratoriossa kiven mekaanisia ominaisuuksia ja käyttäytymistä tutkitaan pääasiassa käyttäen niin sanottua Hopkinson Split Pressure Bar (HSPB) -menetelmää ja sen erilaisia modifikaatioita. Tampereen suuren muodonmuutosnopeuden testauksen laboratorioita on esitelty myös aikaisemmissa Materia -lehden numeroissa (mm. 1/2010 ja 2-3/2021). Laitteen ensimmäiset versiot rakennettiin Tampereelle jo 90-luvulla, mutta silloin tutkimuksen pääpaino oli erilaisten metallimateriaalien kuten terästen ja alumiiniseosten tutkimuksessa. Tutkimuslaitteita ja -menetelmiä on kuitenkin kehitetty jatkuvasti, ja esim. kiviä ja muita hauraita materiaaleja on myös tutkittu aktiivisesti jo yli 10 vuotta. Klassisessa HSPB-kokeessa näyte asetetaan kahden elastisen (yleensä teräs) tangon väliin, ja näytettä kuormitetaan useimmiten noin 50-500 mikrosekuntia kestävällä jännityspulssilla, joka saadaan aikaan ampumalla paineilman avulla ns. striker -tanko ensimmäisen kuormitustangon päähän, josta kuormitus etenee näytteen läpi toiseen kuormitustankoon. Pulssit mitataan molemmista tangoista venymäliuskoilla, joiden signaaleista voidaan määrittää näytteessä vaikuttanut jännitys ja sen aikaansaama muodonmuutos kokeen aikana. Hauraiden materiaalien kuten kiven tutkiminen tällä menetelmällä ei kuitenkaan ole aivan näin suoraviivaista, koska jännityksen nopea nousu kuormituspulssin etureunassa usein vaurioittaa hauraan näytteen etupuolta jo ennen kuin jännitys näytteen takapinnalla on noussut vastaavalle tasolle. Tästä syystä

kuormituspulsseja joudutaan usein muotoilemaan siten, ettei näytteessä vallitseva jännitys nouse liian nopeasti, vaan näytteen etu- ja takapinnoilla vallitse voima/jännitystasapaino.

Hauraiden materiaalien käyttäytymistä voidaan Tampereella tutkia yksiakiaalisessa puristuksessa, kaksiakiaalisessa vedossa niin sanotulla brasilialaisella kiekkokokeella (Brazilian Disc, BD) sekä erilaisilla dynaamisilla indentaatiokokeilla, joissa instrumentoitua porankärkeä isketään kiviä näytteeseen suurella nopeudella. Yksiakiaalinen puristuskoe on normaali puristuskoe, jonka avulla voidaan mitata kiven puristuslujuus suurilla iskunopeuksilla. Brasilialainen kiekkokoe on puolestaan koe, jossa kiekkomasta näytettä puristetaan sen halkaisijan suunnassa. Tällöin kiekkoon syntyy vetojännitys, joka lopulta rikkoo näytteen. Tällä kokeella voidaan määrittää hauraiden materiaalien vetolujuus, joka riippuu usein erittäin voimakkaasti kuormitusnopeudesta. B D-koe soveltuu myös erinomaisesti paikallisten muodonmuutosten mittaamiseen suurnopeuskameroiden ja digitaalisen kuvakorrelaation avulla. Tampereella käytettävät Photron SA-X2-kamerat pystyvät tallentamaan digitaalisia kuvia noin 700 kHz taajuudella. Usein käytetään kuitenkin 'vain' noin 200-250 kHz tallennustaajuuksia, mikä riittää hyvin näytteen murtumistapahtuman tarkasteluun. Digitaalisen kuvakorrelaation avulla suurnopeuskameroilla otettuja kuvia voidaan analysoida ja muodonmuutoksen määrä kuormituksen aikana voidaan määrittää peräkkäisiä kuvia vertaamalla. Ennen



Kuva 4: Iskuporauksen mallinnusperiaate

koetta näytteen pintaan maalataan tai piirretään satunnainen mustavalkoinen pistekuvio, jossa tapahtuvia muutoksia kuvakorrelaatioissa seurataan. Ensimmäinen eli niin sanottu referenssikuva jaetaan pieniin alikuviin, joiden sijainnit seuraavissa kuvissa selvitetään korrelaatiolaskennan avulla. Tämän jälkeen alikuvan siirtymävektori voidaan määrittää alikuvan sijaintien perusteella. Koska kuvissa on tuhansia tai jopa miljoonia pikseleitä, kuvakorrelaatiomenetelmällä voidaan määrittää näytteen pinnan muodonmuutokset hyvin suurella pisteresoluutiolla ikään kuin näytteen pintaan olisi liimattu (kymmeniä) tuhansia pieniä venymäliuskoja. Optisen valokuvauksen lisäksi Tampereelle hiljattain hankitulla suurnopeuslämpökameralla pystytään näytteestä ottamaan infrapunakuvia maksimissaan 90 kHz taajuudella. Käyttämällä sekä optista että infrapunavalokuvausta nopeiden kokeiden analysointiin voidaan materiaalien termomekaanista käyttäytymistä tutkia erittäin monipuolisesti ja tarkasti.

Dynaamisessa indentaatiokokeessa HS-PB-laitetta muokataan siten, että etummaisena tangon päähän asetetaan porankärkeä simuloiva indentteri. Yksinkertaisimmillaan tämä on yksittäinen kovametallinasta, mutta paksummilla tangoilla kiveen voidaan iskeä esim. kolmen nastan muodostamalla indentaatiopäällä. Indentaatiokokeissa näyte on yleensä noin 30cm*30cm*30cm suuruinen kivikuutio, jonka kylkeen yhdellä tai useammalla kovametallinastalla isketään. Kokeen aikana kuormitustangon vapaaseen päähän isketään normaalilla tavalla iskuritangolla ('strikerillä'). Se synnyttää tankoon jännityspulssin, jolla on haluttu muoto ja haluttu suuruinen amplitudi. Tämän jälkeen jännityspulssi kulkee tankoa pitkin kohti näytettä ja lopulta painaa nastan/nastat kiven pinta vasten suurella nopeudella. Jännityksen noustessa riittävän suureksi kuormituspä-

(nasta) rikkoo kiven pinnan ja painuu jonkin matkaa sen sisään. Kokeen aikana mitataan kovametallikärjen ja kiven välinen kontaktivoima sekä kärjen penetraatio kiven sisään kuormitusajan funktiona.

Hitaassa kuormituksessa graniitin vetolujuus on vain n. 10 MPa, mutta kuormitusnopeuden noustessa vetolujuus voi kasvaa jopa 2-5 kertaiseksi. Graniitin käyttäytymisessä havaitaan muitakin merkittäviä eroja kuormitusnopeuden kasvaessa. Hitaassa kuormituksessa kivet esimerkiksi murtuvat rakenteessa olevan suurimman särön edetessä. Tällöin materiaalin lujuudella on tilastollinen jakauma, joka perustuu säröjen kokojakaumaan suhteessa kuormitettuun tilavuuteen. Nopeassa kuormituksessa materiaaliin vaikuttava jännitys sen sijaan nousee niin nopeasti, että useat säröt alkavat edetä yhtä aikaa ja lopputuloksena on usein kahden murtuneen palan sijaan useita palasia ja hienoa jauhetta. Murtumislajuuden hajonta myös yleensä pienenee merkittävästi ja materiaalin käyttäytyminen on ennustettavampaa.

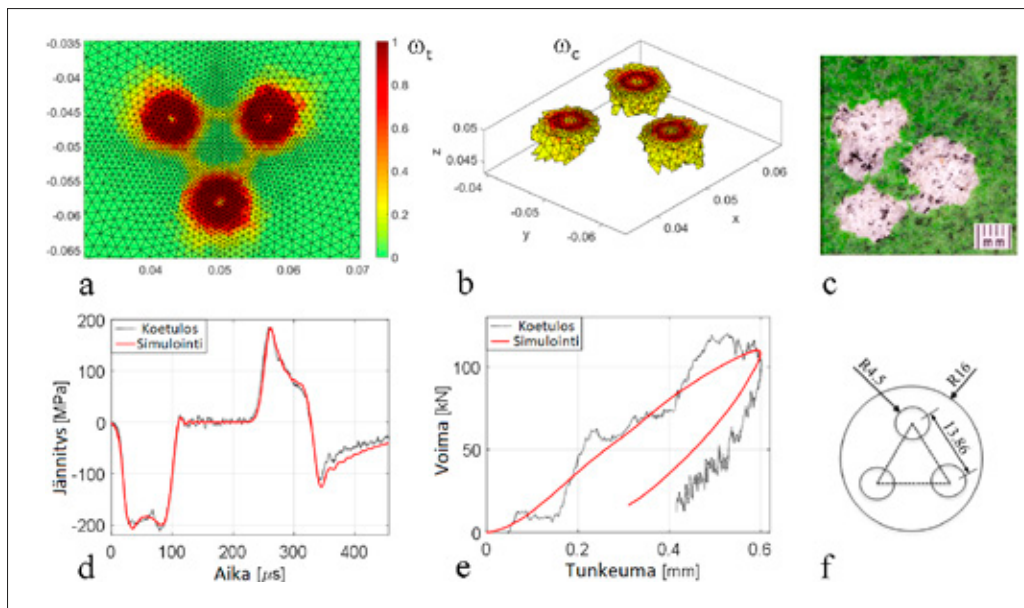
Numeerinen mallinnus tuo lisäarvoa tutkimukselle

Edellä kuvattujen kaltaisista kokeista saatavia tuloksia voidaan käyttää myös numeeristen materiaalmallien kehittämiseen ja kuormitustilanteiden digitaaliseen simuloimiseen. Malleilla pystytään mm. arvioimaan kivien käyttäytymistä ja porattavuutta sellaisissa olosuhteissa, joiden tutkiminen kokeellisesti ei ole joko mahdollista tai muuten tarkoituksenmukaista. Realistisella materiaalmallilla pystytään simuloimaan esimerkiksi erilaisten porakruunugeometrioiden vaikutusta porausnopeuteen, reaktiivoimiin ja porausjärjestelmässä esiintyviin värähtelyihin. Tampereen yliopistossa tällaisia kivimalleja kehitetään erityisesti rakennus-

tekniikan yksikössä. Kiveä voidaan laskennallisen kontinuumimekaniikan keinoin mallintaa esimerkiksi vaurioituvana viskoplastisena materiaalina. Tässä yhteydessä viskoplastisuus tarkoittaa kuormitusnopeudesta riippuvaa pysyvää muodonmuutosta, ja vaurioituminen puolestaan kuvaa materiaalin jäykkyyden ja lujuuden menetystä säröytymisen seurauksena. Materiaalin säröytymisen astetta kuvataan vaurioparametrilla, joka saa arvoja nolasta yhteen vastaten ehjää ja täysin vaurioitunutta tapausta. Kiville täytyy puristus- ja vetokuormituksen epäsymmetrisyydestä johtuen määritellä oma vauriomuuttuja kumpaankin kuormitustapaukseen. Kun vauriomuuttuja saa pienessä kiven mineraaliraaetta kuvaavassa elementissä lähellä ykköstä olevan arvon, voidaan kyseinen elementti tulkita tuhoutuneeksi ja porauksen tapauksessa laskea osaksi syntyvän kraatterin tilavuutta.

Itse poraustapahtumaa simuloidaan useimmiten elementtimenetelmällä, johon kiven matemaattisesti kuvattu materiaalmalli yhdistetään. Kuva 4 esittää iskuporauksen simulointiin kehitetyn mallin periaatteen. Siinä poratanko on idealisoitu 1D-sauvamalliksi, johon kokeesta mitattu jännitysaalto tuodaan reunaehdona. Jännitysaalto pakottaa virtuaalisen porakruunun (jäykkä kappale) tunkeutumaan 3D-elementtimenetelmällä kuvattuun kivikuutioon, joka murtuu yllä kuvatuun materiaalmallin mukaisesti. Syntyvä vaurioituneiden elementtien alue vastaa poraustapahtumassa syntyvää kraatteria.

Materiaalmallit validoidaan yleensä vertaamalla simuloitua koetta ja laboratoriomitusta toisiinsa. Dynaaminen indentaatiokoe on hyvä esimerkki validointikokeesta, jossa mallin validointi voidaan tehdä esim. vertaamalla kokeesta mitattuja suureita kuten kiven ja porakruunun välisiä reaktiivoimia, kärjen penetraatiota kiveen sekä iskussa syn-



Kuva 5: Poramallin validointikoe: a) veto- ja b) puristustyyppinen vauriokuvaio, c) esimerkki kokeellisesta kraatterista, d) mitatun ja simuloitun poratangossa etenevän jännitysaallon vertailu, e) mitatun ja simuloitun porakruunun voima-tunkeuma -käyrän vertailu ja f) käytetyn porakruunun kaavakuva

tyneen reiän kokoa simuloitun kokeen vastaaviin tuloksiin. Jos laskennalliset tulokset vastaavat kokeellisia tuloksia riittävällä tarkkuudella, voidaan materiaalimallin olettaa kuvaavan materiaalin todellista käyttäytymistä tarkoituksenmukaisella tavalla. Kuvasssa 5 on esimerkki Tampereen yliopiston IMPACT-laboratoriossa tehdystä poramallin validointikokeesta, jossa vauriomuuttujien (ω_t ja ω_c) kuvaama alue vastaa melko hyvällä tarkkuudella kokeessa syntynyttä indentaatiokraatteria.

Materiaalimallien kehittäminen vaatii jatkuvasti myös uusien ja entistä parempien ja tarkempien kokeellisten menetelmien ja testausproseduurien kehittämistä. Iskevässä poraamisessa porakruunu iskee kiven pintaan useita kymmeniä kertoja sekunnissa, ja sen lisäksi että jokaisella iskulla kivistä lohkeaa palasia, iskut myös aiheuttavat pienempiä vaurioita ja säröjä kiven pintaan. Seuraava isku jatkaa kiven säröttämistä ja irrottaa taas uusia palasia kiven pinnasta. Numeerisesti edellisen iskun aiheuttamat säröt voidaan simuloida käyttäen esimerkiksi upotettujen epäjatkuvuuksien menetelmää, mutta kokeellisesti valmiiksi särötettyjen näytteiden tutkiminen on hankalaa. Yksi tutkimuksessa käytetty vaihtoehto on lämpökäsitellä kiviä näytteitä hyvin nopealla lämpöshokilla, jolloin näytteen pintaa voidaan vaurioittaa hallitusti. Särötettyjä näytteitä voidaan tämän jälkeen tutkia sekä numeerisesti että kokeellisesti, jolloin numeerisen mallin tuottamaa ennustetta voidaan parantaa. Mallilla, joka ottaa huomioon myös aikaisempien iskujen aiheuttamat säröt voidaan kuvata sitä, miten

porausnopeus (metriä/tunti) riippuu esimerkiksi iskujen taajuudesta, syöttövoimasta, poran geometriasta sekä yksittäisten iskujen voimakkuudesta ja jännitysaallon muodosta.

In-situ mikromekaniikka paljastaa murtumien paikallisen luonteen

Murtuminen on hyvin paikallinen ilmiö, joten on luonnollista, että kivien käyttäytymistä tutkitaan myös mikrorakennetasolla. Tällöin kehitteillä olevat materiaalimallit pystyvät ottamaan paremmin huomioon myös materiaalin paikallisen rakenteen eivätkä kuvaa ainoastaan niiden keskimääräistä tai jatkuvaa kontinuumirakennetta ja käyttäytymistä. Tampereen yliopistossa tällaista tutkimusta tehdään apulaisprofessori Gaurav Mohantyn ryhmässä, jossa tutkitaan mm. kivien mekaniikkaa nano- ja mikrometrimittakaavassa hiljattain hankitulla nanoindentaatiolaitteistolla. Sillä voidaan tehdä suuren kuormitusnopeuden puristuskokeita mm. yksittäisille rakeille tai raeraja-alueille. Käyttämällä hyväksi näistä mittauksista saatua tietoa voidaan kiven käyttäytymisen mallintamista iskevän kuormituksen alla entisestään tarkentaa.

Kaikkea ei kannata tehdä itse

Vaikka Tampereella on erittäin hyvin varustellut suurten kuormitusnopeuksien ilmiöiden tutkimiseen soveltuvat tutkimuslaboratoriot, on silti joskus järkevämpää pyytää apua ja neuvoa muilta kuin itse rakentaa ja ylläpitää mahdollisimman laajaa testauslaitelikoimaa. Esimerkiksi yhteistyö yhdysvaltalaisen Purduen yliopiston kanssa

on auttanut kivimekaniikan tutkimuksessa merkittävästi. Purduen yliopistolla on mm. Hopkinson Split Pressure Bar-laitteisto, jossa näytettä voidaan puristaa hydrostaattisesti useiden satojen MPa:n paineella suuren kuormitusnopeuden puristuskokeen aikana. Tällä laitteella on mitattu esimerkiksi suomalaisen Kurun graniitin ominaisuuksia eri hydrostaattisen paineen arvoilla. Mittaustuloksilla on pystytty kalibroimaan numeerisia malleja ottamaan huomioon mm. maankuoren aiheuttama kasvava paine, kun lämpökaivon syvyys kasvaa.

Tampereen yliopiston tutkijat ovat jo vuosia tehneet yhteistyötä myös norjalaisen Sintefin kanssa. Norjassa on luonnollisesti vuosikymmenten kokemus öljyn poraamisesta ja siihen liittyvästä tutkimuksesta ja tuotekehityksestä, mutta iskevä poraaminen on kuitenkin luonteeltaan hyvin erilaista kuin öljyn poraamisessa tyypillisesti käytetty rotaatioporaaminen. Esimerkiksi paineilman käyttäminen poraamisen ajavana voimana ei ole mahdollista, jos porataan öljyä tai kaasua sisältävää maaperää, joten öljynporausteollisuudessa siitä ei juuri ole kokemuksia. Vesi- ja mutavasareteknikat sen sijaan ovat melko uusia tekniikoita, joten niistäkään ei ole olemassa vastaavaa tutkimusta kuin rotaatioporaamisesta ja ilmavasaroista. Norjassa on kuitenkin valtavaa tietotaitoa esimerkiksi porakaivojen stabiilisuuden arvioinnista sekä poratankojen värähtelyiden hallinnasta. Yhdistämällä kivimekaniikkamallit tähän tietotaitoon pystytään tarvittaessa mallintamaan koko porauskalusto kilometrien matkalta, varsinainen poraustapahtuma mikrometri/

mikrosekuntitasolla, sekä porausjätteiden siirtäminen ylös maanpinnalle (kilometriä/ minuutti).

Perustutkimuksella vauhtia teknologian kehittämiseen

Tampereen yliopiston ja Sintefin yhteistyötä ovat rahoittaneet mm. Norjan tiedeakatemia, Suomen Akatemia sekä eurooppalainen teollisuus. Norjan tiedeakatemian vuosina 2011-2021 rahoittamissa NextDrill- ja InnoDrill-kompetenssihankkeissa on keskitytty lähinnä alan perusosaamisen kehittämiseen ja uuden tutkimusinfrastruktuurin rakentamiseen. Samaan aikaan Suomen Akatemia on rahoittanut uutta tutkimusta mm. useiden akatemian tohtoritutkijan ja akatemiatutkijan rahoitusten kautta. Syyskuussa 2021 alkaneessa Suomen Akatemian rahoittamassa PiezoDrill-hankkeessa tutkitaan puolestaan kvartsin pietsosähköisen efektin kytkeytymistä graniitin mekaanisiin ominaisuuksiin. Myös tässä hankkeessa pääpaino on kivimekaniikassa ja siihen liittyvien numeeristen ja kokeellisten tutkimusmenetelmien kehittämisessä. Tampereella on jatkuvasti käynnissä myös edellä kuvattuun perustutkimukseen perustuvia ns. teknologiansiirtoprojekteja, joissa osaamista siirretään erilaisten sidosryhmien käyttöön. Kivimekaniikan ymmärtäminen ja nopeiden kuormitusten vaikutusten ennustaminen on hyödyllistä monissa muissakin sovelluksissa kuin syvän geotermisen energian poraamisessa. Esimerkiksi käsin pideltävissä poravasaroissa, kiven murskaamisessa sekä monissa muissa kaivosteollisuuden eri kokoluokkien sovelluksissa kiven ja metallin vuorovaikutusten ymmärtäminen auttaa parantamaan prosessien tehokkuutta ja kestävämpien komponenttien suunnittelua. Vahva perusosaaminen sekä kansainväliset verkostot mahdollistavat myös osallistumisen EU-rahoitteisiin ja muihin kansainvälisiin tutkimus- ja kehityshankkeisiin.

Tulevaisuudessa katsotaan myös kiven sisään

Insinöörityieteissä suurten kansallisten tai kansainvälisten tutkimusinfrastruktuurien yhteiskäyttö on perinteisesti ollut vähäisempää kuin esim. luonnontieteissä, mutta viime aikoina kehitys on ollut selkeästi kohti vahvempaa yhteistyötä myös insinööripuolella. Tampereen yliopiston suuren muodonmuutosnopeuden tutkimusryhmä on mukana mm. juuri perustetussa European Synchrotron Radiation Facility (ESRF):n

koordinoimassa SHOCK-BAG-konsortiossa, jonka tavoitteena on hyödyntää korkeaan energista röntgensäteilyä suuren muodonmuutosnopeuden materiaalitutkimuksessa. Esimerkiksi Grenoblessa ESRF:n laboratorioissa on käytettävissä Hopkinson Split Pressure Bar-laitteiden lisäksi useita muita nopeaan muodonmuutokseen soveltuvia tutkimuslaitteita suuritehoiseen synkronisäteilylähteeseen yhdistettynä. Näiden laitteistojen avulla on mahdollista kuvata näytteen muodonmuutosta, säröjen ja vaurioiden muodostumista sekä tietenkin

murtumien etenemistä suoraan iskumaisen kuormituksen aikana, ja huolimatta edelleen jatkuvasta Covid-19-pandemiasta muutamia onnistuneita kokeita on em. laitteistoilla jo saatu suoritetuksi. Jatkossa tätä menetelmää tullaan käyttämään myös kivimekaniikan tutkimuksessa, erityisesti kiven mikrorakenteen ja murtumismekanismien välisten yhteyksien selvittämisessä ja implementoinnissa materiaalimalleihin, joiden avulla mm. syvien lämpökaivojen porausprosessien ennustettavuutta voidaan entisestään parantaa. ▲



JANNE RENVALL, TAMPEREEN YLIOPISTO

Mikko Hokka

Professori, Materiaalien mekaaninen käyttäytyminen, Tampereen Yliopisto

Keskeisimmät tutkimusalueet: materiaalien mekaaninen käyttäytyminen ääriolosuhteissa, suurnopeusvalokuvaus, digitaalinen kuvakorrelaatio.

Materiaalitekniikan koulutusohjelman vastuuprofessori. Kansainvälisen DYMAT-järjestön hallituksen aktiivinen jäsen.

Keskiaikaisen peitsitaistelun moninkertainen Suomen mestari ja hallitseva Euroopan mestari.

Kysymykset ja kommentit: mikko.hokka@tuni.fi



Timo Saksala

Dosentti ja yliopistotutkija, Rakennetun ympäristön tiedekunta, Tampereen yliopisto

Tutkimusalueet: hauraiden materiaalien käyttäytymisen mallinnus erityisesti dynaamisessa kuormituksessa, monifysiikkaongelmat



Veli-Tapani Kuokkala

Professori emeritus, Materiaalitieide ja -tekniikka, Tampereen yliopisto

Keskeisimmät tutkimusalueet: materiaalien suuren muodonmuutosnopeuden käyttäytyminen ja materiaalien kuluminen.

KAIVOSRATKAISUT POHJOISESTA

Valmistamme kaivosten
ja teollisuusrakentamisen
erityistarpeisiin räätälöityjä
tuotteita.

Valikoimassamme:

- Putkistot
- Erikoisosat
- Toimilaitekaivot
- Monitorointiratkaisut

Lisätietoja pipelife.fi/teollisuusratkaisut

Kuka tuottaa vihreintä metallia?

Metallurgisten prosessien ympäristöjalanjäljen laskenta

Ymmärrys maapallon tilasta ja ilmastonmuutoksen vakavuudesta on saavuttanut suuren yleisön. Valtiot ja yritykset esittelevät kilvan tavoitteitaan hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Julistukset vilisevät uutta terminologiaa, lukuarvoja ja vertailuvuosia. Pienen insinöörin mieleen hiipii kysymys, mistä luvut ovat peräisin ja kuinkahan luotettavia ne mahtavat olla? Kuka näitä laskee ja mistä lähtödata on peräisin?

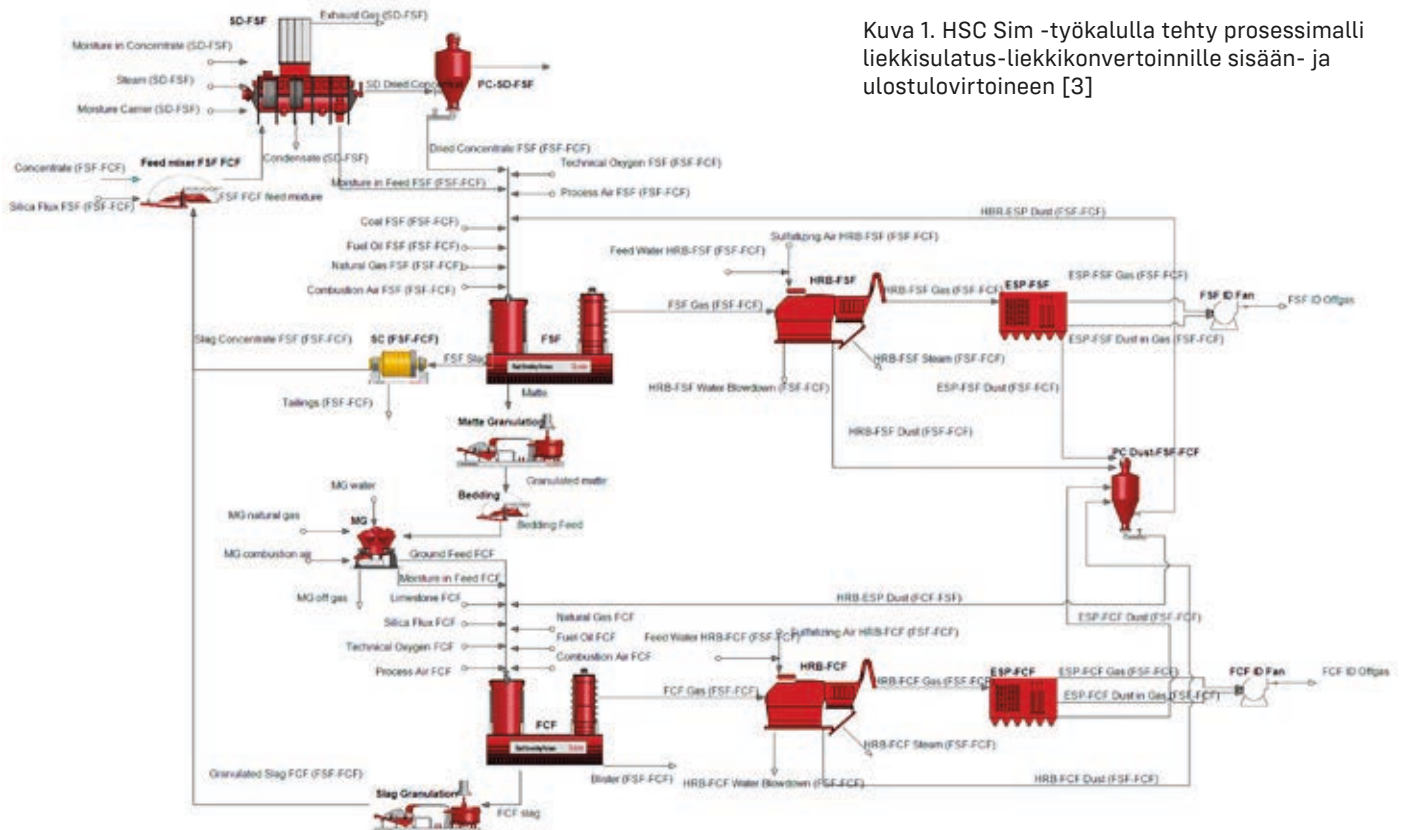
TEKSTI: MARI LINDGREN, METSO OUTOTEC RESEARCH CENTER, PORI

Metso Outotecillä (entisellä Outotecillä) on pitkät perinteet metallurgisten prosessien ympäristövaikutusten arvioinnista. Yrityksenä olemme raportoineet oman ympäristökädenjälkemme eli sen, kuinka paljon asiakkaamme voivat pienentää omaa ympäristöjalanjälkeään käyttämällä Metso Outotecin teknologioita. Aiemmin laskenta perustui ostettuun

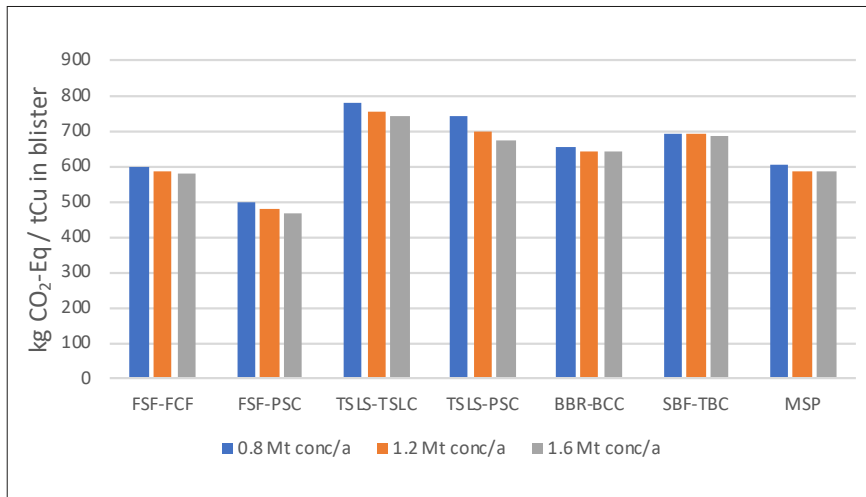
datapakettiin; se sisälsi laitoksilta kerättyä dataa, jota käsiteltiin tilastollisesti. Vuosien saatossa riippuvuus kolmannen osapuolen tarjoamasta datasta alkoi tuottaa enenevässä määrin hankaluuksia, jolloin syntyi riittävä ajava voima kehittää laskentamenetelmää. Samalla tunnistimme huolen siitä, kuinka osaamme tehdä ympäristövaikutusten laskennan riittävällä ammattitaidolla, jotta epäilyksiä jonkinlaisesta viherpesusta tai

kotiin päin vetämisestä ei pääsisi syntymään. VTT:n koordinoima ja Business Finlandin rahoittama ”Ympäristökädenjälki”-projekti [1] näyttöytyi meille väylänä kehittää omaa osaamistamme ympäristövaikutusten laskennassa ja saada riippumatonta palautetta laskentatavastamme.

Prosessisuunnittelussa mallinnus on merkittävässä roolissa, kun tuotantoprosessin massa- ja energiatasetta lasketaan.



Kuva 1. HSC Sim -työkalulla tehty prosessimalli liekkisulatus-liekkikonvertoinnille sisään- ja ulostulovirtoineen [3]



Kuva 2. Eri teknologioiden välinen vertailu hiilidioksidipäästöistä kapasiteetin funktiona, kun raaka-aineena käytetään kuparirikastetta, jossa on 27% kuparia [3].

Toisaalta nämä ovat juuri niitä tietoja, joita tarvitaan ympäristöjalanjäljen laskennassa. Paljonko erilaisia raaka-aineita ja energiaa tarvitaan tiettyä tuotemäärää kohden? Kun todellista prosessimallia [2] käytetään laskennan lähtökohtana, voidaan olla kohtuullisen varmoja siitä, että luonnonlakeja noudatetaan, eikä valmistusprosessi tarkemalla tutkiskelullakaan muistuta alkemiaa. Kun prosessimalli kytketään ympäristövaikutustietokantoihin, laskennalle alkaa löytyä tukeva perusta.

Laskentatavan hyötyjä ovat muun muassa se, että erilaisten parametrien vaikutusta voidaan tarkastella erikseen, eniten hiilidioksidipäästöjä tuottavat yksikköprosessit voidaan tunnistaa ja erilaisia vaihtoehtoja voidaan vertailla. Raaka-aineiden ja sijainnin vaikutus pystytään erottelemaan teknologian vaikutuksesta. Nämä antavat suuntaviittoja teknologisille valinnoille, mutta myös nostavat esiin kehityskohtia, joita parantamalla saadaan suurin vaikutus kokonaisuuteen.

Seuraavassa tarkastellaan lähemmin kahden eri teknologiaa, joiden merkitys Metso Outotecin sulatusliiketoiminta-alueelle on suuri ja joilla on asiakkaita Suomessa: kuparin liekkisulatus [3] ja ferrokromin valmistus [4].

Kuparin tuotanto pyrometallurgisesti

Kuparilla on tärkeä rooli niin sanotussa vihreässä siirtymässä, jossa yksi keino hiilidioksidipäästöjen leikkaamiseen on liikenteen sähköistäminen. Julkinen keskustelu päästöjen vähentämisestä keskittyy helposti akkumateriaaleihin, niiden valmistamiseen ja kierrättämiseen, mutta samanaikainen kuparin tarpeen kasvu jää helposti huomiotta. Kupari on erinomaisten sähköisten

ominaisuuksiensa vuoksi se metalli, jota tarvitaan sähkönsiirtoon sekä akkuja ladattaessa että niitä käytettäessä. Tämän vuoksi ei ole yhdentekevää, miten näiden vihreiden ratkaisujen kupari on tuotettu.

80% maailman kuparista tuotetaan pyrometallurgisesti. Tyypilliset prosessointivaiheet ovat sulatus, konvertointi, valu anodeiksi ja elektrolyyttinen puhdistaminen kuparikatodiksi. Prosessivaihtoehtoja on useita ja ne eroavat toisistaan esimerkiksi apulaitteiden osalta. Tutkimuksessa laskettiin ympäristövaikutukset seitsemälle erilaiselle teknologiyhdistelmälle:

- Liekkisulatus – liekkikonvertointi (Flash Smelting (FSF) – Flash Converting (FCF))
- Liekkisulatus – Peirce-Smith konvertointi (Flash Smelting (FSF) – Peirce-Smith Converting (PSC))
- Pystylanssiuunisulatus – pystylanssiuunikonvertointi (Top Submerged Lance Smelting (TSL) – Top Submerged Lance Converting (TSLC))
- Pystylanssiuunisulatus - Peirce-Smith konvertointi (Top Submerged Lance Smelting (TSL) - - Peirce-Smith Converting (PSC))
- Pohjapuhallussulatus – Pohjapuhalluskonvertointi (Bottom Blowing Reactor (BBR) – Bottom Blowing Continuous Converting (BCC))
- Sivustapuhallussulatus – Päältäpuhalluskonvertointi (Side Blowing Furnace (SBF) – Top Blowing Converting (TBC))
- Mitsubishi-sulatusprosessi (Mitsubishi Smelting Process (MSP))

Koska tarkastelussa vertailtiin sulatus- ja konvertointitekniikoita, ainoastaan sulatus ja konvertointi otettiin mukaan.

Kuvan 1 prosessimalli liekkisulatus-liekkikonvertointi -teknologiavaihtoehdolle sisään- ja ulostulevine virtoineen antaa käsityksen prosessimallin monimutkaisuudesta ja tarvittavien lähtötietojen määrästä. Laskennan yksityiskohdat ja käytetyt oletukset on esitetty tarkemmin lähdeoteoksessa 3. Laskenta tehtiin kaikille teknologioille kolmelle erilaiselle raaka-aineelle, joissa kuparipitoisuus vaihteli 22-29%:n välillä ja kolmelle eri kapasiteetille 0,8-1,6 Mt rikastetta vuodessa. Kuvassa 2 on vertailtu eri teknologioiden hiilidioksidipäästöjä kapasiteetin funktiona rikasteelle, jossa on 27% kuparia. Laskennan perusteella liekkisulatus yhdistettynä PS-konvertointiin antoi matalimmat hiilidioksidipäästöt ja yksikköpäästöt pienivät tuotantolinjan kapasiteetin kasvaessa. Teknologian pieni kokonaisenergian kulutus ja pienimmät hiilidioksidipäästöt perustuivat energiatehokkaaseen primäärisulatuksen, jossa tuotetulla kuparikivellä on melko matala hapetusaste. PS-konvertoinnissa laitteistolla on pienet lämpöhäviöt ja matala ulkoisen energian tarve johtuen konvertointi-ilman matalasta lisätyn hapen osuudesta. Hapen tuotantoon käytetty sähkö on merkittävä päästölähde, ellei tuotanto perustu uusiutuviin energialähteisiin.

Toisaalta PS-konvertoinnin haittapuoli jatkuvaan liekkikonvertointiin verrattuna ovat rikkidioksidin hajapäästöt. Niiden määrää ei pystytä luotettavasti mallintamaan, koska päästöjen syntyminen riippuu enemmän operointitavasta kuin itse teknologiasta. Tämä tuo kuitenkin esiin sen, että teknologioiden paremmuusjärjestys riippuu siitä, mitä mittaria painotetaan ja kuinka eri mittareita arvotetaan toisiaan vastaan.

Ferrokromin valmistus

Tuotetusta ferrokromista 90% menee ruostumattoman teräksen valmistukseen. Ruostumattoman teräksen kulutus kasvaa tyypillisesti elintason nousun myötä, kun yhä laajemmalla ihmisjoukolla kehittyvässä maissa on varaa investoida esimerkiksi kodinkoneisiin. Toisaalta teollisuusmaissa näiden tuotteiden valmistajat pyrkivät profiloitumaan ympäristöystävällisiksi. Lisäksi tiedetään, että ferrokromin tuotanto vaatii paljon energiaa. Nämä tekijät yhdessä herättävät väistämättä kiinnostuksen eri valmistusteknologioiden ja eri maiden ferrokromin tuotannon hiilidioksidipäästöihin.

Ferrokromin tuotantoketjuun kuuluvat rikastus, pelletointi, sintraus ja sulatus. Ennen sulatusta voidaan myös tehdä esipelkistys [4]. Kuva 3 esittää ympäristövaikutusten laskennassa käytetyn systeemin rajauksen.

Tarkasteltavat teknologiat olivat:

- Teräsnauhasintraus – uppokaariuunisulatus (SBS-SAF)
- Rumpu-uuni esipelkistys – uppokaariuunisulatus (RK-SAF)

Vertailu tehtiin myös tuotannolle Suomessa ja Etelä-Afrikassa, joka on merkittävin ferrokromin tuottaja. Maiden väliset erot muodostuvat siitä, miten puhdasta sähköä on mahdollista saada valtakunnanverkoista kussakin maassa. SBS-SAF-teknologialle laskettiin myös tapaus, jossa 30% pelleteistä oli korvattu palamalmilla.

