

MATERIA

4-2023 | Marraskuu

GEOLOGIA
KAIVOS
LOUHINTA
RIKASTUS
PROSESSIT
METALLURGIA
MATERIAALIT

JO 80 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



19

MATERIA 4 – 2023 | LOKAKUU



8

- 5 Lukijalle: **Ari Oikarinen**
- 7 Pääkirjoitus: **Pertti Lamberg**: FEM 2023 – vihdoin täällä taas!
- 8 **Kristina Karvonen**: PILCCU – kaivosjätteestä hiilidioksidia sitovaksi tuotteeksi
- 12 **Niina Ahtonen, Olli Breilin, Katja Lalli**: Yhteiskunnan geotietohuolto on Geologian tutkimuskeskuksen perustehtävää
- 15 **Raija Pietilä, Anna Tornivaara, Marleena Hagner, Marja Uusitalo, Juha Heiskanen, Karri Uotila, Karetta Vikki**: Kaivannaisjätealueiden peittoratkaisujen uudet mahdollisuudet – hiilinielu ja kukkaparatiisi?
- 19 **Paula Pihlava**: Suomalaisen kaivossektorin osaaminen näyttävästi esillä Namibiassa
- 23 **Hanna Koponen, Antti Karjalainen, Marko Hyttinen, Pertti Pasanen ja Olli Sippula**: TASK-hankeesta lisätietoa työntekijöiden altistumisesta syöpävaarallisille ilman epäpuhtauksille maanalaisissa kaivoksissa
- 27 **Tuomo Tiainen**: Vaurioanalyysi on materiaaliosaamisen ytimessä
- 35 **Tuomo Tiainen**: Uudet materiaalit ja teknologiat ohutlevytuotteissa
- 44 **Nina Tanskanen**: Kalliorakennussuunnittelija voi vaikuttaa hankkeen hiilijalanjälkeen
- 46 **Valtteri Vauhkonen**: Nallipaikan vaikutus levysorroslouhosräjäytyksen ryöstöön ja räjähtämättömiin louhosreikiin Kemin kaivoksella
- 53 **Tommi Sappinen**: GIFA/METEC/THERMPROCESS/NEWCAST -messut Düsseldorfissa
- 58 In memoriam: **Jari Rosendal**
- 59 In memoriam: **Raimo Vuolio**

- 61 **Antti Roine:** Tekoäly – menestys vai katastrofi?
- 64 Uutisia alalta: **Jukka Kakriainen:** Ydinfysiikan huippuinnovaatio, joka parantaa prosessiteollisuuden tuottavuutta ja vauhdittaa vihreää siirtymää
- 68 Uutisia alalta: Sandvik on avannut uudet myynnin ja huollon toimitilat Kajaanissa
- 69 **Ville Hakala:** Tackling issues of waste rock dilution
- 75 **Jarkko Fredriksson, Ville-Valter Visuri:** Metallurgijaoston teekkari-info LUT-yliopistolla
- 77 **Leena K. Vanhatalo:** Sää ei suosinut puumailatennistä
- 79 DIMECC on-line: **Kaisa Kaukovirta:** Tiivistekioski nopeuttaa palvelua huoltoseisokin aikana
- 80 Metallinjalostajat: **Saku Vuori:** Paljon uutta ilmassa
- 81 Kaivosteollisuus: **Pekka Suomela:** Kriittistä strategiaa ja hallitusohjelman raaka-aineita
- 83 Euroopan ytimessä: **Olli Salmi:** Joko pian näemme täysautomaattisen digikaivoksen?
- 85 Kolumni: **Pertti Voutilainen:** Vaihtoehtoina rutto ja kolera
- 86 Pakina: **Tuomo Tiainen:** Alkuaine vanadiinin sähköiset seikkailut
- 88 Pääsihteeriltä: **Ted Nuorivaara**
- 88 Vuorimiesyhdistyksen toimihenkilöitä



69

Ilmoittajamme tässä lehdessä

AA Sakatti Mining	50
ABB	63
Agnico Eagle Finland Oy	2.kansi
Algol.....	21
Arctic Drilling Company Oy	43
Astrock Oy	76
Aurubis Finland Oy	45
Boliden.....	43
Brenntag Nordic Oy.....	88
Bumax	45
ContiTech Finland Oy	77
Doofor	34
Endress+Hauser.....	26
Epiroc Finland Oy Ab	3.kansi
Erimek Oy.....	45
Eurofins Mineral Testing Oy	50
FinMeas Oy.....	45
Forcit	11
GRM-services Oy.....	52
IMA	73
Impomet.....	77, 87
Jyväskylän Messut.....	78
Oy KATI Ab	21
Levanto	87
Miilux Oy	74
Metso	3
Meffalab	52
Mitta	25
Nevel.....	50
Nordkalk Oy Ab.....	69
Orica Oy	21
Ovako	21
Palsatech.....	69
Pipelife.....	51
RF Valves.....	75
Oy Rock Physics Finland Ab	75
Rotator	75
Robit	82
Roxia	82
Rulmeca	67
Sandvik	14
Sibelco Nordic Oy Ab	62
Suomen Maa-autot Oy.....	50
Suomen TPP /Masino	6
Sweco.....	22
Tapojärvi/Hannukainen	18
Teknikum.....	6
Valmet Flow Control Oy.....	4
Vuotek.....	77
Weir Minerals Oy	takakansi
WSP.....	22
Xylem	82
Yara.....	42
YIT	84



Häggblom on nyt osa Metsoa

Yrityskaupan myötä Metson kokonaisvaltaisten lastaus- ja kuljetusratkaisujen tuote- ja palveluvalikoima asiakkaillemme laajentuu.

Partner for positive change

Olemme mukana Fennoscandian Exploration and Mining (FEM) -tapahtumassa Kittilän Levillä 31.10.–2.11.2023, tervetuloa tapaamaan asiantuntijoitamme osastolle B30.

[metso.com](https://www.metso.com)

Metso

Flowrox™



Uusi ilme, sama luotettava laatu

Vaativiin käyttötarkoituksiin soveltuvat Flowrox-venttiilit ja pumput nyt osana Valmetin kattavaa tarjontaa.



Flowrox-tuotteiden ulkoasua on uudistettu yhdenmukaiseksi Valmetin muiden johtavien prosessiteollisuuden virtauksensäätöratkaisujen kanssa. Voit jatkossakin luottaa osaamiseemme sekä tuotteidemme ja palvelujemme ensiluokkaiseen laatuun.

Flowrox-ratkaisut on suunniteltu luotettaviksi ja kestäviksi, ja tuotesarjan kehitys jatkuu.

Lisätietoja löydät osoitteesta
valmet.com/flowcontrol/flowrox



Valmet 
FORWARD

Se on taas sadonkorjuu aika. Tätä kirjoitettaessa metsät ovat väärällään sieniä, ja joku marjakin odottaa vielä poimijaansa. Pihalla ovat omenat ja kriikunat kypsymässä. Syksyn myötä palataan taas arkeen erikoisen kesän jälkeen. Ensimmäinen oli kuumaa ja kuivaa, sitten lämmintä ja märkää. Ehkä talvesta tulee normaali. Maailma ei normaali ole enää vähään aikaan ollut.

Syksyn tultua myös erilaiset ammatilliset tapahtumat ovat alkaneet. Yhtenä esimerkkinä on Vuorimiesyhdistyksen yhteistyötapahtuma FEM (Fennoscandian Exploration and Mining)-konferenssi, jossa tämä lehti on jaossa. Tapahtumasta kerrotaan lisää pääkirjoituksessa, ja vuoden viimeisessä MATERIA-lehden numerossa tehdään konferenssin tarjontaan katsaus.

Lehdessä on runsaasti luettavaa. Tuomo on tehnyt taatulla tavalla katsaukset niin ASM:n vaurioanalyysiminaarin antiin kuin Oulussa pidettyjen Ohutlevypäivien ohjelmaankin. ASM:n seminaarissa on käsitelty useita kiinnostavia aiheita alkaen tekoälystä vikojen tarkastelusta, jatkuen karkaistujen kappaleiden työstövaurioihin ja päätynyt pitkän kestoian väsymiseen.

Ohutlevypäivien teemana oli ”Uudet materiaalit ja teknologiat ohutlevytuotteissa”. Mukana katsauksessa on kiinnostava case ralliauton prototyypin rungon suunnittelusta ja valmistamisesta



ULTRA-projektissa. Ja jatkaapa toki alkuaine vanadiinikin seikkailujaan.

Kannattaa lukea IMA sensoriteknologiasta sivukiven käsittelyssä sekä Tommi Sappisen aikaisemmin Valimoviestissä ilmestynyt artikkeli valumessuilta Düsseldorfissa. Antti Roineen pohdinta tekoälystä herättää ajatuksia ja toivottavasti kirvoittaa lukijat osallistumaan keskusteluun.

Erityisen kiinnostava juttu käsittelee suomalaista innovaatiota, jolla neutroniaktiivointiin perustuvalla teknologialla voidaan analysoida materiaalivirtojen alkua. Asia, jota ei ehkä tule ajatelleeksi on yhteiskunnan geotie-tohuolto, josta lehdessä puhutaan.

Lopuksi hieman asiaa lehdestä itsestään. Syksyn myötä lehden toimitusneuvostossa tapahtuu muutos. Toimitusneuvoston pitkäaikainen ja ansiokas puheenjohtaja Liisa Haavanlammi jättää tehtävän ja tilalle astuu uudeksi toimitusneuvoston puheenjohtajaksi Mari Halonen. Liisan jäljiltä lehden talous on hyvässä kunnossa, ja lehti porskuttaa muutenkin vahvalla viiden numeron vuosivauhdilla. Tästä on Marin hyvä jatkaa, joten tervetuloa Mari. Ja erityisesti, valtavan isot kiitokset Lipe! ▲

FRISCO

MATERIA

JULKAISIJA / PUBLISHER Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y. 81. 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 materiaalitekniikan 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 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 | **ERIKOISTOIMITTAJAT / SPECIALISTS** TKT, prof.(emer.) Tuomo Tiainen 050 439 6630 tuomo.j.tiainen@gmail.com, DI Sini Anttila Northvolt AB 040 709 1776 sini.anttila@northvolt.com, | **TOIMITUSNEUVOSTO / EDITORIAL BOARD** DI Mari Halonen pj / 040 869 0417 mari.halonen@forcit.fi, Professori (associate) Ari Jokilaakso 050 313 8885 ari.jokilaakso@gmail.com, TKT Miia Kiviö Aurubis Finland Oy 040 641 6529 m.kivio@aurubis.com, DI Mauri Kostiaainen 040 963 8798 mauri.kostiaainen@lux.fi, DI Jannis Mikkola 040 747 9670 jannis.mikkola@sitowise.com, FM Anna-Riikka Pehkonen-Ollila 050 528 0771 anna-riikka.pehkonen-ollila@ains.fi DI Tommi Sappinen 040 776 8470 tommi.sappinen@gmail.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, Mediasepät Studio | **KANSI** Yhdistyksen pääsihteeri, puheenjohtaja ja varapuheenjohtaja retkellä | **KUVA** Leena K. Vanhatalo

Artikkelien aineistopäivä ja Ilmoitustilavaraukset
 Article and Booking ads deadline

5/2023	20.11.
1/2024	30.1.
2/2024	9.4.
3/2024	27.5.
4/2024	9.9.
5/2024	11.11.

Ilmestymispäivä/
 Published

29.12.2023
8.3.
17.5.
5.7.
18.10.
20.12.

Ilmoitusmyynti / Ad Marketing

DI Satu Honkanen, Tmi SatUp
 040 560 2926, satulhonkanen@gmail.com



Suomen TPP tarjoaa korkealaatuiset tuotteet kaivos-, rakennus- ja betonteollisuudelle

- Laaja valikoima erilaisia kalliopultteja kallion lujitukseen mm. vaijeripultti, harjateräspultti
- Kaivosverkot maanalaisten tilojen tukemiseen
- Ventiflex-tuuletusputket maanalaisiin tunneleihin
- Teräskuidut ja makrokuidut betonin lujitukseen
- Betonin vedeneristysaineet
- Injektointisementit kallion ja maaperän injektointiin
- Raitisilma-, poistoilma- ja peräpuhaltimet savunpoistoon ja tuuletukseen

Suomen TPP Oy | Kärkkijä 3, 01740 Vantaa
0400 407 235 | info@suomentpp.fi | www.suomentpp.fi
Suomen TPP on osa Masino Groupia



TEKNIKUM



GREEN
& SMART

Sustainable Slurry hoses, Rubber lining and Mill lining services

Teknikum serves near with strong experience.
Contact us for an offer!



Jani Lampinen
Sales Manager
Industrial hoses
jani.lampinen@teknikum.com
+358 50 411 7810



Matti Pohjala
Sales Manager
Rubber lining services
matti.pohjala@teknikum.com
+358 50 329 9948



Samu Grönroos
Sales Manager
Mill lining services
samu.gronroos@teknikum.com
+358 50 337 5843



FEM 2023 – vihdoinkin täällä taas!

Kaivosteollisuuden suurin konferenssitapahtuma Pohjoismaissa, Fennoscandian Exploration and Mining, FEM, on jälleen täällä. Vihdoinkin, sillä edellinen FEM vuonna 2021 oli etätapahtuma, ja varsinaisesta lähitapaamisesta 2019 on jo neljä vuotta. Onpa mukavaa päästä jälleen Leville! Moni muukin ajattelee samoin, koska FEM 2023 on suosittu kuin koskaan: näyttöilleasettajien suhteen tilaisuus oli loppuunmyyty jo toukokuussa ja early birdin päätyttyä rekisteröityneitä oli lähes tuhat.

Uhkakuvista ja haasteista huolimatta pohjoismainen kaivostoiminta voi hyvin, ja tulevaisuudessa on nähtävissä paljon mahdollisuuksia. Kaivokset ovat jatkaneet tuotantoaan tasaisen korkealla tasolla. Alan suurimmat investoinnit on tehty toiminnassa olevien kaivosten toimintojen ylläpitämiseen ja elinajan pidentämiseen. Suomessa tällaisten investointien määrä oli vuonna 2022 yli 300 miljoonaa, ja niistä merkittävimmät tehtiin Kevitsan, Kittilän, Terrafamen ja Siilinjärven kaivoksilla.

Viimeisimmästä uuden kaivoksen avaamisesta Pohjoismaissa on kulunut jo tovi. Kaunis Iron aloitti kaivostoiminnan Ruotsin Pajalassa 2018 ja Sotkamo Silver avasi hopeakaivoksensa Suomessa 2019. Seuraavat kaivoksen vihkiäiset ovat kuitenkin aivan kulman takana. Rakentamisen valmistelevat työt on aloitettu Keliberin kaivosalueella ja jatkojalostustehtaan tontilla Keski-Pohjanmaalla, Nordic Miningin tulevalla Engebøn rutiili-granaatti-kaivoksella ja Nussir ASA:n kuparikaivoksella Norjassa.

Malminetsintä kukoistaa, ja toimintaan laitettava rahamäärä on Suomessa ja Ruotsissa ohittanut jo Kiina-buumin huippuvuoden 2012. Suomessa etsinnän painopiste on siirtynyt Lappiin ja täällä erityisesti uusille alueille (greenfield). Aktiivisia malminetsintäyhtiöitä on kymmeniä. Ruotsissa painopiste puolestaan on kaivosten lähialueilla (brownfield), ja kaksi suurinta yhtiötä vastaa 80 % investoinneista. Tuloksiakin on saatu: Rupert Resources löysi uuden lupaavan Ikkarin kultaesiintymän Sodankylässä 2020, ja hanke ete-



nee vahvasti. Useat etsintäyhtiöt ovat raportoineet lupaavia tuloksia viime aikoina ja lisää malminetsintäyhtiöitä odotellaan!

Maailman kehitys on viime vuosina tuonut selvästi esille, kuinka tärkeää kaivostoiminta on ihmiskunnalle. Kilpailu raaka-aineista kiihtyy, joten emme voi Euroopassa turvautua yksinomaan muualta tuotaviin mineraali- ja metalliraaka-aineisiin. Euroopan Unionin kriittisten raaka-aineiden asetus (CRMA) on tuomassa jäsenvaltioita sitovaa lainsäädäntöä sille, että maanosallemme kriittisistä raaka-aineista yhä suurempi osa olisi louhittu, jalostettu ja tuotettu Euroopassa.

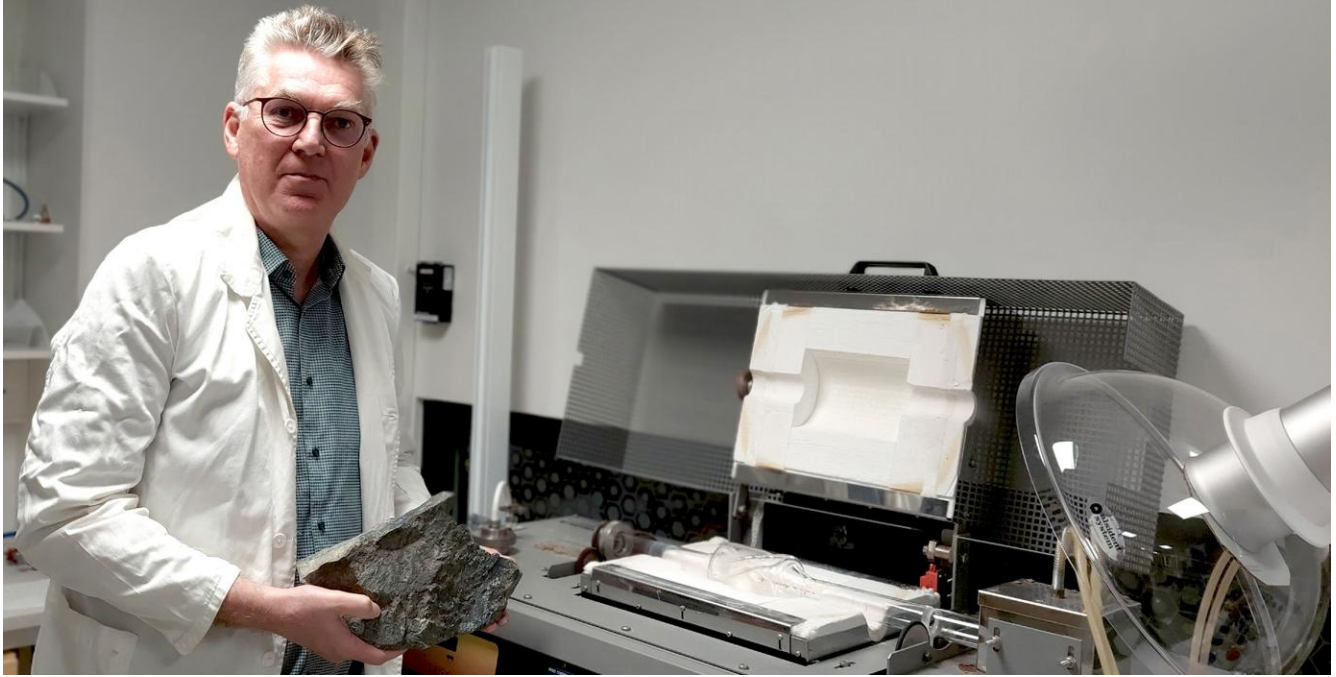
Pohjoismaat ovat eurooppalaisen kaivostoiminnan suhteen avainasemassa. Meillä on kallioperässämme EU:n listaamia strategisia ja kriittisiä mineraaleja ja niiden esiintymiä. Näistä litium-, titaani-, REE-, grafiitti-, nikkeli-, koboltti-, kupari- ja platinaryhmän metallien

malmihankkeita on useita. Edellä jo mainittujen lisäksi voidaan näistä mainita Talga ja Per Geijer Ruotsista ja Suhanko, Hannukainen, Sakatti ja Sokli Suomesta. On syytä odottaa, että CRMA tuo näiden hankkeiden luvitus- ja rahoitusvaiheisiin sujuvuutta ja vauhtia, ja Pohjoismaiden keskeinen merkitys Euroopan akkuarvoketjun keskuksena vahvistuu.

On muistettava, että malminetsintä- ja kaivostoiminta säteilee kerrannaisvaikutuksia metallinjalostukseen, teknologiateollisuuteen ja palveluliiketoimialaan. Myös näillä aloilla meillä on Pohjoismaissa paljon menestyneitä yrityksiä, ja lisäksi useita maailmanluokan toimijoita, joilla on kasvun mahdollisuuksia niin Pohjoismaissa kuin globaalistikin.

FEM 2023 kokoaa alan toimijat yhteen, ja viikon aikana pääset tutustumaan esitysten, näyttöilleasettajien, kurssien ja ekskursioiden kautta koko toimialan nykytilaan ja tulevaisuuden mahdollisuuksiin. Tervetuloa oppimaan, verkostoitumaan ja viihtymään FEM:iin! ▲

PERTTI LAMBERG



RON ZEVENHOVEN, ÅA

PILCCU – kaivosjätteestä hiilidioksidia sitovaksi tuotteeksi

PILCCU-hankkeessa selvitetään laajamittaisen hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön (CCU) käyttöönottoa Suomessa. Hankkeessa käytettävät teknologiat pohjautuvat Åbo Akademiassa kehitettyyn magnesiumin uutto- ja rikastusprosessiin (ns. ÅA-prosessi) ja hiilidioksidin mineralisointiin, jossa hiilidioksidin kanssa reagoiva magnesium muodostaa pysyviä yhdisteitä.

Business Finlandin rahoittama, Nesteen Veturi-ekosysteemiin kuuluva PILCCU-hanke starttasi vuonna 2022. Lisäksi yrityskonsortioon kuuluvat Saint-Gobain Finland Oy, Finnsementti Oy, Elementis Minerals BV, Outokumpu Chrome Oy, Renotech Oy, Metso Outotec Oyj sekä Berner Chemicals Oy. Åbo Akademin vetämässä hankkeessa hankepartnereina ovat Oulun yliopisto, LUT-yliopisto ja Geologian tutkimuskeskus GTK.

PILCCU-hankkeen idea on kerrassaan loistava, sillä tavoitteena on samanaikaisesti vähentää ilmakehän hiilidioksidipäästöjä ja hyödyntää kaivosjätettä. Samalla saadaan

aikaan kaupallinen tuote. Lisäksi parannetaan kaivoksen hyötysuhdetta ja vähennetään neitseellisen raaka-aineen käyttöä.

CO₂:n mineralisointi kiinnostii

Professori **Ron Zevenhoven** Åbo Akademiasta on tutkinut yli 20 vuotta CO₂:n reaktioita eri mineraalien kanssa. ”Ajatus mineraalikarbonoinnista kiinnosti minua, joten aloin tutkia aihetta, luin artikkeleita ja hain rahoitusta tutkimukselle”, Zevenhoven kertoo.

Ensimmäinen ajatus oli aktivoida kivessä oleva magnesium ”puhaltamalla” CO₂:n ympärille. Tällaista karbonointia tapahtuu luonnossa, kun hapan sadevesi liuottaa kivistä magnesiumia, joka reagoi CO₂:n kanssa. Prosessi on kuitenkin todella hidas. Toinen hankaloitava tekijä siinä on kiveen syntyvä passivoiva kerros, magnesiumkarbonaatti- ja silikaattikuori, joka pysäyttää prosessin jatkumisen.

”Päätin unohtaa passivoivan kerroksen kiertämiseen keskittyvän tutkimuslinjan ja liuottaa magnesiumin ulos kivistä. Tavoit-

teena oli synnyttää prosessi, jossa hiilidioksidi sidotaan magnesiumiin ja saadaan talteen puhdasta magnesiumkarbonaattia, metalleja ja mahdollisesti muita aineita kuten (amorfista) piidioksidia, sievästi eroteltuina ja rahanarvoisina. Lisäksi prosessin tulisi olla nopea ja energiatehokas”, Zevenhoven jatkaa.

PILCCU-projektissa tutkimus keskittyi pääasiassa serpentiniittiin magnesiumin lähteenä. Laboratoriomittakaavassa serpentiniitti ja hiilidioksidi on saatu ÅA-prosessissa reagoimaan hyvin keskenään ja tähtäimessä on hiilidioksidin sitominen pysyväksi yhdisteeksi teollisessa mittakaavassa.

Prosessin kehittäminen kesti pitkään

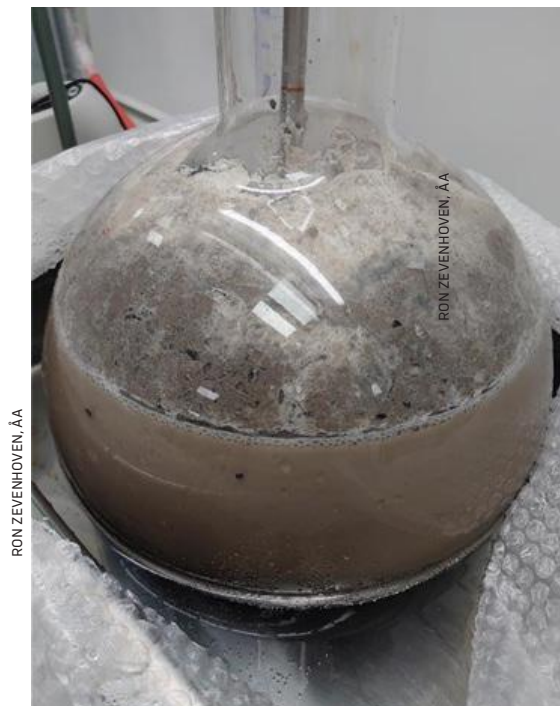
PILCCU-projektissa käytettävän ÅA-prosessin kehittäminen vaati pitkäjänteistä tutkimusta, yhteistyötä ja useita projekteja.

Vuonna 2008 alkaneessa, Suomen Akatemian rahoittamassa CARETECH-projektissa Zevenhoven työskenteli Åbo Akademiassa muun muassa väitöskirjaopiskelijoiden kanssa. Tähtäimessä oli karbonoida magnesium-



ALOITUSKUVA

Professori Ron Zevenhoven tutkii mm. serpentiniittikivien käyttöä CO₂:n sidonnassa.



Magnesiumin uutto rikastushiekasta rikkihapossa



ÅA-prosessissa syntyvää magnesiumkarbonaattihydraattia ($\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) eli nesquhoniittia

hydroksidia nopeasti ja toteuttaa reaktio niin, että se palauttaa mahdollisimman paljon prosessiin käytetystä energiasta. Magnesium tuli myös tuottaa suomalaisista serpentiniittikivistä. Zevenhoven oli ollut jo pitkään yhteistyössä geologien kanssa ja tiedossa oli, että Suomesta löytyy paljon kaivosten sivuvirtana syntyvää sivukiveä ja rikastushiekkaa, jotka voisivat soveltua prosessiin. Työn tuloksena prosessi saatiin optimoiduksi ja syntyi myös kolme väitöskirjatutkimusta liittyen prosessien integrointiin, elinkaariarviointiin (LCA) ja kalvoerotukseen perustuvaan teknologiaan.

Kehitystyö jatkui muun muassa nelivuotisessa Business Finlandin (Tekes) projektissa, joka päättyi 2014. Yksinkertaistettuna ideana oli tuoda CO_2 :n sitomisprosessissa käytettävä kivi Australiasta Singaporeen ja rakentaa reaktiotuotteesta uutta maata Singaporeen.

Zevehovenin ryhmä työskenteli myös Suomessa VTT-vetoisissa CCS-ohjelman tutkimushankkeissa 2011-2016 sekä terästuottajien kanssa hiilidioksidin sidontaprojekteissa Slag2PCC ja Slag2PCC+.

Hiilidioksidin mineralisointi herätti kiinnostusta, sillä CO_2 :n varastointi sedimenttikerrokseen esim. pumppaamalla sitä vanhoihin kaasu- tai öljylähteisiin ei useinkaan ole taloudellisesti kannattavaa. CO_2 :n

irrottaminen savukaasuista on jo yksinään paljon energiaa vaativa toimenpide.

”Vuonna 2016 ajattelimme, että nyt alkaa tapahtua. Pariisin ilmastopöytäkirja oli allekirjoitettu, ihmiset oli ikään kuin pakotettu tekemään jotain ilmaston hyväksi ja meillä oli toimiva prosessi tähän”, Zevehoven muistelee. ”Kun teollisuus ei kuitenkaan tarttunut syöttiin, aloimme tutkia, miten voisimme hyödyntää prosessissa syntyvää magnesiumkarbonaattia”, Zevehoven jatkaa.

Yksi tonni sidottua CO_2 :a tuottaa karkeasti noin 2 tonnia magnesiumkarbonaattia. Teollisessa mittakaavassa CO_2 :a mineralisoitaessa magnesiumkarbonaattia syntyy valtavan määrät. Tarvittiin bisnesidea syntyvän materiaalin hyötykäytölle. Zevehovenin ryhmä alkoi tutkia mahdollisuutta sen hyödyntämiseksi mm. lämmön varastoinnissa, minkä tuloksena valmistui tohtori-väitöstyö vuonna 2021.

Sitten CO_2 :n päästökauppahinta nousi 50 euroon tonnilta ja silloin alkoi tapahtua. Zevehoven sai paljon yhteydenottoja yrityksiltä. ”Aloitimme mm. projektin Rotterdam sataman kanssa, jonka CO_2 -päästöt ovat todella suuret”, Zevehoven kertoo. Projektissa CO_2 :n sitojaksi valikoitunut portugalilainen kivi osoittautui erinomaiseksi. Säädimme prosessia, teimme testejä. Pro-

sessissa syntyvän magnesiumkarbonaatin määrä osoittautui rotterdamilaisille kuitenkin pullonkaulaksi. Kävi selväksi, että sen hyötykäyttöä olisi vielä suunniteltava.

Myös Suomessa alkoi tapahtua. Oulun Yliopiston vetämä Suomen Akatemian MAGNEX-projekti starttasi 2022. Samaan aikaan Nesteestä otettiin Zevehoveniin yhteyttä BF-veturiohjelmasta ja PILCCU-projekti käynnistyi.

Pilotointi

Laboratoriomittakaavassa hyvin toimivaa ÅA-prosessia testataan PILCCU-projektissa suuremmissa mittakaavassa. Pilotointi tehdään professori **Saija Luukkasen** johdolla Oulu Mining School:issa (OMS), jonne rakennetaan laitteisto tätä varten. Prosessissa käytetään ns. pH-swingiä (pH-keinu). Yksinkertaistettuna prosessi on seuraava; Otetaan rikastushiekka ja laskeaan sen pH:ta, jolloin magnesium muuttuu liukoiseksi sulfaattimuodossa. Kiinteä materiaali, tässä tapauksessa mm. piidioksidi, erotetaan liuoksesta. Tämän jälkeen nostetaan liuoksen pH:ta ja lisätään prosessiin CO_2 :a, jolloin magnesium ja CO_2 reagoivat keskenään ja saostuvat magnesiumkarbonaattina. Prosessissa on lisäksi se etu, että siinä saadaan otetuksi talteen myös muita arvokkaita



HOANG NGUYEN, OY

Apulaisprofessori Päivö Kinnunen ja postdoc-tutkija Hellen Silva Santos Oulun yliopiston Kuitu- ja partikkelitekniiikan laboratoriossa

mineraaleja ja metalleja eli parannetaan kaivoksen hyötysuhdetta.

Pilotoinnin ensimmäisessä vaiheessa tavoitteena on saavuttaa 100 kg talteen otettua CO₂:a tunnissa. Toisen vaiheen pilotoinnissa (PILCCU II) tähtäimessä on useita tonneja talteen otettua CO₂:a tunnissa. Tarkoituksena on testata ja optimoida prosessia, jotta tulevaisuudessa saavutetaan teollinen mittakaava eli noin miljoona tonnia talteen otettua CO₂:a vuodessa.

Karakterisointi tärkeää

Prosessin toimivuutta on testattu useiden eri kaivosten magnesiumpitoisilla silikaattikivillä, sillä on tärkeää löytää juuri oikea kivi, jotta saadaan aikaan optimaalinen prosessi. Testattavana on ollut muun muassa Outokummun kromikaivoksen rikastushiekkaa ja sivukiveä.

”Koska magnesium otetaan talteen liuotusprosessin avulla, on hienopartikkelikoosta etua. Sivukiveä käytetään, mikäli sen mineralogia on parempi kuin rikastushiekan. Tässä tapauksessa mineralogia on aika lailla sama ja tämän vuoksi on keskitytty rikastushiekkaan”, kertoo geologi **Heikki Pirinen** GTK:sta.

Hankkeessa GTK:n vastuulla on kolmeosainen kokonaisuus. Ensimmäinen osa käsittää prosessiin tarvittavien mineraalivarojen inventoinnin Suomessa, keskittyen serpentiiniin. Selvityksessä inventoidaan kallioperän primääriset, vielä louhimattomat varannot sekä sekundääriset eli kaivosten sivuvirtoina syntyvät serpentiinivarannot.

Toinen osa koostuu tärkeimpien serpentiiniinlähteiden karakterisoinnista. Näistä tutkitaan mineraloginen ja kemiallinen koostumus, joiden avulla selvitetään niiden soveltuvuus hiilidioksidin sitomisprosessiin ja saadaan tietoa prosessin säätämiseen. Karakterisoinnissa on mukana suuri joukko GTK:n tutkijoita, sillä optimaalisen serpentiiniinlähteen löytäminen on tärkeää. Erittäin tärkeäksi kivien analysoinnin tekee prosessissa käytettävien kivityyppien riski sisältää asbestia.

Kolmannessa osassa keskitytään ympäristövaikutusten tutkimiseen. Tässä pureudutaan kaivosten sivuvirtojen uudelleen käyttöönnottoon liittyviin vaikutuksiin.

Ympäristövaikutuksia tutkitaan

Hankkeessa tutkitaan ympäristövaikutuksia läpileikkaavasti koko prosessissa. Esimerkiksi CO₂:n sitomiseen käytettävän rikastushiekan kuljettamiseen tarvittava energia ja päästöt, kemiallisen prosessin ajamiseen tarvittava energiamäärä ja käytettyjen kemikaalien kierrätys, muut mahdollisesti syntyvät jätteet, lopputuotteen käytöstä syntyvät vaikutukset jne.

”Tämä on tärkeää, ettei vahingossa kehitetä prosessia, joka tuottaa enemmän harmia ympäristölle kuin mitä se korjaa. Esimerkiksi yksi syy auton kehittämiseksi aikoinaan oli se, että hevoset miellettiin ”likaiseksi teknologiaksi”, sillä ne tekivät jätöksensä tielle. Siinä mielessä auto edustikin puhdasta teknologiaa ennen kuin havaittiin, että autoilu synnyttää

mm. CO₂:a, joka kertyy ilmakehään”, toteaa apulaisprofessori **Päivö Kinnunen** Oulun yliopiston partikkelitekniiikan osastolta.

Lopputuote

”Hankkeen ensimmäisessä osassa tutkitaan myös, mitkä ovat ne lopputuotteet, joihin hiilidioksidia sidotaan” Kinnunen kertoo.

Yksi tapa olisi CO₂:n sitominen rikastushiekkaan ja läjitys. Tämä ei kuitenkaan olisi optimaalinen ratkaisu jo pelkästään haastavan läjityksen vuoksi. Käytännössä CO₂-sidontaprosessin läpikäynyt rikastushiekka olisi raekooltaan sata kertaa pienempää kuin normaali rikastushiekka ja erittäin pölyvää. Tavoitteena on, että prosessissa talteen otetusta materiaalista tulee välituote, jota käytetään kaupallisessa lopputuotteessa. Lopputuotteita voi olla useita, joissa esimerkiksi välituotteena syntyvää magnesiumkarbonaattia käytetään kipsin korvaamiseen ja piitä sementin korvaamiseen.

Kaupallista tuotetta mietittäessä katset kääntyivät rakentamiseen. Mitä käyttökohteita olisi materiaalille, joka sitoo hiilidioksidia ja jonka tekniset vaatimukset eivät ole niin korkeita kuin esimerkiksi kantavissa rakenteissa? ”Tällaisia voisivat olla esimerkiksi akustiset elementit ja muut kevyemmät sisärakenteet. Hankkeessa kipsilevy valikoitui testattavaksi lopputuotteeksi”, Kinnunen jatkaa.

Tuotanto voidaan myös ikään kuin ajatella uudelleen, sillä hiilidioksidia sitova rakenne voi madaltaa kustannuksia sidottavan CO₂:n määrästä ja varastoinnin pituudesta riippuen. Silloin CO₂:a sitova rakennusmateriaali voi olla houkutteleva vaihtoehto.

Bisnesekosysteemi ja sosiaalinen hyväksyttävyyys

Hiilidioksidin sitominen on myös liiketoimintaa. Kun yritys ryhtyy sitomaan CO₂:a, tästä syntyy krediittejä. Miten hyödyt jakautuvat eri toimijoiden välillä ja millaisia bisnesekosysteemejä tämän ympärille voi syntyä? PILCCU-projektissa tätä tutkitaan Oulun yliopiston tuotanto- ja talousyksikössä professori **Harri Haapasalon** johdolla.

Hiilidioksidin mineralisointi on Suomessa yksi harvoista vaihtoehdoista hiilidioksidin talteenotolle ja varastoinnille biohiilen rinnalla. Apulaisprofessori **Jarkko Leväsen** ryhmä LUT-yliopistossa tutkii PILCCU-projektissa CCU:n sosiaalista hyväksyttävyyttä. Tämän kartoittaminen ja informaation luominen yhteisöille on tärkeää, sillä CCU ei vielä ole laajasti tunnettua suuren yleisön keskuudessa. ▲

TEKSTI: **KRISTINA KARVONEN, GTK.**



130

YEARS OF CHARGING AHEAD

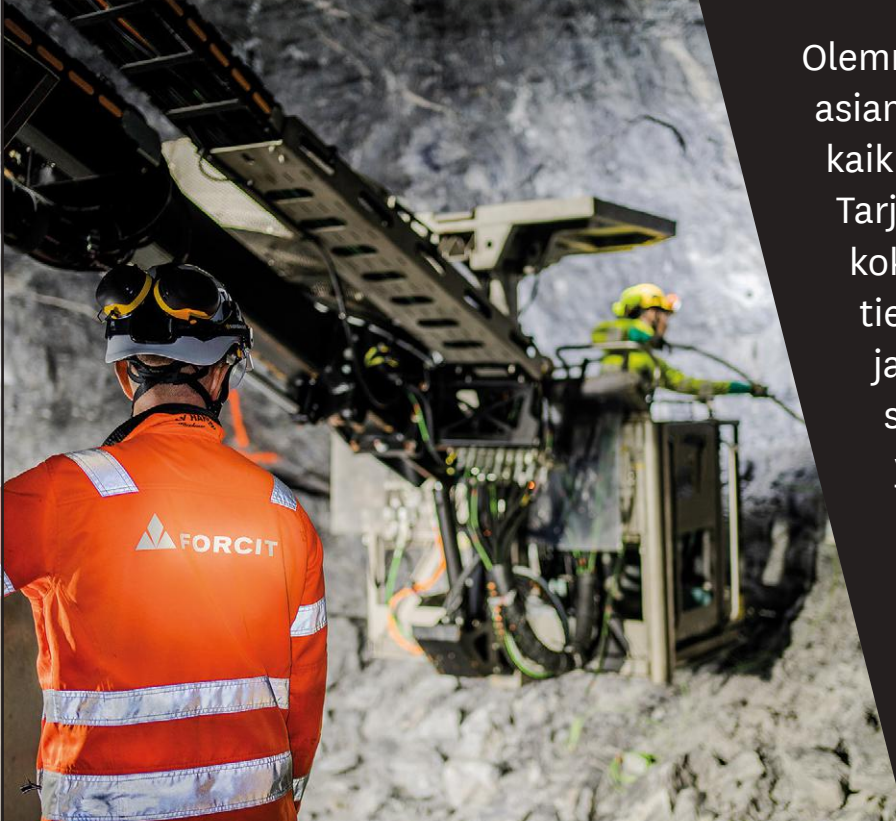
KATTAVA PALVELU POHJOISIIN OLOSUHTEISIIN

Olemme valintasi palvelu- ja asiantuntijakumppaniksi kaikkialla pohjoisessa. Tarjoamme käyttöösi kokonaisvaltaisen tietämyksemme räjäytys- ja louhintatöistä sekä niihin liittyvistä ympäristövaikutuksista.

Lue lisää palveluistamme

>> [FORCITEXPLOSIVES.FI](https://forcitexplosives.fi)

>> [FORCITCONSULTING.FI](https://forcitconsulting.fi)



**TULE TAPAAMAAN MEITÄ FEM:IIIN!
OLEMME TUTULLA OSASTOLLA B13.**



Yhteiskunnan geotietohuolto on Geologian tutkimuskeskuksen perustehtävää

Laadukas ja ajan tasainen geotieto on yksi perusedellytyksistä kestävien ja nykyaikaisten ratkaisujen tuottamisessa, olivat haasteina sitten ilmastonmuutos, puhdas juomavesi, kiertotalous tai vihreän energian ratkaisut.

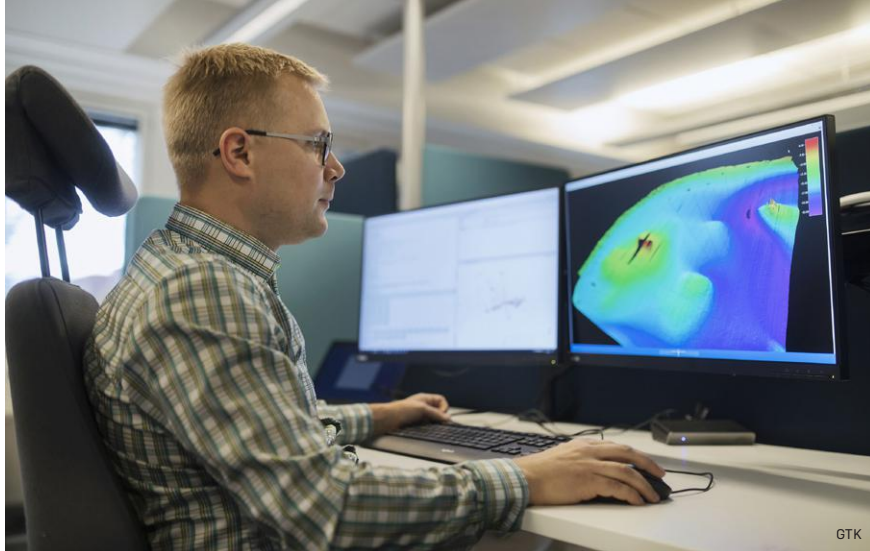
Yhteiskunnan geotietohuolto kuuluu Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) perustehtäviin. GTK huolehtii kansallisen geotietovarannon säilymisestä, karttumisesta ja tietovarannon hyödyntämismahdollisuuksien kehittämisestä. Geotietovaranto sisältää geologista, geofysikaalista ja geokemiallista aineistoa.

Geotietovaranto jakaantuu eri teemoihin, joita ovat kallioperä, maaperä, mineraaliset raaka-aineet, hydrogeologia, merenpohjan geologia sekä ympäristötutkimukseen liittyvät kokonaisuudet kuten taustapitoisuudet, happamat sulfaattimaat ja soihin sekä turpeeseen liittyvät aineistot. Geotietovaranto koostuu havainnoista, mittauksista, tulkinnoista, malleista, raporteista ja valokuvista. Valtaosa geotiedoista on paikkatietoa, mikä mahdollistaa tiedon jatkojalostamisen yhdistelemällä ja analysoimalla eri lähteistä saatavaa dataa.

GTK on tehnyt oman alansa tiedonkeruutoimintaa perustamisestaan lähtien, minkä vuoksi valtaosa tietovarannosta on muodostunut vuosikymmenten kuluessa. Geotiedon elinkaari on pitkä, ja esimerkiksi 1990-luvulla kerätty aineisto on käyttökelpoista mm. uusien tutkimuskohteiden määrittelyssä ja usein myös niiden tarkemmissa tutkimuksissa. Aineistoja käytettäessä on tunnettava niiden laatu, joka voi vaihdella johtuen monista tekijöistä, kuten analyysimenetelmistä, mittalaitteista, inhimillisistä tekijöistä sekä paikannusmenetelmistä. Tiedonkeruuseen, aineiston prosessointiin ja laatuun liittyvät seikat ovat kuvattuina aineistojen metatiedoissa.

Aineistojen käytettävyyttä ja jakelua kehitetään

Vuosien saatossa GTK on käyttänyt merkittävän määrän saamastaan rahoituksesta aineis-



tojen digitalisointiin sekä käytettävyyden ja jakelun kehittämiseen, mutta tästä huolimatta työosarkaa aineistojen käsittelyssä ja laadunparannuksessa riittää.

Tällä hetkellä eniten uutta dataa kertyy kolmivuotisesta kairasydänten hyperspektrimittauskampanjasta, jossa viimeinen mittausjakso on syksyllä 2023, geofysiikan maastomittauksista ja sidosryhmiltä saatavista pohjatutkimuksista. Myös pohjavesitutkimuksiin liittyy isompaa tiedontuotantoa. GTK luopui jo vuosia sitten laajoista maastotiedonkeruuhjelmista, mutta lähitulevaisuus näyttää, onko sellaisia mahdollista käynnistää uudelleen EU:n Critical Raw Materials Actin toimeenpanoon liittyen mahdollisesti uudentyypeisillä rahoitusmalleilla yhdessä kumppanien kanssa.

GTK:ssa on ollut vahvaa osaamista geotiedon saralla, mutta jatkuvasti kehittyvät teknologiat, tiedonkeruumenetelmät sekä tekoälyyn pohjautuva tiedon jatkojalostus vaativat uusiutumista ja osaamisen kehittämistä. Alan osaamisella on niin kansallista kuin kansainvälistäkin tarvetta ja kysyntää. Geotietoon ja sen hallintaan liittyvät asiantuntijapalvelut ovatkin kysytyjä myös kansainvälisissä vientiprojekteissa.

