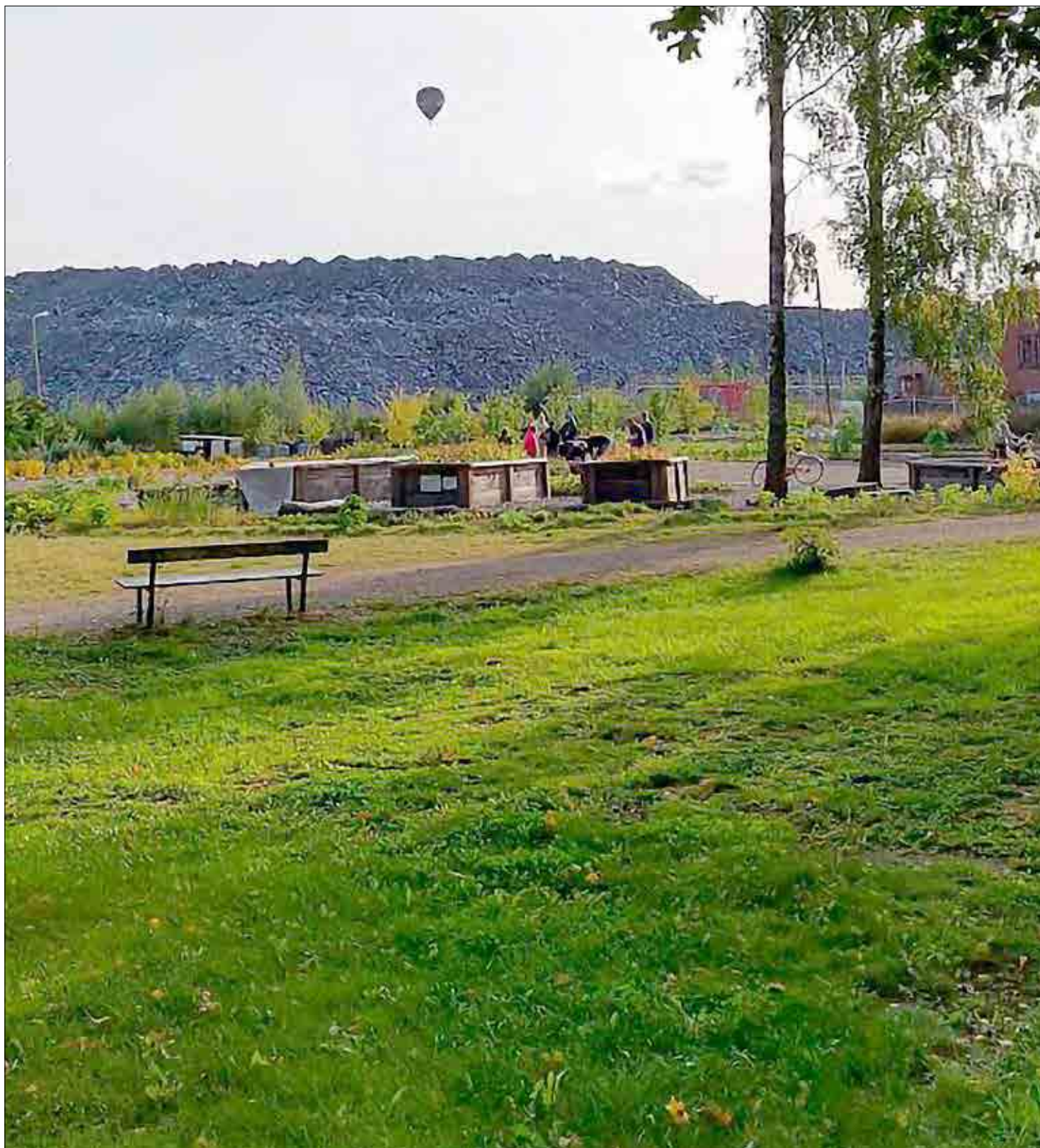


# MATERIA

5-2021 | Lokakuu

GEOLOGIA  
KAIVOS  
LOUHINTA  
RIKASTUS  
PROSESSIT  
METALLURGIA  
MATERIAALIT

YLI 70 VUOTTA VUORITEOLLISUUDEN ASIALLA







**AGNICO EAGLE**  
KITTILÄN KAIVOS

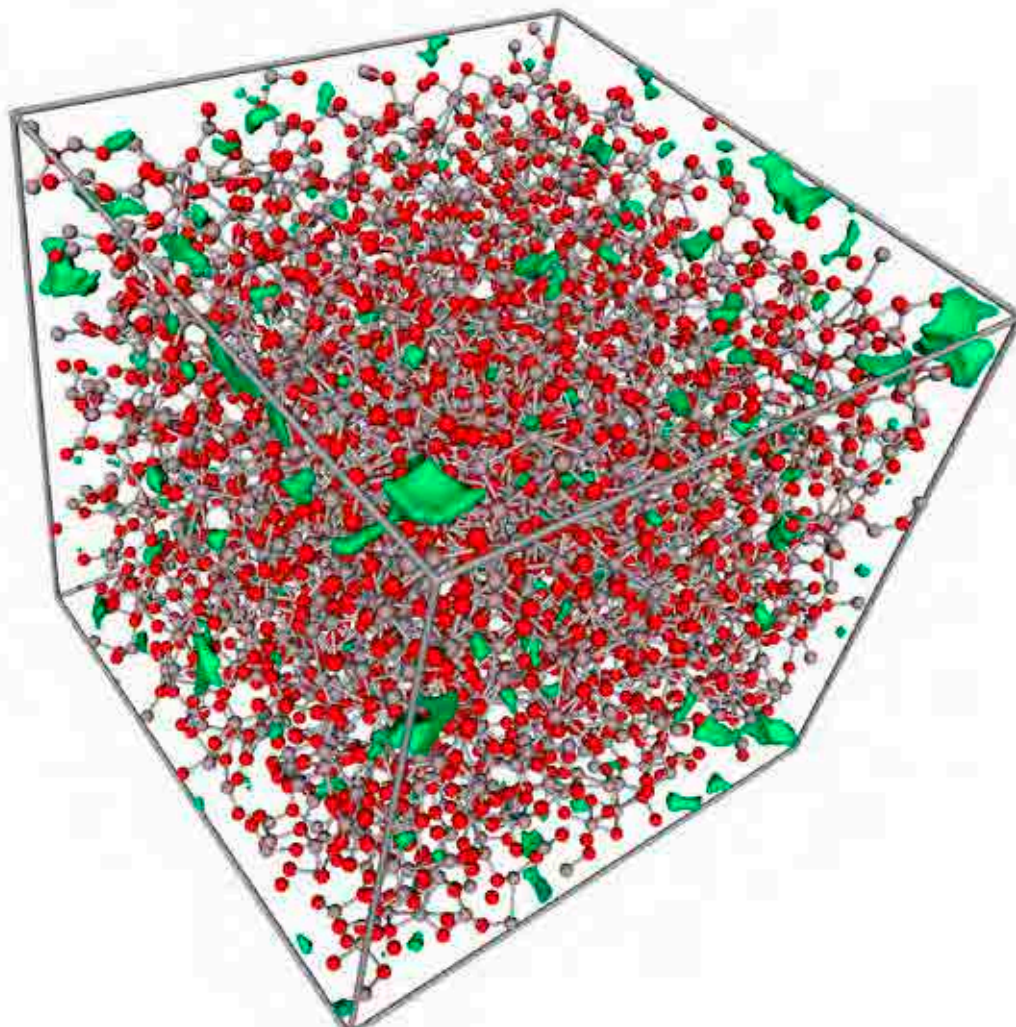
# VASTUU HYVÄSTÄ TULEVAISUUDESTA

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

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

 @AgnicoEagleFinland  @AgnicoFinland

[www.agnicoeagle.fi](http://www.agnicoeagle.fi)



17

# MATERIA

5-2021 | LOKAKUU



50

- 2 Ilmoittajamme tässä lehdessä
- 5 Lukijalle **Ari Oikarinen**
- 7 Pääkirjoitus **Sakari Kallio**: Terästeollisuus uusien haasteiden ja mahdollisuuksien edessä
- 8 **Tuomo Tiainen**: Tampereen Seudun Keskuspuhdistamon louhinnat loppusuoralla
- 12 **Kristina Karvonen**: GTK Mintec ja Circular Raw Materials Hub - kohti entistä parempia ratkaisuja asiakkaiden hyväksi
- 17 **Erkka J. Frankberg**: Plastisen lasin aikakausi
- 21 **Tuomo Tiainen**: Tribologia ja materiaalien suorituskyky
- 29 **Tuomo Tiainen**: Materiaalien kestävyys koetuksella
- 36 **Antti Kaijalainen, Renata Latypova, Henri Tervo, Timo Kauppi**: Kehittyneiden terästen kehitys Oulun yliopistossa
- 43 **Ville-Valtteri Visuri, Tero Vuolio, Timo Fabritius**: Datavetoisia menetelmiä raakaraudan rikinpoiston mallinnukseen
- 45 **Leena K. Vanhatalo**: Kesäretkellä Pirunpesälle
- 46 **Topias Siren**: Tulevaisuuden energiantuotanto ja -varastointi
- 50 **Pekka Tähtiö**: Hannu Kemppinen
- 55 **Topias Siren**: IK Tunnelpojkarna – Hämäristä tunneleista salonkikelpoiseksi suunnistusjoukkueeksi
- 60 Väitöksiä: **Aaretti Kaleva**: Hiiliidioksidista ja vedestä esikasittely sinkkipinnoille



8



- 62 Väitöksiä: **Annika Åberg**: The use of geological 3D models to unravel Weichselian glacial history in Central Finnish Lapland and their application in groundwater flow modelling
- 65 Uutisia alalta: Sandvik juhlistaa Toro-lastauskoneiden ja -dumpperien 50-vuotistaivalta
- 66 **Ilona Lehtonen**: Hyvinvointia työstä ja opiskelusta
- 67 Euroopan ytimessä: **Olli Salmi**: Ministereiltä tuki Pohjoismaiden yhteiselle raaka-ainestrategialle
- 68 DIMECC on-line: SSAB, DIMECC: SSAB kaynnisti tutkimushankkeen terästuotannon fossiilisten polttoaineiden korvaamiseksi uusiutuvalla energialla
- 69 Kaivosteollisuus: **Hanna Lampinen**: Monia tekoja monimuotoisuuden puolesta
- 70 Metallinjalostajat: **Kimmo Järvinen**: Fit For 55 – CBAM-direktiivi. Komission hiilirajamekanismiehdotus jättää liian paljon yksityiskohtia auki
- 72 Pakina **Tuomo Tiainen**: Hipsu Hiilen ihmeelliset seikkailut
- 74 Kolumni: **Pertti Voutilainen**: Omituiset olympialaiset ja muita sattumuksia
- 75 Alansa osaajat
- 75 Ilmoittajamme
- 80 Pääsihteeriltä: **Ari Juva**: Valoa horisontissa
- 80 VMY:n toimihenkilöitä



55

12

REUSABLE BUILDING BLOCKS





Making our world more productive



# Increased productivity. Uniform heating.

Environmental technology delivering  
peak heating performance.

[www.linde-gas.fi](http://www.linde-gas.fi)





## Kaivoslaturuotteiden satamakäsittelyn asiantuntija

Rauanheimo on Kokkolan, Vuosaaren, HaminaKotkan, Tahkoluodon (Pori), Koverharin (Hanko), Oulun ja Tornion satamissa toimiva ahtaus-, laivanselvitys- ja huolinta-alan yritys. Rauanheimo on perustettu v. 1884 ja olemme toimintavuosiemme aikana hankkineet vahvan tietämyksen ja ammattitaidon satama- ja laivausalalta. Olemme Suomen johtava kaivoslaturuotteiden satamakäsittelijä. Kuulumme KWH-yhtymän KWH Logistics liiketoimintaryhmään, joka on yksi Suomen johtavista ja nopeasti kasvavista logistiikka-alan palveluntuottajista.

Ota rohkeasti yhteyttä logistiikkaan liittyen! Yhdessä voimme luoda uusia tehokkaita kokonaisratkaisuja.

[www.rauanheimo.com](http://www.rauanheimo.com)



## EHDOTTOMASTI PARASTA HITACHI KAIVOSKONEET

**HITACHI**

Reliable solutions

Luotettavat ja kestävät Hitachi EX7- ja EH3 -kaivoskoneet on suunniteltu entistä

- ympäristöystävällisemmiksi
- tuottavammiksi
- turvallisemmiksi

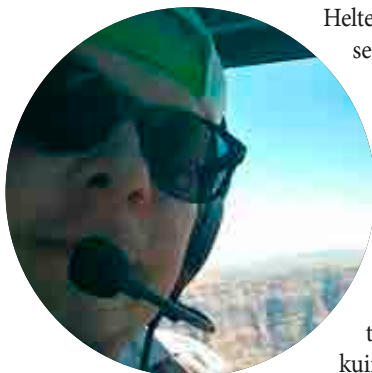
Koneissa on huippuluokan käyttäjämukavuus sekä huollettavuus.

Katso lisää:



[www.rotator.fi](http://www.rotator.fi)





Helteet loppuivat, ja lopulta saatiin sateita. Seurauksena on yksi parhaista tattivuosisista miesmuistiin.

Syksyn myötä myös maailma on pikkuhiljaa menossa kohti normaalia, vaikkakin ehkä uutta sellaista. Koronapandemian aiheuttamia rajoituksia ollaan vihdoinkin purkamassa, ja yhteiskunta on palaamassa kohti normaalia. Koronan aikana etätöyden teko on ollut valtavirtaa niillä aloilla, joilla se mahdollista on, ja etätö tulee varmasti säilymään tulevaisuudessakin osana työnteoa laajemmin kuin ennen korona.

Tämä tulee myös vaikuttamaan työyhteisöihin ja siihen, miten ja missä tulevaisuudessa työtä tehdään. Ei pidä myöskään unohtaa sen vaikutusta työ- ja vapaa-ajan onnistuneeseen erottamiseen toisistaan. Aiomme pohtia tätä asiaa enemmänkin lehden sivuilla tulevissa numeroissa, hakien oman alamme kokemuksia ja näkemyksiä asiasta.

Tämänkin lehden sivuilla etäily näkyy. Esimerkiksi iso osa jutuista on koottu webinaareista, jotka ovat todella saaneet mahtavan sysäyksen rajoituksista. Välillä tuntuu siltä, että näitä webinaareja on jopa liikaa, ja liian heppoisin perustein käyntiin polkaisuina. On lehdessä toki muutakin sisältöä. On asiaa

keraameista ja teräksestä sekä Sulkavuoren keskustamohankkeesta Tampereella.

Kesän lopulla meidän tavoitti myös suruviesti Matti Palperin poismenosta. Matti oli pitkäaikainen MATERIA-lehden toimitusneuvoston jäsen ja todellinen lehden grand old man. Hänen pitkä uransa ja kokemuksensa toivat sellaista näkemystä lehden tekemiseen, mitä ei voi muuten saavuttaa kuin elämällä tapahtumat itse.

Samalla Matti oli avoin kaikelle uudelle eikä hän kavahtanut poikkeuksellisiakaan aiheita. Esimerkiksi juuri Matin pohdintojen yksi lause eräässä toimitusneuvoston kokouksessa sai Hipsu Hiilen myöhemmin seikkailemaan lehtemme sivuilla. Matti oli toimitusneuvostossa se, jonka kanssa saattoi aina peilata jutun aiheita tai artikkeleita ja mieltä, miten ne liittyivät historiaan ja aikaisempiin tapahtumiin. Häntä jäämme kaipaamaan.

Alkusyksyn aurinkoisina päivinä ei liene sen parempaa vapaa-ajan toimintaa kuin lähteä metsään kävelylle. Siellä silmä ja mieli lepäävät... ja suppilovahverot alkavat olla tuloillaan.

## FRISCO

## MATERIA

**JULKAISIJA / PUBLISHER** Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y. 79. vuosikerta ISSN 1459-9694 [www.vuorimiesyhdistys.fi](http://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. Lehden alkuosa painottuu alan ja yritysten ajankohtaisiin asioihin. Tiede & tekniikka -osa keskittyy tutkimuksen ja kehitystyön tuloksiin. Materia magazine covers all areas of technology in the mining and metallurgical field, from geology and geophysics to mining process technology, metallurgy, manufacturing and various materials technology applications. The first part of the magazine focuses on what's happening in the field and the companies involved while the R&D section concentrates on the results of research and development. | **VAST. PÄÄTOIMITTAJA / EDITOR IN CHIEF** DI Kari Pienimäki 040 527 2510 [kari.pienimaki@mogroup.com](mailto:kari.pienimaki@mogroup.com) | **PÄÄTOIMITTAJA / DEPUTY EDITOR IN CHIEF** DI Ari Oikarinen 050 568 9884 [ari.e.oikarinen@gmail.com](mailto:ari.e.oikarinen@gmail.com) | **TOIMITUSIHTTEERI / MANAGING EDITOR** DI Leena K. Vanhatalo 050 383 4163 [leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi](mailto:leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi) | **ERIKOIS-TOIMITTAJAT / SPECIALISTS** TkT, prof.(emer.) Tuomo Tiainen 050 439 6630 [tuomo.j.tiainen@gmail.com](mailto:tuomo.j.tiainen@gmail.com), TkT Topias Siren, 050 354 9582 [topias.siren@sweco.fi](mailto:topias.siren@sweco.fi) | **TOIMITUSNEUVOSTO / EDITORIAL BOARD** DI Liisa Haavanlammi pj / Chairman Metso Outotec 040 864 4541 [liisa.haavanlammi@mogroup.com](mailto:liisa.haavanlammi@mogroup.com), DI Sini Anttila Northvolt AB +358407091776 [Sini.anttila@northvolt.com](mailto:Sini.anttila@northvolt.com) DI Jani Isokääntä SFTec Ltd. 040 854 8088 [jani.isokaanta@svy.fi](mailto:jani.isokaanta@svy.fi), Professori (associate) Ari Jokilaakso 050 3138885 [ari.jokilaakso@gmail.com](mailto:ari.jokilaakso@gmail.com), TkT Miia Kiviö Aurubis Finland Oy 040 6416529 [m.kivio@aurubis.com](mailto:m.kivio@aurubis.com), Matti Vaajamo 044 544 9385 [matti.vaajamo@gmail.com](mailto:matti.vaajamo@gmail.com), DI Pia Voutilainen 040 590 0494 [pia.voutilainen@copperalliance.se](mailto:pia.voutilainen@copperalliance.se), Scandinavian Copper Development Ass. | **OSOITTEENMUUTOKSET & TILAUKSET / CHANGES OF ADDRESS & SUBSCRIPTIONS** Leena K. Vanhatalo 050 383 4163 [leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi](mailto:leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi), **VMY:n jäsenistö myös verkkosivujen jäsenrekisterin kautta.** | **PAINO JA TAITTO / PRINTING HOUSE** Painotalo Plus Digital Oy, Lahti | **KANSI** Sulkavuoren murskeen väliarastointivuori hallitsee Lielahden maisemaa. **KUVA** Leena K. Vanhatalo

Artikkelien aineistopäivä ja Ilmoitustilavaraukset  
Article and Booking ads deadline  
6/2021 15.11.