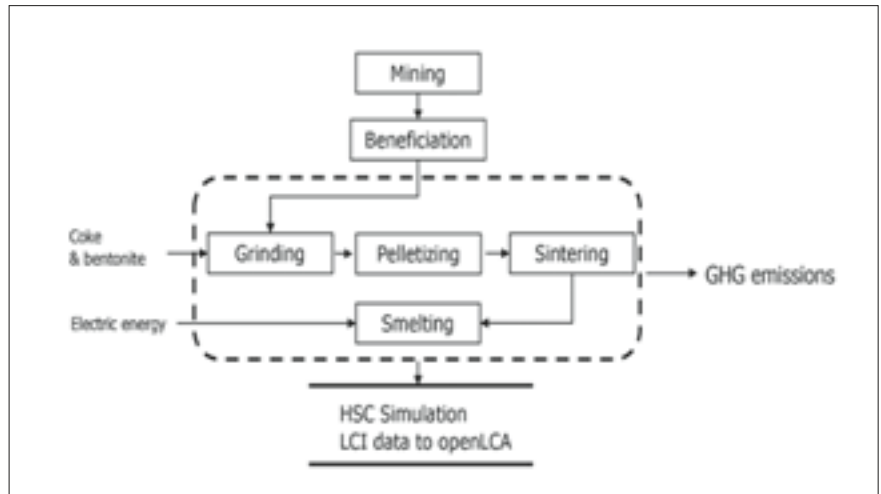
Kuvassa 4 on vertailtu hiilidioksidipäästöjä eri teknologioilla tuotetulle ferrokromille Suomessa ja Etelä-Afrikassa. Tuloksista nähdään, että vaikka teknologioiden välillä on eroja tuotetuissa hiilidioksidipäästöissä, tällä hetkellä maiden välinen ero on vielä suurempi. Kuvassa 5 on tarkasteltu tarkemmin, mistä päästöt pääosin muodostuvat. SBS-SAF-teknologiaa käytettäessä suurin osa päästöistä muodostuu sähköstä. RK-SAF-teknologialla taas suuri osa päästöistä aiheutuu pelkistimestä, mihin sähköntuotannon vähähiilisyyden kasvu ei vaikuta parantavasti.

Insinöörin mietteitä

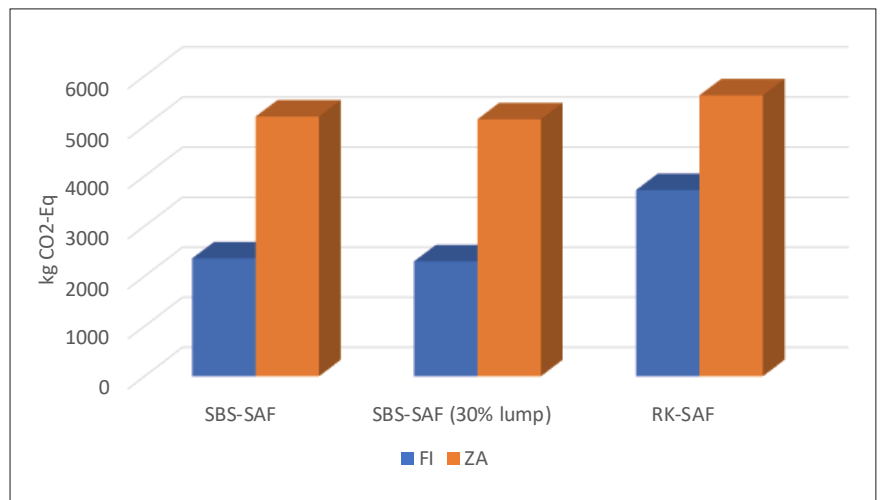
Laskennan perusteella voi perustellusti todeta, että kuparin ja ferrokromin tuotanto Suomessa on globaalissa vertailussa ympäristöteko, kun pitää mielessä täällä käytössä olevat tuotantoteknologiat ja Suomen sähkön puhtauden. Toisaalta laskenta tuo esiin sen, että yksittäisten numeroiden tuijottaminen ilman perusteltua vertailukohtaa on kohtuullisen hyödytöntä, koska kaikkien taiteen sääntöjen mukaan tehdyllä systeemin rajauksella tai eri tavoin valituilla hyödykkeillä voidaan saada hyvinkin erilaisia lukuarvoja.

Radikaalit päästövähennykset metallien tuotannossa vaativat uusien teknologioiden kehitystä ja investointeja, mikä vaatii aikaa. Toisaalta voidaan myös ajatella, että metallurgisessa teollisuudessa nykyisten prosessien te-

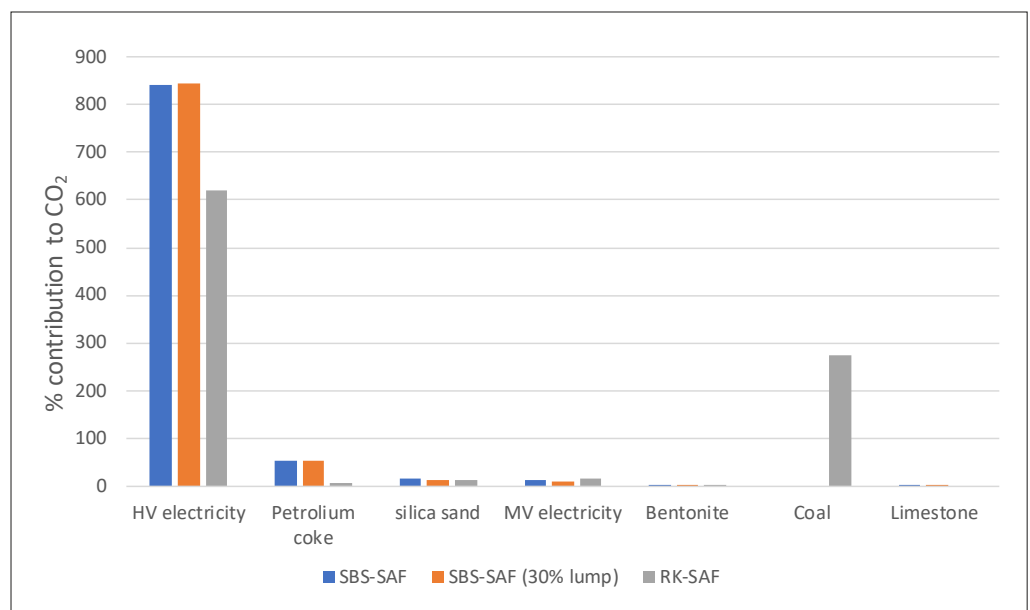
Kuva 5. Eri tekijöiden vaikutus hiilidioksidipäästöjen syntymiseen [4]. HV = high voltage, MV = medium voltage



Kuva 3. Ferrokromin tuotannon ympäristöjalanjäljen laskennassa käytetty systeemi SBS-SAF-teknologialle. Katkoviivan sisällä oleva prosessi mallinnettiin kokonaisuudessaan HSC Sim -työkalulla [4].



Kuva 4. Hiilidioksidipäästöjen vertailu eri teknologioilla tuotetulle ferrokromille Suomessa ja Etelä-Afrikassa [4]



hostaminen ja optimointi antavat prosentuaalisesti pieniä päästövähennyksiä, mutta tuotantomäärien ollessa merkittäviä, nämä pienetkin prosentit voivat olla absoluuttisesti merkittäviä lukuja.

Mallinnukseen perustuva lähestymistapa auttoi ymmärtämään, mitkä osaprosessit ovat kaikkein merkityksellisimpiä hiilidioksidipäästöjen muodostumiselle. Tutkimuksen ja kehityksen suuntaaminen näihin mahdollistaa suurimman vaikuttavuuden. Lähestymistapa myös mahdollistaa eri vaihtoehtojen ja kehityssuuntien objektiivisen vertailun. Tulevaisuudessa näemme varmasti, että teknologiaselvityksissä investointi- ja käyttökus-

tannusten lisäksi vertaillaan eri vaihtoehtojen tuottamia hiilidioksidipäästöjä.

Ehkä joskus tulevaisuudessa pystytään faktapohjaisesti vastaamaan kysymykseen siitä, kuka tuottaa vihreintä metallia. ▲

Lähdeteokset:

<https://www.vttresearch.com/en/news-and-ideas/carbon-handprint-evolved-environmental-handprint-vtt-and-lut-developed-positive>

https://www.mogroup.com/portfolio/hsc-chemistry/?gclid=EAIaIQobChMI-genk87KL9AIVFtGyCh2WcgbjEAYASAA-EgLh9vD_BwE

C. Alexander, H. Johto, M. Lindgren, L. Pesonen, A. Roine, Comparison of environmental performance of modern copper smelting technologies, Cleaner Environmental Systems, Vol. 3, 2021, 100052

J. Hamuyuni, H. Johto, A. Bunjaku, S. Vatanen, T. Pajula, P. Mäkelä, M. Lindgren, Simulation-based life cycle assessment of ferrochrome smelting technologies to determine environmental impacts, Journal of Cleaner Production, Vol. 295, 2021, 126503

Ilmastoneutraalius vaatii investointeja kiertotalouteen ja jäljitettävyyteen

TEKSTI: **OLLI SALMI**
DIRECTOR

EIT RAWMATERIALS BALTIC SEA INNOVATION HUB



Euroopan komissio julkaisi viime kesänä uusiutuvan energian direktiiviä ja ilmastotoimenpiteitä kiihdyttävän Fit for 55 -säädöspaketin. Sen tavoitteena on vähentää EU:n kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 55 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta, mutta päästövähennysten lisäksi Fit for 55 sisältää energian varastointia, sähköajoneuvoja ja uusiutuvaa energiaa koskevia konkreettisia tavoitteita. Yhtenä säädöspaketin tavoitteena on nostaa uusiutuvan energian osuus 40 prosenttiin, mikä tarkoittaa merkittävästi tuuli- ja aurinkovoiman kapasiteetin kasvattamista.

Sinänsä ei ole uutinen, että energiatehokkuustavoitteet johtavat väistämättä merkittävään mineraalien ja metallien kysynnän kasvuun, ja että vahva Euroopan raaka-ainesektori on tärkein kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen mahdollistaja. Fit for 55 -paketissa esitetyt tavoitteet ovat kuitenkin niin kovia, että herää kysymys millä tavoin niihin päästään, ei vain metallien ja muiden raaka-aineiden osalta, vaan erityisesti koko energijärjestelmän muutoksen kautta.

Siirtyminen pois fossiilisiin polttoaineisiin perustuvasta energiataloudesta seuraavan vuosikymmenen aikana tarkoittaa näet sitä, että energiatalous tulee perustumaan massiivisessa mittakaavassa aurinkokennoihin, tuuliturbiineihin ja polttokennoihin sekä energian varastointiratkaisuihin kuten akkuihin ja vetyyn varastointiin. Polttokennot ja elektrolyysi tarjoavat hyvän esimerkin mittakaavasta: tällä hetkellä EU:n energijärjestelmässä niiden osuus on noin 2 % ja tämän osuuden tulisi kasvaa noin 15



prosenttiin vuoteen 2050 mennessä. Aurinkoenergian osuuden puolestaan tulisi kasvaa 24 % vuoteen 2030 saakka, jotta uusiutuvien osuus energiapaletista toteutuisi.

Jotta Fit for 55:n edellyttämiin muutoksiin saadaan riittävästi investointeja, on ensisijaisen tärkeää löytää strateginen tahtotila, hyödyntää teknisiä innovaatiomahdollisuuksia ja varmistaa kestävä raaka-aineiden tuotanto.

Tuoreeltaan julkaistu Euroopan parlamentin päätös tukee näitä tavoitteita. Parlamentti hyväksyi 24.11.2021 MEP Hildegard Bentelen aloitteesta tarkennuksia Euroopan kriittisten raaka-aineiden

strategiaan yli 80 konkreettisen toimen voimin. Tärkeimpinä nostoina parlamentti kuuluttaa eurooppalaisen raaka-ainealan ja kiviaineteollisuuden aktivoitua sekä jäsenvaltioiden roolia kriittisten raaka-aineiden strategian toteuttamisessa. Bentelen aloitteesta peräänkuulutetaan esimerkiksi kansallisten elvytysstrategioiden käyttämistä kriittisten raaka-aineiden saatavuuden varmistamiseen erityisesti kierrätyksen kautta ja suositellaan IPCEI-instrumentin käyttöä kriittisten raaka-aineiden ympärille.

Suomalaisesta näkökulmasta kiinnostavaa on parlamentin kanta akkuarvoketjuun ja sen tukemiseen mm. Euroopan raaka-aineallianssin (ERMA) kautta. Euroopan komission johdolla seuraavat askeleet tähtäävät teollisuuden, jäsenvaltioiden, alueiden, sijoittajien ja kansalaisjärjestöjen yhteistoiminnan vahvistamiseen kaikkein kriittisimpien materiaalipullonkaulojen ratkaisemiseksi Euroopassa. ▲



Kuva1. Moreeninäytteen ottoa MinExTarget-projektin testialueella Pohjois-Suomessa

JANNE KINNUNEN.

MinExTarget – malmiesiintymien sormenjäljillä

Yhteiskunnan kasvava raaka-ainetarve mukaan luettuna vihreää siirtymää tukevat ratkaisut edellyttävät uusien malmiesiintymien etsintää ja hyödyntämistä. Uusien malmiesiintymien löytäminen on kuitenkin käynyt koko ajan vaikeammaksi, sillä ne ovat joko osittain tai kokonaan hautautuneet ja sijaitsevat syvemmällä kallioperässä. Uusille innovaatioille on kysyntää, sillä kaivannaissektori tarvitsee yhä kehittyneempiä työkaluja malminetsintään.

TEKSTI: KRISTINA KARVONEN

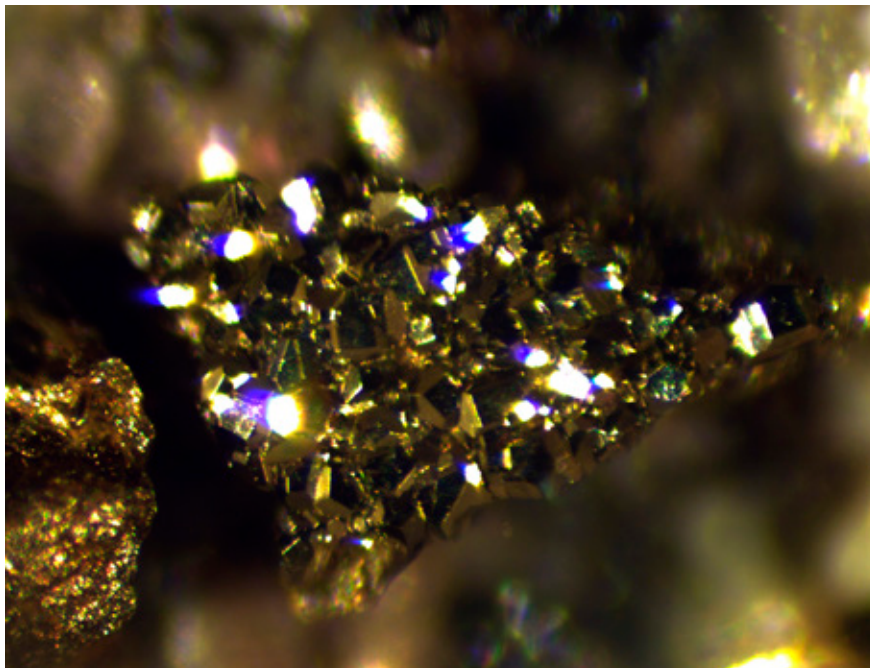
MinExTarget – Enhanced Use of Heavy Mineral Chemistry in Exploration Targeting -projektissa kehitetään työkalupaketti ja siihen perustuva palvelu, jossa glasiaali-, puro- ja ranta-sedimenteissä esiintyvien raskasmineraalien alkuperäinen kiteytymisympäristö karakterisoidaan hivenaine- ja isotooppikoostumuksen avulla. Tieto raskasmineraalien lähteestä mahdollistaa pintasedimenttien geokemiallisten anomalioiden aiheuttajan tunnistamisen ja tutkimusten tarkemman

kohdentamisen jo malminetsinnän varhaisessa vaiheessa. MinExTarget tuo jokapäiväiseen käyttöön automaattiset elektroniopitiset ja laserablaatio ICP-MS-menetelmät raskasmineraalien karakterisoimiseksi. Kolmivuotinen projekti on Euroopan Unionin EIT RawMaterials:in rahoittama. Projektin testialueet sijaitsevat Pohjois-Suomessa, Pohjois-Norjassa, Puolassa ja Grönlannissa.

Haastava alku

MinExTarget-projekti käynnistyi vuoden 2020 alussa. COVID-19 pandemia luon-

nollisesti vaikeutti kansainvälisen projektin alkua. Monia suunniteltuja tehtäviä jouduttiin siirtämään sekä muuttamaan etäyhteydellä toteutettaviksi. Esimerkiksi projektissa toteutettava näytteenkäsittelymenetelmien testaus ja niiden optimointi automatisoitua mineralogiaa varten edellyttää tutkijoiden liikkuvuutta laboratorioiden välillä. Koska liikkumista rajoitettiin COVID-19-säännösten vuoksi vuonna 2020, laboratoriokäynnit ja niihin liittyvät analyttiset työt jouduttiin suunnittelemaan uudelleen ja siirtämään osittain vuoteen 2021. Haasteista huolimatta



Kuva 2. Pyriitti

ta vuonna 2020 muun muassa perustettiin testausalueiden raskasmineraalinäytepankit ja tehtiin täydentävää näytteenottoa osalla testialueista. Lisäksi määritettiin näytekäsittelykäytäntöjä automatisoitua mineralogian ja massaspektroskooppianalyysyä varten ja aloitettiin kokeet näiden käytäntöjen aika- ja kustannustehokkuuden parantamiseksi.

Yksi ensimmäisen vuoden merkittävimmistä tuloksista oli MinExTarget Oy:n perustaminen joulukuussa 2020. MinExTarget Oy varmistaa malminetsintään kehitetyn palvelun kaupallistamisen ja sen osakkeenomistajina ovat projektissa mukana olevat Palsatech Oy ja CRS Laboratories Oy.

”Tajusimme jo varhain, että paras järjestely MinExTarget-projektin tulosten kaupallistamiselle olisi spin-off-yhtiön perustaminen. Yhtiö vastaisi projektin kehittämien uusien malminetsintäpalvelujen myynnistä”, toteaa projektipäällikkö **Juha Kaija** Geologian tutkimuskeskuksesta (GTK).

Yhtiön perustamisen taustatiedoiksi tarvittiin arvioita malminetsintämarkkinan koosta ja kehittymisestä sekä alan arvoketjuista ja kilpailijoista. Yhtiö tarvitsi myös alustavan, mutta toimivan liiketoimintamallin, jonka pohjalta toimintaa voidaan kehittää. Tässä työssä keskeisessä roolissa on toiminut Oulun yliopiston kauppa- ja keuhakoulu, erityisesti Martti Ahtisaari Instituutti ja sen tutkijat.

”Koronasta huolimatta vuosi 2020 oli varsin tehokas ja työn täyteinen. Myös yhteis-

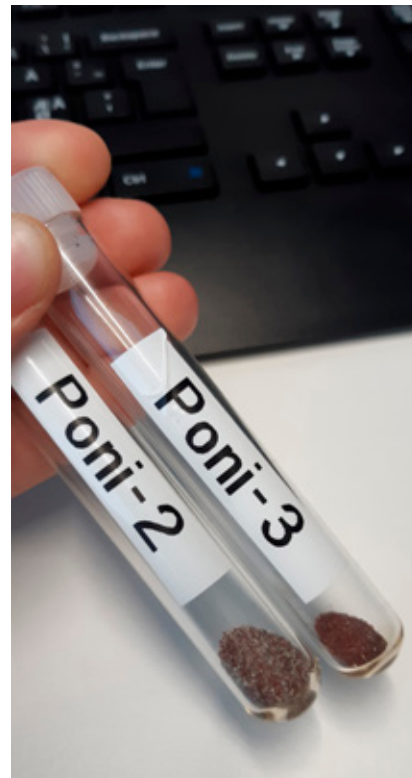
työ on toiminut kiitettävästi, ja tänä vuonna projekti on jatkunut mm. pilottitutkimuksilla, joista olemme jo saaneet lupaavia tuloksia”, Kaija kertoo.

Näytekäsittelymenetelmät kehitteillä

Näytekäsittelymenetelmien tulee olla toimivia ja taloudellisia, jotta pintasedimenttinäytteiden raskasmineraaleja voidaan hyödyntää malminetsinnässä. Raskasmineraalien erottaminen sedimenteistä on työlästä ja vaatii usein myrkyllisten raskasnestien käyttöä. MinExTargetissa tutkijat etsivät turvallisempia ja kustannustehokkaampia tapoja raskasmineraalien erottamiseen sedimenttinäytteistä.

”Olemme testanneet moreeninäytteen esikonsentroitua Knelsonin ja mikrovaskauksen avulla. Menetelmä vaikuttaa erittäin lupaavalta. Tarvitsemme kuitenkin vielä lisätestejä, sillä testialueelta saamamme näytteet sisälsivät erittäin vähän käyttökelpoisia sulfideja”, kertoo päägeologi **Hannu Ahola** Palsatech Oy:stä. Palsatech Oy on uudistanut raskasmineraalien tutkimustiloja projektin aikana. Uuden menetelmän jatkotestaukset alkavat pian uusilla näytteillä.

Raskasmineraalien erottaminen sedimenttinäytteistä tehdään usein myrkyllisillä raskasneesteillä. CRS Laboratories Oy on testannut aitojen ja synteettisten näytteiden käsittelyä ympäristöystävällisemmällä polyvolframaatti-raskasneesteillä.



Kuva 3. Kahdella eri raskasneesteellä tehtyjen raskasmineraalierottelujen tulokset samasta näytteestä

”Olemme testanneet SPT- (natriumpolyvolframaatti) ja LST (litiumheteropolyyvolframaatti)-raskasneesteitä, joita käytetään mineraalien erotteluun niiden tiheyden perustuen. Tavoitteena on valmistaa raskaampia raskasmineraaliparaatteja kuin on yleensä mahdollista ilman myrkyllisiä kemikaaleja. Tässä hyödynämme kuumennettuja raskasneesteitä, mikä mahdollistaa niiden turvallisen käytön hyvin tiheinä liuoksina”, kertoo CRS Laboratories Oy:n toimitusjohtaja **Ville Anttila**.

Pilottitutkimus

GTK ja Mawson Oy tekivät pilottitutkimuksen Ylitornion ja Rovaniemen rajalla sijaitsevan Rajapalojen alueen mineralisaatiotyyppien karakterisoinniseksi. Testialueelta saatua tietoa ja pilotissa kehitettyjä menetelmiä ja tekniikoita tullaan jatkossa soveltamaan myös muunlaisten geologisten ympäristöjen ja mineralisaatiotyyppien tutkimuksissa.

”Sulfidien niukkuus testialueemme näytteissä saattoikin osoittautua hyväksi asiaksi. Se on pakottanut meidät miettimään strategiaamme hieman uudelleen ja ymmärtämään, että näytteenotto-suunnitelmaa ja näytteenottoa ei kannata rakentaa ainoas-

taan yhden, erityismielenkiinnon kohteena olevan mineraalin varaan”, kertoo MinEx-Target-projektin tieteellinen koordinaattori **Hugh O'Brien** GTK:sta.

”Testialueen malmivektoroinnissa keskitymme nyt sheeliitin hivenainekoostumukseen, sillä sitä esiintyy Rajapalojen alueen malmissa ja moreeninäytteissä. Aiempien tutkimusten perusteella meillä on myös hyvä käsitys kullan esiintymisen kannalta tärkeimmän mineralisaatiotapahtuman iästä. Määrittämällä uraani-lyijy-ajoituksella monatsioniittien ikä alueen moreeninäytteistä voimme kohdistaa malminetsintää alueille, joissa moreenissa esiintyvät monatsiitit ovat saman ikäisiä kuin alueelta aiemmin löydetty kultamineralisaatiot. Kykymme hyödyntää useiden eri mineraalien hivenaine- ja isotooppikoostumuksia tulee olemaan kehittämämme palvelun vahvuus”, O'Brien jatkaa.

Näytteiden käsittely, valmistelu ja analyysit pilottitutkimuksen osalta valmistuvat vuoden 2021 loppuun mennessä.

Tietokantoja kehitetään

Datan ja paikkatietojen kokoaminen on käynnissä myös projektin muilla testialueilla. Samalla luodaan projektialueiden analysointiin tarvittavia tietokantoja ja kehitetään järjestelmää, jossa tiedot ovat helposti siirrettävissä keskitetysti samalle alustalle.

Min-ExTarget-projektin testialueet valittiin siten, että ne edustavat erilaisia mineralisaatiotyyppisiä. Kaikkia malmityyppejä testialueet eivät kuitenkaan kata. Siksi MinExTarget -projektin tutkijat kävivät läpi satoja tieteellisiä julkaisuja, joista koottiin massiivinen LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) -hivenainetietokanta. Tietokantaa tullaan käyttämään sedimenteistä löytyvien raskasmineraalien karakterisointiin. ”Tietokanta sisältää nyt yli 20 000 kassiteriitti-, rikkikiisu-, kuparikiisu-, apatiitti-, sheeliitti- ja volframiitti-analyysejä”, kertoo professori **Adam Piestrzyński** Tiede- ja teknologiayliopistosta (AGH University of Science and Technology) Puolasta.

Koulutusta

Projektilla on myös koulutuksellinen puoli. MinExTarget pyrkii vastaamaan niin opiskelijoiden, valmistuneiden kuin ammattilaistenkin kehitystarpeisiin mineraalisektorilla sekä tukemaan innovaatiotoimintaa ja yrittäjyyttä. ”MinExTarget projektissa tähän mennessä pidetyt kurssit ja luennot on järjestetty täysin etänä alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen. Osanotto on kuitenkin



Kuva 4. Sheeliittikiteitä ultraviolettivalossa

ollut ilahduttavan runsasta”, toteaa professori **Pertti Sarala** Oulun yliopistosta. Projektiin on myös palkattu useita nuoria tutkijoita ja väitöskirjan tekijöitä.

Webinaarit ja työpajat

MinExTargetin yhteistyössä EIT RawMaterials Academyn kanssa kesäkuussa 2021 järjestämä online-kurssi ”Fingerprinting techniques in mineral exploration” täytti kaikki odotukset. Luennoille osallistui yli 80 henkilöä 25 eri maasta. Pienryhmätyöskentelyä ja harjoituksia sisältäneeseen käytännön osuuteen valittiin 25 opiskelijaa. ”Viikon mittaisen kurssin aikana alan asiantuntijat eri puolilta maailmaa pitivät yli 20 luentoa. Palaute osallistujilta oli todella positiivista”, kertoo apulaisprofessori **Sabina Strmic-Pa-**

linkas Tromssan yliopistosta (The Arctic University of Norway, UiT).

Lokakuussa 2021 pidettiin myös pro gradu- ja tohtoriopiskelijoille sekä geoammattilaisille suunnattu kolmen webinaarin sarja sormenjälkiteeman puitteissa. ”Webinaarisarja ”Geochemical fingerprinting and indicator mineral research techniques in mineral exploration” keräsi liki sata osallistujaa”, Sarala kertoo. Webinaarisarjan järjesti MinEx-Target-projekti yhteistyössä GTK:n Strategisen kehittämissuunnitelman ja Oulu Mining Schoolin kanssa.

”Järjestämme myöhemmin tänä vuonna myös työpajan aiheesta 'Heavy mineral' concentration and advanced identification techniques, and isotopic and trace element analytical techniques”, Sarala jatkaa.

Maisteriopiskelijoiden koulutus

MinExTarget-projektissa panostetaan geoammattilaisten koulutukseen, jossa edistetään ympäristövastuullista malminetsintää ja mineraalivarantojen hyödyntämistä. Tähän mennessä neljä opiskelijaa on suorittanut menestyksekkäästi maisteriopintonsa. Heidän pro gradu-työnsä liittyivät kupari- ja kultamineralisaatioiden ja niihin liittyvien purosediimenttien mineralogiseen, geokemialliseen ja stabiilien isotooppien karakterisointiin Norjassa.

”Olemme erittäin ylpeitä siitä, että kaikki neljä opiskelijaa ovat jo löytäneet työpäikän mineraalisektorilta Pohjoismaista”, Strmic-Palinkas kertoo.

MinExTarget on Geologian tutkimuskeskuksen vetämä, kolmivuotinen EIT RawMaterials-rahoitteinen projekti, jossa hankepartnereina ovat Tiede- ja teknologiayliopisto (AGH University of Science and Technology) Puolasta, CRS Laboratories Oy Suomesta, Tanskan ja Grönlannin geologinen tutkimuskeskus (Geological Survey of Denmark and Greenland, GEUS), Palsatech Oy Suomesta, Mawson Oy Suomesta, Oulun yliopisto (Mining School ja Oulu Business School/ Martti Ahtisaari Institute of Global Business and Economics) ja Tromssan yliopisto (The Arctic University of Norway, UiT) Norjasta. ▲

FINNMATERIA

PAVILJONKI JYVÄSKYLÄ 25.-27.10.2022

Pohjoismaiden johtavat
erikoismessut koko vuoriklusterille

Aloita vuosi 2022 menestyksekkäästi ja
varaasi paikkasi alan huipputapahtumaan
FinnMateriaan!

finnmateria.fi

PAVIL
JONKI

MATERIA

 Vuorimiesyhdistys
Bergsmannaföreningen ry

Jyväskylän
MESSUT

FLOWROX OY ON NYT ROXIA

ROXIA

PERFORMANCE — DRIVEN BY PEOPLE

Suomalaista huippuosaamista vuorimiehille

Nesteen ja kiinto-
aineen erotus

Ympäristö-
teknologiat

Teollisuusautomaatio
ja digitaaliset ratkaisut

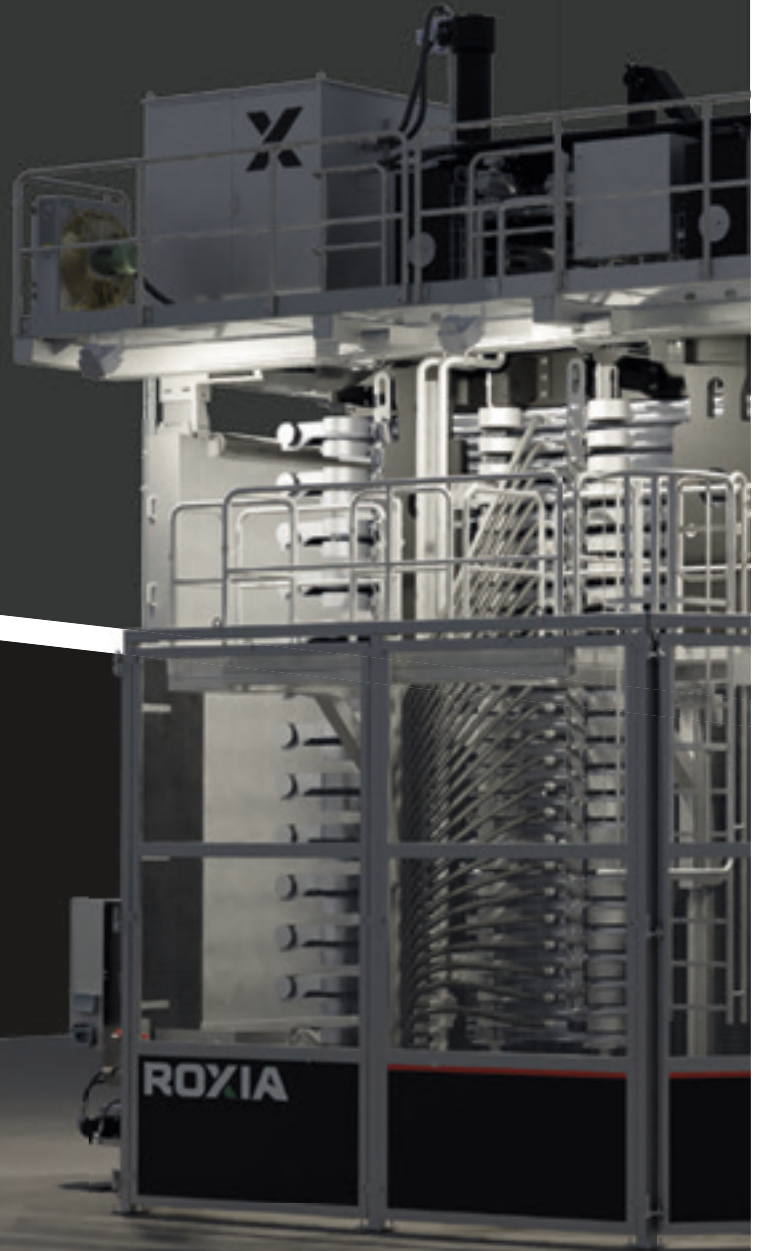


Greenreality

BALTIMORE DUSSELDORF JOHANNESBURG KEMINMAA LAPPEENRANTA LIMA MOSCOW PERTH SANTIAGO SHANGHAI STOCKHOLM

Roxian torniprässi

- Suodatuspinta-ala
60—144 m²
- Nopeampi,
turvallisempi &
fiksumpi
- Helpompi käyttää
& huoltaa



Ota yhteyttä ja tilaa koesuodatus!

0201 113 311 / sales@roxia.com





Tapojärvi ja Yara Siilinjärven kaivos kehittävät päivittäistä kaivostoimintaa yhdessä. Allianssityyppisessä toimintamallissa hyödynnetään molempien toimijoiden osaamista.

Uudenlaisen tekemisen aikakausi käynnistyy Yara Siilinjärven kaivoksella

TEKSTI: TIINA NOUSIAINEN, TAPOJÄRVI JA TANJA HELMINEN, YARA

Allianssissa palvelun tilaaja ja urakoitsija pelaavat yhteiseen maaliin

Kaivosalalla Suomessa ovat olleet käytössä perinteiset urakkamallin sopimukset, joissa yhtiö tilaa työsuoritteita urakoitsijalta ja urakoitsija laskuttaa sen mukaan, minkä verran töitä on tehty. Molemmat yritykset optimoivat omaa voittoa.

Tammikuussa 2020 Yara Suomi Oy ja Tapojärvi tekivät historiaa allekirjoittamalla uudenlaisen kumppanuussopimuksen, jossa Yara Siilinjärven kaivos ja kaivospalveluista vastaava Tapojärvi kehittävät, suunnittelevat ja johtavat päivittäistä toimintaa tiiviissä yhteistyössä. Toiminnan ytimessä ovat jatkuva kehitys ja molempien toimijoiden osaamisen hyödyntäminen. Allianssityöskentelyn sopimuskauden pituus on kymmenen vuotta. Tuotanto alkaa tammikuussa 2022.

- Allianssissa kaikki data saadaan jaetuksi Tapojärven ja Yaran välillä. Näin päästään entistä paremmin analysoimaan tuotantoa ja optimoimaan toimintoja kohti kestävää kaivostuotantoa. Meillä on yhteinen maali. Sovimme vuosittain tavoitekustannukset ja jos niihin päästään ja saadaan voittoja, ne jaetaan yhdessä. Jos emme pääse tavoitteeseen,

tappiotkin kärsitään yhdessä, kertoo Yara Siilinjärven kaivospäällikkö **Mikko Keränen**.

- Pitkäaikaisen sopimuskauden aikana tekniikka kehittyi ja maailma menee eteenpäin. Allianssi mahdollistaa muutokset sopimuksen aikana, koska päätökset tehdään yhdessä. Turvallisuus, laatu ja kannattavuus sekä ympäristön hyvinvointi tulevat olemaan keskeisessä roolissa palveluita kehitettäessä, Tapojärven operatiivinen johtaja **Martti Kaikkonen** jatkaa.

Jaettua dataa ja osaamista

Koska tuotantomaailmassa ei ole aikaisemmin ollut allianssityöskentelyä, alkoi toimintasuunnittelun rakentaminen nollassa.

Yara ja Tapojärvi perustivat molempien toimijoiden asiantuntijoihin tiimit, jotka lähtivät suunnittelemaan toimintaa, tuotantoa, kalustoa ja järjestelmiä, joilla data saataisiin yhteisesti käyttöön. Lisäksi luotiin kokonaan uusi organisaatiomalli ja lopulta yhteinen organisaatiokin, sillä työtavat ja myös tehtävät muuttuvat.

- Allianssissa kaikki tehdään yhdessä. Meillä on tällainen Open book -periaate eli kaikki se data, mitä tuotannosta kertyy, on meidän yhteisessä käytössämme ja yhdes-

sä pääsemme optimoimaan tuotantoa sen mukaan. Voimme hyödyntää molempien osaamista ja kommunikoida reaaliajassa. Kehittämistyö on jatkuvaa, mikä avaa meille uusia tulokulmia ja mahdollisuuksia päästä parempiin tuloksiin kuin perinteinen urakkamalli, Keränen jatkaa.

Reaaliaikaista tiedonsiirtoa hyödynnetään muun muassa suunnittelussa ja tulevissa työvaiheissa. Esimerkiksi Sandvikin etäoperoitava porauslaite tuottaa dataa muun muassa kiven ominaisuuksien muutoksista ja sitä tietoa voidaan hyödyntää louhinnan suunnittelussa.

Teknologiaa ja turvallisuutta

Kesäkuussa 2020 Tapojärvi tilasi Avesco Oy:ltä aivan uuden kaluston Siilinjärven kaivostoiminnan operointiin. Tilaus sisälsi lastauskoneet, kiviautot, puskukoneet ja tiehöylän kaivostoiminnan operointiin. Lisäksi Tapojärvi investoi uudella teknologialla varustettuihin etäohjattaviin porauslaitteisiin.

- Koneiden hankinta on iso investointi ja osoittaa sitoutumistamme pitkäjänteiseen toimintaan allianssikumppanin kanssa. Sen ytimessä on jatkuva parantaminen. Allians-



Uusien työntekijöiden perehdytykset ja uuden kaluston käyttökoulutukset aloitettiin syyskuussa.



Marras-joulukuun vaihteessa käynnistyy tuotannon stressitestijakso, jossa tuotantoa pyöritetään keskeytyksettä kahden viikon ajan.

sin taustalla on kaivostoimialan murros, joka tuo kaivoksille erilaisia digitaalisia ratkaisuja kuten etäoperointia ja automaatiota, Kaikkonen sanoo.

Uutta teknologiaa hyödyntävän poralaitteiston hankinta on konkreettinen osoitus automaation ja etäohjauksen yhdistämisestä kaivosteknologiaan.

– Turvallisuus paranee, kun laitetta voidaan etäohjata ja tuottavuus kasvaa, kun yksi henkilö voi ajaa useampaa konetta, Yara Siilinjärven kaivoksenjohtaja **Antti Savolainen** summaa.

Yli 100 uutta työntekijää

Allianssin tuotannon käynnistymiseen on enää muutama kuukausi. Tässä vaiheessa kalusto alkaa olla kasattuna ja testiajot ovat käynnistyneet. Yhteinen toimitila – Big room – on rakenteilla.

– Samassa tilassa toimittaessa suunnitelmien yhteensopivuus, oikea-aikainen tiedonkulku, ajankäyttö ja joustavuus korostuvat. Voimme ottaa huomioon kaivospalveluiden vaatimukset entistä paremmin apatiitin rikastustuotannon optimoimiseksi, hyödyntää tietoja ja tehostaa toimintaa, linjaa allianssin projektipäällikkö **Ari Jaakonmäki**.

Uusien toimitilojen lisäksi myös uusia työntekijöitä tarvitaan. Allianssityöt alkavat vaiheittain valmistelun edetessä. Varsinainen operatiivinen toiminta käynnistyy 1.1.2022.

– Tulemme palkkaamaan Siilinjärvelle kaikkiaan reilusti yli 100 uutta työntekijää, Kaikkonen laskee. ▲

Yara on maailmanlaajuinen lannoitteiden, ympäristönsuojelutuotteiden ja teollisuuskemikaalien tuottaja. Yaran toimintaympäristössä toimintaan vaikuttavat globaalit haasteet, kuten väestönkasvu, ruokaturva, luonnonvarojen niukkuus sekä ilmastonmuutos. Yaran ratkaisuihin painottuvat vahva kumppanuus ja teknologian hyödyntäminen sekä digitaaliset palvelut. Yaran matalan hiilijalanjäljen lannoitteilla ja viljelyratkaisulla on tärkeä rooli kestävässä maatalouden kehittämisessä.

Yara Siilinjärven päätuotteita ovat lannoitteet ja fosforihappo. Kaivoksesta saadaan maailman puhtainta apatiittia, josta irrotetaan fosforia lannoitteiden raaka-aineeksi. Toimipaikalla valmistetut lannoitteet käytetään pääosin kotimaan peltoviljelyssä ja metsien lannoituksessa.