Digitaalista aineistoa on paljon ja valtaosa aineistosta on julkista

GTK:n vahvuutena on se, että digitaalista aineistoa on paljon, se on valtaosin julkista ja siten saatavilla. Pitkällä aikavälillä kerättyä dataa on tuotteistettu ja aineistojen saatavuuteen liittyy myös asiakaspalvelua, jolloin räätälöityn, juuri kohdealueelta tarvittavan aineiston ja siihen liittyvän opastuksen saaminen on mahdollista. GTK tarjoaa asiantuntijapalveluja myös datan jatkoprosessointiin ja alueelliseen geologiaan liittyen.

GTK:n julkisesta aineistosta osa on avointa ja osa on GTK:n peruslisenssin pii-

rissä ja saatavilla maksutta tai korvausta vastaan riippuen aineistosta. GTK jakaa avoimena pääsääntöisesti pienimittakaavaisia paikkatietotuotteita, jotka ovat yleishyödyllisiä monille sovellusalueille. GTK:n aineistojen jakelupolitiikan kulmakiviä ovat tasa-puolisuus, toiminnan jatkuva kehittäminen sekä asiakaspalvelujen tuottaminen.

Aineistoista ja palveluista kerätään säännöllisesti asiakaspalautetta ja aika ajoin tehdään myös tarkempia haastatteluja asiakasymmärryksen lisäämiseksi. Palautteen perusteella palveluja uudistetaan vastaamaan asiakastarpeita ja tukemaan aineistojen hyödyntämistä entistä paremmin.

Geotietovarannon ylläpitoon ja jakeluun tarvitaan rahoitusta

GTK:n toiminnan rahoitus perustuu valtiolta saatavan perusrahoituksen lisäksi merkittä-

vältä osin tulorahoitukseen, johon osaltaan kuuluu myös se, että osa geoaineistoista on saatavilla korvausta vastaan. Tiedonhallinnan ja digitaalisten ratkaisujen kustannukset ovat nousussa, ja tulorahoitusta hyödynnetään myös geotietovarannon ylläpidossa ja jakelussa. Verkkopalvelujen ylläpito vaatii jatkuvaa työtä niin teknologian kuin sisältöjenkin osalta. Tällä hetkellä käynnissä on aineistojen haku- ja latauspalvelun uudistustyö erillisen TEM:n rahoituksen turvin.

Silloin tällöin keskusteluun nousee se, voitaisiinko GTK:n aineistoja siirtää nykyistä enemmän avoimen datan lisenssin piiriin. Avoin datahan tarkoittaa sitä, että aineisto on verkkopalveluissa saatavilla koneluettavassa muodossa maksutta ja vapain jatkokäyttöoikeuksin mille tahansa taholle maailmassa, lähtien yksityishenkilöistä aina valtiollisiin toimijoihin saakka.

Paikkatietoaineistoihin liittyvät riskit ovat teema, joka on noussut aiempaa enemmän esiin Venäjän aloitettua hyökkäyssodan Ukrainassa helmikuussa 2022. Paikkatietojen avaamiseen liittyen tehdään aina riskianalyysi, jossa otetaan huomioon myös yhteiskunnan turvallisuuteen liittyvät seikat yksittäiseen aineistoon ja aineistojen yhdistelmiin liittyen.

GTK:n aineistoja on tällä hetkellä saatavilla itsepalveluna geo.fi-verkkopalveluista, joita ovat paikkatiedon rajapintapalvelut, aineistojen latauspalvelu Hakku ja karttasovellukset, sekä henkilökohtaisen asiakaspalvelun ja neuvonnan kautta (geodata@gtk.fi). ▲

TEKSTI NIINA AHTONEN, OLLI BREILIN JA KATJA LALLI, GTK



Hyperspektrimittausta



LEOPARD™ DI650i AUTOMAATION EDELLÄKÄVIJÄ

AUTONOMISEN PORAUKSEN AIKAKAUSI ON ALKANUT

Leopard™ DI650i -uppoporauslaite tarjoaa tuotantoporaukseen pitkäaikaisen tuottavuuden, skaalautuvan automaation ja edistykselliset teknologiaratkaisut. Ylivertainen polttoainetaloudellisuus, järeät pääkomponentit ja helppo huollettavuus tekevät Leopard™ DI650i:stä kokoluokkansa edelläkävijän.

Käänteentekevä porausteknologia on käytössäsi hiljaisessa iCab-ohjaamossa tai etäoperoinnissa - valinta on sinun.

LUE LISÄÄ



ROCKTECHNOLOGY.SANDVIK/FI





GTK

Kaivannaisjätealueiden peittoratkaisujen uudet mahdollisuudet – hiilinielu ja kukkaparatiisi?

Kaivannaisjätealueiden sulkemisen lähtökohtana on alueen turvallisuuden takaaminen ja etenkin haitallisten ympäristövaikutusten minimointi pohjautuen lainsäädäntöön, parhaisiin käytäntöihin sekä uusiin tutkimustuloksiin ja hyväksi todettuihin menetelmiin. Sopivimman peittoratkaisun valinta on oleellinen osa alueen sulkemista. Myös ympäristöön sopivaan maisemointiin ja alueen jälkikäyttömahdollisuuksiin kiinnitetään entistä enemmän huomiota. Lisäksi kaivostoimijan ja sidosryhmien välillä sosiaalinen toimilupa on tärkeä lähtökohta myös sulkemisessa ja jälkihoidossa.

Sulfidipitoisen jätteen osalta peittoratkaisun tärkeä tehtävä on rajoittaa hapen ja veden kulkeutumista jättemateriaaliin ja estää siten happamien ja haitta-ainepitoisten suotove-

sien syntyminen ja valuminen ympäristöön. Suomessa on yleisesti käytetty kaivannaisjätealueiden peitossa moreenia, jonka tulee täyttää peitolta vaadittavat kriteerit lähinnä heikon vedenläpäisevyyden ja alhaisen haitta-ainepitoisuuden suhteen. Mikäli vaatimukset täyttävää moreenia ei löydy lähialueelta, voivat kuljetuskustannukset nousta suureen rooliin sulkemisen hintalappua laskettaessa. Pohjoisen olosuhteet tuovat omat haasteensa toimivimman peittorakenteen valinnalle sekä alueen viherryttämiseksi. Siten moreenin rinnalle tarvitaan uusia materiaaleja ja kokonaisvaltaisia ratkaisuja.

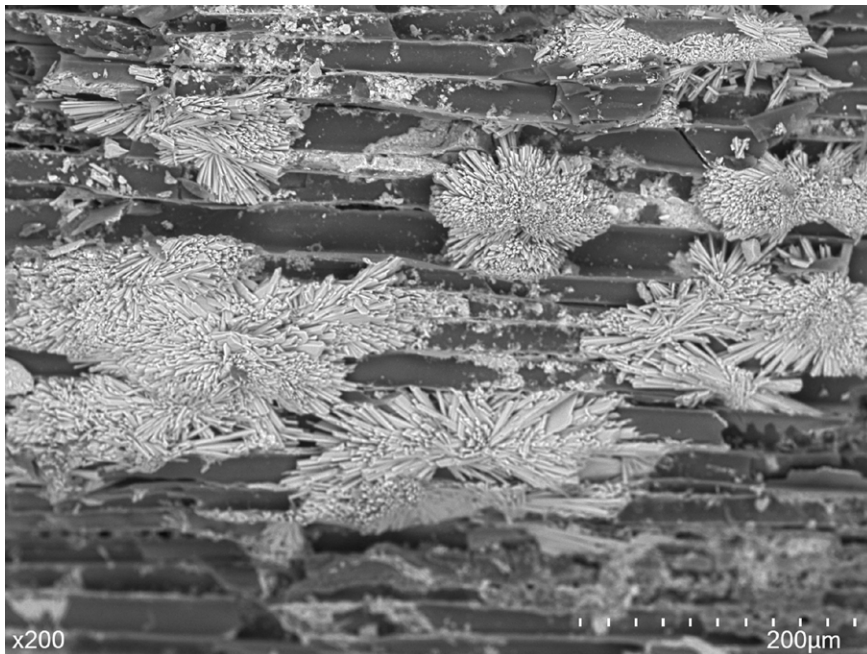
Vuonna 2017 EU:n tuella alkaneessa Biopeitto 1 -hankkeessa saatiin lupaavia tuloksia puupohjaisen biohiilen käytöstä rikastushiekka-alueiden sulkemisessa. Hanke oli Suomessa ja Pohjois-Euroopassa ensimmäisiä, joissa

tutkittiin biohiilen hyödyntämistä kaivannaisjätteiden peittoratkaisuisissa. Hankkeessa tehtiin moreenista ja kompostoidusta jätevesilietteestä kuivapeittokerros, jonka yläosaan sekoitettiin puubiohiiltä. Tällaisen orgaanista ainesta sisältävän ”biopeiton” osoitettiin parantavan kasvien kasvua. Lisäksi kasvualueeseen sekoitettiin biohiiliä pidätti vettä ja vähensi metallien kulkeutumista kasveihin ja suotoveen. Biohiilen lisääminen peittorakenteeseen tehosti siis kasvillisuuden kehittymistä. Näin voidaan vähentää myös eroosiota, mikä on kaivosalueiden jälkihoidon tärkeimpiä tavoitteita. Päätelmät perustuivat lysimetri- ja kasvihuonehavaintoihin, joita saatiin muutamalta kasvukaudelta ja heinäajasta.

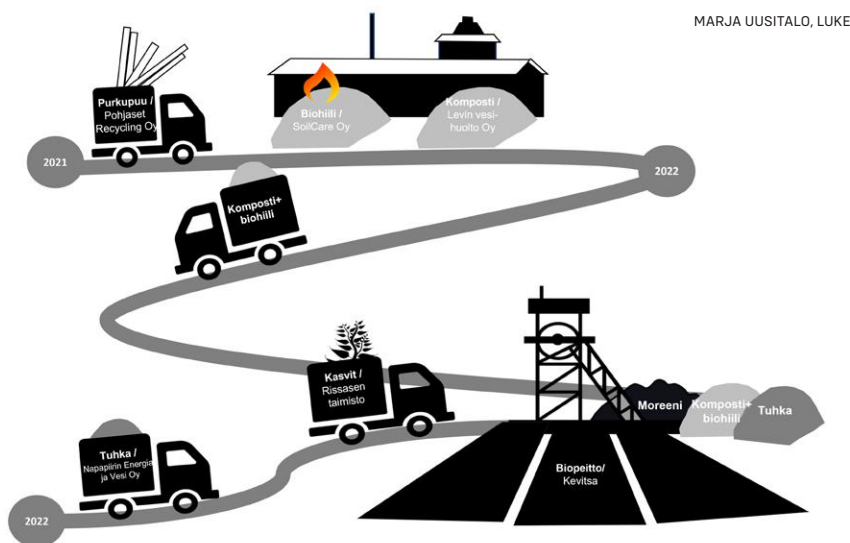
Biopeitto 2 -hankkeessa tutkimusta jatkettiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) yhteistyönä

ALOITUSKUVA

Kolarin Rautuvaaran rikastushiekka-altaan tutkimuskoeala kesäkuussa 2022. Kuva: Pauliina Liwata-Kenttälä



Kuva 2. Elektronimikroskoopilla kuvattuja biohiilinäytteen pinnalla olevia sekundäärisiä saostumia



Kuva 3. Kiertotalouden arvoketjun pilotointi ja siihen osallistuneet yritykset

EU:n tuella. Jo yksistään Lapin alueella syntyy vuosittain lähes 100 000 tonnia biopaittoon soveltuvia orgaanisia sivuvirtoja, osa aivan kaivosalueiden läheisyydessä. Siksi tutkimukseen otettiin mukaan uusia biokierrätöksen materiaaleja. Tarkoituksena oli edistää Lapin alueella syntyvien orgaanisten jäte- ja sivuvirtamateriaalien hyödyntämistä ja tuoda yhteen kaivostoimijoita sekä bio- ja kierrätösalan pk-yrityksiä. Lähtökohdana biokierrätöksessä on pidentää luonnonvarojen kiertoa ja hillitä ilmastonmuutosta.

Hankkeessa tutkittiin, miten peittorakenteeseen lisätyt orgaaniset sivuvirtamateriaa-

lit vaikuttavat kaivannaisjätteen kuivapeiton rakenteeseen, sen kestävyteen, materiaalien rapautumiseen ja kasvien kasvuun sekä veden ja metallien kulkeutumiseen vaativissa pohjoisissa olosuhteissa. Testattaviksi materiaaleiksi valikoituivat (kompostoitu) jätevesiliete, siitä syntyvä biohiili ja lietetuhka sekä purkupuusta ja metsän harvennuspuusta (kuusi) valmistettu biohiili ja energiatuotannon jäämänä syntyvä lentotuhka. Biohiilet valmistettiin niin sanotulla kuivatuslaitoksella eli hidaspölylyysillä (450-600°C). Testausta tehtiin niin laboratorio- kuin kenttäolosuhteissakin (kuva 1).

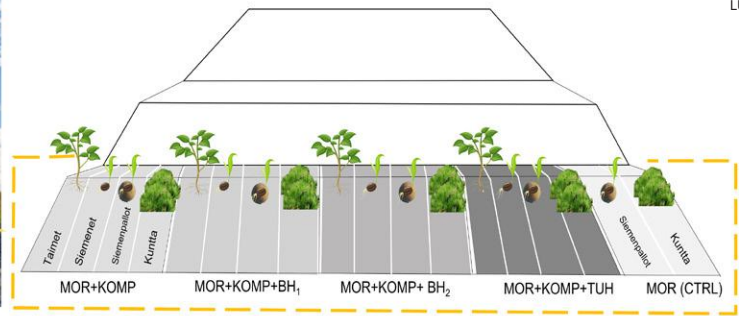
Biohiilen rapautumista ja vettymistä tarkasteltiin röntgentomografian ja elektronimikroskopian (LV-SEM) avulla. Biohiilen altistus lukuisten jäätymsulamissykliin vaikutuksille osoitti, että hiilen sisäinen huokosrakenne ei juuri muuttunut. Biohiili on kestävä, hiiltä sitova materiaali peittorakenteessa. Lisäksi havaittiin, että biohiilen sisäinen huokosrakenne täyttyy vedellä hitaasti, joten sen suotuisat vaikutukset kasvillisuuteen voivat ilmetä viiveellä ja jatkua pitkään.

Tutkimus osoitti, että perinteisen moreenipohjaisen peittomateriaalin kyvykkyyttä voidaan parantaa uusilla kasvualustakomponenteilla. Biohiilen vaikutus kasvien kasvuun on suuri ja se vaikuttaa suotuisasti peittorakenteen toimintakykyyn. Lysimetrikokeissa todettiin, että kompostin ja kuusibiohiilen lisääminen moreeniin edistää kasvien kasvua merkittävästi. Hyvinvoiva kasvillisuus taas haihduttaa enemmän vettä, jolloin maapintaan läpi kaivannaisjätteeseen suotautuvan veden määrä vähenee. Hankkeessa neljän vuoden tutkimusjaksolla biohiilen ja kasvien ansiosta veden määrä väheni kolmanneksen pelkkää moreenia sisältävään peittorakenteeseen verrattuna. Kompostilisa pelkästään ei vaikuttanut suotautuvan veden määrään.

Kuivapeiton tehokas vihertyminen lisää hiilensidontaa. Pelkässä moreenissa kasvien itäminen oli hyvin heikkoa, mutta jo pelkän kompostin lisäys moninkertaisti kasvibiomassan. Yhden kasvukauden pituiset kasvihuonekokeet osoittivat, että lento- ja lietetuhka ja purkupuusta sekä lietebiohiili nopeuttavat kasvillisuuden kehittymistä, mutta hyöty vaihtelee kasvilajeittain. Samaa osoittivat myös muut laboratorio-, kasvihuone- ja kenttäkokeiden tulokset.

Tutkimusten mukaan biohiili ei lisää ravinteiden tai haitta-aineiden huuhtoutumista. Toisaalta testatut biohiilet eivät itsessään myöskään pidättäneet merkittäviä määriä haitallisia aineita. Elektronimikroskoopin avulla kuitenkin selvisi, että peittorakenteen moreenin seassa olevien biohiilirakeiden pinnalle muodostuu jo muutamassa vuodessa sekundäärisiä saostumia mm. kipsistä (kuva 2). Pidemmällä aikavälillä saostumilla voi olla vaikutusta peittomateriaalin geokemian lisäksi biohiilen vettymisominaisuuksiin. Peiton kokonaispaksuuteen verrattuna pieni biohiililisa vaikuttaa suotovesien laatuun kuitenkin hyvin vähän.

Hanke järjesti yrittäjille webinaareja, työpajoja ja vierailuja, joissa perehdyttiin orgaanisiin sivuvirtoihin ja pohdittiin niiden käyttöä kaivosten peittoratkaisuissa. Tapaamisten ja keskustelujen pohjalta syntyi biopaittokeilu ja pohjoinen kierrätösketju. Ketjusta



LUKE

Kuva 4. Sodankylään Boliden Kevitsa Mining Oy:n sivukiven läjitysalueelle perustettiin koe, jossa testataan erilaisia kasvualustaseoksia ja kasvillisuutta. Koe edustaa arvoketjun päätepistettä.

tuotettiin myös video <https://youtube/NwYU-gB4yb6s>, joka esittelee purkupuun ja kompostoidun jätevesilietteen valmistusta biohiileksi ja matkaa kaivosalueen biopeitoksi (kuva 3).

Boliden Kevitsa Mining Oy oli rakentanut sivukiven läjitysalueelle bentoniittimatosta, lujiteverkosta ja 0,5–1 m moreenikerroksesta kuivapeiton, jonka pintaan levitettiin 10 cm eri raaka-aineista valmistettuja kasvualustasekoituksia. Seokset sisälsivät joko pelkkää jätevesilietekompostia tai siihen sekoitettua purkupuusta valmistettua biohiiltä, lehtipuu-biohiiltä tai puun- ja turpeenpoltossa syntyneitä lentotuhkaa. Kasvualustaseokset levitettiin lohkoihin, joissa testattiin samalla myös erilaisia kasvillisuuden perustamistapoja ja luonnonvaraisia kasvilajeja kaivannaisjätealueiden sulkemistratkeisissa kaltevilla alustalla. Pilottiin valittiin metsävarpuja, heiniä ja ruohoja, joiden kasvutavat, -rytmit ja kasvu- paikkavaatimukset eroavat toisistaan (kuva 4).

Pilotin avulla verrattiin kolmen uudentyyppisen kasvualustan valmistus- ja perustamiskustannuksia ja hiilijalanjälkeä (elin- kaariarvointi, LCA) sekä verrattiin niitä nykyratkaisuun eli turpeen ja moreenin sekoitukseen. Hiilijalanjälkeä (LCA) tarkasteltaessa turvetta sisältävällä seoksella oli muita huomattavasti suuremmat kasvihuonekaasupäästöt. Pysyvän hiilivaraston määritelmä on, että hiili pysyy varastossa yli 100 vuotta. Biohiilen katsotaan täyttävän pysyvän hiilen määritelmän. Kun biohiiltä, kompostia ja tuhkaa sisältävien kasvualustojen hiilijalanjälkeen otetaan mukaan hiilensidonnain tarkastelu päästöjen lisäksi eli se, kuinka paljon hiilidioksidia on sitoutuneena biohiileen ja kompostiin, laskee seoksen hiilijalanjälki jonkin verran ja biohiiltä sisältävä kasvualusta muuttuu jopa hiilinielueksi.

Vaikka biohiiltä sisältävä peitto osoittautui jopa hiilinielueksi, oli se kuitenkin kuutiokustannuksiltaan kallein ratkaisu. Hiilikompensaation ja biohiilituotannon sivuvirtojen

(terva, tisle) huomioon ottaminen alensi hie- man peiton kustannuksia. Pyrolyysiprosessin kehittäminen voi alentaa kustannuksia ja päästöjä edelleen, kuten myös raaka-aine- pohjan laajentaminen, tuotannon mittakaavan kasvattaminen ja integrointi muuhun teolliseen toimintaan, esimerkiksi lämmön- tuotantoon.

Hankkeen tuottama luonnon- ja talous- tieteellinen tieto rohkaisee hakemaan rat- kaisuja kaivosalueiden maisemointiin kier- totaloudesta. Toimijaverkoston kokoaminen on edellytys uudentyyppisen peittoratkaisun toteutukselle. Vain tiiviillä yritysysteistyöllä voidaan hallita uuden tuotteen kustannuksia ja ympäristövaikutuksia. Pilotti osoitti, että toimivan yritysekosysteemin syntyminen on mahdollista, mutta vaatii vielä ponnisteluja. Myös tutkimusta ja kehittämistyötä tarvitaan lisää biopeiton tuotannosta ja käytöstä. Siinä voidaan hyödyntää hankkeen tuottamaa tietoa, tuotantomallia ja yhteistyöverkostoa.

Summary

The aim of effective covering solutions is to limit, for example, leaching or runoff of possible acidic and metal-containing waters into the environment and to landscape the area. In 2017, EU funded Biopeitto 1 project was one of the first in Finland and Northern Europe to investigate the utilization of biochar in mining waste cover solutions. The biocover containing organic matter was shown to enhance plant growth. In addition, the biochar mixed into the growing medium retained water and reduced the transport of metals to the plants and leachate.

Almost 100,000 tons of organic by-pro- ducts suitable for biocover are generated in the Lapland region every year, some locat- ing near mining areas. The project aimed to promote the utilization of organic waste and side-stream materials generated in the Lap- land region, bringing together miners and

SMEs in the bio- and circular bioeconomy sector. The materials to be tested were sewage sludge, biochar and sludge ash produced from it, as well as biochar made from felled wood and forest thinning wood (spruce) and fly ash produced as a residue of energy production. Testing was conducted in both laboratory and field conditions.

The study showed that the performance of the traditional covering material (till) can be improved with new growing medium components. The effect of biochar on plant growth is pivotal and thus favorable to the functioning of the cover structure. Lysimeter tests showed that compost and spruce-based biochar mixed with till significantly enhanced plant growth and reduced the amount of water leaching through the soil column by one third during the four-year research period compared to a covering structure containing only till. The addition of compost alone did not affect the amount of water leaching. The biochar containing mediums was shown to be the most expensive solution per cubic unit. However, taking into account carbon offsetting and by-products from biochar production (tar, distillate) slightly reduced the cost of the cover.

The definition of permanent carbon storage involves carbon remaining stored for more than 100 years. Biochar is considered to meet the definition of permanent carbon. When the carbon sequestration, i.e., how much carbon dioxide is bound to biochar and compost is also taken into account, the carbon footprint of different growing mediums containing compost decreases somewhat and the growing medium containing biochar turns into a carbon sink.▲

TEKSTI: **RAIJA PIETILÄ (GTK), ANNA TORNIVAARA (GTK), MARLEENA HAGNER (LUKE), MARJA UUSITALO (LUKE), JUHA HEISKANEN (LUKE), KARRI UOTILA (LUKE), KARETTA VIKKI (LUKE)**

TAPOJÄRVI

Since

1955

Vastuu turvallisuudesta,
laadusta ja ympäristöstä
tekee työstämme
merkityksellisen.



VASTUULLISTA TUOTANTOA JA KESTÄVÄÄ KEHITYSTÄ

Tapojärvi-yhtiöt on suomalainen perhekonserni, joka tunnetaan kansainvälisenä kiertotalouden edelläkävijänä ja kaivos- ja tehdaspalveluiden tuottajana. Tapojärvi on toiminut vuosikymmeniä kiinteänä osana tuotantoketjua monissa kaivoksissa ja tehtaissa Suomessa, Ruotsissa ja Italiassa.

Tapojärvi kantaa sosiaalista, ympäristöllistä ja taloudellista vastuuta yrityksen arvojen ja periaatteiden mukaisesti. Kestävän kehityksen päämääränä on varmistaa vastuullinen tuotanto ja kestävä kehitys kaikessa toiminnassa, jotta yritys voi turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. Sitoutuminen vastuulliseen toimintaan on keskeinen osa Tapojärven päivittäistä toimintaa.

www.tapojarvi.com

Kestävä, kotimainen, välttämätön

 **Hannukainen
MINING**



Suomalaisen kaivossektorin osaaminen näyttävästi esillä Namibiassa

Namibia kuuluu Afrikan johtaviin kaivosalan maihin. Lounais-Afrikassa Atlantin valtameren ulottuva maa on pinta-alaltaan lähes kolme kertaa Suomen kokoinen, ja sen maaperässä on runsaasti erilaisia mineraaleja, niin timantteja, uraania ja kuparia kuin kultaa ja tinaakin.

Kaivosteollisuus onkin Namibian talouden tukipilari ja tuo yli puolet maan ulkomaan tuloista. Rikkaan maaperän ansiosta kaivossektorilla on pitkä, yli 100 vuoden historia Namibiassa. Sektorin näkymät ovat myönteiset, ja maassa on viime vuosina avattu uusia kaivoksia. Vihreän siirtymän myötä kriittisten mineraalien kysyntä on kasvanut huomattavasti, mikä näkyy Namibiassa useina käynnissä olevina malminetsintähankkeina. Namibian maaperässä arvioidaan olevan merkittäviä hyödyntämättömiä esiintymiä esimerkiksi akkumineraaleja.

Suomen yhteinen historia Namibian kanssa ulottuu aina 1860-luvulle saakka, jolloin ensimmäiset suomalaiset lähetystyöntekijät saapuivat Namibiaan. Suomi tuki

Namibiaa sen itsenäistymispyrkimyksissä ja vuonna 1990 Suomi oli ensimmäisiä maita, joiden kanssa Namibia solmi diplomaattisuhteet. Maiden välinen tiivis kumppanuussuhde on jatkunut vuosien ajan. Aiemmin tänä keväänä Namibian presidentti Hage G. Geingob isännöi tasavallan presidentti Sauli Niinistöä tämän valtiovierailulla Namibiassa.

Myös suomalaiset kaivosalan yritykset sekä tutkimuskeskukset ovat tehneet yhteistyötä Namibian kaivossektorin kanssa jo useita kymmeniä vuosia. Delegaatio suomalaisia kaivos- ja tukisektoreiden toimijoita vieraili Namibiassa elokuun lopulla. Mining Finlandin, Geologian tutkimuskeskuksen (GTK), Finnpartnershipin ja Suomen Namibian-suurlähetystön edustajat yhdessä Metson sekä Meriauran yritysedustajien ja

Suomen kauppa- ja kehityssuurlähettiläs Eija Rotisen kanssa vierailivat useilla kaivoksilla ja tapasivat kaivosyritysten asiantuntijoita. Yhteistyön tavoitteena on tukea Namibian kaivossektorin kehittymistä kohti kestävämpää kaivostoimintaa.

Suomalaistoimijoiden asiantuntemus vastuullisen kaivosalan kehittämisessä on hyvin tunnettua Namibiassa. Suomalaisosaaminen liittyy erityisesti kestäviin arvoketjuihin, tehokkaaseen kaivosteknologiaan ja korkealuokkaiseen tutkimukseen nousi esille vierailun aikana useita kertoja.

Suomi edustettuna myös Namibia Mining Expossa

Vuosittain järjestettävä Namibia Mining Expo on kaivossektorin merkittävin tapah-



tuma Namibiassa ja se tuo yhteen laajalti eri toimijoita niin paikallisista kaivosyrityksistä kuin kaivosteknologian ja tutkimuksen aloiltakin. Namibian kaivoskamarin isännöimä tapahtuma tuo maan pääkaupunkiin, Windhoekiin joka vuosi myös monia kansainvälisiä toimijoita. Tänä vuonna tapahtuma kiinnosti poikkeuksellisen paljon, sillä messuständien määrä kasvoi viime vuoden tapahtumasta yli 60 prosenttia.

Osana vierailua suomalaisdelegaatio edusti myös Mining Expon yhteisellä messuständillä, joka houkutteli kaksipäiväisen tapahtuman aikana suuren määrän namibialaisia sekä kansainvälisiä toimijoita tutustumaan Suomen kaivososaamiseen. Mining Finlandin, GTK:n, Finnpartnershipin, Suomen Namibian-suurlähetystön ja Metson sekä Meriauran yhteinen messuosasto huomioitiin Mining Expon avajaisissa sekä messujen yhteydessä järjestetyssä konferenssissa useaan otteeseen. Delegaatiolla oli myös kunnia vastaanottaa Namibian varapresidentti Nangolo Mbumba sekä kaivos- ja energiaministeri Tom Alweendo, jotka vierailivat Suomen osastolla heti tapahtuman avajaispäivänä.

Tänä ja viime vuonna kansainvälisistä geologian tutkimuskeskuksista vain Suomen GTK osallistui Namibian Mining Expoon.

GTK on tehnyt yhteistyötä useita vuosia Namibian kaivossektorin kanssa ja sillä oli vahva rooli aikanaan myös Namibian geologisen tutkimuskeskuksen perustamisessa. GTK sekä sen Outokummun koetehdas ja laboratoriot, GTK Mintec, olivat hienosti esillä myös konferenssissa, kun Aleks Salo, GTK:n Mineraalitalouden ratkaisut -yksikön ryhmäpäällikkö esitelmöi akkumineraalien arvoketjuista geologisen tutkimuksen näkökulmasta.

EU:n ja Namibian strateginen kumppanuus luo mahdollisuuksia myös suomalaisille

Kasvava kysyntä kriittisille mineraaleille on asettanut Namibian keskiöön myös kansainvälisellä tasolla. Maa allekirjoitti Euroopan unionin (EU) kanssa ensimmäisenä Afrikan valtiona yhteisymmärryspöytäkirjan strategisesta kumppanuudesta viime vuoden lopulla. Kumppanuus keskittyy kriittisten mineraalien arvoketjujen kehittämiseen sekä vihreän vedyn tuotantoon. Yksi kumppanuuden tavoitteista on tukea Namibiaa tulemaan keskeiseksi kriittisten mineraalien tuottajamaaksi sekä kehittää mineraalien prosessointia paikallisesti. EU:n näkökulmasta tavoitteena on myös edesauttaa eurooppalaisia investointeja Namibian kaivosalalle ja varmistaa kriittisten raaka-aineiden monipuolinen ja kestävä tarjonta. Samalla kumppanuus tukee myös Euroopan omaa vihreää siirtymää.

Veden saatavuus ja energiakysymykset ovat erityisiä haasteita Namibiassa. Lisäksi suuri osa mineraalien jalostuksesta tapahtuu

tällä hetkellä Namibian ulkopuolella. EU:n ja Namibian strategisen kumppanuuden myötä Suomi pyrkii rakentamaan molempia osapuolia hyödyttäviä kumppanuuksia Namibiassa ja edistämään kriittisten raaka-aineiden kestävää saatavuutta ja työpaikkojen luomista paikallisesti.

Kumppanuus luokien mielenkiintoisia liiketoimintamahdollisuuksia suomalaisille yrityksille kaivos-, vesi-, koulutus- sekä energiasektoreilla. Finnpartnershipin suomalaisyrityksille tarjoama tukiraha, liikekumppanuustuki, voi vauhdittaa liiketoiminnan aloittamista namibialaisten kumppaneiden kanssa. Mining Finlandin 73 jäsenorganisaatiota voivat yhteistyössä muiden Suomen kaivosteollisuuden toimijoiden kanssa tukea muun muassa Namibian kaivossektorin työturvallisuuden, ympäristöystävällisyyden ja vastuullisuuden kehittämistä.

Delegaation mukana olleet GTK, Mining Finland ja Finnpartnership sopivat aktiivisesta yhteistyöstä tähdäten uusien liiketoimintamahdollisuuksien luomiseen suomalais-toimijoille. Vierailu Namibiaan ja tapaamiset paikallisten kaivossektorin toimijoiden kanssa avasivat ovia entistä tiiviimmälle yhteistyölle suomalaisten ja namibialaisten välillä. Suomalainen kaivososaaminen on kansainvälisesti esillä myös helmikuussa 2024 järjestettävässä Mining Indaba -tapahtumassa. GTK ja Mining Finland osallistuvat tähän Etelä-Afrikassa pidettävään Afrikan suurimman kaivosalan tapahtumaan.▲

TEKSTI: **PAULA PIHLAVA**
KUVAT: **FINNPARTNERSHIP**



ALGOL
CHEMICALS

Right Chemistry - Always

Algol Chemicals on suomalainen kemikaalijakelija. Tarjoamme kaivosteollisuuteen kemikaaleja vahvalla ja osaavalla ammattitaidolla asiakkaan tarpeiden mukaisesti.

ksantaatit | vaahdottajat | kuparisulfaatti | sinkkisulfaatti | natriummetabisulfiitti | syanidi | pakatut peruskemikaalit vedenkäsittelyyn

Birgitta Bergén-Kavanto
+358 50 569 7870
birgitta.bergen-kavanto@algol.com
algolchemicals.com




KATI

Recognized pioneer in eco-friendly exploration & drilling

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

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



ORICA

YOUR TRUSTED PARTNER IN EUROPE

ORICA - NO. 1 GLOBAL SUPPLIER OF COMMERCIAL EXPLOSIVES

- INITIATING SYSTEMS
- DIGITAL SOLUTIONS
- EXPLOSIVES
- ELECTRONIC BLASTING SYSTEMS

Orica Finland Oy
orica.com
tilaukset@orica.com | 010 321 2550



OVAKO

CARBON NEUTRAL NOW

ovako.com



Industrial green transition starts in the mine.

Agree? Then meet us at FEM booth B16.

Transforming society together

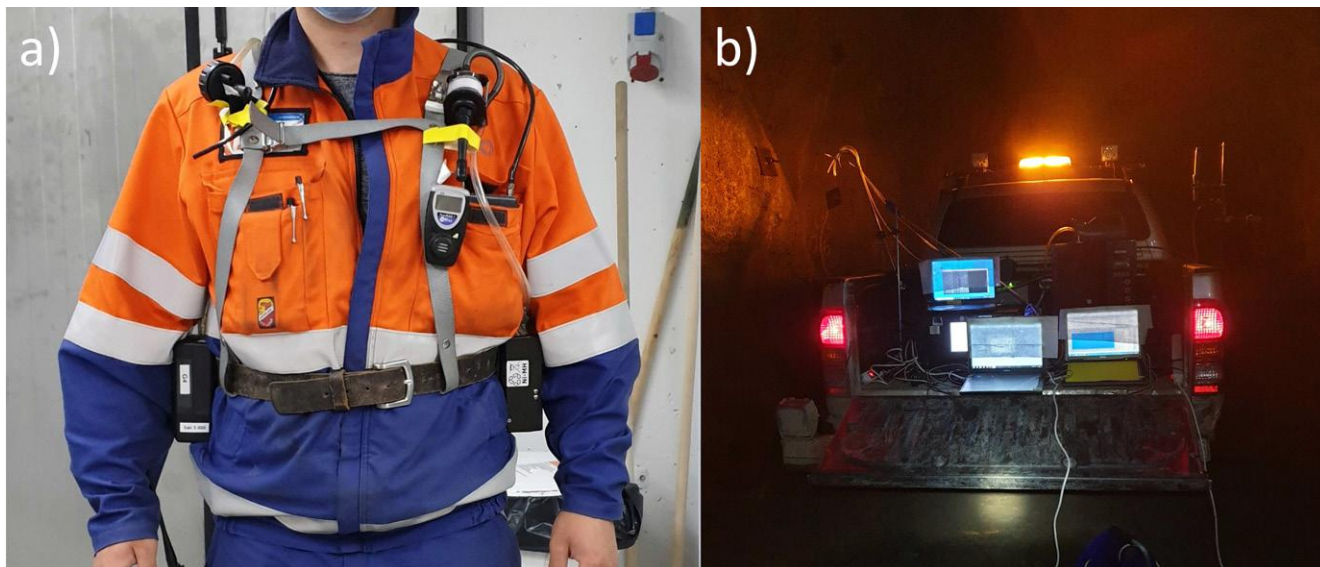
- Mill design
- Environmental permitting
- Project and site services
- Geological modelling
- Waste management
- Site infrastructure
- Structural geology
- Project management
- Closure planning
- Rock engineering
- Structures
- Mine design
- Process design
- Rock mechanics
- Mine engineering
- Sustainable development
- Geotechnical services
- Mine environment
- Risk assessments
- Tailings facilities
- Technical safety



Sustainable Designs *Innovate Thinking* Responsible Mining

Our team of over 5,200 dedicated mining professionals are supporting the mining industry in delivering the metals and minerals required for a greener future, in a sustainable and responsible manner. Want to join us? We are always looking for experienced experts to join our team.

See vacancies: rekry.wsp.com



TASK-hankkeesta lisätietoa työntekijöiden altistumisesta syöpävaarallisille ilman epäpuhtauksille maanalaisissa kaivoksissa

Johdanto

Työhön liittyvän syöpävaaran torjuntaa koskevaa lainsäädäntöä on päivitetty vuonna 2019. Lainsäädännön vaatimusten täyttymistä, kaivosilman laatua, työntekijöiden altistumista ja uusia mittausmenetelmiä tutkittiin Työsuojelurahaston ja kaivosyri-tysten rahoittamassa Itä-Suomen yliopiston tutkimushankkeessa ”Työntekijöiden Altistumisen vähentäminen Syöpävaarallisille ilman epäpuhtauksille Kaivosympäristöissä (TASK)”. Hankkeen mittaukset toteutettiin vuosina 2021–2022.

Maanalaisissa kaivoksissa hiukkas- ja kaasumaisia syöpävaarallisia ja muuten terveydelle haitallisia epäpuhtauksia voi vapautua ilmaan esimerkiksi dieselkäyttöisistä ajoneuvoista ja työkaluista sekä pölyisistä työvaiheista, joita liittyy tyypillisesti kiven käsittelyyn eri tavoin. Maanalainen kaivosympäristö rajoittaa ilman vaihtuvuutta, mikä takia ilman epäpuhtauksien pitoisuudet voivat nousta ajoittain haitallisen korkeiksi. Kaivoksissa yleisesti käytössä olevia menetelmiä pitoisuuksien vähentämiseksi ovat muun muassa riittävän tuuletuksen johtami-

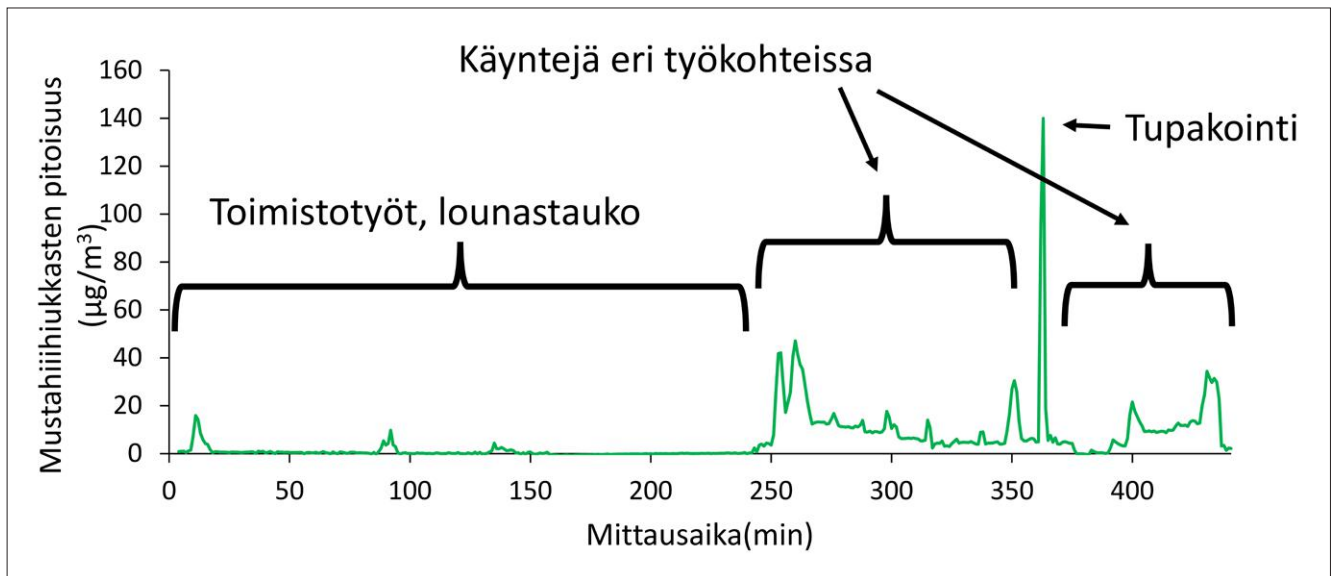
nen työkohteisiin, kiven kastelu ennen kiven työstöön liittyviä työvaiheita pölyn muodostumisen estämiseksi sekä työkaluiden säännöllinen huolto, jolla voidaan vaikuttaa pakokaasupäästöihin. Pölyävissä työkohteissa tulee käyttää hengityssuojaimia hyttien ulkopuolella työskennellessä.

Terveysvaikutukset ja altistumista rajoittava lainsäädäntö

Epäpuhtaan ilman haitallisuus riippuu sen sisältämistä hiukkas- ja kaasumaisista yhdisteistä. Kaivosilmassa voi esiintyä kaivoksesta,

ALOITUSKUVA

Työntekijän mukana kulkevat mittalaitteet ja keräimet (a) ja kaivosilmaa mittaavat mittalaitteet (b)



Kuva 2. Esimerkki työnjohtajan jatkuvatoimisesta dieselpakokaasumittauksesta yhdistettynä työntekijän kirjauksiin päivän tapahtumista

työstä ja olosuhteista riippuen vaihtelevia pitoisuuksia mm. dieselpakokaasuja, kiteistä piidioksidia eli kvartsipölyä ja eri raskasmetalleja, esimerkiksi kuusi- ja kromia ja arseenia. Pitkäaikainen altistuminen näille yhdisteille on yhteydessä keuhkosyöpään ja mahdollisesti myös muihin syöpiin. Koostumuksen ohella myös hiukkasten koko vaikuttaa niiden haitallisuuteen. Suurimmat hiukkaset jäävät ylähengitysteihin tai henkitorven ja keuhkoputkien alueelle. Hienojakoisempi alveolijakeinen pöly pääsee kulkeutumaan keuhkorakkuloihin asti, ja nanohiukkaset voivat päätyä keuhkojen kautta myös verenkiertoon. Yleisesti pienhiukkasille altistuminen lisää sairastuvuutta hengityselinsairauksiin ja sydän- ja verisuonitauteihin, ja niillä on arvioitu olevan vaikutuksia myös mm. aivoterveeseen.

Suomen lainsäädännössä työperäistä syöpävaarallisuutta yhdisteille altistumista rajoitetaan valtioneuvoston asetuksessa työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (Vna 1267/2019), jossa on annettu sitovia raja-arvoja dieselpakokaasuille, kvartsipölylle ja raskasmetalleille. Dieselpakokaasujen raja-arvo on määritetty dieselnokihiukkasten pitoisuutena. Osa asetuksessa mainituista raja-arvoista astui voimaan vuonna 2020 ja osan kohdalla noudatetaan siirtymäaika, joka päättyy viimeistään vuonna 2027. Sekä syöpävaarallisuuteen yhdisteille että hengittävälle ja alveolijakeiselle pölylle on sitovien raja-arvojen lisäksi asetettu haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia (HTP-arvoja) ja ohjeistavia tavoitetasoja. Raja-arvot, HTP-arvot

ja tavoitetasot alittamalla voidaan vähentää työstä aiheutuvia terveysriskejä. Syöpävaarallisille aineille altistuminen olisi hyvä pitää niin alhaisena kuin teknistaloudellisesti on mahdollista.

Työntekijöiden altistuminen

TASK-hankkeessa maanalaisten kaivosten työntekijöiden mukana kulkevilla keräimillä ja mittareilla saatiin selvitettyksi altistumista ilman epäpuhtauksille eri työvaiheissa ja työtehtävissä (Kuva 1a). Mittauskampanjoiden aikana testattiin myös uudenlaista mittalaitetta dieselpakokaasualtistumisen seurantaan, joka perustuu pakokaasusta peräisin olevien mustahiukkasten pitoisuuden jatkuvatoimiseen mittaamiseen.

Dieselpakokaasulle altistuivat eniten malmin lastauksen ja kuljetuksen parissa työskentelevät työntekijät, ja osa mitatuista pitoisuuksista ylitti dieselpakokaasun tulevan raja-arvon. Työntekijät työskentelivät pääasiassa kaivoskoneiden ja ajoneuvojen hyteistä käsin, ja altistumiseen vaikutti erityisesti hyttien ulkopuolella vietetty aika. Lisäksi altistumiseen voi vaikuttaa ajoneuvojen ja koneiden sisäilman suodatus. Uudella, jatkuvatoimisella dieselpakokaasumittauksella saatiin tärkeää tietoa pitoisuuden vaihtelusta ja altistumiseen vaikuttavista työvaiheista yhdistämällä tulokset työpäivän tapahtumiin (Kuva 2). Mittausmenetelmällä tulokset saadaan nopeasti, mikä mahdollistaa nopean reagoinnin korkeisiin pitoisuuksiin.

Hienojakoiselle alveolijakeiselle pölylle ja kvartsipölylle altistuivat eniten ruisku-

betonoijat ja kivinäytteitä käsittelevät laborantit, joilla alveolijakeisen pölyn pitoisuus ylitti useissa mittauksissa HTP-arvon ja tavoitetason. Kvartsipölyn osalta mitatut pitoisuudet jäivät pääasiassa alle raja-arvojen. Raskasmetalleista raja-arvon ylittäviä arseenipitoisuuksia mitattiin muutamilla, pääasiassa rikastamon puolella työskenteleviltä työntekijöiltä. Muissa töissä raskasmetallialtistuminen oli vähäistä. Mittaustuloksissa ei ole otettu huomioon työntekijöiden mahdollisesti käyttämien hengityssuojainten vaikutusta altistumiseen. Hengityssuojainten oikeaoppinen käyttö pölyävissä kohteissa vähentää altistumista hiukkasmaisille altisteille merkittävästi.