Ilmoitusten aineistopäivä  
/Ads delivered  
6/2021 29.11.

Ilmoitusmyynti / Ad Marketing  
L&B Forsten Öb Ay, 0400 875 807  
[materia.forsten@pp.inet.fi](mailto:materia.forsten@pp.inet.fi)





## Rock Physics Finland

Luotettavia petrofysiikan mittauksia modernilla laitteistolla

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

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



Advanced technology and inspired design to meet tough conditions





RF Valves Oy  
Tullitie 9,  
01100 Lappeenranta, Finland  
Tel: +358 20 758 1790  
Fax: +358 20 785 1799  
email: rfvalves@rftek.fi  
www.rfvalve.com

www.rfvalve.com



Vastuullista kaivostoimintaa vuodesta 1962



**Pyhäsalmi Mine**

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

# FinMeas



## PATO- JA YMPÄRISTÖRISKIEN AUTOMATISOITU HALLINTA

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

*Tutustu myös referenssiimme Kittilän kaivokselta.*



www.finmeas.com



## Terästeollisuus uusien haasteiden ja mahdollisuuksien edessä

Materia-lehden toukokuun 2019 pääkirjoituksessa kerroimme SSAB:n suunnitelmista edetä kohti fossiilivapaata teräksen valmistusta vuonna 2045. Tästä kirjoituksesta on kulunut aikaa vasta reilut kaksi vuotta, ja jo tänä aikana on kestävä kehityksen alueella terästeollisuudessa tapahtunut enemmän kuin kukaan olisi osannut tuolloin kuvitella. Ilmastonmuutoksen (keskilämpötilan nousu, merenpinnan kohoaminen, biodiversiteetin köyhtyminen) torjumiseksi on päästöjä vähennettävä radikaalisti. EU-komission tavoite olla ilmasto-neutraali EU vuoteen 2050 mennessä ja Suomen tavoite olla hiilineutraali Suomi vuonna 2035 vaativat suuria panostuksia teknologiaan sekä tutkimus- ja kehitystoimintaan. Esimerkiksi EU-tasolla tavoite tarkoittaa terästeollisuuden CO<sub>2</sub>-päästöjen vähennystä 298 milj. tonnista (1990) 60 milj. tonniin (2050), jos oletetaan terästuotannon pysyvän vuoden 2015 tasolla (166 milj. tonnia).

Yritykset toisensa jälkeen ovat julkaisseet aloitteita, jotka tähtäävät kivihiilestä ja fossiilista polttoaineista luopumiseen. SSAB julkisti yhdessä kumppaniensa LKAB:n ja Vattenfallin kanssa ensimmäisenä maailmassa HYBRIT-aloitteen, jossa rautamalmi pelkistetään vihreällä vedyllä ja rautasieni sulatetaan valokaariuunissa. Vetytelkitys ja sähkösulatus eri teknologioilla näyttävät muodostavan sen polun, jota terästeollisuus kulkee SSAB:n vanavedessä.

HYBRIT-kehitysohjelma etenee suunnitelmien mukaisesti. Ruotsin Luulajassa sijaitseva pilottimittakaavan suorapelkistyslaitos on toiminut kesästä 2020 lähtien ja tänä vuonna rautaa on pelkistetty menestyksekkäästi puhtaalla vedyllä, jota tuotetaan pilot-elektrolyserissä. Vedyn pilottivarasto on myös rakenteilla, ja yli miljoona tonnia vuodessa rautasientä tuottava demolaitos on päätetty rakentaa Ruotsin Jällivaaraan.

Terästä käyttävät asiakkaat ovat vahvasti kiinnostuneet SSAB:n fossiilivapaiden terästen käytöstä omissa tuotteissaan. Aiesopimuksia fossiilivapaan teräksen toimittamisesta ovat SSAB:n kanssa tehneet Volvo Group, Volvo Cars, Cargotec, Mercedes-Benz ja Faurecia. Volvo Groupille on toimitettu ensimmäinen erä pilottilaitoksella tuotetusta fossiilivapaasta rautasienestä valmistettua terästä, jota Volvo käyttää konseptiautojen ja komponenttien valmistamiseen. Fossiilivapaat teräkset ovat kaupallisina tuotteina laajemmin tarjolla vuodesta 2026 lähtien.

Suomessa suunnittelu Raahan terästehtaan konversiosta uu-



teen teknologiaan on hyvässä vauhdissa. Kesällä käynnistyi Business Finland -rahoitteinen FFS – Towards Fossil-free Steel-hanke, jossa selvitetään niin fossiilivapaaseen energiaan, fossiilivapaisiin prosesseihin kuin kierrätykseenkin liittyviä kysymyksiä yhdeksän teollisuus- ja tutkimuspartnerin kanssa. Hankkeesta kerrotaan tarkemmin tämän lehden sivuilla. FFS-hanke on myös osa Metallinjalostajat ry:n tutkimusagendaa, joka keskittyy vahvasti kestävä kehityksen teemaan.

Suomen hallitus on budjettiriihessään päättänyt laatia osana ilmasto- ja energiastrategiaa kans-

sallisen vetystrategian ja tehdä valtioneuvoston periaatepäätöksen vetytalouden edistämiseksi. Uusiutuvan ja puhtaan vedyn ympärille rakentuvasta liiketoiminnasta on luotavissa Suomeen uutta vientiä, työllisyyttä ja hyvinvointia tarjoava tukijalka. Suomen vetyklusteri on vahvasti mukana edesauttamassa yrityksiä tässä työssä.

Hyväksytyissä budjettiriihen ilmastokirjauksissa on paljon myös terästeollisuutta koskevia nopealla aikataululla käynnistettäviä toimenpiteitä hiilineutraaliuden 2035 saavuttamiseksi, kuten investointeja tukeva ja ennakoitava toimintaympäristö, sähköistämistuki energiaintensiivisille yrityksille, panostukset vihreään vetyyn ja hiilidioksidin talteenottoon, lupamenettelyjen sujuvoittaminen, edullisen sähkönsaannin varmistaminen, tuki siirtymiseen vähäpäästöiseen tuotantoon ja mm. terästeollisuuden osalta fossiilivapaan tuotannon mahdollistaminen. Jotta Suomi pääsee tavoitteeseensa, tarvitaan tulevaisuudessa valtavasti fossiilivapaata sähköä ja vetyä sekä biomassan käytön lisäämistä ja/tai CCU- (hiilidioksidin talteenotto ja käyttö) sekä CCS- (hiilidioksidin talteenotto ja varastointi) teknologioiden käyttöönottoa.

Meneillään oleva valtava muutosvaihe edellyttää yrityksiltä ja korkeakouluilta aktiivista verkostoitumista kotimaisten ja ulkomaisten toimijoiden ja osaajien kanssa. Tarvitaan teknologian, prosessien ja osaamisen mittavaa kehityspanostusta koko arvoketjussa. Haluamme varmasti olla mukana etujoukossa yhteisen haasteen toteuttamisessa. ▲

### SAKARI KALLO

SENIOR VICE PRESIDENT, CTO, SSAB EUROPE OY



Tekniikkakäytävä louhittuna

KUVA: ARI-MATTI ILKKA, TAMPEREEN SEUDUN KESKUSPUHDISTAMO

# Tampereen Seudun Keskuspuhdistamon louhinnat loppusuoralla

Sulkavuoren kallion sisään sijoitettavan Tampereen Seudun Keskuspuhdistamon (ks. Materia 2/2020) rakennustyö on edennyt siihen vaiheeseen, että varsinaiset jäteveden puhdistamotilat on pääosin louhittu ja siirtoviemäritunnelien louhinnat ovat hyvässä vauhdissa. Tuomo Tiainen haastatteli Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n toimitusjohtaja Timo Heinosta ja louhintatyöstä vastanneen Skanska Infra Oy:n maanalaisen rakentamisen tulosityksikön johtaja Mika Puistosaloa louhintavaiheesta saaduista kokemuksista.

TEKSTI: TUOMO TIAINEN

**S**ulkavuoren keskuspuhdistamo on Suomen suurimpia kalliorakentamistyömaita. Kaikkiaan kiveä louhitaan noin 942 000 kiintokuutiometriä (m<sup>3</sup>ktr), joka vastaa tilavuudeltaan lähes yhdeksää eduskuntatalon päärakennusta. Louhintaurakan ensimmäisessä vaiheessa, joka käsitti avolouhinnat, ajotunnelit ja yhdyskäytävät, YIT Suomi

irrotti kiveä noin 173 000 m<sup>3</sup>ktr. Tämä osuus alkoi loppuvuodesta 2018 ja valmistui vuoden 2019 lopussa. Urakan toisessa vaiheessa kalliota louhitaan kaikkiaan noin 769 000 m<sup>3</sup>ktr, josta varsinaiset puhdistamotilat ovat noin 682 000 m<sup>3</sup>ktr ja siirtoviemäritunnelit noin 87 000 m<sup>3</sup>ktr. Puhdistamotilojen louhinta valmistuu vuoden 2021 lopussa ja siirtoviemäritunnelit vuoden 2022 kesäkuussa.





Ruiskubetonointi käynnissä

### Louhintatyöt etenevät suunnitelmien ja aikataulun mukaisesti

Molempien haastateltavien mukaan louhintatyöt ovat edenneet pääosin suunnitelmien mukaisesti ja aikataulussa. Suunnitelmia ei ole tarvinnut muuttaa; vain täsmennyksiä on tehty hyvässä yhteistyössä louhinnan suunnittelusta vastanneen Kalliosuunnittelu Oy Rockplan Ltd:n kanssa. Puistosalon mukaan kallion laatu on tuonut mukanaan jonkin verran haasteita varsinkin siirtoviemäritunnelien osalta. Niiden kohdalla ei yhtä kattavia tutkimustuloksia kallion laadusta ole käytettävissä puhdistamotiloihin verrattuna, koska siirtoviemäritunnelit kulkevat asuin- ja teollisuusalueiden alla ja alittavat mm. pääradan sekä vilkkaasti liikennöidyn valtatie kolmosen.

Myös puhdistamotilojen louhinnassa on Puistosalon mukaan tarvittu paikoitellen ennakoitua enemmän turvalujituksia. Käytetyt poraus-, räjäytys- ja lujitusmenetelmät ovat hänen mukaansa toimineet hyvin. Kalliossa kulkevat vuotovedet on saatu hallituksi hyvin esi-injektoinnin avulla. Vain paikoin on paikallisia vuotoja jälki-injektoitu suunnittelijoiden ohjeiden mukaisesti. Tilat on saatu louhituksi oikeille paikoilleen suunnitelmien edellyttämällä tarkkuudella. Poikkeuksena ovat paikalliset heikkousvyöhykkeet ja rakopinnot.

Sattumoisin juuri Timo Heinosen haastattelupäivänä saatiin siirtoviemäritunnelista tuloviemäritunneli puhkaistuksi. Vastakkaisista suunnista louhittujen tunneliosien päät kohtasivat toisensa kalliossa täsmällisellä tarkkuudella. Tapahtumaa oli todistamassa mm. Skanskan pääjohtaja. Purkuviemäritunneli on tarkoitettu puhkaista lokakuun 2021 puolella välissä.

Koronapandemiasta ei Timo Heinosen mukaan ole ollut merkittävää haittaa louhintatöiden etenemiselle. Työmaat ovat säilyneet



KUVA: ARI-MATTI ILKKA, TAMPEREEN SEUDUN KESKUSPUHDISTAMO

Näkymä puhdistamotilojen käytävälle. Raudoitus ja betonityöt käynnissä

merkittäviltä tartunnoilta ja mm. louhinnan toteuttajataho on suhtautunut virustorjuntaan hyvin vastuullisesti.

Louhintatyön aikana ei haastateltavien mukaan ole syntynyt luvanvastaisia vaikutuksia tai vahinkoja. Tärinät ovat Puistosalon mukaan pysyneet hallinnassa ja asukkaiden yhteydenottoja on tullut maltillisesti. Timo Heinonen kertoi painealtojen vaikutusalueen laajuuden yllättäneen jonkin verran tunnelien avautumissuunnassa. Yhteydenottoja näiden suuntien asuinalueilta on tullut lähes kilometrin päästä, mutta varsinaisia vahinkoja ei ole raportoitu.

### Louheella paljon käyttökohteita

Timo Heinonen kertoi, että tähän mennessä syntyneestä louheesta noin 60 % on ajettu Lielahteen, jossa valtaisa kasa nyt odottaa lupaa Näsijärveen tehtävän tekosaaren rakentamiseen. Näsisaareksi nimetyn tulevan saaren kautta kulkee mm. rakenteilla oleva raitiotiereitti kaupungin keskustasta Lielahteen ja Lentävänniemeeseen ja saaren kaavoitetaan myös asutusalue.

Louhetta on käytetty myös kaupungin itäpuolelle kaavoitetun Ojala-Lamminrahka-asuinalueen tieliittymien rakentamiseen,

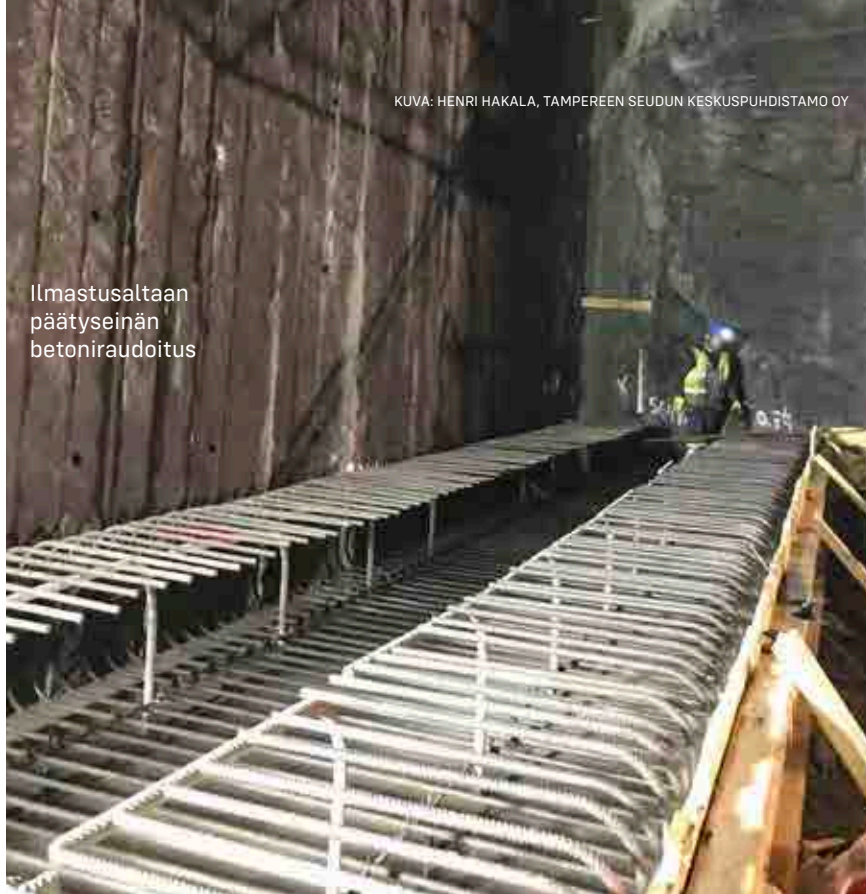
Niemenrannan aallonmurtajan rakentamiseen Näsijärven rantaan sekä urheilukenttien pohjarakenteisiin Kaupissa. Merkittävä määrä louhetta on myös murskattu puhdistamotyömaalla omaan käyttöön eli tulevan rakentamisvaiheen tarpeisiin. Loppu louheesta odottaa jatkokäyttöä kaupungin eri kohteisiin Särkijärven ja Lakalaivan läjitysalueilla.

### Louhinnan aikana myös rakennetaan

Toisen vaiheen louhinta-urakkaan kuuluu myös kalliinvastaisten betonirakenteiden kuten allasseinien ja -päätyjen, siirtoviemärien pohjarakenteiden ja sisäänajotunnelien suuaukkojen rakenteiden valmistamista. Näihin käytetään Mika Puistosalon mukaan noin 11 500 m<sup>3</sup> betonia. Louhinnan ja betonirakentamisen yhteensovittaminen on hänen mukaansa sujunut hyvin mm. räjäytysaikoja sovittamalla. Louhintavaiheen aikana on myös liukuvalettu laitoksen 60 metriä korkea poistoilmapiippu.