Yara on Kuopion alueella merkittävä ja Siilinjärvellä suurin teollinen työnantaja. Siilinjärven toimipaikalla työskentelee päivittäin 700 henkilöä ja toimipaikan työllisyysvaikutus on reilu 2200 henkilötyövuotta. www.yara.fi

Tapojärvi on teollisen kiertotalouden edelläkävijä, joka palvelee tehtaita ja kaivoksia vähentäen ilmaston kuormitusta ja säästäten luonnon neitseellisiä materiaaleja. Yrityksen strategiassa on tavoitteena löytää uusia näkökulmia kiertotalouden haasteisiin.

Tapojärvi tuottaa kaivospalveluja Suomessa Outokummun Kemian kaivoksella, Kevitsan kaivoksella Sodankylässä, Sotkamo Silverin kaivoksella Kainuussa, Agnico Eaglen kultakaivoksella Kittilässä sekä valmistele vuoden 2022 alussa alkavaa allianssia Yara Siilinjärven kaivospalveluiden parissa. Keväällä 2020 alkoi myös monivuotinen palvelusopimus LKAB:n Malmbergetin kaivoksessa Ruotsissa.

Kaivospalvelujen lisäksi Tapojärvi työskentelee terästehtailta Raahessa, Torniossa ja Italiassa Acciai Speciali Ternin tehtaalla. Työkohteina ovat ferrokromi- ja jaloteräsrkastamot Torniossa ja kuonankäsittelylaitos Italiassa. Tapojärvi on pohjoissuomalainen perheyrittäjä, jossa työskentelee 700 henkilöä.



Tapojärvi Innovation Challenge 2021-kilpailun voittajatiimissä olivat Jaakko Kaksonen, Mirja Tuuri, Juho Röytiö sekä tapahtumasta poissa ollut Henna Pernu.

Lipeästä laataksi – ja muita kiertotalouden ratkaisuja

Tapojärvi Innovation Challenge haastaa opiskelijat kehittämään teollisuuden sivutuotteista uutta liiketoimintaa

TEKSTI: ANNE JAAKOLA, TIINA NOUSIAINEN
KUVAT: TAPOJÄRVI/JAAKKO HEIKKILÄ

Vuosi sitten Tapojärvi perusti Innovation Challenge -kilpailun Oulun yliopiston diploma- ja maisteritason opiskelijoille, jotta yritys voisi rekrytoida palvelukseensa uusia osaajia ja saisi nykyaikaisia ideoita teollisten sivutuotteiden tuotteistukseen. Viime vuoden voittajatiimin jäsenistä kaksi henkilöä työllistyi Tapojärvelle.

Tänä vuonna kilpailu järjestettiin uudelleen. Aiheena oli kehittää liiketoiminnallisesti hyödynnettäviä sovelluksia terästeollisuuden kuonille, kaivosteollisuuden rikastushiekoille sekä metsäteollisuuden sakoille (UPM).

Syksyn aikana 23 monialaista opiskelijaryhmää on syksyn aikana työstänyt uusia innovaatioita, joista neljä parasta ideaa valittiin esikarsinnasta finaaliin.

Tapojärvi palkitsi voittajaryhmän 10 000 euron rahapalkinnolla ja muut finalistit saivat 2000 ja 1000 euron palkinnot. Lisäksi ryhmällä on mahdollisuus päästä kehittämään ideoitaan eteenpäin yhdessä Tapojärven kanssa.

Innovaatiokilpailulla halutaan edistää opiskelijoiden ymmärrystä teollisuuden kiertotalouden haasteista ja auttaa ideoimaan teollisuuden sivuvirtoihin liittyviä kestäviä ratkaisuja uusien tuote- ja palveluinnovaatioiden kautta.

- Kilpailu sopii hyvin Tapojärven strategiaan, sillä haluamme olla aina edelläkävijöitä ja suunnata eteenpäin. Kilpailu luo työllistymismahdollisuuksia nuorille jo opiskeluvaiheessa. Samalla voimme edistää kiertotalousosaamista ja kenties löytää uusia tapoja säästää luonnonvaroja, sanoo Tapojärven vt. toimitusjohtaja **Mari Pilventö**.

Voittoon GLD:n avulla

Tämän vuoden Innovation Challengeen voittajaksi suoriutui tiimi, jonka innovaationa oli viherlipeäsakan eli GLD:n (green liquor dregs) käyttö kaivosten rikastushiekköjen neutraloinnissa. Muita finalistiaiheita oli-



Tapojärvi Innovation Challenge'n tuomareina olivat tänä vuonna Acciai Speciali Ternin (AST) HSE-johtaja Fernando Camponi, SSAB:n prosessikehityspäällikkö Jarmo Lilja, Oulun yliopiston teknillisen tiedekunnan lehtori Erno Mustonen sekä Tapojärvi Oy:n kaupallinen johtaja Henri Pilventö. Tapojärven hallituksen jäsen Mauri Kauppi ja vt. toimitusjohtaja Mari Pilventö juonsivat finaalityöläisyyttä.



Finaaliesityksiä äänestivät tuomariston lisäksi myös yleisö sekä paikan päältä että ruutujen takaa. Hiilidioksidi-absorbenttia innovoineet ryhmäläiset jännittivät omaa sijoittumistaan.

vat GLD:n käyttö keinotekoisena marmorin raaka-aineena, teräskuonan kalsiumoksidista valmistettu lääketieteellinen hiilidioksidi-absorbentti sekä lentotuhkan ja rautamalmin rikastushiekan käyttö keraamisten laattojen raaka-aineina. Finaalityöt kamppailivat kisan erittäin tasaväkisesti, ja voitto ratkesi desimaalien tarkkuudella.

- Luultavasti vain muutama ääni ratkaisi koko kisan, joten meillä varmaan oli myös tuuria matkassa. Silti kannatti tehdä töitä ja osallistua kilpailuun, koska pelkästään lottoamalla en ole koskaan voittanut näin paljon rahaa, naurahtaa **Mirja Tuuri** voittajatiimistä.

Vaikka viherlipeäskalalla on jo olemassa muitakin käyttökohteita, sitä päätyy edelleenkin massiivisia määriä loppusijoitukseen. Sen takia olisi tärkeää, että GLD:n käyttöä jatkajalostettuina tuotteina tutkittaisiin mahdollisimman paljon.

- Meillä oli alun perin kaksikin ideaa GLD:n käyttöön, mutta valitsimme tällä kertaa kaupallisesta näkökulmasta tehokkaamman ratkaisun, kertoo **Jaakko Kaksonen**.

Tiimin innovaatio yhdistää kaksi eri teollisuudenalaa. Siinä kaivosteollisuus voisi hyödyntää puu- ja paperiteollisuudesta tulevaa sivutuotetta omaan käyttöönsä kaivosten ri-

kastushiekkojen neutralointiin. Samalla voitaisiin vähentää luonnonmateriaalien sekä kemiallisten tuotteiden käyttöä.

- Luultavasti meidän innovaatiomme vahva puoli muihin verrattuna oli se, että viherlipeäskalan saaminen rikastushiekkojen neutralointiin olisi prosessina melko yksinkertainen, eikä se vaadi kovin paljoa jatkajalostusta, pohtii **Juho Röytiö**.

- Toki tämän innovaation työstäminen valmiiksi tuotteeksi vaatii vielä paljon työtä, mutta näyttää tällä hetkellä olevan täysin toteutettavissa, hän toteaa.

Tosielämän ratkaisuja teollisuuden ongelmiin

Toiseksi tullessa finaalityössä GLD-massan käyttöä tutkittiin keinotekoisena marmorin raaka-aineena.

- GLD:stä valmistettu marmori vastaa ominaisuuksiltaan alkuperäistä marmoria, mutta sen tekeminen, käsittely ja kuljetus olisi huomattavasti edullisempaa kuin perinteisen marmorin. Se vähentää tarvetta käyttää luonnonmateriaaleja, ja sillä on valtava kysyntä maailman markkinoilla. Haluaisin, että ainakin nämä asiat jäisivät teille esityksestämme mieleen, lataa tiimin myyntimies **Ari Lankinen**.

Kolmas ja neljäs innovaatio esittelivät lentotuhkan ja rautamalmin rikastushiekan käyttöä keraamisten laattojen raaka-aineina sekä lääketieteellisen hiilidioksidi-absorbentin valmistamista teräskuonan kalsiumoksidista. Molemmat työt saivat ansaitsemansa arvostuksen sekä yleisöltä että tuomareilta.

- Minä olisin ennemmin ottanut tuon kymmenkertaisen rahapalkinnon, mutta kaikki eivät voi joka kerta voittaa pääpalkintoa. Niin se vain menee, **Moona Kiistala** tunnustaa.

- Minä en tunne hävinneeni – meidän voitimme kaksikymmentä muuta tiimiä pääsemällä finaaliin. Kilpailu oli todella tasaväkisenä, ja kokemuksena tämä on ollut todella jännittävä. Näimme täällä todella ammattimaisia esityksiä, **Tellu Salmenkylä** iloitsee.

Kilpailun finaali nähtiin suorana live-lähetyksenä Tapojärven 66-vuotispäivänä 27. lokakuuta. Finaalissa kilpailutoitit arvioi kansainvälinen tuomaristo. Raadissa olivat mukana Acciai Speciali Ternin (AST) HSE-johtaja **Fernando Camponi**, SSAB:n prosessikehityspäällikkö **Jarmo Lilja**, Oulun yliopiston teknillisen tiedekunnan lehtori **Erno Mustonen** sekä Tapojärvi Oy:n kaupallinen johtaja **Henri Pilventö**. Myös yleisöllä oli mahdollisuus äänestää kilpailun voittajaa.

Kilpailufinaalin live-lähetysten tallenne löytyy tapojarvi.com-sivuston etusivulta tai osoitteesta <https://vimeo.com/640241668>.

Tapojärvi Innovation Challenge kasvattaa opiskelijoiden kiinnostusta mineraalialaa kohtaan

Vuoden 2021 Tapojärvi Innovation Challenge voittajatiimin jäsen **Mirja Tuuri** kertoo, että ennen kilpailuun osallistumista kaivannaisala oli hänelle itselleen hyvin kaukainen käsite.

- Tämä johtuu kyllä osittain siitäkin, että olen lähtöisin alueelta, jossa kaivannaisteollisuutta ei ole, joten kaivannaisalaa ei tule myöskään ajatelleeksi. Näin jälkikäteen voin kyllä rehellisesti sanoa, että katson kaivosteollisuutta aivan uudella kiinnostuksella, Tuuri pohtii.

- Kilpailu oli todella mielenkiintoinen ja oli mukava päästä tekemään kouluprojektia, joka perustuu käytännön ongelmaan ja johon voisi oikeasti löytää ratkaisun. Tapojärven järjestämä finaali oli todella hieno kokemus, jossa pääsi näkemään millaista työelämä voisi parhaimmillaan olla.

Myös **Jaakko Kaksonen** toteaa, että kaivosteollisuus ei ole ollut hänelle tuttu muuten kuin alan yhtiöiden osakesijoittamisen muo-

dossa. Hän on tiedostanut kaivosalan liiketoiminnallisen potentiaalinen, etenkin kasvavan akkukemikaalien käytön myötä.

Kilpailuun osallistuminen ja Tapojärven yritystoimintaan perehtyminen lisäsi Kaksonen kiinnostusta alaa kohtaan.

- Huomasin, että se on paljon muutakin kuin pelkkää kaivostoimintaa. Varsinkin kiertotalouden ja kestävä kehityksen asiat kiinnostavat tällä alalla. Olisi todella mielenkiintoista olla kehittämässä kaivosteknologiaa ja etenkin päästä mukaan tekemään ”jätteestä” tuottoisaa liiketoimintaa.

Tulevaisuuden tekijöitä kiinnostaa kiertotalous

Juha Röytiölle kaivosteollisuus ja mineraaliala ovat olleet jokseenkin tuttuja kesätöiden kautta.

Hän on työskennellyt kaksi kesää Outokummun Tornion terästehtaalla ferrokromituotannossa, jossa hän on perehtynyt kyseessä oleviin aiheisiin.

- Kesätöiden kautta ala on alkanut kiinnostaa etenkin kiertotalouden näkökulmasta, Röytiö kertoo.

Röytiön sekä muiden opiskelijoiden mukaan Innovation Challenge on erittäin po-

sitiivinen lisä Product development -kurssiin. Hän kertoo, että yhteistyö Tapojärven (ja UPM:n) kanssa kilpailun muodossa toi arvokasta tosielämän kokemusta tuotekehityksestä osana akateemista kurssia. Samalla se lisäsi teollisuusalan tunnettavuutta opiskelijoiden keskuudessa.

- Tämä kilpailu oli todella mielenkiintoinen mahdollisuus nähdä ja katsoa kaivosteollisuutta ja kiertotaloutta sellaisesta näkökulmasta, jota ei olisi kyllä muuten tullut vastaan, Röytiö sanoo.

Kisan järjestäminen on Röytiön mielestä vahva osoitus siitä, että Tapojärveä kiinnostavat tulevaisuuden tekijät ja uudet ideat jopa sellaisilta opiskelijoilta, joilla ei ole aiempaa kokemusta tai tietoutta kaivosteollisuudesta tai kiertotaloudesta.

- Se osoittaa yritykseltä edelläkävijyyttä sekä tulevaisuuteen orientoitumista, Röytiö summaa.

Hän uskoo, että yhteistyöstä ja kilpailusta on hyötyä myös tulevaisuudessa; jos ei mitenkään muuten, niin kokemuksen kautta.

- Toivottavasti tämä ei jää tähän, vaan on vasta alku yhteistyölle Tapojärven kanssa. ▲

www.euromineexpo.com

EURO MINE EXPO

Cutting edge innovations & the latest methods in mining

14-16 JUNE 2022 | SKELLEFTEÅ, SWEDEN



200
EXHIBITORS



>50%
MANAGERS



>40
NATIONS

**Euro
Mine Expo**



PARTNER:
GEORANGE

GOLD SPONSORS:
BOLIDEN

LKAB

SILVER SPONSORS:
SIEMENS

SKELLEFTEÅ

SANDVIK

eit FlawMaterials

NOLIA Euro Mine Expo is organized by Nolia AB



TUOTTAVUUTTA NOLLAPÄÄSTÖILLÄ

Akkukäyttöinen Sandvik DL422iE on täysin automatisoitu pitkäreikäporauslaite, jonka sähköinen voimansiirto mahdollistaa nollapäästöt myös ajon aikana. Laite tarjoaa paremman tuottavuuden, pienemmät ympäristövaikutukset ja turvallisemman työympäristön maan alla.



Sandvikin täysin autonominen ja akkukäyttöinen AutoMine®-konseptilaite hyödyntää tekoälyä ja uuden sukupolven sensoriteknologiaa kaivostoiminnan ja -turvallisuuden optimoimiseksi. Laite pystyy kartoittamaan ympäristönsä kolmiulotteisena ja reagoimaan siihen reaaliajassa. Konseptilaite suunnittelee ja mukauttaa omat reittinsä jopa jatkuvasti muuttuvissa ympäristöissä.

Sandvik tutkii 5G-verkon hyötyjä ja mahdollisuuksia maanalaisessa kaivostoiminnassa

Sandvikin testikaivos Tampereella on maailman ensimmäinen toimintaympäristö, jossa hyödynnetään 5G-teknologiaa. Kaivosliiketoiminnassa etäohjattavien koneiden, autonomisten ratkaisujen ja kaivoksen digitaalisten tuotantojärjestelmien kytkeminen verkkoon vaati toimintavarmaa datayhteyttä. Onnistunut kaivosautomaation ja digitaalisen kaivostuotannon seuranta lisäävät sekä tehokkuutta että turvallisuutta.

TEKSTI: TIINA HEINIÖ, KUVAT:SANDVIK

Tänä päivänä Sandvikin testikaivoksessa Tampereella hyödynnetään reaaliaikaisia datayhteyksiä ja videokuvaa, jotka liikkuvat huippunopeassa 5G-verkossa tekoälyn analysoitaviksi digitaaliseen operaatiokeskukseen. Valtavan datamäärän siirtäminen on mahdollista 5G-verkon suuren kapasiteetin ansiosta. Kapasiteetin

lisäksi 5G-teknologian hyötyjä ovat nopeat yhteydet ja alhainen viive. 5G:n ansiosta analytiikkasovellusten havaitsemat poikkeamat pystytään korjaamaan reaaliaikaisesti, jolloin prosessin laatua, luotettavuutta ja tehokkuutta voidaan parantaa.

Sandvik on sitoutunut tukemaan YK:n kestävän kehityksen tavoitteita Agenda 2030:n toteuttamiseksi. Ilmasto, kierrätet-

tävyys, ihmiset ja reilu toiminta ovat keskiössä kestävä liiketoiminnan strategisina tavoitteina. Näkökulmina ovat esimerkiksi CO₂-päästöjen puolittaminen, työympäristön turvallisuus ja vastuullinen tuotanto, jotka saavutetaan muun muassa tehokkaalla kierrätyksellä, ympäristöystävällisillä tuotantotiloilla, kierrätysmateriaalien käytön lisäämisellä ja energiatehokkailla ratkaisuilla. Teollinen 5G osaltaan avaa uusia mahdollisuuksia kaivosten tuottavuuden, turvallisuuden, vastuullisuuden ja maailmanlaajuisen kilpailukyvyyn parantamiseksi. Seuraavan sukupolven kaivosteknologian käyttöönotto, muun muassa autonomiset verkottuneet työkoneet, digitaalinen automaatio ja edistyneet analytiikka tuotannon, tilannetietoisuuden ja tilanteiden reaaliaikaiseen hallintaan, mahdollistavat turvallisuuden, tuottavuuden ja kestävä kehityksen parantamisen kaivostoiminnassa.

Next Generation Mining (NGMining) on uusi Business Finlandin rahoittama yhteishanke, jossa innovoidaan teollisiin 5G-privativerkkoihin sekä reunalaskenta- ja tekoälyteknologioihin pohjautuvia ratkaisuja digitalisoituvan kaivostoiminnan globaaleille markkinoille. Hankkeen keskiössä on autonomisten ja verkottuneiden liikkuvien työkoneiden turvallisen, kestävä ja tuottavan käytön mahdollistaminen maanalaisessa kaivostoiminnassa. VTT koordinoi yhteistä T&K-hanketta yhteistyössä johtavien teollisuusasiantuntijoiden Nokian ja Sandvikin kanssa.

”Tulevina vuosina 5G-verkon uskotaan helpottavan ja nopeuttavan monien toimialojen muutosta digitaalisiksi. Pääteläitekehitys on kuitenkin ratkaisevassa roolissa tulevaisuudessa, sillä ilman toimivaa päätelaitetta 5G-verkkoa ei voi hyödyntää. Tulevaisuuden trendejä, eri toimijoita, potentiaalisia liiketoimintamalleja ja erilaisia ekosysteemejä on runsaasti. Sandvik seuraa alan kehitystä tarkoin ja toimii yhteistyössä muiden yritysten ja oppilaitosten kanssa, jotta 5G-hypetyksen seasta voidaan poimia lisäarvoa tuottavat ominaisuudet kaivosteollisuudelle. Näyttää siltä, että sekä yritykset että kuluttajat hyötyvät jatkossa yhä enemmän samasta teknologiasta. Siinä, missä 5G:n mittava kapasiteetti ja lyhyet viiveet kasvattavat liiketoiminnan tehokkuutta, ne avaavat myös mahdollisuuksia tuottavuuden ja turvallisuuden parantamiseen,” kertoo teknologiajohtaja Jani Vilenius Sandvikilta.



Sandvik kehittää kaivoksille älykkäitä, itsenäisesti kulkevia laitteita ja reaaliaikaisia prosessinhallintajärjestelmiä. Kuva on Sandvikin digitaalisesta operaatiokeskuksesta Tampereen testikaivoksesta.

DIGITALISAATIO JA VERKKORATKAISUT EIVÄT OLE IRRALLISIA ILMIÖITÄ, VAAN YHTEYDESSÄ YHTEISKUNTIIN JA KAIKKEEN MUUHUN KANSAINVÄLISEEN TEKEMISEEN.



Tulevaisuuden trendejä, eri toimijoita, potentiaalisia liiketoimintamalleja ja erilaisia ekosysteemejä on runsaasti. Sandvik seuraa alan kehitystä tarkoin ja toimii yhteistyössä muiden yritysten ja oppilaitosten kanssa, jotta 5G-hypetyksen seasta voidaan poimia lisäarvoa tuottavat ominaisuudet kaivosteollisuudelle, kertoo Sandvikin teknologiajohtaja Jani Vilenius.

”Digitalisaatio ja verkkoratkaisut eivät ole irrallisia ilmiöitä, vaan yhteydessä yhteiskuntiin ja kaikkeen muuhun kansainväliseen tekemiseen. Digitalisaatioissa verkkoon kytketyt laitteet, tuotteet ja muut hyödykkeet tuottavat valtavasti dataa käytettäväksi niin, että voidaan puhua älykkäistä koneista, esineistä, tuotteista ja palveluista. Tällä hetkellä 5G-taajuuksia hallitaan maakohtaisesti. Toimijoille, jotka tavoittelevat kansainvälistä 5G-yhteensopivuutta, saattaa muodostua haasteeksi mahdollisten verkkokonfiguraatioiden suuri määrä.”

”Tulevina vuosina teemme paljon töitä mahdollistaaksemme kaivostoiminnan digitalisoitumisen eri keskeisten yhteistyökumppaneiden kanssa. Tavoitteena on kehittää kaivoksiin sopiva tietoliikenneinfrastruktuuri, joka sisältää integroituja ratkaisuja turvallisuus- ja seurantatekniikoiden sekä tekoälyn osalta autonomisten liikkuvien työkoneiden turvalliseen ja tehokkaaseen käyttöön maanalaisissa kaivoksissa. Sandvikin ainutlaatuinen testikaivos mahdollistaa uusimpien teknologioiden, ratkaisujen ja liiketoimintamallien luomisen sekä pilotoinnin,” päättää Jani Vilenius.▲

Xplorer-verkosto haluaa olla suomalaisen kaivannaisalan huippuosaamisen lippulaiva

TEKSTI: RIINA SALMIMIES

Mihin tarvitaan uutta kaivannaisalan verkostoa?” kysyttiin, kun LUT-yliopisto oli kutsuttu Suomen lippulayliopistoksi UNESCO:n tunnustamaan kansainväliseen kaivostekniikan osaamiskeskukseen. Dekaan Riina Salmimiehen on helppo vastata tähän. ”Suomalaisissa korkeakouluissa, tutkimuslaitoksissa ja yrityksissä on tarvittava osaaminen uudistamaan raaka-ainesektoria radikaalisti kestävyyshaasteiden ratkaisemiseksi. Yhdessä olemme myös kansainvälisellä pelikentällä enemmän. Olemme kaivannaisalalla uuden edessä ja nimesimme verkoston Xploreriksi löytöretkeilyn nimissä.”

UNESCO liitetään arkikeskusteluissa usein kulttuuriin ja koulutukseen. UNESCO on kuitenkin myös merkittävä tiedejärjestö, jonka tunnetuin aikaansaannos lienee CERN eli hiukkasfysiikan tutkimuskeskus. Tärkeitä UNESCO:n strategian toteuttajia ovat kaivostekniikan osaamiskeskuksen kaltaiset kategoria 2 -osaamiskeskukset. Ne ovat huippuyliopistojen muodostamia verkostoja, jotka ovat UNESCO:n etuoikeutettuja partnereita. Verkostot edistävät YK:n kestävän kehityksen tavoitteita tutkimuksen ja koulutuksen keinoin. LUT-yliopiston Xplorerin lisäksi kansallisia lippulaivoja on Saksassa, Itävallassa, Kiinassa ja Iso-Britanniassa.

Xplorer keskittyy tutkimuksessaan kaivosvesiin sekä kaivos- ja rikastustoiminnan sivuvirtoihin. Professori Antti Häkkinen on kiinteästi mukana verkoston kehittämisessä. Hän tutkimusryhmineen on yksi pisimmällä olevista geopolymeerikomposiittien tutkijoista. Häkkinen on mukana myös LUTin uudella SCI-MAT-tutkimuslupustalla, joka tekee tutkimusta epäorgaanisten materiaalien kestävästä kiertotaloudesta. LUTissa toimii myös CST eli Erotustekniikan keskus (Centre for Separation Technology), joka keskittyy pienten ja keskisuurten yritysten tukemiseen rahoitushauissa. ”Meillä on tässä koossa hyvä paketti, joiden yhteistyötä aion terävöittää tulevaisuudessa”, Häkkinen sanoo.

Tänä syksynä Xplorer-tiimiin liittyi teollisuusprofessori Jutta Nuortila-Jokinen, joka on tehnyt mittavan uran metsäteollisuudessa. Hän näkeekin paljon tuttua kaivannaisalan haasteissa. ”Xplorerin tunnus on Towards Zero Impact Mining eli kohti haitatonta kaivannaisteollisuutta. Tällä samalla ajatuksella lähdeittiin aikoinaan laittamaan metsäteollisuuden päästöjä kuriin hyvin tuloksin”, Nuortila-Jokinen sanoo. Hänen vahvaa osaamistaan on ekosunnittelu. Sen hallitseminen on keskeistä, sillä suunnittelijan pöydällä päätetään jopa 80 prosenttia lopputuotteen ympäristövaikutuksista sekä se, miten tehokkaasti tuotteiden kierrättäminen lopulta onnistuu. Parhailaan Nuortila-Jokinen kartoittaa tutkimuskohteita kaivosvesitutkimukseen. Lokakuussa pidetty kaivosvesi-workshop keräsi ison joukon kiinnostuneita keskustelemaan siitä, mihin suuntaan tutkimusta pitäisi viedä.

Xplorerin johtajana toimii TKT Matti Lampinen, joka vastaa myös verkoston koulutusasioista. Digitalisaatio ja kiertotalouteen siirtyminen mullistavat kaivannaisalaa vauhdilla, ja tämä vaatii uudenlaista osaamista. Xplorer-verkosto kehittää koulutusta aktiivisesti kansainvälisten kumppaneiden kanssa kurssitasolta aina tutkintoihin asti. ”Tällä hetkellä LUTissa pyörii esimerkiksi kurssi, jossa 80 opiskelijaa kehittää konkreettisia ratkaisuja alan kiertotalouden haasteisiin. Luennoitsijoina kurssilla toimivat eri organisaatioita edustavat asiantuntijat, jotta opiskelijat saavat globaalina näkömän koko arvoketjuun. Se luo vahvan pohjan ratkaisujen kehittämiseksi poikkiteollisissa ryhmissä. Yhdessä kes-

kuksen jäsenten kanssa pystymme vastaamaan kaivannaisalan suureen murrokseen”, Matti Lampinen sanoo.

Kaivostekniikan osaamiskeskuksen pääpaikka on Pietarin kaivosyliopistossa. ”Olemme Xplorer-verkostossa aitiopaikalla myös sen suhteen, että näemme, mitä naapurissa tapahtuu. Venäjän talous perustuu öljyyn, mutta sillä on kaikki edellytykset olla myös uusiutuvan energian supervaltta. Toivon, että yksi Xplorerin blogissa esiintynyt vierailija on oikeassa sanoessaan, että olemme nähneet kaivannaisalalla vasta uuden ajan räjähtävän alun”, verkoston koordinaattori Jaana Rynnänen sanoo. Xplorer-verkosto toivottaa tervetulleiksi kaikki organisaatiot, jotka haluavat edistää kestävästä mineraalikiertoa. ▲



Xplorer-verkoston johtaja Matti Lampinen (vas.) ja professori Antti Häkkinen (oik.)

JÄRJELLÄ LÄPI HARMAAN KIVEN

UUDEN SUKUPOLVEN CAT -KAIVUKONEET tarjoavat enemmän uusia teknisiä sovelluksia tuottavaan työntekoon.

CAT® 395



NEXT GENERATION 395

**7 ÖLJY
TYNNYRIÄ**

F SERIES

**12 ÖLJY
TYNNYRIÄ**



NEXT GENERATION 395

104 SUODATINTA

F SERIES

180 SUODATINTA

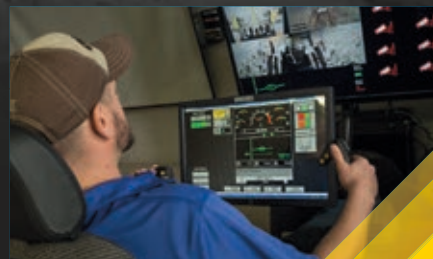
Huoltokulut

-20%

Enemmän tuottavuutta pienemmillä käyttökuluilla!

- Tuottavuus jopa +10% enemmän kuin F- sarjassa
- Huoltokulut jopa -20% (12000h käyttötuntia)
- Premium tason ohjaamo Suomi vakio varusteena
- Vaaka ja 2D ominaisuudet vakiona
- Etäohjaus lisävarusteena (vuonna 2022)

ETÄTÖIHIN VUONNA 2022!



CAT 395 koneeseen on saatavana etäohjaus lisävarusteena.

Kysy lisää omalta Cat-myyjältäsi!

Uusi kiinteähintainen huoltosopimus



- pidämme huolen koneestasi
- määräaikaishuollot kiinteään hintaan
- vähemmän käyttökatoja
- huollot haluamassasi paikassa
- turvaa koneesi jälleenmyyntiarvo

LET'S DO THE WORK.™

www.avesco-cat.fi

©2020 Caterpillar Inc. All rights reserved.

avesco **CAT®**

Metalleja muutetaan lämmöllä

Lämpökäsittelyn ja takomoiden toimialaryhmän webinaari 12.10.2021

Teknologiateollisuus ry:n Lämpökäsittelyn ja ja takomoiden toimialaryhmän webinaarissa 12.10.2021 tarkasteltiin talouden suhdanteita, tutustuttiin voimansiirtokomponenttien lämpökäsittelyihin ja saatiin tietoa 3D-tulostettujen Ti- sekä CoCr-seosten lämpökäsittelyistä ja HIPpauksesta. Kahden tunnin webinaariin mahtui kolme pääesitystä, joita seurasi enimmillään yli 60 kuulijaa.

TEKSTI: TUOMO TIAINEN

Webinaarin avannut toimialaryhmän puheenjohtaja, Bodycote Lämpökäsittely Oy:n myyntijohtaja **Erik Saviranta** totesi, että ryhmän edellisestä webinaarista oli kulunut lähes tarkalleen vuosi. Tänä vuonna oli tarkoitus tavata jo fyysisesti, mutta Covid-19 tilanteen vuoksi päädyttiin vielä järjestämään webinaari. Ensi vuoden helmikuussa 8.-9.2.2022 on kuitenkin tarkoitus järjestää fyysinen tapaaminen Hyvinkään Hotel Sveitsissä. Ohjelmaan sisältyy mielenkiintoisia puheenvuoroja mm. 3D-tulostuksesta, taon-

nasta, tarkkuusvalusta, aseista, hiilijalanjäljestä ja suunnittelusta. Futuristikin on kutsuttu paikalle. Yritysvierailujen kohteina ovat Sako, Sacotec, Konecranes ja Sten&Co. Tapaamisen yhteydessä järjestetään myös näyttely.

Saviranta muistutti myös Hyvinkäällä 10.-11.11. ja 17.11.2021 järjestettävästä kolmipäiväisestä lämpökäsittelykurssista lämpökäsittelyn perustietoja työssään tarvitseville henkilöille. Perusteiden lisäksi kursseilla perehdytään teollisuuden uusiin prosesseihin ja kehitetään tiedon soveltamista, tiimityöskentelyä sekä esiintymistaitoa. Saviranta esitteli

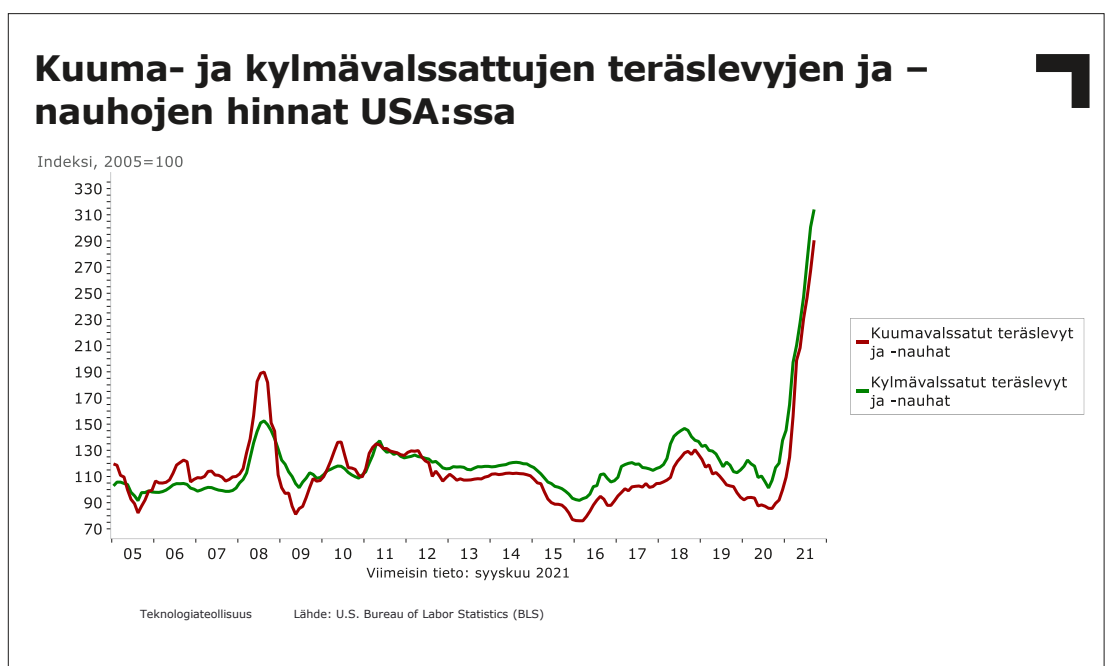
myös teknologiainfo Teknovan julkaisemat oppikirjat Lämpökäsittelyoppi 1 ja 2 sekä päivän webinaarin ohjelman.

Talouden suhdanteissa valopilkkuja

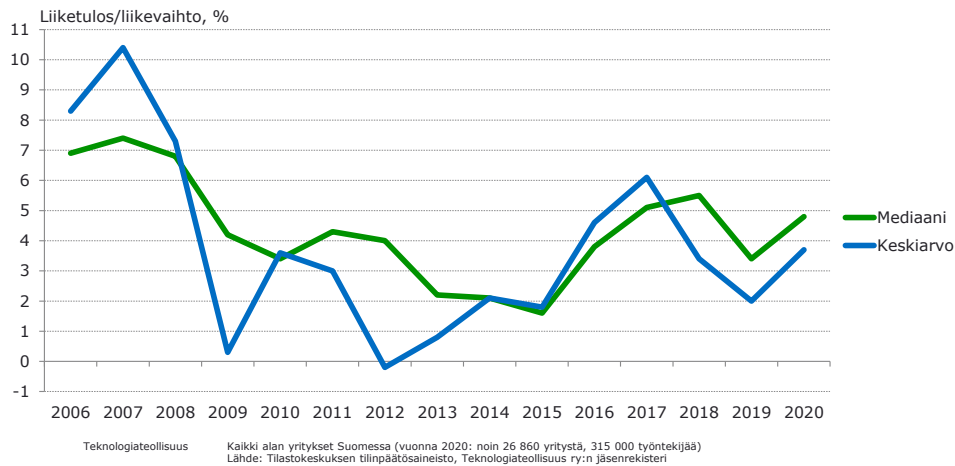
Teknologiateollisuus ry:n johtava ekonomisti **Jukka Palokangas** tarkasteli suhdannekatsauksessaan globaalin talouden isoa kuvaa sekä Suomen teknologiateollisuuden tilannetta. Hän tarkasteli myös Suomea suhteessa verrokkimaihin.

Maailman teollisuustuotanto on palautunut korona-aikaa edeltävälle tasolle. Suomessa myös bruttokansantuote on palannut

Kuva 1.
Terästuotteiden hintakehitys USA:ssa vuosina 2005-2021



Teknoliateollisuuden yritysten kannattavuus Suomessa ei ole enää yltänyt 2006-2008 tasolle



Kuva 2. Teknoliateollisuuden yritysten kannattavuuden kehitys Suomessa vuosina 2006-2020

korona-aikaa edeltävälle tasolle; euromaissa ollaan vielä korona-aikaa edeltävästä huipusta jäljessä. Kiinan teollisuustuotannon kasvu on rauhoittunut mm. energian hinnan nousun, päästöjen hillinnän sekä mm. satamien koronasulkujen vuoksi. Ostopäälikkaindeksi osoittaa edelleen kasvua, vaikka se onkin hiukan syyskuussa hidastunut. Myös palvelualat ovat pääsemässä kasvu-uralle.

Pula raaka-aineista ja komponenteista sekä osaavasta työvoimasta on aiheuttanut jonkin verran häiriöitä kasvukehitykseen. Metallien, erityisesti terästen sekä öljyn ja maakaasun hinnat ovat nousseet hyvin jyrkästi vuoden 2021 aikana (kuva 1). Rauta- ja teräsromun hinnat ovat loppuvuodesta kääntyneet laskuun, mutta tilanne tältä osin on vielä epäselvä mm. energian hinnan vaihtuksen vuoksi.

Suomen koko teollisuuden samoin kuin teknoliateollisuuden liikevaihto on yltänyt korona-aikaa edeltäneen tason. Myös liikevaihdon pudotus korona-aikana on ollut monia muita maita maltillisempi. Henkilöstön rekrytoinnit ovat päässeet vauhtiin; vuoden 2021 alkupuoliskon aikana teknoliateollisuuden henkilöstön nettolisäys on ollut 4 500 henkilöä.

Koko teollisuuden liikevaihdon kehityksen suhteen Suomi on verrokkimaita (Ruotsi ja EU-maat) jäljessä, mutta koneteollisuudessa maamme on verrokkimaita edellä. Metallituoteollisuudessa olemme Ruotsin kanssa kuta-kuinkin tasoissa ja euromaita edellä, kun taas metallien jalostuksessa Ruotsi johtaa, Suomi on toisena ja euromaat ovat peränpitäjinä. Sen sijaan elektroniikka- ja sähköteollisuus-

komponenttien austemperointikapasiteetti on varsin rajallinen.

essa euromaat ovat kehittyneet tasavertaisia Suomea ja Ruotsia paremmin. Tietotekniikka-alan kehityksessä Suomi on edellä Ruotsia ja euromaita, jotka ovat tässä suhteessa tasavertaisia. Myös suunnittelu- ja konsultointialan liikevaihdon arvo on Suomessa kehittynyt toisena olevaa Ruotsia nopeammin ja euromaat ovat tässä peränpitäjinä.

Merkille pantavaa on, että teknoliateollisuuden yritysten kannattavuus ei ole Suomessa enää yltänyt vuosien 2006-2008 tasolle (kuva 2). Teknoliateollisuuden aineelliset investoinnit ovat tällä hetkellä kasvussa. Koko teollisuuden tilanne on kuitenkin se, että Suomesta on tämän vuosituhannen puolella kadonnut kapasiteettia noin kuuden miljardin euron eli noin kuuden Äänekosken uuden biotuotetehtaan verran.

Lämpökäsittely voimansiirtokomponenteissa

Head of Technology Team **Kaisu Soivio**, Moventas Oy kertoi voimansiirtokomponenttien lämpökäsittelyistä. Moventas Oy on suunnitellut ja valmistanut tuulivoimaloiden vaihteistoja jo yli 40 vuotta ja sillä on myös omaa lämpökäsittelykapasiteettia hiihtelystarkkaistaville komponenteille. Rakennettävien tuulivoimaloiden koko on kasvanut vuonna 2016 tyypillisistä 3 MW yksiköistä jo 6,5 MW yksiköihin vuonna 2022. Tämä asettaa haasteita sekä komponenttien materiaaleille että niiden lämpökäsittelylle.