Kaivosten ilmanlaatu

Maanalaisten kaivosten ilmanlaatua mitattiin pääasiassa lastauksen lähetyiltä alueelle viedyillä mittalaitteilla (Kuva 1b). Lastausalueiden ilmanlaadussa havaittiin olevan paljon vaihtelua, ja joissakin mittauksissa dieselpakokaasupitoisuudet ylittivät tulevan raja-arvon. Ilmanlaatuun vaikuttivat erityisesti kaivostuuletuksen taso sekä työkonien ja ajoneuvojen dieselnokisuodatuksen tehokkuus. Raskasmetallipitoisuudet olivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta alhaisia.

Suosituksia altistumisen vähentämiseksi

TASK-hankkeessa saadut tulokset vahvistavat kaivosilman laatuun liittyvien jo tiedossa olevien haasteiden merkitystä työntekijöiden

altistumiselle. Näihin haasteisiin on tärkeää kiinnittää huomiota työntekijöiden altistumisen vähentämiseksi. Kaivostuuletuksen tehokkuus vaikuttaa voimakkaasti ilmanlaatuun lastauskohteissa ja siten alueella työskentelevien työntekijöiden altistumiseen. Koska huonoa ilmanlaatua voi olla vaikea todeta aistinvaraisesti, kaivostuuletuksen toimivuutta voi olla tarpeellista tarkkailla ennen työn aloitusta ja työskentelyn aikana. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi seuraamalla ilman hiilidioksidipitoisuuksia.

Dieselkäyttöisten kaivostyökoneiden ja ajoneuvojen pakokaasujen hiukkassuodattimet vähentävät tehokkaasti työntekijöiden dieselnokialtistumista. Kaivostyökoneissa ja ajoneuvoissa on lähtökohtaisesti käytössä hiukkassuodattimet, joiden toimivuus on tärkeä varmistaa säännöllisesti. Kaivoskohteissa olisi syytä kiinnittää huomiota pakokaasujen hiukkasmaisten altisteiden lisäksi

myös kaasumaisiin altisteisiin, sillä esimerkiksi typen oksidien pitoisuudet voivat nousta työskentelyalueilla korkeiksi.

Työntekijöiltä mitattiin joissakin tapauksissa kohonneita dieselnokipitoisuuksia siitä huolimatta, että työskentely tapahtui koneen tai ajoneuvon hytistä käsin. Sisäilmasuodattimien ja tiivisteiden kuntoon on tärkeää kiinnittää huomiota, ja ajoneuvojen ja koneiden alkuperäiset sisäilmasuodattimet eivät välttämättä ole riittävän tehokkaita maanalaiseen kaivokseen. Lisäksi työntekijöiden tulisi välttää hyttien ovien aukomista mahdollisuuksien mukaan.

Kaivosten tuotantoalueilla työskentelevien työntekijöiden vaatteisiin ja kenkiin tarttuu kaivoksesta pölyä, joka voi sisältää terveydelle haitallisia yhdisteitä. Työntekijöiden riittävä puhdistautuminen ennen taukoja ja työpäivän päätyttyä estää pölyn kulkeutumista puhtaisiin tiloihin. Näin vähennetään

sekä kaivostyöntekijöiden että muiden tiloja käyttävien ihmisten mahdollista altistumista.

Tämän tutkimuksen perusteella kaivosilman terveydelle haitallisten yhdisteiden ja pölyn pitoisuuksissa on paljon vaihtelua, ja ne voivat nousta ajoittain korkeiksi. Tämän vuoksi on tärkeää tehdä altistumismittauksia eri työvaiheista säännöllisesti, niin kuin hankkeessa mukana olleissa kaivoksissa jo tehdään. Jos pitoisuuksia ei teknisillä keinoilla saada pidetyksi riittävän alhaisina tai ilmanlaadusta ei ole tietoa työtä aloitettaessa, täytyy huolehtia työntekijöiden hengityksen suojauksesta. ▲

TEKSTI: HANNA KOPONEN, ANTTI KARJALAINEN, MARKO HYTTINEN, PERTTI PASANEN JA OLLI SIPPULA
ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO, YMPÄRISTÖ- JA BIOTIETEIDEN LAITOS

Missä kaivos – siellä Mitta

Me Mitta Groupilla tarjoamme kaivostuotantialan eri osa-alueisiin laajasti palveluita, jotka kattavat kaivoksen koko elinkaaren.

Laboratorio

Maaperätutkimus

Mittaus

Monitorointi

Suunnittelu

Ympäristö

Ota yhteyttä.

[Autamme sinua onnistumaan.](#)

 **MITTA**
MEASURING THE WORLD





Ymmärrämme, että tarvitset kattavaa prosessitietoa laitoksen tehokkaan toiminnan varmistamiseksi.

MITATTU ARVO + LISÄARVO

Voit tehdä mittaustietoon perustuvia päätöksiä, joita tukee laaja valikoima palveluja ja ratkaisuja.

Eri teollisuusalojen asiakkaat ympäri maailmaa luottavat meihin. Yhteinen tavoitteemme on lisätä prosessien turvallisuutta, käytettävyyttä ja tehokkuutta. Olemme tukenasi laitoksen koko elinkaaren ajan.

People for Process Automation

70
vuotta

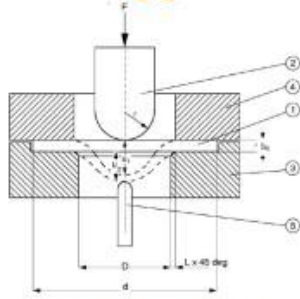
Mittaus-
teknologian
pulsilla



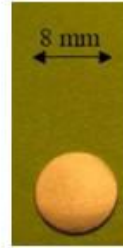
Haluatko tietää lisää?
www.fi.endress.com

Endress+Hauser 

Miniatyyrimenetelmät – Small punch



1. SP disc test-piece
2. Hemispherical ended punch
3. Lower die
4. Upper die
5. Dilatometer push rod



- Small punch kokeessa pallomainen lävistin (tai keraaminen pallo) tunkeutuu ohueen materiaalikiekkoon ohjelmoidulla voimalla ja/tai nopeudella ja taipuma mitataan
- Testikappale on normaalisti halkaisijaltaan 8 mm kiekko, jonka paksuus on 0.5 mm, mutta pienempiä testikappaleita voidaan myös käyttää (käyttämällä pienempää paininpäätä)

20/04/2023 VTT – beyond the obvious

RAMI POHJA VTT

Vaurioanalyysi on materiaaliosaamisen ytimessä

ASM Finlandin vaurioanalyysiseminaari 19.04.2023

ASM Finlandin perinteinen kevätseminaari järjestettiin fyysisenä tapaamisena Helsingin Taitotalossa teemanaan aina ajankohtainen vaurioanalyysi. Seminaarissa käsiteltiin vaurioanalyysin sekä siihen liittyvän näytteenvalmistuksen ja materiaalitutkimuksen uusimpia menetelmiä käytännön vauriotapausten ohella. Seminaari kokosi yhteen kaikkiaan 37 materiaaliosaajaa teollisuudesta, korkeakouluista ja tutkimuslaitoksista.

Avaussanat

Seminaarin puheenjohtajana toiminut ASM Finland ry:n varainhoitaja TkT **Frans Nilsen** METSTA ry:stä toivotti osallistujat lämpimästi tervetulleiksi tilaisuuteen. Avaussanoissaan hän kertoi perinteiseen tapaan ASM Finland ry:stä eli kansainvälisen ASM International -järjestön Finland Chapterista ja sen jäsenyyden tarjoamista eduista. Hän esitteli myös päivän ohjelman ja kävi läpi seminaariin liittyviä käytännön asioita.

ALOITUSKUVA

Small Punch -miniatyyritestausmenetelmän periaate

Miniatyörimenetelmät

VT:n tutkija **DI Rami Pohja** käsitteli esityksessään aineenkoetuksen miniatyörimenetelmiä, joilla tiettyjä materiaaliominaisuuksia voidaan kartoittaa tutkittavasta komponentista otettuja hyvin pieniä näytteitä käyttäen.

Energia- ja prosessiteollisuuden laitoksissa on monia äärimmäisille olosuhteille altistuvia järjestelmiä ja komponentteja (esim. erilaiset putkistot), joiden turvallisen ja tehokkaan toiminnan varmistaminen edellyttää asianmukaista kunnonvalvontaa. Se tarkoittaa oikein ajoitettuja tarkastuksia, niiden tarkoituksenmukaista laajuutta sekä oikeanlaisia, kohteeseen soveltuvia tarkastusmenetelmiä.

Esityksessä käsitellyt miniatyörimenetelmiä voidaan käyttää virumiselle altistuvien komponenttien elinikäarviointissa jäljennetarkastuksen tukena. Tällaisia miniatyörimenetelmiä ovat impression creep (IC)- ja small punch (SP) -testausmenetelmät, joilla materiaalin virumisominaisuuksia voidaan selvittää tutkittavasta kohdasta otetulla pienellä näytteellä eli vähäisellä materiaolimäärällä.

Molemmissa menetelmissä on sama periaate: pientä materiaalinäytettä painetaan painimella ja mitataan materiaalin vastetta kuormitukseen. IC-menetelmässä näyte on hieman suurempi (10x10x2,5 mm) kuin SP-menetelmässä (ø 8x0,5 mm). IC-menetelmästä on julkaistu CEN Workshop Agreement vuonna 2022 ja se on tarkoitus standardisoida pian. SP-menetelmästä on jo EN-standardi (EN 10371:2021).

Esitelmässä tarkemmin käsitellyssä SP-menetelmässä tutkittavasta kohteesta irrotetaan näyteaiho erityisellä pyörivällä leikkurilla. Tietyissä tapauksissa se on mahdollista tehdä käytössä olevasta komponentista sitä rikkomatta ja aiheuttamatta merkittäviä seisokkeja.

SP-kokeessa aihioista valmistettu näytekiekko lukitaan aihioistaan rengasmaisten työkalujen väliin (kuva 1). Näytettä painetaan toiselta puolelta puolipallon muotoisella tuurnalla halutussa lämpötilassa ja mitataan tuurnan vastakkaiselta puolelta tuurnan liikettä eli näytemateriaalin muodonmuutosta. Menetelmä vastaa periaatteeltaan ohutlevytuotteiden valmistuksessa käytettävää venytysmuovausta.

SP-testauksen tulosten avulla voidaan arvioida materiaalin myötörajaa ja murtolujuutta sekä sitkeyttä ja murtovenymää. Virumiskokeessa käytetty paininvoima voidaan konvertoida näytteessä vaikuttavaksi jännitykseksi standardissa esitettyjen kon-

vertointiyhtälöiden avulla. Siten SP-testillä näytteestä saatuja tuloksia voidaan vertailla yksiaksiaalisella kuormituksella mitattuihin perinteisiin virumiskäyriin.

SP-menetelmän etuina ovat pieni näytekoko ja pieni materiaaliterve sekä nopea näytevalmistus. Paksuseinämäisille komponenteille on myös joissain tapauksissa mahdollista ”rikkomaton” materiaalitestausta. Pieni näytekoko mahdollistaa testauskohdan tarkan kohdistuksen, esim. suurehkojen hitsaussaumojen eri vyöhykkeiden karakterisoinnin. Haasteena on toisaalta edustavimman eli komponentin turvallisen toiminnan kannalta kriittisimmän kohteen määrittäminen ja valinta testauksen kohteeksi.

SP-testausta on käytetty mm. tukena öljynjalostusprosessin korkeapainelinjan putkiston jäljellä olevan eliniän määrittämisessä. Sen avulla on myös määritetty Haminaan pystytetyn 100 metriä korkean lipputangon materiaalin lujuus- ja sitkeysominaisuuksia pysyvän käyttöluvan saamiseksi tangolle.

Tekoölyn hyödyntäminen vikojen havaitsemisessa

Trueflaw Oy:n **Tuomas Koskinen** kertoi digitaalitekniikan ja tekoölyn vaikutuksista tarkastus- ja testaustoimintaan. Digitaalitekniikka on tehnyt mahdolliseksi yhä suurempien datamäärien keräämisen testaustoiminnan yhteydessä. Tämä parantaa testauksen luotettavuutta, mutta kasvattaa tulosten käsittely- ja tulkinta-aikaa.

Tarkastajan tehtävä on vaativa. Hänen on viritettävä mittaus- ja tutkimuslaitteisto parhaaseen mahdolliseen tarkkuuteen, mitattava tapaukseen liittyviä ominaisuuksia ja piirteitä sekä tunnistettava poikkeamia, jotka ovat saattaneet olla vaurion alkusyynä. Poikkeamat ovat yleensä harvinaisia, ja tapauksen kannalta epäolennaiset poikkeamat pitäisi osata tunnistaa ja jättää huomiotta.

Suuri osa tapauksen tutkimuksissa kerätystä datasta ei sisällä haettuja poikkeamia

TARKASTAJAN TEHTÄVÄ ON VAATIVA. HÄNEN ON VIRITETTÄVÄ MITTAUS- JA TUTKIMUSLAITTEISTO PARHAASEEN MAHDOLLISEEN TARKKUUTEEN, MITATTAVA TAPAUKSEEN LIITTYVIÄ OMINAISUUKSIA JA PIIRTEITÄ SEKÄ TUNNISTETTAVA POIKKEAMIA, JOTKA OVAT SAATTANEET OLLA VAURION ALKUSYYNÄ.

tai virheitä. Silloin tarkastajan aika kuluu virheettömän datan läpikäymiseen. Tekoölypohjaisen järjestelmän avulla voidaan tätä tarkastuksen kannalta hukkaan menevää aikaa merkittävästi pienentää. Se pystyy käymään läpi nopeasti suuria datamääriä ja löytämään sieltä haetut poikkeamat.

Tapaus- ja datamäärän kasvaessa järjestelmä voidaan myös opettaa tunnistamaan havaitun vaurion kannalta merkittävät poikkeamat ja jättämään muut huomiotta. Silloin tarkastaja voi keskittyä näiden suuremmalla todennäköisyydellä merkittävien poikkeamien analysointiin ja päästä nopeammin selville vaurioon johtaneista syistä.

Tekoölypohjaista järjestelmää voidaan siten käyttää suurien datamäärien nopeaan läpikäymiseen ja poikkeamien etsimiseen. Se voidaan myös opettaa analysoimaan havaittuja poikkeamia ja arvioimaan niiden merkitystä tutkittavalle tapaukselle. Kolmas tapa hyötyä tekoölystä on arvioida tilastolliselta pohjalta tutkittavien näytteiden tai komponenttien yleiskuntoa ja -tilaa sekä vaurioiden syntymistodennäköisyyttä. Tätä kautta saadaan kytkös myös tulevien komponenttien valmistukseen ja laadunvalvontaan.

Datamäärän kasvaessa ja järjestelmän jatkuvan opetuksen myötä sen suorituskyky ja luotettavuus paranevat. Aikaa myöten se voi myös osoittaa tarkastajalle näyttäviä, joiden kautta vaurion juurisyyt ovat todennäköisimmin löydettävissä.

Maalipinnoitteiden kestävyden tutkimista

Top Analytican TKT **Ville Saarimaa** tarkasteli esityksessään maalipinnoitetun teräsohutellevyn eri pinnoitekerroksissa tapahtuvia muutoksia mekaanisen ja ympäristörasituksen vaikutuksesta.

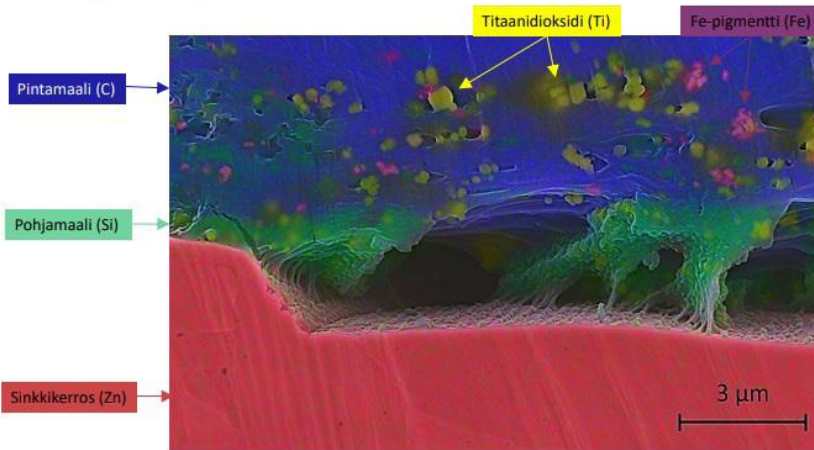
Maalipinnoitetun teräsohutellevyn pinnoite on monikerrostuote. Teräksen pinnalla on ensin kuuma- tai sähkösinkitty sinkkikerros, jonka koostumus voi vaihdella. Sen päällä on esikäsitellyn jälkeen applikoitu pohjamaali ja lopuksi pintamaali. Jokaisen kerroksen ominaisuudet ja käyttäytyminen pintaan kohdistuvan mekaanisen tai ympäristörasituksen alaisena voivat olla ratkaisevia koko pinnoitejärjestelmän kestävyden kannalta.

Tutkimuksessa tarkasteltiin teräksen pintaan neljällä erilaisella sinkityskerroksella ja sinkkikerroksen päälle tulevalla kaksikerros-pinnoitteella (silaani 1-2 µm, polyuretaanimaali 20 µm) pinnoitetun teräsohutellevyn pinnoitteen käyttäytymistä mekaanisessa rasituksessa (180° taivutus T-bend) ja sen jälkeisessä ympäristörasituksessa (T = 60 °C, RH

Tulokset

Poikkileikkeet, perus sinkitty

□ Pohjamaali paikoitellen irti sinkistä

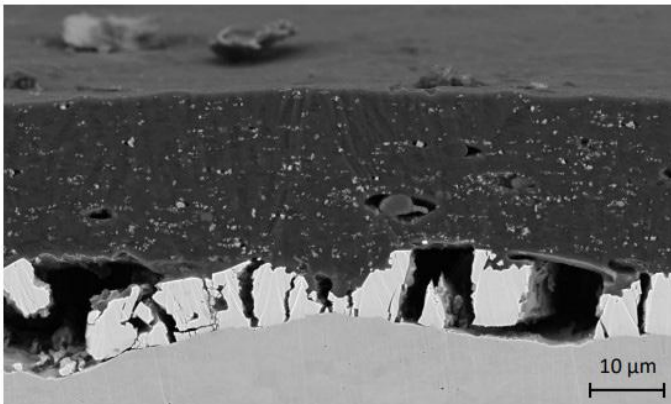


Kuva 2. Pinnoitetun teräsohutelevyn (perussinkitys Z, pohjamaali ja PU-pintamaali) poikkileikkaushie 180° taivutuksen ja ympäristöaltistuksen (T 60 °C, RH 100 %, t 48 h) jälkeen analyttisellä pyyhkäisyelektronimikroskoopilla kuvattuna

Tulokset

Poikkileikkeet, ZF

- Sinkkikerros halkeilee kauttaaltaan
- Vaikka maalikalvo on ehjä, kalvon alaisen kosteuskorroosion riski on suuri



Kuva 3. Pinnoitetun teräsohutelevyn (ZF-sinkkikerros, pohjamaali ja PU-pintamaali) poikkileikkaushie 180° taivutuksen ja ympäristöaltistuksen (T 60 °C, RH 100 %, t 48 h) jälkeen analyttisellä pyyhkäisyelektronimikroskoopilla kuvattuna

100 %, aika 48 h). Pinnoitteen adheesio mitattiin ennen taivutusta kuulapudotustestillä. Taivutuksessa voimakkaimmin muokkautuneesta kohdasta tehtiin poikkileikkaushie, jota tarkasteltiin analyttisellä pyyhkäisyelektronimikroskoopilla.

Tutkimuksessa käytettiin näytteenvalmistukseen uudentyyppistä ionileikkuriksi (Broad Ion Beam BIB) kutsuttua menetelmää, jossa näytteen pinta hiotaan ja kiillotetaan ionipommitusta käyttäen. Näytteitä tutkittiin pyyhkäisyelektronimikroskoopilla

käyttäen uutta pintaherkkää EDS-detektoria, joka mahdollistaa alhaisten virtojen käytön sekä selektiivisen tietyn energia-alueen mitauksen.

Tutkittavat sinkkipinnoitteet olivat perus Zn (Z; 99,8 % Zn, 0,2 % Al), Galfan (95 % Zn, 5 % Al), Galvanneal (ZF; lämpökäsitelty perus Zn-kerros, johon diffundoituu lämpökäsitelyssä rautaa) sekä ZMA (97 % Zn, 1,5 % Al, 1,5 % Mg).

Mekaanisessa taivutuksessa kaikki sinkitysvaihtoehdot ja maalikerros kestivät erinomaisesti. Taivutettujen näytteiden kosteusaltistuksen jälkeen niissä saattoi esiintyä pinnoitekerrosten säröilyä. Maalikerroksessa esiintyi metallin paljastavia halkeamia ja voimakasta venymistä. Standardinomaisen testaus ei paljasta, missä pinnoitteen eri kerroksissa ongelmat esiintyvät ja missä määrin halkeilu on selitettävissä maalipinnoitteen tai sinkityskerroksen ominaisuuksilla.

Perussinkityssä ohutelevyissä (Z) sinkkikerros oli paikallisesti ohentunut osoittaen hyvää teräksen ja sinkin välistä adheesiota, ja pohjamaali oli paikoitellen irronnut sinkistä (kuva 2). Polymeeripinnoite oli joustavampi ja pysyi ehjänä. Galfan-sinkkipinnoite oheni taivutuksessa halkeilematta, ja koko maalikalvo (pohja + pintamaali) oli voimakkaasti venynyt osoittaen hyvää adheesiota pohjamaalin ja sinkkikerroksen välillä. Pohjamaalikalvossa (silaaniprimer) oli venymisen synnyttämiä aukkoja.

ZMA-sinkkikerros ei ohentunut taivutuksessa, vaan halkeili. Halkeilu oli summittaista eikä ollut sidoksissa ZMA-pinnoitteen faasirakenteeseen. Eri kerrosten välinen adheesio vaikutti varsin hyvältä. ZF-sinkkikerros halkeili taivutuksessa kauttaaltaan ja paikoitellen se oli irronnut teräksestä (kuva 3). Sen sijaan adheesio sinkkikerroksen ja maalikerrosten välillä vaikutti hyvältä. Vaikka maalikerrokset olivatkin pysyneet ehjinä, oli riski maalikalvon alaiseen korroosioon tässä tapauksessa suuri.

Polymeeripinnoite voi peittää metallipinnoitteessa syntyviä vaurioita, mutta pinnoituksen suojateho alenee, ellei metallipinnoite ole optimaalinen. Jokaisen pinnoitekerroksen tulee selvitä itse vaurioitumatta ja toimia häiriöittä yhdessä toisten kerrosten kanssa parhaan tuloksen ja suojan saavuttamiseksi.

Vaurioanalyysin vaativuudesta

Metlab Oy:n kehityspäällikkö TKT Minna Kotilainen osoitti esityksessään sen, miten vaurion todellisen syyn löytäminen vaatii sekä monipuolisia tutkimusmenetelmiä että syvällistä materiaaliteknistä osaamista.

Päällisin puolin katsottuna vaurion synty-syy saattaa näyttää selvältä, mutta tarkempi tutkimus saattaa paljastaa syyn olevankin vallan muualla.

Aluksi Minna Kotilainen kertoi Metlab Oy:stä ja sen toiminnasta. Vuonna 1991 perustettu yritys on akkreditoitu materiaalien testaus- ja tutkimuslaboratorio, joka työllistää yli 20 materiaalitekniikan osaajaa. Liiketoiminta-alueina ovat likipitään yhtä suurin osuuksin perusaineentestaus, hitsauskokeet sekä materiaali- ja vauriotutkimus.

Vauriomekanismien ja vaurion syiden selvittämiseen tähtäävän vauriotutkimuksen kohteina ovat mekaaniset sekä kulumis- ja korroosiovauriot koneenosissa, prosessiteollisuuden putkistoissa, painelaitteissa, hitsatuissa rakenteissa jne. Vaurioselvityksiä tukevina palveluina Metlab käyttää ja tarjoaa ajanmukaisin tutkimusmenetelmin alkuaineanalyysia, rikkovaa aineenkoetusta, kovuuskokeita, metallografisia tutkimuksia, mikroskopiaa ja korroosio-kokeita sekä konsultointia.

Esimerkkeinä vaurioanalyysin sudenkuopista Minna Kotilainen esitti ensiksi katkenneen akselin, jonka materiaalina oli martensiittinen ruostumaton teräs, kuormituksenä jatkuva staattinen kuorma yhdistyneenä vaihtelevasti esiintyvään värinä ja käyttöympäristönä märät, kloridipitoisuudeltaan vaihtelevat olosuhteet. Akselin murtopinnan silmämääräisen tarkastelun perusteella kysymyksessä arvioitiin olevan väsymismurtuma, jonka syntymisessä värinällä saattoi olla oma osuutensa.

Murtopinnan tarkempi pyyhkäisy-elektronimikroskooppitarkastelu osoitti kuitenkin, että murtuma oli tyypiltään raerajoja pitkin edennyt haurasmurtuma, eikä siitä löytynyt väsymismurtumalle tyypillisiä piirteitä. Murtopinnalla esiintyi hienojakoisia kromikarbideja sekä paikallisia karbidiverkkoja. Materiaalin koostumus oli vaatimusten

mukainen, joskin hiilipitoisuus oli ylärajalla. Vetokokeessa mitattu myötölujuus oli merkittävästi korkeampi ja murtovenymä pienempi kuin vaatimuksissa. Iskusitkeys ei myöskään täyttänyt vaatimuksia.

Tutkimuksen johtopäätöksenä oli, että akselin katkeamisen syy oli raerajoille erkauneita karbideja pitkin edennyt haurasmurtuma. Karbidiverkon muodostuminen johtui todennäköisesti virheellisestä tai puutteellisesta lämpökäsittelystä.

Toisena esimerkkinä oli mahdollisesti klorideja sisältävää mustalipeää kuljettava paisuntaputki, johon oli syntynyt vuoto laipan päittäishitsatun liitoksen muutosvyöhykkeelle. Putken materiaalina oli austeniittinen ruostumaton teräs. Lähtökohtaisesti vaurion arvioitiin syntyneen jännityskorroosion aiheuttamana.

Tarkemmissa tutkimuksissa todettiin, että putkimateriaalin ja hitsauksessa käytetyn lisäaineen koostumus olivat vaatimusten mukaisia. Murtuma oli ydintynyt putken sisäpinnalle liitoshitsin muutosvyöhykkeelle. Sisäpinnalla oli ruostetta ja kerrostumia hitsaussauman läheisyydessä. Kerrostumista ja murtumaan liittyneistä säröistä löydettiin analyysoitaessa mm. happea, mangaania, rikkiä, natriumia ja sinkkiä, mutta ei klorideja.

Putken syntynyt särö avattiin murtopintatutkimuksia varten. Murtopinnoilta löydettiin väsymismurtumalle tyypillisiä jälkiä. Murtuma oli edennyt pääasiassa rakeiden läpi haarautuen lievästi raerajoille. Tutkimustulosten perusteella todettiin kyseessä olevan korroosioväsymisen aiheuttama murtuma, joka oli ydintynyt putken sisäpinnalle syntyneeseen korroosiokuoppaan.

Lounastauon yhteydessä pidetyn ASM Finland ry:n vuosikokouksen ja itse lounaan jälkeen jatkettiin seminaariesityksillä.

Valuterästen suotautumisen ja haurastumisilmiöistä

Massiivissa teräsvaluissa esiintyy usein seosaineiden ja epäpuhtauksien suotautumista hitaan jäähtymisnopeuden vuoksi. Metso Outotecin TkT **Juuso Terva** tarkasteli esityksessään suotautumisen seurauksena tapahtuvaa alumiininitridien muodostumista valuteräksissä ja niiden vaikutusta materiaalin sitkeys- ja väsymisominaisuuksiin.

Tutkimus lähti liikkeelle erään valuteräs-komponentin iskusitkeys-kokeissa tietyissä kohdissa havaituista poikkeuksellisen matalista murtoenergia-arvoista. Normaalisti murtoenergialtaan 100-130 J olevan teräksen murtoenergia-arvot näissä kohdissa olivat vain noin puolet normaaliarvoista ja mata-

lin mitattu arvo oli vain 8 joulea. Matalimman energia-arvon koesauvan murtopinta koostui pienistä tasomaisista alueista, jotka olivat peilimäisen kiiltäviä.

ASM Metals Handbookin mukaan alumiininitridit erkautuvat teräkseen jäähmetymisen aikana muodostuneille primääri-austeniitin raerajoille. Erkautumiseen liittyy ohuiden kalvomaisten ferriittialueiden muodostumista. Alumiininitridi muodostuu dendriittimäisinä tai levymäisinä erkaumina, joita pitkin murtuma pystyy etenemään. Levymäiset erkaumat tuottavat murtopinnalle kiiltäviä tasomaisia alueita.

Riski alumiininitridien muodostumiselle kasvaa alumiini- ja typpipitoisuuksien kasvaessa esimerkiksi viimeksi jäähmettyville alueille tapahtuvan suotautumisen myötä. Muut teräksen seosaineet kuten Ti, Zr, B, Mo ja Co sekä joidenkin tietojen mukaan myös epäpuhtautena olevat rikki ja fosfori voivat vähentää riskiä alumiininitridien muodostumiseen.

Alumiininitridejä sisältävien terästen hitsauksessa (esim. teräsvalujen korjaushitsaus) hitsaussauman muutosvyöhykkeelle syntyy lämpötilagradienttien ja niistä aiheutuvien jännitysten vuoksi helposti säröjä, jotka etenevät perusaineeseen pitkin raerajoilla sijaitsevia levymäisiä alumiininitridierkaumia ja niiden verkostoja.

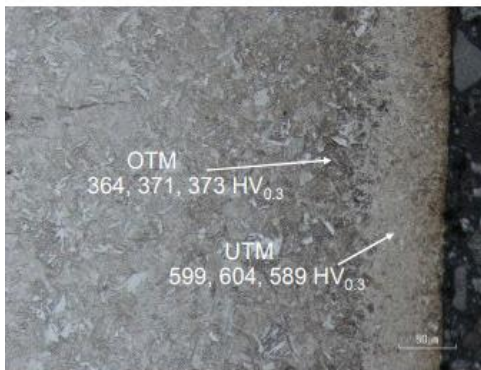
Alumiininitridierkaumien ja väsymislujuuden välisten yhteyksien selvittämiseksi tehdyissä valuterästen väsymiskokeissa havaittiin, että väsymismurtuma ei pääsääntöisesti ydintynyt nitridierkaumiin, vaan teräksessä oleviin kutistumahuukosiin. Myöhemmissä kasvuvaiheissa murtuma siirtyi etenemään pitkin levymäisiä alumiininitridejä ja niiden muodostamia verkostoja. Seurauksena on yleensä väsymisiän lyheneminen tietyllä kuormitustasolla.

Yhteenvedossaan Juuso Terva totesi, että alumiinilla tiivistetty eli deoksidoitu teräs on korkeilla typpipitoisuuksilla ja suurilla valun ainepaksuuksilla altis alumiininitridien aiheuttamalle haurastumiselle. Pienistä koekappaleista haurastumista ei välttämättä havaita nopeamman jäähtymisen vuoksi. Koska nitridit muodostuvat lämpötilan 1200 °C tienoilla, ei tavallinen normalisointi poista ongelmaa.

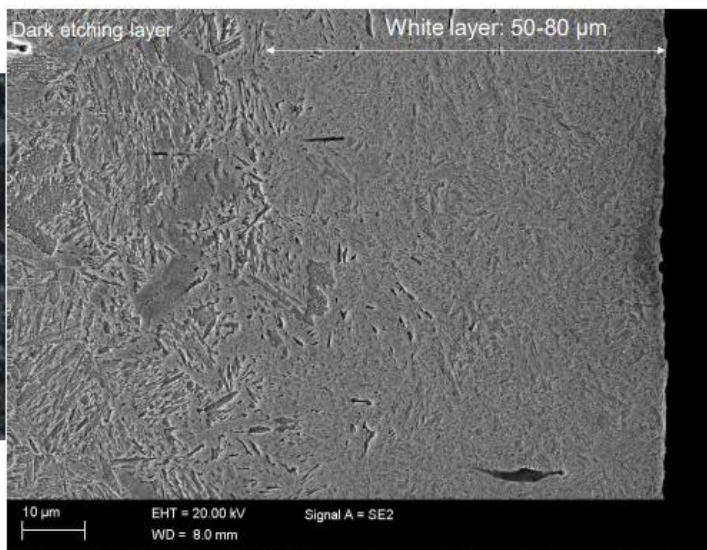
Nitridit vaikeuttavat teräksen hitsausta ja vaikuttavat väsymismurtuman etenemiseen, mutta eivät niinkään ydintymiseen. Haurastuminen voidaan torjua pienellä titaaniseostuksella. Teräksen jäähtyessä titaaninitridi aloittaa erkautumisen alumiininitridiä korkeammassa lämpötilassa ja alkaa sitoa tyypeä

VAURIOSELVITYKSIÄ TUKEVINA PALVELUINA METLAB KÄYTTÄÄ JA TARJOAA AJANMUKAISIN TUTKIMUSMENETELMIN ALKUINEANALYYSEJA, RIKKOVAA AINEENKOETUSTA, KOVUUSKOKKEITA, METALLOGRAFISIA TUTKIMUKSIA, MIKROSKOPIAA JA KORROOSIOKOKKEITA SEKÄ KONSULTOINTIA.

Pintakarkaistu (hiiletys) matalahiilinen teräs
Hiottu tasohiomakoneella



The produced martensite is untempered and thus the appearance in etching is almost featureless.



Kuva 4. Karkaistun teräksen tasohionnassa syntynyt uudelleen karennut kerros. Vasemmalla optinen mikroskooppikuva, oikealla pyyhkäisyelektronimikroskooppikuva. OTM = ylipäästynyt martensiitti, UTM = päästymätön martensiitti

estäen siten alumiininitridin muodostumista haitalliseen levymäiseen muotoon. Titaani myös sitoo typen pieniksi, rakenteeseen tassaemmin jakautuneiksi titaaninitrideiksi ja estää sitäkin kautta levymäisten alumiininitridien muodostumista.

Karkaistun kappaleen työstövaurioista

Karkaistujen teräskomponenttien jälkityöstössä yleisesti käytettyjä menetelmiä ovat hionta ja kovasorvaus. Molemmat menetelmät voivat aiheuttaa kappaleen pintaan ei-toivottuja muutoksia, jotka vaikuttavat komponentin myöhempään käyttäytymiseen. Yliopistotutkija TkT **Suvi Santa-aho** Tampereen yliopiston Materiaalitieteiden ja ympäristötekniikan yksiköstä kävi esityksessään läpi näitä muutoksia ja niiden tutkimisessa käytettäviä menetelmiä.

Hionta on materiaalin poistamista pinnasta hiomarakeita sisältävällä hiomalaikalla, yleensä jäähdityksen kanssa. Hionta on perusolemukseltaan miniatyyristä lastuavaa työstöä. Kovasorvaus taas on teräpalalla tapahtuvaa lastuavaa työstöä joko jäähdityksen kanssa tai ilman. Vaikutukset komponentin myöhempään käyttäytymiseen syntyvät sekä pinnan mikrorakenteessa että pintakerroksessa vaikuttavissa sisäisissä jännityksissä tapahtuvien muutosten kautta.

Varsinkin hionnassa tapahtuvat muutokset tulevat useimmiten esiin komponentin

väsymiskestävyydessä. Väsymismurtuman ydintyminen tapahtuu usein kappaleen pinnassa, jossa esim. kiertotaituvuustyyppisessä kuormituksessa vaikuttavat jännitykset ovat maksimissaan. Väsymisen kannalta pinnassa vaikuttavan rakennemuutoskerroksen pak-suudella ei ole merkitystä.

Ydintymiseen vaikuttavat pinnan mikrorakenne ja pinnanlaatu sekä niiden poikkeamat, kuormituksen keskijännitys sekä ympäristötekijät. Väsymiskestävyyden kannalta edullinen on pinnassa vaikuttava puristusjännitystilä, koska se kompensoi varsinaisesta kuormituksesta aiheutuvia, pinnassa mahdollisesti olevia säröjä avaamaan pyrkiviä vetojännityksiä.

Hionnassa tapahtuva plastinen muodonmuutos synnyttää pintakerrokseen puristusjännitystä. Syntyvät epäedulliset rakennemuutokset liittyvät useimmiten hionnan yhteydessä tapahtuvaan pinnan lämpötilan nousuun puutteellisen jäähdityksen, hiomalaikan kulumisen yms. tekijöiden vuoksi. Varsinaisia hiontavirheitä ovat työkalun ku-

lumisesta johtuva epätasainen pinnanlaatu, päästöpalaminen sekä uudelleen kareneen vyöhykkeen muodostuminen hiottavaan pintaan.

Päästöpalaminen ja uudelleen kareneen vyöhykkeen muodostuminen näkyvät yleensä hiotun pinnan värimuutoksina (oxidation burn). Päästöpalamisessa pinnan lämpötila ylittää komponentin karkaisussa käytetyn lämpötilan, jolloin pinnan kovuus laskee ja siinä vaikuttavat puristusjännitykset laukeavat.

Uudelleen karkenemisessä pinnan lämpötila nousee austenointilämpötilan yläpuolelle. Seuraavan jäähtymisen aikana pintaan muodostuu päästymättömän martensiitin muodostama kova ja hauras kerros, jonka alla on ylipäässeeseen martensiitin muodostama pehmeämpi vyöhyke (kuva 4). Pintakerroksen sisäiset jännitykset muuttuvat niin, että ohuessa pintakerroksessa vaikuttaa jäähtymisen jälkeen puristusjännitys martensiittimuutokseen liittyvän tilavuuden kasvun ansiosta. Se muuttuu kuitenkin syvemmälle mentäessä nopeasti vetojännitykseksi ylipäässeessä martensiitissa tapahtuneen plastisen muodonmuutoksen ja jäähtymiskutistumisen vuoksi. Uudelleen kareneen kerroksen alle voi muodostua jopa säröjä.

Kovasorvauksessa virheelliset työstöparametrit johtavat helposti hyvin kovan ja näyteenvalmistukseen liittyvässä syövytyksessä piirteettömäksi jäävän ns. valkoi-

VARSINKIN HIONNASSA TAPAHTUVAT MUUTOKSET TULEVAT USEIMMITEN ESIIN KOMONENTIN VÄSYMISKESTÄVYYDESSÄ.

sen kerroksen (White Layer WL tai White Etching Layer WEL) muodostumiseen. WL/WEL-kerros on ilmeisesti voimakkaan muokkautumisen aiheuttaman lämpötilan nousun, uudelleen austenoitumisen ja austeniitin muokkautumisen sekä nopean jäähtymisen tuloksena syntyneitä nanorakenteista martensiittia. WL/WEL-kerroksen syntyy liittyä pintaan muodostuva vetojännitystilä, joka syvemmälle mentäessä muuttuu puristusjännitystilaksi.

Hiontavirheiden havaitsemiseen on käytettävissä sekä valmistusprosessin aikana käytettäviä menetelmiä (esim. hiontalaikan kulumisen seuranta, akustisen emission mitaukset, hiontavoimien mittausten menetelmät jne.) että valmiille komponentille tehtäviä menetelmiä. Valmiille komponentille voidaan tehdä NDT-tutkimuksina standardisoitua Nital-syövytystä, Barkhausen-kohinamittauksia sekä magneettijauhetaarkastuksia mahdollisten säröjen havaitsemiseksi. Laboratoriotutkimuksina tehdään jäännösjännitysten mittausta röntgendiffraktiolla sekä mikrorakennetutkimuksia.

Mikrorakennetutkimuksissa käytettyjen näytteiden valmistukseen käytetään standardisoitua Nital-syövytystä. Barkhausen-kohinamittaus ei ole standardisoitu menetelmä, mutta se on yleisessä käytössä. Menetelmä perustuu ennalta määritettyyn hylkäysrajaan, johon mittaustuloksia verrataan.

WL/WEL-kerroksen havaitsemiseen ei ole löydetty sopivaa NDT-menetelmää. Ainoa keino sen havaitsemiseen ovat mikroskopiatutkimukset. Koska hionnassa ja kovasorvauksessa muodostuvat pintavirheet ovat erilaisia, ei työstömenetelmän muuttaminen hionnasta kovasorvaukseen ole riskitöntä, jos lopputuloksen laatua ei saada määritetyksi.

Esimerkkejä vauriotapauksista: Syyt ja seuraukset

Tuotepäällikkö **Satu Tuurna**, Kiwa Inspecta määritteli ensin vaurion kemiallis-fysikaaliseksi ilmiöksi, joka aiheuttaa koneen tai laitteen toimintaan haitallisen muutoksen estäen tai rajoittaen laitteen käyttöä tai muuttamalla käytön epäluotettavaksi. Vaurio johtaa laitteen käyttöä ennen aikaiseen loppumiseen ja pahimmassa tapauksessa ympäristön tuhoutumiseen.

Kuvailtuaan syytä vaurioiden muodostumiseen yleisellä tasolla hän siirtyi tarkastelemaan hiiliteräksisten kattilaputkien sisäpuolista vaurioitumista korroosioväsymismekanismilla. Väsyttävää (syklisiä) kuormitusta syntyy mm. kattilalaitoksen ylös- ja alasajojen vuoksi sekä putkiston mahdollis-

ta värähtelyistä laitoksen käydessä. Nykyisin yleistynyt trendi ajaa tiettyjä kattilalaitoksia sähköhinnan mukaan lisää syklisiä kuormitusta ja nopeuttaa vaurioiden syntyä.

Hiiliterästen käytettävyyttä kattilalaitosolosuhteissa riippuu pitkälti teräksen pintaan muodostuvan magneettiikalvon muodostumiskyvystä ja stabiilisuudesta. Magneettiikalvo muodostuu hiiliteräksen pintaan noin 230 °C lämpötilassa hieman alkalisisä happiköyhässä vedessä. Kalvon murtuminen mekaanisten kuormitusten vuoksi altistaa alla olevan metallin ympäristön hapelle ja aikaa myöten murtumakohtaan syntyy oksidin täyttämä kuoppa.

Kuoppa puolestaan saa aikaan väsymismurtuman ydintymisen kuopan pohjalle ja murtuma lähtee etenemään korroosioväsymismekanismilla. Säröt ydintyvät usein lähelle hitsausaumoja ja ulkoisia kiinnityskohtia. Mahdollinen pinnan hiilenkato ja rakeenkasvu voivat vauhdittaa säröilyä. Putkiston sisäpuolista säröilyä on havaittu useissa laitoksissa, tyypillisesti yli 200 000 käyttötunnin jälkeen, mutta joitakin tapauksia on esiintynyt alle 100 000 tunnin jälkeen. Lopullinen vaurio syntyy usein ylösajojen yhteydessä, mutta niitä voidaan havaita myös pitempien seisontajaksojen jälkeen.

Normaaleilla tarkastusrutiineilla kyseessä olevaa vauriotyyppiä on hankala havaita, koska syöpymät ovat oksidin täyttämiä ja saattavat sijaintinsa vuoksi jäädä huomaamatta. Putken sisäpuolisen säröilyn havainnointiin voidaan käyttää ultraäänimenetelmiä erilaisina variaatioina kuten vaiheistettu ultraäänitekniikka PAUD ja kulkuaikatekniikka TOFD, jolla säröilyä voidaan havaita jo aikaisessa muodostumisen vaiheessa sekä EMAT-sovellukset, joissa ultraääni synnytetään tutkittavassa kappaleessa kahden vuorovaikutteisen magneetikentän avulla. Digitaaliradiografia soveltuu myös säröilyn havaitsemiseen sen edenneessä vaiheessa. Endoskooppitutkimuksilla voidaan havaita pitemmälle edennyt säröilyä.

**NORMAALLEILLA
TARKASTUSRUTIINEILLA
KYSEESSÄ OLEVAA
VAURIOITYYPIÄ ON HANKALA
HAVAITA, KOSKA SYÖPYMÄT
OVAT OKSIDIN TÄYTTÄMIÄ JA
SAATTAVAT SIJAINNINSA VUOKSI
JÄÄDÄ HUOMAAMATTA.**

Toisena esimerkkinä Satu Tuurna tarkasteli St 35.8-ekopotken vuotoa levyn ja putken hitsisaumassa. Putken sisäpuolella oli vesi ja ulkopuolella eriste. Liitoksessa oli särö hitsausauman vieressä putken ulkopinnalla; lisäksi putken sisäpinnalla oli edellä kuvattu korroosioväsymissäröjä. Putken ulkopinnassa oli hiilenkatokerros sekä pitkin raerajoja kulkevaa säröilyä, jonka murtopinnoissa oli selviä vetyurtuman piirteitä. Säröilyn aiheuttaneen vedyn päätettiin joutuneen teräksen liitossauman hitsauksen yhteydessä. Vuotovaurio syntyi sisä- ja ulkopuolisten säröjen kohdatessa toisensa.

Vaurion syntymistä estävinä ennakoivina toimenpiteinä ovat mahdollisimman vähäveteyksen hitsausmenetelmän ja -menettelyn käyttö (mukaan luettuina hitsattavien pintojen puhdistaminen ja kuivat lisäaineet) sekä epäpuhtauksien poistaminen kattilavedestä.