### Louhinnan kustannukset pysyneet kurissa

Timo Heinonen totesi, että louhintatöiden kustannusosuudeksi alun perin arvioitu 25 % koko puhdistamon 320 miljoonan euron ra-



Ilmastusaltaan päätyseinän betoniraidoitus



Käsinäyte siirtoviemäritunnelien grafiittiesiintymästä

kentämiskustannuksista tulee jonkin verran alittumaan. Lopullisen kustannusosuuden hän arvioi olevan 22-23 %. Hän huomautti kuitenkin, että kustannusarviot vastaavat vuoden 2017 hintatasoa. Korona- aikana tapahtunut raaka-ainekustannusten nousu, joka mm. betoniteräksen kohdalla on ollut hyvin merkittävä, voi vaikuttaa hankkeen kokonaiskustannuksiin.

### Maan päälle vai alle?

Kysyttäessä Timo Heinonselta kustannuseroa kallion sisään rakennetun jäteveden puhdistamon ja maan päälle rakennetun vastaavan puhdistamon välillä hän totesi, että kysymys ei ole relevantti. Maanpäällisten puhdistamoiden ongelmana ovat usein tilakysymykset; keskuspuhdistamo vastaava puhdistamo vaatisi noin viiden hehtaarin alueen, joka sopisi puhdistamokäyttöön, olisi lähellä käyttäjiä eikä aiheuttaisi maankäytöllisiä haittoja. Sellaisia taloudellisesti järkeviä tiloja hyvin harvoin löytyy läheltä kaupunkien keskustaa. Muun muassa Tampereella maankäyttöön liittyvät asiat olivat pitkälti kalliopuhdistamon rakentamisen taustalla.

Erikoisuutena Timo Heinonen totesi, että kalliopuhdistamot ovat lähinnä pohjoismainen tapa rakentaa jätevedenpuhdistamoita. Muun muassa Sveitsin Zürichissä jäteveden puhdistamo sijaitsee maan pinnalla lähellä kaupungin keskustaa, vaikka sveitsiläisillä varmasti on sekä käyttökelpoisia kallioita että kokemusta kalliorakentamisesta. Maa-

ilman suurkaupungeista mm. Hongkongissa on alun perin kallion sisään sijoitettu jäteveden puhdistamo.

### Jatko rakentamisen merkeissä

Louhinnan päätyttyä seuraa intensiivinen rakennusvaihe. Puhdistamon rakentamiseen ja laitevarusteluun liittyvät urakkasopimukset on allekirjoitettu ja työ jatkuu niiltä osin suunnitelmien mukaan. Erilliset urakkasopimukset on solmittu rakentamisesta, prosessiputkiston ja -koneiston asentamisesta, LVI-asennuksista, sähkötoista ja prosessiautomaatiosta. Eri tahojen yhteinen kehittämisvaihe on parhaillaan menossa. Puhdistamon käyttöönotto alkaa kesällä 2025, jolloin sisään aletaan ottaa jätevettä ja koko puhdistamohanke jatkuu vuoden 2025 loppuun, jolloin mm. lietteenkäsittelylaitoksen toimivuus on saatu varmistetuksi.

### Mukaan sopii yksi yllätyskin

Timo Heinonen kertoi, että siirtoviemäritunnelien louhintatyömaalla törmättiin Suomen oloissa harvinaiseen grafiittiesiintymään. Tunnelit on suunnitellut A-Insinöörit Civil Oy. Suunnittelu-yhtiön geologin **Pieti Haapalan** mukaan tunnelia louhittaessa havaittiin puolenkymmentä poikittaissuuntaista lävistystä, joiden paksuudet vaihtelivat noin kymmenestä sentistä noin metriin saakka. Esiintymästä otetut näytteet ovat parhaillaan analysoitavana Geologian Tutkimuskeskuksessa.

Alustavien käsinäytteiden perusteella esiintymän grafiitti on harvinaisen puhdasta, joka mahdollistaisi sen käytön mm. litium-ioniakkujen valmistuksessa. Esiintymän merkittävyyden arviointi vaatisi kuitenkin runsaasti lisätutkimuksia. Toisaalta sen sijainti asuin- ja teollisuusalueiden sekä liikenteen valtakunnallisten pääväylien alla tekee myös sen mahdollisen hyödyntämisen erittäin haasteelliseksi. Löydetyt grafiittivähykkeet voivat kuitenkin tarjota tärkeää tietoa alueellisesti grafiittipotentialista.

### Kokemukset louhintavaiheesta

Kysyttäessä Sulkavuoren massiivisen louhintavaiheen kokemuksista Mika Puistosalo totesi urakan suurimpana oppina olleen oikeiden henkilöstöresurssien ja kumppanien löytämisen tärkeyden. Se koskee koko hanketta kautta linjan. Timo Heinonen kertoi puolestaan kiinnostuneena havainneensa, että louhinta-alan väki on poikkeuksellisen tiivis ja ammatillisesti eheä nippu. Kaikki tuntevat toisensa, tieto kulkee ja työ sujuu. Itse hän kertoi kohdanneensa aikaisemmin vastaavaa yhteishenkeä vesihuoltoalalla.

Haastattelijan oli helppo yhtyä Timo Heinosen havaintoon. Louhinta on tunnetusti olennainen osa vuorimiesten työtä. Vuorimiesten ammatillinen eheys, osaaminen ja siihen perustuva tietynlainen ammatitilpeys ovat puolestaan olleet kautta aikojen vuorimiehille tunnusomaisia piirteitä. ▲

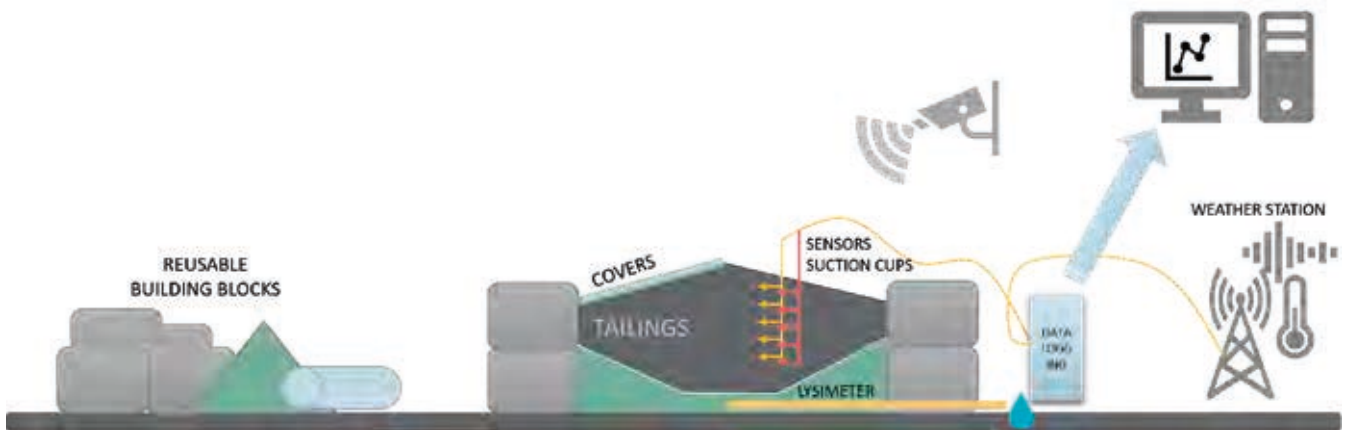


# ERIKOISTUOTTEET TEOLLISUUTEEN PIPELIFELTA

**Valmistamme teollisuuden prosessien, kaivosten ja teollisuusrakentamisen erityistarpeisiin räätälöityjä tuotteita.**

Olemme kehittäneet valikoiman kaivosteollisuuden erityistarpeisiin soveltuvia tuotteita, kuten räjäytysputket ja erikoispaineluokkiin mitoitettut tuotteet.

Lisätietoja [pipelife.fi/teollisuusratkaisut](https://pipelife.fi/teollisuusratkaisut)



Havainnekuva suunnitteilla olevasta SMARTT monitorointisysteemistä

# GTK Mintec ja Circular Raw Materials Hub - kohti entistä parempia ratkaisuja asiakkaiden hyväksi

GTK Mintecin jatkuva kehitys kohti maailman parasta ja monipuolisinta mineraaliprosessoinnin tutkimus- ja kehitysalustaa sekä Circular Raw Materials Hubin uudistukset ovat ottaneet aimo askeleita eteenpäin.

TEKSTI: KRISTINA KARVONEN, GTK

”Tavoitteena on kehittää GTK Mintecistä parhaita käytäntöjä hyödyntävä mineraaliprosessoinnin tutkimus- ja kehitysalusta luomalla digitaalinen koetehdaskokonaisuus, joka palvelee kotimaisia ja kansainvälisiä asiakkaita ja tutkimus- sekä innovaatio-toimintaa. Mikäli kaikki menee nappiin, täysin uudistunut GTK Mintec palvelee asiakkaitamme ja yhteistyökumppaneitamme vuoden 2026 alusta”, toteaa Kiertotalouden ratkaisut -yksikön päällikkö **Jouko Nieminen** Geologian tutkimuskeskuksesta (GTK).

## Uusi prosessiautomaatio-ohjelmisto

”GTK Mintecin kokonaiskehitys -nimellä kulkeva uudistus- ja kehitystyö pitää sisällään useita osa-alueita kuten digitalisaation ja tiedonhallinnan kehittämisen, tutkimuslaitteikannan uudistamisen, uusien toimitilojen ja kiinteistöjen suunnittelun ja toteutuksen sekä rikastushiekka-alueen uudistamisen”, kertoo hankkeen projektipäällikkö **Outi Pisto** GTK:sta.



KUVA: GTK.

GTK Mintecin koetehdaalle asennettu uusi prosessiautomaatiojärjestelmä mahdollistaa reaaliaikaisen prosessidatan hyödyntämisen prosessinohjauksessa.





Uusien vaahdotuskennojen instrumentointi mahdollistaa vaahdotuskennojen ohjauksen ja säädön sekä valvomosta että vaahdotuskennojen kosketusnäytöiltä.



Rikastustekniikan laboratoriossa GTK:n tutkija Dandara Salvador tekee vaahdotuskoetta.

”Panostamme digitalisaatioon, automaatioon ja tehokkuuteen. Tätä varten hankimme mm. uuden prosessiautomaatio-ohjelmiston sekä uudet älykkäät vaahdotuskennot”, toteaa liiketoiminnan kehityspäällikkö **Asse Marjasvaara** GTK:sta.

GTK Mintecin koetehtaalle asennettiin joulukuussa 2020 uusi Schneider Electricin prosessiautomaatio-ohjelmisto EcoStruxure Process Expert, joka mahdollistaa suunnittelun, operoinnin ja ylläpidon saman tietokannan avulla.

Automaatio-ohjelmiston avulla voidaan reaaliaikaista prosessidataa hyödyntää prosessinohjauksessa. Prosessitietämys kasvaa, ja samalla saadaan kerätyksi prosessidataa lisäanalyysejä sekä myöhempiä käyttöä varten. ”Systeemi on yhteydessä erilaisiin mittausinstrumentteihin, joiden lähettämää reaaliaikaista tietoa voidaan käyttää säätämään laitteistoja prosessiajojen aikana”, kertoo GTK Mintecin koetehtaan päällikkö **Arno-Matti Kirpala**.

### Digital twin

GTK Mintecin digitalisaatiosta ja automaatiosta hyötyvät niin asiakkaat kuin GTK:kin. Tämä myös mahdollistaa koetehtaan kopioimisen digitaaliseen maailmaan. Digitaalisen

kaksosen avulla pystytään entistä paremmin hyödyntämään prosesseista saatua dataa ja soveltamaan sitä erilaisissa testauksissa ja mallinnuksissa.

Digital twin on koetehtaan digitaalinen kaksonen, jossa voidaan digitaalisessa ympäristössä testata materiaalia jopa ennen kuin se menee fyysiseen maailmaan. Tämä kehitystyö on nyt hyvässä vauhdissa. ”Asiakkaillamme Digital twin tulee näkymään mm. portaalin kautta mahdollistuvana sisäänkäyntinä koetehdasajoihin ja projekti-dataan”, kertoo Nieminen.

### Älykkäät vaahdotuskennot

Kiertotalouden materiaalien sekä akku-, perus- ja teollisuusmineraalien rikastuksessa käytettävä vaahdotustekniikka on jo kauan käytössä ollut menetelmä. Laitteistoja kuitenkin kehitetään jatkuvasti ja moderni teknologia avaa uusia mahdollisuuksia materiaalihokkaiden prosessien kehittämiseksi.

GTK Mintecin koetehtaalle juuri asennetut uuden sukupolven vaahdotuskennot yhdistettynä täysin uuden prosessiautomaatio-ohjelmiston kanssa parantavat mahdollisuuksia entistä tehokkaampien ratkaisujen löytämiseksi. Lisäksi ne lisäävät kapasiteettia, sillä aiemmin käytössä olleita vaahdotus-

kennoja tullaan käyttämään uusien rinnalla.

”Uudet älykkäät vaahdotuskennot sisältävät useita antureita ja sensoreita, joiden keräämä tieto mahdollistaa rikastustutkimusten paremman seurannan ja prosessisuunnittelun”, tarkentaa Arno-Matti Kirpala.

Pohjois-Karjalan maakuntaliiton tuki GTK Mintecin kehittämisessä on myös merkittävä uudistusten toteuttamisessa. ”Maakuntaliitto nosti GTK Mintecin kehittämisen alueelliseksi tutkimuksen kärkihankkeeksi EU-elvytysrahoituksesta keskusteltaessa. Tämän lisäksi jo aiemmin saatu EAKR-rahoitus mahdollisti osaltaan uusien vaahdotuskennojen hankinnan”, toteaa Nieminen.

### Uudet laboratorio- ja toimistotilat

Uusien laboratorio- ja toimistotilojen suunnittelu on myös ollut pitkään käynnissä ja nyt syksyllä 2021 päästään toteutusvaiheeseen. Tavoitteena on, että tilauudistus on valmis vuoden 2023 syksyllä.

Hankekokonaisuus sisältää Senaatti-kiinteistöjen noin 11 miljoonan euron investoinnin varsinaisiin tutkimus- ja toimistotiloihin sekä GTK:n varaamat neljän miljoonan euron investoinnit tutkimuslaitteistojen ja digitalisaation kehittämiseen. Tilat on suunniteltu

maltillista kasvua silmällä pitäen. GTK Mintecin henkilöstömäärän arvioidaan kasvavan noin 60 henkilöön nykyisestä 45 henkilöstä.

”Kun tilat valmistuvat, pääsemme muuttamaan täysin uuteen ja moderniin uudisrakennukseen. Meillä tulee olemaan myös enemmän co-working tiloja tarjolla asiakkaillemme ja yhteistyökumppaneillemme. Lisäksi olemme tehneet yhteistyössä Senaatti-kiinteistöjen kanssa hankesuunnitelman koetehtaan laajentamisesta ja peruskorjauksesta. Suunnitelmassa otettiin huomioon toinen prosessointilinjasto, joka tuplasi koetehtaan tutkimuskapasiteetin”, Kirpala toteaa.

## SMARTT

Rikastusprosessissa syntyvä rikastushiekka, jota ei voida tällä hetkellä hyödyntää, varastoidaan rikastushiekka-alueille. Alueiden hallintaan, rakenteisiin, läjitystekniikoihin, vesien puhdistukseen ja kierrätykseen sekä rikastushiekan uudelleen käyttöön liittyvä tutkimus ja ratkaisut ovat ensiarvoisen tärkeitä kestäväen kaivostoiminnan kannalta. ”Ne ovat myös kasvavassa määrin GTK Mintecin asiakkaiden mielenkiinnon kohteena”, kertoo Kaivosympäristöt ja sivuvirrat-ryhmän ryhmäpäällikkö **Päivi Kauppila** GTK:sta.

Vesien puhdistustekniikoiden kehittämiseen on panostettu varustamalla vesienkäsittelylaboratorio eri puhdistustekniikoiden tutkimuksiin sekä investoimalla mobiiliin vesienkäsittelytutkimuskonttiin. Tuoreimpana investointina tutkimuskonttiin asennetaan Pohjoismaiden ensimmäinen kaivosteollisuuden tarpeisiin hankittu Malvern Panalyticin Epsilon Xflow on-line XRF-laitteisto, joka mahdollistaa veden laadun jatkuvatoimisen seurannan vesienkäsittelytestien yhteydessä. ”Jatkossa tavoitteena on myös investoida Outokummun koetehtaan yhteyteen vesien puhdistuksen ja kierrätyksen tutkimusalausta, jossa päästään kehittämään ja testaamaan vesienkäsittelytekniikoita suuremmissa mitakaavassa”, jatkaa Kauppila.

GTK:n kehityshanke Smart Tailings Facility eli SMARTT käynnistyi vuoden 2021 alussa. Projektissa kehitetään GTK Mintecin rikastushiekka-alueen yhteyteen instrumentoitu älykäs tutkimusalausta, jossa voidaan testata ja monitoroida prosessissa syntyviä sivuvirtoja sekä varastoitavien materiaalien pohja- ja pintarakenteita ja käyttäytymistä. ”Pitkällä aikavälillä suoritettujen testausten avulla vastataan tulevaisuuden tarpeisiin kehittämällä uusia tuotteita ja lähestymistapoja rikastushiekan hallintaan, läjitykseen, optimointiin ja sulkemiseen, prosessivesien kierrätykseen, jätevesien käsittelyyn, prosess-



Radoslaw Michallik käyttää GTK:n tutkimuslaboratorion uutta mikroanalysaattoria JEOL JXA-iHP200F Circular Raw Materials Hubissa.

simineralogiaan sekä prosessien kehittämiseen”, valottaa tutkimusprofessori **Tommi Kauppila** GTK:sta.

Mielenkiintoinen on myös projektin osa, jossa tutkitaan erityisesti rikastushiekan hyötykäyttämähallittavuutta sekä uusien mineraalipohjaisten tuotteiden ja tulostusmateriaalien kehittämistä 3D-tulostamiseen.

SMARTT liittyy läheisesti digitalisointiprojektiin, joka tukee tiedonkeräystä ja tiedonhallintaa. Se integroi myös SMARTT-tutkimusalan ja rikastushiekojen sekä prosessivesien hallinnan osaksi digitaalista kokonaisuutta.