Pelkkä komponentin fyysinen koko voi tulla lämpökäsittelymahdollisuuksia rajoittavaksi tekijäksi ja karsia potentiaalisten toimittajien lukumäärää. Esimerkiksi isojen

komponenttien austemperointikapasiteetti on varsin rajallinen.

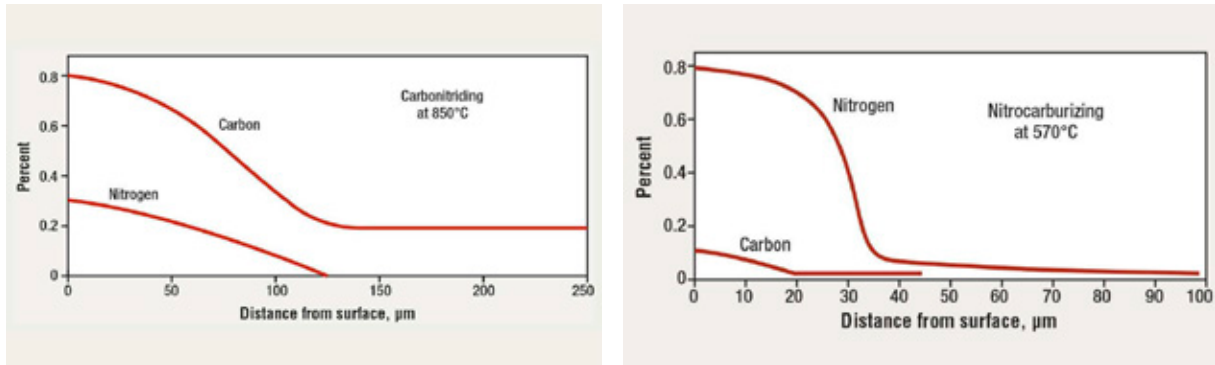
Käytyään läpi voimansiirron komponenttien suunnittelun peruskysymyksiä Kaisu Soivio esitteli voimansiirron määritelmän, voimansiirtolinjojen peruskomponentit sekä niihin kohdistuvat kuormitukset. Kuormitukset ovat useimmiten syklisiä, mutta myös staattisilla kuormilla saattaa olla merkitystä komponenttien mitoituksen kannalta esim. tuulivoimaloiden siipien asennusvaiheessa. Myös voimalan seisominen pysähtyneenä voi aiheuttaa suuria haasteita voimansiirtolinjoille ja niiden laakeroinneille uudelleen käynnistymisen tilanteissa.

Suurimmat kuormat voimansiirtolinjoissa esiintyvät pinnoilla ja pintojen välitömmässä läheisyydessä. Lämpökäsittelyjen avulla voidaan parantaa komponentin valmistettavuutta, kasvattaa sen suorituskykyä ja kestävyttä sekä käyttää edullisempia perusaineita vaativissakin käyttökohteissa. Staattisen ja väsymislujuuden sekä kulumiskestävyuden eli käytännössä kovuuden, lujuuden ja sitkeyden yhtäaikainen optimointi on kompleksinen ongelma.

Matkalla raaka-aineesta valmiiksi komponentiksi materiaali voi käydä läpi useita lämpökäsittelyjä. Myös monet valmistusmenetelmät kuten hitsaus, koneistus, hionta ja erilaiset pinnoitusprosessit tuottavat lämpöä komponenttiin. Koska edeltävät lämpökäsittelyt vaikuttavat seuraaviin prosesseihin, on koko ketjun tunteminen olennaista lopputuloksen optimoinnissa.

Kaisu Soivio esitteli voimansiirtokomponenttien valmistuksessa yleiset lämpökä-

Typpihiiletys - hiilitypetys



11/03/2021

moventas | GEARED FOR NEW ENERGY

16

Kuva 3. Havainnollinen esitys hiilen ja typen pitoisuusjakaumista hiilitypetyksessä (vasen kuva) ja typpihiiletysessä (oikea kuva). Alkuperäiset kuvat julkaisusta: Industrial Heating: Comparing and Contrasting Carbonitriding and Nitrocarburizing 2016-07-07

sittelyt. Perusaineiden lämpökäsittelyinä kysymyksen tulevat hehketus, normalisointi, perlitointi ja nuorrutus, joilla tähdätään mm. koneistettavuuden parantamiseen, materiaaliominaisuuksien tasaamiseen, mikrorakenteen hienontamiseen sekä lujuuden ja sitkeyden kasvattamiseen.

Läpikarkaisumenetelmillä (nuorrutus, bainitointi, austemperointi, muottikarkaisu, etappikarkaisu ja erkautuskarkaisu) pyritään samanlaiseen optimaaliseen materiaaliominaisuusyhdistelmään läpi koko komponentin. Yleisinä tavoitteina ovat materiaalin lujuuden ja sitkeyden parantaminen mikrorakennetta hienontamalla sekä kulumiskestävyuden parantaminen kovuutta kasvattamalla.

Pintakarkaisumenetelmissä pyritään pinnan kovuuden ja kulumiskestävyuden kasvattamiseen, samalla kun pintaan luodaan väsymiskestävyuden kannalta edullinen puristusjännitystila. Induktio-, laser- ja liekkikarkaisussa pinnan koostumus ei muutu, joten materiaalin tulee olla kauttaaltaan karkanevaa. Pinnan karkaisukerroksen alle muodostuu päästynyt vyöhyke, HAZ, hitausta vastaavalla tavalla.

Hammaspyörissä, akseleissa ja laakerikehissä yleisessä hiiletyskarkaisussa kappaleen pinnan hiilipitoisuutta kasvatetaan hehketämällä kappaletta hiiltä luovuttavassa

atmosfäärissä. Näin pintaan saadaan muodostumaan karkaisussa korkean kovuuden ja puristusjännitystilan tuottava martensiittinen kerros sisustan jäädessä pehmeämmäksi ja sitkeämmäksi. Auto-, ilmailu- ja avaruusteollisuudessa yleistynyt alipainehiiletys tuottaa nopeamman lopputuloksen korkeamman hiiletyslämpötilan vuoksi sekä pienemmät mitta- ja karkaisuvyöhykkeitä monimutkaisissa muodoissa.

Typitys eli nitraus muistuttaa suorituseltaan hiiletystä, mutta nyt kappaleen pintakerroksen tyypipitoisuutta kasvatetaan. Faasimuutoksia typityksessä ei tapahdu karkaisun tapaan, vaan tuloksena pintaan muodostuu kova, pääasiassa nitrideistä koostuva kerros, jonka kulumiskestävyys on hyvä. Typen hitaamman diffuusionopeuden vuoksi kerrospaksuudet jäävät kuitenkin hiiletystä

PINTAKARKAISUMENETELMISSÄ PYRITÄÄN PINNAN KOVUUDEN JA KULUMISKESTÄVYYDEN KASVATTAMISEEN SAMALLA KUN PINTAAN LUODAAN VÄSYMISKESTÄVYYDEN KANNALTA EDULLINEN PURISTUSJÄNNITYSTILA.

ohuemmiksi. Hiiletys- ja typityskäsittely voidaan myös yhdistää. Tällöin puhutaan joko hiilitypetyksestä tai typpihiiletysestä sen mukaan, kumman aineen pitoisuutta pinnassa enemmän kasvatetaan (kuva 3).

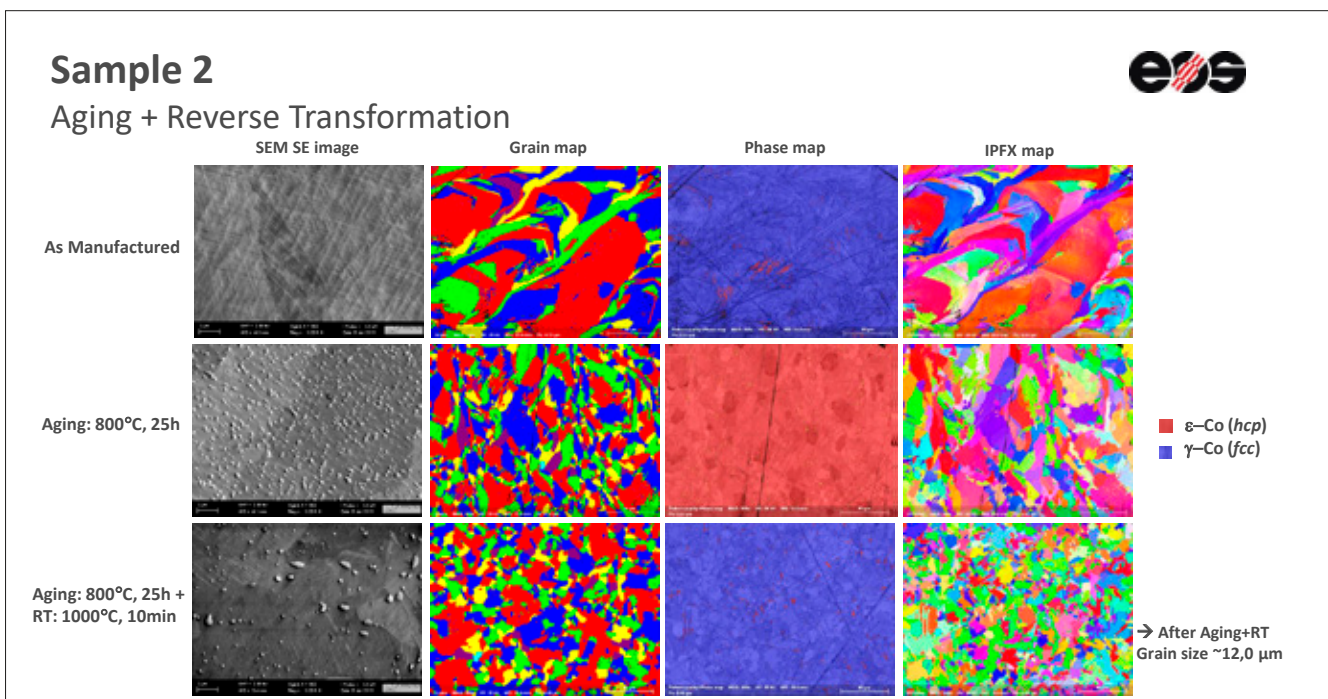
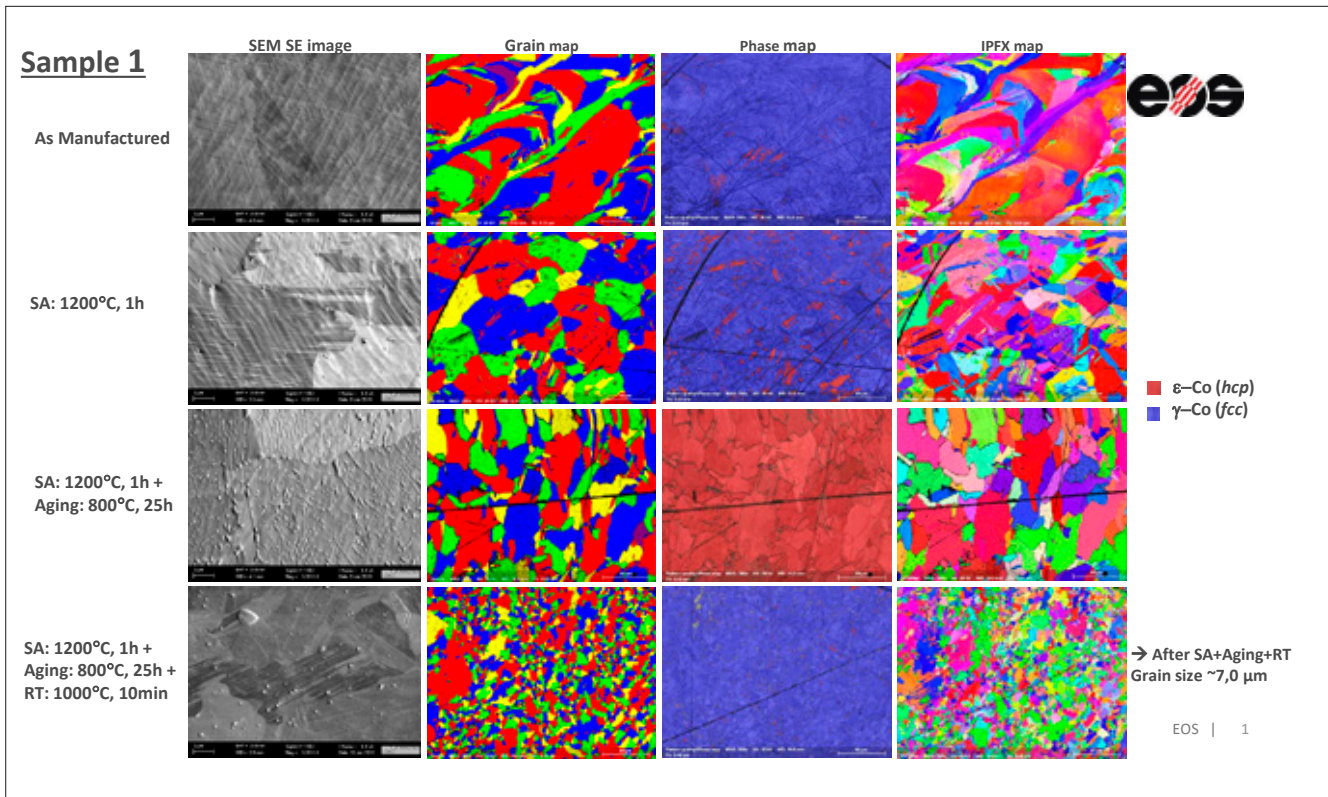
Kaisu Soivio esitteli lyhyesti myös sintrauksen, jota käytetään mm. 3D-tulostettujen jauhemetallurgisten tai muuten huokoisten rakenteiden tiivistämiseen. Tyypillisesti tällöin ovat kyseessä kompleksiset monikomponenttiset seokset, joista tuotteiden valmistaminen perinteisillä menetelmillä on vaikeaa.

3D-tulostettujen materiaalien HIP- ja lämpökäsittelyistä

R&D Engineer **Topi Kosonen**, EOS Finland Oy kertoi 3D-tulostusta käyttäen valmistettujen Ti- sekä CoCr-komponenttien jälkikäsittelyistä, joilla tähdätään mekaanisten ja väsymisominaisuuksien parantamiseen. Tutkittua Ti+6%Al+4%V -seosta (Ti64) käytetään yleisesti avaruus- ja ilmailuteollisuudessa sekä erilaisina implantteina, mm. lonkkanivelimplantteina. CoCr-seos taas on mm. polvi-implanteissa yleisesti käytetty materiaali.

Ti64-seoksen HIP-käsittely

Titaaniseos Ti64 on tasapainorakenteena kaksifaasinen ($\alpha+\beta$) materiaali huoneenläm-



Kuva 4. Mikrorakenteen kehittyminen 3D-tulostetun CoCr-seoksen eri lämpökäsittelyvaiheissa.

Kuva 4 a (Näyte 1): Liuoshehkutus ja sammutus, vanhennus ja RT käsittely; kuva 4 b (Näyte 2): vanhennus ja RT-käsittely

pötilassa. 3D-tulostukseen liittyvän erittäin nopean jäähtymisen seurauksena tulostettu materiaali ei kuitenkaan ehdi muuttua tasapainorakenteeksi, vaan syntyy mar-tensiittinen α' -faasi. Kaksifaasirakenteen aikaansaamiseksi tulostetut komponentit

lämpökäsitellään. Komponentit voidaan myös rakenteen tiivistämiseksi käsitellä isostaattisella kuumapuristuksella (Hot Isostatic Pressing, HIP), jossa syntyy myös toivottu kaksifaasirakenne. Ti64-seokselle on olemassa standardisoitu HIP-käsittely:

lämpötila 920 °C, paine 100 MPa, aika 2 h.

EOS suosittelee 3D-tulostetulle Ti64-seokselle kaksifaasirakenteen saavuttamiseksi ja jäännösjännitysten relaksoimiseksi omaa lämpökäsittelyä (800 °C, 2 h), jolla saadaan aikaan standardisoituu HIP-käsit-

telyyn verrattuna hienojakoisempi mikrorakenne ja lähes sama väsymiskestävyys. Tämän vuoksi EOS Finland halusi tutkia, onko standardin mukainen HIP-käsittely optimaalinen tulostetun materiaalin mikrorakenteen ja mekaanisten ominaisuuksien kannalta. Tätä varten tehtiin sarja HIP-kokeita, joissa tutkittiin lämpötilan (alue 800-920 °C), paineen (100-200 MPa) ja ajan (2-4h) vaikutusta materiaalin mikrorakenteeseen ja mekaanisiin ominaisuuksiin.

Koesarjan tulosten perusteella määritettiin 3D-tulostetulle Ti64-seokselle optimoitu HIP-käsittely (820 °C, 140 MPa, 2 h). Se tuottaa rakenteen tiivyyden ja faasikoostumuksen osalta saman tuloksen kuin standardin mukainen HIP-käsittely, mutta rakenne on hienojakoisempi ja sitä kautta mekaanisilta ominaisuuksiltaan parempi. Myötönlujudessa ero on noin 10 prosentin luokkaa optimoidun HIP-käsittelyn ollessa parempi. Venymä jää optimoidussa HIP-käsittelyssä hieman standardikäsitellyä pienemmäksi, mutta on edelleen selvästi materiaalistandardin vaatimuksen yläpuolella. Pitkän kestoian väsymislujudessa ($N=10^7$) optimoidulla HIP-käsittelyllä saavutettava parannus on 20 prosentin luokkaa ja väsymislujuus vastaa perinteisellä taontamenetelmällä prosessoitun materiaalin arvoja.

CoCr- seoksen lämpökäsittely

Tutkittu CoCr-seos oli koostumukseltaan standardin ASTM F75 mukainen. Lämpötilasta riippuen se esiintyy joko ϵ - tai γ -faasina, joista pkk-hilarakenteinen γ -faasi on soveluksissa haluttu rakenne. EOS:n suosittama lämpökäsittely tälle seokselle on liuoshehkutus 1150 °C, 6 h ja nopea sammutus. Kirjallisuudessa vastaavalle CoCr-seokselle on raportoitu nelivaiheinen lämpökäsittely; (i) liuoshehkutus (1200 °C, 1 h), (ii) nopea sammutus, (iii) vanhennus (800 °C, 25 h) ja (iv) faasimuutoshehkutus (RT eli Reverse Transformation, 1000 °C, 10 min). Liuoshehkutuksen ja sammutuksen jälkeen rakenteena on γ -faasi, vanhennuksen jälkeen ϵ -faasi ja RT-käsittelyn jälkeen jälleen γ -faasi. Faasimuutosten seurauksena rakenteen raekoko hienonee merkittävästi ja mekaaniset ominaisuudet paranevat vastaavasti.

3D-tulostetun materiaalin nopean jäähtymisen ansiosta tulostetun materiaalin voidaan olettaa vastaavan faasirakenteeltaan liuoshehkutettua ja sammutettua tilaa eli olevan γ -faasia. EOS halusi tutkia, voidaanko tulostuksen jälkeisissä lämpökäsittelyissä liuoshehkutus- ja sammutusvaiheet ohittaa ja suorittaa tulostetulle materiaalille vain vanhennus- ja RT-käsittelyt. Tämän selvittämiseksi 3D-tulostettuja näytteitä lämpökäsi-

teltiin sekä nelivaiheisella tavalla että liuoshehkutus- ja sammutusvaiheet pois jättäen. Näytteiden faasi- ja mikrorakenteita tutkittiin kunkin lämpökäsittelyvaiheen jälkeen SEM EBSD -analyysillä. Näytteiden mekaaniset ominaisuudet mitattiin kaikkien lämpökäsittelyvaiheiden jälkeisessä tilassa.

Näytteiden mikrorakenteen kehittyminen neli- ja kaksivaiheisten lämpökäsittelyprosessien eri vaiheissa on esitetty kuvassa 4. Kuvasta käy ilmi, että liuoshehkutus ja sammutus muuttaa raerakenteen tasa-akiaaliseksi. Vanhennuskäsittelyn jälkeen mikrorakenteet ovat molemmissa käsittelytaivoissa pitkälti toisiaan vastaavia ja rakenne koostuu pelkästään ϵ -faasista, kuten oli tarkoituskin. RT-käsittelyn jälkeen liuoshehkutetun, sammutetun ja vanhennettun näytteen ja pelkästään vanhennettun näytteen raekoot poikkeavat vain hiukan toisistaan. Kaikki neljä vaihetta läpikäyneen näytteen raekoko on hieman pienempi, mutta kaksivaiheisesti lämpökäsittelyyn näytteen raekoko on homogeenisempi. Johtopäätöksensä voidaan siis todeta, että 3D-tulostetun materiaalin liuoshehkutus- ja sammutusvaiheet voidaan jättää pois ja silti saavuttaa erittäin pieni raekoko.

Verrattaessa eri tavoin käsiteltävien näytteiden mekaanisia ominaisuuksia osoittautuvat tulostuksen jälkeen pelkästään vanhennettu ja RT-käsitelty näytteet kirjallisuuden mukaisen nelivaiheisen käsittelyn läpikäyneitä näytteitä paremmiksi sekä myötä- että murtolujuuden osalta. Ero oli luokkaa 5-10 %. Venymät olivat molemmissa tapauksissa samaa suuruusluokkaa. Myös väsymislujuus ($N=10^7$) oli suoraan tulostuksen jälkeen vanhennetuissa näytteissä parempi noin 10 prosentin verran. Väsymislujudessa päästiin n. 600 N/mm²:n tasolle, joka on mm. polvi-implanttimateriaaleille usein asetettu vaatimus.

Kaiken kaikkiaan EOS:lla tehdyt lämpökäsittelytutkimukset osoittivat, että perinteisillä tavoilla tuotetuille materiaaleille laaditut vanhat standardilämpökäsittelyt eivät tuota optimaalista tulosta 3D-tulostettujen materiaalien käsittelyssä. 3D-tulostettujen materiaalien erilainen valmistustapa ja mikrorakenne avaavat mahdollisuuksia myös uusien innovatiivisten jälkikäsittelevien kehittämiselle, jolloin entistä parempien materiaaliominaisuuksien saavuttaminen on mahdollista. ▲



POHTO

Osaamista, joka muuttaa tulevaisuutta

**KOULUTUSKALENTERI 2022 JULKAISTU
TERVETULOA KEHITTÄMÄÄN OSAAMISTASI!**

TOTEUTAMME KOULUTUKSIA
MYÖS YRITYSKOHTAISESTI
ASIAKASTARPEET HUOMIOIDEN.
KYSY TARJOUS!

www.pohto.fi



Electrifying your mine also

improves the world beyond it.

ABB Ability™ eMine.

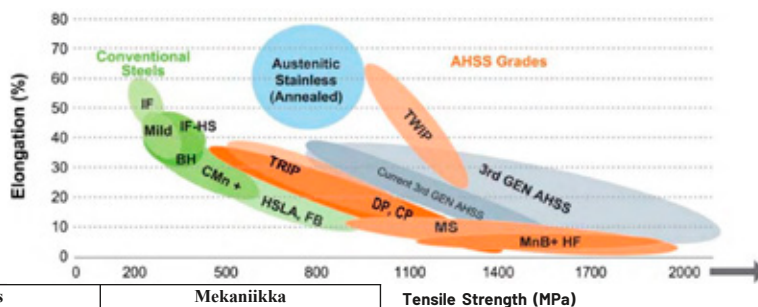
For your world, and mine.

Tiesitkö, että jokainen sähköistetty kaivoskuorma-auto vähentää vuodessa niin paljon hiilidioksidipäästöjä, että samalla säästyy 3000 neliometriä arktista jäätä? Kuvittele, millainen vaikutus koko kaivoksen sähköistämisellä olisi. ABB Ability™ eMine tekee sen mahdolliseksi. Vuosikymmenten kokemukseemme ja asiantuntemukseemme pohjautuen integroimme koko ketjun kaivoksesta satamaan sähköistys-, automaatio- ja digitaalisilla järjestelmillä ja palveluilla. Samalla kehitetään työturvallisuutta, vähennetään ympäristövaikutuksia, alennetaan kustannuksia ja nostetaan tuottavuutta. Innostavaa, eikö olekin?

Luodaan kaivostoiminnan tulevaisuus. Yhdessä.
new.abb.com/mining/emine



AHSS sukupolvet



Nimitys	Koostumus	Mekaniikka
DP, Dual Phase	Ferriitti ja martensiitti	Työstölujittuminen ja muovattavuus, nostaa murtolujuutta
TRIP, Transformation Induced Plasticity	Jäännösausteniitti primääriferriittimatriisissa (myös mart. ja bainiitti)	Työstölujittuu (aust.->mart.), kuroutuminen vähäistä
CP, Complex Phase	Mart., jäännösaust., perliitti, ferriitti/bainiitti	Hieno raerakenne, austeniitin muokkauslujittuminen
DQ, Direct Quenched	Martensiitti	Hiilen, sekä muiden seosaineiden seostus kriittistä
TWIP, Twinning Induced Plasticity	Stabiili austeniitti	Rakeiden kaksoistuminen, dislokaatiot
Q&P, Quenching & Partitioning	Mart., jäännösaust., ferriitti	Faasien lujuus ja sitkeys
TPF, TRIP-assisted bainitic-ferritic	Jäännösaust. ja bainiittilamellit ferriittimatriisissa	Aust. ja ferr. muovattavuus, bainiitti luja
Nano steel	Austeniitti ja boriidi (boori ja elektropositiiviset atomit)	Plastisen muodonmuutoksen lujuuttuminen

Lähteet: Keeler et al. 2017; Saier 2020; Billur & Altan 2014



1

Kuva 1. Kehittyneiden erikoislujien terästen sukupolvet, mikrorakenne sekä ominaisuuksien taustatekijät eri teräslajeissa

Levy materiaalit tuotevalmistuksessa

Levytekniikan teemapäivän webinaari 7.10.2021

Suomen Levymuovauksen yhteistyöryhmän (Finnish Deep Drawing Research Group, FinDDRG) vuotuinen Levytekniikan teemapäivä järjestettiin tänä vuonna koronapandemian jälkimainingeissa puolen päivän pituisena webinaarina. Webinaarissa tarkasteltiin erilaisten levy materiaalien käyttäytymistä tuotevalmistuksessa sekä teräksen kuumavalssausprosessin digitaalista mallinnusta. Webinaarin puheenjohtajana toimi Hanna Tuhkanen SSAB Europe Oy:stä ja esityksiä seurasi enimmillään lähes 50 kuulijaa.

TEKSTI: TUOMO TIAINEN

Lujien terästen vaikutukset levytyökeskuksissa

Konsta Risteelä Oulun yliopiston Materiaali- ja konetekniikan yksiköstä aloitti webinaarin esitykset tarkastelemalla diplomityönsä pohjalta lujien terästen käytön lisääntymisen vaikutuksia levytyökeskusten toimintaan. Aluksi hän tarkasteli teräksen tuotantoa ja sen tulevaisuuden näkymiä todeten mm., että

vuonna 2020 tuotetusta teräksestä noin 10 % käytettiin erilaisina ohutlevysovelluksina.

Hän esitteli lyhyesti myös ns. kehittyneiden erikoislujien terästen (AHSS, Advanced High Strength Steels) eri lajit ja niiden mikrorakenteet sekä eri sukupolvien avulla saavutettavat lujuus-sitkeysyhdistelmät (kuva 1). Lujien terästen käytöllä voidaan esim. kuljetuskalustusovelluksissa saavuttaa jopa

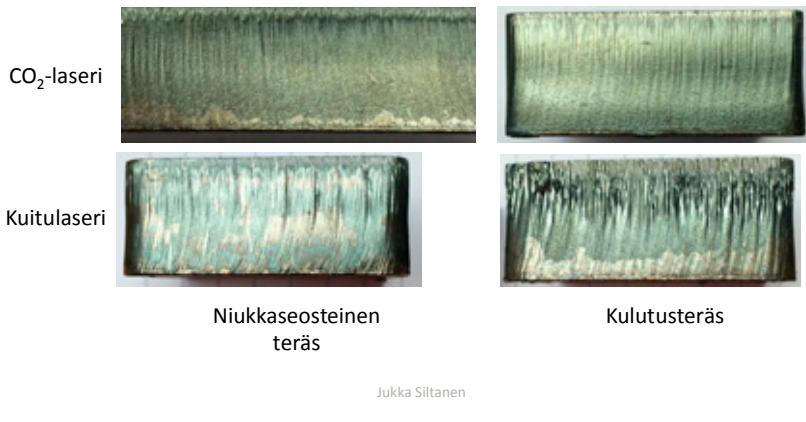
30 % säästö pelkästään tuotevalmistuksen kustannuksissa.

Levytyöstömenetelmistä Risteelä tarkasteli lävistystä ja sen nakerrusmuunnosta, kulmaleikkausta sekä laserleikkausta. Tutkitavina teräksinä olivat ylivoimaisesti suosituin rakenneteräs S355, AHSS-teräksistä CP800 sekä testiteräsversio Test800, jonka myötölujuus ja venymäarvot olivat CP800-terästä

Koostumus: Esimerkki

Table 1. Chemical composition of the material (wt %).

Sample	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al
Mild steel	0.070	0.008	0.81	0.029	0.02	0.004	0.049
AR steel	0.19	0.21	0.71	0.80	0.06	0.022	0.055



Kuva 2. Esimerkki teräksen koostumuksen ja lasertyyppin vaikutuksesta syntyvään leikkausjälkeen teräslevyjen laserleikkauksessa

vähän korkeammat. Tutkittavien näytteiden nimellinen levynpaksuus oli 3 mm. Tutkitavina suureina olivat lävistysvoima erimuotoisilla työkaluilla, lävistyksen leikkausjälki sekä lävistyksessä syntyvän jäysteen korkeus.

Rakenneteräksen mitatut lävistysvoimat olivat teoreettisesti arvioituihin lävistysvoimiin verrattuina vähän korkeammat, kun taas AHSS-teräksillä mitatut lävistysvoimat olivat teoreettisia arvoja vähän pienempiä. AHSS-terästen lävistysvoimat olivat 40-60 % suuremmat rakenneteräkseen verrattuna työkalun muodosta riippuen. Merkillepantavaa lujien terästen lävistysvoimissa oli 20° kulmaan viistety ”roof top”-työkalun avulla saavutettu lävistysvoimien pieneneminen. Leikkauspinnan laatu oli mekaanisessa leikkauksessa hyvä ja leikkauksessa syntyneen jäysteen korkeus oli verrattain pieni, maksimissaan luokkaa 30 µm.

Laserleikkauksessa tutkittiin leikkauskaasun (happi tai typpi) ja leikkausnopeuden vaikutusta leikkauspinnan laatuun sekä muodostuvaan pürseeeseen, joka vastaa leikkauspinnan jäystettä mekaanisessa leikkauksessa. Happileikkauksessa saatavat leikkauspinnat olivat sileitä ja kirkkaita; pürseen muodostus oli runsasta, mutta pürseen haurauden vuoksi se varisi pois ja jäljelle jäävä pürse oli molemmilla leikkauskaasuilla samaa suuruusluokkaa. Syntyvä pürse oli kuitenkin mekaanista leikkausta suurempi; korkeuden vaihteluväli oli 30-330 µm. Typpikaasulla saavutettiin

huomattavasti suurempia leikkausnopeuksia kuin happikaasulla.

Työn tuloksena saatiin tietoa lujien teräslajien käyttäytymisestä levytyökeskuksissa sekä jäysteen poistossa tarvittavista toimenpiteistä. Tätä tietoa voidaan käyttää mm. ohutlevytyökoneiden tuotekehityksessä lujien teräslajien käytön lisääntyessä koneenrakennuksessa ja muussa teräsrakentamisessa.

Terästen ominaisuuksien vaikutus laserleikkattavuuteen

Jukka Siltanen, SSAB Europe Oy kertoi esityksessään terästen laserleikkattavuudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Kuitulaserien tultua markkinoille laitevalmistajien lukumäärä on kasvanut ja laitetarjonta monipuolistunut. Tehot ovat kasvaneet jopa 20 kW:n luokkaan saakka ja ovat ilmeisesti kasvamassa edelleen. Leikkauskaasuna typpi on korvaamassa hapen saavutettavan suuremman leikkausnopeuden vuoksi. Niukkaseosteisten terästen leikkauksessa 1 mm:n levynpaksuudella ja 10 kW kuitulaseriteholla leikkausnopeus voi olla jopa 75 m/min. Koneiden pöytäkoot ovat kasvaneet ja automatisointi lisääntynyt mm. lataus- ja purkutoiminnoissa.

Laserleikkaus on tyypiltään sulattavaa ja/tai höyrystävää. Leikkauskaasu poistaa sulaneen materiaalin leikkausraosta. Leikkauskaasulla on myös vaikutuksia itse leikkausprosessiin ja saavutettavaan leikkausnopeuteen.

Terästen laserleikkattavuuteen vaikuttavat

muun muassa käytettävä leikkaustekniikka (nykyään yleensä joko CO₂- tai kuitulaser) ja käytettävät leikkausparametrit. Terästen ominaisuuksista leikattavuuteen vaikuttavat valmistusmenetelmä (mikrorakenne, mekaaniset ominaisuudet), kemiallinen koostumus sekä pinnan laatu.

Seosaineiden vaikutuksesta laserleikkattavuuteen on vähänpuoleisesti tutkimustuloksia ja nekin melko vanhoja verrattuna sekä terästen että laserleikkauksen alueella tapahtuneeseen kehitykseen. Seosaineiden yksittäisvaikutusten lisäksi niillä on yhteisvaikutuksia, jotka hankaloittavat kokeellista tutkimustyötä.

Hiilellä on laserleikkausprosessia stabilisoiva vaikutus, joka riippuu käytetystä lasertyyppistä ja leikkauskaasusta (happi- tai typpileikkaus). Mangaanin vaikutus on hieman epäselvä, mutta se näyttää vaikuttavan jossain määrin prosessia stabiloivasti. Mangaanin ja hiilen yhteisvaikutuksen vuoksi on mangaanipitoisuuden noustessa myös hiilen määrää lisättävä.

Pii vaikuttaa syntyvän sulan viskositeettia ja pintajännitystä kasvattavasti; tämä merkitsee sitä, että alhainen piipitoisuus on laserleikkattavuuden kannalta hyvä. Tähän vaikuttavat myös leikkattavan teräksen lämpötila ja ainepaksuus. Korkeamman piipitoisuuden teräksillä ja suuremmilla ainepaksuuksilla leikkaus voi onnistua levyn ollessa kylmä, mutta sen kuumentuessa työn edetessä leikkaus vaikeutuu ja saattaa lakata kokonaan toimimasta. Koostumukseltaan laserleikkausta varten optimoidulla teräksellä ei leikkauksen laadussa tapahdu muutoksia leikkauksen edetessä ja teräksen kuumentuessa.

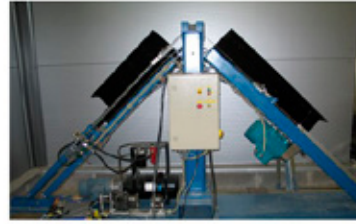
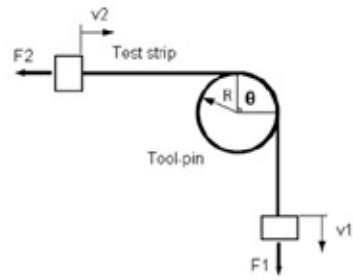
Kupari ja nikkeli parantavat hilseen kiinnipysyvyyttä ja vähentävät roiskeita läpäisyn yhteydessä. Ne vaikuttavat myös sulamislämpötilaan ja lämmönjohtumiseen. Kromin vaikutus on jossain määrin epäselvä, mutta sen on todettu jonkin verran parantavan leikkattavuutta. Näiden seosaineiden yhteisvaikutusta voidaan arvioida vuonna 2006 julkaistulla ns. LRP (Laser Readiness Parameter: %Cu+%Ni+%Cr)-parametrilla, jonka arvon tulisi olla välillä 0,45-0,5 % hyvän laserleikkattavuuden turvaamiseksi.

Esimerkki teräksen koostumuksen vaikutuksesta syntyvään laserleikkauksen jälkeeseen kuvassa 2.

Teräksen pinnanlaatuvaihtoehtoina Jukka Siltanen tarkasteli ns. mustaa (oksidikerroksen peittävä), peitattua (oksidikerros poistettu) ja hiekkapuhallettua pintaa. Ohuilla ainepaksuuksilla, alle 15 mm, ei leikkausjäljessä havaittu eroja mustan ja peitattun pinnan välillä, mutta suuremmilla ainepaksuuksilla musta

Bending-under-tension (BUT): Menetelmä

- BUT-kokeessa näytesoiroa vedetään vakionopeudella v_1 ja vakiopidätinvoimalla F_2 sylinterimäisen muovaustyökalun yli
 - Kitkakerroin määritetään vakionopeudella vetämiseen tarvittavan voima F_1 ja pidätinvoiman F_2 perusteella.
- Menetelmässä on kaksi koevaihtetta:
 - Näytesoiroin taivutukseen ja oikaisuun vaadittavan taivutusvoiman F_B mittaaminen laakeroidulla, pyörivällä muovaustyökalulla
 - Pääosin vierivä kontakti
 - Kitkamittaus pyörimättömällä työkalulla
 - Puhdas liukukontakti



HAMK HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU
HAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kuva 3. Bending under tension -taivutuskokeen periaate

pinta tuotti paremman leikkausjäljen. Hiekkapuhallettu pinta vastasi pitkälti peitattua.

Maalatuun teräsohutellevyn laserleikkauksessa ohuilla ainepaksuuksilla maali höyrystyy pois aivan leikkausreunan vierestä. Suurilla leikkausnopeuksilla (tyypileikkaus) höyrystynyt alue on hyvin kapea. Sinkityn ohutellevyn tyypileikkauksessa alle 3 mm:n ainevahvuksilla pinnoite sulaa leikkausreunan vierestä ja alapinnalle muodostuu tyypillisesti purse.

Primerointiin käytetty konepapajohjamaali vaikeuttaa yleensä laserleikkausta. Tätä haittaa voidaan torjua käyttämällä pienempää leikkausnopeutta tai höyrystämällä maali pois ennen varsinaista laserleikkausta, jossa voidaan käyttää normaalia leikkausnopeutta. Teräksen korroosiosuojaukseen käytetyllä suojaöljyllä ei havaittu olevan vaikutusta laserleikkaukseen luokkaa 15 mm olevilla ainepaksuuksilla; ilmeisesti tässäkin öljy höyrystyy pois ennen varsinaista leikkausta.

Teräksen valmistusprosessit kuten valsaus ja oikaisu saattavat aiheuttaa teräkseen sisäisiä jäännösjännityksiä. Jännitykset heikentävät teräslevyjen ja erityisesti teräsarkkien tasomaisuutta ja näkyvät levystä leikattavien osien käyräytymisenä leikkauksen yhteydessä. Pahimmassa tapauksessa ne voivat aiheuttaa myös laserleikkauksen vaurion. Käyttämällä leikkaukseen tasomaisuustakuulla varustettua terästä voidaan tätä haittaa pienentää.

Biopohjaisilla maaleilla pinnoitettujen ohutellevyjen muovauskitka ja pinnanlaatu

Ville Oksanen, HAMK Tech, tarkasteli

esityksessään biopohjaisilla maaleilla pinnoitettujen teräsohutellevyjen muovauskitkamittauksia. Tutkittavien ohutellevyjen myötölujuudet olivat suuruusluokkaa 170-200 N/mm² tai 350-400 N/mm² ja ainepaksuudet 0,5-0,6 mm. Kaikkiaan kokeissa tutkittiin 24 erilaisilla kehitysvaiheessa olevilla pinnoitetyhdistelmillä pinnoitettua ohutellevnäytettä.