Kolmantena esimerkkinä Satu Tuurna esitti isojen päähyörytukkien ja yhteiden virumisongelmat, jotka sijoittuvat pääasiassa tukin ja yhteen välisen hitsin tukin puoleiselle sularajalle, usein niin kutsutulle satulapistevalueelle. Riittävän pitkälle edettyään viruminen aiheuttaa materiaalin säröilyä ja lopulta vuotovaurioita. Ennakoivana toimenpiteenä on virumisen aiheuttamien rakennemuutosten ja säröilyn seuraaminen jäljenneli replikatekniikalla, jota voidaan käyttää myös ylikuumentumisvaurioiden selvittämisessä. Lopuksi käytiin läpi yleisiä keinoja vaurioiden minimoimiseksi tai välttämiseksi.

Pitkän kestoian väsyminen käytännössä – mahdoton suunnittelutehtävä?

Tekniikan tohtori **Niko Ojala** N.O.C. Oy:stä paneutui esityksessään suuria kuormanvaihtokertojen lukumääriä sisältävien väsymistapauksien suunnittelu- ja mitoitus tehtäviin. N.O.C Oy on vuonna 2021 perustettu konsulttiyritys, jonka toimialaan kuuluvat tuotekehitys, materiaalteknikka, tekninen laskenta, suunnittelu, koulutus, sosiaalinen media sekä Teams-työkalut käyttöön.

Pitkän kestoian väsymiseksi määritellään sykliset kuormitustilanteet, joissa kuormanvaihtojen lukumäärä ylittää 100 000 tai miljoona sykliä. Tämän määrän saavuttamiseen tarvittava aika riippuu kuormitustaajuudesta: 30 Hz:n taajuudella 100 000 sykliä saavutetaan noin tunnissa, mutta 0,5 Hz:n taajuudella 300 miljoonan syklin saavuttaminen kestää 20 vuotta.

Esimerkkeinä Niko Ojala käytti kallio- porauksen porakruunua ja sen väsymistä. Kruunun todellinen käyttöikä vaihtelee

CASE 2 – KELLUVA LAUTTA

- Suunniteltu käyttöikä: 10+ vuotta
- Kohde: erilaiset nivelet ja liittimet
- Suunnittelun haasteet
 - Kuormitusten määrittäminen
 - Mittaaminen mahdollista
 - Standardit ja määräykset
 - Väsymislaskelmat
 - Korrosio
 - Perinteiset: hinta ja paino



© Hentec

Kuva 5. Pitkän kestoian väsymistarkastelussa analysoitu kelluva lautta

kahden tunnin ja 20 päivän välillä, vaikka kalenterista katsottu aika on yleensä 2-4 viikkoa kallionporauksessa ja maaporauksessa yli vuosi. Poravasaroiden iskutaajuudet vaihtelevat välillä 15-40 Hz. Suunnittelun haasteena on kuormitusten määrittäminen; niiden mittaaminen on vaikeaa tai mahdotonta, ja kuormitustilanteessa on loputon määrä muuttujia. Lopulta monia asioita on pakko arvata. Perinteinen suunnittelukriteeri on kruunun hinta.

Kokenut porari usein kuulee porakruunussa alkavan vaurion muutoksena kankiletan ”soinnissa”. Poraamista jatketaan usein kuitenkin lopulliseen vaurioon saakka, ja seurauksena murtopinta on käytännössä tutkimusmielessä täysin pilalla murtuneiden pintojen hakkautuessa toisiaan vasten. Vaurioanalyysin tekeminen murtopinnoista on hyvin vaikeaa, joskin väärinkäyttöä pystyy jossain määrin arvioimaan murtuman sijainnin ja murtopinnan suunnan perusteella.

Toisena esimerkkinä Ojalalla oli kelluva lautta (kuva 5), jonka käyttöikäksi oli määritetty yli kymmenen vuotta. Suunnittelun kohteena olivat lautan joustavaan rakenteeseen kuuluvat nivelet ja liittimet. Suunnittelun haasteena oli nytkin kuormitusten määrittäminen. Niiden mittaaminen on jossakin määrin mahdollista olemassa olevasta rakenteesta; lisäksi standardit ja määräykset sisältävät ohjeistusta. Meriolosuhteissa myös korroo-

sio on otettava huomioon väsymistarkasteluissa. Perinteisiä kriteereitä ovat nytkin hinta ja paino.

Väsymistarkastelun kohteena oli kaksi joustavaa liittintä, joiden tavoiteltu väsymisikä oli 300-400 miljoonaa sykliä. Komponenttiin kohdistuva staattinen kuorma oli 13 tonnia ja syklinen kuorma ± 17 tonnia. Valmistaväsymisdataa ei kyseisille komponenteille ollut eikä täyden mittakaavan testaaminen ollut mahdollista kaikille osille.

Osa kuormituksista ja vaadittavista liikelajuuksista oli helppo määrittää tai arvioida. Lopulta väsymissuunnittelu oli kuitenkin tehtävä yksinkertaistaen pitämällä suurin mahdollinen kuormitus ja arvioidut syklimäärät mukana ja käyttäen FEM-laskentaa niin paljon kuin mahdollista. Yksi suunnitelluista nivelistä piti määräysten mukaan testata vi-

rallisen luokituslaitoksen kanssa. Rakenneläpäisi kaikki testit ja käyttäytyi ylikuormitustilanteessa odotetulla tavalla.

Pitkän kestoian väsymissuunnittelussa avaintekijöitä ovat yleinen kokemusperäinen tieto, oma kokemus, fail fast -kenttätetit sekä mittaus ja simulointi aina, kun ne ovat mahdollisia. Viimeisiksi ja ratkaiseviksi keinoiksi jäävät kuitenkin monessa tapauksessa yksinkertaistukset, parhaat arvaukset ja riittävät varmuuskertoimet. ▲

TEKSTI: TUOMO TIAINEN

**PITKÄN KESTOIAN
VÄSYMISSUUNNITTELUSSA
AVAINTEKIJÖITÄ OVAT YLEINEN
KOKEMUSPERÄINEN TIETO, OMA
KOKEMUS, FAIL FAST -KENTTÄTESTIT
SEKÄ MITTAUS JA SIMULOINTI AINA,
KUN NE OVAT MAHDOLLISIA.**

kallion- poraus- teknologiaa pohjoisesta.

Suomessa suunnitellut ja valmistetut hydrauliset kallioporakoneemme ovat tunnettuja luotettavuudestaan ja taloudellisesta poraustehostaan. Olemme ylpeitä voidessamme tarjota louhintateknologiaamme laitevalmistajille ympäri maailman. Näin olemme toimineet vuodesta 1993.



maalainen kaivostoiminta / tarvekiven louhinta / infrarakentaminen / kallionlujitus / tutkimus

Doofor Oy
Kaarnakatu 11, 37150 Nokia
puhelin (03) 343 0747
doofor.com



SUOMEN VAHVIMMAT
PLATINA
Doofor Oy
FI06785224 | 2007-2023



Teknologiaateollisuuden liikevaihto Suomessa



19.4.2023

Teknologiaateollisuus

Kausipuhdistetun teollisuuden ja palveluiden liikevaihtokuvaajat

Osuudet liikevaihdosta 2021: kone- ja metallituoteteollisuus 39 %, elektroniikka- ja sähköteollisuus 21 %, tietotekniikka-ala 19 %, metallien jalostus 13 %, suunnittelu ja konsultointi 8 %

Lähde: Macrobond, Tilastokeskus

10

Uudet materiaalit ja teknologiat ohutlevytuotteissa

Ohutlevypäivät 18.-19.04.2023 Oulussa

Teknologiaateollisuus ry:n Ohutlevytuotteet-toimialaryhmän vuotuiset Ohutlevypäivät järjestettiin tänä vuonna Oulun ammattikorkeakoulussa teemanaan tämän artikkelin otsikko. Päivien tarkoituksena on esitellä ohutlevytuotteiden käyttökohteita, valmistusmenetelmiä ja näihin liittyviä ajankohtaisia asioita sekä tulevaisuuden näkymiä. Tällä kerralla päivät kokosivat yhteen 67 alalla toimivaa henkilöä.

Ajankohtaisia asioita, kilpailun julkistaminen ja palkinnon jako

Päivät avannut toimialaryhmän hallituksen varapuheenjohtaja **Elina Kuusisto** toivotti avaussanoissaan osallistujat tervetulleiksi ja kertoi toimialaryhmän Ohutlevy-lehden seuraavan numeron ilmestymisestä. Hän julisti toimialaryhmän Plootu Fennica -ohutlevytuotekilpailun uuden kierroksen avatuksi. Tehtävänä on suunnitella tuote tai osa ohutlevystä. Kilpailussa on kolme sarjaa: muotoilusarja, teollisuussarja ja oppilaitos-sarja. Osallistumisohjeet ovat osoitteessa

ALOITUSKUVA

Suomen teknologiaateollisuuden liikevaihdon kehitys vuosina 2010-2023.

www.plootufennica.com ja kilpailuaika päättyi 12.01.2024.

Toimialaryhmän tunnustuspalkinto Plootu luovutettiin tänä vuonna ensi kertaa yhteisölle henkilön sijasta. Palkinnon sai Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto tunnustuksena merkittävästä opiskelijaprojektista. Toimialaryhmän hallituksen puheenjohtajan **Juha Tuomiston** kirjoittamissa perusteluissa todetaan, että projektin puiteissa yliopistossa suunniteltiin ja toteutettiin Ukrainan hädänalaisille tarkoitettu kamiinamalli.

Käytännön kokeissa toimivaksi kehitetyn kamiinan piirustukset jaettiin netissä vapaasti käytettäväksi. Tuloksena maassamme syntyi mittavaa vapaaehtoista ja lahjoitustoimintaa, jonka tuloksena kuluneella talvikaudella voitiin lähettää Ukrainaan useita kamiinatoimintuksia erilaisina versioina. Näin yliopiston aloitteesta konepajatyöt ja teräsmateriaalit saivat jokapäiväistä opiskelua tai liiketoimintaa suuremman merkityksen.

Teknologiaateollisuuden talousnäkömät

Teknologiaateollisuuden johtaja, pääekonomisti **Petteri Rautaporras** esitti perinteisen Teknologiaateollisuuden talouskatsauksen. Teollisuustuotannon kasvu on pysähtynyt sekä Euroopassa että myös Suomessa. Koko teollisuustuotannon määrä supistui tammihelmikuussa 2023 yhden prosentin vuotta aikaisempaan vastaavaan kauteen verrattuna. Teknologiaateollisuuden (lukuun ottamatta tietotekniikka- sekä suunnittelu- ja konsultointialoja) vastaava vertailu osoitti vielä kahden prosentin kasvua.

Teknologiaateollisuuden liikevaihdon kehitys vuosina 2010 (indeksiluku 100) – 2023 on esitetty kuvassa 1. Tammikuun liikevaihto verrattuna vuotta aiemman tammikuun liikevaihtoon on lisääntynyt muilla aloilla paitsi metallien jalostuksessa, jossa alkuvuoden 2022 huippulukemista on tultu alas seitsemän prosentin verran. Teollisuuden suhdannetilanne on edelleen heikentynyt, mutta odotukset tulevasta ovat hieman kohentuneet. Teknologiaateollisuuden yritysten saamiin tarjouspyyntöjen saldoluku on vuoden 2022 lopusta alkaen kääntynyt heikentyneitä kysyntää osoittaviin negatiivisiin arvoihin.

Yhteenvetona Petteri Rautaporras toteaa, että kasvun pysähtymisestä huolimatta akuutti uhka vakavammasta taantumasta on kuitenkin toistaiseksi väistymässä. Finanssimarkkinoiden hermostuneisuus pitää riskiä tähän kuitenkin yllä, ja riskit kaikkien osien koholla. Teknologiaateollisuus-

den kysyntä on jatkanut toistaiseksi maltillista heikkenemistään Suomessa. Suurimman toimialan, kone- ja metallituoteeteollisuuden euromääräinen tilauskertymä on polkenut paikallaan jo vuoden. Alkuvuoteen on odotettavissa nollakasvu.

Tämänhetkisen tiedon perusteella työehtosopimusneuvottelujen päänavausratkaisun taso turvaa Suomen kustannuskilpailukyvyyn tuleville vuosille, mikäli muilla aloilla ei ylitetä päänavausratkaisun tasoa. Kuntien ja hyvinvointialueiden osalta tämä ehto ei tule täyttymään. Suomen kilpailukyvyyn säilyttämiseksi talouskehitys ei myöskään saisi merkittävästi poiketa nykyennusteista Suomessa tai kilpailijamaissa.

Ympäristövaikutusten huomioon ottaminen tuotannon ohjauksessa

Professori **Jari Larkiola** Oulun yliopistosta toteaa esityksensä aluksi, että tavoite hiilineutraalista Suomesta vuonna 2035 edellyttää päästövähennyksiä kaikilla sektoreilla. Niitä tarvitaan myös valmistavassa teollisuudessa, jonka osuus energian kulutuksesta ja päästöistä on merkittävä. Lisäksi markkinoilla on enenevässä määrin kysyntää puhtaammille ratkaisuille. Tavoitteen saavuttamiseen tarvitaan mittavia T&K-investointeja sekä tutkimuslaitosten ja teollisuuden yhteistyötä.

Esimerkkinä tällaisesta yhteistyöstä on aikavälillä 1.9.2021 – 31.12.2023 toteutettava Green Factory – kohti hiilineutraalia tuotantoa (GREEF) -hanke, jossa on mukana kolme tutkimuslaitosta: Oulun yliopisto, Aalto ja VTT sekä seitsemän yrityspartneria. Hankkeen tavoitteena on auttaa valmistavan teollisuuden yrityksiä vähentämään toimintansa ja tuotteidensa ympäristövaikutuksia sekä vauhdittaa yrityksiä kohti vähähiilisuuden ja viennin kasvun tavoitteita. Hankkeen budjetti on 4,8 M€, josta Business Finland rahoittaa noin puolet.

Hankkeessa on neljä työpakettia. Oulun yliopisto koordinoi pakettia TP1: Vihreä tehdas brändin näkökulmasta, joka selvittää kestävästä valmistuksesta kytkeytymistä teolliseen brändäykseen. Oulun yliopisto koordinoi myös työpakettia TP3: Kestävä tuotannon ja toimitusketjun hallinta, joka selvittää juuri tuotannon ympäristövaikutusten huomioon ottamista eli esityksen teemaa. Aalto-yliopisto koordinoi työpakettia TP2: Valmistuksen hiilijalanjalan laskenta ja VTT työpakettia TP4: Teollisuuden uudistuminen valmistusprosesseissa ja -menetelmissä.

Työtä kohti kestävä ja ympäristöä huomioon ottavaa tuotantoa ohjataan EU:n säädöksillä, joista viimeisimpänä on voimaan

tullut CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive). Sen mukaan pörssiyritysten ja sellaisten listaamattomien yritysten, joiden kohdalla kaksi kolmesta ehdosta: vähintään 250 työntekijää, liikevaihto vähintään 40 M€ tai tase vähintään 20 M€ täytyy, on vuoden 2023 tilikaudesta alkaen raportoitava uuden lakisäätöisen yritysten kestävyysraportointistandardin mukaan.

Yritysten on raportoitava sekä yritykseen vaikuttavista kestävyysriskeistä että yrityksen vaikutuksista yhteiskuntaan ja ympäristöön. Käytetty ympäristövaikutusten laskemiseen kehitetty standardi on GHG eli Greenhouse Gas Protocol. Se on kytköksissä laajempaan globaaliin GRI-raportointijärjestelmään, joka keskittyy ympäristön ohella myös yrityksen yhteiskunnallisiin ja taloudellisiin vaikutuksiin.

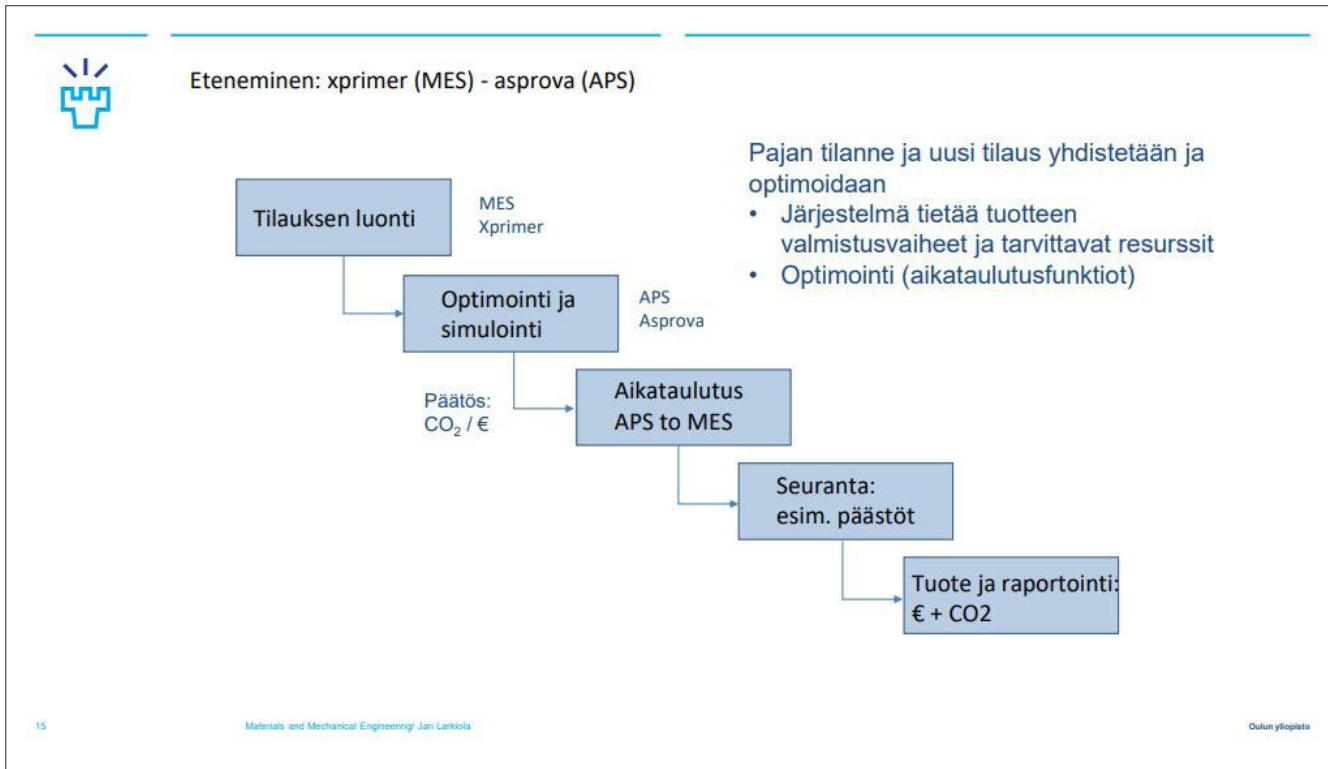
GHG-protokollassa päästöt jaotellaan kolmeen kategoriaan: Scope 1 -kategoriaan kuuluvat päästöt, jotka syntyvät paikan päällä yrityksen oman toiminnan seurauksena. Scope 2 -kategoriaan kuuluvat tuotannon epäsuorat ostoenergiaan liittyvät päästöt, ja Scope 3 -kategoria kattaa kaikki epäsuorat päästöt kuten myytyjen tuotteiden loppukäytöstä sekä tavaroiden ja palvelujen hankinnasta aiheutuvat päästöt.

Epäsuorat Scope 3 -päästöt syntyvät lähteistä, joihin yrityksellä itsellään on vähemmän vaikutusvaltaa ja siksi määrittäminen on vaativampaa. Ensimmäisessä vaiheessa suurien yritysten on raportoitava Scope 1- ja Scope 2 -päästöt ja Scope 3 -päästöjen raportointi alkaa 01.01.2024.

Ympäristöarvoilla tuotannonohjauksjärjestelmissä tarkoitetaan niitä ympäristöön vaikuttavia tekijöitä, jotka vaikuttavat tuotannonohjauksen välityksellä yritysten tuotteisiin, palveluihin tai prosesseihin. Yritys voi määrittää ne ympäristötekijät, jotka sen tulee ottaa huomioon omassa tuotannonohjauksessaan, esimerkiksi työstökoneiden energian kulutus jne. Tavoitteena on pienentää suoria ja/tai epäsuoria ympäristövaikutuksia.

Esimerkkinä tuotannon optimoinnista ympäristöarvot ja kustannukset huomioon ottaen Jari Larkiola tarkasteli kierteellisen ja hiotun lattamaisen väsytysoesauvan valmistusta yliopiston työpajassa. Hän kävi läpi valmistuksen vaiheet, kussakin vaiheessa käytettävät mahdolliset työstökoneet ja niiden käyttöön liittyvät ympäristötekijät sekä tarvittavan datan keräämisen ja syöttämisen tietokantaan.

Tietokantaa käyttäen pajan tilanne ja uusi tilaus yhdistetään ja optimoidaan (kuva 2).



Kuva 2. Uuden tilauksen ja pajan tilanteen yhdistäminen ja optimointi ympäristövaikutukset huomioon ottavassa tuotannon ohjauksessa.

Vaihtoehtoisia valmistusreittejä simuloimalla määritetään niihin liittyviä päästöjä ja kustannuksia. Tulosten perusteella valitaan käytettävä valmistusreitti, joka aikatauluteaan pajan tuotannonohjausjärjestelmään. Järjestelmä kerää dataa valmistuksen eri vaiheista ja syöttää sen tietokantaan, joka näin kehittyi askel askeleelta erilaisten tuotteiden valmistuksen myötä.

Järjestelmä myös laskee tuotevalmistuksen tehokkuutta osoittavan KPI-indeksiluvun, jota käytetään valmistusprosessin ympäristö- ja kustannusraportoinnissa. Näin voidaan tarkastella toiminnan vastuullisuutta yhdessä teknologisen osaamisen kanssa ja osoittaa direktiivien vaatimusten täyttyminen. Samalla ohjataan pajan Lean-toimintaa ja määritetään tarvittavat kehityskohdat kustannusten ja ympäristötekijöiden optimoimiseksi.

Teollisuuden digitalisaation ja kestävä kehityksen kaksoisiirtymä ja Finnish Advanced Manufacturing Network (FAMN)

DIMECC Oy:n Disruptive Renewal Officer **Antti Karjaluo** ja Senior Ecosystem Lead **Kari Muranen** esittelivät DIMECC Oy:tä ja sen johtamaa FAMN-ekosysteemiä. DIMECC Oy on yhteistyöalustayhtiö, joka edistää ja tukee yrityksiä digitaalisessa muutoksessa ja kestävässä kehityksessä. Tällä hetkellä DI-

MECC johtaa viittä teollisuutta muuttavaa ekosysteemiä.

ONE SEA luo ja toteuttaa olosuhteita automaattiselle ja autonomiselle meriliikennejärjestelmälle. FAME kehittää kestävästä AM-valmistuksesta Suomen kilpailukykyteknijää. FAMN johtaa suomalaisia valmistavan teollisuuden ja ICT-alan yrityksiä kohti verkottuneiden ja datavetoisten järjestelmien uutta aikakautta. VAMOS tekee suomalaisista yrityksistä globaalisti johtavia ratkaisuntuottajia autonomisen liikkumisen markkinoille vuoteen 2029 mennessä. SW4E vastaa kasvavan monimutkaisuuden ja kysynnän vaatimukseen vahvistamalla ohjelmistokehityksen menetelmiin, teknologioihin ja työkaluihin liittyvää tietotaitoa.

Lähtökohtana FAMN-ohjelmassa on, että digitalisaatio ja digitaalinen vallankumous ovat muokkaamassa teollisuusyritysten arvoketjuja ja muuttamassa toimintaympäristöä. Toisaalta DIMECCin arvion mukaan vain murto-osa valmistavan teollisuuden datan arvosta on hyödynnetty teollisuudessa ja 95% sen arvosta menetetään eri syistä. Suurimmat arvonluontimahdollisuudet liittyvät useiden datajoukkojen yhdistämiseen, mikä tuottaa uusia oivalluksia.

FAMN-ekosysteemiin DIMECCin lisäksi kuuluvat 16 jäsenyritystä ovat määritelleet toiminnan painopistealueet. Ne ovat DIMECCin hoitama fasilointi, innovaatorahoi-

tus, TKI-infrastruktuurit (mm. Infra-projekti), kiihdytys (mm. datakiihdyttämö) ja inhimilliset voimavarat (esim. räätälöidyt koulutusakatemit). FAMN-lupaukset on esitetty kuvassa 3.

FAMN tukee myös työ- ja elinkeinoministeriön Tekoäly 4.0 -ohjelmaa edistämällä kaikkia sen neljäätoista avaintavoitetta. Ohjelman visiona on, että Suomesta tulee voittaja kaksoisiirtymässä ja tavoitteeksi on asetettu, että vuonna 2030 suomalainen teollisuus on puhdasta, tehokasta ja digitaalista. Se tuottaa kilpailukykyisiä, asiakkaiden hiilikädenjälkeä kasvattavia ratkaisuja globaaleille, yhtenevästi säännellyille markkinoille.

Lopuksi Antti Karjaluo ja Kari Muranen esittivät esimerkkejä FAMN-jäsenyritysten toteutetuista TKI-projekteista ja niiden tulosten vaikutuksista yritysten liiketoimintaan.

Ralliauton prototyypin rungon suunnittelu ja valmistus muokkauslujasta ruostumattomasta teräksestä

Projektipäällikkö **Terho Iso-Junno** Oulun yliopiston Kerttu Saalasti-instituutista esitteli Oulun yliopiston, Oulun ammattikorkeakoulun ja ELME Studion ULTRA-yhteistyöprojektin, joka toteutettiin Pohjois-Pohjanmaan liiton EU/EAKR-rahoituksella. Oulun yliopistosta projektiin osallistui Kerttu Saa-



FAMN lupaukset

Liity mukaan:
www.FAMN.fi



© 2023 DIMECC Oy

- **Yhdistämme** olemassa olevat ja uudet valmistavan teollisuuden- ja ICT -alan verkostot
- **Käynnistämme ja johdamme** aloitteita automaation, datan, tekoälyn ja koneoppimisen ympärillä ja perustamme digitalisaatio –projekteja ja -ohjelmia.
- **Edistämme ja luomme** yhteistä kokeiluinfrastruktuuria, joka keskittyy **uusimpiin teknologioihin**.
- **Edistämme** jäsenyritysten osaamisen kehittymistä ja mielekästä **yhteistyötä** tutkimuslaitosten ja yliopistojen kanssa.
- **Autamme** jäsenyrityksiä suunnittelemaan ja toteuttamaan yhteisiä **TKI -projekteja**.
- **Jaamme tietoa sääntelystä ja teollisista standardeista**.
- Yhdessä **vahvistamme valmistavan teollisuuden brändiä**.
- Yhdessä **viemme Suomen valmistavan teollisuuden maailmanluokan tasolle**.

DIMECC 12

Kuva 3. FAMN-ekosysteemin lupaukset.



Suunnittelukonsepti





- **Keskikori keveästä ja jäykästä kennolevystä**
 - Puhkaisusuoja; ei aukkoja rakenteessa
- **Etu- ja takarunko palkkirakenteisia**
 - Materiaalina ultraluja teräs
 - Ei valmiina saatavana, joten putket tehtiin itse levystä
- **Moduulirakenne**
 - Etu- ja takarunko irrotettavissa/vaihdettavissa helposti
- **Projektin aikana valmistettiin rungosta 2 prototyyppiä**
 - Kuvassa vasemmalla Prototyyppi 1

University of Oulu – Kaisto Saarela Institute – Future Manufacturing Technologies
Oulu University – Kaisto Saarela Institute – Future Manufacturing Technologies (FMT)

Kuva 4. ULTRA-projektissa rakennetun ralliauton rungon prototyyppi n:o 1.

lasti-instituutin lisäksi CASR-terästudkimuskeskus.

Projektin puitteissa suunniteltiin ja rakennettiin ralliauton prototyypin runko kahtena eri versiona. Materiaalina oli muokauslujitettu ultraluja ruostumaton teräs (myötölujuus n. 1200 N/mm², murtolujuus n. 1500 N/mm²), ja rakenne toteutettiin pääasiassa ohutlevytyönä. Tarvittavan keveyden, lujuuden ja jäykkyyden saamiseksi rakenteeseen käytettiin sekä ohutlevystä itse valmistettuja kennolevityyppejä että putkipalkki-komponentteja.

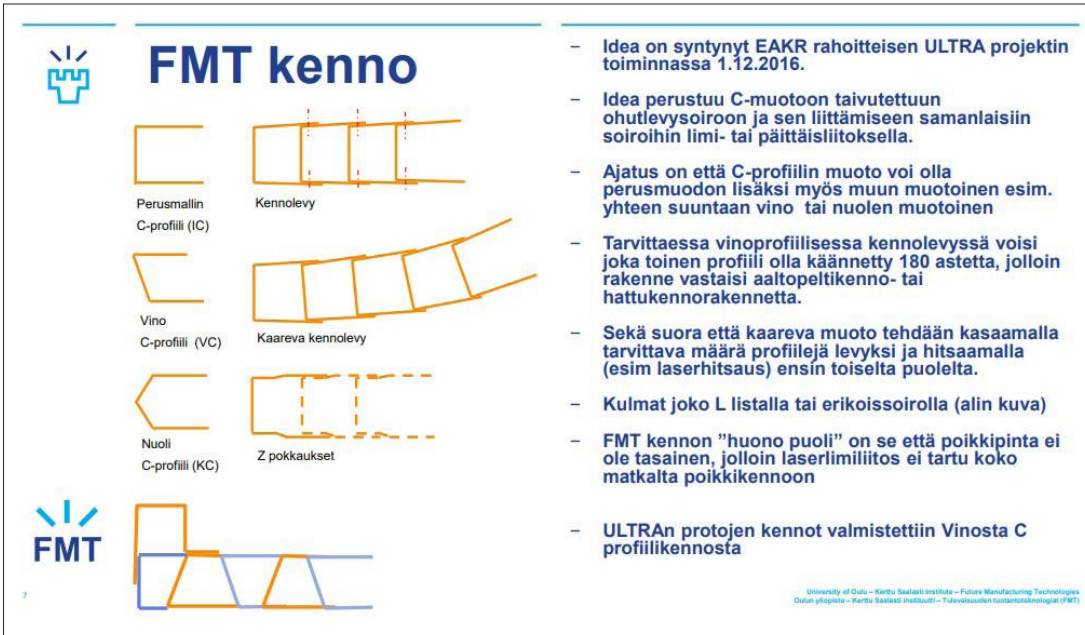
Suunnittelun lähtökohtana oli rakentaa rungon keskikori keveydestä ja jäykästä ken-

PROJEKTIN PUIFFEISSA SUUNNITELTIIN JA RAKENNETTIIN RALLIAUTON PROTOTYYPIN RUNKO KAHTENA ERI VERSIONA. MATERIAALINA OLI MUOKKAUSLUJITETTU ULTRALUJA RUOSTUMATON TERÄS (MYÖTÖLUJUUS N. 1200 N/MM², MURTOLUJUUS N. 1500 N/MM²), JA RAKENNE TOTEUTETTIIN PÄÄASIASSA OHUTLEVITYÖNÄ.

nolevystä, joka toimii samalla puhkaisusuojana. Etu- ja takarunko olivat putkipalkkirakenteisia. Koska palkkeja ei ollut saatavilla valmiina, ne tehtiin itse levystä särmäämällä ja hitsaamalla. Runko oli myös moduulirakenteinen niin, että etu- ja takarunko olivat helposti irrotettavissa. Runko rakennettiin kahtena eri prototyyppinä; prototyyppi 1 on esitetty kuvassa 4.

Keskirunkoon käytetyt kennolevyt valmistettiin 0,5 mm paksusta AISI 301-ohutlevystä särmätyistä vino C-profiileista. Levyä koottaessa joka toinen profiili käännettiin 180°, jolloin saatiin syntymään aaltopeltityyppinen kennorakenne. Profilit kiinnitettiin toi-

Kuva 5. Kennolevy-rakenteen valmistusperiaate.



Kuva 6. ULTRA-projektissa rakennetun ralliauton rungon prototyyppi n:o 2.

siinsa limiliitoksilla laserhitsaamalla (kuva 5). Putkipalkit valmistettiin 2 mm paksuisesta AISI 301-levystä särmätyistä U-profiileista laippojen päittäisiitoksilla.

Kennolevyihin tulevat kiinnityspisteet toteutettiin korkeaa kestävyyttä vaativissa kohteissa läpiholkituksina ja kevyemmin kuormitettavissa kohdissa yksipuolisina niittimuttereilla toteutettuina kiinnityspisteinä. Läpiholkituksissa käytettiin laserleikattuja kiinnitys/paikoituslevyjä ja kennojen alueella niittimutterien alle laitettiin vahvikelevy ja koriliimaa. Keskirungon ja putkipalkkirunkojen väliset liitokset toteutettiin pulttikiristeisillä kartioliitoksilla.

Palkkiliitokset olivat haastavia, sillä muokauslujitettu materiaali menettää lu-

juuttaan hitsauksen lämmöntonni ansiosista. Tämän vuoksi osa eturungon hitsatuista liitoksista muutettiin pulttiliitoksiksi. Useampien palkkien risteysliitokset valmistettiin käyttämällä koneistettuja haarakappaleita eli inserttejä, joiden haarioihin liitettävien putkipalkkien päät voitiin työntää ja kiinnittää laser- tai TIG-hitsaamalla. Tällöin liitokseen osallistuvien palkkien päät voivat olla suoria. Kuvassa 6 on esitetty valmis prototyyppirunko 2 eri suunnista kuvattuna.

Valmiin runkoprototyyppiin 2 paino oli 325 kg. Prototyyppiin 1 verrattuna paino oli keventynyt noin 50 kg optimoitujen ainepak-suuksien ja parannetun rakenteen ansiosta.

Materiaalien kannalta hankkeen tärkeimmät opetukset liittyivät ensinnäkin siihen,

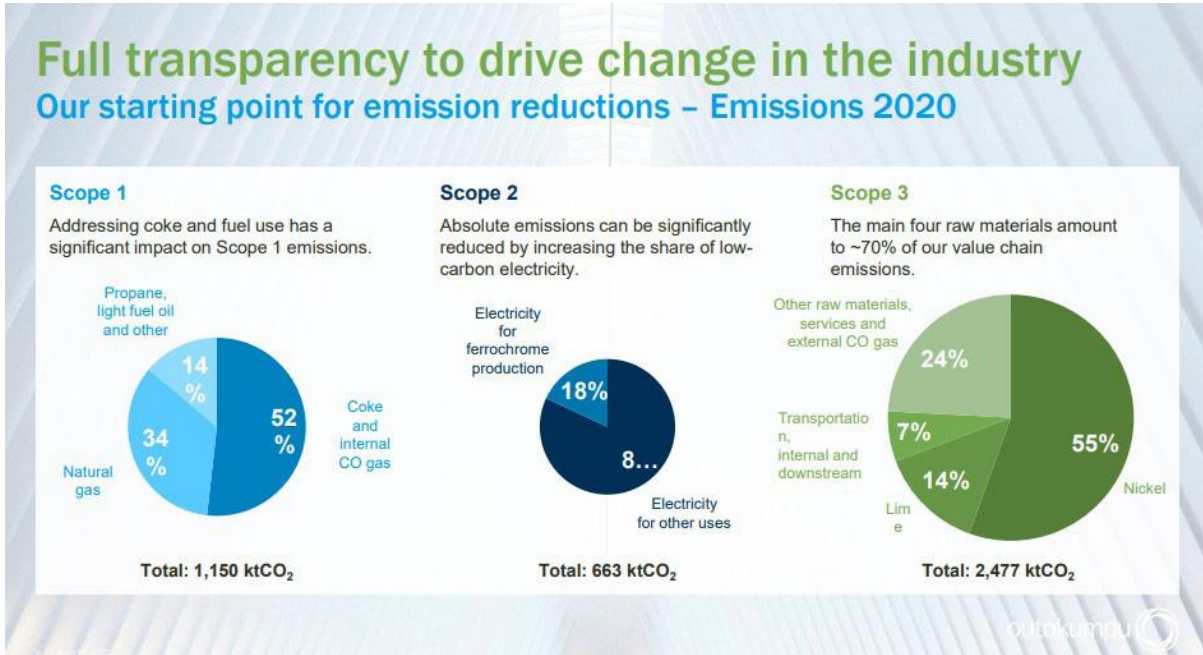
että eri toimituserien lujuudet voivat vaihdella, joka tuottaa yllätyksiä valmistuksessa. Lujien teräslajien särmättävyys tuotti ongelmia varsinkin putkipalkkien valmistuksessa suuren takaisinjouston vuoksi. Särmättävyyttä saatiin parannetuksi lämpökäsittämällä särmättävä alue induktiokuumennuksella, mutta takaisinjousto ei siitä pienentynyt. Hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset tuottivat ongelmia levy- ja laipparakenteissa. Palkkien risteysliitoksissa tarvittavat insertit voitaisiin mahdollisesti valmistaa koneistuksen sijasta 3D-tulostusta käyttäen.

Yhteenvedon hankkeesta Terho Iso-Junno totesi, että prototyyppi 2 saavutti ne tulokset, joihin prototyyppi 1:llä tähdättiin. Suunnittelijan näkökulmasta katsottuna valittu konsepti saatiin toteutetuksi onnistuneesti. Toteutettu runko on aiempia helpommin valmistettava, keveämpi ja kestävämpi ja helpommin korjattavissa.

Yritysvierailuja iltapäivän ohjelmassa

Ensimmäisen päivän iltapäivän ohjelmassa oli yritysvierailuja Oulun alueella toimiviin yrityksiin. Niitä varten osallistujat jakaantuivat kahteen ryhmään. Ryhmä A tutustui Meka Oy:n ja Nestor Cables Oy:n toimintaan, ja ryhmä 2 vieraili Cajo Technologies Oy:ssä ja Nordic Tank Oy:ssä.

Vuonna 1953 perustettu perheyhtiö Meka Pro Oy on Pohjoismaiden johtavia kaapeliteijärjestelmien valmistajia. Tuotevalikoimaan kuuluvat sinkitystä ja haponkestävästä teräksestä tai alumiinista valmistetut tikashyl-



Kuva 7. Outokumpu Stainless Oy:n lähtötilanne Circle Green-konseptiin perustuvassa päästöjen vähentämistyössä.

lyt, levyhyllyt, lankahyllyt, valaisinkiskot, johdotkanavat, pistorasiapylväät, aurinkopaneelitelineet ja Unipro® -kosketinkiskot. Nestor Cables Oy on vuonna 2007 perustettu yritys, joka valmistaa valokuitu- ja kuparikaapeleita ja muita tietoverkon osia sekä valmiita verkko- ja ratkaisuja.

Cajo Technologies Oy on suomalainen lasermerkintäjärjestelmien valmistaja, joka toimittaa optimoituja ja helppokäyttöisiä lasermerkintäratkaisuja metalli-, kaapeli-, puu- ja pakkausteollisuuteen sekä lääkinellisten laitteiden ja kuluttajatuotteiden merkintään. Nordic Tank Oy on Suomen johtava säiliöperävaunun ja -päällirakenteiden valmistaja, joka toimittaa laadukkaita ja räätälöityjä säiliöratkaisuja sekä kuljetuskalustoksi että eri teollisuusalojen tarpeisiin.

Toisen päivän aluksi pidettiin toimialaryhmän vuosikokous. Sen jälkeen jatkettiin jälleen esitelmillä.

Hankkeiden yritys yhteistyö ja hitsausrobotit

Oulun ammattikorkeakoulun projektipäällikkö **Vesa Rahkolin** esitteli ammattikorkeakoulussa käynnissä olevia hitsausrobotiikkaan sekä kunnossapitoon liittyviä hankkeita ja niihin liittyviä laiteinvestointeja. PoraKONE-hankkeessa kehitetään kansainvälistä IWS-hitsausneuvojakoulutusta toteutettavaksi monimuoto-opetuksena ja IWS-koulutus on tarkoitettu liittämään osaksi niin ikään kehitteillä olevaa hitsausalan ylempää ammattikorkeakoulututkimtoa. Sen rinnalle

on kehitetty erikoislajien terästen käyttöön hitsatuissa rakenteissa keskittyvä koulutuskokonaisuus. Hankkeisiin on osallistunut pilottiyritysryhmä.

UTEK (Uudet teknologiat kone- ja tuotantotekniikassa) -hankkeessa kehitetään valmiuksia robotiikan käyttöön hitsauksessa. Perusajatuksena on käyttää ihmisen kanssa tehtävään yhteistyöhön kykeneviä robotteja eli cobotteja mm. optiseen railonhakuun ja -seurantaan sekä pinnoitushitsaukseen. Kevyet ja liikuteltavat sekä helposti ohjelmoitavat cobotit soveltuvat piensarja- ja vaihtuvaan tuotantoon ja jigitömmään hitsaukseen. Pinnoitushitsauksessa on pinnoitettavan pinnan 3D-skannaus liitetty osaksi cobotin ohjelmointia. Hankkeen puitteissa on tehty opinnäytetöitä ja järjestetty demonstraatioita yrityksissä.

Kunnossapitoon liittyvissä KOPPI- ja KÄYPI-hankkeissa rakennetaan käynnissä- ja kunnossapidon oppimisympäristöjä, joissa perehdytään alan uusimpiin teknologioihin ja niiden vähähiilisyttä edistäviin vaikutuksiin. Hankkeiden yhteydessä on tehty mittavia laiteinvestointeja kunnossapidon mittauksiin, virtualisointiin, tiedonkeräykseen ja analysointiin sekä robotisoi-tuun kunnossapitoon liittyen.

Kestävästi tuotettua ruostumatonta terästä

Vastuullisuusjohtaja **Petri Mure**, Business Line Stainless Europe, Outokumpu Stainless Oy kertoi esityksensä aluksi, että Ou-

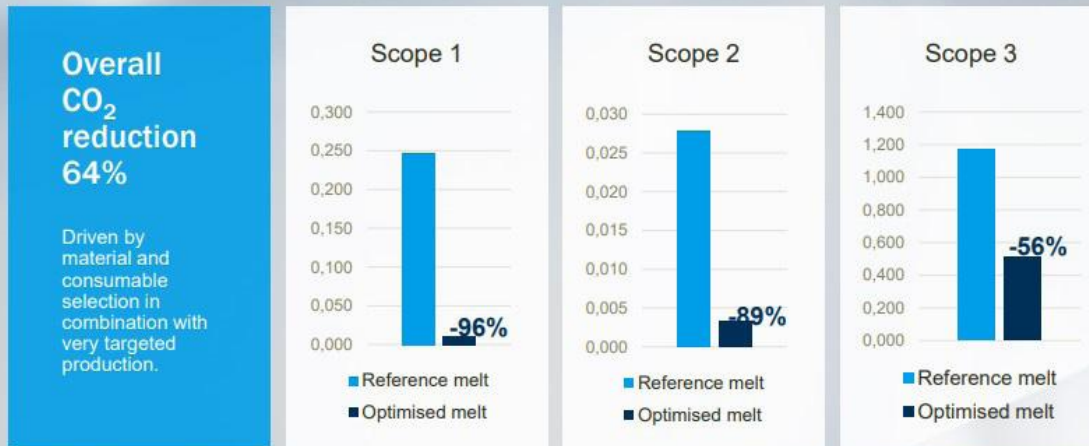
tokumpu ja sen Circle Green -konsepti on kestävästi tuotetun ruostumattoman teräksen uusi standardi. Outokummun ruostumaton teräs sisältää raaka-aineessaan markkinoiden suurimman osuuden kierrätettyjä materiaaleja. Ruostumaton teräs on ihanteellinen materiaali kestäviin ratkaisuihin, koska se on sataprosenttisesti kierrätettävä, tehokas ja pitkäikäinen materiaali.

Outokummun liiketoiminnan keskeisinä ajureina ovat globaalit megatrendit: ilmastomuutos ja resurssitehokkuus, kaupungistuminen ja väestön sekä talouden kasvu. Toiminnan fokuksessa ovat konkreettiset toimenpiteet asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Circle Green -tuotelinjalla on maailman pienin hiilijalanjälki, kierrätysmateriaalin osuus raaka-aineesta on noin 94 % ja vähähiilinen energia kattaa tällä hetkellä noin 86 % kokonaisenergiatarpeesta. Energiatarkkuutta parannetaan 8 % vuoden 2024 loppuun mennessä ja vähähiilisen energian osuutta kasvatetaan.

Lähtökohtana Outokumpu Stainless Oy:n päästöjen vähentämistyössä ovat vuoden 2020 päästöt (kuva 7). Scope 1 -päästöjen muodostumisessa merkittävä osuus on koksilla ja polttoaineiden käytöllä. Scope 2 -päästöihin vaikutetaan lisäämällä vähähiilisen sähkön käyttöä. Scope 3-päästöjen osalta neljä pääraaka-ainetta aiheuttavat noin 70 % arvoketjun päästöistä.

Outokumpu Stainless Oy julkaisee ensimmäisenä ruostumattoman teräksen tuottajana myös standardien DIN EN ISO 14067

CO₂ reduction (Case 4301)



14 | June 15, 2022

outokumpu

Kuva 8. Teräksen 4301 sulatuksessa Circle Green-konseptilla saavutetut päästövähennykset.

ja EN 15804 mukaan määritetyn tuotekoh-
taisen hiilijalanjäljen ainestodistuksissaan.
Päästöminimoidun Circle Green Classic
-tuoteportfolioon kuuluvan Core-teräksen
4301 hiilijalanjälki on jopa 92 % pienempi
kuin vastaavan tuotteen globaali keskiarvo
(0,5 tCO₂/terästonni vs. 6,1 tCO₂/terästonni).