Tänä vuonna projektissa on jo aloitettu ympäristöluvan päivitysprosessi nykyisen rikastushiekka-alueen muutostöistä. ”Asiakkaissamme SMARTT-osakokonaisuus on herättänyt erittäin suurta kiinnostusta. Se tulee vahvistamaan GTK:n innovaatio toimintaa ja uusien kaivosteollisuudessa tarvittavien ratkaisujen löytymistä. Etenkin näitä innovaatioita asiakkaamme juuri tällä hetkellä tarvitsevat”, Nieminen kertoo.

## Arvoverkko selvitys ja asiakastarpeiden kartoitus

GTK Mintecin tulevaisuutta ja uudistamista on pohdittu GTK:n sisäisenä työnä, minkä lisäksi Business Joensuun ja Outokummun Seudun Teollisuuskylän kanssa yhdessä jär-

jestetyssä arvoverkko selvityksessä on kartoitettu alan asiakastarpeita ja tulevaisuuden haasteita.

”Korkia Consultingin toteuttamassa selvityksessä haastateltiin 12 mineraali- ja kiertotalousalan suuryritystä sekä lukuisia joukko pk-yrityksiä. Näistä osan kanssa järjestettiin myös syväluotaavat työpajat, joista saatu arvokas tieto on otettu huomioon GTK Mintecin tulevaisuuskuvaan”, Marjasvaara valottaa.

Vaikka selvitystyössä GTK Mintecin tulevaisuus on suuressa roolissa, on tähtäin vieläkin korkeammalla. ”Pyrimme rakentamaan maakunnasta ja kotimaasta ponnistavien yritysten ja tutkimusyhteisöjen varaan rakentuvan arvoverkoston, joka hyödyntää myös koko GTK:n tutkimuskapasiteettia palvelukonseptiensä tuottamisessa”, Marjasvaara lisää.

”Arvoverkko selvitys antaa erinomaiset eväät konkreettisille jatkotoimenpiteille ja näiden toteuttamisesta keskustelemme parhaillaan yhteistyökumppaneiden kesken”, kertoo Nieminen.

## Tutkimuslaboratorioon miljoona investointi

Espoon Otaniemessä Circular Raw Materials Hub:issa toimiva GTK:n tutkimuslaboratorio on myös uudistanut laitekantaansa. Suomen Akatemian FIRI-rahoituksen myöntä-



mällä 700 000 euron ja GTK:n 300 000 euron omarahoitusosuudella laboratorioon hankittiin uuden sukupolven mikroanalyyttori FEG-EPMA. Lisäksi GTK:n omarahoituksella hankittiin viime vuonna uusi pyyhkäisyelektronimikroskoopi (SEM) sekä lukuisia muita pienempiä tutkimuslaitteistoja.

”SEM asennettiin elokuussa 2020 ja FEG-EPMA helmikuussa 2021. Koronapandemia viivästytti mikroanalyyttorin asennusta miltei vuodella, ja viimeiset lisäosat saatiin asennetuksi vasta tänä syksynä. Laitetta on kuitenkin jo päästy testaamaan monille erilaisille tutkimusmateriaaleille”, kertoo laboratorion päällikkö **Marja Lehtonen** GTK:sta.

Pyyhkäisyelektronimikroskoopi eli SEM päivitettiin uudempaan, tehokkaampaan laitteeseen Hitachi SU3900. Laitteisto on ensimmäinen laatuaan Pohjoismaissa, ja järjestyksessään kahdeksas koko maailmassa. SEM:iin asennettiin EDS-analyyttori (Energy Dispersive Spectrometer), jonka avulla voidaan kuvantamisen yhteydessä analysoida näytteen alkuainepitoisuuksia.

”SEM on hyvä perustyökalu, joka antaa riittävän tarkkuuden, kun halutaan esimerkiksi tunnistaa mineraaleja. Sen etuna on myös, että tutkittavien näytteiden esikäsittelyä ei juurikaan tarvita. Tämä nopeuttaa perusanalyysien tekoa ja mahdollistaa esimerkiksi arvokkaimpien ja herkimpien materiaalien tutkimisen niitä vahingoittamatta”, Lehtonen kertoo.

Suurempi investointi on uuden sukupolven teknologiaa edustava mikroanalyyttori JEOL JXA-iHP200F, joka on Euroopassa järjestyksessään toinen laite. Vastaavaa ei ole GTK:lla aiemmin ollut. Laitteella tehdään kvantitatiivista alkuaineanalytiikkaa erittäin pienistä partikkeleista. Laite mahdollistaa alle mikroniluokan kuvantamisresoluution. Sillä voidaan tutkia monipuolisesti ja tarkasti erilaisten materiaalien kuten mineraalien, terästen, keraamien ja systeettisten materiaalien koostumusta ja rakenteita.

Syksyllä 2021 laboratorioon saapuu toinenkin Suomen Akatemian rahoituksen mahdollistama investointi, Bruker M4 Tornado Plus -micro-XRF-laitteisto. Suomen

Akatemian rahoitusosuus investoinnista on 200 000 euroa ja GTK:n 100 000 euroa. Micro-XRF-laitteistoa voidaan käyttää nopeaan alkuainejakaumakartoitukseen erilaisista materiaaleista, ja se on oiva lisä laboratorion nykyiseen laitekantaan.

### **Osaaminen kohdallaan**

Uudet laitteet ja ohjelmistot eivät yksin riitä, tarvitaan myös osaavaa henkilöstöä. Analyysimenetelmien ja prosessien hallinta ja kyky tulkita saatuja tuloksia sekä uusien ohjelmistojen ja laitteiden käyttö edellyttävät hyvää ammattitaitoa. Henkilöstön osaaminen on avainasemassa niin tutkimuksessa kuin asiakkaille tehtävässä työssäkin.

”Olemme panostaneet henkilöstön osaamiseen ja jatkuvaan kouluttautumiseen sekä alan huippuasiantuntijoiden rekrytoimiseen. GTK Mintec ja laboratoriot yhdistettynä koko GTK:n monipuoliseen geologiseen asiantuntemukseen tarjoaa asiakkaillemme ainutlaatuisen palvelukokonaisuuden”, Nieminen toteaa. ▲

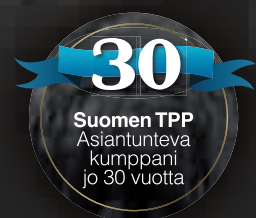
## **Korkealaatuiset tuotteet kaivos-, rakennus- ja betoniteollisuudelle**

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

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



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

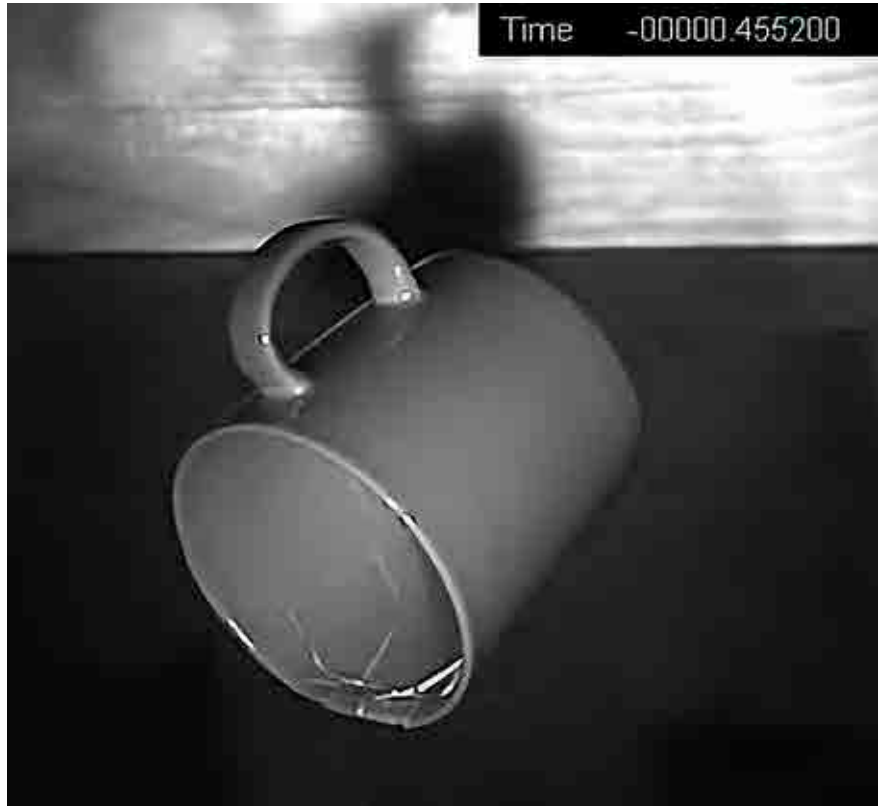


# Plastisen lasin aikakausi

TEKSTI: ERKKA J. FRANKBERG

**O**li lokakuu 2019 syksyisessä Milanossa. Istuin perheeni kanssa kotona iltaa ja päästin suuren helpotuksen huokauksen, kun näin sen. Nimittäin sähköpostin, jossa kerrottiin, että lähettämäni käsikirjoitus oli hyväksytty julkaistavaksi Science-lehteen [1]. Myöhemmin mukaan tuli myös ilon tunne. Helpotus tieto kuitenkin ennen kaikkea oli, sillä kaksi vuotta kestänyt kirjoitustyö ja viisi vuotta kestänyt tutkimustyö oli nyt saatu päätökseen. Science-lehdessä julkaiseminen on jo sinänsä merkittävää. Tämä oli ensimmäinen julkaisu laatuaan Tampereen yliopiston Materiaaliopin laitoksen yli 50-vuotisessa historiassa [2]. Vastaavan tempun vaikeutta kuvaa se, että Nature index-palvelun viimeisimmällä vuoden seurantaajaksolla 5/2020–4/2021 [3], ainoastaan yhdessä Science-lehdessä julkaistussa tutkimuksessa oli mukana kirjoittajia Tampereen yliopistosta. Samaista tilastoa käytetään esimerkiksi maailman yliopistojen rankkaamiseen niin sanotussa Shanghain listassa [4]. Ja tämä tutkimus oli vieläpä suomalaisvetoinen. Ei siis sinänsä ihme, että tutkimuksen julkaisupäivänä, julkisuudesta hieman hölmistyneenä, esittelin muun muassa Aamulehden etusivulla kädessäni ”ihmelasia”. Mitä me sitten löysimme, jos asia vaatii osakseen huomiota?

Löysimme lasimateriaalin, jota voi huoneenlämpötilassa taivuttaa tai venyttää pysyvästi, eli plastisesti. Sinänsä yksinkertainen juttu, mutta ihmeelliseksi asian tekee se, että niinä karkeasti 4 000 vuotena, kun ihmiset ovat lasia osanneet itse valmistaa [5], vastaavanlaista lasia ei kukaan muu ole pystynyt saamaan aikaan. Tai ainakaan säilyttämään sen valmistusreseptiä menettämättä prosessissa päätään [5, 6]. Sen sijaan on olemassa runsas kirjallisuuslähteistö, joka ennemminkin osoittaa, usein tahattomastikin, että tällaisen tempun ei pitäisi olla mahdollista. Tuloksissa ei ole kiistämistä, sanoohan sen meille jo arkikokemuskin. Mikä tahansa keraami, lasinen tai kiteinen, särkyy, kun viskaan sen kovalle lattialle. Ei sitä edes tarvitse kokeilla, me tiedämme sen intuitiivisesti.



KUVA ERKKA FRANKBERG.

Kuva 1: Murtuma etenee kahvikupin läpi millisekunnin murto-osissa.

Jos kuitenkin olet kiinnostunut asiasta, saatat viettää myöhäistä iltapäivää laboratoriossa kuvaten suurnopeuskameralla, kun kahvikuppisi paiskataan kaakelilattialle (Kuva 1). Hupailukin voi tuottaa hyödyllistä ymmärrystä, sillä tällöin pystyy havainnoimaan murtumaa sen kotiympäristössä. Sen nopeaa ja väkivaltaista luonnetta, joka on piilossa silmämme hitaan reaktiokyvyn vuoksi. Kuvitellaanpa hetki, että viime lauantaina oli onnekas päivä, ja tänään kahvikuppisi on tehty safiirin yksittäiskiteestä. Jos se \*\*\*\*\* putoaisi olohuoneen matolle, ja murtuma onnistuisi syntyään kahvikuppiisi [001] kidesuunnassa, se jatkaisi matkaansa käsittämättömällä nopeudella, huoneenlämpötilassa noin 11 000 metriä sekunnissa [7] läpi koko kiteen.

Tämä tarkoittaisi Hangosta Utsjoelle noin kahdessa minuutissa, ja kuuhunkin matka taittuisi vain vajaassa kymmenessä tunnissa. Kuvitteellisen murtuman tussahtaessa kuun pinnalle olisit samalla voinut matkustaa yöjunalla Rovaniemelle [8] hakemaan sitä kestävämpää kuksaa. Hieman kääntäen tämä tarkoittaa, että törmäyksessä kahvikuppisi menettää kaiken kykynsä kantaa kuormaa millisekunnin murto-osissa, nopeammin kuin ehdit sen havaita tai siihen mitenkään reagoida [9]. Keraamien ja metallien haurasta murtumaa kuvaillaankin äkilliseksi ja jopa katastrofaaliseksi tapahtumaksi, joka miljoonien rikottujen kahvikuppien lisäksi on historian aikana upottanut useita laivoja ja pudottanut useita lentokoneita [10]. Varau-





Kuva 2: Laserin osuessa alumiinioksidista valmistettuun kohtioon (vasemmalla), pinta-aine hajoaa plasmaksi, joka laajetessaan vakuumiin jäähtyy nopeasti ja muodostaa alustalle (oikealla) amorfista alumiinioksidia.

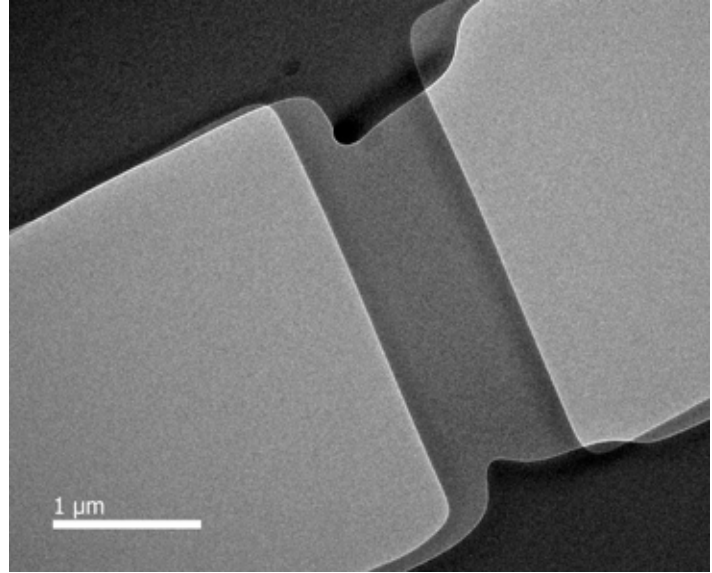
tuminen tällaiseen tapahtumaan onkin hankalaa ja ilmiö on edelleen jatkuvasti meidän insinöörien riesana [11].

Metalleille tunnuksenomaista on tuon haurasmurtuman aikaansaamisen vaikeus. Metallikiteet näet ydintävät dislokaatioita helpommin kuin väsymismurtumaan tarvittavia säröjä ja näin valtaosa metalleista menee lommolle mieluummin kuin särkyä. Riippuen kuormitustasosta metallien väsymiseen tarvitaan usein kymmeniä tuhansia kuormitus sykliä ennen kuin haurasmurtumaan tarvittava särö saadaan ydintetyksi [12]. Kiteisissä metalleissa siis dislokaatiot mahdollistavat plastisuuden. Hieman ehkä yllättäen dislokaatiot mahdollistavat plastisuuden myös kiteisissä keraameissa. Kuten arkikokemus antaa jo ymmärtää, tämä tapahtuu kuitenkin vain erikoistapauksissa ja tyypillisesti vain erittäin korkeassa lämpötilassa, sillä dislokaatioiden ydintyminen ja liikkuminen keraameissa on pirullisen vaikeaa. Jos atomin siirtämiseen dislokaation energiavallin yli vaaditaan alumiinikiteessä Peierlsin leikkausjännitys, joka on luokkaa kymmeniä megapascalleita, niin alumiinioksidikiteellä se on luokkaa tuhansia megapascalleita [13]. Monikiteessä homma muuttuu entistä hankalammaksi, sillä Von Mises -periaate kertoo meille, että monikiteen plastiseen muodonmuutokseen vaaditaan 5 itsenäistä ja aktiivista dislokaatioiden liikutasoa [14]. Esimerkiksi monikiteisessä alumiinioksidissa 5 liikutasoa aktivoituu vasta 1600 C-as-

teen leppoisissa löylyissä [13]. Kiteisten keraamien plastisuuden esiin herättelemisen vaikeus on kääntänyt tutkijoiden katseet keraamien amorfiseen eli lasimaiseen rakenteeseen. Mutta hetkinen; miten lasilla plastisuus sitten tapahtuu, kun dislokaatiot eivät ole enää työkalupakissa?

Poikkean usein Urjalan Nuutajärven lasikylään, jossa lasinpuhallusta on harrastettu vuodesta 1793 saakka. Minulla on ilo tuntea joitain lasitaiteilijoita, kuten Nuutajärvellä työskentelevä Jenni Sorsa, jonka hyppysisä lasi muuntautuu uskomattomiksi värin ja muodon yhteenliittymiksi [15]. Lasinpuhaltajalle lasin plastisuus on arkipäivää, eikä niinkään omituinen juttu. Tämä onkin lasin perin hyödyllinen ominaisuus. Kun sitä lämmitetään lähelle lasisiirtymälämpötilaa, lasi alkaa virrata nesteen tavoin ja sen viskositeetti voidaan mitata. Lasin virtaamiseen liittyy mielenkiintoinen urbaani legenda. Ensimmäkin on havaittu, että joidenkin hyvin vanhojen kirkkojen alkuperäiset lasiruudut ovat mitattaessa paksumpia alapäästään kuin yläpäästään. Legendan väitteen mukaan tämä on todiste siitä, että lasi jatkaa valumistaan edelleen huoneenlämpötilassa ja että silloin se vain kestää kauemmin eli viskositeetti on paljon korkeampi.