Koemenetelminä käytettiin kahta koetyyppiä: Bending Under Tension (BUT) (kuva 3) ja Flat-to-Flat (F2F), menetelmä. F2F-menetelmässä kahden tasomaisen kitkatyökalun väliin puristettua näytenauhaa vedetään vakionopeudella ulos työkalujen välistä ja kitkakerroin lasketaan vetävän ja puristavan voiman suhteesta. HAMK:in F2F-laitteistossa vastakkain puristettavien kitkatyökalujen tasopinnat ovat muodoltaan pyöreät. Kokeissa käytetyt kuormitustasot ylittivät osittain tyypilliset tuotannossa käytettävät kuormitukset eikä niissä käytetty muovauskemikaaleja. Lisäksi muovaus työkalujen geometriat eivät vastaa suoraan tuotantotyökalujen muotoa. Näistä syistä kokeiden olosuhteet olivat ankarampia kuin tyypillisissä tuotantosovelluksissa.

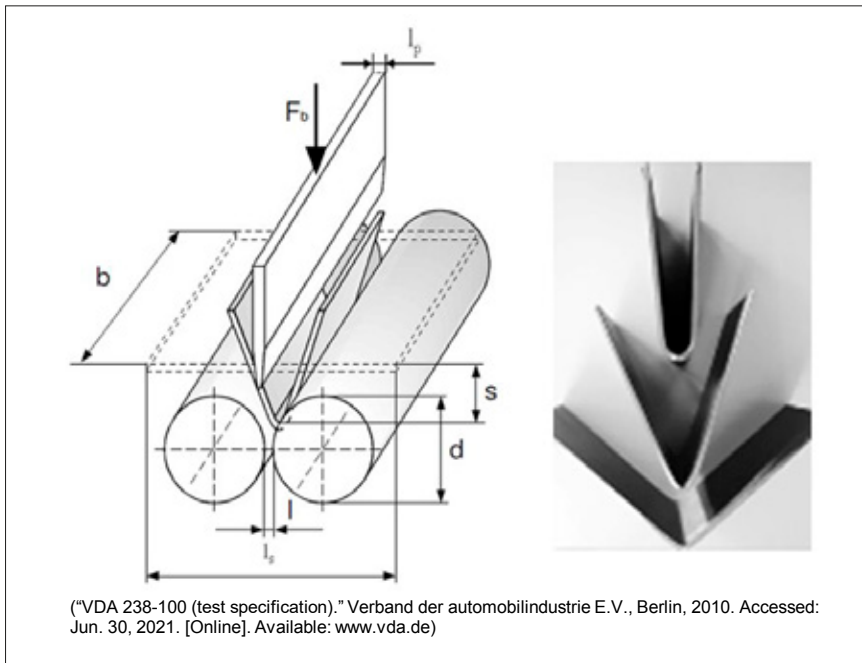
Kokeiden tuloksista määritettiin kunkin tutkitun näytteen muovaukseen liittyvä muovauskitkakerroin; lisäksi tarkasteltiin pinnoitteiden kestävyttä muovauksessa sekä pinnoitteen pinnanlaadun muuttumista kokeiden ansiosta ja palautumista kokeiden jälkeen. Pinnan muutoksia arvioitiin sekä kiiltomittauksen että visuaalisten arviointien avulla. Lisäksi tutkittiin sadevesijärjestelmässä käytettävillä RWS-tyyppisillä levyillä muo-

vauskitkakokeiden tulosten ja tuotantokäytetytymisen välistä korrelaatiota hankkeeseen osallistuneessa yrityksessä.

Huolimatta tuotantoon verrattuna ankarammista olosuhteista pinnoitteiden kestävyys muovauskitkakokeissa osoittautui hyväksi; ainoastaan kuudessa näytteessä kestävyys muovauskitkakoeolosuhteissa arvioitiin tyydyttäväksi hyvän tai erinomaisen sijasta. Ankarat testausolosuhteet puoltavat paikkaansa siinä, että niiden avulla saadaan selville myös pinnoitteiden kulumiskestävyys, koska kulumisvauriot johtavat yleensä palautumattomiin muutoksiin pinnoitteiden pintaominaisuuksissa.

RWS-sadevesijärjestelmätuotteiden tuotantokorrelaatiokokeissa havaittiin myös hyvä vastaavuus F2F-muovauskitkamittauksen sekä visuaalisten pinnanlaatuarvioiden ja tuotantolinjakäytetytymisen välillä. Muovauskitkakokeissa suurimman kitkakertoimen sekä heikoimman kestävyysindeksin saaneet pinnoitteet osoittautuivat tuotantokokeissa liian tahmautuviksi tiettyjen komponenttien valmistukseen. Toisaalta RWS-pinnoite, jonka kitkakerroin osoittautui erittäin matalaksi ja kestävyysindeksi poikkeuksellisen hyväksi, osoittautui tuotantolinjalla liian liukkaaksi tai kovaksi tiettyjen muotojen aikaansaamiseen.

Painamatyyppisten pintamuutosten havaittiin palautuvan tietyn ajan kuluessa. Kulumisvaurioiden kohdalla ei havaittu merkittävää palautumista, eli pinnoitteen rikkoutunut pinta ei vaikuttanut korjautuvan visuaalisesti entiselleen. Siten myös kevyemmällä kuor-



Kuva 4. Standardin VDA 238-100 mukainen ohutlevyn taivutuskoe

mituksilla tehtäviä muovauskittamittauksia tarvitaan tuotteiden lopullisen pinnanlaadun ennakkoinnissa.

Alumiinin ominaisuusmuutokset maalausprosessissa

Väitöskirjatutkija **Lassi Raami** Tampereen yliopiston Metalliteknologian tutkimusryhmästä tarkasteli esityksessään sitä, miten lämpökäsittävän alumiiniohutlevymateriaalin ominaisuudet mahdollisesti muuttuvat esimerkiksi autokorien maalausprosessissa. Prosessissa maalauksen jälkeinen kuivatus/kovettamislämpötila voi olla luokkaa 180 C-astetta eli lähellä tarkasteltavan seoksen lujuuden kasvattamiseen käytettyä keino-vanhennuslämpötilaa.

Työn kohteena ollut alumiiniseos AA 6016 on erkaumakarkeneva Mg- ja Si-pitoi-nen alumiiniseos, jota käytetään mm. auto-jen paneeleissa kuten ovissa, konepellissä yms kohteissa. Erkaumakarkaistu ohutlevymateriaali suojaa paneelia hyvin lommoutumiselta.

Tutkimuksessa ohutlevynäytteet liuos-hehkutettiin 550 C-asteen lämpötilassa 20 minuutin ajan ja sammutettiin veteen. Tämän jälkeen niitä vanhennettiin maalausprosessin kovetuskäsittelyä simuloivissa lämpötiloissa 155, 170 tai 185 °C 20 minuutin ajan. Osalle liuoshehkutetuista näytteistä tehtiin 2 % esimuokkaus ennen vanhennuskäsittelyä, osalle taas esivanhennus 100 °C, 4 h niin ikään ennen vanhennuskäsittelyä. Osa liuoshehkutetuista näytteistä sai sekä esivanhennuksen että sen jälkeisen 2 % esimuokkauksen ennen vanhennusta.

Käsittelyjen näytteiden lujuusarvot mitattiin vetokokeilla. Venymät mitattiin käyttäen Digital Image Correlation (DIC)- tekniikkaa, jonka avulla koko vetokoetta on mahdollista tarkastella jälkikäteen. Käytetty muodonmuutosnopeus oli 10^{-3} 1/s. Lisäksi käsiteltyjä näytteitä testattiin standardin VDA 238-100 mukaisella taivutuskokeella (kuva 4). Siinä mitataan levyäisen näytteen taivuttamiseen tarvittavaa maksimivoimaa sekä syntynyttä taivutuskulmaa, kun testi lopetetaan taivutusvoiman pienentyttyä 30 N maksimiarvostaan.

Veto- ja taivutuskokeiden tuloksista voitiin todeta, että maalausta simuloiva vanhennuskäsittely kohotti materiaalin lujuutta ja lujuuden kasvu lisääntyi kasvavan vanhennuslämpötilan myötä. Vastaavasti muovattavuutta kuvaavat suuret muuttuivat eli vetokokeen venymä pieni ja taivutuskokeen taivutuskulma sekä maksimivoima kasvoivat. Vanhennusta edeltävä liuoshehkutetun kappaleen kahden prosentin esimuokkaus kasvatti edelleen lujuutta ja pienensi muovattavuutta. Liuoshehkutetun materiaalin esivanhennus (100 °C, 4h) ennen varsinaista vanhennuskäsittelyä nosti edelleen lievästi lujuutta ja pienensi muovattavuutta esivanhentamattomaan materiaaliin verrattuna. Esivanhennuksella ei kuitenkaan ollut vaikutusta esimuokattujen kappaleiden ominaisuuksiin.

Tutkimuksessa maalauslämpötilan nostamisen havaittiin nostavan kappaleen lujuutta muovattavuuden kustannuksella. Jos kappaleen käyttökohteessa vain lujuudella on merkitystä, voidaan maalauksen kovettamiskäsittelyn lämpötilaksi valita 185 °C.

Kompromissi lujuuden ja muovattavuuden välillä saavutetaan lämpötilalla 170 °C. Matalamman maalauslämpötilan käyttäminen ei tulosten perusteella ole suositeltavaa. Esivanhennuskäsittelyn havaittiin nostavan muokkaamattoman kappaleen lujuutta, mutta esimuokkauksen yhteydessä esivanhennuksen lujittava vaikutus häviää olemattomiin. Lämpökäsittelyparametrien lisäksi myös mekaanisella muovauksella on siis merkittävä vaikutus lopputuotteen ominaisuuksiin.

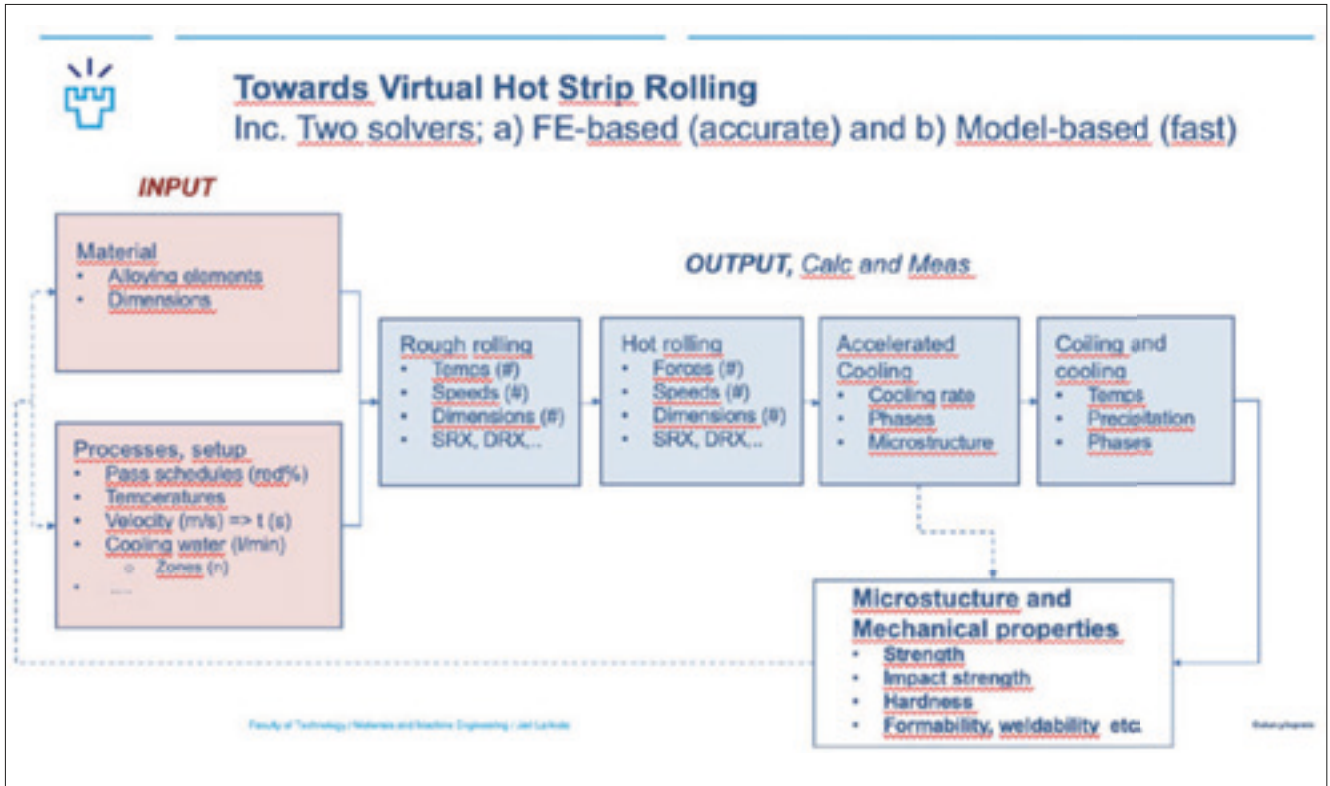
Kohti virtuaalista kuumavalssausta

Oulun yliopiston professori **Jari Larkiola** totesi esityksensä aluksi, että vuonna 2020 maailman terästuotanto oli 1 870 miljoonaa tonnia ja sen ennustetaan kasvavan 1,5-kertaiseksi vuoteen 2050 mennessä. Tällä hetkellä alle 30 % maailman teräksestä tuotetaan muualla kuin Aasiassa. Terästen kehityksen nopeutta kuvaa se, että nykyisin käytettävistä teräksistä yli 75 % ei ollut olemassa 20 vuotta sitten. Siten menestyminen teräsmarkkinoilla edellyttää mm. äärimmäistä tehokkuutta prosessi- ja tuotekehityksessä.

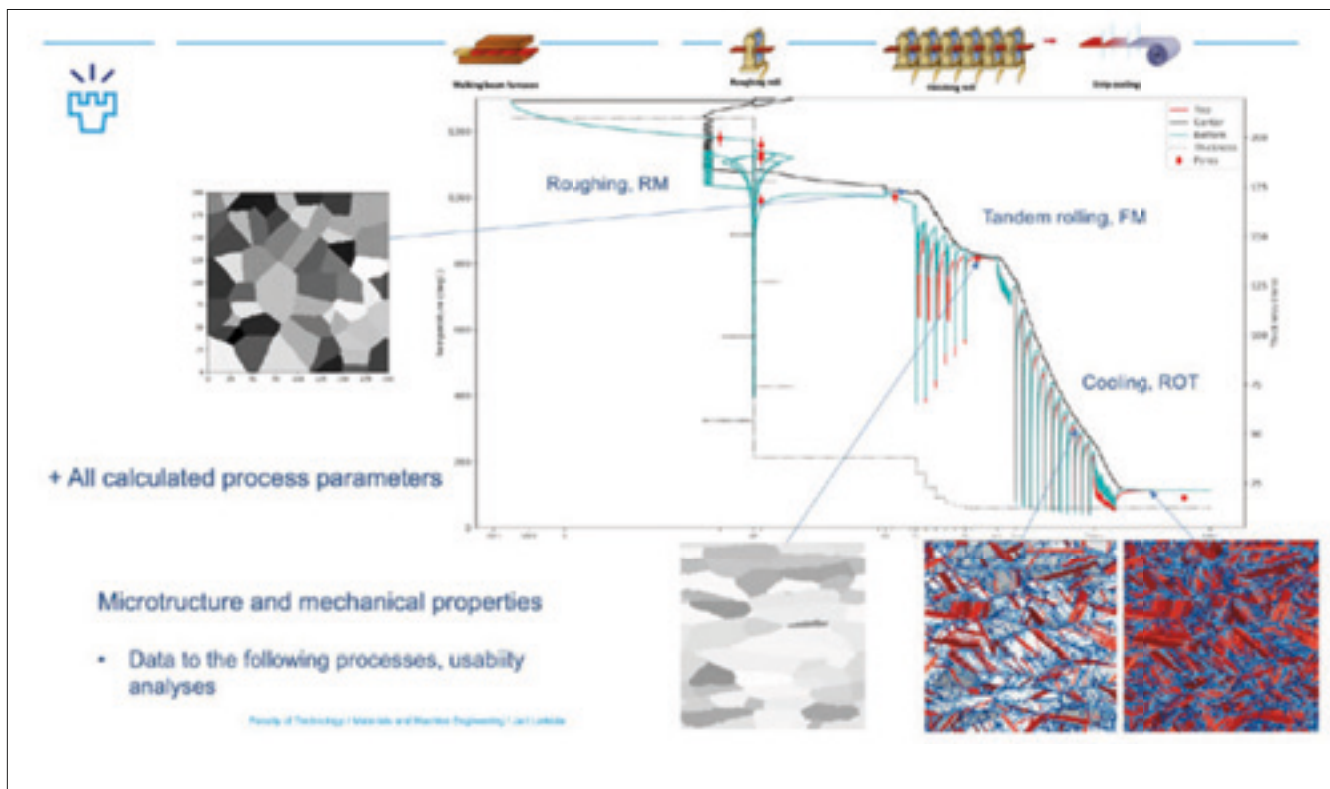
Varsinaisessa esityksessään Jari Larkiola esitteli Oulun yliopistossa tehtävää työtä terästen valmistusprosessien mallintamiseksi niin, että erilaisia tapoja halutun lopputuloksen saavuttamiseksi voidaan testata ilman raskaita tuotantokokeita. Terästen mikrorakenteet ja niistä johdettavissa olevat mekaaniset ominaisuudet muodostuvat austeniitin hajaantumisen kautta kuumavalssaauksessa ja sen jälkeisessä jäähtymisessä. Siksi kontrolloidun kuumavalssaustaprosessin ja sen jälkeisen jäähtymisen mallintaminen on avainasemassa entistä lujempien ja sitkeämpien terästen kehitystyössä.

Kuumavalssaustaprosessin mallintamistyön yleinen rakenne syöttö- ja tulossuureineen on esitetty kuvassa 5. Mallin tarkkuutta parannetaan vertaamalla laskennallisia tuloksia mitattuihin suureisiin ja tekemällä takaisinkytkentöjen kautta tarvittavia muutoksia syöttötietoihin uusia laskentakierroksia varten. Käytössä on kaksi toteutustapaa: Finite Element (FE)-perusteinen ja malliperusteinen toimintatapa. Näistä FE-perusteinen antaa tarkempia tuloksia, kun taas malliperusteinen tapa on nopeampi.

Kaksiulotteiseen laskentaan perustuvan FE-pohjaisen toimintatavan mukainen mallinnus koostuu neljästä erillisestä mallimoduulista, jotka kytketään yhteen lopulliseksi kuumavalssaustaprosessin malliksi, ns. digitaaliseksi kaksosiksi. Omat moduulinsa on karkeavalssaaukselle, varsinaiselle kontrolloidulle kuumanauhavalssaaukselle, nopeutetulle jäähtytykselle sekä kelaukselle ja jäähtymiselle keloilla. Näiden moduulien laskentatulokset



Kuva 5. Kuumavalssausprosessin mallintamistyön yleinen prosessikaavio



Kuva 6. Malliperustaisen mallinnustyön kautta määritetty kuumavalssausprosessin lämpötilahistoria ja prosessin eri vaiheissa esiintyviä mikrorakenteita

syötetään mikrorakenteen muodostumismalliin, josta voidaan edelleen ennustaa muodostuvia mekaanisia ominaisuuksia. Jari Larkiola kävi esityksessään lyhyesti läpi eri moduuleihin liittyviä peruseräiteitä ja laskentaa.

FE-pohjaisessa toimintatavassa syntyvän moduuleista koostuvan mallin etuina ovat mm. tarkat rajaehdot sekä prosessin ja metallurgisen tutkimuksen kytkeminen samaan malliin. Silloin kaikki ilmiöt kytkeytyvät toisiinsa ja oletuksia tarvitaan vähemmän. Koko prosessi karkeavalssauksen alusta kelauksen alkuun saadaan mallinnetuksi ja tuloksena saatavat lämpötila-, jännitys- ja myötymä-jakaumat voidaan syöttää mikrorakenteen muodostumismalliin.

Nopeammassa malliperustaisessa toimintatavassa lähtötietoina käytetään teräksen koostumusta ja prosessiparametreja. Ne syötetään materiaalmalleihin, joiden avulla ennustetaan mikrorakenteiden muodostumista kuumavalssauksen eri vaiheissa; aghiokuumennuksessa, karkeavalssauksessa, kontrolloidussa kuumanauhavalssauksessa ja valssauksen jälkeisessä nopeutetussa jäädytyksessä.

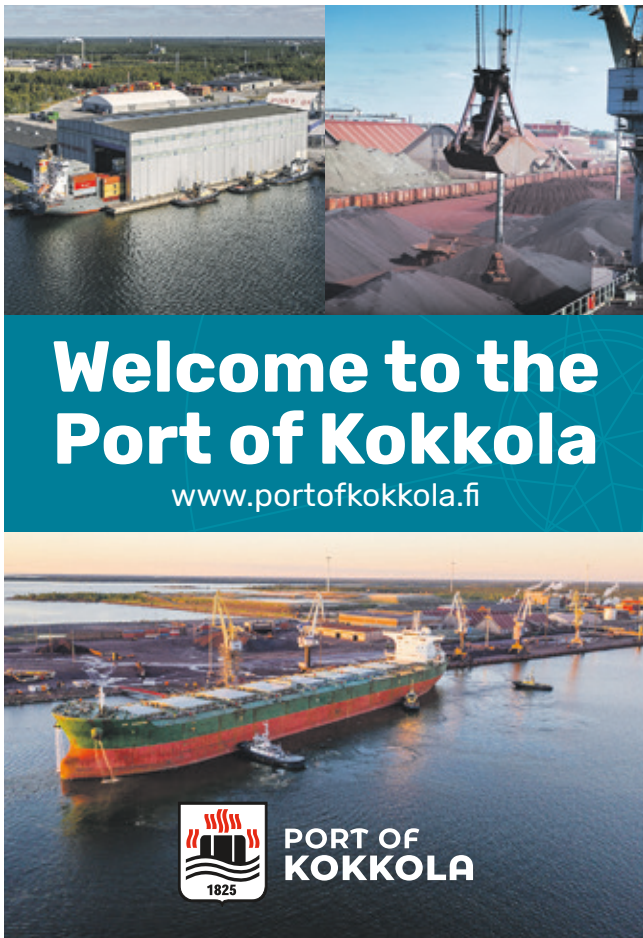
Karkeavalssauksen keskeisiä ilmiöitä ovat staattinen rekristallisaatio ja rakeenkasvu, joita mallinnetaan ns. CA (Cellular Automata)-mallilla. Kuumanauhavalssauksen mallinnuksessa määritetään ensin lämpötila-, myötymä- ja myötönopeusjakaumat FE-pohjaisen mallin avulla ja tulokset syötetään lähtöarvoina mm. raerakennetta ja dislokaatiotiheyttä määrittävään CA-malliin. Saadut tulokset puolestaan toimivat lähtöarvoina nopeutetun jäädytyksen materiaalmalleille, joihin kuuluvat omat mallit ferriitin, bainiitin ja martensiitin muodostumiselle austeniitin hajaantuessa vallitsevan jäähtymisnopeuden perusteella.

Nopeutetun jäädytyksen materiaalmalleilla määritetään valssausprosessin tuloksena syntynyt mikrorakenne ja sen faasisuudet. Niiden avulla voidaan taas ratkaista syntyneen mikrorakenteen mekaaniset ominaisuudet. Vertaamalla ennustettua mikrorakennetta todellisen valssausprosessin tuottamaan mikrorakenteeseen arvioidaan mallin tarkkuutta ja määritetään toimenpiteitä mallin parantamiseksi. Kuva 6 esittää malliperustaisen toimintatavan kautta määritettyä kuumavalssausprosessin lämpötilahistoriaa ja prosessin eri vaiheissa esiintyviä mikrorakenteita.


Malliperusteista toimintatapaa voidaan käyttää myös hitsaussauman ns. lämpövyöhykkeelle (Heat Affected Zone HAZ) muodostuvien mikrorakenteiden ennustamiseen ja sitä kautta teräksen hitsattavuuden arviointiin. Siten hitsattavuutta voidaan arvioida jo teräksen ja sen valmistusprosessin suunnitteluvaiheessa ja sitä kautta lyhentää uusien teräslajien kehityssykliä.

Mallinnustyön tuloksena määritetyt materiaaliominaisuudet voidaan edelleen syöttää rakenteiden käyttäytymistä eri tilanteissa kuvaaviin malleihin. Esimerkkejä tallaisista malleista ohutlevytekniologiassa ovat mm. autojen törmäystestejä simuloivat mallit, joiden avulla arvioidaan auton korirakenteiden käyttäytymistä ja turvallisuutta kolaritilanteissa.

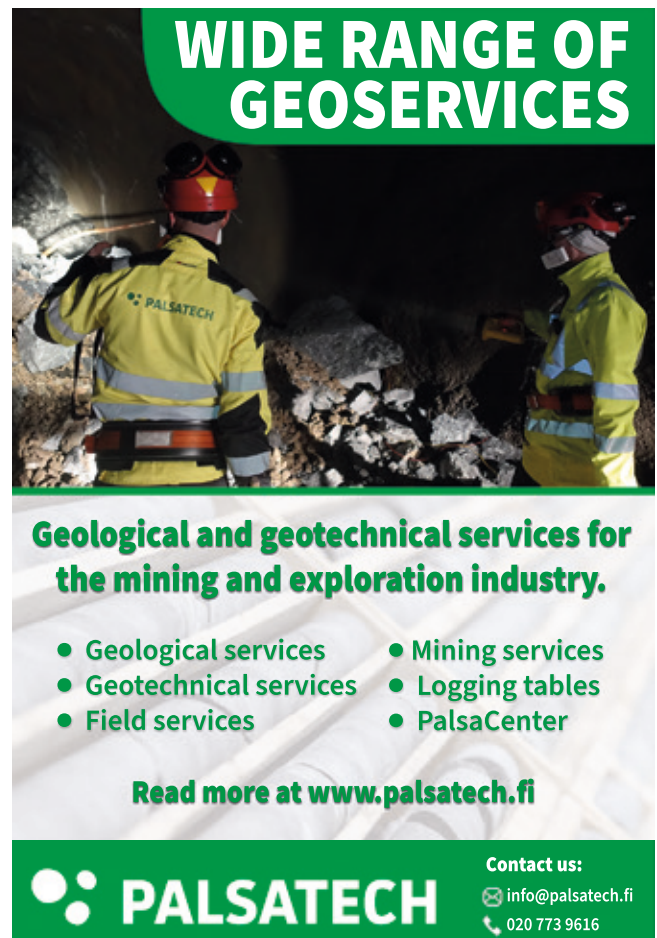
Virtuaalista kuumavalssausta hyödynnetään erityisesti uusien teräskoostumusten kehitystyössä erilaisiin käyttökohteisiin. Sen avulla voidaan myös nopeuttaa uusien teräslajien tuomista tuotantoon. ▲



Welcome to the Port of Kokkola
www.portofkokkola.fi



PORT OF KOKKOLA
1825



WIDE RANGE OF GEOSERVICES

Geological and geotechnical services for the mining and exploration industry.

- Geological services
- Geotechnical services
- Field services
- Mining services
- Logging tables
- PalsaCenter

Read more at www.palsatech.fi

PALSATECH

Contact us:
info@palsatech.fi
020 773 9616

Areal and Rock Type Variations of Lithium in Finland; Applications for Li-Prospectivity

BY: **TAPIO RUOTOISTENMÄKI**

DTECH (GEOPHYSICS/1987); PHD (GEOLOGY/2019)

RETIRED II-2016

TRUOTOIS@GMAIL.COM

Abstract

The increasing strategic and economic importance of lithium (Li) is due to its increasing use in numerous civil and military metallurgical and high-tech electric applications. In this study, I consider litho-geochemical rock type and areal variations of lithium using data available in the litho-geochemical database of Geological Survey of Finland. Their combined information can be very effective tool when selecting target areas for future lithium prospecting.

For detailed, linear scale comparison, the litho-geochemical data are normalized by averages of ca 6500 sample analysis. In the most common granitic (felsic) rocks, the average lithium content is close to Finnish average. However, the average Li-contents of intermediate mica gneisses, schists and metavolcanites are clearly higher. Their normalized lithium contents of high-Li samples can vary from ca 4 up to 20 times the Finnish average; primary lithium content varying from ca 80 to 390 ppm. The high-Li samples cluster generally in proterozoic sub-areas of SW Finland and close to contact zones of granitic and granodioritic intrusives, enriched possibly by remobilization of primary lithium in schists, gneisses and volcanites and replenished further by fluids activated and generated by granitoid batholiths.

Comparison of the chemistry of most lithium enriched mica gneiss sample with the average of 655 mica gneiss samples indicates that in the high-Li sample the contents of, e.g., Na₂O, K₂O, MnO, Al₂O₃, FeO and MgO are slightly higher, but the contents of CaO, P₂O₅, SiO₂ and TiO₂ are lower. The significantly lower SiO₂ content (62.5%) of high-Li sample

RockType	NbRockType	Li_ICPAES [ppm]_AmeanNorm	Li_ICPAES [ppm]_AmeanOrig	Li_ICPAES [ppm]_GmeanOrig	Orig: Amean/Gmean
Mica schist	222	2,13	41,87	32,92	1,27
Mica gneiss/migmatite	351	2,04	40,12	34,59	1,16
Mica gneiss	655	1,93	37,84	29,91	1,26
Intermediate volcanite	89	1,73	33,88	28,36	1,19
Rpk granite	147	1,52	29,63	24,72	1,20
Granodiorite	642	1,47	28,89	25,06	1,15
Tonalite	282	1,44	28,27	24,30	1,16
Quartzdiorite	221	1,42	27,78	22,08	1,26
Hornblendegneiss	99	1,35	26,52	20,80	1,27
Gneiss	238	1,19	23,40	17,51	1,34
Diorite	96	1,16	22,67	19,36	1,17
Quartzfeldspargneiss	166	1,10	21,44	16,12	1,33
Granite	906	1,09	21,36	16,78	1,27
Granitegneiss	153	0,99	19,41	15,80	1,23
Amfibolite	308	0,93	18,33	13,00	1,41
Mafic volcanite	378	0,82	16,07	11,87	1,35
Gabbro	217	0,80	15,75	11,73	1,34
Diabase	129	0,58	11,37	8,92	1,27
Quartzite	239	0,47	9,20	7,83	1,18
Granulite	155	0,33	6,43	6,00	1,07

Table 1. Averages of normalized (Norm) and original (measured, Orig) values of lithium contents of twenty most common rock types of samples in the Rock Geochemical Database of Finland. Amean: arithmetic average; Gmean: geometric average. The high Amean values compared to Gmean refer to some random high peaks of Li_ICPAES in the sample data. In other words, Gmean indicates better the 'smoothed' average of data and Amean is more affected by the occasional high peaks in the data. Thus, the term Amean/Gmean indicates homogeneity and possible existence of anomalous high Li-values in the samples.

compared to the average value (66.8%) of mica gneisses indicates that the high-Li sample is more mafic compared to the average of all mica gneisses. The REE values of the high-Li sample are clearly higher. In trace elements, there are many notably higher peaks in the high-Li sample, most enriched elements being Li, Rb, Bi, F, Ta and Y. Moreover, the high-Li sample is rich in 'metallic' elements, such as Zn, Al, Cr, Ni, Fe, Mn, V, Ti, Mg and Co,

which indicate the multi-element potential of the Li-rich mica gneisses. The outcrop of the high-Li sample is strongly deformed and migmatized characterized by mica gneisses. This study indicates that in Finland exist regional and local scale sub-areas potential for economic lithium mineralizations - with or without other economic mineral combinations. Especially, proterozoic mica gneisses or volcanic rocks in or close to fractured and

altered contact zones of granitoid intrusions (granites, granodiorites) are potential for enriched lithium deposits. The maps showing general lithium variations and detailed high-Li locations, combined with all other geochemical and geophysical information, can be efficiently used for lithium prospecting by, e.g., tracing high-Li trends starting from the most promising sample locations given in the maps.

For further studies and exploration, more detailed information and support are available from the author.

Keywords: lithium, rock chemistry, alteration, mineralization potential, Finland, archaean, proterozoic.

Introduction

Lithium (Li) is the lightest of the alkali metals belonging to group 1 of the periodic table. In modern world, it is strategically and economically very important element due to its increasing use in high-tech civil and military applications. Lithium is a lithophile metallic element, occurring in silicate minerals, e.g., as an accessory element in potassium feldspar, biotite mica, amphibole and clay minerals. It can substitute for potassium (K), sodium (Na), magnesium (Mg) and aluminium (Al) (Salminen et al., 2005). It may be present in clays as impurities, as inclusions, in lattice cavities, adsorbed on the surface, or by isomorphous substitution, which is the most common occurrence (Starkey, 1982).

Lithium has several industrial applications, including heat-resistant glass and ceramics, grease lubricants, iron, steel and aluminium production and lithium-ion batteries. These uses consume more than three-quarters of lithium production. It has also important uses in nuclear physics. Lithium salts have proven to be useful as a mood-stabilizer in the treatment of bipolar disorder in humans. Estimates for the earth's crustal lithium content range from 20 to 70 ppm by weight. It forms a minor part of igneous rocks, with the largest concentrations in granites. Granitic pegmatites also provide the greatest abundance of lithium-containing minerals, where spodumene and petalite are the most commercially viable sources. Large lithium reserves are in Chile, Bolivia and Czech Republic. Australia has high annual production, as well as Argentina and China. In December 2019, Finnish mining company Keliber Oy reported estimated proven and probable ore reserves of 5,280 million tonnes in Rapasaari lithium deposit (<https://en.wikipedia.org/wiki/lithium>). A statistical summary of known and undiscovered lithium resources in Finland has been given by Rasilainen et al., 2018.

RockType	NbRock Type	RangeNorm		Amean Li_ICPAES [ppm]- Norm	RangeOrig [ppm]		Amean Li_ICPAES [ppm]-Orig
Mica gneiss	42	4,03	- 19,67	6,33	79,00	- 386,00	124,30
Mica gneissmigmatite	21	4,07	- 11,01	5,64	79,90	- 216,00	110,63
Mica schist	16	4,13	- 16,82	6,90	81,10	- 330,00	135,45
Granodiorite	11	4,05	- 7,90	5,02	79,50	- 155,00	98,55
Granite	6	4,05	- 6,57	4,91	79,40	- 129,00	96,40
Intermediate volcanite	6	4,07	- 6,83	5,06	79,80	- 134,00	99,22
Quartzdiorite	6	4,29	- 7,85	5,56	84,20	- 154,00	109,10
Amfibolite	4	4,14	- 12,43	7,24	81,20	- 244,00	142,05
Gneiss	4	4,13	- 6,73	5,53	81,00	- 132,00	108,63
Tonalite	4	4,26	- 6,68	5,01	83,60	- 131,00	98,35
Gabbro	3	4,17	- 10,50	6,55	81,80	- 206,00	128,47
Graywacke	3	4,15	- 10,90	6,47	81,50	- 214,00	126,97
Hornblendegneiss	3	4,01	- 6,52	5,06	78,60	- 128,00	99,23
Mafic volcanite	3	4,05	- 8,71	5,80	79,40	- 171,00	113,90
Gneissgranite	2	6,22	- 6,42	6,32	122,00	- 126,00	124,00
Quartzfeldspargneiss	2	5,76	- 5,76	5,76	113,00	- 113,00	113,00
Quartzfeldsparschist	2	4,03	- 4,77	4,40	79,00	- 93,70	86,35
Rpk granite	2	7,80	- 19,11	13,45	153,00	- 375,00	264,00
Diabase	1	4,49	- 4,49	4,49	88,10	- 88,10	88,10
Felsic volcanite	1	4,26	- 4,26	4,26	83,60	- 83,60	83,60
Granodioritegneiss	1	4,23	- 4,23	4,23	83,00	- 83,00	83,00
Phyllite	1	4,30	- 4,30	4,30	84,40	- 84,40	84,40
Tonalitegneiss	1	4,16	- 4,16	4,16	81,60	- 81,60	81,60
Tuffite	1	16,66	- 16,66	16,66	327,00	- 327,00	327,00

Table 2. Summary statistics of 'high-Li' RGDB samples, where the normalized Li_ICPAES values are at least 4 times the average of all Finnish RGDB samples. "Norm" refers to normalized values and "Orig" refers to original, measured Li-values.

In this study, I use geochemical data interpolated from the Geological Survey of Finland (GTK) database for analyzing areal and lithochemical variations, and prospecting potential of lithium in Finnish precambrian bedrock. This study is a continuation to my recent reports and publications, where I consider the variations of Finnish rock types and their relation to economically important Finnish mineralizations and their combinations, their chemistry, geophysics and lineament density (Ruotoistenmäki, 2015, 2016a, b, 2017, 2019, 2019b, c, 2020, 2021a, 2021b, 2021c, 2021d, 2021e). The geochemical sample data used in this study are from the Rock Geochemical Database of Finland (RGDB; Rasilainen et al., 2007). The rock type names have been given by field geologists and may not be always exactly correct.

The lithochemical database consists of chemical analysis of 6544 Finnish rock samples. The maximum number of analysed elements or their compounds (oxides) is 88. The number of rock types (defined by field geologists) is 77, varying from granites (906+147=1053 samples, including 147 rapakivi granites) to ultrapotassic rock (1 sample). Maps and detailed statistics of lithochemical sample data are available in Lithochemical Atlas of Finland by Ruotoistenmäki, 2016a, b.

In the following, I also give geochemical 'spectra' of selected samples, using data normalized by geometric means of all RGDB data given in Ruotoistenmäki, 2021d. In Ruotoistenmäki, 2019, I have demon-

strated that normalization by averages of all Finnish sample data results linear scale diagrams where the resolution in trends, amplitudes and signs of peaks are significantly enhanced, compared to, e.g., the logarithmic scale Chondrite or Morb normalized diagrams. Moreover, as the RGDB data covers relatively densely and evenly whole Finnish continental area, the linear scale diagrams can be considered as a good representative of Finnish upper crust (Ruotoistenmäki, 2016a, b). Thus, normalized values close to one (1,0) approximate values close to Finnish upper crustal average, and values significantly below or above 1,0 (e.g. $\leq 0,5$, or $\geq 2,0$), can be considered anomalous.

The lithochemical data and licensing information are available from the website of the Geological Survey of Finland: <http://hakku.gtk.fi/fi/locations/search>.

This report is an updated version of my manuscript given in Ruotoistenmäki, 2021d.