Teräksen 4301 hiilijalanjälki 0,5 tCO₂/
terästonni sisältää scope 1&2&3-päästöt ja
lisäksi scope 1&2-päästöissä on mukana fer-
rokromin tuotanto, jota ei ole laskettu mu-
kaan muiden valmistajien tuotekohtaisiin
päästöihin. Teräksen tuotantoon käytetty-
jen raaka- ja lisäaineiden tarkalla valinnalla
ja tuotantokäytäntöjen läpikotaisella opti-
moinnilla on esimerkiksiulatuksen liittyviä
scope 1-päästöjä saatu pienennetyksi 96 %,
scope 2-päästöjä vastaavasti 89 % ja scope 3
päästöjä 56 % (kuva 8). Suhteessa Outokum-
mun vastaavaan 4301-teräksen valmistukseen
Circle Green -tuotteen CO₂-päästöt ovat vä-
hentyneet 64 %.

Outokummun koko terästuotannon kes-
kimääräinen hiilijalanjälki on 1,7 tCO₂/ton-
ni terästä, joka on 72 % globaalia keskiarvoa
pienempi. Vuotuinen 2,16 miljoonan tonnin
terästuotanto merkitsee sitä, että Outokum-
mun ruostumatonta terästä käyttämällä maa-
ilma välttyy joka vuosi 10 miljoonan tonnin
hiilidioksidipäästöiltä.

OEE tuotannon tehokkuuden mittaamisessa

Director, Customer Relations **Mikko Ter-
vala**, Pinja Oy esitteli aluksi Pinja Oy:n.
Pinja Oy on kansainvälinen SaaS (Software
as a Service) -ohjelmistoyhtiö ja johtava
digitaalisen muutoksen kumppani. Sillä on
palveluksessaan 500 henkilöä ja asiakkaita
30 maassa. Yrityksen liikevaihto vuonna
2022 oli 50 miljoonaa euroa.

OEE (Overall Equipment Effectiveness)
on tuotannon tehokkuutta mittaava tun-
nusluku. Sitä käytetään tehokkuuden tilan
analysointiin ja sitä kautta tuottavuuden
parantamiseen. Numeroarvo helpottaa on-
gelmien todentamista, vertailua sekä tavoit-
teiden asettamista.

OEE on jaettu kolmeen osatekijään: käy-
tettävyyden, nopeuden ja laatu. Yksinkertaistetusti
ilmaistuna OEE lasketaan kertomalla osate-
kijöiden prosentteina ilmaistut numeroarvot
keskenään. Jos kunkin osatekijän numeroar-
vo on 80 % eli 0,8, saadaan OEE-lukuarvoksi
0,8³ = 0,512 eli 51,2 %. Valmistavan teolli-
suuden keskimääräinen OEE-luku on vain
noin 60 % ja yli 85 % OEE-lukuun pääse-
viä yrityksiä pidetään jo todella tehokkaina.

Tyypillisiä sudenkuoppia OEE:n mit-
taamisessa ovat ensiksikin suunnitteluno-
peuden käyttäminen laskennassa. Tällöin

seurattavan prosessin/laitteen todellinen
kapasiteetti jää piiloon. Suunnittelunopeu-
den sijaan tulisi käyttää maksiminopeutta.
Toiseen sudenkuoppaan pudotaan vaihto-
aikojen poisjättämisellä. Tuotevaihdot ovat
tärkeä osa prosessia, eikä vaihtoaika ole tuot-
tavaa aikaa, vaan hukkaa. Sen poistaminen
sisältää merkittävän kehityspotentialin.

Kolmas sudenkuoppa on keskittyminen
vain kokonaistulokseen. Tuotannon kehittä-
minen lähtee osatekijöiden kehittämises-
tä, jonka seurauksena OEE kehittyy. Neljäs
sudenkuoppa on erilaisten prosessien vertai-
lu keskenään. Eri liiketoimintojen, prosessien
ja tuotteiden vertailu keskenään voi
tuottaa mielenkiintoista tietoa, mutta tuot-
tavampaa on hyödyntää OEE:ta kehittämi-
sen työkaluna.

Tehokas tuotannonseuranta on mahdol-
listaja, joka tuottaa reaaliaikaista ja oikeaa
tietoa tuotannosta. Ohjaus voidaan toteut-
taa yhden järjestelmän kautta, joka mah-
dollistaa operaattorin työn helpottamisen.
Se myös vapauttaa aikaa hallinnollisesta
työstä kehittämiseen sekä valmistuksen ja
ihmisten johtamiseen.

Lopuksi Mikko Tervala esitteli OEE-työ-
kalun käyttöä kaapelitie- ja levyhylyjärjestel-
miä valmistavan tuotantolinjan tehokkuuden
mittaamiseen.

Kasvutarinoita Oulun alueelta

CEO **Matti Tikanmäki**, Probot Oy ja liike-toiminnan kehitysjohtaja **Janne Mäkelä**, Cajo Technologies Oy esittelivät päivien päätteeksi yhteispuheenvuorossaan johtamaan yrityksiä ja niiden toimintaa.

Probot Oy on vuonna 2006 perustettu Oulussa toimiva yritys, joka keskittyy erilaisen toimintojen robotisointiin ja automatisointiin. Suomeen asennetaan tällä hetkellä 400-500 uutta teollisuusrobotia vuosittain, ja investoinnit ovat enenevässä määrin keskittymässä pieniin ja keskisuuriin yrityksiin. Mobiilirobotiikka ja robotilogistiikka ovat jo nyt arkipäivää monessa tehtaassa. Tekoäly, nopeammat tiedonsiirtoyhteydet sekä erilaiset simulaatiotyökalut ja digitaaliset kaksoset muuttavat alaa nopeasti.

Jatkossa yhteistyörobotiikan käyttö yleisty ja robotiikka tekee piensarjatuotannon ja pienerien valmistamisen kustannustehokkaammaksi. Robotiikka vastaa kestäväen kehityksen haasteisiin poistamalla hukkaa tuo-

tannosta, optimoimalla materiaalin käyttöä ja ottamalla enemmän prosessidataa talteen älykkäämmän prosessin hallinnan mahdollistamiseksi. Robotiikan toteutukset tulevat entistä selkeämmiksi ja suoraviivaisemmiksi. Kiinnostus tuotteiden tehokkaampaan jäljitukseen ja merkkaukseen on kasvamassa.

Cajo Technologies Oy:n toimialana on tuotteiden älykäs lasermerkkaustekniikka tuotteiden jäljitettävyyden sekä tuotantoprosessin luotettavuuden, laadun ja tehokkuuden parantamiseksi. Cajo Technologies Oy työllistää 40 asiantuntijaa ja sillä on yli 400 asiakasta yli 60 eri maassa.

Lasermerkkaukset tuottaa korkealaatuisia, tarkkoja ja kestäviä merkkauksia 40-70 % nopeammin muihin menetelmiin verrattuna. Laserpohjaiset merkkaukset ovat kustannustehokkaita investoinnin takaisinmaksuajan ollessa usein vuotta lyhyempiä. Ratkaisut ovat myös ympäristöystävällisiä vähentäen hiilidioksidipäästöjä jopa 90 % muihin ratkaisuihin verrattuna.

Cajo Technologies Oy tuottaa tuotantolinjoihin integroitavia merkkaujärjestelmiä, itsenäisiä merkkauksyksiköitä puolivalmistaiden tai valmiiden tuotteiden merkkaukseen sekä erikoisratkaisuja mm. kalvojen, pursotteiden, kaapelien ja johtosarjojen merkkaukseen. Sekä epäorgaanisille että orgaanisille materiaaleille ja pinnoitteille on kehitetty sopivat merkkaustekniikat ja -laitteistot.

Merkkaustekniikkaa voidaan käyttää tuotteiden brändäykseen sekä jäljitettävyyden, tunnistettavuuden ja koristeellisuuden toteuttamiseen. Myös toiminnalliset merkkaukset ja tuotepiratismien estäminen sekä hitsausaumojen puhdistaminen ja erilaiset pintakäsittelyt hitsauksen jälkeen voidaan toteuttaa lasermerkkaustekniikkaa soveltaen.

TEKSTI: TUOMO TIAINEN



Knowledge grows

Ruoantuotannon peruskivet

Yara Siilinjärven kaivoksen puhtaasta apatiittimalmista irrotamme fosforia, joka jatkojalostetaan lannoitteiksi kotimaiseen ruoantuotantoon.

yara.fi @YaraSiilinjärvi



REACH THE SET TARGET WITH 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.

- ✔ HIGHLY ACCURATE
- ✔ MINIMAL ENVIRONMENTAL IMPACT
- ✔ CERTIFIED QUALITY
- ✔ SAFETY EXCELLENCE
- ✔ COST-EFFECTIVE DRILLING
- ✔ EFFICIENT TECHNOLOGY



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



Teemme tulevaisuutta yhteistyön ja innovaatioiden kautta

Bolidenin tavoitteena on olla maailman ilmastoystävällisin ja arvostetuin metallien tuottaja. Teemme joka päivä töitä sen eteen, että olemme oman toimialamme kärkeä vastuullisuudessa ja teknisessä kehityksessä.

Drive change for
generations to come

BOLIDEN



StratiSampler

Worlds smallest automatic sampler
 Sampling during production drilling
 Correct sample data
 Driller operated
 Less energy consumption
 Less tailings
 More to sell

www.stratisampler.fi



STRATISAMPLER DRILL CORE

FinMeas

YMPÄRISTÖ- JA PATOTARKKAILUJÄRJESTELMÄ



DATA JA DOKUMENTIT SAMAAN JÄRJESTELMÄÄN

- Automaattisten ja manuaalimittausten data
- Rajapinnat eri tietolähteiden välillä



REAALIAIKAINEN MITTATIEOJEN HALLINTA

- Datan visualisointi, analysointi ja jatkojalostaminen
- Hälytykset sallittujen raja-arvojen ylittyessä



AUTOMATISOITU RAPORTOINTI

- Viikko-, kuukausi- ja vuosiraporttien automatisointi
- Manuaalisten työvaiheiden minimointi

www.finmeas.com

Kalliorakennussuunnittelija voi vaikuttaa hankkeen hiilijalanjälkeen

Kuluvan kesän uutiset eri puolilla maailmaa riehuneista maastopaloista ovat osoittaneet ilmastonmuutoksen voiman. Päästövähennyksiä on tehtävä. Tiedämme kaikki hyviä tapoja pienentää omaa hiilijalanjälkeämme, mutta mitä kaikkea voisimme tehdä työssämme?

Muutosta alalla on jo nähty. Laittevalmistajat ovat heränneet muun muassa sähköistämällä kalustoaan. Kaivoksissa on tehty lukuisia hiilijalanjälkeä pienentäviä toimenpiteitä. Kalliorakennusurakointipuolella hiilijalanjäljen pienentämistä on edistetty erilaisin keinoin esimerkiksi materiaalihukkaa ja energiankulutusta vähentämällä sekä teettämällä diplomityö, jossa verrataan maanalaisen kalliopysäköintilaitoksen ja maanpäällisen pysäköintilaitoksen rakentamisvaiheen hiilijalanjälkeä. Samanaikaisesti päästölaskentaohjelmistot kehittyvät, ja yhä useammalle tuotteelle löytyy ympäristöseloste helpottamaan vertailua.

Kuinka paljon eri suunnitteluratkaisujen hiilijalanjälkeä on ajateltu kalliorakenteiden suunnittelussa? Ehkäpä hankkeelle on laskettu hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemisesta seuraava askel on sen pienentäminen. Se edellyttää, että suunnittelija on tietoinen oman suunnitelmansa ja ratkaisujensa hiilijalanjäljestä, jotta voi kuvata sen muulle hankeorganisaatiolle päätöksenteon tueksi. Se edellyttää innovatiivisia suunnitteluratkaisuja ja totutuista tavoista poikkeamista. Minä väitän, että kalliorakennussuunnittelijoina voimme vaikuttaa.

Kirjoitin diplomityöni aiheesta *Suunnittelijan vaikutusmahdollisuudet kalliorakennushankkeen hiilijalanjälkeen*. Työ tehtiin kalliorakennussuunnittelijan näkökulmasta sisältäen louhinnan, lujituksen ja tiivistyk-

sen, keskittyen pitkälti lujitukseen. En löytänyt asiasta aiempaa tutkimusta juuri tästä näkökulmasta. Koin aiheen mielenkiintoisena ja toivon, että työ toimii herätteenä koko suunnittelualalle, johtaa jatkopohdintoihin ja lopulta toimenpiteisiin ja siten auttaa alaa kohti vastuullisempia lopputuloksia.

Hankkeen suurin hiilijalanjälkeen vaikuttava päätös tehdään, kun hankkeeseen ryhdytään. Hiilijalanjäljen kannalta kalliorakennussuunnittelijan on tärkeää olla mukana hankkeissa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Mitä aikaisemmin kalliorakennussuunnittelija otetaan hankkeeseen mukaan, sitä paremmat mahdollisuudet on vaikuttaa kalliotilojen sijoitteluun, ja näin ollen esimerkiksi tarvittavien louhintojen ja lujituksen kautta CO₂-päästöihin.

Suunnittelijan tuleekin jokaisessa hankevaiheessa pohtia, millä keinoilla hiilijalanjälkeä on mahdollista pienentää. Jokaisessa hankevaiheessa keinot voivat olla erilaiset. Vaikutusmahdollisuudet kalliotilan sijoitteluun tai kokoon pienenevät hankkeen edetessä. Sen sijaan lujitusratkaisuja ja lujituksen mitoitusta suunnitellaan tarkemmin tyypillisesti vasta yleissuunnitteluvaiheesta alkaen. Lujitussuunnittelussa suunnittelijan vaikutusmahdollisuuksia hiilijalanjäljen pienentämiseen ovat muun muassa yllilujituksen välttäminen, ruiskubetonirakenteen osittainen korvaaminen lujituspulteilla olosuhteiden salliessa sekä perusteettoman ruiskubetonin välttäminen.

Vuonna 2025 voimaan astuva rakennuslaki vaatii ilmastaselvitystä ja materiaaliselostetta, jota ilman ei rakennuslupaa helta. Mielenkiinnolla odotan, missä määrin tämä tulee vaikuttamaan kalliorakennushankkeisiin. Kannustan kaikkia suunnittelijoita sekä muissa työtehtävissä toimivia pohtimaan, miten eri suunnitteluratkaisuilla tai materiaali-
valinnoilla voi osaltaan pienentää hankkeen hiilijalanjälkeä.

Diplomityön voi lukea osoitteessa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202210165901>. ▲



TEKSTI **NINA TANSKANEN**
KALLIORAKENNUSSUUNNITTELIJA
SITOWISE

Nevel energia- ja kiertotalousratkaisut teollisuudelle

Tarjoamme kestäviä energia- ja vedenkäsittelyratkaisuja, joiden avulla tuemme asiakkaita muutospolulla kohti uusiutuvaa energiaa ja päästövähennyksiä. Investoimme ja operoimme puolestasi, jotta sinä voit keskittyä omaan ydinliiketoimintaasi.

Turvaa energiansaantisi, siirry pois fossiilisista ja täytä tarvittavat ympäristövaatimukset yhdessä luotettavan energiakumppanin kanssa.

nevel YOUR PARTNER
IN CLIMATE
POSITIVE GROWTH



Kestävää
kaivostoimintaa

finland.angloamerican.com

[@AngloAmericanFI](https://www.facebook.com/AngloAmericanFI) [@Finland - Anglo American](https://www.linkedin.com/company/Finland-Anglo-American)



Laboratory services
for exploration
and mining



eurofins

Labtium

WWW.EUROFINS.FI

MYynti@EUROFINS.FI



/// SMA
SUOMEN MAA-AUTOT OY

Nallipaikan vaikutus levysoroslouhosräjäytyksen ryöstöön ja räjähtämättömiin louhosreikiin Kemin kaivoksella

Lyhennetty diplomityöstä: “Field Measurements of Brow Break and Misfires in Sublevel Caving at Kemi Mine”

Tiivistelmä

Räjätystekniikka ja sen hallitseminen kuuluvat kaivoksen ydintoimintoihin. Valitettavan usein kaivokset käyttävät pelkästään havaintoihin perustuvia ratkaisuja räjäytys-suunnittelussa. Useimmiten perusteellinen räjäytystekniikan osaaminen vaatii käytännön tutkimusta, jossa yhdistellään teoriaa käytännön esimerkkeihin. Käytännön tutkimustyö antaa vahvan pohjan kaivostoiminnan uskottavuudelle ja työturvallisuudelle, kuitenkin unohtamatta taloudellisia intressejä. Louhosräjäytyksen aiheuttama ryöstö ja räjähtämättömät louhosreiät vaikuttavat merkittävästi kaivoksen malmin saantiin. Muuttamalla nallipaikkaa louhosreiässä voidaan vaikuttaa louhosräjäytyksen ryöstöön ja räjähtämättömiin louhosreikiin. Mitä useampi louhosreikä räjähtää suunnitellusti, sitä pienemmät ympäristövaikutukset juontuvat louhinnasta. Hallitsematon ryöstö louhosräjäytyksessä voi katkaista turvallisen kulkuyhteyden seuraavalle louhosräjäytykselle, mikä taas heikentää kohteen työturvallisuutta ja louhoksen tuotantoa.

Kemin kaivoksella vuonna 2022 suoritetussa räjäytystutkimuksessa nallipaikka panostetussa louhosreiässä muutettiin laskennallisesti ideaaliseen kohtaan, minkä toteumaa verrattiin perinteisesti panostettuun louhosreikiin. Tutkimuksessa mitattiin, miten nallipaikan muutos vaikuttaa louhintaperän katon eli otsan ryöstäytymiseen ja räjähtämättömien reikien lukumäärään levysoroslouhinteräjäytyksessä. Nallipaikka vaihdettiin perinteisesti käytössä olevasta pohja- ja pintanallista kohtiin $\frac{1}{4}$ & $\frac{3}{4}$ panostettua osuutta louhosreiästä kolmessa keskimmaisessa louhosräjäytyksen reiässä.

Yksi räjäytys koostuu yhdeksästä louhosreiästä. Kaiken kaikkiaan räjäytyskokeisiin sisältyi 13 louhosräjäytystä, joista yhdeksässä käytettiin laskennallisesti optimaalista nallipaikkaa ja neljässä perinteistä nallipaikkaa. Tulosten mukaan nallipaikan muuttaminen vähensi 10 % räjäytyksen aiheuttamaa ryöstöä louhoksen poikkileikkauksen keskellä ja 6 % räjähtämättömien reikien lukumäärää.

Johdanto

Tutkimuksen tarkoituksena oli soveltaa räjäytystekniikan teoriaa käytännön räjäytyksiin. Ennen tutkimuksen aloittamista Kemin kaivoksella tunnistettiin seuraavia levysoroslouhosräjäytykseen liittyviä ongelmia; yli louhosräjäytysten välin (3 m) jatkuva otsanryöstöä, räjähtämättömiä louhosreikiä ja etukäteen panostettujen reikien tyhjentymistä emulsiosta aikaisemman louhosräjäytyksen yhteydessä.

Louhosräjäytyksen otsanryöstö ja räjähtämättömät louhosreiät ovat eri asioita, mutta molemmat liittyvät malmin rikkoutumiseen räjäytyksessä ja ovat merkittäviä ongelmia levysoroslouhinnassa. Kuitenkin molempiin voidaan vaikuttaa säätämällä louhinnassa käytettäviä räjäytysparametrejä. Levysoroslouhinnassa louhosräjäytyksen etuosan ryöstöllä eli otsanryöstöllä tarkoitetaan alku-peräisen louhosräjäytyksen ja esipanostetun louhosräjäytyksen välistä hävinnyttä louhosperänkattoa (Bd), mikä on esitetty kuvassa 1. Kontrolloimaton louhosperän katonryöstö räjäytyksen yhteydessä aiheuttaa väistämättä malmitappiota. Lisäksi se vaikuttaa louhosperässä työskentelevien panostajien ja lastaus- sekä kuljetuskaluston kuljettajien työturvallisuuteen.

Räjähtämättömät reiät liittyvät vain kymmeniä millisekunteja aikaisemmin sytytettyihin viereisiin louhosreikiin, jotka aiheuttavat räjähtäessään rikkoutumisvyöhykkeen. Rikkoutunut louhosreikä ei nallin syttyessä enää räjähdä tai se räjähtää osittain. Räjähtämättömät reiät ovat epäonnistuneessa räjäytyksessä tyypillisiä ja ne vähentävät louhittavan malmin rikkomiseen käytettävissä olevan energian kokonaismäärää. Räjähtämättömistä tai osittain räjähtäneistä louhosreiästä kertovat tyypillisesti perässä lastauksen aikana havaitut isot lohkarieet. Vuonna 2011 Zhangin suorittamat räjäytyskokeet Malmbergin kaivoksella osoittivat, että otsanryöstö väheni ensisijaisesti käyttämällä keskelle panostettua reikää sijoitettua nallia ja toissijaisesti käyttämällä vähemmän räjähteitä porareissä otsan kohdalla [1]

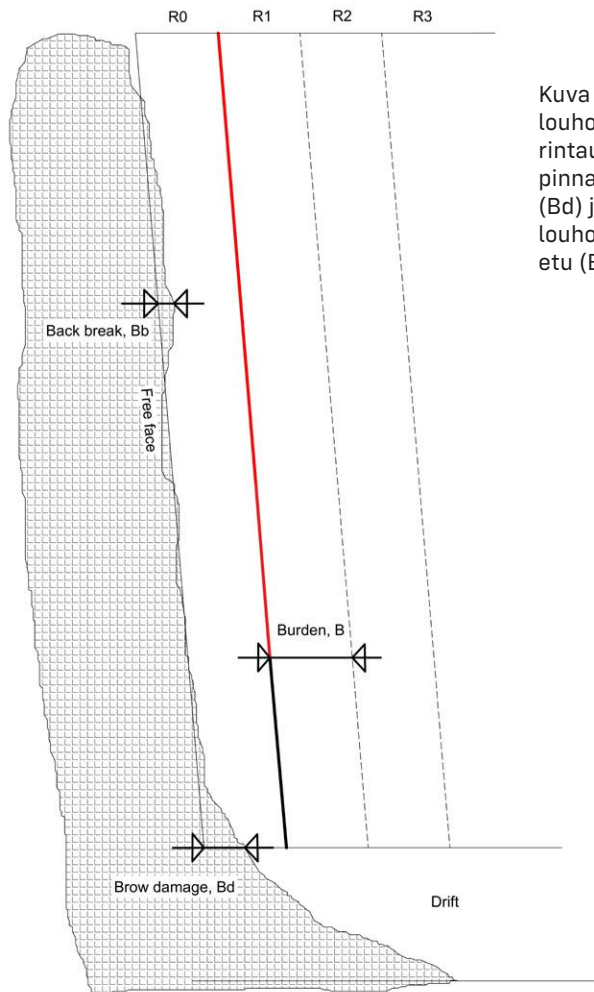
Otsanryöstön aiheuttaja

Yksi malmikivelle tyypillisistä ominaisuuksista on sen heikko kyky vastustaa vetojännitystä, kuten seuraava lauseke osoittaa:

$$\sigma_t < \sigma_s < \sigma_c$$

jossa σ_t , σ_s , σ_c ja ovat malmin vetolujuus, leikkauslujuus ja puristuslujuus. Lauseke pätee niin staattisissa kuin dynaamisissa olosuhteissa [2]. Sen mukaan malmi hajoaa helpoiten kuormittamalla sitä vetojännityksellä.

Tutkimuksessa käytetään louhosräjäytyksen pisintä keskireikää havainnollistamaan räjäytyksen etenemistä, koska sen kohdasta mitataan usein suurin otsanryöstö. Keskireikä normaalissa louhoksessa on pituudeltaan noin 31 m, josta panostettu osuus on 24 m. Kuva 2 esittää tyypillisen poikkileikkauksen levysoroslouhoksesta. Kuvat 2a ja 2b eroavat



Kuva 1. Ryöstö louhosräjäytyksen rintauksen vapaalla pinnalla (Bb), otsanryöstö (Bd) ja peräkkäisten louhosräjäytyksien väli eli etu (B)

toisistaan vain nallipaikkojen suhteen. Louhosreiän räjähdys alkaa nallien syttymisestä, joka taas sytyttää emulsioräjähteen louhosreiässä. Räjähdys synnyttää ympäröivään malmiin kompressioaalton, mitä kutsutaan P-aalloksi. Jotta analyysi pysyisi yksinkertaisena, oletetaan että P-aalto etenee malmisä samalla nopeudella kuin emulsioräjähdde palaa louhosreiässä.

Tapauksessa 2A esitetään louhosreiän perinteiset nallipaikat, mitkä räjäytetään yhtä aikaa. Kun reiästä on palanut $\frac{1}{4}$ eli 6 m, ovat kompressioaallot heijastuneet vapaalta pinnalta ja synnyttäneet vetojännitysaallon. Tästä palo etenee kohti reiän keskikohtaa ja peittää perän katon. Vastaavasti kompressioaalto heijastuu perän katosta vetojännitysaaltona. Se saa malmin rikkoutumaan, kun aallon vetojännitys ylittää malmin vetolujuuden. Tapahtuma saa aikaan otsanryöstön. Samanaikaisesti myös louhosreikä laajenee merkittävästi, ja malmin rikkoutuminen etenee. Palamisen aiheuttamat nopeasti laajenevat kaasut karkaavat reiästä ensimmäisenä vapaalta pinnalta ja louhoksen katosta,

jolloin paine louhosreiässä alkaa pienentyä.

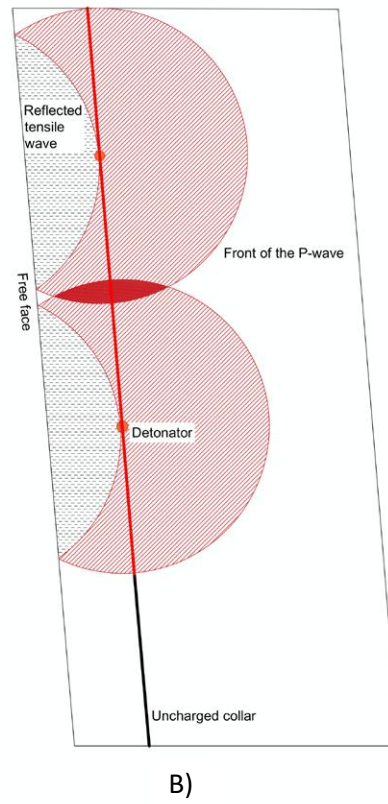
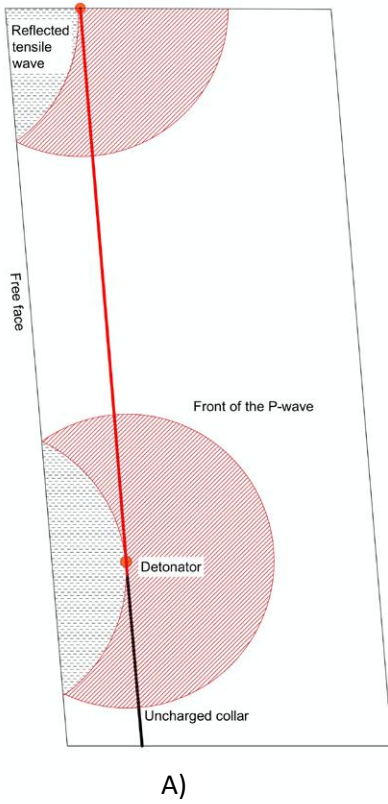
Räjäytyksen energiajakaumaa voidaan muuttaa vaihtamalla nallipaikkaa. Käyttämällä nalleja laskennallisissa optimikohdissa, $\frac{1}{4}$ (6 m) ja $\frac{3}{4}$ (18 m) panostettua osuutta ja sytyttämällä molemmat samanaikaisesti syntyy tapauksen 2B mukainen vetojännitysaallon kuormitus malmiin. Molemmissa tapauksissa sytytyksestä on kulunut sama aika, mutta vain 2B kuvassa koko louhosreikä on palanut ja käytettävissä oleva emulsion kokonaisenergia on vapautunut. Kun $\frac{1}{4}$ panostettua osuutta on palanut, koko reikä on räjähtänyt ja vetojännitysaalto on muodostunut. Vetojännitysaallon pinta-ala on suurempi kuin 2A-tapauksessa. Muut merkittävät erot tapauksien välillä ovat: i) kompressioaalto ei yllä tapauksessa 2B perän kattoon vielä koko reiän räjähdettyä, ja samalla hetkellä reiän kokonaisenergia on vapautunut, ii) syntyy punaisella korostettu alue P-aaltojen törmätessä toisiinsa. Punaisella alueella kaksi kompressioaaltoa ylittää toisensa ja synnyttää kompressiopaineen, jonka paine on suurempi kuin edellä mainittujen kompressioaalto-

jen alkuperäinen yhteenlaskettu paine [3]. Aaltojen päällekkäisyys kiihdyttää malmin rikkoutumista, kuluttaa emulsion energiaa ja suojaa louhosperän kattoa. Hallittu malmin rikkominen tekee tapauksesta 2B paremman vaihtoehdon 2A:han verrattuna. Lisäksi nopeammin palanut louhosreikä tuottaa raekooltaan pienempää malmin, koska räjäytyksessä vapautuvan energian impulssi kasvaa.

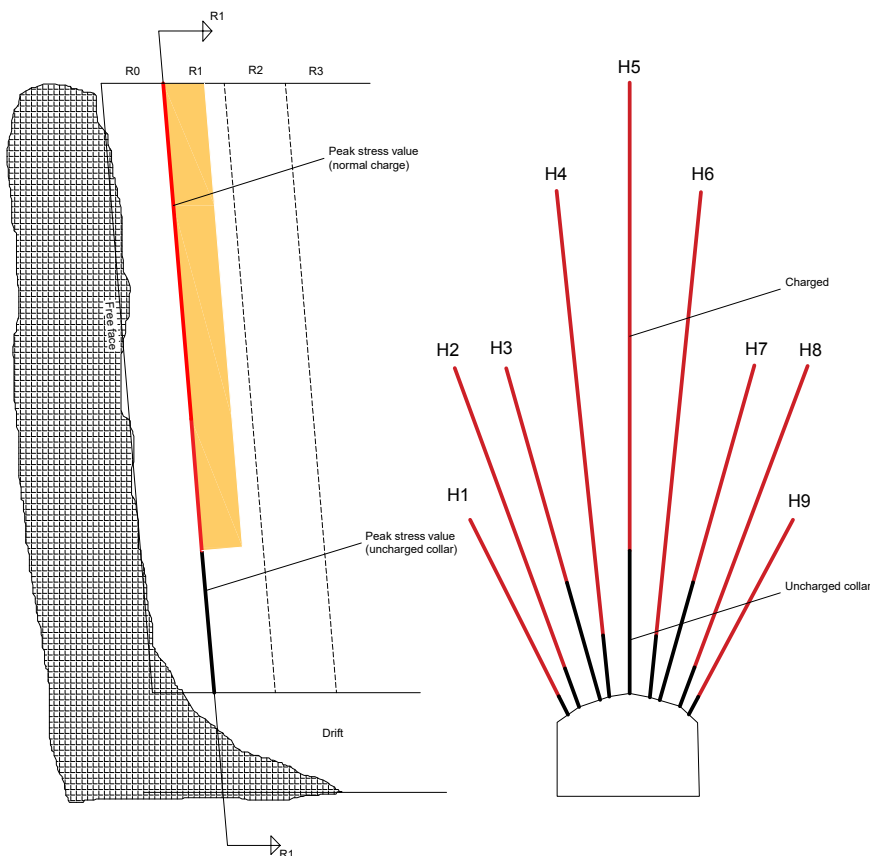
Räjäytyskokeet

Räjäytyskokeet suoritettiin Eläjärven malmissa vierekkäisissä louhoksissa 600-tasolla. Louhos EL204-S-600 sisälsi seitsemän räjäytystä, joissa käytettiin kolmessa keskimmaisessa reiässä nalleja panostetussa osuudessa kohdissa $\frac{1}{4}$ ja $\frac{3}{4}$. Kolme keskimmaista louhosreikää valittiin, koska ne muodostavat noin puolet yksittäisen louhosräjäytyksen räjähddekiloista. Tämän vuoksi niiden oletetaan myös aiheuttavan suurimmat kuormitukset louhoksen otsaan. Viereisessä EL202-S-600-louhoksessa oli neljä räjäytystä, ja niissä käytettiin perinteisiä nallipaikkoja panostetun osuuden pinnassa ja pohjassa. Kyseiset louhokset valittiin tutkimukseen, koska ne sijaitsevat viereisissä perissä, jolloin geologiset ja kalliomekaaniset vaikutukset tuloksiin pysyvät pieninä. Louhoksen otsapinta kartoitettiin räjäytyksen ja lastauksen jälkeen. Tuloksissa käsitellään pelkästään lastauksen jälkeisiä kartoituksia, koska otsanryöstö ei pysähdy pelkästään räjäytykseen, vaan se jatkuu usein vielä lastauksen aikana.

Räjäytyskokeissa kolmessa keskimmaisessa louhosräjäytyksen reiässä kaksi nallia sijoitettiin kohtiin $\frac{1}{4}$ ja $\frac{3}{4}$ panostettua osuutta. Reiän molemmat nallit ohjelmoitiin syttymään samaan aikaan. Kokeissa käytettiin elektronisia nalleja, jotka olivat molemmat tehostetut räjäyttimellä. Elektronisten nallien täsmällisen syttymisen takia kokeissa oletetaan, että kaikki ohjelmoituidut nallit sytyvät ohjelmoituihin aikoihin. Räjähtämättömien louhosreikien osalta oletuksena on, että kaikki nallit sytyvät, mutta nallit eivät ole sytyttäneet emulsioräjähdettä tai syttymisen on ollut vain osittaista. Tutkimuksessa käytettiin geofonia eli kiihtyvyyssanturia tunnistamaan yksittäisten louhosreikien synnyttämää kompressioaaltoa eli P-aaltoa. Räjähtäneet louhosreiät tunnistettiin vertaamalla suunniteltuja reikäajastuksia geofonin mitaustulokseen. Jos louhosreikä ei räjähtänyt, ei geofonin mitaustuloksessa näkynyt kyseisen louhosreiän synnyttämää P-aaltoa oikealla ajanhetkellä. Kuvassa 3 on esitetty leveysorrolouhintaräjäytyksen poikkileikkaus



Kuva 2 A) Kaksi nallia louhosreiän panostetun osuuden pinnassa ja pohjassa, B) Kaksi nallia louhosreiän kohdissa $\frac{1}{4}$ ja $\frac{3}{4}$ panostettua osuutta. Paineaallot ovat edenneet molemmissa tapauksissa $\frac{1}{4}$ panostettua osuutta. Kuva esittää levysorroslouhintäräjätysten etenemistä keskimmaisessä reiässä.

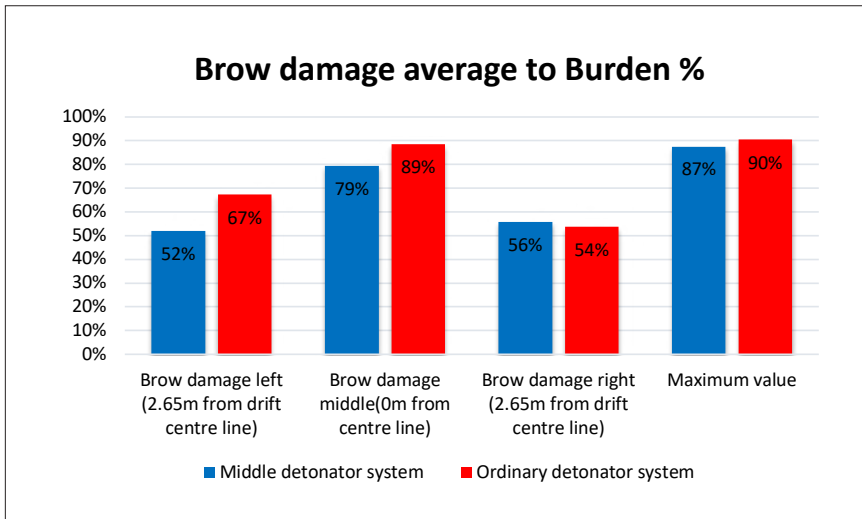


Kuva 3. Levysorroslouhintäräjätysten poikkileikkaus R0. Kuvassa on esitetty reikien numerointi ja reikien panostetut osuudet.

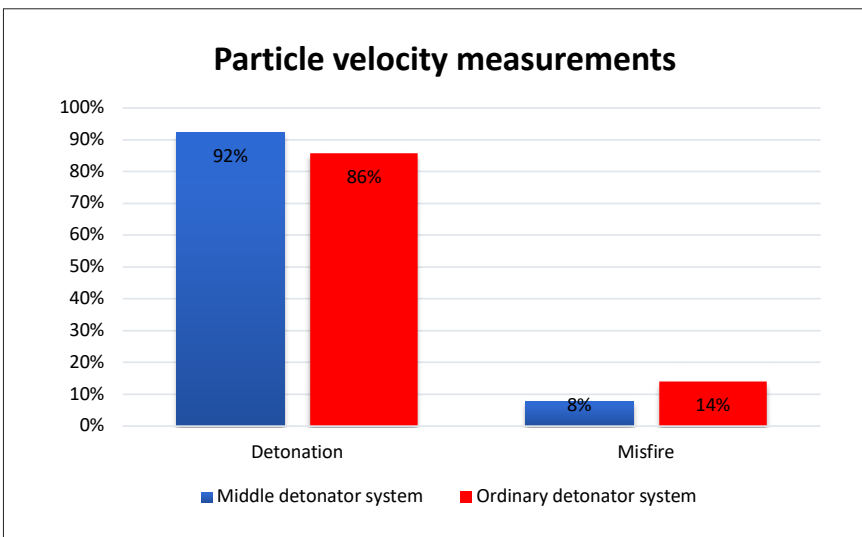
ja numeroidut louhintäräjätysreiät. Louhosreikien välinen ajastus on 25ms. Louhosräjäytys alkaa aina keskimmaisesta reiästä eli H5 ja etenee vuoron perään H6, H4, H7, H3, H8, H2, H9 ja H1.

Tulokset

Koeräjätysten tulokset on kootusti esitelty kaavioissa 1 ja 2. Kaaviossa yksi on esitetty otsanryöstön suhteellinen osuus louhosräjäytysten välisestä etäisyydestä. Louhoksessa EL204-S-600 käytettiin kaikissa räjäytöksissä 3 metrin etua eli etäisyyttä porareistä rintausten vapaaseen pintaan. Louhoksessa EL202-S-600 käytettiin kahdessa räjäytöksessä 3,2 m etua ja lopuissa kahdessa 2,8 m etua. Jos otsanryöstö on louhoksessa



Kaavio 1. Siniset palkit kuvaavat muutetulla nallipaikalla tehtyjä räjäytyskokeita ja punaiset palkit ovat pinta- ja pohjanallipaikalla tehtyjä räjäytyksiä. Luvut on suhteutettu etuun eli peräkkäisten louhintaräjätysten välimatkaan. Esimerkiksi 3 metrin edulla 90 % keskimääräinen ryöstö tarkoittaa 2,7 metrin ryöstöä.



Kaavio 2. Räjähäneiden louhosreikien ja räjähtämättömien louhosreikien osuudet eri nallipaikoilla. Kuvan tiedot perustuvat geofonin eli kiihtyvyyssanturin mittaustuloksiin.

EL204-S-600 100 % eli 3 m, menetetään koko räjäytysten välinen etu ja etukäteen panostettujen louhosreikien menettämisen riski kasvaa. Toisin sanoen, mitä vähemmän otsanryöstöä on tapahtunut suhteessa etuun, sitä onnistuneempi räjäytys oli. Kaiken kaikkiaan otsanryöstön tulokset kattavat 11 louhosräjäytystä.

Tulosten mukaan laskennallisesti parempi vaihtoehto eli nallipaikka lähempänä panostetun osuuden keskiosaa tuotti louhosperän keskellä 10 % pienemmän otsanryöstön. Perän vasemmalla puolella perinteinen nallipaikka hävisi keskiosaan panostetulle louhosräjäytykselle jopa 15 %. Oikealla puolella

perää eri nallipaikoilla ei havaittu merkittäviä eroja. Perinteinen nallipaikka aiheutti myös lievästi suuremman maksimi otsanryöstön kohdan katossa. Merkittävin syy otsanryöstön pienemiseen on saatu aikaan vähentämällä vetojännitysaallon vaikutusta louhosperän kattoon.

Kaiken kaikkiaan nallipaikan vaikutusta räjähtämättömiin louhosreikiin tutkittiin 13 louhosräjäytyksessä. Testeissä oli yhteensä 113 panostettua louhosreikää, joista räjähti 103 ja räjähtämättä jäi 11. Koko testin räjähtämättömien louhosreikien osuus oli noin 10 %. Toisin sanoen 90 % kaikista panostetuista louhosrei'istä räjähti suunnitellusti. Kaa-

viossa 2 esitetään louhosreiän nallipaikan vaikutus räjähtämättömiin louhosreikiin ja suunnitellusti räjähtäneisiin. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että laskennallisesti optimaaliseen kohtaan sijoitetuilla nalleilla saavutettiin 6 % parempi tulos suunnitellusti räjähtäneiden reikien määrässä verrattuna perinteisiin pinta- ja pohjanallipaikkoihin.

Keskustelu

Yhdessä optimaalisesti panostetun luokan reiässä ylempi nalli sijoitettiin reiän pohjaan kohtaan 24 m, koska reikä oli rikkoutunut noin 6 metriä suunnitellusta pohjasta. Tämän katsotaan vaikuttaneen negatiivisesti otsanryöstöön. Lisäksi osassa louhosräjäytyksistä oli rikkoutuneita reikiä, joita ei voitu panostaa ollenkaan. Panostamattomat reiät vähentävät räjäytysten kokonaisenergian määrää, mutta panostamattomien reikien vaikutusta otsanryöstöön ei tutkimuksessa pystytty arvioimaan.

Räjäytysurakoitsijan teknisten rajoitusten takia panostus muutetuilla nallipaikoilla vaati hieman enemmän aikaa kuin perinteisen nallipaikan käyttö, mutta panostuslaitteiston pienillä muutoksilla reikäkohtainen panostus sujui yhtä tehokkaasti kuin perinteisellä nallipaikalla. Nallipaikan muutos louhintareissä on teknisesti toteutettavissa kaikissa kaivoksissa.

Johtopäätökset

Louhintaperän katon eli otsan ryöstö johtuu pääasiassa louhintarintauksesta ja perän katosta heijastuvasta vetojännitysaallosta, jonka kuormitusta malmi kestää huonosti.

Keskiarvo otsanryöstölle optiminallipaikoilla oli 10 % pienempi kuin perinteisillä pinta- ja pohjanallipaikoilla. Lisäksi optiminallipaikat vähensivät räjähtämättömien louhosreikien määrää 6 %. Nämä mittaustulokset osoittavat, että nallipaikat louhosreiän kohdissa ¼ ja ¾ toimivat otsanryöstön ja räjähtämättömien louhosreikien lukumäärän vähentämisessä. ▲

Lähteet

- [1] Zhang Z.X. 2011. Reducing eyebrow break caused by rock blasting in Malmberget mine. *Blasting and Fragmentation* 2011;5(1):1-10.
- [2] Cooper, P.W. (1996) *Explosives Engineering*, Wiley-Vch, New York.
- [3] Zhang Z.X., 2016. *Rock fracture and blasting – Theory and applications*. Oxford: Elsevier Science, 505 p. ISBN 978-0-12-802668-5. Diplomityö on kokonaisuudessaan luettavissa pysyvässä osoitteessa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-20221173607>

TEKSTI JA KUVAT **VALTTERI VAUHKONEN**

KAIVOSRATKAISUT POHJOISESTA



Valmistamme räätälöityjä tuotteita kaivosten ja teollisuusrakentamisen erityistarpeisiin.

Valikoimassamme:

- Putkistot
- Erikoisosat
- Toimilaitekaivot
- Monitorointiratkaisut

Lisätietoja
pipelife.fi/teollisuusratkaisut

PIPELIFE 
always part of your life



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 fyysiset ominaisuudet in-situ.



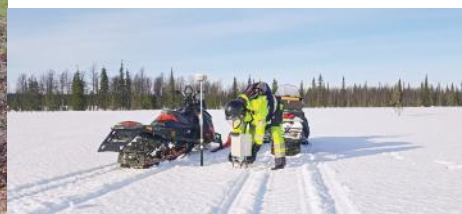
KALLIOMEKANIIKAN ASENNUKSET JA MITTAUKSET

Monitorointi

- Reaaliaikaiset mittausjärjestelmät – niin maan päällä kuin alla.

Jännitystilamittaukset

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

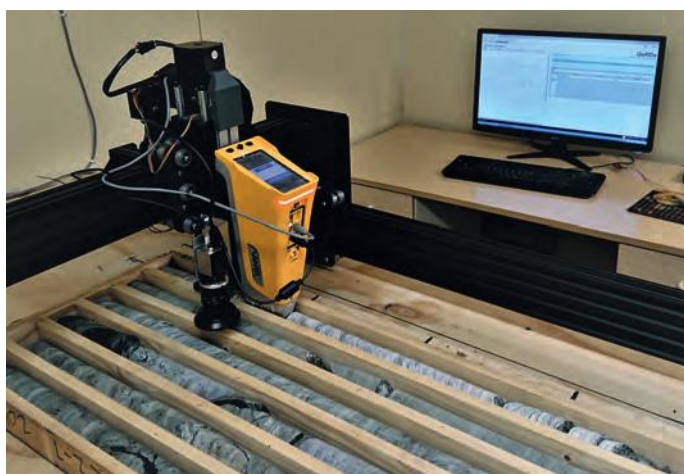


Lento-, maanpinta ja reikägeofysikaalisen datan prosessointi, mallinnus ja tulkinta. Historiallisen aineiston uudelleenkäsittely.