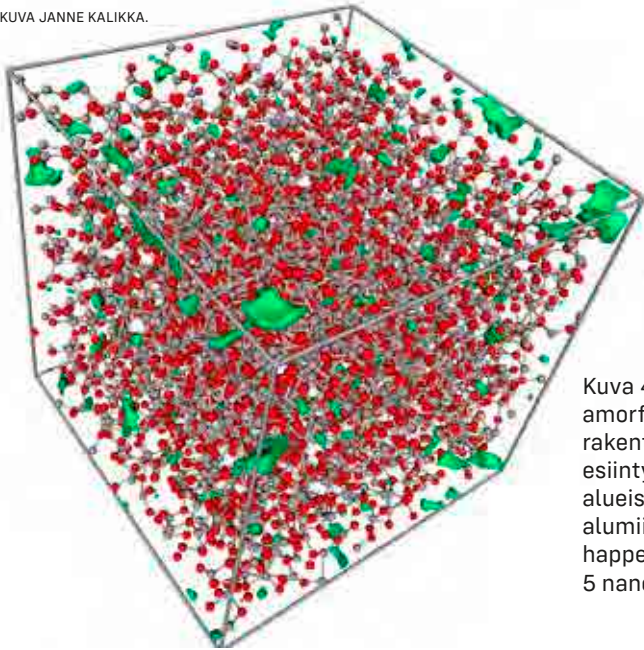
Väite on siinä määrin mielenkiintoinen, että on olemassa useampi tutkimus, jossa asiaa on tarkasteltu yksityiskohtaisesti. Väitteessä, että lasilla olisi mitattavissa oleva viskositeetti huoneenlämpötilassa, on ehkäpä



Kuva 3. Läpivalaisuelektronimikroskoopin kuva noin 0.5 mikrometriä leveästä, amorfisesta alumiinioksidista valmistetusta plastisesta lasikalvosta.

totuuden siemen, mutta tulosten mukaan emme sitä voi kokeellisesti todentaa. Jotta voisimme havaita edes muutamien atomien vaihtaneen paikkaansa lasin sisällä pelkästään painovoiman vetämänä, joutuisimme huoneenlämpötilassa odottelemaan ainakin miljoonia, ehkä kymmeniä miljoonia vuosia [16]. Todellisuudessa syy korkeintaan satoja vuosia vanhan kirkkolasin epätasaisuuteen onkin arkipäiväisempi. Entisajan tasolasi valmistettiin nimittäin myös puhaltamalla, jolloin tasoa vasten puhalletun lasiruudun reunat jäivät keskiosaa paksummiksi. Kun sitten sopivan kokoinen ruutu tai sektori leikattiin valmiista pyöreästä lasilevystä, sen tukeva asentaminen lienee ollut helpompaa, kun paksumpi puoli asetettiin osoittamaan alaspäin.

On melko selvää, että lasi ei kykene särkyä ottamaan vastaan iskun kaltaista nopeaa muodonmuutosta huoneenlämpötilassa. Mutta entä jos annamme lasille pienen rohkaisevan tönäisyn? Jännitys, alhaisenkin lämmön kaverina, saattaisi auttaa atomit liikkeelle, kuten atomien diffuusion teoriasta tiedämme. Kun pudotamme kännykkämme kovalle lattialle, voisiko kännykän lasiin tulla vain lommo sen sijaan että se harmiksemme särkyä? Nämä prof. Erkki Leväsen ohjauksessa laaditut kysymykset mielessäni lähdin asiaa tutkimaan. Kävi ilmi, että lasin muodonmuutoksen voi todella herättää liikkeelle. Mutta ei minkä tahansa lasin. Valmistamamme lasi on puhdasta alu-



Kuva 4. Atomisimulaatio amorfisen alumiinioksidin rakenteesta ja siinä esiintyvistä tyhjän tilan alueista (vihreä). Punainen alumiinia ja harmaa happea. Kuution särmä on 5 nanometriä pitkä.

miinioksidia, kun taas lähes kaikki lasi, jonka ympärilläsi näet, pohjautuu runsaasti seostettuun piioksiidiin. Alumiinioksidin saaminen lasimaiseen muotoon on nimittäin pirullisen vaikeaa. On arvioitu, että nestemäinen tai kaasumainen alumiinioksidi tulee jäädyttää hirvittävällä nopeudella, vähintään 100 000 astetta sekunnissa [17], jotta alumiini- ja happiatomien järjestäytyminen kiteeksi voidaan estää. Käytännössä siis perinteinen sulammutus lasiksi ei alumiinioksidin kohdalla onnistu.

Käytimme melko eksoottista menetelmää kiertääksemme tämän rajoitteen. Yhdessä Dr. Fabio Di Fonzon tutkimusryhmän kanssa hajotimme Italian Milanossa alumiinioksidista valmistetun kohtion pintaa laserin avulla kuumaksi plasmaksi, joka tyhjiön läpi sinkoutuessaan jäähtyi jopa 10<sup>9</sup> astetta sekunnissa [18] ja muodosti amorfista alumiinioksidia osuessaan keräyslustaan (Kuva 2). Näin syntynyt ohut kalvo siirrettiin läpivalaisuelektronimikroskoopin sisälle rakennettuun mekaanisen vasteen mittaamiseen tarkoitettuun koejärjestelyyn. En koskaan unohda sitä päivää, kun istuimme pimeässä mikroskooppihuoneessa yhdessä kollegojeni, prof. Karine Masenelli Varlotin ja prof. Lucile Joly-Pottuzin kanssa Ranskan Lyonissa ja näimme, ehkä ensimmäistä kertaa historiassa, lasin venyvän plastisesti huoneenlämpötilassa (Kuva 3).

Möhemmin selvisi, että mekanismi, joka plastisuuden mahdollistaa, muistuttaa lasin viskoosia virtausta tai virumista. Jotta voit muodostaa mekanismista kuvan, kuvittele atomin siirtymä, jonka täytyy jokaisen askeleensa jälkeen vaihtaa suuntaansa ja jossa



**Erkka J. Frankberg**  
Tkt - Materiaalitiede ja -tekniikka

Suomen Akatemian tutkijatohtori Tampereen yliopistossa. Yrittäjä ja intohimoinen tutkimustulosten kaupallistaja. Keraamimateriaalien 3D-printtauksen pioneeri Suomessa. Suomen ja Euroopan keraamisten seurojen aktiivi ja Young Ceramists Network:n perustajajäsen (verkostossa yli 2000 jäsentä). 5- ja 6-vuotiaiden futisvalmentaja Urjalan Palloseurassa. Asuu Urjalassa Pirkanmaalla, naimisissa, 4 lasta. Kommentit ja kysymykset: [erkka.frankberg@tuni.fi](mailto:erkka.frankberg@tuni.fi)

jokaisen ylitettävän energiavallin korkeus on aina erilainen. Siten lasin viskoosissa virtauksessa jokaisen atomin siirrosvektori muuttuu jokaisen yksittäisen siirtymän jälkeen. Näytimme siis, että tällainen atomien diffuusiomiötä muistuttava viskoosi muodonmuutos on mahdollista saada aikaan pelkästään mekaanisesti ilman merkittävää lämpöliikettä. Lasi siis muuttuu sulamaiseksi ja virtaavaksi

riittävän paineen avustuksella, ilman että se sulatetaan lämmön avulla! Hämmäntäväkin tulos, jota nykyiset termodynaamiset teorialat eivät pysty tyhjentävästi selittämään.

Selvisi kaiken lisäksi, että jos muodonmuutosnopeus on riittävän suuri, viskositeetti voi olla hyvin alhainen, samaa luokkaa kuin tavallisella käsirasvalla. Siis keraamilla, huoneenlämpötilassa. Samalla selvisi, että lasimainen alumiinioksidi on rakenteeltaan aivan erilainen verrattuna perinteisiin pii-pohjaisiin lasihin. Alumiinioksidissa atomit ovat pakkautuneet riittävän tiiviisti ja ne kykenevät vaihtamaan paikkoja keskenään niin, että rakenteeseen ei helposti ydinny väsymismurtumasta tuttua säröä (Kuva 4). Kaiken tämän pystyimme määrittämään kokeiden lisäksi simuloimalla rakennetta atomitasolla käyttäen Tieteen tietotekniikan keskuksen kotimaista supertietokonekaskentaa yhdessä akatemiatutkija Janne Kalikan ja professori Jaakko Akolan kanssa. Pirullisen hankalaksi plastisen lasin valmistamisen tekee vielä vaatimus siitä, että lasin täytyy olla hyvin tasalaatuista ja virheetöntä. Valmistuksessa syntyneet ilmakuplat tai säröt voivat taas johtaa murtumaan.

Materiaalit ovat niin oleellinen osa sivilisaatiomme ja kulttuurimme kehitystä, että muinaiset aikakaudet on jälkeensä nimetty kunkin aikakauden huippumateriaalitekniikan mukaan. Se tuntuu luonteelta, sillä jo lapsi oppii ymmärtämään vanhempansa reaktioista, että teräksinen (tai keraaminen) keittiöveitsi on vaarallinen pihamaalla törrötäviin teräviinkin kiviin verrattuna. Kehitys oli tietenkin hidasta ja ailahtelevaa. Mutta näin jälkiviisaana voi sanoa, että siirtyminen kivikaudesta metallien aikakauteen oli aivan käsittämättömän suuri loikka ihmiskunnalle.

Millainen loikka plastinen lasi ehkä tulevaisuudessa on meille, nähdään vasta vuosikymmenten tai -satojen kuluttua. Science lehden julkaisun jälkeen työemme on edennyt merkittävästi, ja tätä kirjoitettaessa olemme onnistuneet valmistamaan tilavuudeltaan jo 5 kertaluokkaa (eli 10<sup>5</sup>) suurempia lasikappaleita, jotka muokkautuvat huoneenlämpötilassa täysin plastisesti murtumatta. Lisäksi olemme onnistuneet varmistamaan plastisuuden tapahtuvan jopa kahden henkilöauton nokkakolaria vastaavalla muodonmuutosnopeudella. Näitä tuloksia ollaan parhaillaan julkaisemassa. Kuitenkin on todennäköistä, että viimeiset kertaluokat ennen käytännön sovelluksiin vaadittavaa kappalekokoa tulevat olemaan hankalimpia ja joudumme vielä odottamaan. Aloitin 1.9.2021 Akatemian tutkijatohtorina ja jatkan määrätietoisesti kohti tavoitetta tämän rahoituksen turvin. ▲



## Lähteet:

- [1] E. J. Frankberg et al. Highly ductile amorphous oxide at room temperature and high strain rate, Science, 15 Nov 2019, Vol 366, Issue 6467, pp. 864-869, DOI: 10.1126/science.aav1254  
Luettavissa vapaasti rekisteröitymällä sivustolle tai luettavissa vaihtoehtoisesti Researchgate:ssa: [https://www.researchgate.net/publication/337280290\\_Highly\\_ductile\\_amorphous\\_oxide\\_at\\_room\\_temperature\\_and\\_high\\_strain\\_rate](https://www.researchgate.net/publication/337280290_Highly_ductile_amorphous_oxide_at_room_temperature_and_high_strain_rate)
- [2] <https://www.tuni.fi/fi/ajankohtaista/materiaalit-muutavat-maailmaa>, viitattu 26.8.2021
- [3] <https://www.natureindex.com/institution-outputs/finland/tampere-university/5c91aeb1e6e5162c71b0f4e>, viitattu 26.8.2021
- [4] <https://www.shanghairanking.com/methodology/arwu/2021>, viitattu 3.9.2021
- [5] Plinius vanhempi (Gaius Plinius Secundus), Historia Naturalis, s. 36, noin 77 jKr
- [6] <https://www.ancient-origins.net/artifacts-ancient-technology/unbreakable-story-lost-roman-invention-flexible-glass-009453> viitattu 26.8.2021
- [7] Stanislav V. Sinogeikin et al. Sound velocity measurements on laser-heated MgO and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Physics of the Earth and Planetary Interiors, Volumes 143-144, 15 June 2004, Pages 575-586
- [8] <https://www.vr.fi/>, viitattu 26.8.2021
- [9] <https://fi.wikipedia.org/wiki/Reaktioaika>, viitattu 3.9.2021
- [10] <https://www.element.com/nucleus/2016/5-disasters-caused-by-material-fatigue-and-what-we-learned-from-them>, viitattu 3.9.2021
- [11] <https://yle.fi/uutiset/3-11804827>, viitattu 3.9.2021
- [12] <https://cadworks.fi/fi/articles/staattinen-laskenta-ei-aina-riita-varaudu-vasymiseen>, viitattu 3.9.2021
- [13] C. B. Carter, M. G. Norton, Ceramic materials: Science and Engineering, Springer, 701 p., 2007
- [14] R. von Mises. Mechanics of solid bodies in the plastically deformable state – Mechanik der festen Körper im plastisch deformablen Zustand. Nachr. d. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen, Math.– phys. Klasse 4, p. 582 –592, 1913
- [15] <https://www.jennisorsaglass.fi/>, viitattu 3.9.2021
- [16] E. D. Zanotto. Do cathedral glasses flow? American Journal of Physics 66:5, p. 392 – 395, 1998
- [17] C.G. Levi, V. Jayaram, J.J. Valencia, R.J. Mehrabian, J. Mater. Res. 3 (5) (1988) 969
- [18] Chiennan Pan, Pouyan Shen, Shuei-Yuan Chen, Condensation, crystallization and coalescence of amorphous Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles, Journal of Crystal Growth 299 (2007) 393-398

# Comprehensive selection of deep drilling boxes

**NORDIC DRILLING BOX**

[nordicdrillingbox.fi](http://nordicdrillingbox.fi)

**NP**  
NEWPAKKOLA

CONVEYOR  
MAINTENANCE  
SPECIALIST

## KULJETINHUOLLON AMMATTILAINEN

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

### TARJOAMME

- > Kuljetinrullat
- > Rullatelineet
- > Kuljetinrummut

### Lisätiedot

Huolto 040 809 8853

Komponentit 0400 516 844

[www.newpaakkola.com](http://www.newpaakkola.com)

# FINNMATERIA

PAVILJONKI JYVÄSKYLÄ 25.-27.10.2022

Pohjoismaiden johtavat  
erikoismessut koko vuoriklusterille

Finnmateria -messut jälleen Jyväskylässä 2022

Tule näytteilleasettajaksi alan  
huipputapahtumaan!

[finnmateria.fi](http://finnmateria.fi)

PAVIL  
JONKI

MATERIA



Jyväskylän  
MESSUT



# Tribologia ja materiaalien suorituskyky

Suomen Tribologisen Seuran ja PerforMat-verkoston yhteiswebinaari järjestettiin tiistaina 12.5.2021 klo 13:00-16:30. Webinaarissa painotettiin tribologiaa ratkaisuja materiaalitehokkuuden ja suorituskyvyn parantamiseksi. Materiaalien rooli teollisten haasteiden ratkaisemisessa oli myös vahvasti esillä. Enimmillään webinaarissa oli samanaikaisesti läsnä noin 160 kuulijaa.

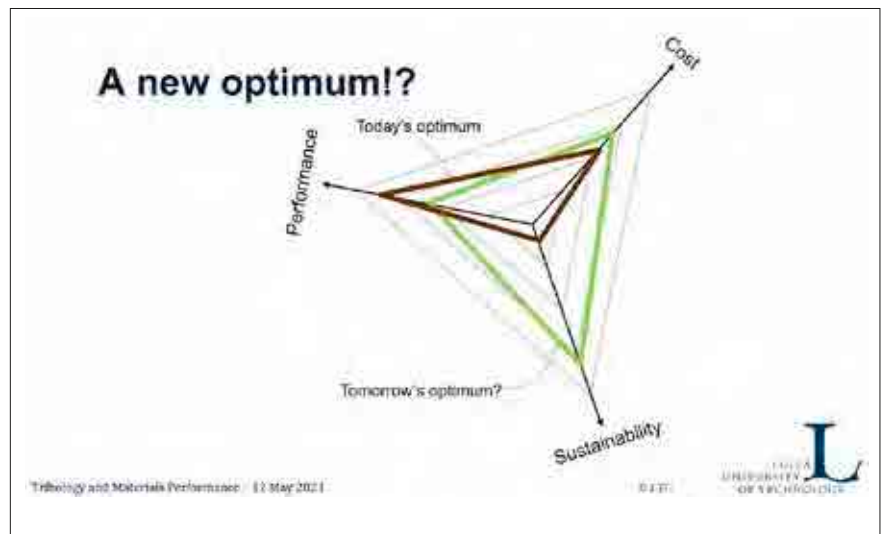
TEKSTI: TUOMO TIAINEN

Webinaarin avaussanat lausunut Suomen Tribologisen Seuran puheenjohtaja Helena Ronkainen, VTT Oy, esitteli ensin Suomen Tribologisen Seuran ja sen toiminnan. Yhdistys on perustettu vuonna 1977 tukemaan tribologian tutkimusta, teknistä kehitystä ja koulutusta Suomessa sekä lisäämään tietoisuutta tribologiasta ja sen hyödyntämistä suomalaisessa teollisuudessa ja yhteiskunnassa. Seminaarien ja konferenssien järjestämisen sekä kansainvälisen toiminnan lisäksi yhdistys julkaisee vuodesta 1982 lähtien ilmestynyttä Tribologia-lehteä, jossa esitellään tribologian tutkimuksen viimeisimpiä tuloksia. Lopuksi **Helena Ronkainen** esitteli webinaarin ohjelman ja toivotti ensimmäisen puhujan tervetulleeksi.