Areal and rock type variations of lithium in Finland

Variations of lithium in Finnish rock types
In the following I use for Li analysis the format: Li_ICPAES [ppm] = Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry after aqua regia digestion (Rasilainen et al., 2007). The unit for primary measured values is ppm and for normalized values pure number (dimensionless). Table 1 shows given averages of normalized and original (measured) lithium contents of twenty most common rock types of samples in the Rock

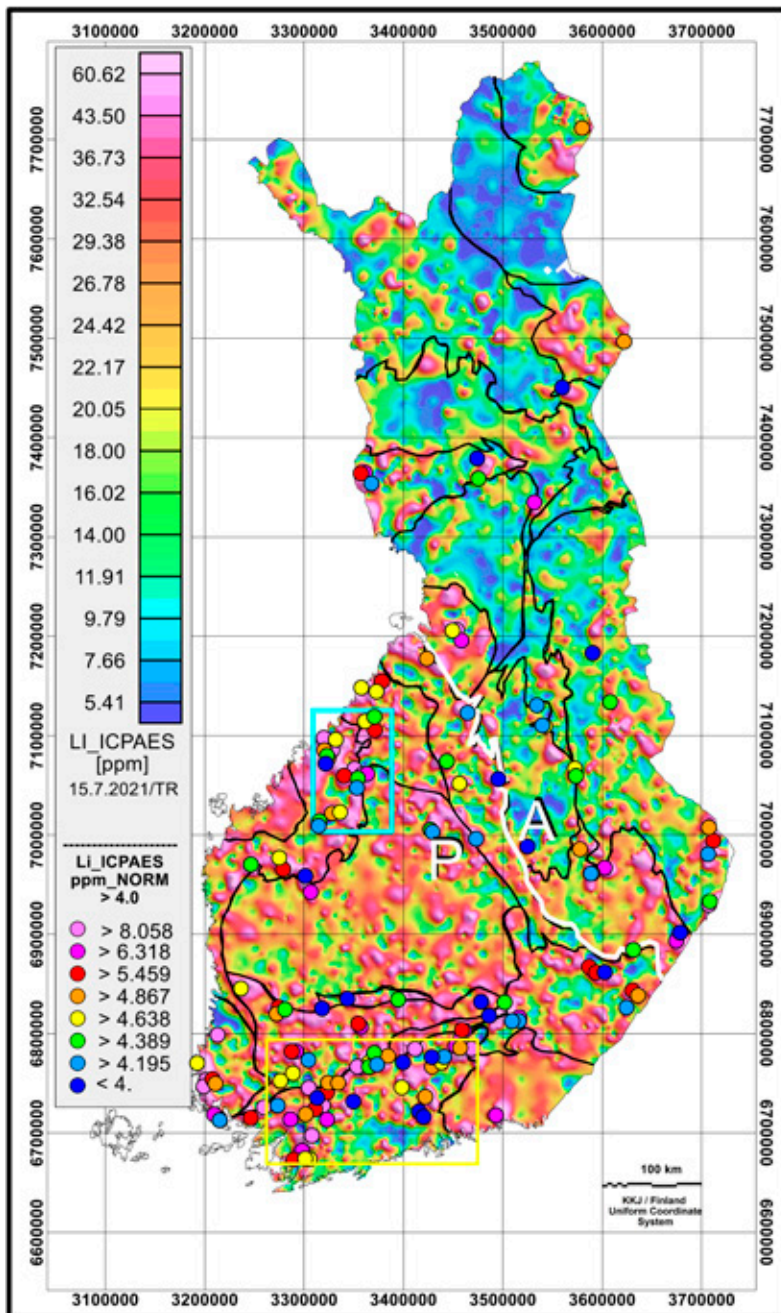


Figure 1. Colour map: Original (measured) values of Li_ICPAES [ppm], adopted from Ruotoistenmäki, T., 2016a.

Dots: Location of Lithochemical data base samples, where normalized Li_ICPAES values are ca 4 - 20 times the Finnish average (blue to violet = low to high normalized lithium values). The archaic (A) - proterozoic (P) border zone is approximated by a thick white line. The areas framed by yellow and blue are considered in more detail in figure 2 and figure 3 and in figure 4. The black polygons border the lithological sub-areas, adopted from Ruotoistenmäki, 2016a.

Corner point coordinates in WGS-85:

Lower left KJ: 6600000 3100000 / WGS-84: N 59.32° E 020.00°

Upper right KJ: 7700000 3700000 / WGS-84: N 69.30° E 032.07°

Geochemical Database of Finland. In the table it can be noted that in the most common granite group (with the exception of Rapakivis, Rpk_granite), the lithium content is close to the Finnish average (normalized average value close to 1,0). The most com-

mon and Li-rich sample groups are mica gneisses, mica gneissmigmatites and mica schists, where the high Li-content, ca twice the average of Finnish rock samples, can be due to, e.g., lithium substituting for K, Na and Mg in primary clay rich soils (see e.g.

Salminen et al., 2005, Starkey, 1982). For comparison, the statistics of all Li-containing data samples in the Lithochemical data base are: NbDat = 5820 samples, Amean = 26.5 [ppm] and Gmean = 19.62 [ppm].

Prospectivity of lithium in Finland

Table 2 shows the summary statistics of 'high-Li' RGDB samples, where the normalized Li_ICPAES values are at least 4 times the average of all Finnish RGDB samples (= 146/5820 high-Li samples). In the table it can be noted that the most common Li-rich samples are mica rich rocks, whose normalized Li-contents vary generally from ca 4 up to ca 20 times the Finnish average lithium content, original (measured) Li-values varying from ca 80 to 390 ppm. It should also be noted that no high-lithium pegmatites have been found in RGDB samples.

It is interesting to note, that mica rich gneisses and schists are also among the most nutritious rocks in Finland (see Table 2 in Ruotoistenmäki, 2021e).

The hillshaded colour map in figure 1 shows the variations of original (measured) Li_ICPAES values interpolated from the samples from the Rock Geochemical Database of Finland. Moreover, the map depicts the locations of samples, where Li-contents are at least four times the average of lithium content of Finnish RGDB samples (altogether 146/5820 samples). The framed areas in the map, belonging to mid- and southern Finland proterozoic sub-areas, are considered below. The southern area framed by yellow is considered in more detail in maps in figure 2 and figure 3. It is characterized by, e.g., 1,9 Ga mica schists, mica gneisses and metavolcanites, crosscut by ca 1,85 - 1,83 Ga microcline granites. Correspondingly, the northwestern mid-Finland coastal area, framed by blue, is considered in more detail in maps in figure 4. It is characterized by ca 1,9 -1,87 Ga metavolcanites, mica schists and mica gneisses crosscut by granites and granodiorites. (e.g., Korsman et al., 1997)

Examples: Association of lithium potential mica gneisses and schists with granitoid intrusives (granites and granodiorites)

The maps in figure 2 and figure 3 show detailed views of lithology and Li-variations in the area framed by yellow in map in figure 1. When closely studying the lithology map in figure 2, it can be noted that the high-Li samples of mica gneisses/schists and metavolcanites, shown by circled symbols, clearly concentrate on border/contact zones of southern Finland granitoids (microcline

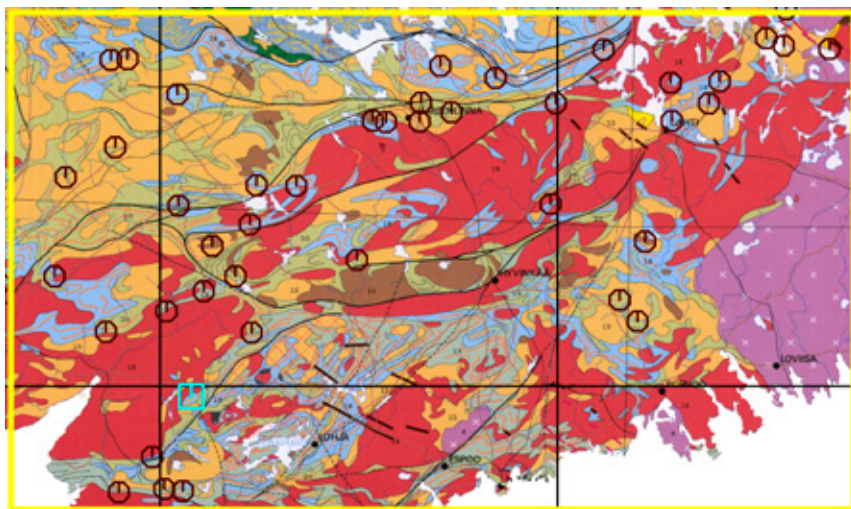


Figure 2. Bedrock map depicting variations of the lithology in the yellow framed area in figure 1 (Korsman et al., 1997). Map colours: red (14): granites; pale blue (18): mica schist & mica gneisses + granitic veins (orange stripes); green (20): mafic metavolcanites; violet (8, 9): Rapakivi granites; orange (15): granodiorites. Black circles indicate locations of Lithogeochemical data base samples, where normalized Li_ICPAES values are ca 4 - 20 times Finnish average. The blue square locates the high-Li sample 92008761 considered below.

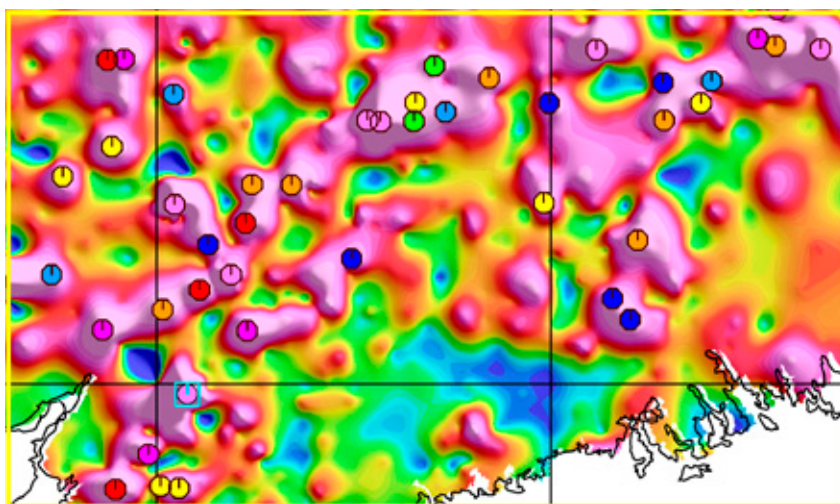


Figure 3. Yellow-framed area in figure 1 showing variations of the Li_ICPAES [ppm] values in southern Finland. The coloured dots depict the location of Lithogeochemical data base samples, where normalized Li_ICPAES values are ca 4 - 20 times Finnish average. The colour scale of dot symbols is given in Figure 1 (blue to violet = low to high). The blue square locates the high-Li sample 92008761, considered below.

granites and granodiorites). This suggests that the heat and fluids from felsic granitoids remobilized and replenished lithium in already primarily Li-rich rocks.

Thus, using lithium potential mica gneiss or volcanic belts close to granitic intrusives in figure 2 combined with lithium trends in figure 3, and all other available lithological, geochemical and geophysical information, one can define Li-potential trends, alteration zones and target areas for future lith-

ium prospecting.

=> Potential targets for lithium prospecting are primarily lithium rich mica gneisses and metavolcanites enriched further by hydrothermal processes by associated granitoids.

Correspondingly, the maps in figure 4 show the high-lithium sample locations in Li_ICPAES [ppm] and lithological maps from northwestern mid-Finland coastal area (framed by blue in figure 1). In these maps it is also evident that the high lithium samples

are concentrated in mica schists and gneisses associated with contact zones with granitoids (granites, granodiorites).

Comparing the high-Li mica gneiss sample 92008761 with the geometric mean of all 655 mica gneiss samples

In the diagrams in figure 5 I have compared the differences of chemistry of high lithium mica gneiss sample 92008761 and geometric mean of all 655 mica gneiss samples. The Li-content of high-Li sample is almost 20 times the Finnish Li-average. It is sampled from strongly deformed and migmatized outcrop characterized by mica gneisses crosscut by granitic apophysis and veins (RGDB, sample 92008761 field notes by Arto Luttinen, 1992). The location of sample 92008761 is given in maps in figure 2 and figure 3 above (blue square).

In the spectra in figure 5 it can be noted that in the sample 92008761 the contents of, e.g., Na_2O , K_2O , MnO , Al_2O_3 , FeO and MgO are higher than in mica gneiss average. However, the contents of CaO , P_2O_5 , SiO_2 and TiO_2 are lower. Moreover, the REE values of sample 92008761 are clearly higher, above 1,5 times the Finnish average (except $Eu_{Norm} = 1,29$), while those of mica gneiss average are very close to the Finnish average (1,0). In trace elements there are many notably higher peaks in sample 92008761 as compared to the mica gneiss average. The most enriched trace elements (92008761/Gmean) in the high-Li sample 92008761 are, e.g., Li, Rb, Bi, F, Ta and Y. However, e.g., the S, P, Ca, Sr and Pb contents are clearly higher in the average of all gneiss samples. Moreover, besides high lithium, sample 92008761 is characterized by enriched 'metallic' peaks, such as Zn, Al, Cr, Ni, Fe, Mn, V, Ti, Mg and Co; all of which indicate the multi-element potential of mica gneisses.

It has also been noted that sample 92008761 is associated with higher gravimetric and radiometric anomalies, especially uranium radiation, as compared to the geometric mean of all 655 mica gneiss samples (Ruotoistenmäki, 2021d).

As a whole, the chemical spectra in the diagrams in figure 5 clearly demonstrate the strong alteration by heat and fluids derived by the nearby granitic intrusion.

Summary

By considering areal and rock type chemical variations of lithium and by using data available from the Lithogeochemical database of Geological Survey of Finland, it is possible to

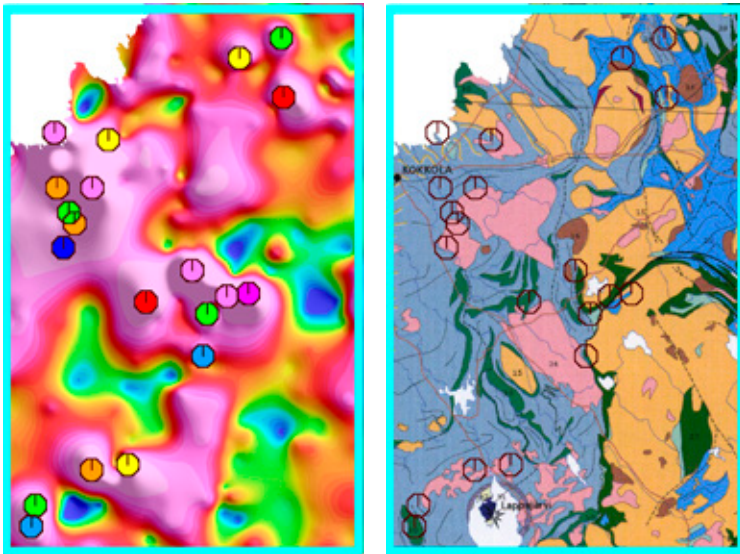


Figure 4. Left: High-lithium sample locations in Li_ICPAES map in northwestern mid-Finland coastal area (framed by blue in figure 1). Right: Locations of samples in Bedrock Map of Finland (Korsman et al., 1997). Main map colors: pale red (24): granites; blue & gray (25, 28): mica schist & mica gneisses + granitic veins (orange stripes); dark green (20): mafic metavolcanites; orange (15): granodiorites; brown (16): gabbros.

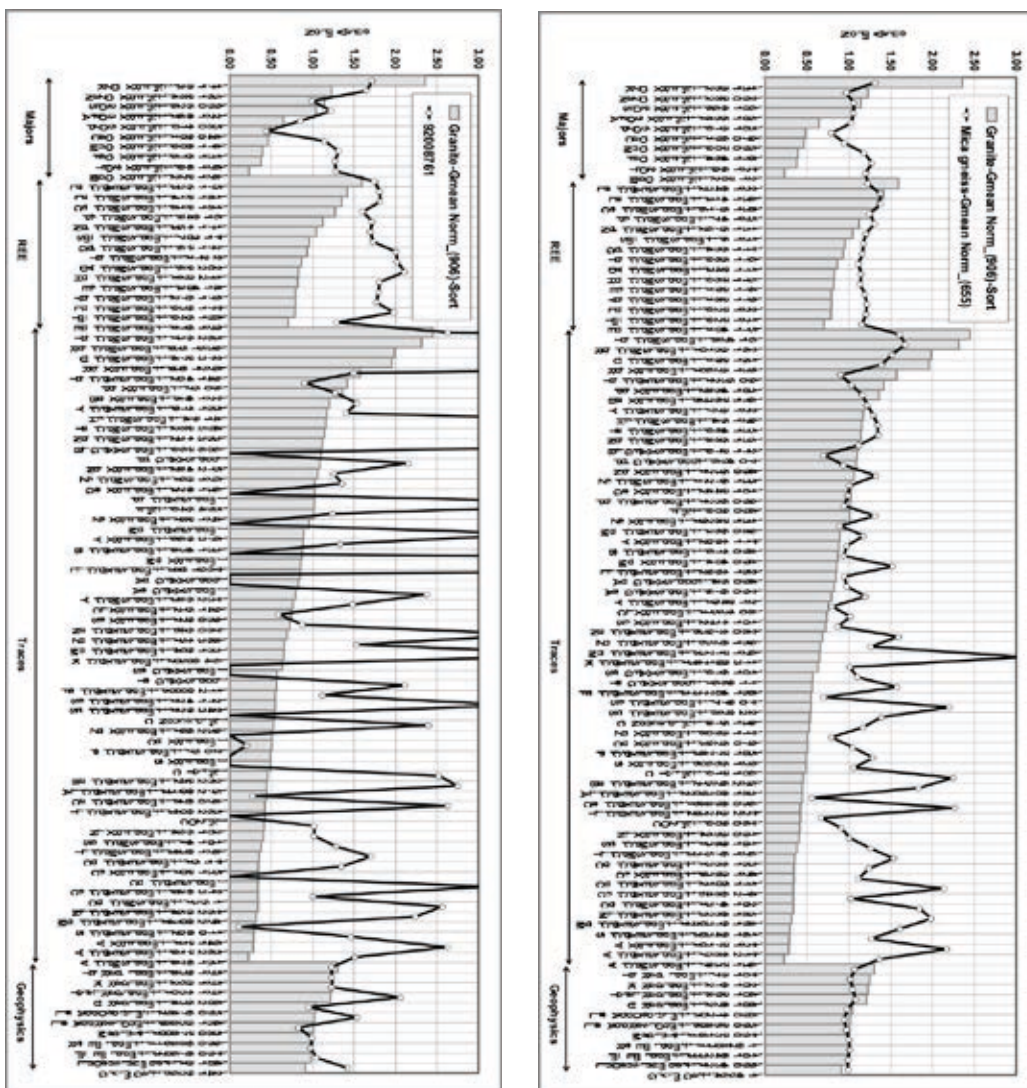


Figure 5. Comparison of chemical and geophysical spectra of high lithium mica gneiss sample 92008761 (left) and geometric mean of all 655 mica gneiss samples (right). The element contents of samples have been normalized by geometric means of all Finnish RGDB samples (Ruotoistenmäki, 2021d). Thus, values close to one (1,0) approximate values close to the Finnish upper crustal average, and values significantly below or above 1,0 (e.g., $\leq 0,5$ or $\geq 2,0$), can be considered as anomalous. For comparison, in the diagram element and parameter groups (Majors, REE, Traces) are arranged in descending order of Finnish granite samples (gray bars = 'felsic trends'). The numbers in parenthesis in element labels give the original (measured in ppm) values and normalized element contents of the sample. For example, the notification Li_ICPAES [ppm]_(386_19,67) means that the measured value is 386 [ppm] and the normalized value is 19,67.

define and delineate characteristics of most lithium potential rock types and target areas for future lithium mineral explorations.

The most anomalous, high-lithium samples from the Rock Geochemical Database of Finland are generally mica rich gneisses and schists, whose normalized Li-contents vary from ca 4 up to 20 times the Finnish average. The measured lithium contents vary from ca 80 to 390 ppm. The high-Li samples cluster generally in the proterozoic sub-areas of southern and southwestern Finland and close to the contact zones of granitoid intrusives (granites, granodiorites), possibly due to remobilization and enrichment of lithium in mica gneisses and replenishment by fluids activated by felsic batholiths.

The comparison of the sample chemistry of most lithium-enriched anomalous mica gneiss sample with average of 655 mica gneiss samples indicates that the high-Li sample is more mafic than mica gneiss average, with higher MnO, FeO, TiO₂ and MgO, and lower SiO₂. The REE values of high-Li sample are clearly higher. Moreover, the high-Li sample is enriched of trace elements, such as Li, Rb, Bi, F, Ta, Y and 'metallic' elements such as Zn, Al, Cr, Ni, Fe, Mn, Ti, V, Mg and Co. This indicates the multi-element potential of enriched mica gneisses. The high-Li sample outcrop is strongly deformed and migmatized and characterized by mica gneisses crosscut by granitic apophysis and veins.

Based on this study it is evident that in Finland - especially in proterozoic sub-areas - exist regional and local scale sub-areas potential for economic lithium mineralizations - with or without other economic element combinations. The maps showing general lithium variations and detailed high-Li locations can be efficiently used for lithium prospecting by, e.g., tracing high-Li trends starting from the most promising sample locations given in the maps. Moreover, geophysical and lithological data and maps should be applied, e.g., for locating potential mica gneiss areas and trends close to fractured and altered contact zones of regional granitoid intrusions with possibly slightly increased radiation level.

Potential targets for lithium prospecting are rocks primarily enriched by lithium (mica gneisses and metavolcanites) replenished and altered by hydrothermal processes by associated nearby intrusive batholiths.▲

References

Korsman, K., Koistinen, T., Kohonen, J., Wennerström, M., Ekdahl, E., Honkamo, M., Idman, H. & Pekkala, Y. (eds) 1997. Bedrock map of Finland 1:1 000 000. Espoo: Geological

- Survey of Finland.
- Rasilainen, K., Lahtinen, R. and Bornhorst, T.J. 2007. The Rock Geochemical Database of Finland Manual. Geological Survey of Finland. Report of Investigation 164. 38 p. Electronic publication. In: <http://arkisto.gsf.fi/tr/tr164/tr164.pdf>.
- Rasilainen, K., Eilu, P., Ahtola, P., Halkoaho, T., Kärkkäinen, N., Kuusela, J., Lintinen, P. & Törmänen, T. 2018. Quantitative assessment of undiscovered resources in lithium-caesium-tantalum pegmatite-hosted deposits in Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 406, 31 pages, 9 figures, 6 tables and 3 appendices.
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2015. Ore potential trends in Finland: Indications from geochemical, geophysical and lineament data. Journal of Geochemical Exploration 159, 278–289. In: https://www.researchgate.net/publication/283320271_Ore_potential_trends_in_Finland_Indications_from_geochemical_geophysical_and_lineament_data
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2016a. Lithochemical Maps (Atlas) of Finland. Geological Survey of Finland, Guide 62, 121 pages, 190 figures and 9 tables. In: https://www.researchgate.net/publication/309231212_Lithochemical_Maps_Atlas_of_Finland
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2016b. Lithochemical Maps (Atlas) of Finland-Excel Tables. In: https://www.researchgate.net/publication/309410004_Ruotoistenmaki_T_2016_Lithochemical_Maps_Atlas_of_Finland-Excel-Tables
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2017. TrTarget: Toolpack for Locating Targets for Mineral Prospecting. Archive report 7/2017. Geological Survey of Finland. Archive report 7/2017. In: http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/7_2017.pdf and https://www.researchgate.net/publication/314094362_TrTarget_Toolpack_for_Locating_Targets_for_Mineral_Prospecting
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2019. Adakitic plutonic rocks in the Finnish Precambrian: Evolution and areal, chemical, physical and age variations. Academic Dissertation. Geological Survey of Finland, Espoo. 146 pages, 97 figures and 15 tables. In: https://www.researchgate.net/publication/329539286_Adakitic_plutonic_rocks_in_the_Finnish_Precambrian_Evolution_and_areal_chemical_physical_and_age_variations
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2019b. Geochemical, geophysical and lithological characteristics of Precambrian mineral deposit environments in Finland & application in mineral exploration. Report in: https://www.researchgate.net/publication/336495792_Geochemical_geophysical_and_lithological_characteristics_of_Precambrian_mineral_deposit_environments_in_Finland_application_in_mineral_exploration
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2019c. Association of Precambrian lithology with ore mineralization environments in Finland: Short Note. In: https://www.researchgate.net/publication/336678887_Association_of_Precambrian_lithology_with_ore_mineralization_environments_in_Finland_Short_Note
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2020. Prospectivity maps and statistics of major metallic mineralizations in Finland by applying geochemical and geophysical information of Finnish Precambrian bedrock. Also examples of non-metallic applications, e.g. nutrients and mineralizations associated to rock type variations. DOI: 10.13140/RG.2.2.30273.10082. Report in: https://www.researchgate.net/publication/339202373_Ruotoistenmaki-Prospectivity_Maps_of_Selected_Metallic_and_Non-Metallic_Mineralizations-TR-12-2-2020
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2021a. Statistical Resite Mineralogy Estimation of Deep Adakitic Fractionates in Finland. February 2021. In: https://www.researchgate.net/publication/349279180_Statistical_Resite_Mineralogy_Estimation_of_Deep_Adakitic_Fractionates_in_Finland DOI: 10.13140/RG.2.2.25174.98884
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2021b. Chemical and Geophysical Characteristics of Adakitic Rocks and Adakitic Mineral Deposits in Finnish Precambrian. DOI: 10.13140/RG.2.2.27218.89289. In: https://www.researchgate.net/publication/350631001_Chemical_and_Geophysical_Characteristics_of_Adakitic_Rocks_and_Adakitic_Mineral_Deposits_in_Finnish_Precambrian
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2021c. Rare Earth Elements in Finnish Precambrian Bedrock-10-5-2021-TR. DOI: 10.13140/RG.2.2.13908.12165 https://www.researchgate.net/publication/351441674_Rare_Earth_Elements_in_Finnish_Precambrian_Bedrock-10-5-2021-TR
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2021d. Areal Distribution, Characteristics and Prospectivity of Lithium in Finnish Precambrian Bedrock. DOI:10.13140/RG.2.2.14127.46245. In: https://www.researchgate.net/publication/353660316_Areal_Distribution_Characteristics_and_Prospectivity_of_Lithium_in_Finnish_Precambrian_Bedrock
- Ruotoistenmäki, Tapio. 2021e. Distribution of Nutrients in Finnish Precambrian Bedrock-26-05-2021-TR. DOI:10.13140/RG.2.2.29187.84007. In: https://www.researchgate.net/publication/351869206_Distribution_of_Nutrients_in_Finnish_Precambrian_Bedrock-26-05-2021-TR
- Salminen, R. (Chief-editor), Batista, M. J., Bidovec, M., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamic, J., Heitzmann, P., Lima, A., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'Connor, P. J., Olsson, S.Å., Ottesen, R.-T., Petersell, V., Plant, J.A., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandström, H., Siewers, U., Steinfeld, A., Tevainen, T., 2005. Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology and Maps. Espoo, Geological Survey of Finland, 526 pages, 36 figures, 362 maps. <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/ForegsData.php> <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/index.php>
- Starkey, H.C. 1982. The role of clays in fixing lithium. Contributions to geochemical prospecting for minerals. Geological Survey bulletin 1278-F. United States Department of the Interior. In: <https://pubs.usgs.gov/bul/1278f/report.pdf>tuomo

BioSO4 Oy – Kaivosteollisuuden kansainvälinen rikinhallinnan ammattilainen

TEKSTI: LASSE MOILANEN, BIOSO4



BioSO4 Oy tarjoaa laajan valikoiman REACH-rekisteröityjä rikastuskemikaaleja suurilta kansainvälisiltä valmistajilta. Yrityksen päätuotteet ovat ksantaatit ja nestemäiset Danafloat –merkkiset kokoojat, jotka yhdessä patentoitujen rikin talteenotto- ja menetelmien sekä kehitettyjen BioSO4-passiivisuodattimien kanssa muodostavat nykytrendien mukaisen ympäristöstävällisen kokonaisuuden metallien ja ravinteiden talteenottoon. Korkeaa tuotepuhtautta edustavien tuotteiden lisäksi tarjoamme rikastuskemikaalien käyttöön liittyvää tuote- ja käyttötietoa, tarjottujen tuotteiden laadun tarkkailua, tuotteiden käytön ympäristövaikutusten seuranta- ja kustannustehokasta ovelta ovelle -logistiikkapalvelua. Teemme yhteistyötä asiakkaidemme kanssa jo kaivos- ja kaivoshankkeiden projektivaiheista alkaen ja pystymme laajan globaalin yhteistyöverkostomme avulla auttamaan kaivoshankkeiden ympäristöstävällisten ja kustannustehokkaiden kemikaaliratkaisujen valinnassa jo ennen tuotannon aloitusta.

Yrityksen vahvuuksia rikastuskemikaaleissa ovat laaja tuoteportfolio ja hyvä tietotaito rikastuskemikaalien analytiikasta ja kemiasta sekä niiden ympäristövaikutuksista. Yhdessä asiakkaittemme kanssa olemme ratkaisseet useita vaahdotukseen ja rikastuskemikaaleihin liittyviä haasteita. Pitkäaikainen yhteistyö alan parhaiden tutkimuslaitosten kuten Oulun yliopiston Oulu Mining Schoolin, Itä-Suomen yliopiston ja GTK:n kanssa on ollut merkittävä osa yrityksen kasvua. Yhteistyökumppaneiden kanssa yritys pystyy tarjoamaan laajoja rikastusprosessien kehittäjiä kansainvälisiin kaivoshankkeisiin.

Vuonna 2018 kaupallisen toiminnan aloittaneen yrityksen liikevaihto on noussemassa toimitusjohtaja Lasse Moilasen arviomukaan kuluvalle tilikaudella tasolle 1,4 Meuro/v. Tavoite vuodelle 2030 on ylittää 10 Meuro/v. liikevaihto. Neljän työntekijän yrityksen kotikunta on Kempele. Vientiä on tällä



Nuorkauppakamarin Heikki Mutikainen, prof. Jouko Vepsäläinen (BioSO4:n osakas) ja Lasse Moilanen (BioSO4:n toimitusjohtaja ja osakas).

hetkellä kymmeneen maahan. Tärkeimmät vientimaat ovat Ruotsi, Portugali, Espanja, Armenia ja Kazakstan. 1.7.2021 Kinh Pham aloitti Vietnamissa uutena liiketoimijojohdajana tehtäväänään kartoittaa yrityksen Aasian kasvumahdollisuuksia.

Yrityksen vahvasta globaalista logistiikkaosaamisesta hyvinä esimerkkeinä ovat sodasta toipuva Armenia sekä Kiinan, Mongolian ja Kirgistanin rajalla oleva Koillis-Kazakstan.

On ollut mahtavaa rakentaa osaamistamme yhdessä meidän kaupallisen toimintamme aikana mukana olleiden Suomen kaivosyhtiöiden kanssa. Arvostamme yrityksessämme suomalaisten kaivosyhtiöiden tekemää erinomaista vastuullista työtä ympäristön hyväksi, kertoo 17 vuotta globaalia kaivoskemikaalimyöntä tehnyt BioSO4:n toimitusjohtaja ja osakas Lasse Moilanen. ▲

IN MEMORIAM

Matti Palperi, 1933–2021

Materia – lehden pitkäaikaisin toimitusneuvoston jäsen
dipl.ins. Matti Palperi kuoli 03.08.2021 Helsingissä
87 vuoden iässä.

Matti Johannes Palperi syntyi 10.11.1933 Ypäjällä. Hän kirjoitti ylioppilaaksi vuonna 1953 ja valmistui diplomi-insinööriksi vuonna 1960 Teknillisen korkeakoulun Vuoriteollisuusosaston metallurgian opintosuunnalta.

Valmistuttuaan Matti aloitti Outokumpu Oy:n palveluksessa Porin koe-tehtaan esimiehenä. Hän siirtyi v. 1963 Kokkolaan rikkisulaton tutkimusinsinööriksi ja sitten rikkitehtaan pasuton käyttöinsinööriksi. Kun Outokumpu Oy:ssä alettiin suunnitella ja kehittää kobolttin talteenottoa, Matti toimi v.1964 ensin Kokkolan kobolttitehtaan projekti-insinöörinä ja sitten liuotinpuhdistamon osastopäällikkönä sekä koko tehtaan päämetallurgina vv. 1969-71. Hän siirtyi takaisin Poriin v. 1971 Metallurgisen tutkimuslaitoksen vanhemmaksi tutkijaksi.

Vuonna 1973 Matti Palperi suuntasi Ovako Oy:n palvelukseen Imatralla. Hän toimi Ovakon Tutkimuskeskuksen Prosessinkehitysosaston päällikkönä. Hänen johdollaan toteutettiin erityisesti erikoisterästen sekundäärimetallurgiaa ja jatkuvaluun sekä valssaukseen liittyviä tutkimushankkeita. Monet niistä tehtiin yhteispohjoisina hankkeina Jernkontoretin laajoina kehitysprojekteina, jotka loivat pohjan nykyisin käytössä oleville erikoisterästen valmistusprosesseille.

Matti siirtyi v. 1978 Imatran tuotannosuunnittelun päälliköksi. Samoihin aikoihin alettiin myös valmistella Ovakon Engineering -toimintaa, johon Mattikin lähti mukaan. Hän siirtyi Engineering-toiminnan projektipäälliköksi Ovakon pääkonttoriin Helsinkiin v. 1980. Hän johdollaan toteutettiin lukuisia teräksenvalmistusprosessiin liittyviä tieto-tai-otprojekteja eri puolilla maailmaa.

Vuodesta 1992 Matti Palperi toimi eräänä Suomen ja samalla koko maailman

elinkaariosaamisen uranuurtajana. Hän teki ISO 14 000 -standardin pohjatyötä TKK:n Materiaali- ja kalliotekniikan laboratorion käsin toimien yhdessä VTT:n, Chalmersin, Delftin ja Tanskan teknillisten korkeakoulujen kanssa. Hän oli Suomen ympäristökeskuksen ja Metallinjalostajien ry:n erityisneuvonantajana, kun nämä yhteisöt teettivät kaikkien Suomen metallien valmistusprosessien elinkaari-inventaariot ja vaikuttavuusarviointit vuosina 1997–2000. Hän järjesti myös elinkaariaiheista koulutusta ja seminaareja ja piti lukuisia luentoja yrityksissä.

Tämän ohella Matti täydennyskoulutti akateemisia työttömiä 90-luvun laman aikana ympäristöjohtamisen alalla.

Matti Palperi osallistui aktiivisesti myös Vuorimiesyhdistyksen toimintaan. Hän oli yhdistyksen hallituksessa vuosina 1979-1981 ja Metallurgijaoston johtokunnassa vuodet 1978–1984, joista 1982-84 jaoston puheenjohtajana.

Pitkäaikaisimman elämäntyönsä Vuorimiesyhdistyksen hyväksi Matti teki kuitenkin Materia-lehden toimitusneuvostossa. Hän aloitti siinä Metallurgijaoston edustajana vuonna 1974, toimi puheenjohtajana vuosina 1982–1996 ja jatkoi sen jälkeen edelleen aktiivisena jäsenenä aina vuoden 2020 alkuun – siis 46 vuoden ajan. Hänen mukanaolonsa lehden kehittämisessä arvostetuksi alan julkaisuksi on vertaansa vailla. Matin laaja-alainen kokemus ja tietämys toivat toimitusneuvoston työskentelyyn tärkeää jatkuvuutta lehden uudistusprosessissa – erityisesti siinä vaiheessa, kun lehden nimikin muuttui Vuoriteollisuus-lehdestä Materia-lehdeksi. Hän oli luonnostaan juureva ja leppoisa perusinsinööri. Tätä täydensivät kuitenkin erinomaisella tavalla hänen avoin ja ennakkoluuloton kiinnostuksensa uuden oppimiseen ja kehittämiseen sekä kyky-



sä asioiden yhteiskunnallisen merkityksen ymmärtämiseen.

Matti Palperille luovutettiin Vuorimiesyhdistyksen ensimmäinen pronssinen Eero Mäkinen -ansiomitali näistä ansioista vuonna 2001.

Esimiehenä, työtoverina ja ystävänä Matti oli suurenmoinen persoona. Hänen valoisa, mutkaton ja innostava elämäntapa-asenteensa loi ilmapiirin, jossa oli helppo toimia ja viedä asioita eteenpäin. Hänellä riitti aikaa kannustavaan kuunteluun niin työajalla kuin illanistujaisissakin. Matkaseurana Matti oli mitä parhain. Hänen laaja-alainen kokemuksensa ja hyvät kontaktit niin kotimaassa kuin ulkomaillakin toivat tähän oman tärkeän lisänsä. Eläkevuosinaan hän hämmästytti ja viihdytti ystäviään käsittämättömän hyvällä muistillaan uransa virallisista ja epävirallisista tapahtumista vuosikymmenten saatossa. Ovakon johdon eläkeläiskerho ”Old Boys” nautti erityisen paljon näistä tuokioista.

Jäämme kaipaamaan Matin nallekarhumaista, leppoisa olemusta.

KALEVI TAAVITSAINEN
KARI TÄHTINEN
OLD BOYS-KERHOSTA

Rikastus- ja prosessijaoston perinteinen syyskursio 13.10.2021 Boliden Harjavaltaan

TEKSTI: PAULA VEHEMAANPERÄ

Koronatilanne ei päässyt enää toista kertaa estämään Rikastus- ja prosessijaoston perinteisen syyskursion toteutumista. Tilaisuus toteutettiin 13.10.2021 etäyhteyksillä Teamsilla ja kohteena olivat Boliden Harjavallan tehtaat. Ilmoittautuneita oli ennätyselliset 80, joista lopulta 55 henkilöä löysi itsensä ”kursiobussin” kyytiin. Kyydissä oli mukana niin kokeneita reissaajia kuin keltanokkiakin - tunnelma oli korkealla jo heti alussa.

Tilaisuuden aluksi ekskursionestarit Joakim Colpaert ja Ville Lindblom toivottivat osallistujat tervetulleiksi, jonka jälkeen kuulimme Esa Peuranien avajaisnat ja esityksen Boliden Harjavallan tulevaisuudennäkymistä. Seuraavana ohjelmassa oli Boliden Harjavallan prosessin esittely Visa Saaren toimesta sekä nikkelisulaton prosessikuvaus Miikka Marjamäen johdolla. Lopuksi pääsimme virtuaaliselle tehdaskierrokselle.

Tilaisuudessa oli rento tunnelma ja yleisöltä tuli tiukkoja kysymyksiä niin kuonarikastuksen syötteen mineralogian vaikutuksesta kuin liuotuksen käytöstä mekaanisen rikastuksen asemestakin. Vanhemman polven vuorimiehet intoutuivat myös kertomaan tarinoita siitä, kuinka tehdas aikoinaan siirrettiin sodan jaloista Imatralta Harjavaltaan vuonna 1944. ▲



Rock Physics Finland

Luotettavia petrofysiikan mittauksia modernilla laitteistolla

- Yleisimmät malminetsintää, kaivoksia ja kalliorakentamista palvelevat mittaukset
- Suurin osa mittauksista voidaan tulla tekemään asiakkaan tiloissa
- Geofysiikan aineiston tasokorjaukset laboratoriomittausten perusteella
- Fysikaalisten ominaisuuksien 3D-mallit geologiseen malliin sidottuina

Oy Rock Physics Finland Ltd
+358 50 374 1106
www.rockphysics.fi

BRENNTAG

Kaivosteollisuuden raaka-aineet



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

Kaivosteollisuudessa Pohjoismaissa hyödynämme globaalia osaamistamme ja kokemustamme.

PÄÄTUOTTEET

- Aktiivihielet
- Ditiofosfaatit
- Jauhinkuulat (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/>

Flowrox Oy:n uusi nimi on Roxia Oy

▲ Heinäkuussa 2021 ilmoitimme Flowroxin venttiili- ja pumppuliiketoimintojen myynnistä Nelekselle. Nyt tämä kauppa on saatu onnistuneesti päätökseen. Flowroxin vedenpoisto-, teollisuusautomaatio- ja ympäristöteknologiat sekä niihin liittyvä asiakastuki jatkavat uudella nimellä ja tuotemerkillä: Roxia.

”Viime vuosina toimintamme on laajentunut monilla alueilla tuotekehityksen ja yritysostojen kautta. Nyt oli aika keskittyä. Tämän liiketoimintakaupan avulla voimme kehittää jäljellä jääviä liiketoimintoja seuraavalle tasolle”, Roxian toimitusjohtaja **Jukka Koskela** kertoo.

PERFORMANCE — DRIVEN BY PEOPLE

Roxian tarkoituksena on osaamisen ja parhaiden teknologioiden yhdistäminen asiakkaidemme käyttöön. Sujuva asiakaspalvelu on

ROXIA
PERFORMANCE — DRIVEN BY PEOPLE

meille erityisen tärkeää. Yhdessä toimimalla tarjoamme kokonaisvaltaisia ratkaisuja ja autamme yrityksiä parantamaan suorituskykyään.