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

GERDA

Geochemical Research and Documentation Assistant



GERDA

is an automated table sampler for portable and handheld analytical instruments such as pXRF, vNIR spectrometers, magnetometers, etc.

- assaying drill core right in core boxes
- assaying stream sediment/soil samples in field bags
- assaying RAB, RC drilling chip samples determination of gold mineralization in crushed rock/drill core samples
- assaying any 2D flat objects like paintings, etc.

will reduce your portable XRF operational costs up to

80%



MEFFA lab Oy offers a highly effective original method of soil geochemical survey based on Multi-Element Fine Fraction Analysis (MEFFA).

Here's More Information!



meffalab.com

Rapid casting

IRON - STEEL



The Bright World of Metals 12.-16.6.2023

GIFA/METEC/ THERMPROCESS/NEWCAST -messut Düsseldorfissa

Suomen Valimoteknisen yhdistyksen ja Vuorimiesyhdistyksen ulkomaan opintomatka helteises- sä Düsseldorfissa on nyt takana. Toista kertaa kyseiselle matkalle osallistuneena voin ainakin sanoa, että kyllä se kannatti. Paljon on siellä nähtävää ja tehtävää, ja tähän mennessä myös hyvät säät ovat pitäneet messutunnelman korkealla. Ensimmäisellä osallistumiskerrallani olin tietysti vain nuori akateemikko ja innokas näkemään ulkomaisten yritystapahtumia. Tällä kertaa minulla oli tietysti vastuutehtäväni niin yhteismatkan yhteyshenkilönä kuin myös jäsenlehden kirjoittajanakin.

Ajattelin tovin sitä, millaista juttua messuista haluaisin tehdä. Jotenkin perinteinen raportointi messujen yleiskuvasta ei minulle sovi, ja olenkin sitä mieltä, että mieluummin kokee messut itse kuin lukee minun suurpiirteistä raporttiani niistä. Niinpä päätin, että mikä sen paremmin sopisi suomalaisille lukijoille kuin ”Suomi mainittu, torilla tava- taan”. Kävin siis messuilla haastattelemassa suomalaisia näytteilleasettajia.

Kirjoittamani juttujen tarkoituksena ei ole todellakaan kattava esittely yrityksestä. Nämä jutut keskittyvät pääosin messuosallistujien tunnelmien kyselyyn ja messuille osallistumisen tavoitteisiin. Päätiedot jokaisesta

yrityksestä kuitenkin kerrotaan. Jos tahtoo näiden haastattelujen perusteella johonkin yritykseen enemmän tutustua, niin kannattaa olla yhteydessä suoraan yritykseen. Minulle voi tietysti myös ehdottaa jatko-osien kirjoittamista.

Lisäksi haluan vielä mainita, että jonkinlaiset yleistunnelmat messuilta sekä erityisesti katsaus messujen tärkeimpään ja moderneimpaan tarjontaan esitellään marraskuussa Valun käytön seminaarissa. Osallistuin myös messuilla maailman ja Euroopan valimoyhdistysten (WFO & CAEF) järjestämiin seminaareihin valimoalan ajankohtaisista aiheista sekä nuorten tutkijoiden esityksistä. Sen ju-

ALOITUSKUVA

Kuvassa vasemmalta Ville Moilanen, Heikki Kantola, Jukka Salmela, Ossi Råberg, Tuukka Kivi ja Jari Viidanoja

tun säästän kuitenkin lehtemme myöhempiin numeroihin.

Haastattelujen rakenne on kaikissa tapauksissa sama. Aluksi esitellään yritys ja mainitaan haastateltava henkilö tai henkilöt. Lisäksi jokaisessa on kuva ständistä ja porukasta. Kuvatekstissä mainitaan luonnollisesti kuvassa esiintyvien henkilöiden nimet. Haastattelun kysymykset:

1. Kerro yleistunnelmat messuilta.
2. Monettako kertaa osallistut henkilökohtaisesti ja monettako kertaa yritys on omalla ständillä?
3. Monta henkilöä on lähtenyt tänne edustamaan?
4. Mitkä ovat markkinoinnin tavoitteet reissulta?
5. Miltä vaikuttaa kilpailijoidenne tai oman toiminta-alan edustus messuilla?
6. Mikä on parasta messuilla? Mitkä ovat sinun messutärppisi?

Hetitec Oy on nopeiden prototyyppien ja varaosien valmistamiseen erikoistunut hiekkavalimo Tampereella. Alun perin vain hiekkamuotteja hankaliin valuihin toimittanut yritys on kasvanut ja tekee nykyään valuja myös itse. Keskiössä heidän toiminnassaan on yhä hiekkamuotien printtaus. Haastateltavana oli **Ville Moilanen**.

1. Tunnelmat ovat odottavat, sillä alkuvuikon startti on jo ollut melko vilkas ja loppuvuikosta meno muuttuu yleensä vaan vilkkaammaksi. Hyvät messut ovat siis varmasti edessä.
2. Ensimmäistä kertaa osallistun itse, ja niin osallistuu myös yritys.
3. Edustamaan on lähtenyt seitsemän henkilöä.
4. Päälimmäisinä tavoitteina ovat olemassa olevien verkostojen ylläpitäminen, alan uusien kehitysten katsastus sekä niin asiakas- kuin myös toimittajakattauksenkin laajentaminen. Jos uusia asiakkaita lähtee yli 10 tähtäimen kuvioihin mukaan, niin ollaan tyytyväisiä.
5. Hiekkaprinttauksen tarjonta on kasvanut huomasti, ja tekniikka kehittynyt. Tämä nähdään pääosin hyvänä asiana. Kilpailun kasvaminen myös tuo lisää luottamusta tekniikkaan asiakkailta, kun sitä tarjoavien yritysten määrä kasvaa.
6. Ville on erityisen kiinnostunut Loramendin ja Voxeljetin isosta ständistä, jossa esitellään hiekkaprinttauksen sarjatuotantolaitosta. Lisäksi hän mainitsee kiinnostavana suomalaisen Resandin, josta kerrotaan myös lisää tässä jutussa.



Kuvassa vasemmalta Markku Mertanen, Jean-Pierre Morand, Aino Sippala, Teemu Runi, Heiko Reski, Timo Broström ja Mika Rintala

Blastman Robotics Ltd on hiekkapuhalluksen automatisointiin keskittynyt yritys. Se toimittaa valujen jälkikäsitteilyn ratkaisuja vaativiin kohteisiin ympäri maailmaa. Yritys on kuitenkin toiminnaltaan käytännössä perinteinen insinööritoimisto. Se hoitaa kokonaisvaltaisen suunnittelutyön jokaiseen kohteeseen, mutta omaa tuotantolaitosta sillä ei ole. Toimitettavat laitteet valmistetaan alihankintana. Haastateltavana olivat **Aino Sippala** ja **Teemu Runi**.

1. Fiilikset ovat korkealla. Tässä tapahtumassa parasta on se, että messut kestävät vähän pidempään ja porukkaa riittää. Erittäin hienoa tunnelmassa on messujen järjestäminen kuin pandemiaa ei olisi ollutkaan. Tautipiikki ajoittui rajoitusten perusteella juuri messujen 2019 sekä tämän vuoden väliin.
2. Haastateltavat ovat toista kertaa itse mukana, yritykselle nämä ovat kolmannet GIFA-messut.

3. Matkalle on lähtenyt mukaan viisi omalta toimistolta sekä kolme ulkomaan myyntiedustajaa.
4. Yritykselle on tärkeää se, että koneellisen jälkikäsitteilyn ajatukset tulevat ihan yleisesti tutuiksi, eivätkä välttämättä vain heidän kauttaan. Jälkikäsitteily on usein työterveydelle suuri rasite, joten tietoisuuden kasvattaminen näistä tekniikoista on tärkeää. Asiakkaina kiinnostavat erityisesti suuria kappaleita valavat yritykset, ja robotiikka soveltuu kaikkiin raepuhallusprosesseihin.
5. Messuilla ei ole suoraa kilpailua ollenkaan, sillä monet robotisoidut puhdistusratkaisut toimivat pienemmässä mittakaavassa. Valujen puhdistuksen saralla kilpailevat myös meistä eroavat tekniikat, erityisesti sinkopuhdistus.
6. Viereisellä ständillä kilpailevaa tekniikkaa eli sinkopuhdistusta esittelee Rump Strahlanlagen.



Kuvassa takarivissä vasemmalta Kati Tavilahti, Joonas Starast, Kimmo Vallo, Bernd Kerstiens sekä Preetam Routray ja eturivissä Westy Bialke, Piia Karhu ja Osman Akay

Metso ei varmaan esittelyjä kaipaa, mutta kotimaisesta yrityksestä on tässä globaalissa teknologiajätissä silti kyse. Metso toimii niin kiviainesten, mineraalien kuin myös metallien käsittelynkin aloilla. Näillä messuilla teemana oli vähähiilinen terästuotanto. Haastateltavana olivat **Kimmo Vallo** ja **Joonas Starast**.

1. Vierailijat ovat todella aktiivisia, ja helteinen Düsseldorf luo mahtavat messutunnelmat.
2. Haastateltaville kyseessä olivat ensimmäiset messut, ja nähtävästi juuri nimensä muuttanut Metso edustaa täällä myös ensimmäistä kertaa. Metsoon fuusioitunut Outotec on aikanaan edustanut messuilla enemmän.
3. Yritys on isolla porukalla liikenteessä. Matkalla on mukana noin 15 henkilöä.
4. Metso on messuilla erityisesti kasvattamassa tietoisuutta ja näkyvyyttä ”Green Steel” -teknologiasta ja hiilineutraalisuudesta. Tavoitellaan uusia aluevaltauksia ja sitä myötä uusia asiakkaita, mutta tietysti myös tavataan vanhoja asiakkaita.
5. Isoja kilpailijoita on messuilla esillä, mutta yritys pyrkii erottautumaan merkittävillä panostuksilla tutkimukseen ja kehitykseen.
6. Messuilla kannattaa tutustua eri maiden ruokakulttuuriin. Esimerkiksi italialaisella yrityksellä saattaa olla tarjolla kattava lounas ja ruokajuomaksi hieno punaviiniä kotimaasta.

Oulusta oli yhteisellä ständillä lähtenyt messuille neljä yritystä. Kuva on otettu kaikista yhdessä ja kolmanteen kysymykseen vastaavat kaikki yhteisesti. Muuten haastattelut ovat jokaiselle yritykselle omat.

Luxmet Ltd tarjoaa valokaariuunin prosessinhallintaan ja reaaliaikaisen tiedon keräämiseen omaa innovatiivista teknologiaansa.

Yritys on saanut alkunsa Oulun yliopistossa suoritetuista tutkimuksista. Haastateltavana oli **Mikko Jokinen**.



Kuvassa vasemmalta Mikael Kurth (SR Instruments), Ronald Urbaniak (SR Instruments), Saku Kaukonen (Sapotech), Hannu Suopajarvi (Sapotech), Mikko Jokinen (Luxmet), Juha Roininen (Carbon Balance) ja Heikki Kaisto (Carbon Balance)

1. Tunnelmat ovat katossa, ja nämä messut ovat selvästi alan ykköset. Vierailijat tulevat todella rohkeasti juttelemaan ständeille, ja kiinnostusta riittää.
2. Messut ovat niin haastateltavalle kuin myös yritykselle kolmannet.
3. Tällä neljän yrityksen yhteisellä ständillä on edustamassa yhteensä seitsemän henkilöä.
4. Keskitytään uusiin asiakaskontakteihin. Olemassa olevien asiakkaiden kanssa on tällä kertaa sovittu yllättävän vähän tapaamisia. Tavataan kuitenkin firman globaaleja edustajia. Jos muutaman kymmenen potentiaalista asiakasta löytää, niin ainakin viisi neuvottelua voisi mennä maaliin asti ja se olisi hyvä tulos.
5. Suoraa kilpailijaa ei ole. Luxmet pyrkii erottautumaan innovatiivisuudella.
6. Mukava tavata asiakkaita ja saada tietoa uusista teknologioista.

Sapotech Oy on konenäön käyttämiseen metalliteollisuudessa erikoistunut yritys, joka tarjoaa palvelumallilla teknologiaa, mittauslaitteistoja ja ohjelmistoa esimerkiksi kuuma- ja kylmävalssauksen laadunhallintaan. Industry 4.0 ja IoT ovat muutakin kuin hienolta kuulostavaa markkinointipuhetta tässä yrityksessä. Haastateltavana olivat **Saku Kaukonen** ja **Hannu Suopajarvi**.

1. Vilkkaat ja eloiset messut, tuntikaupalla on saanut yrityksestä kiinnostuneiden kanssa jutella. Tällä neljän yrityksen yhteisellä ständillä on yhteistyö sujunut loistavasti.
2. Messut ovat haastateltaville ja yritykselle kolmannet.
3. Tällä neljän yrityksen yhteisellä ständillä edustaa yhteensä seitsemän henkilöä.
4. Yrityksen tavoitteena on mainostaa teknologiaansa ja mahdollisesti etsiä jopa uusia aluevaltauksia ja markkinarakoja sen käyttöön. Kourallinen hyviä leadeja riittää, ja niiden keräämiseksi he arpoivat ilmaisen demokäynnin jollekin tuotantolaitokselle.
5. Jotkut tutut kilpailijat ovat käytännössä aina samoilla messuilla. Sapotechin valttikortteja kilpailussa ovat kehittyneempi teknologia (erityisesti ohjelmisto) ja toiminnan palvelumalli.
6. Messuissa parasta on matala kynnyksen aloittaa keskustelua kenen tahansa kanssa. Messutärppinä kannattaa muistaa tarjonnan kattavuus. Esimerkiksi, jos käyt ensimmäisen Sapotechilla juttelemassa valssattujen tuotteiden vikojen havainnoinnista, voit löytää seuraavaksi yrityksen, joka tarjoaa teknologiaa näiden havaittujen vikojen merkkaukseen.

Carbon Balance Finland Oy toimittaa kokonaisia tuotantolaitoksia biohiilen valmistukseen. Teolliset kuivaimet käsittelevät pyrolyysin avulla puumassan hiileksi, joka sopii myös terästehtaiden tarpeisiin. Yritys on itsenäistynyt vuonna 2021 suomalaisesta SFTec Oy:sta, jonka laitteita heidän tuotantonsa käyttää. Haastattelussa on **Juha Roininen**.

1. Mukavaa on ollut tavata ihmisiä, niin tuttuja kuin uusiakin. Myös uusiin teknologioihin on päässyt jo tutustumaan.
2. Juhalle tämä on jo neljäs kerta messuilla, mutta yritykselle ensimmäinen.
3. Tällä neljän yrityksen yhteisellä ständillä edustaa yhteensä seitsemän henkilöä.
4. Tavoitteena on löytää sopivia yhteistyökumppaneita uusien laitojen rakentamiselle. Tietysti on tarvetta myös tunnustella terästehtaiden kiinnostusta vihreää hiiltä kohtaan. Globaalit markkinat kiinnostavat, ja kontakteja pitää kerätä reilusti.
5. Biohiili on teemana esillä messuilla, mutta Carbon Balance on todennäköisesti ainoa, joka tarjoaa laiteratkaisua sen massatuotantoon.
6. Parasta messuissa on tuttuja tapaaminen, mutta näin pandemian jälkeen on myös mukavaa päästä näkemään ihmisjoukkoja.



Kuvassa vasemmalta Juho Hanka, Janne Hosio, Ismo Rossi (takana), Tuomas Rajaviita, Juan Carlos Bodington ja Juho Kalliokoski

SR Instruments Oy on kylmävalssauksen laadunvarmistuksen johtavia laitteistotoimittajia. Teräs- ja alumiiniteollisuuden levytuotantoon yritys toimittaa mittalaitteita tyypillisimpien laatuvirheiden aikaiseen havaitsemiseen. Haastateltavana on **Mikael Kurth**.

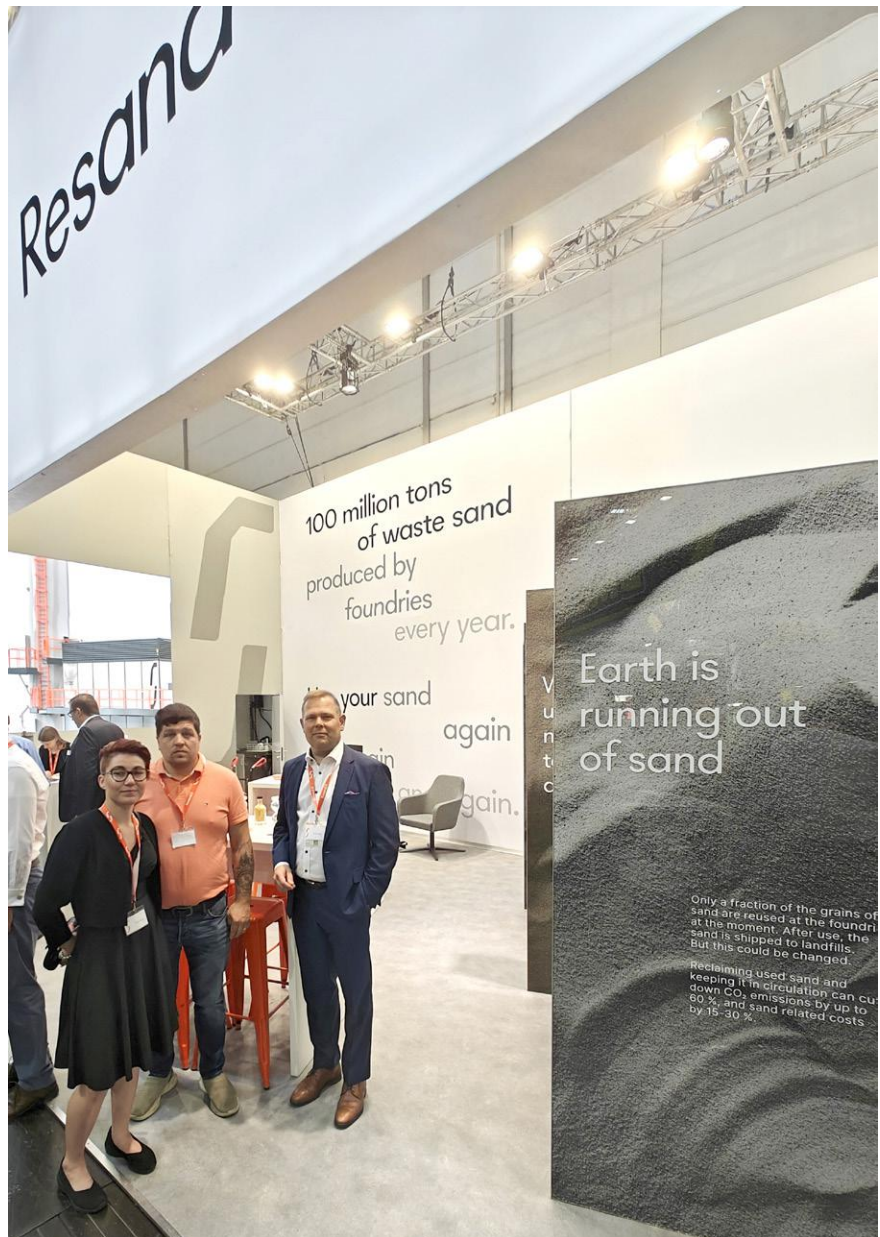
1. Tutulta tuntuva tunnelma on. Jotenkin kysyntä vaikuttaa vilkkaalta, vaikka kävijämäärä ei näytä niin mahdollottoman suurelta.
2. Tämä on Mikaelille ja yritykselle neljäs kerta.
3. Tällä neljän yrityksen yhteisellä ständillä edustaa yhteensä seitsemän henkilöä.
4. Lisää hyviä keskustelun avauksia ja kontakteja. Muutama seuraamisen arvoinen lead riittää.
5. Suoraa kilpailijaa ei taida tällä kertaa messuilla olla, ja jokunen menneisyyden kilpailija on selvästi pudonnut teknologian kehityksestä pois. Muut tekniikat eivät tarjoa vastaavaa tulosta.
6. Messuilla on lyhyesti parasta tunnelmaa. Pitää kokea itse!

Upcast Oy on perustettu vuonna 2006, mutta se on jo 1960-luvulla Porissa Outokummun tehtaalle kehitetyn kuparin jatkuvavalioproessin virallinen toimittaja. Nimensä mukaisesti tämä teknologia valaa siis kuparitanvoja pystysuunnassa ylöspäin. Haastateltavana oli **Janne Hosio**.

1. Ensimmäiset päivät vaikuttivat hiljaisilta, mutta nyt vauhti kiihtyy. Näiden messujen kaltaiselle tapahtumalle on selvästi paljon kysyntää, johtuuko se sitten pandemiarajoitusten luomasta ikävästä vai ihan yleisesti teknologia-alan tunnelmista.
2. Jannelle tämä on viides kerta messuilla. Yritys on ollut useita kertoja messuilla, ja tekniikkaa on varmasti esitelty Outokummun toimesta jo 1980- ja 1990-luvuilta lähtien.
3. Tällä kertaa edustamaan on lähtenyt 12 henkilöä.
4. Messuilla haetaan erityisesti näkyvyyttä. Yhtä tärkeitä ovat niin uudet asiakkaat kuin vanhatkin, sekä tietysti jo meneillään olevien sopimusten edistäminen.
5. Vahvin kilpailija on päässyt samoille messuille, mutta Jannen mukaan oma ständi on paremmalla paikalla ja näyttävämpi. Koska yritys myy vuosikymmeniä sitten Porissa kehitettyä kuparitekniikkaa, niin useita kopiovalmistajiakin messuilta varmasti löytyy.
6. Parasta messuilla on törmätä vanhoihin tuttuihin. Messukävijän tulee ehdottomasti muistaa käydä myös Düsseldorfin vanhassa kaupungissa.

Resand Oy, joka tunnettiin vielä keväällä nimellä FinnRecycling Oy, on valimoiden muottihiekkojen kierrätykseen ratkaisuja tarjoava yritys. Yrityksellä on pitkä historia valimoiden raaka-aineiden toimittajana, mutta nykyään liiketoiminta keskittyy vain hiekan kierrätykseen. Hiekkojen kierrätyksen hoitaa heidän itse kehittämänsä kompakti laitteisto, joka tuodaan valimolle palvelumallilla ilman isoja investointeja. Haastateltavana oli **Kalle Härkki**.

1. Tunnelma on innostunut ja odottava.
2. Kalle on itse osallistunut messuille useita kertoja, ensimmäisen kerran jo 1990-luvulla. Resandille tämä on ensimmäinen kerta.
3. Isolla joukolla on lähdetty messuille, ainakin 10 edustajaa.
4. Tavoitteena on saada kontakteja ja keskustelun avauksia mahdollisimman paljon. Tällä hetkellä markkinointi keskittyy Eurooppaan, mutta messut ovat hyvä mahdollisuus saada myös globaaleja kontakteja. Jos yli 10 sopimusta lähtee liikkeelle, niin messuilla on onnistuttu hyvin.
5. Kilpailua on nähtävillä näillä messuilla, mutta tietoisuutta hiekan elvytyksestä pitää yhä kasvattaa. Kukaan kilpailijois-



Kuvassa vasemmalta Salla Wesin, Toni Wesin ja Kalle Härkki

- ta ei tarjoa samaa palvelumallia kuin Resand, vaan ne ovat perinteisemmän bisnesmallin laitetoimittajia.
6. Messuilla parasta ovat keskustelut ihmisten kanssa erilaisista aiheista. Kallen vinkki messukävijöille on, että kierrä mahdollisimman monta ständiä ja ryhdy juttusille rohkeasti. ▲

TEKSTI **TOMMI SAPPINEN**, KUVAT **TOMMI SAPPINEN** (BLASTMAN JA UPCAST JAKOIVAT OMAT KUVANSA MESSUILTA)

Artikkeli on ilmestynyt aikaisemmin Valimoviestissä.

In memoriam

Jari Rosendal

Vuorineuvos Jari Rosendal kuoli Espoossa 31. heinäkuuta 2023 lyhyen sairauden seurauksena. Hän oli syntynyt Karhulassa 20.7.1965.

Jari Rosendal valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisen korkeakoulun konetekniikan osastolta vuonna 1991. Teekkaritoiminta ja -henki olivat hänelle tärkeitä niin opiskeluaikana kuin myöhemminkin. Jo opiskeluaikana hän aloitti työt Outokummulla teknologiatuotteiden parissa. Siitä alkoi 25 vuoden ura Outokummulla ja myöhemmin Outotecilla ensin teknologia-asiantuntijana ja lopuksi Outotecin johtoryhmän jäsenenä. Outotecilta Jari kutsuttiin vuonna 2014 Kemiran toimitusjohtajaksi, jossa tehtävässä hän toimi kuolemaansa saakka.

Esihenkilönä Jari oli ihmisläheinen ja pidetty johtaja, jolla oli aina aikaa tiiminsä jäsenille. Henkilöstön ja asiakkaiden turvallisuus ja hyvinvointi olivat hänelle tärkeitä arvoja, jotka hän vei käytäntöön kaikissa tehtävissään.

Hänet tunnettiin määrätietoisenä ja aktiivisena vaikuttajana kaivosteollisuudessa Suomessa ja maailmalla. Jari oli lisäksi kuparintuottajien kattojärjestön ICA:n hallituksen jäsen vuosina 2012–14. Hänen vaikutuksensa ulottui myös laajemmin suomalaiseen elinkeinoelämään, hän oli mm. EK:n hallituksen ja työvaliokunnan jäsen vuosina 2017–18.

Jari toimi myös Vuorimiesyhdistyksen hallituksessa 2012–20, joista kolme vuotta puheenjohtajana. Puheenjohtajana hän oli kannustava ja johti yhdistystä jämäkästi ja perinteitä kunnioittaen. Jokavuotiset Vuorimiespäivät olivat Jarille aina kohokohta. Päiviin



LEENA K. VANHATALO

liittyvät perjantai-illan tanssiaiset ja lauantaipäivän lounas olivat tapahtumia, joissa hän tapasi nykyisiä ja vanhoja kollegoita. Näitä päiviä Jari ei jättänyt väliin mistään hinnasta.

Jarille myönnettiin Suomen Valkoisen Ruusun ensimmäisen luokan ritarimerkki vuonna 2011. Tasavallan presidentti myönsi hänelle vuorineuvoksen arvonimen vuonna 2020.

Jari oli intohimoinen metsästäjä. Jahdeista tuli monivuotinen perinne, josta myös moni läheinen ystävyys sai alkunsa. Vieraillessaan ystävien luona Jarilla oli tapana tuoda tuliaisena riistaa kukkien sijaan.

Myös maanpuolustus oli lähellä Jarin sydäntä, ja hän oli aktiivisesti mukana reservin harjoituksissa, viimeksi syksyllä 2022. Hän oli sotilasarvoltaan reservin kapteeni.

Perhe oli hänelle hyvin tärkeä. Vuonna 1995 hän avioitui vaimonsa Eryn kanssa ja perheeseen syntyi kaksi lasta. Koko perhe asui Jarin kansainvälisten tehtävien takia niin Kanadassa kuin Yhdysvalloisakin. Suomessa Vihdin kesäpaikka

oli keidas, jossa hän tapasi ystäviään ja vietti viikonloppuja, kesiiä ja juhlapyyhiä.

Jari toisti usein mietelauseita ”Voima kertoo äly on vakio”. Tähän mietelauseeseen tiivistyvät ikiteekkarin huumorintaju ja viisaus. ▲

**KIMMO KONTOLA
KALLE HÄRKKI
PENTTI VIHANTO**

In memoriam

TkT, ylipanostaja Raimo Vuolio 1936-2023

RÄJÄYTYSASiantuntija ja KARJALAN KUNDI

Tekniikan tohtori, ylipanostaja Raimo Vuolio syntyi 9.8.1936 Viipurissa ja kuoli 86-vuotiaana kotonaan Espoossa 16.6.2023.

Raimon perhe muutti sodan alta Helsinkiin 1944 Raimon ollessa 7-vuotias, ja Raimo kävi koulunsa Hykkylässä eli Helsingin kaksoisyhteislyseossa.

Kaivostekniikan opinnot Raimo aloitti 1959 Teknillisen korkeakoulun Vuoriteollisuusosastolla Hietalahdessa. Raimo oli alusta asti aktiivinen ja innostunut jäsen vuosikurssinsa kaivosteekkareiden kahdeksikossa. Kahdeksikon nimeksi vakiintui Oopperan Ystävät, ja vielä nykyisinkin yhtä pitävän ryhmän maine levisi laajalle. Raimon taidot jalostuivat ryhmän laulu- ja lyriikkanumeroissa omiin ulottuvuuksiin, jopa klassikoiksi ja laulukirjoihin. Ryhmä kiersi opiskeluaikoina aktiivisesti alan teollisuutta ja oppilaitoksia ulkomaita myöten, esimerkiksi Ruotsissa ja Cornwallissa sekä osallistui muidenkin osakuntien juhliin ja tapahtumiin. Raimo nousi Wanhalla Polilla TKYn valtuustoon – huhujen mukaan teekkarityttöjen äänillä.

Raimo valmistui DI:ksi 1964 TKK:sta Ota-niemestä ja suuntautui pian räjähdysaineenteollisuuteen ja räjäytystekniikkaan. Hän aloitti heti valmistuttuaan Räjähdysainekonttorissa räjähdysaineiden käytön neuvontainsinöörinä ja täri-



näasiantuntijana ja sai pian myös ylipanostajan pätevyyskirjan. Vuonna 1970 hän siirtyi tekni-seksi johtajaksi vasta perustettuun Finnrockiin, joka oli Suomen ensimmäinen louhintatöiden ja -tärinän konsultointiin keskittynyt asiantun-tijayritys. Finnrockissa Raimo osallistui Suomes-sa satoihin laajoihin kalliorakennushankkeisiin kuten Helsingin metron, Eduskuntatalon laajen-nuksien, Forumin kauppakeskuksen sekä Lovii-san ja TVO:n I-II ydinvoimalaitoksien raken-tamiseen. Vuodesta 1974 hän toimi Finnrockin toimitusjohtajana vuoteen 2001 eli eläkeikänsä asti. Raimo johti liiketoimintaa ystävällisyydellä ja ammattitaidolla, joista muodostui yritykseen perheenomainen ilmapiiri. Raimolla oli aina aikaa alaisilleen ja ystävilleen. Alaisista sekä asiakkaista tuli helposti myös ystäviä. Yrityksestä (nyk. Forcic Consulting) kehittyi myöhemmin Pohjoismaiden johtava alallaan.

Myös Valtsuna tunnettu Raimo jatkoi työn ohella räjäytystekniikan opiskelua valmistuen tekniikan lisensiaatiksi vuonna 1978 ja tohtori-riksi 1990. Räjäytystekniikan opetus oli aina lähellä sydäntä, ja hän niitti mainetta kouluttajana Finnrockin kurssien lisäksi TKK:lla dosenttina ja monissa muissa oppilaitoksissa. Raimon työn tuloksena syntyi myös useita eri laajuisia räjäy-tys- ja louhintatekniikan oppi- ja käsikirjoja, jot-ka ovat edelleen aktiivisessa käytössä. Alalla ne



Raimo ja vaimonsa Raija sekä SML:n tj Osmo Mettänen ja STM:n ylitarkastaja Erkki Reinikka

tunnetaan lempinimillä “Kirjojen kirja”, “Vuolion raamattu” ja “Vähäkatekismus”. Raimon kädenjälki näkyy lisäksi Suomessa edelleen käytettävissä tarinän ohjearvoissa.

Kansainvälistä kokemusta Raimolle kertyi työskentelystä mm. Intiasa ja Iranissa. Raimon esitelmää kuultiin kotimaan lisäksi muualla Euroopassa ja Yhdysvalloissa alan konferensseissa. Esitelmät hän piti sujuvasti mm. englanniksi, ruotsiksi ja saksaksi. Raimo oli mukana perustamassa European Federation of Explosives Engineers (EFEE) -järjestöä vuonna 1988 ja toimi sen presidenttinä 1997–98 sekä kunniajäsenenä vuodesta 2015. Raimo oli alan ”grand old man” niin Suomessa kuin ulkomaillakin – tai ”tarinätohtori”, kuten häntä myös tituleerattiin. Ulkomaan matkat alan konferensseihin olivat Raimolle mieluisia – siellä hän piti ja kuunteli esitelmää, tapasi paljon muita alan osajia, oppi aina jotain uutta ja sai viiettää kavereiden kanssa ikimuistoisia hetkiä.

Vuonna 2002, oltuaan jo tovin eläkkeellä, Raimo aloitti erikoiskonsulttina toisessa merkittävässä alan konsulttitoimistossa Kalliotekniikassa, jossa työura jatkui aktiivisesti sisältäen vaativia projekteja kuten Kampin Keskus, OL-3 ydinvoimalaitos ja USA:n suurlähetystö. Osan eläkkeellä toteutetuista projekteista, kuten Vuosaaren satama ja Länsimetro, Raimo teki suoraan tilaajan laskuun. Ura Kalliotekniikassa ei koskaan päätynyt, vaan Raimo oli aina valmis töihin kun hyvää miestä tarvittiin. Viimeiset kentätehtävät Raimo teki 81-vuotiaana, jolloin voimat riittivät vielä kuljettamaan 90 maratonia juosseita jalkoja louhintapenkereillä. Raimo oli loppuun saakka innostunut alasta ja valmiina auttamaan nuorempia alan toivoja.

Raimon liikkuminen rajoittui keväällä 2022 saadun sairaskohtauksen vaikutuksesta. Vaikka uljas askel lyheni, Raimo tykkäsi silti päivittäin piiptahtaa tovin lyhyillä kävelylenkeillä valmiina sanomaan vastaantulijoille muutaman ystävällisen sanan. Lopputaipaleella ystävien käynnit Raimon luona olivat mieluisaa vaihtelua arkeen.

Alan ihmisiä Raimon asiantuntijuus ällistyi kerta toisensa jälkeen, samalla kun huumori ja tarinat kevensivät tunnelmaa. Raimo muistetaan myös hänen pyyteettömästä ystävyydestään, joka-aamuista juoksulenkeistään, lukemattomista maratoneista, tarinoista, teekkarilauluista ja -kaskuista sekä karjalaiseen tapaan vaihdetuista poskisuudelmista. Konsultoinnin, opetuksen ja kirjojen lisäksi Raimo loi alallemme uusia käytäntöjä ja traditioita sekä kertoi tarinoita, jotka tulevat elämään keskuudessamme yli sukupolvien.

Vuorimiespäivät sekä kaivos- ja louhintajaoston syysretket olivat Raimolle vuoden tärkeimpiä tapahtumia ja mahdollisuus tavata ystäviä. Niitä hän jätti harvoin väliin. Raimolle myönnettiin vuonna 2003 VMY:n pronssinen Eero Mäkinen - ansiomitali nro 7 hänen työstään kaivosjaoston piirissä, räjäytysvalvonta-alan uraauurtavasta työstään sekä toiminnastaan nuorten jäsenten koulutuksessa. Lisäksi Tasavallan Presidentti myönsi vuonna 2000 Raimolle Suomen Valkoisen Ruusun Ritarikunnan I luokan ritarimerkin.

Raimoa jäivät kaipaamaan monien vuorimiesten lisäksi hänen poikansa Rami ja tytär Nina perheineen, Liisa- sisko perheineen sekä edesmenneen veljen Leon perhe. ▲

**JARI HONKANEN
ANTERO HAKAPÄÄ JA OPPERAN YSTÄVÄT
EERO HURMALAINEN
PERTTI PAAVOLA
TOMMI HALONEN**

Kirjoittajat ovat Raimo Vuolion opiskelutovereita, ystäviä ja ammattiveljiä



Tukholman maratonilla



Outokumpu heinäkuu 2004 Oulun yliopiston Kalamajalla



Tekoäly – menestys vai katastrofi?

Hyvinvointimme perustuu siihen osaamiseen, jonka menneet sukupolvet ovat keränneet viimeisen miljoonan vuoden aikana. Seisomme sananmukaisesti jäättiläisten hartioilla.

Pitkän ja työhöön opiskelun sekä kovan työkokemuksen avulla olemme voineet omia itsellemme hyvin pienen osan tästä massiivisesta pääomasta.

Perinteisesti tämä opittu osaaminen on tehnyt ihmisyksilöistä yhteiskunnalle arvokkaita ammattimiehiä, asiantuntijoita ja taiteilijoita, jotka ansaitsevat työllään ja yrityksillään toimeentulonsa.

Tekoälyä opetetaan samalla tavalla olemassa olevan tiedon avulla. Suuri osa siitä on jo kerätty nettiin suurten yritysten kuten Google toimesta – ilmaiseksi ja tekijänoikeuksista mitään välittämättä.

Tämän lisäksi tekoöly voi käytännössä varastaa ilmaiseksi nykyisten lakimiesten, lääkärien, insinöörien, johtajien ja taiteilijoiden osaamisen vain seuraamalla heidän toimintaansa.

Tähän asti yritysten, organisaatioiden ja yhteiskunnan tärkein voimavara ovat olleet osaavat ihmiset, jotka osaava tekoöly vähitellen syrjäyttää.

Tämä tarkoittaa sitä, että yhteiskunnan tärkein omaisuus - tieto ja osaaminen - siirretään ihmisiltä tunteettomien koneiden hallintaan.

Käytännössä tämä johtaa ennennäkemättömän suureen omaisuuden siirtoon, kun ihmiskunnan yhteinen perintö siirretään kahdeksalta miljardilta ihmiseltä muutaman suuren tekoölyfirman omistukseen.

Tekoölyfirman bisnesidea perustuu siihen, että tekolääkärin monistaminen ei maksa mitään, mutta ihmislääkärin kloonaminen on vaikeaa.

Tekoöly muuttaa yhteiskunnan oikeudellisia ja taloudellisia perusteita ratkaise-

vasti. Siksi tarvitsemme vastauksia moniin kysymyksiin, jotta voimme varautua tuleviin uhkakuviin.

Mistä ihmisille maksetaan palkkaa, jos tekoölyn ohjaamat koneet tekevät kaiken paremmin? Miten yhteiskunnan toiminnat rahoitetaan? Kuka kantaa vastuun, jos tekoöly tekee päätöksiä?

Kuka omistaa tekijänoikeudet, jos tekoölyartisti on ottanut oppia mm. Olavi Virralta, Topi Sorsakoskelta ja Beatlesilta - ja lyö kaikki ihmisartistit laudalta?

Demokraattisissa maissa tekoölyn kehitystä ei kuitenkaan kannata jarruttaa, koska diktatuurit haaveilevat maailmanvallasta tekoölyn avittaman armeijan, propagandan ja ihmisten valvonnan avulla. Demokratioissa päättäjien hälytyskellojen olisi pitänyt soida punaisina jo 20 vuotta.

Tekoöly tulee tehostamaan asiantuntijoiden työtä ja siksi se vaikuttaa aluksi täysin vaarattomalta. Mutta vähitellen se oppii toimimaan nopeammin ja tehokkaammin kuin mentorinsa ilman luovuuden, tunteiden,

etiikan, sielun ja hengen edistämää viisautta.

Tarvitsemme paljon uutta lainsäädäntöä, jonka mukaan kaikkien päätösten vastuun kantaa aina nimetty ihminen. Konetta ei näet voi rangaista sakoilla, vankilalla tai somehäpeällä.

Parhaimmillaan tekoöly voi antaa meille lisää vapaa-aikaa työn tehostuessa. Tällöin voimme keskittyä luovuuteen, etiikkaan, tunteisiin, elämänarvoihin, viihteeseen sekä kansainmistemme tukemiseen. Toisaalta tekoöly voi rapauttaa ymmärryksen sekä viedä työn ilon ja elämän merkityksen.

Onko tekoöly yksilön ja yhteiskunnan kannalta menestys vai katastrofi? Vastaus riippuu täysin siitä, miten viisaasti poliitikot osaavat lainsäädäntöä kehittää muuttuvassa maailmassa. ▲

TEKSTI JA KUVA: ANTTI ROINE, ULVILA
20.7.2023



material solutions advancing life

www.sibelco.com

Mikkelänkallio 3, FI-02770 Espoo
+358102179800





Toimintavarmuutta ja tuottavuutta sähkö- ja automaatiojärjestelmien elinkaaren optimoinnilla

Vastaako sähkönjakelujärjestelmänsä tämän päivän tarpeita ja vaatimuksia? Ennakoivalla sähköverkon kunnon tarkastuksella ja elinkaariselvityksellä varmistat toimintavarmuuden ja pystyt ennakoimaan mahdolliset ongelmat ennen kuin ne aiheuttavat odottamattomia tuotantokatkoksia tai vaaratilanteita. Järjestelmiin investoiminen etukäteen on aina järkevämpää kuin korjaava kunnossapito.

Automaatiojärjestelmät tarjoavat tehokkaan tavan visualisoida ja hallita sähkönjakelujärjestelmää reaaliajassa, mahdollistaen nopean reagoinnin tilanteisiin. Kattavan kokonaiskuvan ja järjestelmistä saatavan datan yhdistäminen antaa konkreettista tietoa päätöksenteon tueksi, prosessien optimoimiseksi sekä energiatehokkuuden hallitsemiseksi. ABB tukee asiakkaitaan koko sähkönjakelu- ja automaatiojärjestelmän elinkaaren ajan. Laajan asiantuntemuksemme ansiosta pystymme räätälöimään palvelumme kunkin asiakkaan tarpeisiin.

campaign-pa.abb.com/elinkaaren-optimointi

ABB



neutrongate

Ydinfysiikan huippuinnovaatio, joka parantaa prosessiteollisuuden tuottavuutta ja vauhdittaa vihreää siirtymää

Suomalainen huippuinnovaatio valjastaa ydinfysiikan kaivos- ja metalliteollisuuden tuotannon parantamiseen ja vihreän siirtymän vauhdittamiseen. Neutroniaktiivointiin perustuva teknologia mahdollistaa reaaliaikaisen ja linjastolta tapahtuvan suurten materiaalivirtojen koko volyymin alkuaineanalyysin. Etenkin metalli- ja kaivosteollisuuden arvioidaan saavan tästä huomattavia etuja. Yrityksen perustajan, ydinfyysikko Hannes Vainionpään mielestä hiukkaskiihdytinteknologiassa on paljon

hyödyntämätöntä potentiaalia, joka voidaan valjastaa palvelemaan kaivos- ja metalliteollisuuden tarpeita. Tällä hetkellä toimitamme NeutronGaten alkuaineanalyysimenetelmää Outokummun Tornion ferrokromisulattoon.

Metallien kasvava kysyntä ja ympäristövaatimukset

Metallien kysyntä on tällä hetkellä suurempaa kuin tarjonta. Korkeaa kysyntää siivittää erityisesti energiasiirtymä. Muun muassa sähköverkkojen tarvitseman kuparin tuotannon pitäisi tuplaantua seuraavien

20 vuoden aikana. (Arvopaperi, kesäkuu 2023) Samalla kun tuotannon määrän pitäisi kasvaa voimakkaasti, toimialalla vallitsevat yhä tiukemmat vaatimukset kaivosten ja metalliteollisuuden ympäristöystävällisyydelle. Pelkästään kaivosteollisuus kuluttaa 3-5 prosenttia koko maailman sähkön- tuotannosta. (Arvopaperi, kesäkuu 2023) Kaivos- ja metalliteollisuuden toimijat ovat etenkin Suomessa osoittaneet kasvavassa määrin määrätietoista pyrkimystä teknologiateollisuuden tavoitteekseen asettaman hiilineutraaliuden saavuttamiseksi vuonna

Taulukko1. Pitkän mittauksen havaitsemisrajat termisen neutronin (T)PGNAA-menetelmällä. TPGNAA on sovellettavissa koskettamattomaan on line -mittaukseen.

DETECTION THRESHOLD %-W	ELEMENT
<0.005	B,Cd,Nd,Sm,Eu,Gd,Dy
0.001-0.01	H,In,Au,Hg,Hf,Er
0.001-0.05	Cl,Sc,Ti,V,Mn,Co,Rh,Ag,Ta,Re,Pt,Ho,Yb,Lu
0.01-0.1	Li,Na,,Mg,Al,Si,S,K,Ca,Cr,Fe,Ni,Cu,Se,Br,Kr,Sr,Ru,Pd,Te,Xe,Cs,W,La,Tb,U
0.1 - 1	Be,N,F,P,Ar,Zn,Ga,Ge,As,Rb,Y,Zr,Nb,Mo,Tc,Sn,Sb,I,Ba,Tl,Ce,Pr,Tm,Th,Np,Pu,Am
> 1	C, O, Ne, Pb, Bi

neutrongate

Taulukko 2. Pitkän mittauksen havaitsemisrajat DGNAA-menetelmällä. DGNAA on sovellettavissa näytemittaukseen joko laboratoriossa tai on line -näytteenottimella.

DETECTION THRESHOLD %-W	ELEMENT
<0.03	Dy
<0.3ppm	Mn,Rh,Ag,Hf,Sc,V,Kr,In,Eu
<4ppm	Sc,Sm,Ho,Lu,Re,Ir,Au,Al,I,Ba
<10ppm	Na,Cu,Ga,As,Br,Sr,Y,Nb,La,W,Os,U
< 100 PPM	Co,Ge,Ru,Pd,Sb,Te,Xe,Nd,Er,Yb,Pt,Hg,Ar,Mg,Mo,Cd,Pr,Gd,Ta
< 300 PPM	F,Cl,Ti,Zn,Se,Sn,Ce,Th
< 0.1 %	Ne, K, Ca, Ni, Rb, Tm

*MEASUREMENT TIME USUALLY AT LEAST 10% OF ELEMENT HALF LIFE.

neutrongate

2035. Tässä olennaisena tekijänä on korkea innovaatioiden hyödyntämistä.

100 % materiaalivirrasta linjastolta koskettamatta

Eräs tällainen korkea innovaatio on NeutronGate Oy:n kehittämä OreGate. OreGate mittaa laitteen läpi kulkevan materiaalivirran

alkuainepitoisuudet liukuhihnalta tai putkesta reaaliajassa. OreGaten alkuaineanalyysin ainutlaatuisuus mittaustamettana voidaan tiivistää sanoihin "100% materiaalivirrasta linjastolta reaaliajassa", toteaa Vainionpää.