## Vesipohjaiset voiteluaineet?

Professori **Roland Larsson**, Luulajan teknillinen yliopisto, tarkasteli esityksessään mahdollisuuksia vesipohjaisten voiteluaineiden käyttöön nykyisten öljypohjaisten aineiden asemesta. Maailman öljyn kulutus on luokkaa 135 tonnia sekunnissa ja voiteluaineiden osuus siitä on yli tonnin sekunnissa. Arvion mukaan noin 50 % käytetyistä voiteluaineista päätty tavalla tai toisella luontoon. Tarve haittavaikutuksiltaan pienempien voiteluaineiden löytämiseen on siten ilmeinen ja vesipohjaiset voiteluaineet ovat tässä yksi mahdollisuus.

Käytyään läpi öljypohjaisten voiteluaineiden edut ja haittatekijät Roland Larsson totesi, että uusien voiteluaineiden erilaiset ominaisuudet edellyttävät myös kuvan 1 esittämää uudenlaista tribo-optimointia. Uusien voiteluaineiden kohdalla joudutaan todennäköisesti tinkimään jonkin verran suori-



KUVA: ROLAND LARSSON

Kuva 1. Vesipohjaisten voiteluaineiden uusi optimointi perinteisten voiteluaineiden optimointiin verrattuna

tuskyvystä ja kasvattamaan jonkin verran kustannuksia, mutta vastaavasti kestävyudessa (sustainability) ja kierrätettävyydessä päästään kokonaan uudelle tasolle.

Luulajan yliopistossa on paneuduttu glyserolin tutkimiseen yhtenä vaihtoehtoisena voiteluaineena. Glyseroli ei varsinaisesti ole vesipohjainen, mutta se on vesiliukoinen ja sen viskositeettia voidaan säädellä veden määrää lisäämällä. Glyserolia saadaan mm. biodieselin valmistuksen sivutuotteena. Globaalitasolla glyserolia valmistui vuonna 2013 ko. sivutuotteena noin 80 kg/sekunnissa.

Glyserolin molekyyli koostuu kolmesta hydroksyyli ryhmästä. Aineena se on väritön, hajuton ja myrkytön. Matalimmillaan glyseroli-vesiseoksen jähmettyminen alkaa -50 C-asteessa noin 65 %:n vesipitoisuudel-

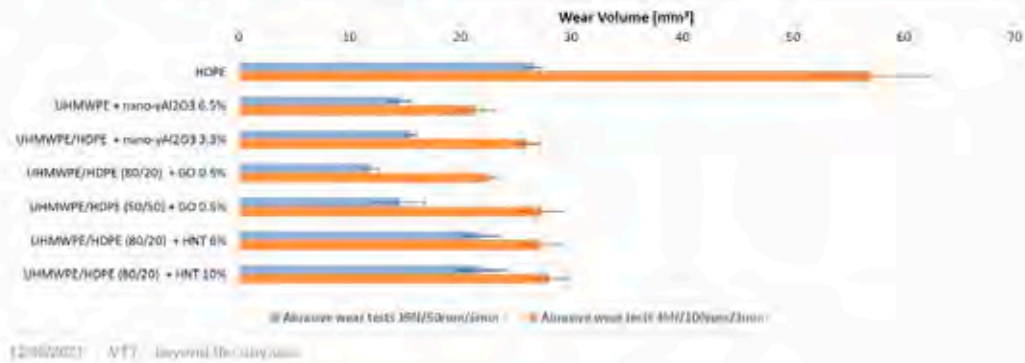
la. Kokoonpuristuvuutta kuvaava bulk modulus on glyserolilla noin kolminkertainen öljyyn verrattuna ja kaksinkertainen veteen verrattuna. Viskositeetin paineriippuvuus on glyserolilla alle kolmasosa perinteisen voiteluöljyn vastaavasta ominaisuudesta.

Laakeriolosuhteita simuloivalla koelaitteella mitattu glyserolin kitkeroin on noin kolme kertaa matalampi kuin rypsiöljyn. Tämä on osittain seurausta viskositeetin matalasta paineriippuvuudesta. Tämä tuo mukanaan myös ongelman: glyserolilla voiteluainekalvon paksuus muodostuu huomattavasti ohuemmaksi kuin perinteisellä voiteluöljyllä. Käytännössä laakeripintojen sileyden tulee glyserolilla olla perinteisiä voiteluöljyjä parempi ja myös pintatopografian tulee olla glyserolia varten optimoitu.



## HDPE – blends

- Blending HDPE with UHMWPE
  - Blends can be processed by IM (in contrast to the neat UHMWPE)
  - Special processing additives are needed to compatibilize the HDPE and UHMWPE polymer (proprietary)



Kuva 2. Täyteaineilla lujitettujen HDPE-pohjaisten polymeerisekoitusten kulumisen kumipyöräabraasiokokeessa HDPE-peruspolymeerin kulumiseen verrattuna.

Rajavoitelutilanteita varten glyserolipohjaisiin voiteluaineisiin tulee kehittää uusia vesipohjaisia ja pinta-aktiivisia lisäaineita hyvän voitelun turvaamiseksi. Lisäksi tarvitaan lisäaineita ruosteenestoa, vaahtoutumisen estämistä jne. varten. Lisäaineiden tulee luonnollisesti olla myrkyttömiä sekä kestävästi valmistettuja ja regeneroitavissa olevia.

Metsäkoneiden ketjusahoissa on glyserolipohjaisia voiteluaineita testattu vuosina 2012-2015. Saatujen tulosten mukaan kulumisen ei muodostunut ongelmaksi ja suuria etuja olivat voitelun puhtaus sekä käyttäjä- ja ympäristöystävällisyys. Perinteisten voiteluaineiden jäämät saattoivat aiheuttaa ongelmia glyserolipohjaiseen voiteluun siirryttäessä.

Yhteenvetona Roland Larsson totesi, että öljyjä korvaavia voiteluaineita on tulevaisuudessa löydettävä ja glyseroli-vesivoitelu on tässä varteenotettava vaihtoehto. Se tarjoaa etuja öljypohjaisiin voiteluaineisiin verrattuna, mutta tuo mukanaan myös haasteita. Kaikkein haastavimmissa kulumiskohteissa glyserolipohjainen voitelu ei vielä pysty tasavertaisesti kilpailemaan perinteisen öljypohjaisen voitelun kanssa.

### Tribologia lääketieteellisissä välineissä

Apulaisprofessori **Ion Marius Sivebæk**, Tanskan teknillinen yliopisto ja Novo Nor-

disk, kertoi lääketieteessä käytettävien välineiden tribologiasta. Novo Nordisk on tanskalainen farmasian alalla toimiva suuryritys, joka on keskittynyt erityisesti diabeteksen lääkintään ja siinä tarvittaviin välineisiin.

Lääketieteen sovelluksissa voiteluaineiden käyttö ei yleensä ole mahdollista, vaan vastakkain liikkuvat pinnat joutuvat toimimaan usein ilman voitelua. Välineissä käytettävät materiaalit ovat usein polymeeripohjaisia. Novo Nordiskin sovelluksissa voimakkaasti kuormitetuilta pinnoilta vaadittu kestoikä on tyypillisesti seitsemän vuotta. Tämä merkitsee yleensä sitä, että polymeerien tulee olla lujitettuja.

Apulaisprofessori Sivebæk esitteli vastakkain liikkuvien pintojen kulumistutkimukseen kehitetyn laitteiston, jolla voidaan mitata pintojen kulumiseen liittyvää kitkaa ja kulumisnopeutta. Laitteistolla oli tutkittu sekä lujittamattomien polymeerimateriaaliparien että hiilikuiduilla lujitettu polymeeri/lujittamaton polymeeri -materiaaliparien kulumista.

Tulosten havaittiin noudattavan tunnettua Ratner-Lancaster -riippuvuutta, jonka mukaan kulumisnopeus adhesiivisessa kulumisessa on verrannollinen kulumisen materiaalin murtolujuuden ja murtovenymän tulon käänteisarvoon. Kulumisparissa olevien erilaisten materiaalien tapauksessa merkitystä kitkakertoimelle ja sen myös-

tä kulumiselle oli myös sillä, kumpi parin materiaaleista oli liikkuva ja kumpi kiinteä (ns. finger-table periaate). Hiilikuitulujitus kasvatti voimakkaasti polymeerimateriaalien lujuutta ja jäykkyyttä, mutta pienensi murtovenymän hyvin pieneksi. Samalla se tuhosi myös materiaalin kulumiskestävyys-tutkitussa kulumistapauksessa.

Yhteenvetona Ion Marius Sivebæk totesi, että tribologia on monimutkaista ja sitä tunnetaan toistaiseksi hyvin vähän. Polymeerien tribologiassa ei pidä koskaan laittaa kahta samanlaista materiaalia samaan kulumispariin. Korkeiden pintapaineiden käyttö on mahdollista ja finger-table-periaatteen tunteminen on hyödyllistä. Ratner-Lancaster-riippuvuutta voi käyttää nyrkkisääntönä erilaisten materiaalien kulumistaipumusta arvioitaessa.

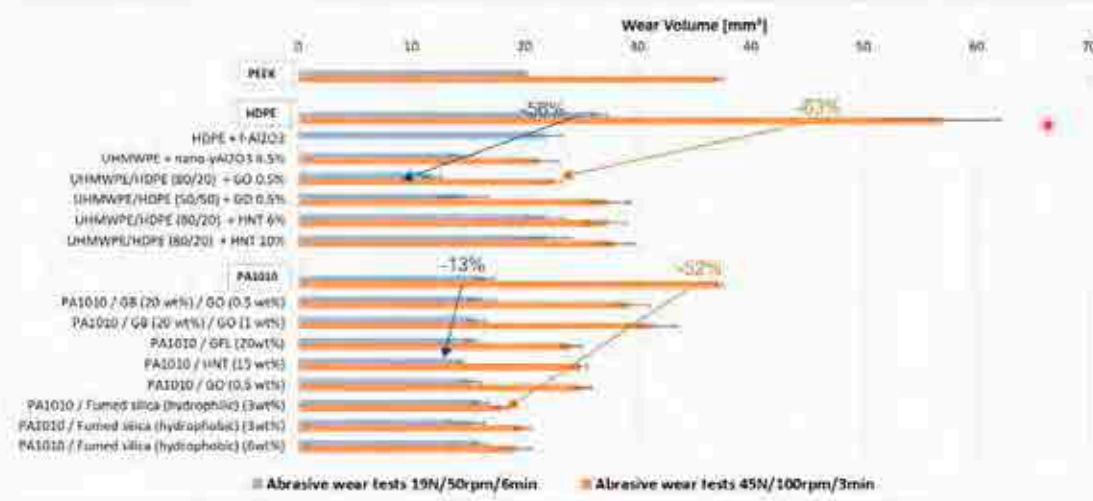
### Polymeerit abrasiivisessa kulumisessa

Principal Scientist Helena Ronkainen esitteli VTT:ssä tehtävää tutkimustyötä polymeerimateriaalien abrasiivisen kulumiskestävyysparantamiseksi. Polymeerit ovat keveitä, suhteellisen halpoja ja tuotevalmistus niistä on helppoa. Polymeerien abrasiivisen kulumisen kestävyys on kuitenkin varsin vaatimaton ja siksi etsitään keinoja kulumiskestävyysparantamiseksi mm. erilaisten täyteaineiden avulla.





## Comparing abrasive wear performance



12/03/2021 VTT - (sivetti) Osa 2/2021

Kuva 3. Eri täyteaineilla lujitettujen polymeerien ja polymeerisekoitusten kulumisen kumipyöräabraasiokokeessa peruspolymeerien ja referenssinä käytetyn PEEK-polymeerin kulumiseen verrattuna.

Tutkimusmenetelmänä esitellyssä työssä oli standardisoitu (ASTM 65-04) kumipyöräabraasiotesti, jossa kuluttavana elementtinä oli kvartsihiekkä keskimääräiseltä raekooltaan 0,32 mm. Testattavana oli useita kaupallisia polymeerilajeja ilman täyteaineita sekä erilaisilla täyteaineilla lujitettuja polymeerejä. Testit tehtiin kahdella kuormitus-pyörimisnopeus-aika -yhdistelmällä (19 N/50 rpm/6 min ja 45 N/100 rpm/3 min).

Testattaessa peruspolymeerejä matalammalla kuormitustasolla kulumisnopeus kasvoi polymeerin vetomurtolujuuden pienentyessä. Suuremmalla kuormitustasolla ei selkeää korrelaatiota kulumisnopeuden ja lujuusominaisuuksien välillä havaittu. Pienin kulumisnopeus oli molemmilla kuormitustasoilla polyuretaanilla PU ja suurin polyoxymetyleenillä POM. Kuormitustason nosto lisäsi kulumisnopeutta kaikilla muilla peruspolymeereillä lukuun ottamatta polyamidia PA, jonka kuluminen oli samanlaista molemmilla kuormitustasoilla. Kulumispinnan tutkimusten perusteella eri polymeerilajien kuluminen tapahtui eri mekanismeilla.

Peruspolymeerien testitulosten perusteella valittiin täyteaineilla lujitettujen polymeerien matriisimateriaaleiksi HDPE (high density polyethylene) ja PA (polyamidi). Täyteaineina HDPE-polymeerilla olivat alumiinisilikaattinanutket ja partikkelimuotoiset pyrogeeninen piidioksidi, grafeenioksidi ja

titaaninitridi. Matriisin ja lujitteiden välisen adheesion parantamiseksi lujitteet käsiteltiin silaanilla ennen sekoittamista polymeeriin.

Myös erilaisten PE-polymeerilajien (HDPE + UHMWPE eli Ultra High Molecular Weight Polyethylene) sekoituksia ja niihin lisättyjä nanopartikkelitäyteaine (grafeenioksidi ja alumiinisilikaattinanutket) -yhdistelmiä testattiin. Eri polymeerilajien sekoittuminen varmistettiin erikoislisäaineilla.

Polyamidin tapauksessa titaaninitridipartikkelit jätettiin pois. Käytettyinä nanopäyteaineina olivat edellisten lisäksi grafeenin nanopartikkelit, pyrogeeninen piidioksidi sekä hydrofiilisenä että hydrofobisena versiona ja pyrogeeninen alumiinioksidi. Lisäksi testattiin mikromittakaavan täyteaineina lasipartikkeleita ja -hiutaleita sekä lasipartikkeleiden ja grafeenioksidin nanopartikkeleiden yhdistelmiä. Lujitteiden ja peruspolymeerien compoundoinnin jälkeen tutkittavat kulumisnäytteet valmistettiin injektion moulding-tekniikalla.

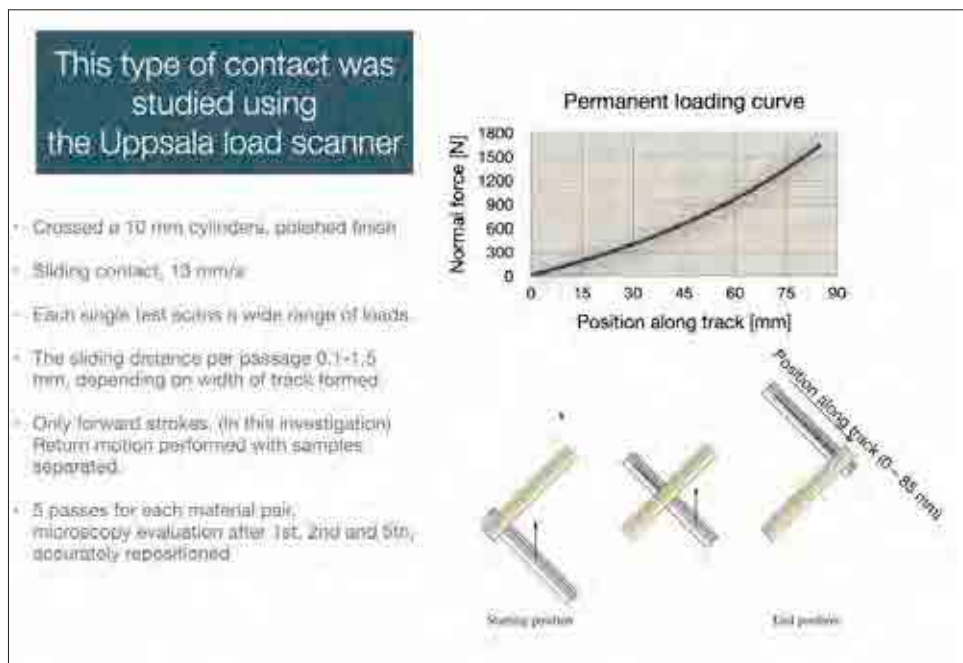
HDPE-polymeerin tapauksessa ei pienillä täyteainepitoisuuksilla saavutettu merkittävää parannusta abrasiivisen kulumisen kestävyteen. Suuremmilla pitoisuuksilla täyteaineet muodostivat löysiä agglomeraatteja komposiittiin, jolloin niiden teho vastaavasti heikkeni. Sen sijaan polymeerisekoituksilla ja niihin lisätyillä täyteaineilla

saavutettiin merkittäviä abrasiivisen kulumiskestävyuden paranemisia varsinkin suuremmalla kuormitustasolla.

Parhaat tulokset saavutettiin UHMWPE/HDPE(80/20)-sekoituksella, jossa oli mukana 0,5 painoprosenttia grafeenioksidipartikkeleita (kuva 2). Tällä yhdistelmällä testissä mitattu kulunut tilavuus pieni 56 % pienemmällä kuormitustasolla ja 63 % suuremmalla kuormitustasolla HDPE-peruspolymeeriin verrattuna.

Myöskään polyamidin tapauksessa saavutetut kulumiskestävyuden parannukset eivät nousseet kovin merkittäviksi varsinkaan pienemmillä kuormitustasoilla (kuva 3). Parhaimmaksi osoittautuneella PA + 15 paino% alumiinisilikaattinanutkia -yhdistelmällä saavutettiin matalammalla kuormitustasolla 13 prosentin pienennys kulumistilavuudessa perusPA:han verrattuna. Korkeammalla kuormitustasolla paras tulos saavutettiin yhdistelmällä PA + 3 paino% pyrogeenisä hydrofiilisiä piidioksidin nanopartikkeleita. Sen kulumistilavuus oli 52 % pienempi perusPA:han verrattuna.