Roxia toimittaa korkeatasoisia vedenpoisto-, teollisuusautomaatio- ja ympäristöteknologioita. Kaivos-, mineraali-, metallurgia-, kemian-, elintarvike- ja lääketeollisuuksiin erikoistuneet osaajamme tuottavat parhaat ratkaisut kuhunkin asiakastarpeeseen.

Olemme perheyritys ja pääkonttorimme on Lappeenrannassa. Meillä on tytäryhtiöt Australiassa, Chilessä, Kiinassa, Suomessa, Saksassa, Perussa, Venäjällä, Etelä-Afrikassa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa sekä kattava maailmanlaajuinen edustajaverkosto.

Lisätietoja:

Jukka Koskela, Toimitusjohtaja, Roxia +358 40 502 9100, jukka.koskela@roxia.com

ROXIA
PERFORMANCE — DRIVEN BY PEOPLE

Täysautomaattinen Kammiosuodatin

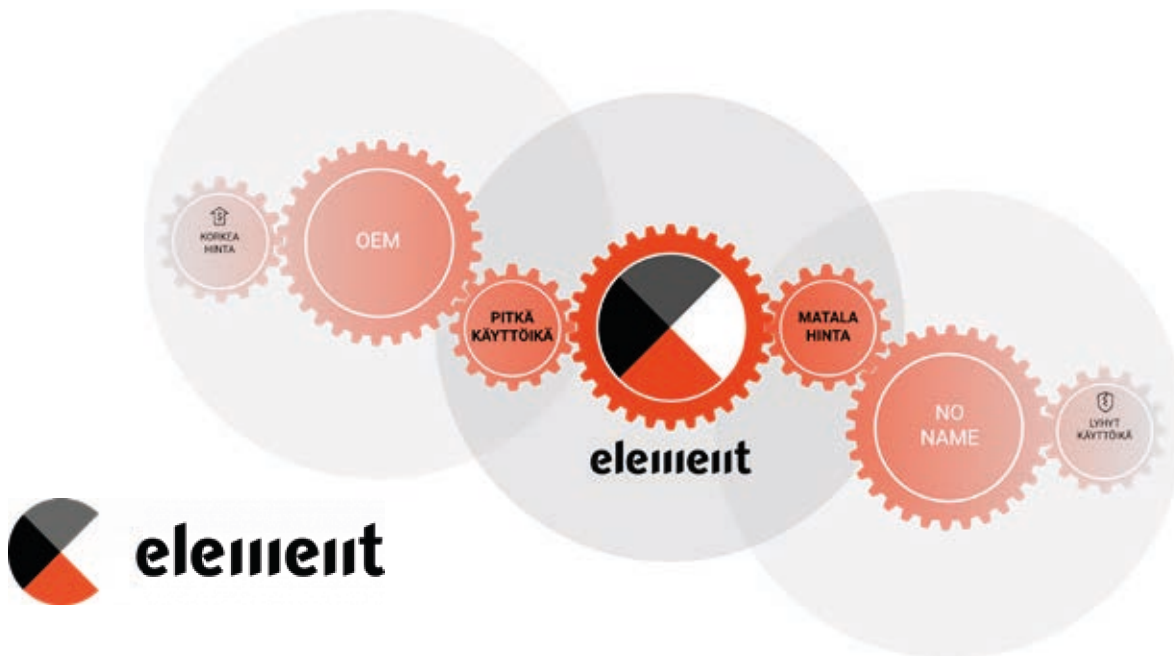
- Käyttöaste jopa yli 98 %
- Kehittyneet virheentunnistustoiminnot maksimoivat turvallisuuden ja suorituskyvyn.
- Erityistiivistetty ja suojattu suodatuskammio
- Suodatusala 1,2 – 22,3 m²
- Voidaan yhdistää Roxia Malibu™ onlineportaaliin etävalvontaa ja toiminnan analysointia varten.



Ota yhteyttä ja tilaa koesuodatus!
0201 113 311 / sales@roxia.com

info@roxia.com
www.roxia.com





Moderni, asiantunteva ja luotettava yhteistyökumppani kaivos- ja maanrakennusteollisuuden asiakkaille

Element Group Oy, kaivos- ja maanrakennusteollisuuden vara- ja kulutusosien valmistaja ja valmistuttaja, juhli lokakuussa viisivuotissyntymäpäiväänsä vastaanottamalla ISO 9001 -sertifikaatin. Element Group Oy on Kauppalehden 2021 Suomen sadan nopeimmin kasvavan yrityksen joukossa. Juttelimme Element Group konsernin toimitusjohtaja Marko Salmelan kanssa yhtiön kuulumisista.



TEKSTI: **MARKO SALMELA, CEO OF ELEMENT**

-Marko, kerro meille Elementistä ja siitä, miltä vuosi 2021 teillä näyttää?

Olemme nuori, viisivuotias tamperelainen kaivos- ja maanrakennusteollisuuden vara- ja kulutusosien keskittynyt yritys. Vastaamme itse tuotteidemme elinkaaresta aina piirustuksista valmiin tuotteen laatuun saakka. Valmistutamme ja valmistamme tuotteemme rekisteröidyn Element-tuotemerkin alla.

Kauppalehti listasi äskettäin meidät Suomen sadan nopeimmin kasvavan yrityksen joukkoon ja saimme juuri viisivuotissyntymäpäivien aattona ISO 9001 -sertifioinnista tunnustuksen.

Pyrimme kattamaan kaivos- ja maanrakennusteollisuuden vara- ja kulutusosat brän-

distä riippumatta ja mahdollistamme myös tilanteen ja tarpeiden mukaan asiakaskohdattaisiin tuotteiden räätälöinnin yhteistyössä asiakkaiden kanssa.

Tuoteportfoliomme kattaa tätä artikkelia kirjoitettaessa hieman yli 75 000 nimikettä murskainten, lietepumppujen, jauhinmyllyjen vuorauksen, kuljettimien sekä kulutusta kestävien komponenttien osalta. Portfoliomme laajenee joka päivä samoin kuin paikallinen saatavuutemmekin.

Viimeiset kaksi vuotta ovat olleet Elementille kiireistä aikaa. Olemme sijoittaneet Elementiin fyysiset toimipisteet Iberian niemimaalle, Ruotsiin ja Balkanin alueelle. Jo ennen tätä laajentumista meillä olivat Ele-

mentin Tampereella sijaitsevan pääkonttorin lisäksi tytäryhtiöt Pietarissa Venäjällä sekä Shanghaissa Kiinassa.

Element työllistää tällä hetkellä maailmanlaajuisesti hieman yli 160 henkeä. Niin minulla kuin meillä monella muullakin on pitkä ja kansainvälinen kokemus erilaisista kaivos- ja maanrakennusalan tehtävistä.

Kuinka uutena yhtiönä kaivos- ja maanrakennusteollisuuden pariin tulo on sujunut?

Aloitimme vuonna 2016 Suomessa kivenmurskauksen osalta maanrakennusteollisuuden parissa ja Venäjällä kaivosteollisuudessa. Tästä olemme sitten vuosi vuodelta laajen-



taneet tarjontaa sekä läsnäoloa asiakkaiden lähetyksillä tuomalla Elementin myös Euroopan, Afrikan ja Pohjois- sekä Etelä- Amerikan kaivosteollisuuden asiakkaiden saataville.

Meille on tärkeää tuotteiden hyvä saataavuus valitsemillamme markkinoilla. Suomen osalta varastomme sijaitsee Tampereella, josta pystymme parhaimmissa tapauksissa saman päivän aikana toimittamaan tuotteet asiakkaillemme. Uusimpana kehityksenä mainittakoon Iberian niemimaalle pystytämme tuotteiden varastointi- ja logistiikkakeskus, mistä pystymme palvelemaan Etelä- ja Keski-Euroopan sekä Pohjois-Afrikan asiakkaitamme.

Meillä kaikki alkaa kumppanuuden ja luottamuksen rakentamisesta yhteistyössä asiakkaidemme kanssa. Suomen kaivosteollisuus on ottanut Elementin hyvin vastaan ja tuotteemme ovat menestyneet hyvin asiakkailtamme. Olemme onnistuneet parantamaan asiakkaidemme tarvitsemien tuotteiden elinikää erittäin kilpailukykyiseen hintaan. Aloitimme Suomen kaivosteollisuudessa lietepumppujen ja kivimurskainten parissa ja ensi vuonna laajennamme paikallista tarjontaamme koskemaan myös jauhinmyllyjä sekä kuljetinkomponentteja.

Meidän toimintamallimme kulmakiviä on tuotteiden varastointiohjelman suunnittelu yhteistyössä asiakkaidemme kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että sitoudumme pitämään tuotteissa korkean saatavuuden juuri silloin, kun asiakkaamme niitä tarvitsee. Tämä toimii myös meidän modernilla verkkopohjaisella portaalillamme, mistä asiakkaamme voivat seurata reaaliaikaisesti tuotteiden saatavuutta, hintoja sekä toimitusaikoja.

Kuinka Element erottautuu kilpailijoistaan?

Avainasemassa meillä on aina markkinoilla paikallisuus. Elementin pääkonttori Tampereella mahdollistaa tuotelinjakohtaisten teknisten asiantuntijoidemme läsnäolon sekä joustavan asiakaspalvelun.

Pyrimme tarjoamaan optimaalisen hinta- ja laatusuhteen, joka vastaa asiakkaidemme tarpeita. Takaamme, että Elementin tuotteilla on markkinoiden kilpailukykyisin hinnoittelu laadusta tinkimättä. Pyrimme olemaan asiakkaiden omilla tuottavuuden ja kustannustehokkuuden mittareilla houkuttelevin vaihtoehto.

Asemoimme itsemme laitevalmistajien ja nimettömien osatoimittajien väliin. Pyrimme tarjoamaan koko kaivosprosessin laajuisesti tarvittavat kulutus- ja varaosat. Näemme, että tässä on meidän markkinarakomme, jossa operoimme rajoittamatta tarjontaamme tietyn brändin mukaan.

Elementillä on myös pitkä kokemus oman suunnittelun ja metallurgisen osaamisen parista, mikä mahdollistaa asiakkaille optimaalisten ratkaisujen kehittämisen asiantuntijoidemme avustuksella.

Asiakaslähtöisestä suunnittelusta mainittakoon esimerkkinä kivenmurskauksen kulutusosissa käyttämämme Elementin oma Thor-tuoteportfolio, missä innovatiivisen valmistusmenetelmän ja materiaalitekniikan vuoksi olemme onnistuneet kehittämään yhteistyössä asiakkaittemme kanssa yhden markkinoiden kulutusta kestävimistä tuotteista.

Element on täällä jäädäkseen. Toivomme, että saamme olla asiakkaillemme pitkäaikainen yhteistyökumppani, jonka kanssa kehitetään ja löydetään laadukkaimmat ja kustannustehokkaimmat ratkaisut asiakkaidemme vaatimimpiinkin tarpeisiin.▲



element

Puhelin 010 3403980
 info@element.global
 Peltokatu 26, 33100 Tampere



Element.global



Element-global



Element.global



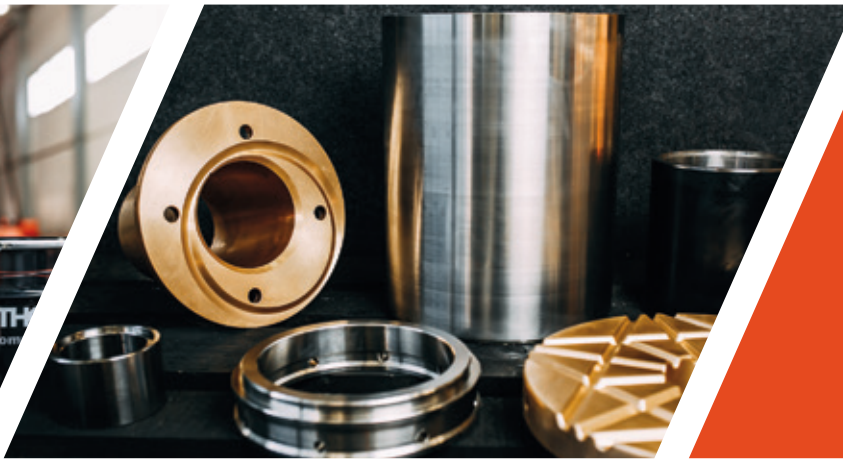
Elementbrand.global



element

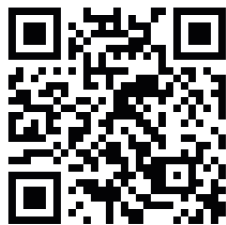
request@element.global

Vaihtoehtoiset varaosat ja kulutusosat Sandvikille, Metsolle, Triolle, Terexille, Telsmithille ja muille merkeille



Säästä jopa
30%
laitteiden
ylläpidosta

Takaamme
OEM -osien
kaltaisen
käyttöiän



www.element.global



[element.global](https://www.instagram.com/element.global)



[Element Global](https://www.youtube.com/ElementGlobal)



[Element Global](https://www.linkedin.com/company/ElementGlobal)



[elementbrand.global](https://www.facebook.com/elementbrand.global)

Tosikot museossa... joskaan eivät museoitumassa

TEKSTI: PEKKA PURRA

Juhlistaakseen 54:tä juhlavuottaan Tosikot suorittivat juhlallisen entreen muutaman vuoden tauon jälkeen avattuun Otaniemen Polyteekkarimuseoon 10.11. 2021. Vierailun tarkoituksena oli kunnioittaa ikivuorimies Teemu Kerpun elämäntyötä ja uudistunutta, nykyistä Opiskelijakulttuurimuseota. Visiitin yhteydessä luovutettiin museon kokoelmiin Vuorimiesyhdistyksen Teemu Kerpulle viime kevään virtuaalisilla Vuorimiespäivillä myöntämä elämäntyöpalkinto, pöytästandaari, jonka Kerppu, luottaen kollegojensa ikaikaiseen apuun, oli uskonut Tosikoiden haltuun sopimuksen mukaan museoon tallennettavaksi.

Standaarin ohella Tosikoiden delegaatio luovutti museolle Kerpun tohtorinväitöstilaisuudesta syksyllä 2007 tuotetun dvd-tallenteen, Wapun 2019 tietämissä Aalto-yliopistolla esitetyn Kerpun Imaginäärisen materian dosen-

tuurin näyteluennon todistuksen sinetteineen sekä lähes platinoiduissa kehyksissä lyhyen kuvauksen dosentti (b.f.), tekn. tri (e.o.i.c.), dipl. ins. Kerpun tähänastisista edesottamuksista otsikolla Teemu Kerppu: Ikivuorimiehen elämä ja työt vierailijoiden ja tulevien tutkijoiden opastukseksi Kerpun maailmaan. Aineiston vastaanotti kiitoksin museon johtaja Anna Merikari.

Seremonian jälkeen Tosikoiden delegaatio paitsi vahvasti itseään, myös tutustui museon uudistuneisiin kokoelmiin ja suosittelee lämpimästi Materian lukijakunnalle vierailua näyttelyssä. Huolimatta nimenmuutoksesta esillä oleva aineisto on edelleen merkittävästi polyteekkaripainotteinen. Erityisesti huomattakoon vuorimiesperinteen ohella Teemu Kerpun jo aikaisemmin museoon saatetut diplomit, tohtorinväitöskirja sekä asianmukainen tohtorinhattu kokoa vähintään 64. Lisätietoja mm. museon aukioloajoista: <https://www.ayy.fi/fi/opiskelijakulttuurimuseo>. ▲





KATTAVAT PALVELUT POHJOISIIN OLOSUHTEISIIN



Olemme valintasi palvelu- ja asiantuntijakumppaniksi kaikkialla pohjoisessa. Tarjoamme käyttöösi kokonaisvaltaisen tietämyksemme räjäytys- ja louhintatöihin sekä niihin liittyviin ympäristövaikutuksiin.



Lue lisää palveluistamme
>> [FORCITEXPLOSIVES.FI](https://forcitexplosives.fi)
>> [FORCITCONSULTING.FI](https://forcitconsulting.fi)

Prosessi se on puuronkin keittäminen

TEKSTI: TUOMO TIAINEN

Kaurapuuro – tuo lapsuusvuosien inhokki, aikuisvuosien kumppani ja seniorivuosien välttämättömyys. Miten monesti olenkaan sitä keitelty, kypsyttelyt ja sitten suuhuni lusikoinut. Muistikuvieni mukaan lähes joka aamu yli viidenkymmenen vuoden ajan.

Hyvän kaurapuuron keittäminen ei suinkaan ole yksioikoinen prosessi. Se vaatii aika paljon kokemusta ja näkemystäkin. Katsotaanpa yhdessä, mitä kaikkea hyvän puuron aikaansaamiseksi tarvitaan.

Ensin tarvitaan tietysti kattila. Melkein mikä hyvänsä kattila käy, joskin ruostumaton teräskattila on paras. Alumiinikattiloita kehoitetaan nykyään välttämään, mutta eivät ne kaurapuuron kanssa voi kovin vaarallisia olla. Happamat marjamehut ovat asia erikseen.

Kattilaan mitataan vesimäärä, joka riittää puurosta nauttimaan tulevalle henkilömäärälle. Tässä on ensimmäinen kohta, jossa tarvitaan kokemusta ja näkemystäkin. Se vaikuttaa näet puuroon tulevien muiden aineiden mittaamiseen, jossa kokemuksella on iso sijansa. Pahin on tilanne, jossa syömään tuleva väkimäärä vaihtelee kerrasta toiseen. Jos puuroa syö vain kaksi henkilöä päivästä toiseen, helpottuu tehtävä nopeasti kokemuksen karttuessa.

Vesi kiehautetaan, mutta sitä ei keitetä tarpeettomasti. Veden kiehuttua on tärkeää kääntää hellan kuumennusta pienemmälle niin, että vesi kiehuu reilusti, mutta ei pyri ulos kattilasta. Liian kuuma kattilan pohja polttaa veteenkin keitetyn puuron kyllä pohjaan.

Seuraava askel on mitata kattilaan sopiva määrä kaurahiutaleita sakeusasteeltaan sopivan puuron aikaansaamiseksi. Kovin sofistikoituneita sakeusmittareita ei kuitenkaan tarvita. Itse kaadan hiutaleet pakkauksesta kattilaan sitä vispilällä koko ajan hämmentäen ja päättelen sopivan määrän vispilän liikevaston lisääntymisestä hiutalemäärän kasvaessa. Tässä tarvitaan jo useampivuotista kokemusta ja tunnokasta kättä.

Niin, ne hiutaleet. Nykyään on saatavissa kaikenlaisia kaurahiutaleitakin; pikahiutaleita, eri tavoin maustettuja hiutaleita ja monenlaisia hiutalesekoituksiakin. Mielestäni kunnon kaurapuuro syntyy kuitenkin edelleen

parhaiten perinteisistä Eloväna-hiutaleista (pieni tuotemainonta sallittaneen näin henkilökohtaisena mielipiteenä).

Menivät, pahukset, vain muuttamaan hiutalepakkauksen ulkonäön niin, että sain oikein etsiä oikeita hiutaleita kaupan hyllyistä ennen kuin huomasin, että tuossahan niitä on. Vanhaa kunnon tavaraa uusissa kääreissä.

Puuronkeiton lopputulokseen vaikuttaa myös se, otetaanko hiutaleet täydestä vai jo lähes tyhjilleen käytetystä pakkauksesta. Hiutaleilla on taipumus lajittua pakkauksen kuljetuksen ja käytön aikana niin, että karkeimmat hiutaleet ovat pakkauksen yläosassa ja hienojakoisin aines löytyy pohjalta. Tämä vaikuttaa sekä keittoaikaan että lopputulokseen.

Kun hiutaleet on sekoitettu kiehuvan veden joukkoon, lisätään puuroon sopivat määrät hienoa sokeria ja suolaa. Äkkiä ajatellen sokerin ja suolan luulisi eliminoivan toistensa vaikutuksen, mutta voin vakuuttaa, että näin ei suinkaan käy. Sopivien määrien löytäminen vaatii taas oman määränsä kokeellista tutkimusta, mutta sen löydyttyä lopputulos palkitsee kyllä vaivan.

Itse käytän puuron maustamiseen mineraalisuolaa, jolla väitetään olevan vain puolet natriumkloridisuolan haitoista. Olen todennut, että vastaavasti sitä pitää käyttää kaksinkertainen määrä saman makueffektin aikaansaamiseksi kuin perinteisellä natriumkloridisuolalla.

Nyt puurossa ovat kaikki tarvittavat aineet ja seuraa varsinaisen keittäminen. Heti hiutaleiden lisäämisen jälkeen kattilaa on syytä valvoa herkeämättä, sillä keitos pyrkii kuohahtamaan herkästi hellalle. Jos käännät hetkeksikään selkäsi, voi puolet kattilan sisällöstä olla hellalla ja palaneessa sotkussa riittävä siivoamista. Ellei hämmäntäminen riitä nujertamaan kuohahdusta, on kattila nostettava hetkeksi jäähyllä, mielellään koko ajan hämmäntäen. Vasta kun keitos rauhoittuu poreilemaan itsekseen, voit hetkeksi hengähtää valvonnasta.

Olennaista keittovaiheessa on muutenkin ponteva hämmäntäminen koko keittämisprosessin ajan. Jos puuro sakeutuessaan pääsee seisomaan kattilassa, se palaa väistämättä kiinni kattilan pohjaan.

Hämmäntämisen voi aina välillä keskeyttää hetkeksi seuratakseen puuron sakeutumista. Sen kyllä tuntee vispilän varressakin, mutta vasta sitten, kun puuro alkaa rupatella sinulle kattilassa, voit olla varma onnistumisestasi sakeutumisen suhteen. Mitäkö tuo rupattelu tarkoittaa? Tiedät kyllä, kun kuulet sen ensi kerran puuron kiehuessa.

Keittämistä (ja hämmäntämistä) jatketaan, kunnes kattilan pohjasta puuron pintaan kohoavat kuplat harvenevat ja kasvavat puhjetessaan 2-3 sentin kokoisiksi halkaisijaltaan. Keittämisen voi lopettaa, kun puhkeavat kuplat nostavat puuron pintaan selvän kauluksen, jossa ei enää erotu yksittäisiä hiutaleita.

Puuron valmistaminen ei kuitenkaan pääty tähän. Kattila nostetaan pois liedeltä ja asetetaan viereiselle kylmälle levyllä koko ajan hämmäntäen. Tämän vaiheen tarkoitus on jäähdyttää kattilan pohjaa sen verran, ettei puuro enää pala siihen kiinni hämmäntämisen päättyessä.

Lopuksi puuro laitetaan kannen alle hautumaan ja jäähtymään nautintakelpoiseksi. Tässä vaiheessa puuro vielä sakeutuu jonkin verran. Siten huolta ei tarvitse kantaa, vaikka puuro keittämisen jälkeen tuntuisikin enemmän velliltä. Sitä paitsi velliin lusikoiminen on ihan yhtä helppoa kuin puuronkin ja makuakin on kutakuinkin sama. Tässäkin puhun kokemuksesta.

Kyytipojaksi puurolle voi käyttää maitoa ja marjoja. Marjat, varsinkin mansikat mieluimmin tuoreina, mutta pakastemarjatkin käyvät, kun ne lämpimässä puurossa sulavat. Happamat marjat kuten punainen viinimarja tai puolukka voivat juoksettaa maidon, mutta haitta on lähinnä esteettinen.

Ja sitten ei kun nauttimaan kunnon puurosta. Itse olen kyennyt nauttimaan aamuisesta kaurapuurostani opiskelua ajoista lähtien ja olen edelleen tukevasti hengissä. Parhaan palkinnon keittämästäni puurosta tunnen saaneeni, kun nuorempi tyttärenpojistani noin neljän vuoden ikäisenä alkoi haluta aina meillä käydessään ”papan puuroa” ja toivoo aina sitä edelleenkin saavansa kahdeksan vuoden korkeassa iässä. ▲



RETUPERÄN WBK

Töölönlahden palokunnantalon suurkonsertti 5.11.2021

TEKSTI: AUDIO DUBBADO JA LEHDEN SUIHKUSEURAPIIRIENPÄÄTYHJÄNTOIMITTAJA, KUVAT: ATTE MÄKI



Koronarajoitusten osittainen purkaminen kävi korviintuntuvasti ilmi, kun Retuperän WBK pääsi pitkäksi venyneen kuivan kauden jälkeen esiintymään elävänä konserttiyleisölle. Perjantaina illansuussa oli sankka joukko uudemman ranskalaisen torvimusiikin ystäviä (tai perheenjäseniä) kokoontunut Töölönlahden palokunnantalolle suurkonserttiin. Yleisö sai nauttia taiteellisen harhaanjohtaja Audio Dubbadon ohjastaman orkesterin taiteellisista helmistä. Myös yleisössä näkyi osalla olevan koruja.

Audio Dubbado debytoi tässä konsertissa RWBK:n taiteellisena harhaanjohtajana, ja kuvailee ontumistaan näin:

Odotukseni joka toisvuotista suurkonserttia kohtaan olivat erittäin korkealla ja olikin hienoa nähdä, että nimeni oli myynyt Finlandia-talon loppuun. Edeltäjäni Torturo Canini oli jättänyt minulle tassun kokoiset saappaat täytettäväksi ja rimankin sopivan korkealle, joten se oli helppo ylittää.

Konsertin järjestäminen ei kuitenkaan ollut täysin mutkatonta maailmalla jyllänneen viruksen takia. Yleensä Töölönlahden palo-

kunnantalon suurkonserttia varten harjoittelaan n. 1-1,5 vuotta. Tällä kertaa pääsimme treenaamaan koko orkesterin kanssa vasta alkusyksystä. Valtakunnan sovittaja Simeon Suihkutsalo oli toki aloittanut retusointien tekemisen hyvissä ajoin, kuten konsertissa käyneet varmasti huomasivat.

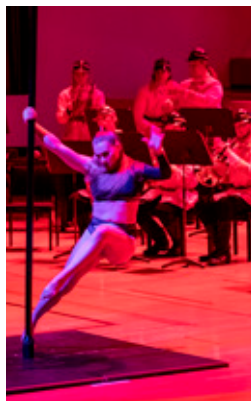
Konsertin ohjelmisto sisälsi tuttuun tapaan klassisen musiikin kirjoa tunteella ja pieteteillä esitettyä ja pukuhuoneessa sovitettuna. Pääsimme myös näkemään sellistin ja tankoilijan, sekä aina niin sykhdyttävää joukkuevoimistelua.

Konsertin taiteellisesta annista ja ohjelmiston sisällöllisestä laadusta Dubbado toteaa seuraavasti:

Mielestäni konsertin ennenkuulumaton ohjelmisto oli täydellinen, enkä pysty kuvittelemaan parempia soittajia retusointien tulkit-sijoiksi. Myös konsertin solisteihin olen erittäin tyytyväinen. Tälläkin kertaa tehtiin historiaa, sillä Retuperän solistina nähtiin ensimmäistä kertaa ikinä tankotanssija. Kauas on tultu vuosia sitten lavalla heiluneesta Jormasta. Tankotanssija Olga Trifonivan lisäksi yleisöä kuohutti nuori sellovirtuosi Artturi Aalto.



Audio Dubbadon keskittynyt suoritus hioi täydellisyyttä.



Ohjelmisto sisälsi niin hengen kuin ruumiinkin ravintoa. Vasemmalta Artturi, Olga ja nuoret



Orkesterin tulevaisuuden suunnitelmista ja seuraavista harha-askelista Audio mainitsee seuraavaa:
Nyt katse on suunnattu tulevaisuuteen, nimittäin Musiikkitaloon, jossa järjestämme 90-vuotisjuhlakonsertin 15.4.2023.

Jääme odottamaan seuraavaa konserttia. Tällä tapahtumalla on yhteiskunnallinen tehtävä, joka on jäänyt epäselväksi. Mutta ainakin se on tarpeellinen. Kiitos!▲



Pk-yritysten tuotekehityksen nopeuttaminen, innovaatiotoiminnan käynnistäminen ja digitalisaation hyödyntäminen ovat FAMN-verkoston keskeisiä teemoja.

FAMN-verkosto vie valmistavan teollisuuden uuteen aikaan

Teknolomiteollisuuden jäsenyritysten aloitteesta suunniteltu osaamis- ja innovaatioverkosto on valmiina lähtöön – mukana jo parikymmentä yritystä.

TEKSTI TEKNOLOGIATEOLLISUUS, DIMECC

Teknolomiteollisuuden jäsenyritysten aloitteesta suunniteltu valmistavan teollisuuden FAMN-verkosto (Finnish Advanced Manufacturing Network) käynnistyy vuodenvaihteessa, ja yrityksiä kutsutaan yhä liittymään mukaan. Yrityslähtöinen ja -johdoinen verkosto perustetaan DIMECC Oy:n isännöimänä.

– Nyt perustettava FAMN-verkosto on suunnitellut erinomaisia työkaluja yritysten globaalin kilpailukykyyn parantamiseksi. Teollisuuden uudistuminen ja teknologinen edelläkävijyys ovat erittäin tärkeitä teemoja, jotta suomalainen valmistava teollisuus on maailman huipulla, sanoo Teknolomiteollisuuden toimitusjohtaja **Jaakko Hirvola**.

FAMN-verkosto on pitkän valmistelu-työn tulos. Viimeisimmässä vaiheessa Teknolomiteollisuus kokosi keväällä yrityksistä valmisteluryhmän, joka laati toimintasuun-

nitelman perustettavalle verkostolle.

– FAMN-verkosto on valmisteltu jäsenyritystemme aloitteesta ja heidän johdolla. Valmisteluryhmä kirjasi verkoston yhdeksi tavoitteeksi sen, että ‘Maailmanluokan osaamiskeskittymät ja laatuinfra inspiroivat suomalaisia ja houkuttavat ulkomaalaisia’. Tämä tavoite asettaa riman sopivan korkealle.

Hirvola toivoo, että mahdollisimman moni toimialan yritys tai kumppaniyritys perehtyy aloitteeseen ja pohtii vakavasti liittymistä verkostoon.

Tavoitteena yhteiset verkostot, projektit ja jopa hankinnat

Jotta kirjattuun tavoitteeseen päästään, FAMN-verkosto pyrkii saattamaan yhteen olemassa olevat ja uudet valmistavan teollisuuden ja ICT-alan verkostot. Verkosto käynnistää ja johtaa aloitteita esimerkiksi

automaation, datan, tekoälyn ja koneoppimisen ympärillä.

Tarkoituksena on myös, että verkostossa suunnitellaan ja toteutetaan yhteisiä TKI-projekteja, jaetaan tietoa sääntelystä ja teollisista standardeista sekä vahvistetaan yhdessä valmistavan teollisuuden vetovoimaa, diversiteettiä ja brändiä.

– Yritysten keskinäinen yhteistyö sekä yritysten, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten välillä tapahtuva yhteistyö ovat mukana toiminta-ajatuksessa, kertoo Teknolomiteollisuuden innovaatiopolitiikan päällikkö **Heikki Kuutti Uusitalo**, joka toimi valmisteluryhmän sihteerinä.

– Ajatus on, että FAMN-verkosto ryhtyy aktiivisesti paikkaamaan niitä aukkoja, joita yritysten näkökulmasta ekosysteemeissä on. Verkoston yritykset voisivat hankkia yhdessä uutta teknologiaa ja tutkimuslaitteistoja yh-

teiseen käyttöön. Tähän on rahoitusta saatavilla osana EU-elpymispakettia.

Uusitalon mukaan pk-yritysten tuotekehityksen nopeuttaminen, innovaatiotoiminnan käynnistäminen ja digitalisaation hyödyntäminen ovat läpileikkaavia teemoja verkoston toimintasuunnitelmassa.

Verkoston toiminnan toteuttaa DIMECC

Tarjouskilpailun perusteella FAMN-verkostosta vastaavaksi tahoksi valittiin teollisuuden yhteistyöalustayhtiö DIMECC Oy. DIMECC rakentaa FAMN-verkoston laajentamalla jo aiemmin perustettua Intelligent Industry -ekosysteemiä.

– Löysimme tähän mielestäni erinomaisen ratkaisun, jolla vältetään päällekkäisten tai kilpailevien uusien rakenteiden luomiselta. Pienen Suomeen ei mahdu liian monta toimijaa. Tämä on ollut tärkeä viesti yrityksiltä koko FAMN-valmisteluprosessin ajan, Uusitalo sanoo.

Verkoston toiminnan rahoittavat ja toiminnasta päättävät yritysjäsenet. Jäsenmaksut on porrastettu yrityksen koon mukaan, ja ne riippuvat osallistuvien yritysten määrästä. Toimintaan haetaan rahoitusta myös Business Finlandilta. Teknologiateollisuus ry on verkoston tukena taustaroolissa ja osallistumalla FAMN-johtoryhmän työskentelyyn.

Yritykset kiinnostuneita digitalisaation tason nostosta

”Kiinnostus perustettavaa FAMN-verkostoa kohtaan on ollut suurta ja syksyn aikana mukaan on jo liittynyt toistakymmentä yritystä nykyisten Intelligent Industry -ekosysteemin yritysten lisäksi. Ensi vuoden aikana tavoite on tuplata tämä”, kertoo **Antti Karjaluo** DIMECCistä.

”Kiinnostus on ollut kovaa niin pienissä pk-yrityksissä kuin isommissa kansainvälisillä markkinoilla toimivissa yrityksissäkin. Kaikissa keskusteluissa yritysten kanssa ovat nousseet vahvasti esiin kestävä kehityksen

teemat ja koko arvoketjun kattava digitalisaation tason nosto Suomessa”, korostaa **Kari Muranen** DIMECCistä.

Ilmoittaakseen kiinnostuksesta liittyä verkostoon tai saadakseen tarkempia tietoja yrityksen kannattaa olla yhteydessä DIMECCin FAMN-fasilitaattoreihin.▲

FAMN-verkoston fasilitaattorit:

Antti Karjaluo, Disruptive Renewal Officer, DIMECC Oy, puh. 040 772 5440, antti.karjaluo@dimecc.com

Kari Muranen, Senior Ecosystem Lead, DIMECC Oy, puh. 040 772 5934, kari.muranen@dimecc.com



Aurubis Finland Oy
Aurubis.fi
Nordiccopper.com



FinMeas



PATO- JA YMPÄRISTÖRISKIEN AUTOMATISOITU HALLINTA

- Parantunut pato- ja ympäristöturvallisuus reaaliaikaisen mittatiedon ansiosta
- Automaatio säästää työaikaa kentällä ja mittatietojen raportoinnissa

Tutustu myös referenssiimme Kittilän kaivokselta.

www.finmeas.com





KIMMO JÄRVINEN
TOIMITUSJOHTAJA
METALLINJALOSTAJAT RY
P. 043 825 7642

Millä selviämme uudesta raaka-aineiden pula-ajasta ? - komission korjauspakki siirtää vastuun jäsenmaille

Koronapandemian vahinkojen korjaamisen ollessa vielä kesken olemme joutuneet yllättäen kohtaamaan uudenlaisen elpymisvaiheen pula-ajan. Teollisuudella on pulaa niin raaka-aineista, työvoimasta, sähköstä kuin merikuljetuskonteistakin. Eikä kyse ole ennusteiden mukaan mistään aivan nopeasti ohimenevästä ilmiöstä. Energian ja sähkön hintojen (joilla on merkittävä osuus EU:n inflaation nousussa 4,1 % viime kuussa) ennustetaan pysyvän nykyisellä, aikaisempaan nähden moninkertaisella tasolla ainakin ensi kesään asti, kunnes tuuli- ja vesivoiman tuotantoa ja maakaasun tuontia saadaan lisätyksi. EU:n ekonomistit vahvistivat Eurogroupin kokouksessa maanantaina 8.11.2021 Ranskan Emmanuel Macronin näkemyksen siitä, että korkeat hinnat tulevat säilymään pidempään, vaikkakin hintojen nousuvauhti tasaantuu hiljalleen.

Kansalaisten energiaköyhyyden välttäminen on komissaari Simpsonin julkaiseman ”toolbox”in tärkein sisältö. Yritysten energihuollon turvaamisen EU jättää jäsenvaltioille, vaikkakin tarjoaa valtiontukisääntöjen ja verotuksen keventämismahdollisuutta hyväksytyiksi keinoiksi. Joka tapauksessa monet maat, Suomi mukaan lukien joutuvat turvautumaan fossiilisten polttoaineiden käytön lisäämiseen energian tuotannossa lähitulevaisuudessa. Tämä vie meitä kauemmaksi ilmastotavoitteesta, mikäli nykyistä tilannetta ei saada korjatuksi.

Energian lisäksi EU:ssa ja maailmanlaajuisesti on huutava pula useista vähähiilisen teknologian rakentamiseen vaadittavista kriittisistä raaka-aineista kuten magnesium, useat akku- ja puolijohde-metallit (esim. mangaani ja litium) sekä kierrätysmetalleista (lue: romumetallit). Metallien puute aiheuttaa puolestaan pulaa myös puolijohdeista ja koneenvalmistuksessa tarvittavista komponenteista. Asiantuntijat ovat arvioineet, että noin 10 000 euron arvoisen osan tulematta jääminen aiheuttaa kansantaloudelle noin 35 000 euron pudotuksen. Vastaava vaikutus on luonnollisesti konttipulan takia syntyvällä kuljetusten viivästyksellä. Voi vain kuvitella, minkälaisia tappioita esim. Saksan kansantalous kärsii juuri nyt, kun uusien autojen myyntiä ovat hidastaneet merkittävästi elektroniikka- ja muiden osien puute ja siitä johtuvat pitkät toimitusajat.

Kun tähän lisätään vielä pula osaavasta ja ammattitaitoisesta työvoimasta, lienee kaikille selvää, että ei ole mahdollista vain

odottaa asioiden korjaantuvan itsestään, vaan tarvitaan aktiivisia korjaustoimia ja ratkaisuja hakevaa säätelyä.

Mistä puute johtuu?

Koronakriisi ja sitä seuraava elpymisvaihe ovat selvästi osoittaneet haavoittuvuuksia EU:n taloudellisesti kaikkein tärkeimmissä arvoketuissa. Pandemian alussa kyse oli terveydenhoitoon liittyvistä tuotteista ja välineistä. Elpymisvaiheessa on paljastunut, että EU on täysin riippuvainen EU:n ulkopuolisista kauppakumppaneista useiden kriittisten raaka-aineiden osalta. Energian osalta EU:n riippuvuus Venäjän kaasusta on osoittautunut niin merkittäväksi, että se saattaa johtaa Saksan ydinvoimakannan pyörittämispäätökseen. Johtuipa Venäjän kaasutoimitusten pienentyminen sitten aidosti kaasupulasta tai poliittisista motiiveista, se on osoittanut, että EU ei voi luottaa pelkästään vesi-, tuuli- ja aurinkoenergiaan tulevaisuuden energihuollossaan. Tästä syystä maakaasu ja ydinenergia tullaan mitä suurimmalla todennäköisyydellä luokittelemaan kestävä kehityksen mukaisiksi energiantuotantovaihtoehtoiksi ennen tämän vuoden loppua.

Aurinko- ja tuulienergian hyödyntämiseen sekä sähköautojen valmistukseen tarvittavien kriittisten raaka-aineiden osalta EU nojaa energiaakin enemmän EU:n ulkopuoliseen tuotantoon. Esimerkiksi magnesiumin (joka on välttämätön lisäaine alumiiniin sekä teräksen ja lannoitteiden tuotannossa) osalta Kiina vastaa 93-prosenttisesti koko Euroopan kysynnästä. EU:n oma magnesiumin tuotanto on ajettu kokonaan alas. Samalla Kiina dominoi koko maailman magnesiumin tuotantoa 89 prosentin osuudella. Sähköautojen akkujen metalliraaka-aineiden kaikesta jalostuksesta Kiina hallitsee 80 % ja esim. harvinaisten maametallien osalta sen osuus maailmanmarkkinoista on lähes 90 %. Kun Kiina pudotti magnesiumin tuotantaan puoleen syksyn alussa, alkoivat ongelmat lähes kaikilla teollisen tuotannon aloilla EU:ssa. Lokakuun 11 päivä käydyssä metalliteollisuuden Kiina-EU tapaamisessa Kiinan edustajat totesivat, etteivät he ole voineet nostaa tuotantaan toistaiseksi aikaisemmalle tasolle EU:n tiukan ilmastopolitiikan johdosta, joka vaatii myös heitä rajoittamaan hiilipohjaista sähköntuotantoaan.