Koska neutronipohjainen analyysi tapahtuu ilman kosketusta, OreGate voidaan integroida linjastolla kulkevan materiaalin

läpikulkuportiksi. Linjastolta tapahtuva mittaus mahdollistaa koko materiaalivolyymien analysoinnin, jolloin mittaus on edustava. Tarkintaan mittaus ei ole hyvä, jos se ei ole edustava. OreGaten analyysissä saadaan sekä tarkkaa että edustavaa mittaustietoa.

Viimeinen merkittävä ominaisuus on mittauksen reaaliaikaisuus. Poikkeamat ma-

PARTS

PLASMA ①

Energy is fed in to low density gas that ionizes via electron collisions forms plasma.

ACCELERATOR ②

Beam is extracted from plasma focused and accelerated to beam target.

BEAM TARGET ③

nuclei collide at the beam target forming neutrons via nuclear fusion.

SAMPLE ④

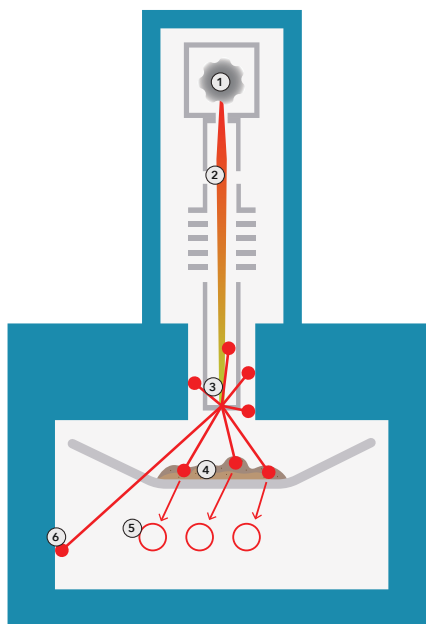
mass on the conveyor is irradiated with neutrons.

DETECTION ARRAY ⑤

Detector array detects the gammas coming from irradiated material.

SHIELDING ⑥

Remainig neutrons are shielded from the environment by radiation shielding.



PROCESS

NEUTRON PRODUCTION

Neutron beam is produced by innovative new accelerator produced by NeutronGate.

NEUTRON ACTIVATION

Neutrons interact with nuclei in the material flow exiting them and inducing gamma emission that is element specific.

DATA ACQUISITION

Gamma signals from detector array are filtered and analysed in order to provide raw data and spectrums.

ELEMENTAL DATA

Raw data from detectors is filtered, calibrated and analysed providing elemental identification, elemental ratios and concentrations to the client.

terialivirrassa voidaan parhaimmillaan havaita sekunneissa tai minuuteissa. OreGate mahdollistaa siis sen, että toimijoilla on tarkka ja edustava data materiaalivirran alkuaipitoisuuksista reaaliajassa.

Neutronipohjainen alkuaineanalyysi

OreGaten tapauksessa hihnastolla virtaavaa materiaalia pommitetaan neutroneilla. Neutronien aiheuttama ytimien viritystila materiaalivirrassa purkautuu gammasäteilyynä. Gammasäteily mitataan gammaspektrometrillä, joka tunnistaa alkuaineen ja määrittää sen pitoisuuden. Koska gammasäteily läpäisee tutkittavan materiaalin, niin mittaus voidaan suorittaa jopa kymmenien senttien syvyyteen (jopa 50 cm).

Ohessa mitattavia minimipitoisuuksia esittävät taulukot 1 ja 2, jotka antavat käsityksen mittausherkkyydestä.

Hyödyt metalliteollisuudelle

Metalliteollisuudelle neutronipohjainen analyysi tuo hyötyjä vähintäänkin kolmella tasolla:

1. Materiaalivirran optimointi:

Reaaliaikainen data salattuon menevän materiaalivirran alkuainekoostumuksesta mahdollistaa sen, että koostumuksessa oleviin muutoksiin voidaan reagoida vielä prosessin aikana. Jos esimerkiksi pelkistimen määrä näyttää olevan liian alhainen, voidaan koksia lisäämällä ajoissa optimoida materiaali-

TIIVISTELMÄ:

OreGate Neutronipohjainen mittaus:

- NeutronGate Oy on ydinfyysikko Hannes Vainionpään perustama yritys
- OreGate on ydinfyysikkaan perustuva huippuinnovaatio
- Ilman kosketusta tapahtuva alkuaineanalyysi, joka voidaan integroida osaksi linjastoa
- Analysoi 100% materiaalivirrasta
- Reaaliaikainen mittaus
- OreGate on asiakkaan tarpeiden mukaisesti räätälöity järjestelmä
- Hyödyt: parempi prosessin hallinta, prosessin optimointi, korkeampi lopputuotteen laatu, pienentynyt hävikki, alhaisemmat päästöt
- Soveltuvuus: toimijoille, joille materiaalivirtojen alkuainekoostumus on olennainen tieto (kaivos-, metalli- sekä energiateollisuus, kiertotalous)

virran koostumusta. Optimoitu materiaalivirran koostumus tarkoittaa sitä, että raaka-aineen pitoisuuksien heilahtelu ei ole kovin suuri ongelma ja prosessi saadaan stabiilimmaksi, jolloin säästetään energiaa ja minimoidaan prosessihäiriöt.

2. Korkeampi lopputuotteen laatu ja pienempi hävikki

Optimaalinen raaka-ainekoostumus näkyy tasaisempana ja korkeampana laatuuna, ja sen myötä pienempänä hävikkinä.

3. Pienemmät päästöt:

Vainionpään mukaan tieto raaka-aineen koostumuksesta antaa suuremman vapauden valita vaihtoehtoisia vihreitä raaka-aineita. Esimerkiksi kivihiilen voi korvata biokoksilla. Näin päästään tilanteeseen, jossa lopputuotteen laatua ja määrää saadaan kasvatetuksi samanaikaisesti kuin saavutetaan säästöjä materiaalin, energian ja päästöjen osalta.

Hyödyt kaivosteollisuudelle

Kaivosteollisuuden toimijoiden kanssa käytyjen keskustelujen valossa Vainionpää arvioi, että teknologia voisi nostaa tuottavuutta ja vähentää päästöjä tuotantoketjun eri vaiheissa.

- Teknologiassa on potentiaali vähentää sivukiven louhimista tekemällä mittausporasojasta, kairausnäytteestä tai tunnelin päästä ja täten ohjata louhimista tehokkaammin. Olemme keskustelleet mah-

dollisuudesta suorittaa analyysi heti lounaan jälkeen joko kauhassa tai siirron aikana. Tällä voitaisiin vähentää turhaa sivukiven kuljettamista ja murskaamista. Esirikastuksessa ja rikastuksessa tuottavuutta voidaan lisätä selvittämällä alkuainepitoisuudet prosessin eri vaiheissa.

- Pitoisuuksien mittaaminen sivuvirroista niin, että vaarallisten jätteiden loppusijoitus voidaan suunnitella tehokkaammin ja uudelleen käytettävä materiaali voidaan kierrättää tai myydä esimerkiksi rakennusteollisuudelle.

OreGate sopii erinomaisesti myös näyteanalyysiin joko linjastolle tai laboratorioon. Neutronipohjainen alkuaineanalyysi tuo tehokkuutta, sillä laitteen operointi on tehty helpoksi eikä se vaadi korkeakoulutettua käyttäjää. Näyteanalyysi antaa tulokset minuuttien ja tuntien aikaikkunassa. (vrt. laboratorion vasteaika noin 24h)

Mineraalien ja metallien kierrätys ja uudelleenkäyttö

Korkea metallien kysyntä näkyy myös kasvavana tarpeena metallien ja mineraalien kier-

rätykselle. (The Economist, heinäkuu 2023) Olemme käyneet keskusteluja elektroniikka- ja metallijätteen kierrätystoimijoiden kanssa ja identifioineet seuraavia hyötyjä:

- **Resurssitehokkuus:** Kierrätyksen ja uudelleenkäytön prosesseissa on tärkeää ymmärtää täsmällisesti, mitä metalleja ja mineraaleja on käytettävissä. Jos tämä tieto puuttuu tai on epätarkka, saatetaan kierrätettäviä materiaaleja hukata tai niitä ei käytetä tehokkaimmalla mahdollisella tavalla.
- **Laadunvarmistus:** Metallien ja mineraalien laatu on erittäin tärkeää lopputuotteen kannalta. Maametalleja käytetään laajasti esimerkiksi elektroniikassa ja muissa korkean teknologian sovelluksissa, joissa alkuainekoostumuksen täytyy olla erittäin tarkka.
- **Ympäristö:** Alkuainekoostumuksen tunteminen auttaa myös tunnistamaan mahdollisia haitallisia tai ympäristölle vaarallisia aineita, jotka voivat olla osa kierrätettävää materiaalia.

NeutronGate Oy hakee kumppaneita teknologiansa kaupallistamiseen ja jatkojalostukseen.

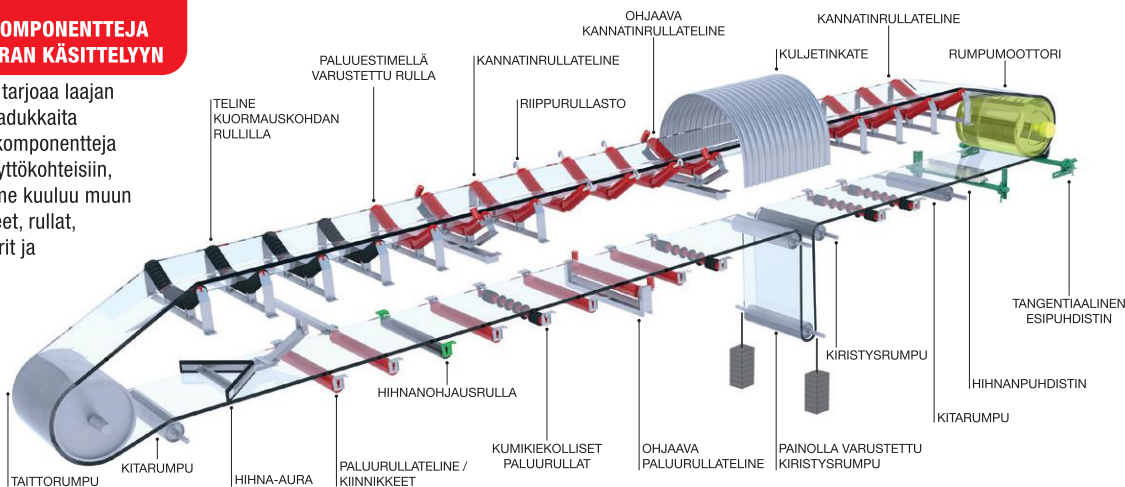
Tällä hetkellä yritys hakee kumppaneita teknologian kaupallistamiseen ja jatkojalostukseen. Yrityksemme vahvuus on hiukaskiikihdynteknologiaan perustuva huipunnovaatio yhdistettynä omaan laite- ja ohjelmistokehitykseen. Meistä ainutlaatuisen tekee se, että meillä on omasta takaa huippuunsa kehitetty kiihdytin-, ilmais- ja ohjelmistoteknologia. Näin meillä on kyky tarjota täysin räätälöityjä järjestelmiä, jotka ovat juuri asiakkaan tarpeisiin soveltuvia.

Nyt meillä on tavoitteena löytää yhteistyökumppanit, joilla on alakohtaista korkeatasoista osaamista voidaksemme rakentaa yhteistyössä sovelluksia tuottavuuden merkittäväksi parantamiseksi sekä hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Olemme vasta raapaisemassa pintaa teknologian sovellusmahdollisuuksien ja sen tuomien hyötyjen suhteen, toteaa Vainionpää. ▲

TEKSTI: JUKKA KAKRIAINEN
KUVAT: NEUTRONGATE OY

RULLIA JA KOMPONENTTEJA MASSATAVARAN KÄSITTELYYN

RULMECA OY tarjoaa laajan valikoiman laadukkaita hihnankuljetinkomponentteja haastaviin käyttökohteisiin, valikoimaamme kuuluu muun muassa telineet, rullat, rumpumootorit ja komponentit.



RATKAISUJA KAIKILLE ALOILLE



KIVOSTEOLLISUUS



SEMENTTI, ASFALTTI,
LOUHOKSET, TUNNELIT



PUU- JA
PAPERITEOLLISUUS,
BIOENERGIA



TERÄSTEOLLISUUS JA
ENERGIALAITOKSET



KIERRÄTYS, MURSKAUS
JA SEULONTA



SATAMAT



SUOLA- JA
SOKERITEHTAAT

RULMECA OY

Ridalintie 3 - FI-03100 Nummela - Finland
+358 9 2243 5510 - fi@rulmeca.com - rulmeca.fi

rulmeca.com




RULMECA[®]
MOVING AHEAD

Liity matkaamme kohti kiertotaloutta

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



Luitko jo uusimman vastuullisuusraporttimme?
nordkalk.fi/vastuullisuus



Huomasitko? Nordkalkilla on uudistuneet nettisivut!
Käy tutustumassa: nordkalk.fi

Nordkalk



PALSATECH

Wide range of geoservices

Palsatech provides high-quality geological and technical services for the mining and exploration industries.

Our comprehensive service range minimizes initial investments and eases the workload for our clients. With us, the client gets the know-how, methods, space and equipment, all in one place.

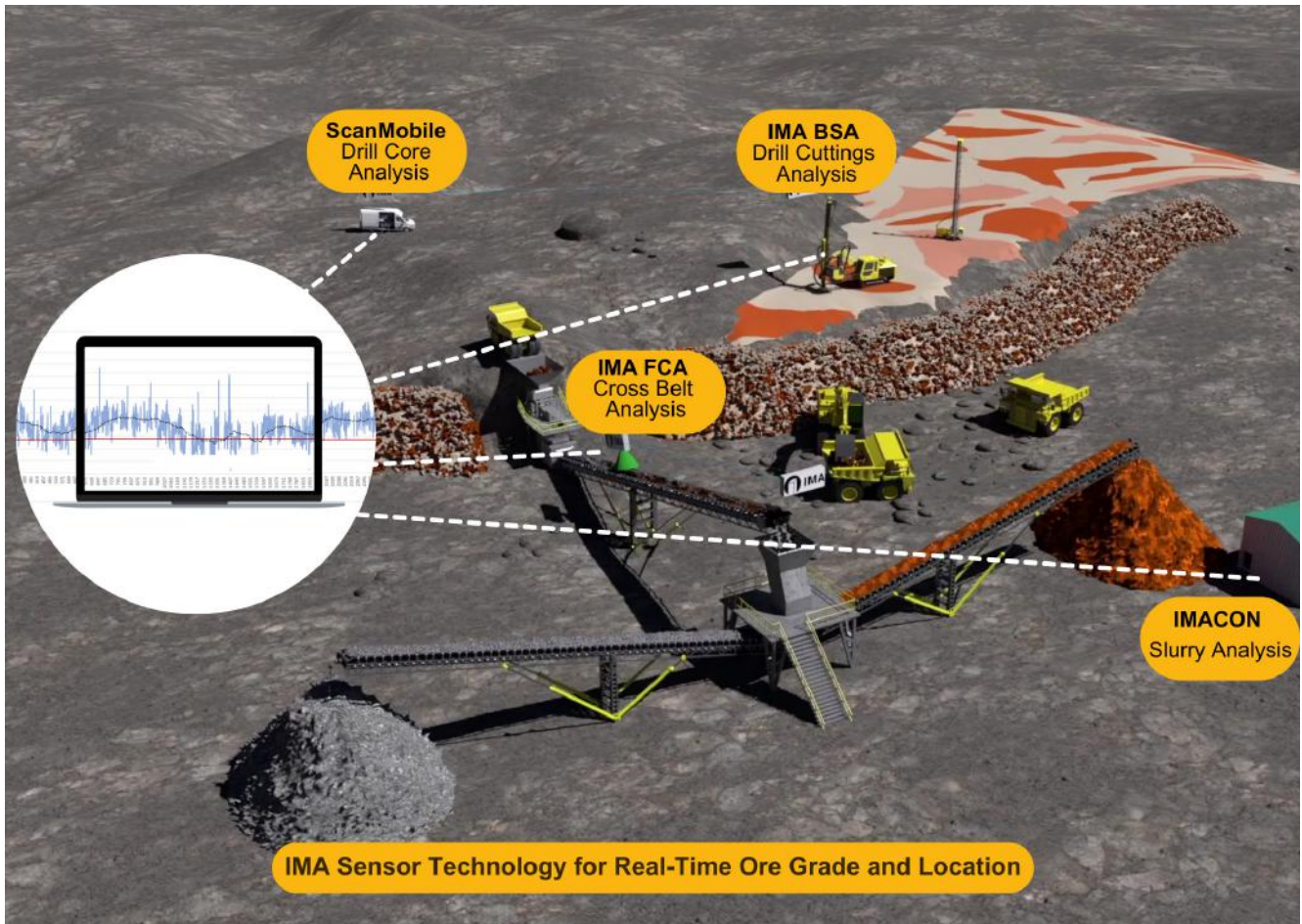
Our services include:

- Geological and technical exploration services
- Mining geology services
- Land management and permitting
- Logging tables and other equipment
- PalsaCenter – Exploration and mining service centers

Visit our website for more information:
www.palsatech.fi

Contact us:
Verkkokarintie 11, 94900 Kemi, Finland
info@palsatech.fi | +358 40 180 5324





Tackling issues of waste rock dilution

Introduction

Copper is one of the most widely used metals in the world, and with the global green energy transition the demand for copper is expected to increase significantly by almost doubling during the years from 2020 to 2040 [1]. This trend implies a huge need for new copper sources, as the current supply pipeline is insufficient to meet the future demand. However, while the demand for copper increases, the supply of high-grade copper ore decreases. For example, the average ore grade of copper in the United States dropped from about 2,5% in 1900 to 0,4% in 2019 [2], while the global average ore grade was not

much higher, estimated to be 0,6% in 2019 [3]. This poses a challenge for the mining industry, which must prepare for extracting lower grade copper ore that contains less copper and more gangue.

Lower grade copper ore requires more energy and water to process, which increases the environmental and social impacts of mining. And as more non-valuable rock goes through the concentrator, the more waste is produced in form of tailings. Additionally, as the more easily accessible deposits close to surface have been exploited, the miners need to go deeper to mine the important metal, resulting in higher mining costs.

One solution to the issue of low-grade mining is to improve the efficiency of the extraction and processing methods to reduce waste rock dilution (WRD). Waste rock dilution refers to the amount of non-ore material that is mixed with the ore during the extraction process, which lowers the grade and quality of the product. Currently waste rock dilution (and ore losses) is only estimated from mining block models, and it is not measured. To measure and quantify the real impact of WRD, the mine needs to have an on-line analyzer for the mill feed after primary crusher on conveyor belt for analyzing the material in short time frames

ALOITUSKUVA

IMA Sensors provide real-time ore grade and location data.



IMA Autosampler on a bench drill



IMA drill-integrated Blasthole Sampler-Analyzer on rotary drill

(e.g., 10 seconds). The longer the time the more averaging is being done in the analysis. Ore and waste material mixture gets homogenized in further crushing, screening, in intermediate stockpile and in grinding mills.

Reducing waste rock dilution can have significant impact on the costs and environmental impact of mining operations. Additionally, the waste rock occupies concentrator capacity, i.e., replaces valuable ore, which has a significant negative value for the mine profitability that we will demonstrate in the case study. There are methods that can help to reduce waste rock dilution, such as improved drilling and blasting practices. There are also modern processes that use advanced technology to tackle the issue. In this paper we introduce IMA Engineering's solutions for mine grade control and for ore sorting which help to reduce both internal and external waste rock dilution.

IMA Engineering Company

IMA Engineering ("IMA") is a leading provider of sampling and analysis solutions for the mining industry. Mines around the world are using IMA's innovative mine-to-mill sensor technologies that provide real-time meas-

urement of ore grade and geo-metallurgical properties. With over 25 years of experience in developing and delivering online analyzers for various mineral applications, IMA is a pioneer in the field of applying sensor solutions for crushed ore over conveyor belt, for drill cuttings, for diamond drill cores, and for mineral slurries. IMA works closely with mine clients to understand their needs and offers the best solutions that optimize their mining processes to enable the profitable operation even with challenging ore bodies and low-grade deposits.

IMA smart sensors provide wireless data from all these stages into mine planning systems either in the Cloud or in a central hub where all the geo-metallurgical data is combined and processed.

The data is used for homogenizing the ore, separating different ore types, and separating ore and waste before they enter the concentrator. This leads to reduced dilution, higher mill head grade and more stable mill feed.

Sampling and Analysis Solutions for Mine Grade Control

IMA's solutions for mine grade control cover

a variety of sampling and analysis tools for blasthole and R/C drill cuttings.

IMA Autosampler for physical drill chip sampling

The IMA Autosampler is operated from the drill cabin. It automates sampling, sample splitting and sample bag change process. The system includes a new, highly accurate cone-type sample splitter and an innovative sample collection system which preserves the geological structure in the sample bag for detailed ore and waste border recognition as well as visual chips logging.

IMA Blasthole Sampler-Analyzer

IMA drill-integrated Blasthole Sampler-Analyzers (BSA) collect samples and analyze drill cuttings while drilling, providing dense data from production and R/C holes. The data is delivered in real-time to the mine office to make accurate 3D mine maps of the blast benches. The fully automatic IMA sampling and analysis robots can be integrated on any manufacturer's drill rig. The IMA Sampler-Analyzers enable autonomous drilling by removing sampling personnel from the blast benches. The IMA



IMA Bulk Ore Sorting System separating ore and waste rock

Sampler-Analyzers combine Analyze While Drilling (AWD) and Measure While Drilling (MWD) data to provide a combination of accurate elemental analysis data and rock/ore hardness data, i.e., the drilling, blasting, crushing and grinding characteristics of the rock combined with ore and waste rock location coordinates.

Conveyor belt analyzer for Bulk Ore Sorting

IMA Fast Conveyor Belt Analyzers (FCA) analyze the ore on the conveyor belt, typically after primary crushing, before the ore

and waste rock are mixed in intermediate stockpiles. The FCA provides the elemental composition of the material on the conveyor continuously providing the average grade of the material every 10 to 30 seconds. The short analysis time reveals the real ore grade and waste rock on the belt providing mine grade control feedback for improving the quality of mining. Furthermore, the IMA FCA located on top of the belt and a sorting chute located at the end of the conveyor enable Bulk Ore Sorting, separating the ore from waste rock with high accuracy and without capacity limitations.

Economic impact - Case of Bulk Ore Sorting

To assess the economic impact of each mine case, IMA typically does a rental period where firstly the analyzer system is calibrated with real samples, then installed on a conveyor belt to analyze the material and to follow how the elemental grades vary over time. Below we demonstrate a sample set of real case data of a large-scale copper production utilizing FCA to analyze the copper grade.

The data visualizes how the grades vary with time, how much and how often. When a certain cut-off grade is applied, and the

FCA DATA COPPER MINE

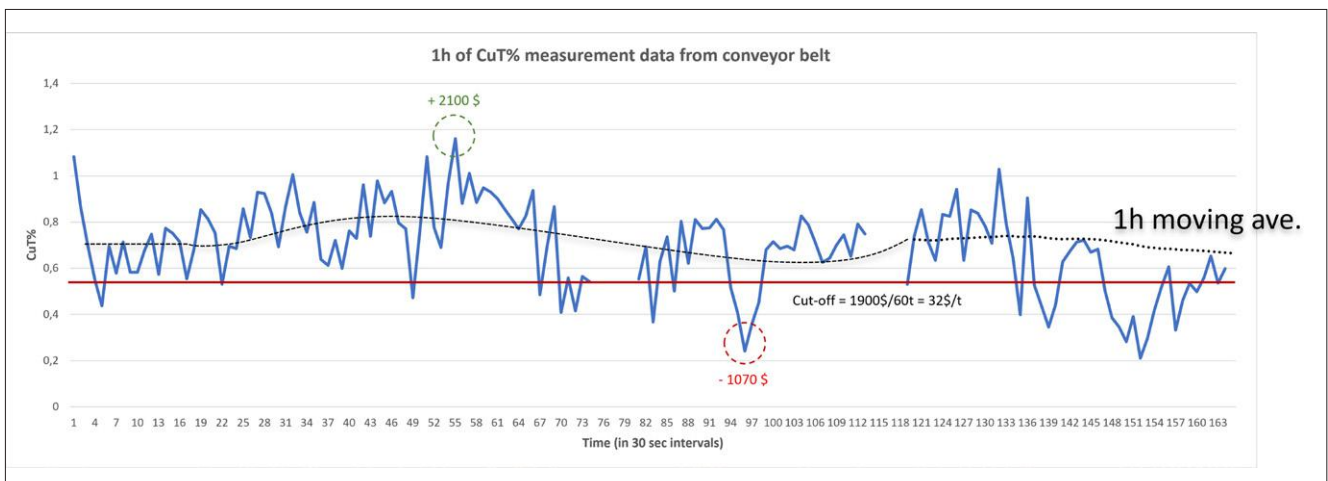


TABLE: Below cut-off grade tonnages

Cut-off Cu grade 0.55 % Total average grade (CuT%)	CuT 0,79 %	Total tons	4 495 000 t
Average grade below cut-off (CuT%)	CuT 0,48%	Tons below cut-off	287 000 t
Average grade above cut-off (CuT%)	CuT 0,81 %	Tons above cut-off	4 208 000 t
Sortable batch size	60 t	Std dev	0,17
Tons below cut-off	6,4 %	Measurements outside std dev	28,0 %
Belt empty (% of time)	32 %	Tons outside std dev	25,2 %

Economic impact

- Ore ave. grade increased by 2,6 %* (0,02% abs)
- Cu-concentrate annualized value increase US\$ 50 million**
- BOS operation cost US\$ 0,3/ton***
- Annualized estimated net profit increase US\$ 48 million****

*sorted out waste is replaced with ave. grade ore.**based on: Cu price: US\$ 9000/ton, Recovery 80%, NSR 80%*** includes costs for primary crushing, sorting and sorted waste rock handling**** does not include capital costs for XRF-analyzer and sorting chute

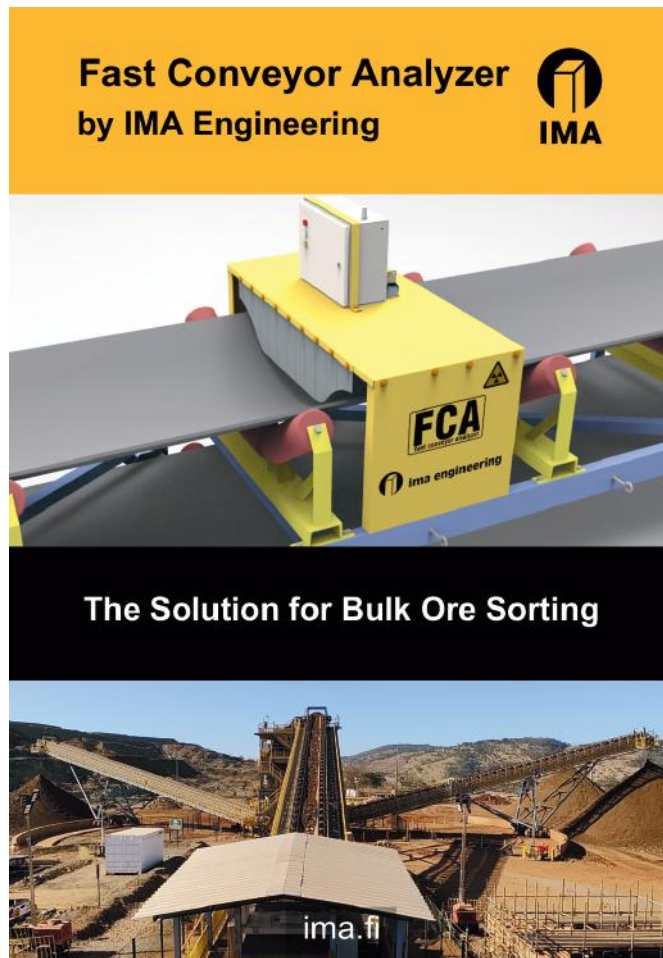
analyzer system is connected to belt scale, the amount of waste rock dilution can be quantified.

Furthermore, the economic evaluation can be made within the given time period to assess what is the economic impact of waste rock going to the concentrator.

Final Words

In conclusion, reducing waste rock dilution in mining operations can yield significant benefits for the economic and environmental performance of the mining industry. IMA Engineering has been a pioneer in online analysis for decades and advocating its importance in the efficient mining practice. During recent years the mining industry has taken leaps to become more digital and, with autonomous mining in mind, more adaptive to advanced technologies and their capabilities to improve the processes. Often the real amount of dilution and its variability in the mine are unknown and for this reason IMA has conducted grade control and ore sorting evaluations in copper, iron, nickel, gold and silver mines around the world. IMA has developed a fast and light way of making such evaluations by deployment of field rental equipment, which we are happy to continuously utilize to help the mining industry to tackle their current and future challenges. ▲

TEKSTI: **VILLE HAKALA**





Miilux® Mining Service

Valmistamme kaivoskoneiden kauhoja ja lavoja sekä tarjoamme niille täyden huoltopalvelun ympäri vuoden.

- HARD FROM EDGE TO EDGE - www.miilux.fi



No limits innovation





Rotatorilta koneet ja palvelut kaivoksiin ja murskaukseen

Rotator Oy:n valikoima kattaa mm.

Hitachi -kiviautot ja -kaivoskoneet
 BELL -dumpperit
 Furukawa -iskuvasarat
 Metso Lokotrack kompaktit murskaus- ja seulontalaitokset
 Wenco -kaivostoiminnan digitaaliset ratkaisut
 Maanlaajuiset huolto- ja varaosapalvelut

HITACHI

Reliable solutions

BELL

FRD
FURUKAWA

Metso

W Wenco

ROTATOR

www.rotator.fi



Rock Physics Finland

Selkeästi parempia petrofysiikan palveluita

- Yleisimmät malminetsintää, kaivoksia ja kalliorakentamista palvelevat fysikaalisten ominaisuuksien mittaukset
- Vanhojen geofysiikan aineistojen tasokorjaukset ja harmonisointi
- Geofysiikan mittausten ja aineistojen laadunvalvonta ja auditointi
- Reikägeofysiikan ja petrofysiikan koulutukset

Oy Rock Physics Finland Ltd

+358 50 374 1106

www.rockphysics.fi



Advanced technology and inspired design to meet tough conditions



RF Valves, Oy.

Tullitie 9,

53500 Lappeenranta, Finland

Tel: +358-20-758-1790

Fax: +358-20-785-1799

email:rfvalves@rftek.fi

www.rfvalve.com

www.rfvalve.com

Metallurgijaoston teekkari-info LUT-yliopistolla

Vuorimiesyhdistyksen Metallurgijaosto esittelee säännöllisesti omaa ja jäsentensä yritysten toimintaa alasta kiinnostuneille opiskelijoille. Korona-ajan rajoitukset aiheuttivat tähän toimintaan tuntevan katkoksen. Sen myötä muodostui riski, että yhdistyksen tunnettuus heikkenisi eivätkä uudet opiskelijat enää löytäisi Vuorimiesyhdistyksen pariin. Taustalla oli myös toimialan vahva tahtotila markkinoida vuoriteollisuutta alan valintaansa miettiville opiskelijoille.

Rajoitusten päätyttyä Metallurgijaoston johtokunta laati vuodelle 2022 suunnitelman tiedottaa jaoston toiminnasta keskeisimmillä yliopistopaikkakunnilla. Tehtiin myös aloite järjestää opiskelijainfoja jaostojen välisinä yhteistapahtumina osallistujamäärän maksimoimiseksi.

Näin syntyi Oulussa ensi kerran 15.11.2022 järjestetty Vuori-ilta, jossa toimintaansa esittelivät kaikki neljä Vuorimiesyhdistyksen jaostoa. Oulun jälkeen vuorossa olivat teekkari-info Aalto-yliopistolla 2.12.2022 sekä Lappeenrannassa 11.4.2023.

Lappeenrannassa korona-aikana heikentyneet yhteydet opiskelijamaailmaan konkretisoituivat selkeimmin, ja tapahtumaa päästiin järjestämään käytännön tasolla vasta pitkällisen yhteyshenkilöiden etsimisen jälkeen. Tilaisuus saatiin lopulta järjestymään LUT-yliopiston uudella hienolla rantasaunalla, joka on rakennettu aivan Saimaan rantaan.

Koneenrakennuskilta ja Kemianteeknikan kiltta hoitivat ansiokkaasti käytännön järjestelyt, saunan varauksen sekä ruoka- ja juomatarjoilun. Paikalle saapui noin 25 kone- ja kemianteeknikan opiskelijaa. Metallurgijaoston ja firmojen osalta riitti, kun tulimme paikalle, kytkimme läppärit näyttöihin ja kävimme saarnaamaan.

Ensin Jarkko Fredriksson esitteli Vuorimiesyhdistyksen toimintaa ja kertoi Ova-



Teekkari-infon tunnelmia. Selin etualalla esitystä pitää Timo Vornamo.

ko-konsernista sekä omasta urapolustaan. Omista opiskelu- ja työvaiheistaan kertoivat nuoremmat tieteenharjoittajat Petri Lehtonen ja Otto Kankaanpää.

Seuraavaksi Timo Vornamo kertoi Metso Outotec -konsernista, sen Lappeenrannan toiminnoista ja omasta matkastaan filteriteollisuuden pariin. Muutaman kysymyksen tekkarit esittivät, muiden muassa seuraavan: ”Millaisella filterillä saisi oluesta hiivan maun pois?”. Siinäpä kysymys, jota on useampikin kotioluen panija varmasti miettinyt.

Ilta jatkui wräppejä ja sipsejä syöden oluen ja lonkeron toimiessa kyytipoikana. Tilan

kahdessa saunassa kävivät melkein kaikki tekkarit. Sauna oli käytännössä täynnä.

Lauteilla hyvä keskustelu jatkui muun muassa alan oivallisiin työllistymismahdollisuuksiin liittyen. Mitään ei rikottu ja muutenkin siivoa oli porukka. Laulua ei harmillisesti tällä kertaa kuultu, mutta asia korjattaneen ensi kerralla! ▲

TEKSTI: **JARKKO FREDRIKSSON JA VILLE-VALTERI VISURI**
KUVA: **JARKKO FREDRIKSSON**



Sandvik on avannut uudet myynnin ja huollon toimitilat Kajaanissa

Uudet nykyaikaiset myynnin ja huollon toimitilat on suunniteltu Sandvikin käyttöön ja mahdollistavat kokonaisten murskaus- ja seulontalaitteiden huollot, vaativat kunnossapitotyöt sekä asiakaskoulutusten järjestämisen.

▲ Sandvik osoittaa uusilla toimitiloillaan sitoumuksensa kaivos- ja urakointiteollisuuden asiakaspalveluun vahvistamalla huoltotarjontaansa kesken ja pohjoisen Suomen alueella. Sandvikilla on ollut jo pitkään toimitilat Kajaanissa palvelemaan alueen asiakkaita, mutta uudet tilat vastaavat entistä paremmin kasvaviin asiakastarpeisiin. Tilaa uudessa toimipisteessä on reilusti aiempaa enemmän, ja toimintojen parempi sijoittelu, konepaikkojen kasvanut määrä ja muut ratkaisut takaavat, että Sandvikin huoltoteknikot, myyntitiimi ja asiakaspalveluhenkilöstö pystyvät työskentelemään entistä tehokkaammin. Tiloissa on modernit korjaamo-, toimisto-, kokous- ja koulutustilat.

Sandvikin murskaus- ja seulontalaitteiden myyntipäällikkö Annika Männikkö kertoo, että Kajaanin toimipiste on strategisesti tärkeä Sandvikin kyvyllä vastata kas-

vaviin asiakastarpeisiin. ”Uudet toimitilat sijaitsevat keskeisellä paikalla Suomen suurimpiin kaivoksiin ja kaivosurakoitsijoihin nähden. Tarpeisiimme rakennetut tilat tehostavat merkittävästi laitekorjauksia, -tarkastuksia ja -päivityksiä. Uusissa tiloissa on pysytty toteuttamaan mittavia teknisiä ja toiminnallisia parannuksia. Kapasiteetin kasvun myötä pystymme vastaamaan myös paremmin tulevaisuuden muuttuviin vaatimuksiin”, toteaa Männikkö.

Suurin osa uusista toimitiloista koostuu huollon tiloista. Huoltohallin suunnittelussa on noudatettu alkuperäisen laitevalmistajan standardeja, joka takaa tilojen toimivuuden ja laitekunnostusten korkean laadun. Vastuullisuus ja ympäristöasiat on otettu merkittävästi huomioon suunnittelutyössä. Suuret tilat mahdollistavat sen, että samanaikaisesti voidaan suorittaa tehokkaasti ja turvallisesti usean kaluston

huoltoja, niin liikkuvien murskaus- ja seulontalaitteiden kuin kaivoskokoluokan yksiköidenkin korjauksia.

Avajaisjuhlassa perjantaina 16.6.2023 oli mukana asiakkaita, yhteistyökumppaneita ja Sandvikin henkilöstöä. Tilaisuudessa oli mahdollisuus verkostoitua ja tutustua uusiin tiloihin. Tapahtumassa esiteltiin lisäksi Sandvikin viimeisintä tarjontaa murskaukseen ja seulontaan eli tuottavuutta ja turvallisuutta parantavia uutuustuotteita, digitaalisia ratkaisuja ja räätälöitäviä palveluja. Sandvikin uusi Kajaanin toimipiste sijaitsee osoitteessa Peitäsentie 1, 87400 Kajaani.

Lisätietoja: Annika Männikkö, Myyntipäällikkö, Territory Finland and Baltics, Sandvik Rock Processing Solutions, puhelin: 040 596 7434, sähköposti: annika.mannikko@sandvik.com





Ylhäältä vasemmalta Heikki Karvinen, Janne Alatalo, Pekka Niskanen, Timo Julkunen, Teemu Partanen ja Pekka Pitkänen. Alhaalta vasemmalta Juhani Tiikkaja, Kimmo Ulvelin, Hannu Jurvelin, Sakari Mononen, Mikko Airaksinen ja Jyrki Pulsa

Sää ei suosinut puumailatennistä

Puumailatenniksen SM-turnaus pelattiin yhdeksättä kertaa Kuopion Väinölänniemien tenniskentillä. Osanottajia oli ennätysmäärä. Alkuerien jälkeen, jolloin jokai-

nen pääsi pelaamaan kaksi peliä, alkoi ikävä jatkuva sade. Turnaus päätettiin keskeyttää pelaajien turvallisuuden varmistamiseksi. Palkinnot kuitenkin jaettiin, olihan tätä perinteikästä vuoriteollisuusalan tennis-

turnausta sponsoroimassa nimekäs lista yrityksiä: Avesco, E.Hartikainen, Ramago, Sandvik, Swerock, Tapojärvi, Valtavirta ja Yara. Illalla ottelut vielä jälkipuitiin gaalailallisen merkeissä. ▲

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





**Vuotek Oy mukana
FEM 2023 -tapahtumassa**

Tervetuloa osastollemme **B24**

Boart Longyearin maahantuoja Vuotek Oy
Yläniitynkatu 6 A, 53550 Lappeenranta, FINLAND
040 1684244 | petri.naakka@vuotek.fi





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

www.contitech.fi

ContiTech

Extreme Wear Protection

impoinvest impoinvest.com

FINNMATERIA

PAVILJONKI JYVÄSKYLÄ 6.-7.11.2024

Pohjoismaiden johtavat
erikoismessut koko vuoriklusterille

FinnMateria -messut Jyväskylässä 6.-7.11.2024

Tule näytteilleasettajaksi alan
merkittävimpään tapahtumaan!

finnmateria.fi

PAVIL
JONKI

MATERIA

 Vuorimiesyhdistys
Bergsmannaföreningen ry

Jyväskylän
MESSUT

Tiivistekioski nopeuttaa palvelua huoltoseisokin aikana

DIMECCin Demobooster ja PoDoCo-palvelut tukevat TT Gasketsin tutkimus- ja kehitystyötä

Vihreän kontin kylki lupaa, että sen sisälle rakennettu tiivistekioski (smart container) palvelee teollisuusasiakkaita näiden omassa tehdasympäristössä 24 tuntia vuorokaudessa.

”Asiakkainamme on suuria teollisuusyrityksiä, joiden tehtailla on huoltoseisokkeja. Haluamme tarjota näihin hetkiin suunnattua palvelua, jonka avulla tehdas palaa nopeammin tuotantoon”, TT Gasketsin toimitusjohtaja Alekski Arpiainen sanoo.

Prosessiteollisuuden laitoksissa voidaan puhua kymmenistä tuhansista laippaliitokseista, joissa tarvitaan erilaisia tiivisteitä. Tehtaan eri linjoille voidaan toimittaa kerätyn datan avulla räätälöidyt tiivistekioskit, joista varaosat löytyvät nopeasti ilman, että tehdas henkilökunnan tarvitsee huolehtia paperitöistä.

Vaikka moni asia pystytään ennakkoimaan, silti huoltoseisokeissa voi tulla yllätyksiä. Niitä varten Tampereen Tiivisteteollisuus eli TT Gaskets on kehittänyt vielä vaativampiin tilanteisiin suunnatun mobiilivalmistamon (Mobile Gasket Factory), joka on tiivistetehdas pienoiskoossa. Siellä pystytään leikkaamaan, hitsaamaan ja kiertämään eli valmistamaan metallitiivisteitä missä tahansa sijainnissa ja toimittamaan asiakkaille tarvittavat varaosat nopeasti, jopa tunneissa.

Pohjatyö tiivistekioskeja ja mobiilivalmistamoa varten alkoi jo seitsemän vuotta sitten. Kokeilusta kaupallistamisvaiheeseen siirtymiseen löytyi avuksi Business Tampereen ja DIMECCin järjestämästä Demobooster Tampereesta palvelumuotoiluun erikoistunut yritys Booming Strategies. Alkuperäisessä haasteessa etsittiin ideoita älytiivisteiden kaupallistamisvaiheeseen, mutta lopulta asiakkaiden kanssa kartoitettiin viimeinen silaus huoltoseisokkipalveluun.

80-vuotias TT Gaskets eli Tampereen Tiivisteteollisuus on perheyrittäjä, joka kehittää toimintojaan monella rintamalla. TT Gasketsissa uusia innovaatioita kehittää muutama vuosi sitten perustettu Smart Lab, jonka ideoita viedään yrityksessä järjestelmällisesti eteenpäin. Uudistusten yhtenä suurena tavoitteena on kestävä kehitys. Tehtaan



TT Gasketsin toimitusjohtaja Alekski Arpiainen kertoo, miten yrityksen kehittämät tiivistekioskit ja mobiilivalmistamot auttavat tehtaaita saamaan tuotannon käyntiin nopeammin huoltoseisokin aikana.

TT Gasketsin tiivisteisiin yhdistetään PoDoCo-hankkeessa fotokromaattisia materiaaleja.

seinälle asennettujen aurinkopaneelien ja maalämmön vauhdittamana tehdas pyrkii hiilineutraaliuteen vuoteen 2027 mennessä. Pakkaamossa on käynnissä suuren kotimaisen konevalmistajan kanssa yhteistyö, jossa pyritään saamaan lähetykset muovittomiksi.

Innovoinnissa TT Gaskets on käyttänyt DIMECCin palveluista apuna Demoboosterin lisäksi myös teollisuuden pk-yrityksiä digitalisoivaa AdmaTrans4Mers EU-ohjelmaa ja tuoreimpana PoDoCo-ohjelmaa (Post Docs in Companies). PoDoCon kautta kestävä kehityksen materiaalien kemiaan erikoistunut tohtori jatkaa yhteistyössä TT Gasketsin kanssa tutkimusta, jossa otetaan käyttöön uudenlaista, väärännöksistä estävää materiaalia. Silmälle näkymättömällä materiaalilla tehdyt

merkinnät tuovat varaosamarkkinoille täysin uudenlaisen ratkaisun.

”Tavoitteenamme on selvittää, miten fotokromaattista materiaalia olisi helpointa soveltaa omaan tekemiseemme, millaisia olosuhteita se kestää ja kuinka pieninä pitoisuuksina se on vielä havaittavissa. Onnistuessaan hankkeella on mahdollisuus luoda tuotteidemme tunnistettavuuden ja turvallisuuden parantamisen lisäksi myös materiaalin kaupallistaminen muille varaosamarkkinassa toimiville yrityksille esimerkiksi lisenssimallin avulla. Tämä toisi parhaimmillaan merkittävän kasvun liiketoimintaamme”, Alekski Arpiainen sanoo. ▲

TEKSTI KAISA KAUKOVIRTA, DIMECC

**SAKU VUORI**TOIMITUSJOHTAJA
METALLINJALOSTAJAT RY
P. +358 400 249085

Paljon uutta ilmassa

Uusi hallitus on alkutaipaleellaan, ja istuvan europarlamentin loppuliun kautta katseet ovat jo kääntymässä tuleviin eurovaaleihin. EK:n vihreän siirtymän dataikkunassa on 140 miljardin euron edestä investointiaikomuksia, ja tätä kirjoittaessa takana on kymmenen päivää uusissa tehtävissä. Odotuksia tuntuu olevan, ja suunta vaikuttaa selkeältä. Teollisuuden uudistumiseen ja kilpailukykyyn tähdätään investoimalla kestävyteen ja korkeatasoiseen osaamiseen. Keskeisiä mahdollistavia tekijöitä tälle ovat edullinen hiiletön energia, kestävä tuotannon edelläkävijöitä tukeva pitkäjänteinen energia- ja ilmastopolitiikka sekä aktiivinen TKI-toiminta. On hienoa kääriä omat hihat entistä tiukemmin ylös näiden eteen.