Testeissä löydetty parhaat yhdistelmät olivat myös abrasiivisen kulumisen kestävydeltään parempia kuin referenssimateriaalina testattu polyeteeri eetteriketoni PEEK. Varsinkin PE-polymeerisekoitukset ovat myös hinnaltaan selvästi edullisempia PEEK:iin verrattuna.



Kuva 4. Vastakkain puristettujen ja toistensa suhteen liikkuvien pintojen kulumistutkimukseen kehitetyn tutkimuslaitteen perusperiaate.

### Kovien materiaalien kulumistutkimuksia

Professori Staffan Jakobsson Uppsalan yliopistosta puhui kovien materiaalien kulumisesta tilanteissa, joissa metalli-metallikontakti muodostuu materiaalien liukuessa toisiaan vasten puristusvoiman alaisina. Kontaktivoima on tarkoituksella nostettu niin korkeaksi, että se pystyy plastisesti muovaamaan pehmeämpää materiaalia. Tällaisia tilanteita muodostuu mm. metallien kylmätaonnan, ohutlevyjen muovauksen ja meistaamisen sekä langanvedon yhteydessä.

Tällaisten kulumistilanteiden simuloimiseksi Uppsalan yliopistossa on kehitetty kulumistutkimuslaite, jonka periaate on esitetty kuvassa 4. Ristikkäisessä asennossa olevia kiillotettuja koekappaleetankoja liikutetaan vastakkain puristettuna suhteessa toisiinsa siten, että kontaktipiste liikkuu kummankin tangon päästä päähän ja puristusvoimaa kasvatetaan liikkeen edetessä. Laite on suunniteltu siten, että kummankin koekappaleen kontaktipiste kohtaa aina saman vastinkappaleen pisteen jokaisella liikekerralla.

Professori Jakobsson esitteli laitteella saatuja tutkimustuloksia kolmella eri teräslajilla; pulverimetallurginen kovia karbonitridipartikkeleita sisältävä työkaluteräs (kovuus 912 HV0,2), pintakarkaistu teräs (753 HV0,2) ja pintakarkaistu teräs pehmeässä tilassa (272

HV0,2). Työkaluteräksen karbonitridipartikkelien nanokovuus oli 2200 HV ja martenstiittisen matriisin kovuus 800 HV.

Jokaista yhdistelmää testattiin viidellä peräkkäisellä pyyhkäisyllä ja jokaisen pyyhkäisyn yhteydessä mitattiin kontaktin kitkakerroin liikkeen edetessä. Ensimmäisen, toisen ja viidennen pyyhkäisyn jälkeen kulumispintoja tarkasteltiin aina samasta kohdasta. Yhdellä pyyhkäisyllä kappaleiden liukumatka vaihteli välillä 0,1 – 1,5 mm riippuen muodostuneen kulumisjäljen leveydestä. Viidennen pyyhkäisyn jälkeen koekappaleiden mikrorakennetta tarkasteltiin poikkileikkaushieistä. Pyyhkäisyt tapahtuivat aina samaan suuntaan ja koekappaleet palautettiin takaisin lähtöasemaan erillään toisistaan.

Testattaessa työkaluteräsnäytteitä toisiaan vastaan havaittiin karbonitridipartikkelien siirtyvän, murtuvan ja muokkautuvan jo noin 2 mm:n suhteellisen liukuman jälkeen. Kitkakerroin pysyi aluksi matalana, mutta nousi jo toisella pyyhkäisyllä noin liikematkan puolella välissä yli kaksinkertaiseksi ja pysyi korkeana liikkeen loppuun saakka. Viidennellä pyyhkäisyllä se kohosi samassa kohdassa lähes kuusinkertaiseksi alkuperäiseen arvoon verrattuna.

Silti liukupinnoilla näkyi merkkejä voimakkaammasta plastisesta muodonmuutoksesta vasta liikematkan viimeisen 15 mm:n

pitoudella. Poikkileikkaushieistä nähtiin, että pinta oli tällä alueella muokkautunut liikesuunnassa ja sekä matriisi että karbonitridipartikkelit olivat muokkautuneet, venyneet ja suuntautuneet liikesuunnan mukaisiksi. Tämä muokkautuminen ulottui varsin syvälle pintakerrokseen. Kaikki tämä oli tapahtunut noin 5 mm:n pituisen suhteellisen liikkeen aikana.

Kun liukuparina olivat työkaluteräs ja pintakarkaistu teräs, havaittiin kitkakertoimen kasvun tapahtuvan jo noin 20 mm:n liikematkan jälkeen heti ensi pyyhkäisyllä. Liikkeen jatkuessa kitkakerroin asettui loppumatkan ajaksi noin kaksinkertaiseen arvoon. Pyyhkäisyjen lukumäärän lisääntyessä kitkakertoimen kasvu käynnistyi samassa kohdassa, mutta se kohosi ensin pyyhkäisyn mukana kasvavaan huippuarvoon (viimeisellä pyyhkäisyllä noin kuusinkertaiseksi) ja tasaantui noin 25 mm:n liikkeen jälkeen

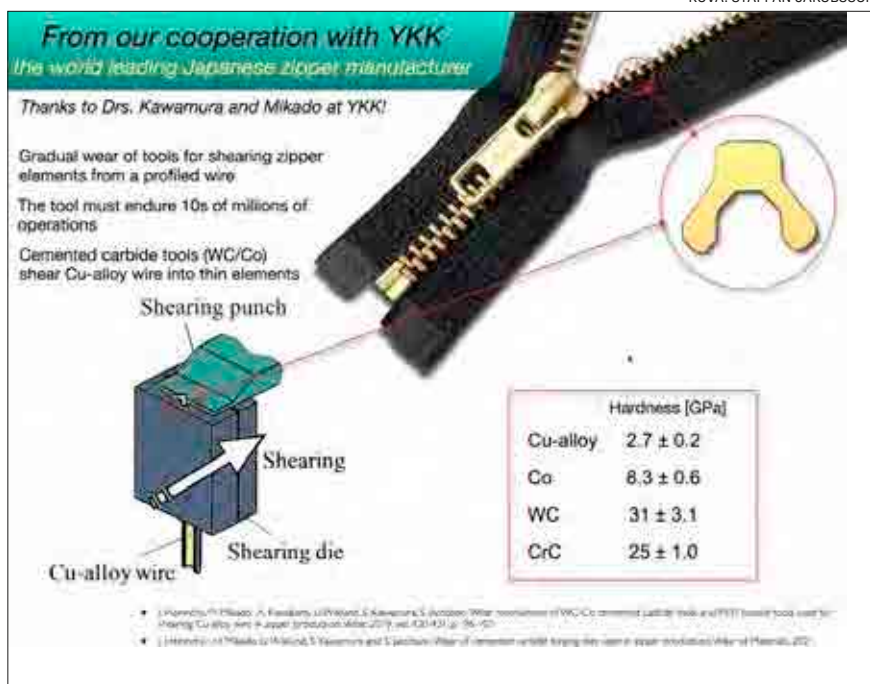
loppuliikkeen ajaksi samaan arvoon kuin ensimmäisellä pyyhkäisyllä. Molemmissa vastinpinnoissa havaittiin merkkejä voimakkaasta plastisesta muodonmuutoksesta heti kitkakertoimen kohoamiskohdasta alkaen.

Liukupinta- ja poikkileikkaushietarkasteleissa todettiin materiaalia siirtyvän vuorotellen vastinpinnasta toiseen pyyhkäisykertojen lisääntyessä. Ensimmäisen työkaluteräksen pintaan tarttui pehmeämpää pintakarkaisuterästä. Pintakarkaisuteräksen pinnan lujittuessa siihen tarttui seuraavilla pyyhkäisyllä kerros kovia partikkeleita sisältävää työkaluterästä, kunnes molemmilla vastinpinnoilla oli molemmista teräslajeista koostuva, muokkautuneita karbonitridipartikkeleita sisältävä kerros ja työkaluteräskin muokkautui ja kului omien kovien partikkeliensa ansiosta.

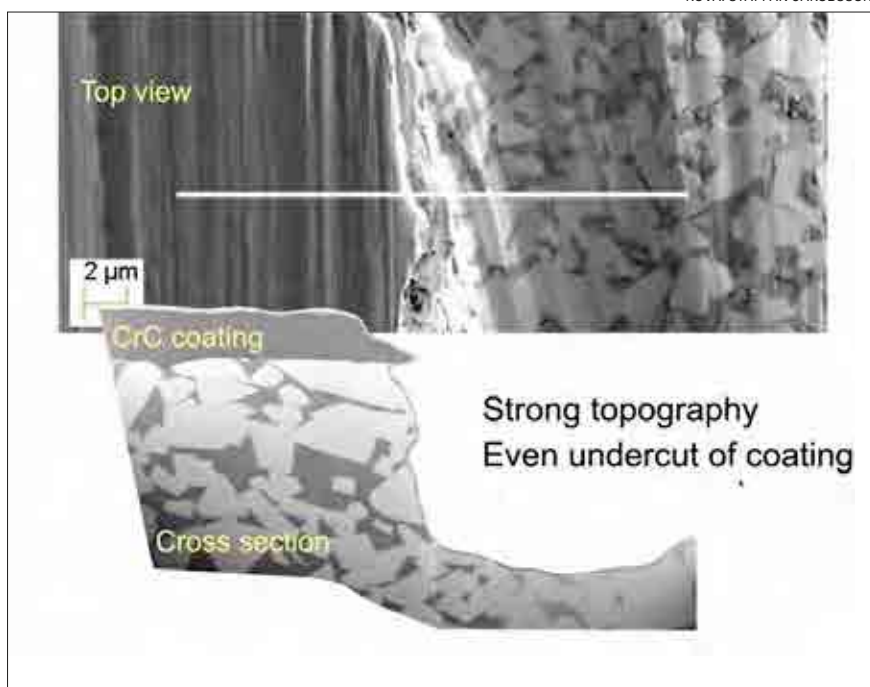
Käytännön esimerkkinä professori Jakobsson kertoi kulumistapauksen, jossa joko pinnoittamattomalla tai kromikarbidipinnoitetulla WC-Co kovametallityökalulla leikataan vetokestojen hakakappaleita pursotetusta kuparisfosforilista (kuva 5, jossa on esitetty eri myös materiaalikomponenttien kovuuDET). Työkalun tulee kestää useita kymmeniä miljoonia leikkauskertoja.

Tutkittaessa työkalun kulumisen edistymistä leikkauskertojen lukumäärän kasvaessa todettiin kovametallin molempien faasien (matriisi ja wolframikarbid) kuluvan samal-





Kuva 5. Vetoketjun hakakappaleiden leikkaaminen pursotetusta kupariseosprofiilista kovametallityökaluilla



Kuva 6. Kuvassa 5 esitetyn pinnoitetun kovametallityökalun kulumisen sekä kulumispinnasta että poikkileikkaushieestä tarkasteltuna.

la nopeudella. Leikkaussuunnassa työkalun pinta pysyi hyvin sileänä, mutta leikkaussuuntaa vastaan kohtisuorassa suunnassa se urautui voimakkaasti. Kromikarbidipinnoite joko irtosi tai kului pois leikkaussärmästä, mutta kauempänä leikkaussärmästä kiin-

ni pysynyt pinnoite kului vähemmän kuin irronneen pinnoitteen alta paljastunut kovametalli ja kulumisen jopa kaivautui pinnoitteen alle (kuva 6).

Poikkileikkaushieissä ei havaittu min-käänlaisia merkkejä kuluneiden pintojen

muokkautumisesta eikä kulumispartikkelien muodostumiskuopista tai läsnäolosta havaittu mitään merkkejä. Kulumisen oli täysin tunteetonta kuluvien materiaalien ko- vuudelle ja pehmeämpi kromikarbidin kului wolframikarbidia vähemmän. Loppupäätelmä oli se, että kulumisen täytyy tapahtua hyvin pienen, ehkä jopa atomimittakaavan prosessina ja taustalla on ilmeisesti jokin kemiallinen mekanismi (todennäköisesti selitys on löydettävissä kuluvien materiaaliparien liukoisuudesta toisiinsa, toim. huom.).

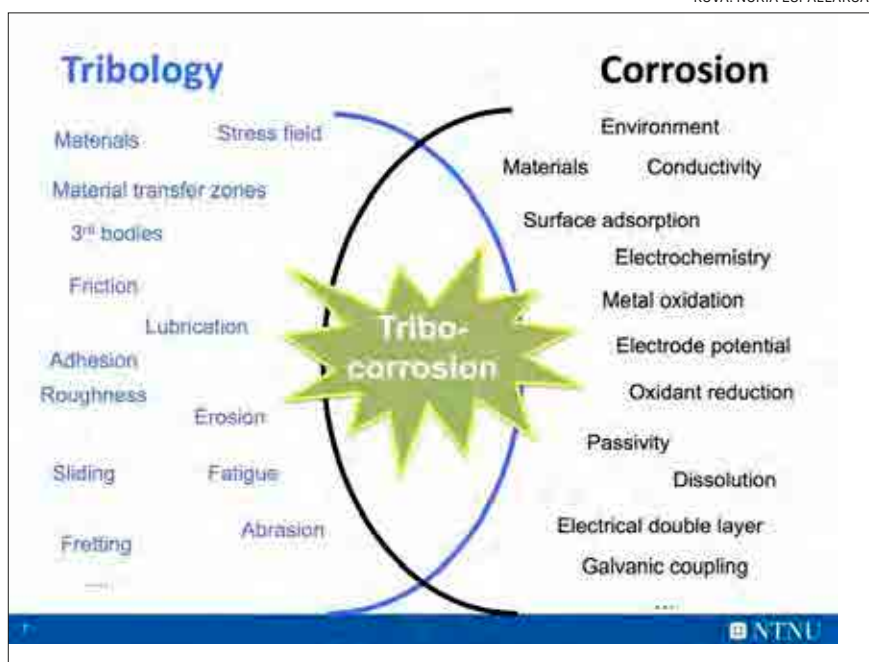
Johtopäätöksenä professori Jakobsson totesi, että ellei kulumisen mekanismeja tunneta ja ymmärretä, ei mahdollisuuksia parempien materiaalien ja konstruktioiden valintaan ja kehittämiseen kulumista vastaan tai järkevien kulumismallien laatimiseen ole olemassa. Pehmeämpikin materiaali voi aiheuttaa kovemman vastinpinnan abrasiivista kulumista, jos kulumistilanteessa muodostuu kovia partikkeleita esim. lujittumisen ja pintojen välisten materiaali siirtymien kautta. Siksi kuluneiden pintojen poikkileikkaushieiden tarkastelu on tärkeää mahdollisen plastisen muodonmuutoksen toteamiseksi. Kulumistilanteissa myös normaalisti hauraat keraamiset materiaalit voivat muokkautua plastisesti.

### Tribokorroosiosta ja sen estämisestä

Professori **Nuria Espallargas**, NTNU, Norway tarkasteli esityksessään kulumisen ja korroosion yhteisvaikutusta. Tribokorroosio syntyy pintaan kohdistuvan korrodoivan ja mekaanisen kuormituksen yhteisvaikutuksesta ja sen vaikutus tulee erityisen voimakkaana esille passivoituvien metallien kohdalla. Tribokorroosio on itse asiassa kulumismekanismi, joka yhdistää korroosion ja tribologian pahimmat puolet (kuva 7).

Aluksi Espallargas esitteli korroosion ja metallien passivoitumisen perusteet sekä synn siihen, miksi juuri passivoituvat metallit usein kärsivät voimakkaimmin tribokorroosiosta. Syynä on mekaanisen kuormituksen aiheuttama passivaatiokerroksen vahingoittuminen tai poistuminen pinnalta, jolloin alta paljastuva metalli altistuu mekaanisen kulumisen ja korroosion yhteisvaikutukselle. Korrodoivan ympäristön kuten meriveden läsnäolo prosessissa voi nostaa kulumisnopeuden moninkertaiseksi ”puhtaaseen” korroosioon tai kulumiseen verrattuna.

NTNU:ssa on kehitetty tribokorroosion tutkimuslaitteisto, jossa tutkittavaan pintaan voidaan kohdistaa samanaikaisesti mekaaninen kuormitus, sen liike pinnalla sekä korrodoiva ympäristö, jonka elektrodipotentialia voidaan muuttaa. Laitteiston avulla on tut-



Kuva 7. Tribokorroosion esiintyminen ja siihen vaikuttavat tekijät

kittu mm. nivelimplanteissa käytetyn CoCr-Mo-seoksen kulumisnopeuden riippuvuutta kudosnesteitä simuloivan korroosiosysteemin elektrodipotentialista.

Tulokset osoittavat selvän yhteyden kulumisnopeuden ja elektrodipotentialin välillä korroosipotentialia suuremmilla elektrodipotentialin arvoilla, joilla metalli passiivittuu ko olosuhteissa. Mitä paksummaksi passivaatiokerros muodostuu, sen nopeampaa on kuluminen. Vesipohjaisissa korroosioympäristöissä muodostuva kulumisnopeus riippuu elektrolyytin (esim. vesipohjainen voiteluaine) sähkönjohtavuudesta.

Yhtenä mahdollisuutena tribokorroosion estämiseen on metallin passivoitumiskäyttäytymisen muuttaminen. NTNU:ssa on tutkittu tribokorroosiota systeemissä, jossa edellä kuvattun CoCrMo-seoksen pintaan on muodostettu plasmantrauksen avulla krominitridejä ja typpiatoomeja sisältävä kerros. Kerros muuttaa metallin passivaatiokäyttäytymistä selvästi aktiivisempaan suuntaan ja se pienensi voimakkaasti passivaatioalueella esiintyvän tribokorroosion nopeutta.