Magnesiumin tuotanto on erittäin sähkövaltaista, ja sähköntuotannon rajoittaminen johtaa automaattisesti magnesiumin ja-

lostuksen rajoittamiseen. Kobolttin, kuparin, nikkelin ja monen muun metallin sekä teräksen markkinatilanne on aivan vastaava. Kiina dominoi lähes kaikkien metallien osalta yli puolta koko maailman tuotannosta. Olivatpa syynä Kiinan tuotantorajoitukseen sitten päästövähennystavoitteet tai jokin kauppapoliittinen tavoite, kärsijöinä ovat myös EU:n kuluttajat ja ilmastopoliittika.

Mitä tulee tehdä tilanteen korjaamiseksi?

Nyt syntynyttä tilannetta ajatellen on äärimmäisen tärkeää, että heinäkuussa julkaistun Fit For 55 -lainsäädäntöpaketin valmistelussa otetaan nykytilanne huomioon ja ehdotusten vaikutukset arvioidaan uudelleen. Aivan yhtä tärkeää on määritellä tarkemmin komission elpymispaketin yhteydessä esittämät ajatukset resilienssistä ja autonomiasta. Useimmat lakiehdotuksia (kuten CBAM, päästökauppa, energiatehokkuusdirektiivi, taksonomia jne.) varten tehdyistä vaikuttavuusarvioista tehtiin yli vuosi sitten, ja ne ovat auttamatta nykytilanteeseen nähden sopimattomia.

Käsitykseni mukaan meneillään olevan EU:n raaka-ainepulan ratkaisemisesta saatava hyöty kompensoi enemmän kuin tar-

peeksi siihen tarvittavat ponnistelut. Se mahdollistaa Euroopan unionin nousun uudelleen vahvaksi geopolitiittiseksi ilmastotoimijaksi maailmanlaajuisesti ja johtavaksi vihreiden teknologioiden kehittäjäksi ja käyttäjäksi seuraavien toimenpiteiden kautta:

Vähennetään EU:n riippuvuuksia raaka-aineista monipuolistamalla globaaleja tasapuolisia kumppanuuksia ja arvioimalla, millaista tuotantokapasiteettia on tarpeen palauttaa Eurooppaan. Erityisesti kaivostoiminnan osalta on ilmeistä, että on välttämätöntä aktivoida uusien kaivosten perustamista ja olemassa olevien sivuvirtojen hyödyntämistä.

Ennakoidaan tulevat häiriöt ja haavoittuvuudet toimitusketjuissa ja erityisesti metallipula akuissa ja muissa keskeisissä soveluksissa turvaamalla pitkän aikavälin raaka-ainehankinta ja avoin, oikeudenmukainen ja sääntöihin perustuva raaka-ainekauppa.

Päivitetään EU:n kaupan suojoitoimenpidesäännösten soveltamista ja ohjeistusta siten, että tarvittaessa voidaan torjua metallien maailmanlaajuisia markkinoiden vääristymiä ja epäterveitä kilpailutoimia. ▲



READY FOR THE FUTURE? **E-Air**

Oletko valmis tulevaisuuteen?

Rakennusteollisuus muuttuu, kun päästöjä halutaan vähentää. Valikoimassamme on useita erilaisia ratkaisuja ja ympäristöystävällisiä tuotteita. Kuten E-Air, polttoaineen sijaan kompressori toimii sähköllä ja näin päästöt pienenevät!

Atlas Copco
atlascopco.com



Kaivosteollisuuden näkymiä vuodelle 2022

Malminetsinnän vastuullisuusjärjestelmä etenee

Malminetsinnän vastuullisuusjärjestelmä otettiin käyttöön Suomessa vuoden 2021 aikana. Heti ensimmäisenä vuotena mukaan tuli 13 toimijaa, mikä on kattava osuus Kaivosteollisuus ry:n malminetsintää harjoittavista jäsenistä.

Vastuullisuusjärjestelmää on tarkoitus laajentaa vuoden 2022 aikana niin, että mukaan tulisi lisää yrityksiä.

Kaivosteollisuus ry julkisti alkusyksyllä myös vastuullisen malminetsinnän ohjeet. Ne kannustavat muun muassa välttämään ylisuuria varausalueita ja käymään dialogia sidosryhmien kanssa jo ennen lupien hakemista. Viestinnän kehittäminen onkin alan yksi keskeisiä kehitystavoitteita ensi vuodelle.

Lainsäädännön suhteen ilmapiiri on odottava. Pahimmillaan lainsäädännöllä voidaan heikentää malminetsinnän toimintaedellytyksiä niin, että tarvittavat investoinnit jäävät tekemättä. Pitkässä juoksussa investointien puute iskee suoraan muun muassa vihreän teknologian vaatimien metallien ja mineraalien tuotantoon.

Malminetsinnän hiipumisella on pitkäkestoiset seuraukset, sillä sekä malminetsintä että mahdollisen löydöksen avaaminen kaivokseksi kestävät pitkään. Esimerkiksi 1980-luvulla ja sen jälkeen tehtyjen löydösten avaaminen kaivokseksi on kestänyt kaikissa tapauksissa noin 20 vuotta.

Kun yksi tuhannesta malminetsintäprojektista johtaa kaivoksen avaamiseen, pysäyttää malminetsinnän merkittävä väheneminen uusien kaivosten avaamisen vuosikymmeniksi. Silloin ala ei pysty vastaamaan huutoon, jos pula raaka-aineista kärjistyy. ▲

SANNA RÖTSÄ

Kaivosteollisuus ry:n malminetsintäjohtajan puheenjohtaja
Head of Section – Central Finland Field Exploration
Boliden Kevitsa Mining Oy

Kiinnostavan viestinnän merkitys kasvaa

Oman äänen julkisuuteen saaminen on kaivosalan viestintähaaste ensi vuonnakin.

Mediakeskustelua ohjaavat helposti kriittiset näkemykset, ja siksi kaivosalan on osattava viestiä omista asioistaan entistä kiinnostavammin sekä tuoda samalla ajankohtaista tietoa ja faktoja toiminnasta esille. Muutoin teollisuus jää helposti kriitikoiden jalkoihin, mikä puolestaan nakertaa alan olemassaolon oikeutusta.

Avoin viestintä on paras rokote myös kärjekkäitä väitteitä vastaan. Kaivosalan kannattaa tarjota kansalaisille faktoja, kertoa monipuolisesti toiminnastaan sekä tuoda esille, millainen rooli toimialalla on kansalaisten arjessa.

Yritykset tekevät määrätietoista työtä vastuullisuuden eteen, ja tästä työstä on hyvä kertoa mahdollisimman laajasti. Modernin elämäntavan puolustaminen, vihreän siirtymän mahdollistaminen ja ilmastonmuutoksen torjuminen ovat kaivosteollisuuden puolesta puhuvia, painavia argumentteja. ▲

ELSI MALKKI

Kaivosteollisuus ry:n viestintäjohtajan puheenjohtaja
Viestintä- ja yhteiskuntasuhdepäällikkö,
Agnico Eagle Finland.



Digitalisaatio lisää turvallisuutta

Kaivosturvallisuus on parantunut vuosikymmenien ajan tasaisella vauhdilla Suomessa. Aina pitää kuitenkin parantaa. 5G-verkkojen yleistyminen synnyttää eräänlaisen vallankumouksen myös kaivosalalla. Sähköistyminen, etäohjaus, autonomiset työkoneet ja digitalisaatio lisäävät turvallisuutta, samalla kun ne tehostavat toimintaa ja pienentävät alan päästöjä.

Uudet ratkaisut luovat toki myös tarpeen miettiä uudelleen toiminnan toteutustapoja ja turvallisuutta. Paradoksaalisesti turvallisuutta kehittävätkin muutokset voivat synnyttää uusia turvallisuushaasteita.

Vaikka sähköiset ratkaisut avaavat monia mahdollisuuksia turvallisuuden kehittämiseen, säilyy lähiesimiesten rooli turvallisuuden kehittäjänä keskeisenä jatkossakin.

Kansallisessa lainsäädännössä ei turvallisuuden näkökulmasta ole tulossa muutoksia. EU-tasolla seurataan tarkasti haitallisten altisteiden raja-arvojen kehitystä.

Kaivosalan hyvää turvallisuuskehitystä on tukenut Kaivosturvallisuuden neuvottelukunta, joka on alan yritysten vapaaehtoinen yhteenliittymä. KTN järjestää joka kuukausi turvatunnin, jossa eri kaivosten edustajat ja Tukes käyvät läpi esimerkiksi ”läheltä piti”-tapauksia. Tilanteisiin johtaneita juurisyytä pohditaan turvatunnilla avoimesti. ▲

NIKO OKSANEN

Kaivosturvallisuuden neuvottelukunnan puheenjohtaja
Turvallisuuskehittäjä,
Boliden Kevitsa Mining Oy

Kaivosalan merkitys kasvaa, lainsäätäjä kurittaa

Ilmastonmuutoksen pysäyttämiseen tarvittava vihreä teknologia moninkertaistaa lähivuosien raaka-aineiden kysynnän. Kaivosten merkitys raaka-aineiden tuottajina onkin valjennut yhä useammalle. Samaan aikaan lainsäätäjä kaavailee kuitenkin rajoituksia, jotka vaikeutaisivat etenkin malminetsintää merkittävästi.

Kaivosteollisuuden mielestä malminetsintä tulisi sallia suojelualueilla nykyisillä tiukoilla kriteereillä jatkossakin. Näin siksi, että suojelualueilla tehtävä etsintä voi auttaa löytämään esiintymiä, jotka ovat suojelualueen lähetyvillä. Kaivosteollisuus ry:n linjausten mukaan kansallispuistoissa ja luonnonpuistoissa ei kuitenkaan tehdä malminetsintää eikä niihin perusteta kaivoksia.

Myös suunnitelmat velvoittavasta ekologisesta kompensatiosta ovat alalle ennen aikaisia. Lainsäädännön pitäisi perustua pilotointiin kuten hallitusohjelmassa todetaan. Pilotointia ei kuitenkaan ole vielä edes aloitettu.

Sen sijaan vapaaehtoisia kompensatioita alan yritykset ovat tehneet ja tekevät jatkossakin luonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi. Biodiversiteetin ohella ensi vuoden teemoja alalla ovat kiertotalous ja hiilineutraalius.

Kiertotalous on yksi kaivosalan vahvuuksista, sillä metallit ja muut mineraalit ovat lähtökohtaisesti suurelta osin kierrätettäviä. Sivukivien kiertäyksessä on vielä suuria kehittämismahdollisuuksia.

Kaivosteollisuuden ilmastopäästöt ovat mallitilliset ja vähentyvät edelleen, sillä monet alan yritykset ovat korvanneet tuotannossaan fossiilisia polttoaineita vaihtoehtoisilla ratkaisuilla.

Vesienkäsittelyn varmistaminen on yksi keskeisiä kehityskohteita, joissa on edistytty vuosien aikana paljon. Sillä alueella nähdään varmasti uusia kehitysaskeleita. ▲

HANNA LUUKKONEN

Kaivosteollisuus ry:n ympäristöjooston puheenjohtaja
Ympäristöpäällikkö, Yara Suomi Oy
Siilinjärven kaivos.

Lakivyyhti huolettaa kaivosalaa

Lainsäätäjä on rakentanut kaivosalan ensi vuodelle liiankin jännittävät puitteet, sillä tekeillä on monta merkittävää kaivosyhtiötä koskevaa lakikokonaisuutta. Kaivosvero, kaivoslaki, maankäyttö- ja rakennuslaki sekä luonnonsuojelulaki tuovat jokainen lisää kustannuksia ja esteitä kaivoshankkeille.

Alan suurin huoli ei kuitenkaan ole mikään yksittäinen laki, vaan monen lain kokonaisuus. Eri ministeriöissä valmisteltavien lakien yhteisvaikutusta ei välttämättä koordinoita, jolloin siedettävien lakien kokonaisuus voi muodostua sieämättömäksi.

Eriytynen huoli alalla on se, että lainsäätäjää tuntuu ainakin julkisten kommenttien perusteella ohjaavan enemmän kaivosten ”kurittaminen” kuin maan raaka-ainehuollon varmistaminen. Näin siitä huolimatta, että Euroopan komissio on raaka-ainestrategiassaan kuuluttanut EU:n omavaraisuuden varmistamista.

Poliittisten päättäjien olisikin hyvä tarkastella ainakin seuraavia näkökulmia:

1. Miten Suomi varmistaa raaka-aineidensa saannin lähivuosina, kun vihreä teknologia lisää raaka-aineiden kysyntää ja kilpailu raaka-aineista kiristyy?
2. Miten Suomi hoitaa jatkossa osansa EU:n raaka-ainestrategian tukemisessa, jos kaivosten määrä alkaa hiipua?
3. Uuden kaivoksen käynnistäminen kestää parikymmentä vuotta. Miten käynnistämistä voidaan tarvittaessa nopeuttaa, jos investoinnit nyt pysähtyvät?
4. Ilmastonmuutos edellyttää siirtymistä hiilineutraaliin Suomeen. Miten siirtymä tapahtuu ilman kaivosten tuottamia mineraaleja?
5. Onko vastuullisempaa tuottaa tarvittavat raaka-aineet esimerkiksi Kongossa kuin Suomessa? ▲

PEKKA SUOMELA

Toiminnanjohtaja, Kaivosteollisuus ry

Making our world more productive



Faster heating.
Reduced fuel consumption.

Environmental technology delivering
peak heating performance.

www.linde-gas.fi



PERTTI VOUTILAINEN

Kulttuuri kunniaan

Afganistanin uusi hallinto heti alkuunsa perusti ”Saarnaamisen ja opastuksen sekä hyveiden edistämisen ja paheiden estämisen ministeriön”. Siinäpä on mallia kaikille, jotka pyrkivät viljelemään kulttuuria ja karsimaan maailman pahan. Mitä tehtiin meillä? Nostettiin kauhea metakka muutamista kymmenistä miljoonista, joilla piti kulttuuriväelle korvata veikkauksesta saatujen tulojen alenema. Itse asia siinä taisi unohtua, kun poliittisten päättäjien aika meni sen pohtimiseen, kuka on näytelmän pahis ja kuka hyvis. Hallituksen oloa hässäkkä helpotti, kun voitiin hetkeksi unohtaa todella tärkeät, miljardiluokan asiat, joihin puuttumiseen ei ole rohkeutta.

Syksyn mittaan luin historioitsija Anitra Komulaisen kirjoittaman kirjan, joka kuvaa punapääomaa kohdannutta tuhoa. Teoksen kertomasta paljastuu harvinaisen selvä yhtäläisyys E-liikkeen yrityselämän ja valtakunnan talouspolitiikan kesken. Selväksi käy, että punapääoma kompastui päätöksenteon puutteisiin. Vuosikymmenien menestyksen jälkeen liike ei pystynyt uudistumaan ja pitämään yllä kilpailukykyään, kun kilpailijat olivat notkeampia sopeutumaan maailman muutoksiin. Erityisen selvästi tämä näkyy tuhon lähestyessä, jolloin päätöksiä olisi tarvittu paljon nopeammin kuin mihin monimutkainen hallinto pystyi. Tässä kohtaa paljastuu yhtäläisyys Suomen nykyiseen tilaan. Ongelmat eivät yleensä odottamalla poistu. Ennakoivat ja riittävän voimakkaat toimet ovat aina parempia kuin toiminta liian myöhään pakon edessä. Tuhansia kertoja on sanottu, että on korkea aika poliittisten päättäjien ryhdistäytyä. Muuten punapääoman kohtalo koituu osaksemme. Toki pitää myöntää, että päätöksenteko voi olla tuskallista. Mutta totta on myös Mauno Koivistolta kuultu toteamus: ”Jos ei jonkun mieltä pahoita ja omaa mieltään pahoita, niin mikään ei muutu”.

Pienessä piirissä pohdimme, mikä olisi paras esimerkki kuvaamaan julkisen ja yksityisen päätöksenteon eroa. Selväksi voittajaksi tuli valtion keskusviraston pääjohtajan erottaminen, jota valtakunnan tärkeät instituutiot pohtivat puoli vuotta. Kun perusteet alusta alkaen olivat selvät, yksityisellä puolella asia olisi hoidettu viidessä minuutissa, minkä jälkeen olisi päästy muihin töihin. Kavahtakaa siis kaikkia mielipiteitä, joissa julkisen vallan lisäämistä kannatetaan.

Kavahtakaa myös niitä toimia, joissa elvytyksen nimissä kylvetään rahaa kovin holtittomasti. Velkarahalla hommaa hoidetaan,

vaikka velkaantuminen on potentiaalinen vihollinen, joka johtaa hintojen nousuun, kilpailukyvyyn murenemiseen, alhaisempaan kasvuun ja työttömyyteen. Stagflaatioksi sellaista tilaa ekonomistit kutsuvat. Näin olivat asiat ennen, enkä voi uskoa, että talouden perusasiat olisivat nyt kokonaan voineet muuksi muuttua.

Tosiasiana on säilynyt myös se, että vain työtä tekemällä voidaan elintaso turvata ja velat maksaa. Voimassa siis on Mooseksen kirjan toteamus, että ”otsasi hiessä sinun on hankittava leipäsi”. Se on karua puhetta, mutta totta. Ison kirjan samoilta sivuilta löytyy myös Josefin neuvo faaraolle. Varoja pitää panna varastoon silloin, kun ajat ovat hyvät, jotta huonoinakin aikoina elettäisiin. Tämän vanhempia totuuksia en menneiltä ajoilta tunne. Molemmat ohjeet ovat tänään erityisen tärkeitä. Vaikka nyt taloudessa menee kovaa, päivä päivältä näyttää entistä selvemmältä, että tämä autuus ei kestä kauan. Hyvä olisi, jos huonojen päivien varalle olisi evästä varastossa ja valmiutta kovaan työntekoon. Mooseksen ajan neuvoista vain yksi tuntuu tähän aikaan sopimattomalta. Lisääntyminen ja maailman täyttäminen on ristiriidassa ilmastotavoitteiden kanssa. Katastrofi on vältettävissä vain väestönkasvun pysäyttämällä. Tämä on globaali murhe eikä koske Suomea. Meillä elokapinallisten pitäisi päinvastoin lopettaa kaduilla istuskelu ja mennä lasten tekoon. Helpottuisi tuleva huoltotaseongelma.

Kaivoslain uusiminen on jälleen pienen tauon jälkeen nostettu valmisteluun. Niin paljon olen tästä asiasta saarnannut, että en enää jaksa juttuun puuttua. Ei ole sanoma ennenkään mennyt perille. Edelleen huutavat kaivosten vastustajat, että kansallisvarallisuutemme valuu ilmaiseksi ulkomaille. Tunteet jyräävät alleen järjen ja realismin. Populismille tämä on ”helppo nakki”. Hallituksen yhteiskuvassa seisoo eturivissä nuoria naisia, jotka eivät kaivosväeltä näytä. En jaksa olla optimisti.

Ei ole helppoa torjua ilmaston lämpenemistäkään. Mitä enemmän asia on esillä, sitä vaikeammaksi se osoittautuu. En voi mitenkään uskoa, että maailman valtiat voisivat löytää keinoon päästä 1,5 asteen tavoitteeseen lämpenemisen estossa. Mutta toivokaamme, että ihmeiden aika ei vielä ole ohi. ▲

We had Steve Jobs, Bob Hope and Johnny Cash.
Today we have no jobs, no hope and no cash.

Hipsu Hiilen ihmeelliset seikkailut

Osa 18. Hipsu löytää transitiolämpötilan

Tasapainomaassa kevät oli juuri kääntynyt kesäksi ja kaikki oleilivat pitkän talven jälkeen raukean tyytyväisinä kesän lämmössä. Ei oikein tehnyt mieli lähteä minnekään, mukavampi oli olla vain. Kaikki oli sananmukaisesti tasapainossa.

Hipsu oli kuitenkin edelleen työn touhussa. Se oli suurentanut kokonsa ja laskeutunut alas jyrkanteeltä. Sieltä se oli kohdistanut lukuisiin penkan alle kokoon-tuneisiin samanlaisiin rauta-hiiliatomien yhteisöihin täsmällisesti samanlaiset iskut eri lämpötiloissa kevään mittaan. Nyt se oli tutkimassa koesarjansa tuloksia.

Se oli pyytänyt yhteisöjä pysymään paikoillaan kevään lämmös-tä huolimatta, kunnes se olisi ehtinyt tutkia ne tarkemmin. Hipsu käveli ensin suuremmissa koossaan yhteisöriivin päästä päähän ja pysähtyi jokaisen kohdalla tutkimaan iskun aiheuttamia vaurioita. Erityisen huomion se kiinnitti iskun ansiosta syntyneisiin halkeamiin ja niiden pintoihin.

Yhteisöriivin matalimman lämpötilan puoleisessa päässä sijaitseva yhteisö oli haljennut kahteen osaan. Halkeama oli lähtenyt yhteisön

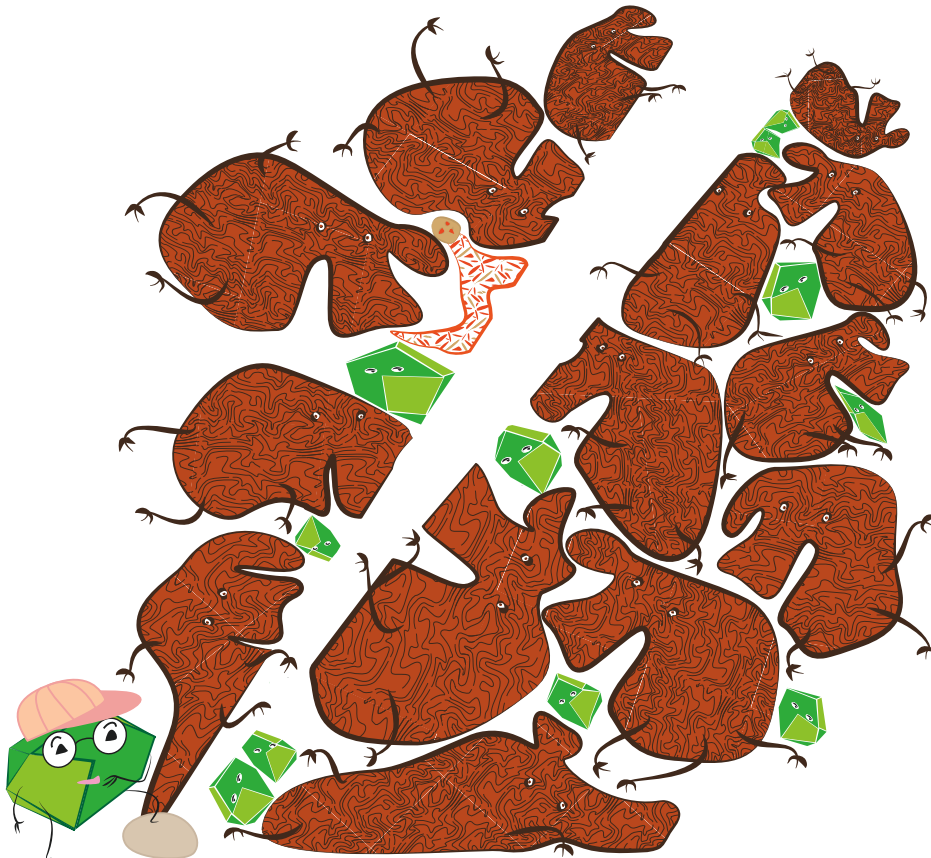


reunassa olleesta viasta ja edennyt viivasuorasti koko yhteisön halki. Päältä katsoen halkeamapinnat olivat tasomaiset ja täysin sileät. Seuraavassa, iskun aikaan vähän korkeammassa lämpötilassa ollut yhteisö oli se-kin haljennut kahteen osaan. Puolikkaat olivat kuitenkin kiinni toisissaan vähäisellä kannaksella halkeaman loppupäässä. Muuten halkeaman liikkeellelähtö ja etene-minen sekä halkeamapinnat vastasivat täysin edellistä, matalimman lämpötilan kokonaan haljennutta yhteisöä.

Hipsun edetessä pitkin yhteisöriiviä kohti korkeim-man iskulämpötilan puoleista päätä halkeaman pituus lyheni ja yhteisön osia kiinni pitävä kannas puolestaan

laajeni vastaavasti. Halkeaman lähtökohta oli kuitenkin aina yhteisön keinotekoisessa reunaviassa. Myös halkeaman luonne muuttui lämpötilan noustessa; se ei enää edennyt viivasuoraan, vaan alkoi mutkitella yhteisössä sitä enemmän, mitä korkeammassa lämpötilassa se oli muodostunut. Halkeamapinnat muuttuivat iskulämpötilan noustessa vähitellen yhä rosoisemmiksi, vaikka niissä näkyikin selvästi tasomaisia alueita varsinkin matalammissa lämpötiloissa.

Toiseksi viimeisessä yhteisössä riivin korkeimman lämpötilan



“Yhteisöriivin matalimman lämpötilan puoleisessa päässä sijaitseva yhteisö oli haljennut kahteen osaan. Halkeama oli lähtenyt yhteisön reunassa olleesta viasta ja edennyt viivasuorasti koko yhteisön halki. Päältä katsoen halkeamapinnat olivat tasomaiset ja täysin sileät.”

puoleisessa päässä halkeama oli jäänyt hyvin pieneksi. Sen pinnat olivat kokonaan rosoiset ja halkeaman kärki oli selvästi pyöristynyt. Siihen saakka halkeaman kärki oli ollut suhteellisen terävä, vaikka halkeama olikin pysähtynyt yhteisön keskelle. Myös koko yhteisö oli iskun voimasta käyristynyt selvästi. Viimeisessä, korkeimman lämpötilan yhteisössä ei halkeamaa ollut lainkaan, reunavian kärki oli kauniin pyöreä ja koko yhteisö oli painunut kuppimaiseksi iskun voimasta.

Hipsu halusi vielä tutkia tarkemmin myös yhteisöjen rakennetta sisältäpäin. Se pienensi kokonsa ja pujahti ensimmäisenä korkeimman iskulämpötilan yhteisöön. Ja mitä se näkikään? Kaikkialla yhteisössä oli dislokaatioita sekavina vyyhteinä ja kaikkein eniten niitä oli iskun ansiosta pyöristyneen alkuvian kärjessä. Tässäkin kohdassa atomit pitivät kiinni toisistaan, vaikka niiden sidoskäsivarret olivatkin venyneet pitkiksi niihin kohdistuneen kuormituksen vuoksi. Yhteisön hiiliatomit näyttivät Hipsun pyynnöstä huolimatta kertyneen dislokaatioiden lähiympäristöön helpottaakseen atomien välisiin sidoksiin kohdistuvaa painetta.

Edetessään yhteisöstä toiseen kohti matalampia lämpötiloja Hipsu näki, että dislokaatioiden määrä yhteisön sisällä alkoi vähentyä. Ne näyttivät lämpötilan laskiessa yhä enemmän keskittyvän rakenteessa edenneen ja sen sisään pysähtyneen halkeaman kärjen alueelle. Toiseksi korkeimmassa lämpötilassa olleen yhteisön pienen halkeaman pinnat olivat täysin rosoiset. Niissä oli syviä kuoppia ja kuoppien välisiä kannaksia, jotka olivat venyneet äärimmäisen ohuiksi ennen lopullista katkeamistaan. Kuoppien pohjalla Hipsu näki usein joko raudan ja hiilen muodostamia sulkeumia (Hipsu tunnisti ne aiemmin näkemikseen karbideiksi) tai muiden, yhteisön pujahtaneiden vieraiden atomien muodostamia kasautumia.

Matalampia lämpötiloja kohti edetessään Hipsu näki myös, että halkeaman koon kasvaessa rosoisten alueiden väliin alkoi muodostua tasomaisia alueita. Lämpötilan laskiessa niiden koko halkeamapinnoilla kasvoi ja niitä yhdistävät rosoisemmat alueet vastaavasti pienenivät. Dislokaatioita näkyi yhä harvemmassa ja ne vähätkin parveilivat halkeaman kärjen tai pienten rosoisten alueiden kohdalla halkeaman kyljillä. Lopulta rivin viimeisessä, kokonaan haljenneessa yhteisössä Hipsu näki vain joitakin dislokaatioita sattumanvaraisesti siellä täällä. Näytti siltä, että ne olivat syntyneet jo yhteisön muodostuessa.

Hipsu näki, että tasomaisilla alueilla halkeama oli edennyt pitkän rakenteen tiettyä atomitasoa. Se oli saattanut siirtyä hetkeksi viereisille samansuuntaisille tasoille, mutta etenemistason suunta oli aina sama. Matalimmassa lämpötilassa halkeama oli edennyt koko rakenteen läpi yhtä ainoaa atomitasoa pitkin.

Hipsu istahti hetkeksi miettimään näkemäänsä. Se päätteli, että yhteisöllä oli mahdollisuus selvittää kolhuista jollain tavalla toimivana kokonaisuutena, jos iskun aiheuttama halkeama ei edennyt enempää kuin puolet yhteisön koosta (Hipsu ei vielä tuntenut halkaisijan käsitettä). Käytyään tarkistamassa tilanteen Hipsu totesi vielä, että tässä lämpötilassa enemmän kuin puolet halkeamapinnoista oli rosoisen tyyppin aluetta. Tätä tilannetta vastaavaa lämpötilaa Hipsu kutsui mielessään kestävyyslämpötilaksi.

Lopulta Hipsu nousi ylös ja kutsui kaikki kokeisiin osallistuneiden yhteisöjen atomit ympärilleen. Se selitti kokeisiin osallistuneille, että jos lämpötila oli löydetyn kestävyyslämpötilan yläpuolella, olivat rauta-hiiliatomien yhteisöt turvassa iskuja vastaan. Niihin saattoi muodostua pieniä vikoja iskun voimakkuudesta riippuen, mutta yhteisö säilyi silti yhtenä kokonaisuutena. Jos lämpötila oli kestävyyslämpötilan alapuolella, tuli yhteisöjen varoa iskuja sitä enemmän, mitä alhaisempi lämpötila oli. Muuten yhteisö saattoi haljeta iskusta kahteen tai useampaan osaan, jotka voivat joutua erilleen toisistaan ja päätyä lopulta ties minne.

Tämän tärkeän tiedon välitettään Hipsu kiitteli vuolaasti kokeisiin osallistuneita atomeja hyvästä yhteistyöstä sekä kärsivällisyydestä ja päästi ne nauttimaan tasapainomaan kesän lämmöstä. Hipsu itsekin viivähti hyvän tovin paikoillaan jyrkänteen juurella auringon lämmössä. Se hyrissi tyytyväisyyttään vaivalloisen, mutta hyvin onnistuneen koesarjansa tultua päätökseensä. Lopulta se vaipui tyneen ja rauhalliseen uneen.

Tietämättään Hipsu oli tullut löytäneeksi nykyäänkin tunnetun ja yhä tärkeämmäksi muuttuvan *transitiolämpötilan* käsitteen. Transitiolämpötilan yläpuolella rauta-hiiliatomien yhteisöjen eli nykypäivänä teräksiksi kutsuttujen atomiyhteisöjen katsotaan käyttäytyvän hauraasti ja sen yläpuolella sitkeästi. Sitkeys on metalliatomien yhteisöille tyypillinen ominaisuus, jonka hallinta lisää suuresti niistä tehtyjen rakenteiden turvallisuutta. Hipsu nukkui tyytyväisenä kaikesta tästä tietämättä, kunnes tuli aika herätä ja suunnata kohti uusia seikkailuja.▲





GRM-services Oy Ltd

GEOPHYSICAL AND ROCK MECHANICAL SERVICES

Vähennä
riskejä kattavalla
3D-mallinnuksella!

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



GEOFYSIIKAN MAANPINTA- JA REIKÄMITTAUKSET

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



KALLIOMEKANIIKAN ASENNUKSET JA MITTAUKSET

Monitorointi

- Reaaliaikaiset mittausjärjestelmät – niin maan päällä kuin alla.

Jännitystilamittaukset

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



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

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



Tunnelma alkaa metsästä,
kuusesta, tuoksusta, odotuksesta.

Rauhallista joulua

Kohdistamme joulutervehdyksen Hyvä joulumieli -keräykseen.

Kaivosalan
kansainvälistä
huippuosaamista

Tuotamme modernin yhteis-
kuntamme tarvitsemat metallit
kestävästi ja turvallisesti



Teräspalvelukeskus

Miilux[®] Oy

Hannu Rantasuo 044 7713 695
Mikko Harjula 050 4347 030
Mikko Lehtonen 050 3430 542
Turo Tuominen 044 5428 227
Juha Huttunen 044 7713 694

www.miilux.fi



**Kuljetin hinnat ja tarvikkeet.
Asennus- ja huoltopalvelut.**

www.contitech.fi

ContiTech

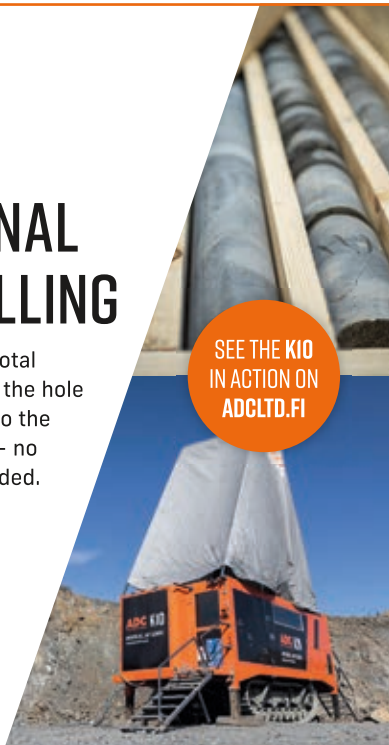


**DIRECTIONAL
CORE DRILLING**

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

- ✓ HIGH ACCURACY
- ✓ COST-EFFECTIVE
- ✓ ENERGY EFFICIENT

SEE THE K10
IN ACTION ON
ADCLTD.FI



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

Comprehensive
selection of
deep drilling
boxes



nordicdrillingbox.fi

Kevättä ja Vuorimiespäiviä odotellessa

Viimeksi kirjoitin kovin toiveikkaasti, että horisontissa näkyy valoa. Koronatilanne on sen jälkeen merkittävästi taas huonontunut. Onkohan neljäs vai viides aalto nyt menossa. VMY:n hallitus tiedostaa koronan uhan, mutta pysyy tavoitteessaan, että voisimme koontua Vuorimiespäiville kasvatusten.

Yhdistyksen hallitus tarkensi linjaustaan Vuorimiespäivistä seuraavasti:

Vuorimiespäivät pidetään 25.-26.3.2022 mahdollisimman perinteisin järjestelyin. Kaikkiin tilaisuuksiin on mahdollista tulla ”livenä” ja sen lisäksi päivän kokouksia ja esitelmää voi seurata myös ”etänä”. Illallistanssiaisista ja lauantain lounaalta ei lähetetä etäohjelmaa. Tavoitehan on, että mahdollisimman moni tulisi paikan päälle tapaamaan toisiaan.

Turvallisuus on ensiarvoisen tärkeää meille kaikille ja siksi edellyttämme, että Vuorimiespäivien tilaisuuksiin osallistujat ovat terveitä ja kattavasti rokotettuja. Täsmennämme ohjeita ilmoittautumisen ja paikkavarausten yhteydessä. Koska tilanteet näköjään voivat muuttua ja ilmoittautuneet voivat sairastua tai saada oireita vielä viime tipassa, palautamme maksetut, jos niin ikävästi käy. Perinteinen kutsuhaitari lähetetään helmikuun alussa, mutta tietoa Vuorimiespäivistä löydät kotisivuiltamme jo aikaisemminkin. ”Kiihdytyskaista Vuorimiespäiville” tehdään nytkin, vaikkakin vähän pienimuotoisempina kuin poikkeusvuonna 2021.

Perjantain kokoukset ja esitelmät pidetään Marina Congress Centerissä 25.3.2022. Sekä illallistanssiaiset että lauantain lounas juhlitaan Dipolissa. Isäntäyhteykset Normet ja Forcit vastaavat perinteisistä isännän velvollisuuksista illallistanssiaisissa ja lauantain lounaalla.

Tätä kirjoittaessani syksy alkaa olla takana ja luntakin on saatu monin paikoin. Tsemptataan siis talven läpi kevättä ja Vuorimiespäiviä odotellessa. ▲

ARI



Vastuullista kaivostoimintaa vuodesta 1962



Pyhäsalmi Mine

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



VUORIMIESYHDISTYKSEN TOIMIHENKILÖITÄ 2021

PUHEENJOHTAJA

TkT Kalle Härkki, 040 513 3383,
kalle.harkki@hotmail.com

VARAPUHEENJOHTAJA

DI Pentti Vihanto, 050 539 0314
etunimi.sukunimi@terrafame.fi

PÄÄSIHTEERI/ Secretary General

TkL Ari Juva Adjutantinkatu 8 b 19,
02650 Espoo, 0400 457 907
etunimi.sukunimi@vuorimiesyhdistys.fi

WEBMASTER

TkT Topias Siren, 050 354 9582
topias.siren@sweco.fi

RAHASTONHOITAJA/Treasurer

DI Leena K. Vanhatalo, 050 383 4163
leena.sukunimi@vuorimiesyhdistys.fi

GEOLOGIJAOSTO

FM Jussi Annanolli, pj, 40 484 7860
jussi.annanolli@riotinto.com,
FM Hanna Mönkkönen, sihteeri, 040 7410 868
Hanna_Monkkonen@golder.fi

KAIVOS- JA LOUHINTAJAOSTO

DI Annukka Kokkonen pj, 040 841 4850
etunimi.sukunimi@sandvik.com
DI Simo Laitinen, sihteeri, 050 411 8400
etunimi.sukunimi@yit.fi

RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO/

Ins. Simo Pyysing, pj,
040 350 5542 etunimi.sukunimi@mail.weir
DI Paula Vehmaanpera, sihteeri, 050 3511 781
etunimi.vehmaanpera@lut.fi

METALLURGIJAOSTO/

TkT Ville-Valtteri Visuri, pj, 050 4125 642
etunimi.sukunimi@outokumpu.com
TkT Iina Vaajamo, sihteeri, 050 5363 143
etunimi.sukunimi@mogroup.com

<https://vuorimiesyhdistys.fi/yhteystiedot/>

Uutta tehoa tuotanto- poraukseen

United. Inspired.

ET51 -tarkkuutta, voimaa ja kestoa

Teimme Epirocin ET51:stä niin vahvan ja varman, että voit huoletta porata täydellä voimalla syvemmälle ja suoraan - suurempaa, kuin koskaan aikaisemmin.

Paranna suorituskykyä uudistuneella ET51-tuotantoporausjärjestelmällä. Korvaa T51 yhdellä putkityypillä, jonka jokainen yksityiskohta on suunniteltu maksimoimaan porausteho, reikäsuoruus ja kalustonkesto.

epiroc.fi

 **Epiroc**





**Reduce CO₂
by tens of
thousands
of tons?**

**ENDURON®
HPGR**

WEIR

Copyright © 2021 Weir Minerals Australia Ltd.
All rights reserved.

The answer is Enduron®

We all know HPGR technology exists. Why have we not moved to a more sustainable approach? The Enduron® HPGR uses up to 40% less energy without grinding media, compared to traditional solutions. Combined this could reduce your CO₂ by tens of thousands of tons annually. Plus, with our exclusive skewing and bearing system, you'll increase your mine's performance, reliability and efficiency. The real question isn't why should you make the switch, it's why not?

Make the switch to Enduron® HPGR.
Visit enduronhpgr.weir to find out more.