Yleinen tietoisuus metallien merkityksestä on noussut selvästi erityisesti energiamurroksen mukanaan tuomien materiaalitarpeiden myötä. Enää ei tarvitse juurikaan perustella metallien tarvetta, vaan pikemminkin pitäisi arvioida tarvittavien metallien määriä ja niiden saatavuutta. Nämä kysymykset ovat jatkossakin ajankohtaisia. Vastauksetkin tulevat vielä elämään muun muassa teknologiakehityksen ja geopolitiikan muutosten myötä. Erilaisille arvioille yhteisiä tekijöitä ovat materiaalitarpeiden kasvu ja oikea-aikaisen saatavuuden epävarmuudet. Maailmasta eivät sinänsä alkuaineet loppu, mutta tunnettujenkin malmiesiintymien saaminen tuotantoon tai olemassa olevan tuotannon laajentaminen ei yleensä ole halpaa, helppoa tai nopeaa. Hyvä esimerkki ovat chileläisen maailman suurimman kuparintuottajan Codelcon viimeisten vuosien haasteet pitää yllä edes nykyisen tuotannon määrää. He ovat varmaan kyllä kuulleet sähköistymisen kuparitarpeista.

Kupari on myös hyvä esimerkki haasteista, joita kohdataan pyrittäessä vastaamaan pelkällä kierrätyksellä kasvavaan kysyntään. Maailmassa on tuotettu historiallisesti noin 700 miljoonaa tonnia kuparia. Se vastaa tulevaa noin 25 vuoden tarvetta kierrätys huomioon ottaen. Uutta materiaalia tarvitaan myös kasvavaan kiertotalouteen. Uusi syöte kiertoon ei poista tarvetta pohtia kuluttamisemme määrää. Ihan kaikkea krääsää emme varmaankaan tarvitse.

Syksyn osalta yksi fokus on hallituksen valmistelutyössä Suomen EU-vaikuttamisen kärjiksi. Tulevan komission työagendalle toivoisi mahdollistavaa otetta vihreän siirtymän teollisten investointien etenemiseksi. Kansalliseen tukikilpailuun en toivoisi kuitenkaan lisää vettä myllyyn, koska siinä

Suomella ei ole yksinkertaisesti mahdollisuuksia pärjätä isompien seurassa. Sähköistämisen tuelle toivon kuitenkin jatkoa ja tason nostoa. Poikkeus vahvistakoon tässäkin säännön.

Hallitusohjelmassa on paljon teollisuudelle myönteisiä asioita. Ympäristö- ja ilmastoministeri Kai Mykkänen ajaa aivan oikein puhtaan sähkön tuotannon kaksinkertaistamista. Olisi hienoa saada käyttöön sellaisia energian varastoinnin ratkaisuja, jotka vastaisivat tasaiseen teollisen mittakaavan sähkön tarpeeseen. Kehittämistyötä ydinenergialain sekä luvitus- ja valvontakäytäntöjen parantamiseksi tulisi myös edistää pienten modulaaristen ydinreaktoreiden mahdollisuuksien hyödyntämiseksi.

Hallitusohjelman TKI-toimintaan osoitettu rahoitus on tervetullutta niukkuuden keskellä. Tähtäimessä on päästä 4 prosentin bkt-osuuteen, mikä on hyvä tavoite. Onnistuminen edellyttää yhteistyötä julkisen sektorin toimijoiden ja yritysten välillä, jotta rahoituksen suuntaaminen aktivoisi liikkeelle yritysälähtöistä TKI-toimintaa. Tähän korkeakoulu ja tutkimuslaitokset voivat tuoda oman lisänsä. Tämän päivän tutkimus on huomisen teknologiaa, ja siksi on ollut hieno huomata jäsenyritysten aktiivisuus esimerkiksi prosessien kehittämiseen liittyvässä tutkimuksessa. Tunnetuin kärki on varmaan vähähiilisen teräksen valmistus – toki paljon muutakin tapahtuu.

Hallitusohjelman maininta teollisuuspoliittisen strategian laadinnasta on lupaava, kuten mineraalistrategian päivittäminenkin. Toimin aikanaan mineraalistrategian valmisteluprojektin päällikkönä GTK:lla. Silloin vastattiin kansallisesti vuoden 2008 komission raaka-ainelaitteeseen. Nyt taustalla ovat komission antama ehdotus kriittisten raaka-aineiden asedukseksi ja korkealla pysynyt riippuvuutemme Euroopan ulkopuolisista raaka-aineista sekä uudelleen kiristynyt geopolitiikka.

Kaivostuotannon lisäämistä pienemmälle huomiolle ovat jääneet raaka-aineiden prosessointiin ja kierrätykseen liittyvät vielä korkeamat tavoitteet. Niitä on vaikea saavuttaa ilman vahvaa metallinjalostusteollisuutta, missä primääri- ja sekundäärimateriaalivirrat ovat usein myös keskinäisriippuvia.

Suomi ja Ruotsi yhdessä muodostavat merkittävän mineraalien ja metallien hyödyntämisestä kumpuavan arvooverkoston kaivoksista ja metallituotteiden valmistuksesta aina laivanrakennus-, akku-, ajoneuvo-, nostolaite- ja elektroniikkateollisuuteen saakka. Tästä kokonaisuudesta huolehtiminen on myös Suomen pitkän ajan edun mukaista – sitä kohti! ▲

Kuka olet ja mistä tulet:

Olen taustaltani Helsingin yliopistosta valmistunut geologi, jonka taloudellisen geologian painotusvalintaa eivät haitanneet yhdeksänkymmentäluvun alun puheet malminetsinnästä ja kaivosteollisuudesta auringonlaskun alana. Tie on vienyt opiskeluaikana kaivostöistä Outokummulla aina kvartaalin mittaiseen vt. pääjohtajuuteen GTK:lla. Tähän väliin mahtuu Etelämannen-aiheinen väitöskirja, kallioperä- ja mineraalipotentiaalain arviointia Mosambikissa ja Suomessa, elinkaarilaskentaa, tutkimusohjelman vetämistä, Suomen mineraalistrategian projektipäällikkönä toimimista sekä erilaisiin TEM:in strategia- ja selontekovalmisteluihin osallistumista. Metallinjalostajiin siirryin 20 vuoden GTK-uran jälkeen tiede- ja innovaatiotoiminnasta vastaavan johtajan tehtävistä.



PEKKA SUOMELA
TOIMINNANJOHTAJA
KAIVOSTEOLLISUUS RY

Kriittistä strategiaa ja hallitusohjelman raaka-aineita

Euroopan komissio julkaisi Critical Raw Materials Act (CRMA) -ehdotuksensa maaliskuussa tänä vuonna. Kyse on asetuksesta, joka on suoraan sitovaa lainsäädäntöä jäsenmaassa. Julkaisua seurasi intensiivinen ketju EU:n lainsäädäntöprosesseja, jotka jatkuvat vielä ainakin tämän vuoden loppuun.

Kyseessä on laaja kokonaisuus, johon kuuluu lainsäädäntöä ja politiikkatoimia. CRMA:n myötä EU samalla ottaa askeleen kohti koko EU:n mineraalipolitiikan koordinoitua. Kaikki teollisuus Suomessa on jo ympäristöläinsäädännön osalta varsin pitkälle EU:n sääntelyn mukaista. Nyt mineraalisektorille rakennetaan sääntelyä myös lupamenettelyjen, hyvän hallinnon sekä vastuullisuuden osalta.

Eniten huomiota on saanut lupamenettelyn keskittäminen sekä mineraalien luokittelu kriittisiin ja strategisiin raaka-aineisiin. Jos komissio hyväksyy projektin strategiseksi hankkeeksi, saattaa se jossain määrin helpottaa lupamenettelyä jatkossa. Edellyttäen tietysti, ettei jäsenvaltio vastusta hanketta.

Valmistelu on edennyt nopeasti, ja EU:n neuvosto (Council) valmisteli oman kantansa ehdotukseen ennätysajassa kesäkuun loppuun mennessä Ruotsin puheenjohtajakaudella. Samaan aikaan EU:n parlamentti aloitti oman prosessinsa, ja siellä lopulliset äänestykset tapahtuivat syyskuun puolivälissä. Sitten ovat vielä jäljellä kolmikantaneuvottelut (trilogit), joissa parlamentin ja neuvoston kannat sovitaan yhteen. Europarlamenttivaalit käydään vuoden 2024 puolivälissä, joten CRMA-paketti tulee hyväksytyksi jo tämän vuoden loppuun mennessä EU:n puheenjohtajamaana toimivan Espanjan johdolla.

Edunvalvontaa on tehty. Kaivosteollisuus ry on ollut kuultavana eduskunnassa, kun Suomi on sisäisesti pohtinut neuvottelumandaattia EU:n neuvoston työryhmien neuvotteluihin. CRMA:n Suomi-valmistelussa keskeisimmät ministeriöt ovat työ- ja elinkeinoministeriö sekä myös ympäristöministeriö.

Brysselin osalta tärkeintä on ollut osallistuminen Eurominesin kannanmuodostukseen. Olen mukana Eurominesin Policy Committeeissa, ja tämä aihepaketti on ollut agendalla jo vuoden 2022 alusta lukien. Euromines on ollut aktiivisesti yhteydessä EU:n eri pääosastoihin ja mm. päävalmistelijä DG Grow:n Peter Handley'iin. Myös yhteydet parlamenttiin ovat olleet tiiviit. Teimme vielä syyskuun alussa yhdessä ICMM:n ja Copper Markin edustajien kanssa roadshown Brysselissä ja vierailimme puolen tusinassa jäsenmaiden edustustoja.

Mitä hyötyä CRMA:sta on teollisuudelle? Keskeisin vaikutus koko paketilla on siinä, että se on nostanut malminetsinnän ja kaivostoiminnan sekä koko arvoketjun keskusteluun sekä Brysselissä että Helsingissä ja myös vaikkapa some-rintamalla. Venäjän aggressio Ukrainassa on alleviivannut asiaa ja pakottanut sekä päättäjät että kansalaiset pitkin Eurooppaa miettimään, mistä niitä metalleja saadaan ja tulisiko tehdä jotain toimenpiteitä.

Joissain asioissa EU keksii pyörää uudesta. Suomessa malminetsinnän ja kaivostoiminnan avoimuus, tietojen saatavuus ja osallistumisoikeudet ovat hyvällä mallilla. Keskitetty malminetsintäohjelmien laatiminen maatasolla ei ole tätä päivää. Toisaalta myös USA:n suunnasta kuuluu samoja kaijuja, joten ehkä GTK:n roolia tulee hieman uudelleen arvioida.

Pientä huolta aiheuttaa EU:n sääntelyinnostus. On hyvin paljon merkkejä siitä, että EU haluaa laatia sitovia linjauksia vastuullisuudesta. Lainaan loppuun kollegan kommenttia: "I do not see any value of anyone developing one more standard or framework on sustainability in the raw materials sector. This will further limit our ability to articulate the positive impacts from our industry and will constrain us to a box ticking exercise, which is not helping anyone". ▲

Hallitusohjelmasta poimittua:

Lupamenettelyjen osalta CRMA ei tuone kovin suurta muutosta Suomen tilanteeseen. Sen sijaan paljon kiinnostavampi tässä suhteessa on pääministeri Orpon hallitusohjelma, joka on tältä osin teollisuuden kannalta hyvä.

Samoin olemme tyytyväisiä hallitusohjelman kirjaukseen, jonka mukaan Suomeen laaditaan mineraalistrategia. Tämä tuo mahdollisuuden nostaa esiin malminetsinnän haasteita, kaivostoiminnan lupamenettelyjä sekä myös niitä useita arvoketjuja, joita meillä Suomessa on. Tapasimme syyskuussa tuoreen elinkeinoministerin, joka painotti mineraalistrategian olevan yksi ministeriön kärkihankkeista.

Hallitusohjelma tarjoaa toki myös pettymyksiä. Edellisen hallituksen johdolla kasaan juostu kaivosvero hyväksyttiin eduskunnassa vasta tammikuussa 2023, eikä siitä näin alkusyksyllä vielä ole kaikkia yksityiskohtia tiedossa. Mutta hallitusohjelmaan on jo kuitenkin tehty merkintä, jonka mukaan hallitus valmistelee kaivosveron korotusta. Merkillistä ja lyhytnäköistä. ▲

ROXIA

PERFORMANCE — DRIVEN BY PEOPLE



Roxian torniprässit

Suomalaista huippuosaamista vuorimiehille

Suodatuspinta-ala:

- × TP16: 16 m² - 44 m²
- × TP60: 60 m² - 168 m²

Roxialta huollot ja varaosat myös muunmerkkisiin painesuodattimiin.



Ota yhteyttä ja tilaa koesuodatus!

+358 201 113 311

info@roxia.com

www.roxia.com

ÄLYÄ KAIVOKSEEN



FLYGT BIBO^o JA PAREO KAIVOSVESIEN KÄSITTELYYN

Flygt Pareo tekee vanhasta pumpusta älykkään ja Flygt Bibo^o puolestaan sisältää edistyneet älyominaisuudet jo integroituina.

Tiedustelut:
Myyntipäällikkö Veli-Matti Tiilikainen, +358 440 341 725

www.xylem.fi

xylem
Let's Solve Water

Robit

Valitse kotimainen porauskalusto
alan asiantuntijalta



Robit
FURTHER. FASTER.

Kimmo Kangas: 050 361 2452
Esa-Matti Polvi: 040 710 2541
S. Sillanaukee: 040 128 0018

p. (03) 3140 3400
sales@robitgroup.com
www.robitgroup.com

Joko pian näemme täysautomaattisen digikaivoksen?

Kaivosten ja kaivannaisalan digitalisoituminen on edennyt viimeisten parinkymmenen vuoden aikana merkittävästi. Yhä useammin kaivuu ja kivimassan siirto tehdään itsenäisesti liikkuvilla koneilla ja etäyhteyksiä hyödyntäen, ja digikaksoset alkavat yleistyä rikastamoilla. Tällaista viestiä kuulin, kun vierailin elokuun lopulla Digitalisation in Mining -konferenssissa Tukholmassa. Ehkäpä isoin konferenssissa puhuttanut muutos on ”henkilöstön digitalisoituminen”: työntekijät käyttävät tabletteja ja älypuhelimia kaivosympäristön ja prosessin ymmärtämiseen sekä ohjaamiseen. Tällainen systeeminen muutos onkin osa laajempaa digitaalista siirtymää, jossa koneiden ja ihmisten kanssakäyminen nousee aivan uudelle tasolle, nopeuttaa huomattavasti päätöksentekoa sekä parantaa henkilöstön ja ympäristön hyvinvointia.

Samalla kaivoksen kompleksisuus asettaa edelleen niin isoja haasteita, että täysin automaattista ja digitaalista kaivosta ei vielä ole toteutettu. Jotta tekoäly, konenäkö ja muut tietoteknologiat saataisiin täydessä mitassa kaivosten käyttöön, tulisi kehitysaskelia ottaa kolmella alueella: 1) kaivoksen ja rikastuksen tuotantoteknologioiden digitalisaatio ja automaatio tuottavuuden lisäämiseksi, 2) laajojen globaalien tietokantojen käyttö esimerkiksi malminetsintään ja kaivosympäristön monitorointiin, ja 3) arvoketjun ymmärtäminen liiketoiminnan tai vastuullisuuden parantamiseksi.

Tuotantoteknologioiden ja tuotannon ohjauksen digitalisaatio on näistä varmasti pisimmälle edennyttä, ja verrokkeja löytyy runsaasti vaikkapa kemianteollisuudesta tai paperialalta. Myös meillä EIT RawMaterialissa sekä rahoitettavat innovaatiohankkeet että start-up -yritykset pyrkivät löytämään kasvua lisäämällä tietoa ja parantamalla tuntuvasti sinänsä perinteisten teknologioiden suorituskykyä. Tästä hyvänä esimerkkinä on FLSmidthin kehittämä Mission Zero Mine -alusta, joka kytkee yhteen koko rikastusprosessin teknologiat uudella tavalla. EIT RawMaterialsin rahoittamissa hankkeissa tuodaan markkinoille Reflux- ja CoarseAir -teknologiat, jotka mahdollistavat aiempaa laajemmän raekokojakauman vaahdotuksen,

mikä puolestaan pienentää rikastusprosessin laitekokoja sekä investointi- ja käyttökustannuksia. Malminetsintään puolella ERAMET kehittää lab-at-rig -konseptia, jossa kairasydämiä ja näytteitä pystytään analysoimaan automaattisesti ja tietoverkkoihin kytkettynä. Konsepti perustuu integroituun kairaukseen, joka yhdistetään automaattisiin skannaus- ja faasitunnistusmenetelmiin. Malminetsintää pystytään huomattavasti tehostamaan, kun maaperä- ja kiviainesnäytteitä pystytään analysoimaan nopeasti ja aiempaa edullisemmin.

Kun digitalisaatio siirtyy kaivoksesta tai laitoksesta satelliittiin, avautuu täysin toisenlainen maailma. Malminetsintää ja päästöjenhallintaa voidaan huomattavasti parantaa isoja datamääriä ja ennakoivaa laskentaa hyödyntämällä. Worldsensing-yrityksen koordinoimassa ja EIT RawMaterialsin rahoittamassa SEC4TD-hankkeessa luodaan integroitua end-to-end -ratkaisua rikastehiekka-altaiden kunnan monitorointiin. Järjestelmä kerää paikallisesti sekä laitedataa että seismistä tietoa ja yhdistää nämä ylempien tasojen drone- ja satelliittidataan sekä meteorologisiin ennusteisiin. Tällä tavoin järjestelmä pystyy ennalta koimaan riskitilanteita rikastehiekka-altailla ja varoittamaan operaattoreita jo varhaisessa vaiheessa. Samalla tavalla satelliittidataan on hyödynnetty jo pitkään myös malminetsinnässä. Copernicus-satelliittidataan pohjaava RawMatCop-kurssi opastaa alusta pitäen geologeja tulkitsemaan monitasoista dataa oman projektin edistämiseksi.

Viimeisenä osa-alueena arvoketjun ymmärtäminen joko liiketoiminnan tai yritysvastuun parantamiseksi on varmasti tärkeimpiä ja monimutkaisimpia digitalisaation osa-alueita kaivannaisalalle. Sinänsä yksinkertainen elinkaariarviointi LCA on tästä hyvä esimerkki. Kun tuotantoprosessien eri osat kvantifoidaan, mahdollistaa tämä monien uusien toimijoiden liittymisen mineraaliarvoketjuun. EIT RawMaterialsin portfolioyhtiöistä brittiläinen Minviro on tästä hyvä esimerkki. Yritys on keskittynyt erityisesti akkuarvoketjuihin ja se on luonut erittäin monipuolisia tietokantoja mm. litiumille. Toisena esimerkkinä on rahoittamamme RMR-hanke, jossa hyödynnetään lohkoket-

juteknologiaa pienimuotoisen kaivostoiminnan (Artisanal and Small Scale Mining, ASM) monitorointiin. Hanke perustuu EU:n konfliktimineraalien säätelyyn, joka edellyttää mm. tantaalia EU:n alueelle tuovia firmoja varmistamaan, että heidän tuomansa mineraalit ovat vastuullisesti tuotettuja. RMR-hanke tuo markkinoille IoT-pohjaisen työkalun, jolla voidaan automaattisesti tallentaa ja jäljittää mineraalien lähtöpaikka ja omistusoikeudet läpinäkyvällä ja auditoitavalla tavalla.

Kaivosteollisuus ei perinteisesti ole ollut digitaalisen siirtymän etulinjassa, mutta se on hyvää vauhtia muuttumassa erittäin tehokkaasti globaalia dataa hyödyntäväksi sektoriksi. Kysymys ei olekaan yksinomaan automaattisesta kaivoksesta, vaan täysin digitalisoidusta arvoketjusta. Organisaatioiden digivalmius, tiedon luotettavuus ja sen arvon ymmärtäminen ovat etusijalla myös tulevaisuuden digitaalisella kaivannaisalalla. ▲

OLLI SALMI
EIT RAW MATERIALS





We rock Your mine

Rock and mine construction expert with decades of experience.



ENSURING NUCLEAR SAFETY GENERATES INNOVATIVE METHODS - FOLLOW THE QR-LINK AND READ OUR ARTICLE ABOUT ONKALO EXCAVATION!

Read more:
[www.yit.fi/en/infrastructure/
rock-tunneling](http://www.yit.fi/en/infrastructure/rock-tunneling)

 www.yit.fi/en/infrastructure



PERTTI VOUTILAINEN

Vaihtoehtoina rutto ja kolera

Suomalaisen politiikan seuraajalle kuluva vuosi on ollut mielenkiintoinen. Kevään vaalitaisto oli tuima. Sen tulos oli ennako-odotusten mukainen, vaikka muutos voimasuhteissa olikin suuri. Lisää sosialismia emme halunneet, vaan suunta vei oikealle. Ennätyspitkien neuvottelujen tuloksena saatiin maalle juhannuksen alla uusi hallitus ja sille ohjelma, joka lupasi muutosta. Suomi pitää nostaa ylös velka-ahdingosta, jonka syövereihin olemme vajonneet. Vaikeita päätöksiä vaaditaan. On oikein sanoa, että päättäjät ovat ”ruton ja koleran välissä”. Jos valtion kustannuksia karsitaan, kansa napisee ja sanoo, että herrat kiusaavat köyhiä. Jos kustannuksia lisätään, sanotaan, että nyt syödään tulevien sukupolvien eväitä. Ei ole helppoa olla päättäjänä tässä ilmapii-rissä. Hallituksen tehtävänä on vaalituloksen valtuuttamana pitää huolta valtakunnan asioista. Vallitsevassa tilanteessa suuri paino on pakko asettaa talousasioille. Siitä aihepiiristä löytyy ristiin meneviä intressejä kansalaisten ja kansanryhmien kesken. Tästä huolimatta tarvittavat päätökset pitää tehdä.

Uskallan väittää, että parlamentaarinen järjestelmämme on riittävän vahva sopimaan riitansa. Suomalaisten sanotaan olevan parhaimmillaan, kun yhteisymmärrystä vaikeina aikoina vaaditaan. Saatamme usein unohtaa, että olemme onnekkaita kuuluessamme siihen osaan maailman väestöä, joka oikeasti noudattaa kansanvaltaa. Muistan aikoinaan vaihtaneeni mieli-piteitä demokratiasta venäläisen liikekumppanin kanssa. Opin, että itäisellä naapurillamme ei ollut harmainta aavistusta demokra-tian todellisesta olemuksesta. Tavallisen kansan katsotaan olevan ymmärtämätöntä päättämään isoista asioista. Kansanvaltaa parempi on hyvä tsaari, joka tarvittaessa on tarpeeksi vahva ja julma jopa kurittamaan omaa kansaansa. Kansa ei päästä asioista Kiinassa. Eikä kastijärjestelmän rasittamassa Intiassakaan. Arabimaissa vaimo on miehensä omaisuutta. Voisimmekohan todeta, että elämä meillä maailman mittakaavassa mitattuna on sillä lailla mallillaan, että ei sitä sisäisillä riidoilla kannata pilata.

Kun kansa keväällä oli kertonut kantansa, alettiin uskoa, että homma oli kontrollissa. Mutta sitten iski piru. Joku oli huomannut, että monien uusien ministerien vanhat puheet haisivat fasis-mille ja rasismille. Oppositio ja media nostivat kovan äläkän. Rumaahan käytös oli jo kauan ollut, mutta se oli päässyt jatku-maan, kun kukaan ei ollut siihen puuttunut tarpeellisella vaka-vuudella. Hölmöt puheet ovat tyypillisiä nuorison keskuudessa. Osa niistä voidaan panna puberteetin syyksi. Onneksi se vaiva yleensä helpottuu, kun aikuistumme. Mutta jos ihmiset pahasti hölmöilevät vielä kaksikymppisinä, perussyytä pitänee hakea huonosta kotikasvatuksesta, joka on tarttuva ja perinnöllinen

tauti. Möläyttelijät hakeutuvat toistensa seuraan ja samaan puolueeseen. Silloin tulee kuvaan mukaan myös ”joukossa tyhmyys tiivistyy” - ilmiö. Pelolla ajattelen sitä päivää, jolloin tulee ilmi uusi möläytys, vaikka valoja on vannottu.

Väitetään, että koko kesän jatkunut riitely on tuottanut Suomelle mainehaittaa. Sitä en osaa pitää kovinkaan merkittävä-nä. Keskustelusta on toivottavasti ollut enemmän hyötyä kuin haittaa. Ehkäpä joku on peräti oppinut jotakin. Pankaamme siis ”jäitä hattuun” ja ryhtykäämme oikeisiin töihin. Kesän työpanos tosin osaksi menetettiin tämän kärhämöinnin takia. Kateeksi käy naapurimme Ruotsi, joka sen lisäksi, että voitti maaottelut on pystynyt pitämään velkatasonsa kurissa. Ruotsia on kauan kutsuttu kansankodiksi yhteiskunnan vakaan kehityksen vuoksi. Toivoa sopii, että suomalainen Orpo-koti menestyy tulevai-suudessa yhtä hyvin.

Vaikka rasismikeskustelu on meillä suurelta osin vallannut ilmatilan, on toki muitakin tunteita herättäviä teemoja liikkeellä. Yksi niistä on lajikadoksi kutsuttu ilmiö. Siinäpä on meille vi-sainen pulma ymmärrettäväksi ja käsiteltäväksi. Luin toimittaja Martti Backmanin kirjoittaman artikkelin (Kanava 2/2023). Sen mukaan Suomesta on viimeisten sadan vuoden aikana hävin-nyt kolme nisäkäslajia: tammihiihi, mustarotta ja vesikko, jonka minkki on syrjäyttänyt. Linnuista on kadonnut kultasirkku, joka muuttomatkoillaan on joutunut kiinalaisten suihin. Pienempiä ötököitä tulee ja menee runsaammin. Osan niistä voi nähdä vain mikroskoopilla. Tämän luettuani olin onnellinen. Eihän tässä mit-tään hätää tuntunut olevan. Mutta tätä auvoa kesti vain yhden päivän, kunnes televisioon ilmestyi mies, joka selitti lajikadon olevan suuri uhka maailman tulevaisuudelle. Vielä suurempi uh-ka tuntui olevan vieraslajien kirjo. Nyt en ollenkaan tiedä, mihin uskoa. Mutta yhdessä asiassa pysyn kannassani. Olen sitä miel-tä, että vieraslaji lupiini on arvokas lisä kaunistamaan maisemaa itäisen Suomen maanteiden varsilla loppukesästä. Se on kulkeu-tunut Suomeen Amerikasta saakka. Sieltä on tullut myös maail-man ahkerin ja taitavin insinööri Kanadan majava. Tervetuloa !

Vielä puolustan avohakkuita, joita vihreä liike vihaa. Vah-van argumentin niiden puolesta esitti tämän kirjoituksen alussa mainittu toimittaja. Pöllön ja haukan on paljon helpompaa pyy-dystää myyriä aukiolla kuin umpimetsässä. Petolinnut varmaan ovat kiitollisia. ▲

Komitea pohtii, mitkä ovat hyväksyttäviä nimityksiä kuvaamaan erilaisia ammatteja sukupuolineutraalissa tulevaisuudessa. Yksi vaikeimmista tapauksista kuuluu olevan pyykkipoika.

Alkuaine vanadiinin sähköiset seikkailut

Osa 7. Alkuaine vanadiini ihmeiden edessä

Alkuaine vanadiini oli viimeinkin päässyt monimutkaisen prosessin kautta eroon niistä epäpuhtauksista, joita sen matkaan oli tarttunut aikaisemmassa elämässä teräksen valmistusprosessiin osallistumisen seurauksena. Nyt se lepäili kaikessa rauhassa ikiystävänsä hapen kanssa muodostamissaan kahden vanadiiniatomin ja viiden happiatomin muodostamassa ryppäässä odotellen tulevaisuuden tapahtumia. Se oli myös vastaisen varalta selvittänyt itselleen ne erityisominaisuudet, jotka saattaisivat antaa sille käyttöä mahdollisissa sähköisissä sovelluksissa.

Nyt odotusaika ei muodostunutkaan pitkäksi. Alkuaine vanadiini ja kaikki sen kavereina olevat samanlaiset atomiryppäät kaadettiin puhdistumisprosessin perusteella tutulta tuntuvaan nesteeseen. Alkuaine vanadiini tunnisti siitä jälleen vety-, happi- ja rikkiatomeja.

Nyt kuitenkin lämpötila ja nesteen koostumus olivat sellaisia, että alkuaine vanadiini tunsu polttavaa tarvetta luopua ikiystävistään happiatomeista ja siirtyä nesteeseen yksittäisinä vanadiiniatomeina. Jokainen vanadiiniatomi menetti samalla kolme niistä elektroneistaan, joiden avulla se saattoi käydä vaihtokauppaa ympäristönsä atomien kanssa. Siksi alkuaine vanadiini tunsu olonsa vähän epämuikavaksi nesteeseen siirryttyään.

Nestesäiliön pohjassa oleva pumppu käynnistyi ja alkoi kiertää nestettä putkea pitkin uuteen säiliöön. Uudessa säiliössä oli ensinnäkin huopaa muistuttava ohut laatta, josta alkuaine vanadiini tunnisti pelkästään hiiliatomeja. Lisäksi säiliön yhdessä seinässä oli



runsaasti äärimmäisen pieniä reikiä. Ne olivat ensi silmäyksellä katsottuna niin pieniä, etteivät edes yksittäiset vanadiiniatomit niihin mahtuneet suuremmista atomeista tai niiden muodostamista ryppäistä puhumattakaan. Uuden säiliön täytyttyä neste palasi toista putkea pitkin alkuperäiseen säiliöön ja siitä pumpun ajamana taas uudelleen takaisin.

Aluksi ei tapahtunut mitään muuta erityistä. Neste ja alkuaine vanadiini sen mukana pyörivät pumpun pakottamina säiliöstä toiseen ja taas takaisin. Äkkiä kuitenkin jälkimmäisessä säiliössä olevasta huopalaatasta alkoi pulputa elektroneja. Sitä mukaa

kuin yksittäiset vanadiiniatomit joutuivat nesteen mukana kiertäessään huopalaatan läheisyyteen, ne nappasivat itselleen yhden elektronin helpottaakseen lievää epämuikavaa oloaan. Se rauhoitti kummasti vallitsevissa olosuhteissa.

Samanaikaisesti alkoi samassa säiliössä olevan reiällisen seinämän rei'istä työntyä nesteeseen vetyatomeja, jotka olivat menettäneet ainoan elektroninsa. Niitä tuntui tulevan yhtä paljon kuin huovasta nesteeseen pulppusi elektroneja, jotka kuitenkin joutuivat vanadiiniatomien kaappaamiksi. Tilanne jatkui tällaisena, kunnes melkein kaikki vanadiiniatomit olivat napanneet itselleen yhden puuttuvista elektroneistaan oloaan rauhoittaakseen. Nesteessä parveili nyt myös runsaasti elektroninsa menettäneitä vetyatomeja.

Sitten pumppu pysähtyi ja nestekierto lakkasi säiliöissä. Tilanne ikään kuin jähmettyi paikalleen. Kaikki odottivat jännittyneinä, mitä seuraavaksi tapahtuisi. Jännitys oli aluksi kouriintuntuvaa, mutta laimeni vähitellen, kun mitään uutta ei ilmaantunutkaan.



“Samanaikaisesti alkoi samassa säiliössä olevan reiällisen seinämän rei'istä työntyä nesteeseen vetyatomeja, jotka olivat menettäneet ainoan elektroninsa.”

SOFI PERIKANGAS SOFIISTUDIO.COM

Loputtoman pitkältä tuntuneen ajan jälkeen pumppu yhtäkkiä hyrähti käyntiin ja nestekierto alkoi uudestaan. Nyt kuitenkin huopalaatta kierron jälkimmäisessä säiliössä käyttäytyi täysin toisella tavalla kuin aikaisemman käyntijakson aikana. Sen sijaan, että se olisi pulputtanut elektroneja nesteeseen, se alkoi imeä niitä itseensä. Laatan läheisyyteen joutuneiden vanadiiniatomien oli pakko luopua aikaisemmin saamastaan elektronista ja luovuttaa se ahneeksi elektroni-imuriksi muuttuneelle huovalle. Elektronit katosivat huopaan, joka imi niitä loppumattomalla tarmolla ja kuljetti ties minne.

Samalla nesteessä kuljeksivat elektroninsa menettäneet vetyatomit hakeutuivat kuin jonkin salaperäisen voiman vetäminä säiliön reällisen seinän läheisyyteen ja pujahtivat sisään seinän reikiin. Pumppu kävi ja tapahtumat jatkuivat tällaisina niin kauan kunnes melkein kaikki vanadiiniatomit olivat luopuneet yhdestä elektronistaan ja elektronittomat vetyatomit häipyneet reikien kautta suureen tuntemattomaan. Pumppu pysähtyi ja tilanne jäähmettyi taas paikoilleen.

Alkuaine vanadiini oli ihmeissään. Mitä tämä kaikki nyt merkitsee? Miksi sama huopalaatta saattoi yhdellä kerralla pulputa elektroneja ja toisella kerralla ahnetia ne takaisin? Ja ennen kaikkea: mistä tulivat ne ainoan elektroninsa menettäneet vetyatomit? Miksi ja mihin ne taas palasivat, kun huopa alkoi imeä elektroneja? Ja mikä

oli alkuaine vanadiinin ja sen erityisominaisuuksien merkitys tässä tapahtumasarjassa?

Alkuaine vanadiinista alkoi tuntua siltä, että säiliön reällisen seinän takana täytyi olla jotakin, joka selittäisi näitä ihmeellisiä tapahtumia. Sen täytyi päästä seinämän läpi näkemään, mitä toisella puolella oli. Alkuaine vanadiini lähti vaivihkaa tutkimaan lähemmin seinää ja sen reikiä nähdäkseen, olisiko mahdollista päästä jonkin reiän läpi toiselle puolelle.

Se totesikin pian, että kaikki reiät eivät olleet aivan yhtä suuria. Siten saattaisi olla mahdollista löytää reikä, josta yksittäinen vanadiiniatomi nykyisessä hiukan laihtuneessa kunnossaan saattaisi päästä läpi. Pitkään etsittyään se löysikin mahdollisen reiän, josta saattaisi olla mahdollista päästä läpi toisten vanadiiniatomien avustamana. Se pyysi apuun kaksi parasta ystäväänsä, jotka ensin auttoivat sen reiälle ja sitten lempeästi takapuolesta työntäen hivuttivat sen läpi aukosta.

Samaan aikaan, kun alkuaine vanadiini pääsi reikäseinämän läpi, käynnistyi pumppu uudelleen. Alkuaine vanadiini pääsi siten näkemään heti, mitä seinän toisella puolella oli ja mitä siellä tapahtui. Mitä se sitten näkikään tai kokikään, siihen palaamme seuraavissa tarinoissa. ▲



WOLF – markkinoiden tehokkain poranterä.

Suomessa valmistetut timanttioranterät jo vuodesta 1937.



LEVANTO

DIAMOND SOLUTIONS

info@levanto.fi | levantomining.com

Extreme Wear Protection

Hard Overlay Welding
Wear Plates
Ceramics
Polyurethane



Pipes and Tubes
Silos and Cyclones
Conveyors
Dumpers



impoinvest

impoinvest.com

impomet

impomet.com

Syksy koittaa, ja viimeisimmätkin alkavat pikkuhiljaa palata työn ääreen. Sama pätee myös yhdistyksen toimijoiden suhteen. Olemme yhdessä hallituksen ja toimihenkilöiden kanssa työsteet verkkosivujemme uudistusprojektia pikkuhiljaa eteenpäin kesän aikana, mutta nyt viimeistään laitamme isompaa vaihdetta silmään, käärimme hihat ja alamme toden teolla töihin.

Jäsenistölle toistaiseksi pinnan alla muhivassa verkkosivu-uudistuksessa tärkeimmässä roolissa on yhdistyksemme visuaalisen ilmeen ja verkkosivujen päivitys moderneiksi ja hienoiksi verkkosivuiksi, käyttäjäkokemusta unohtamatta. Samaan kokonaisuuteen kuuluu myös sivujemme toiminnallisuuksien päivitysprojekti, jonka yhteydessä päivitämme Vuorimiespäivien ilmoittautumisjärjestelmää ja yhdistyksen jäsenrekisterin. Päivitysten tavoitteena on tehdä Vuorimiespäivien ilmoittautumisesta helpompaa ja intuitiivista, pöytäseurueen ilmoittamisvaihtoehtoa unohtamatta. Tämä kaikki kuitenkin siten, että ilmoittautumisjärjestelmä on reilu ja tasavertainen kaikille jäsenille. Ilmoittautumisjärjestelmän uusista ominaisuuksista tullaan tiedottamaan jäsenistöä syksyn mittaan ja toivonkin hartaasti, että jäsenpostimme tavoittaa mahdollisimman monet jäsenemme.

Jo tässä vaiheessa vuotta Vuorimiespäivien järjestelyt ovat vallanneet ison osan yhdistyksen toiminnasta ja sen suunnittelusta. Kuitenkin yhdistyksemme toiminta on paljon muutakin kuin pelkästään Vuorimiespäivät. Syksyllä jaostot järjestävät seminaareja ja ekskursionseissuja. Materia-lehden yhteistyötapahtuma FEM-konferenssi järjestetään loka-marraskuun vaihteessa Levillä. Tähän hienoon tapahtumaan, jonka ohjelma on hiottu huippuunsa, osallistuvat jäsenemme kokevat varmasti paljon mukavia kohtaamishetkiä, opettavia esitelmiä sekä innovatiivisia ahaa-ideoita.

Lisäksi meillä on ensimmäistä kertaa kokeilussa Vuorimiespäivien järjestelytoimikunnassa oma, erillinen viestintätiimi, jonka tavoitteena on tehdä tehokasta, helposti ymmärrettävää sekä hyvälaatuista viestintää kaikesta Vuorimiespäiviin liittyvästä. Mikäli tunnet piston sydämessäsi ja haluat osallistua Vuorimiespäivien järjestelyihin, niin ota yhteyttä allekirjoittaneeseen.

Näiden sanomien myötä haluan toivottaa kaikille oikein mukavaa ja menestyksekkästä syyskautta!

TED NUORIVAARA
PÄÄSIHTEERI



LEENA K. VANHATALO

VUORIMIESYHDISTYKSEN TOIMIHENKILÖITÄ 2023



PUHEENJOHTAJA

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

VARAPUHEENJOHTAJA

DI Hannele Vuorimies, 040 187 6060
etunimi.sukunimi@mogroup.com

PÄÄSIHTEERI/ Secretary General

TkT Ted Nuorivaara
Vermonrinne 22 B1, 00370 Helsinki
050 344 1879
ted.nuorivaara@vuorimiesyhdistys.fi

Vt. WEBMASTER

Otto Kankaanpää 040 555 9260
etunimi.sukunimi@vuorimiesyhdistys.fi

RAHASTONHOITAJA/Treasurer

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

GEOLOGIJAOSTO

FM Jussi Annanolli, pj, 40 484 7860
jussi.annanolli@angloamerican.com
FM Anna Alhoke, sihteeri,
040 649 7706
etunimi.sukunimi@agnicoeagle.com

KAIVOS- JA LOUHINTAJAOSTO

DI Jussi Saavalainen pj, 040 869 0519
etunimi.sukunimi@forcit.fi
DI Simo Laitinen, sihteeri,
050 411 8400
etunimi.sukunimi@qheat.fi

RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO/

DI Joakim Colpaert, pj, 045 317 5198
etunimi.sukunimi@mogroup.com
DI Paula Vehmaanperä, sihteeri,
050 351 1781
etunimi.vehmaanpera@gmail.com

METALLURGIJAOSTO/

TkT Ville-Valtteri Visuri, pj,
050 412 5642
ville-valtteri.visuri@oulu.fi
TkT Iina Vaajamo, sihteeri,
050 536 3143
etunimi.sukunimi@mogroup.com
<https://vuorimiesyhdistys.fi/yhteystiedot/>



Kaivosteollisuuden kemikaalit

BRENNTAG

Brenntag Nordic Oy kuuluu Brenntag-konserniin, joka on kemikaalijakelun globaali markkinajohtaja. Kaivosteollisuudessa Pohjoismaissa hyödynnämme globaalia osaamistamme ja kokemustamme.

Päätuotteet

- Aktiivihielet
- Ditiiofosfaatit
- Jauhinkuulat (myös kromiseosteiset)
- Kupari- ja sinkkisulfaatti
- Pölynestoaineet
- Kokooja-, painaja-, vaahdotus-, aktivointi- sekä pH-säätökemikaalit rikastukseen
- Prosessivesien käsittelykemikaalit

Palvelut

- Kemikaalitestaukset ja konsultaatio
- Varastointi- ja logistiikkapalvelut

Yhteystiedot

Brenntag Nordic Oy
Mikko Kähäri
puhelin 040 708 7006
mikko.kahari@brenntag.fi

www.brenntag.com

Uusi paras ystäväsi.



United. Inspired.

SmartROC T25 R on vaikuttavan mukautumiskykyinen ja sillä on poikkeuksellinen peittoalue sekä erinomainen liikkuvuus maastossa. Tämä laite seuraa sinua epätasaiseen maastoon tai ahtaisiin esikaupunkialueisiin, pitäen kuitenkin ympäristöjalanjäljen mahdollisimman pienenä. SmartROC T25 R on uusi paras ystäväsi ja se auttaa sinua saavuttamaan tuloksia vuorosta toiseen.

 **Epiroc**

[epiroc.com](https://www.epiroc.com)

CAVEX® 2

WE INNOVATE. OTHERS IMITATE.

Brief

Deliver up to 30% additional capacity.

Turbulence Reduction

Design a new feed chamber for an even smoother slurry flow.

Greater Separation Efficiency

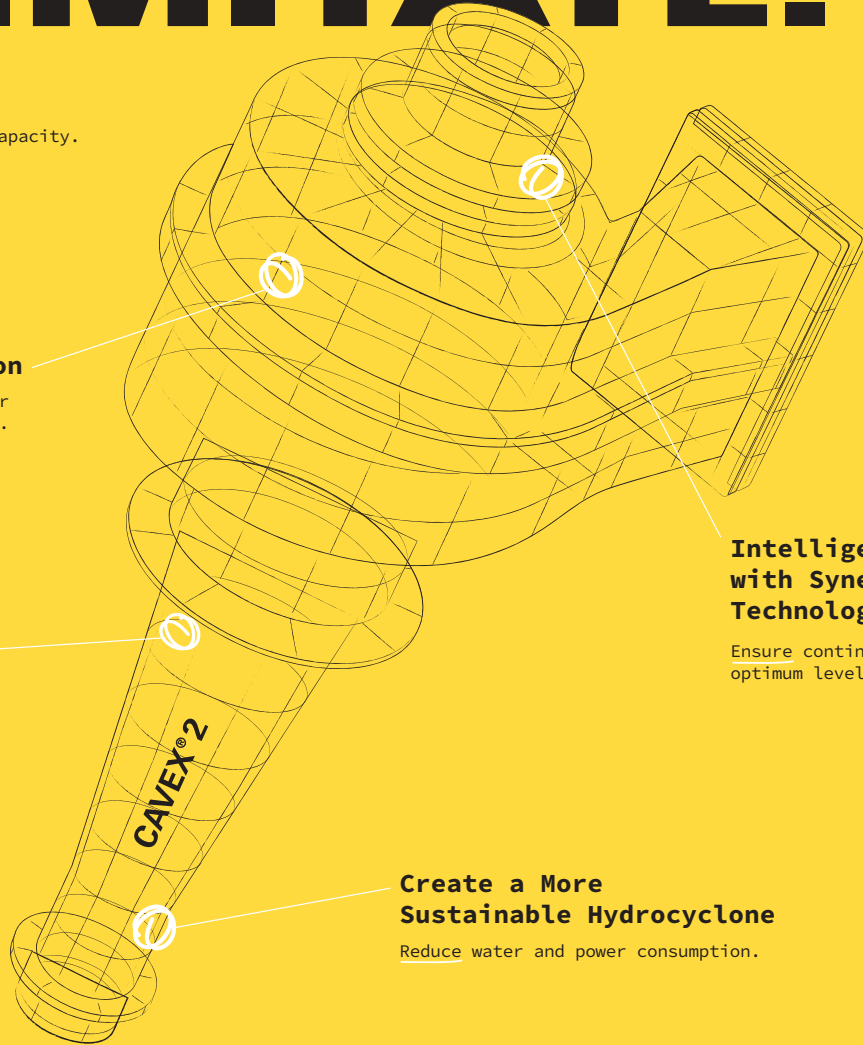
Reduce the fines reporting to the underflow and decrease misplaced coarse particles to the overflow.

Create a More Sustainable Hydrocyclone

Reduce water and power consumption.

Intelligent Performance with Synertrex® IIoT Technology

Ensure continual operation at an optimum level.



Up to 30% More Volumetric Capacity

Introducing the Cavex® 2 hydrocyclone featuring our newly engineered LIG+™ design, the successor of laminar inlet geometry. The result? Up to 30% additional capacity providing significant savings in a short pay-back period. Plus, our Synertrex® intelligent technology ensures continual operation at an optimum level, preventing roping and blockages, saving you from unplanned downtime. But that's not all you'll be saving. A decrease in water and power consumption means Cavex® 2 is more sustainable than ever.

Request a trial of the Cavex® 400CVD today at cavex2.weir

WEIR
Minerals

www.global.weir