Väsyttävän taivutuskuormituksen vaikutusta tribokorroosioon tutkittiin AISI 316L-teräksellä merivettä simuloivissa korroosio-olosuhteissa. Elektrodipotentialin ollessa katodisella alueella tribokorroosion nopeus pysyi matalana staattisesta taivutuksesta ja matalataajuuksisesta syklisestä kuormituksesta huolimatta. Korroosipotentialin kohdalla tribokorroosion nopeus oli muuten samaa luokkaa, mutta kasvoi staattisessa taivutuksessa ja suurimmalla

väsytystaajuudella lähes viisinkertaiseksi matalan kulumisen alueen arvoihin verrattuna. Passivoituvalla eli anodisella alueella tribokorroosion nopeus oli noin puolet edellä havaituista maksimiarvoista ja kasvoi lievästi väsyttävän kuormituksen taajuuden lisääntyessä ja staattisen kuormituksen vaikutuksesta. Nopeus oli verrannollinen muodostuneen passivaatiokerroksen paksuuteen.

Vesipohjaisiin voiteluaineisiin liittyvissä tutkimuksissa on voitu osoittaa, että lisäämällä voiteluaineeseen kitkaa pienentäviä lisäaineita voitiin sekä kitkakerrointa että tribokorroosion nopeutta merkittävästi pienentää. Korroosionopeus oli myös riippumaton taivuttavasta tai väsyttävästä kuormituksesta. Tällä hetkellä käynnissä on tutkimus, jossa tarkastellaan ns. ionisten nesteiden käyttöä vesipohjaisina voiteluaineina ja tribokorroosiota ehkäisevinä tekijöinä. Ainakin kahdella ionisella nesteellä saadut tulokset ovat lupaavia. Sekä kitkaa pienentävien lisäaineiden että ionisten nesteiden teho näyttää perustuvan siihen, että ne muodostavat kuluvalle pinnalle erityisen suojaavan kerroksen eli ns. tribofilmin.

### Mikä on PerForMat?

Webinaarin viimeisessä puheenvuorossa professori **Elina Huttunen-Saarivirta** esitteli lyhyesti PerForMat-verkoston. PerForMat on Suomen Akatemian ja verkoston toimijoiden vuosina 2021-2022 rahoittama yhteistyöverkosto. Sen toimijoina ovat VTT sekä Tampereen ja Oulun yliopistot. PerForMat:in tavoitteena on edistää korkeakoulujen ja

tutkimuslaitosten sekä liike-elämän keskinäistä verkostoitumista huippututkimuksen teollisen ja yhteiskunnallisen vaikuttavuuden lisäämiseksi. Verkostolla on teollisuuden edustajista koostuva Advisory board.

PerForMat:in tavoitteena on keskittyä neljään teollisuuden kanssa sovittuun tutkimusalueeseen, joita yhdistävinä tekijöinä ovat Suomen vientiteollisuuden kannalta tärkeät ultralujat teräkset ja kehittyneet ohutkalvot ja pinnoitteet. Tutkimusalueet ovat pinnoitettujen terästen fretting-kuluminen, vedyn ja teräksen vuorovaikutukset, kitka ja kestävät voiteluaineet sekä kestävästi tuotetut kulumista ja korroosiota estävät pinnoitteet.

PerForMat-verkoston tavoitteita toteutetaan datapankkipohjaisen lähestymistavan kautta. Kaikki kokeellisen tutkimuksen tulokset talletetaan avoimeen tietokantaan, jonka avulla pyritään mm. kiihdyttämään materiaalien käyttäytymistietojen ja käyttökokemusten takaisinkytkentää materiaalikehitykseen sekä nopeuttamaan tutkimustulosten käyttöönottoa teollisuudessa. Käytännön työkaluina ovat teollisuudelle suunnatut kyselyt, erilaiset seminaarit ja webinaarit, suora yhteydenpito sekä tutkimustulosten julkaisut.

Verkoston kotisivut ovat osoitteessa <https://projects.tuni.fi/performat/>. ▲

Seuraava PerForMat:in järjestämä seminaari/webinaari on to. 2.9.2021 klo 13:00-16:30. Aiheena ovat ruostumattomat teräkset ja pinnoitteet.





**PAIKALLINEN TOIMIJA  
VAHVASTI LAPISTA**

**WWW.TAPOJARVI.COM**

**KIERTOTALOUDEN  
EDELLÄKÄVIJÄ**



**TAPOJÄRVI**



Nordic  
Copper

Nordic  
Standard

Maailman  
parasta kuparia,  
tehty Porissa.

Aurubis Finland Oy  
Aurubis.fi  
Nordiccopper.com

**Aurubis**

**ADC**  
Arctic Drilling Company

## DIRECTIONAL CORE DRILLING

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

-  HIGH ACCURACY
-  COST-EFFECTIVE
-  ENERGY EFFICIENT

SEE THE KIO  
IN ACTION ON  
ADCLTD.FI



**Arctic Drilling Company Ltd.**  
Call us +358 40 511 2289 or  
visit [www.adcltd.fi](http://www.adcltd.fi)

WATER DENSITY  
UP TO 1100 kg/m<sup>3</sup>

WATER DENSITY  
UP TO 1400 kg/m<sup>3</sup>

WATER DENSITY  
UP TO 1700 kg/m<sup>3</sup>

DESIGN  
TOP  
DISCHARGE

DESIGN  
BOTTOM SIDE  
DISCHARGE

DESIGN  
BOTTOM SIDE + TOP  
DISCHARGE

SOLIDS  
HANDLING  
4-12 mm

SOLIDS  
HANDLING  
25-50 mm

SOLIDS  
HANDLING  
20-60 mm

## UUTUUS! Pumppu- laskuri

### Uutisia!

1. WEDA D70 on ensimmäinen laatuun ainutlaatuisella Wear Deflector -teknologialla. Innovatiivinen muotoilunsa ansiosta tämä pidentää pumppujen käyttöikää.
2. Uusi pumppulaskuri, joka auttaa sinua valitsemaan oikean oppopumpun. Kolmen vaiheen avulla saat helposti suosituksen oppopumpusta.

atlascopco.com

## UUTUUS!



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

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

Au  
Ag  
Zn  
Cu

**BOLIDEN**

Metals for modern life



# Materiaalien kestävyys koetuksella

PerforMat-verkoston webinaari: Suorituskyky vaativissa teollisuusolosuhteissa 2.9.2021

PerforMat-verkosto on Suomen Akatemian ja verkoston toimijoiden rahoittama hanke, johon osallistuvat VTT Teknologian tutkimuskeskus Oy, Tampereen yliopisto ja Oulun yliopisto. Verkoston tavoitteena on edistää korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten sekä liike-elämän keskinäistä verkostoitumista huippututkimuksen teollisen ja yhteiskunnallisen vaikuttavuuden lisäämiseksi. Verkoston yhdessä EIT Raw Materialsin CORTOOLS-projektin kanssa järjestämässä webinaarissa 2.9.2021 paneuduttiin ruostumattomien terästen ja termisesti ruiskutettujen pinnoitteiden kestävyysvaativissa teollisuusolosuhteissa ja valotettiin verkoston piirissä saatuja aihepiiriin viimeisimpiä tutkimustuloksia. Englanninkieliseen webinaariin osallistui 68 kuulijaa.

TEKSTI: TUOMO TIAINEN

**W**ebinaarin avaussanoissaan VTT:n tutkimusprofessori **Elina Huttunen-Saarivirta** kertoi, että webinaarin tavoitteena on verkoston piirissä saatujen viimeisimpien tutkimustulosten jakaminen. Tässä webinaarissa materiaalien kestävyttä tarkastellaan erityisesti korroosion ja myös kulumisen näkökulmasta.

## Ruostumattomat teräkset hydrometallurgisissa prosesseissa

Webinaarin ensimmäisessä esityksessä Elina Huttunen-Saarivirta tarkasteli ruostumattomien terästen kestävyttä metallien tuotannossa ja kiertotaloudessa käytetyissä hydrometallurgisissa prosesseissa. Olosuhteet prosesseissa ovat vaativat: ympäristö sisältää rikkihappoa ja klorideja, olosuhteet ovat tyypillisesti hapettavat ja lämpötilat lähellä prosessiliuosten kiehumispistettä. Esityksen pohjana olevassa CORTOOLS-projektissa ruostumattomien terästen kestävyttä on tarkasteltu lähinnä yleisen korroosion ja pistekorroosion näkökulmista.

Ruostumattomien terästen korroosion-kestävyyden taustalla on passiivituuminen eli ohuen, tiiviin ja pintaan lujasti tarttuvan oksidikerroksen muodostuminen metallin pinnalle. Se muodostaa pintaan eristävän ja korroosiovirran kulkua estävän kerroksen ja siten kineettisen esteen korroosiolle. Yleinen korroosio syntyy olosuhteissa, joissa passi-

vaatiokerros liukenee, ja pistekorroosiossa taas on kyse passivaatiokerroksen paikallisesta vaurioitumisesta, useimmiten liuoksessa olevien aggressiivisten ionien kuten kloridien ja fluoridien ansiosta. Passivaatiokerroksen muodostumista ja käyttäytymistä olosuhteiden muuttuessa voidaan tutkia termodynamiikan ja ns. potentiodynaamisten polarisaatiokäyrien mittausten avulla.

CORTOOLS-projektissa tutkittiin kahta austeniittista haponkestävää terästä EN 14432 (AISI 316L) ja EN14420 (AISI 316+) sekä ns. lean duplex (EN 14162, AISI LDX2101)-terästä. Tutkimusmenetelmänä oli potentiodynaamisten polarisaatiokäyrien mittausta ja olosuhdemuuttujina olivat vesiliuoksen rikkihappopitoisuus (1 wt% ja 10 wt% eli pH 0,1 ja 1,1), lämpötila (22, 50, 90 ja 130 °C) ja kloridipitoisuus (0, 500, 1 000, 2 000, 5 000 ja 10 000 mg/l).

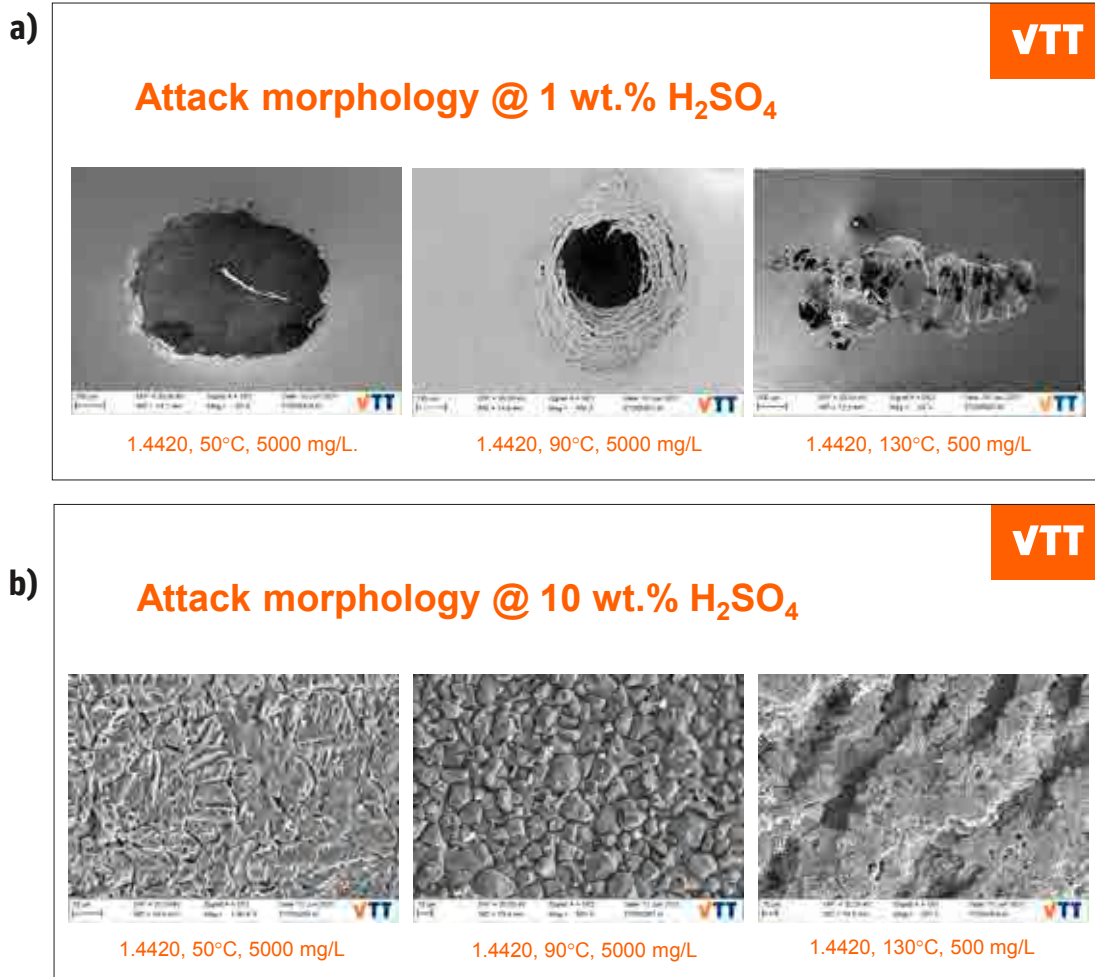
Polarisaatiomittausten tuloksista määritettiin korroosiotaipumusta kuvaavia suureita: lepopotentiaali (Open Circuit Potential OCP), pistekorroosio potentiaali (breakdown potential  $E_b$ ), korroosionopeus CR ja passiivialueen virrantiheys  $i_{pass}$ . Lisäksi tutkittiin korroosiotesteissä syöpyneiden näytteiden pintamorfologiaa.

Tuloksista voidaan havaita seuraavia trendejä: lepopotentiaali on austeniittisilla teräksillä tutkituissa olosuhteissa negatiivinen ja samalla tasolla liuoksen kloridi- ja rikkihappopitoisuudesta riippumatta. Myös lämpötila vaikuttaa vain jonkin verran näi-

den terästen lepopotentiaalın arvoon tutkituissa olosuhteissa, ja yleensä potentiaali laskee lämpötilan noustessa. Duplex-teräksen lepopotentiaalivärit ovat suhteessa korkeammat kuin austeniittisten lajien ja säilyvät positiivina myös lämpötilan noustessa lukuun ottamatta korkeinta lämpötilaa 130 °C, jossa kaikkien tutkittujen terästen lepopotentiaalit ovat samalla negatiivisella tasolla. Rikkihappopitoisuuden kasvu alentaa jonkin verran duplex-teräksen lepopotentiaalia matalammissa lämpötiloissa korkeinta kloridipitoisuutta lukuun ottamatta. Nämä tulokset ennustavat duplex-teräksen parempaa korroosion kestävyttä tutkituissa olosuhteissa 90 °C lämpötilaan asti.

Pistekorroosio potentiaalın  $E_b$  osalta voitiin todeta, että rikkihappopitoisuuden kasvu vaikutti vähän (positiivisesti) pistekorroosio potentiaalın arvoihin, jotka sen sijaan riippuivat voimakkaammin lämpötilasta ja kloridipitoisuudesta laskien niiden kasvussa. Matalimmat pistekorroosio potentiaalın arvot mitattiin korkeissa lämpötiloissa. Korroosionopeuden todettiin kasvavan rikkihappopitoisuuden ja lämpötilan mukana; myös kloridipitoisuuden kasvu lisäsi korroosionopeutta. Alhaisimmat korroosionopeudet saatiin duplex-teräksellä varsinkin matalammissa koelämpötiloissa.

Passiivialueen virrantiheys  $i_{pass}$  kasvoi lämpötilan ja rikkihappopitoisuuden sekä lievästi myös kloridipitoisuuden mukana. Pintamorfologian tutkimuksissa havaittiin



Kuva 1. Polarisaatiomittauksissa syöpyneiden AISI 316+(1.4420)-terästen pintamorfoologia eri lämpötiloissa: a) rikkihappopitoisuudella 1 %, b) rikkihappopitoisuudella 10 %.

selvästi lämpötilan voimakas vaikutus yleisen korroosion etenemiseen pinnoilla (kuva 1).

Johtopäätöksinä Elina Huttunen-Saarivirta totesi, että olosuhteilla on voimakas vaikutus korroosion esiintymismuotoon ja yleisen korroosion nopeuteen tutkituissa teräksissä. Korkeampi kromipitoisuus alentaa yleisen korroosion nopeutta ja duplex-teräksellä oli tutkituissa olosuhteissa parempi kestävyys austeniittisiin teräksiin verrattuna. Pistekorroosion kestävyyttä ennustavan PREN-indeksin arvo oli tutkituilla teräksillä suhteellisen matala, joten niissä esiintyi pistekorroosiota osassa tutkituista olosuhteista.

Rikkihapolla on kaksinainen vaikutus korroosio-olosuhteisiin; yhtäältä sulfaatti-ionit SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> toimivat korroosion estäjinä eli inhibiittoreina ja toisaalta H<sup>+</sup>-ionit vaikuttavat liuoksen happamuuteen. Tasapainokemia on siksi tärkeä korroosion hallitsemisessa. Tutkimuksen tuloksista voitiin määrittää kloridi- ja sulfaatti-ionien aktiviteettien suhteelle a(Cl<sup>-</sup>)/a(SO<sub>4</sub><sup>2+</sup>) kriittinen arvo, jonka alapuolella pistekorroosiota ei esiinny.

### Ruostumattomat teräkset ja biolikaantuminen

Senior Scientist **Pauliina Rajala** tarkasteli ruostumattomien terästen biolikaantumista (biofouling) esityksessään ”Passive layer characteristics, surface roughness and their effect of biological fouling of stainless steels”. Biolikaantumisella tarkoitetaan ei-toivottujen orgaanisten materiaalien ja eliöiden kertymistä materiaalien pinnoille. Se on erityisesti merivedessä toimivien laitteiden ongelma; toisaalta merivedessä joudutaan usein käyttämään ruostumattomia teräksiä riittävän korroosionkestävyyden saavuttamiseksi. Siksi nimenomaan ruostumattomien terästen tutkiminen tässä suhteessa on tärkeää.

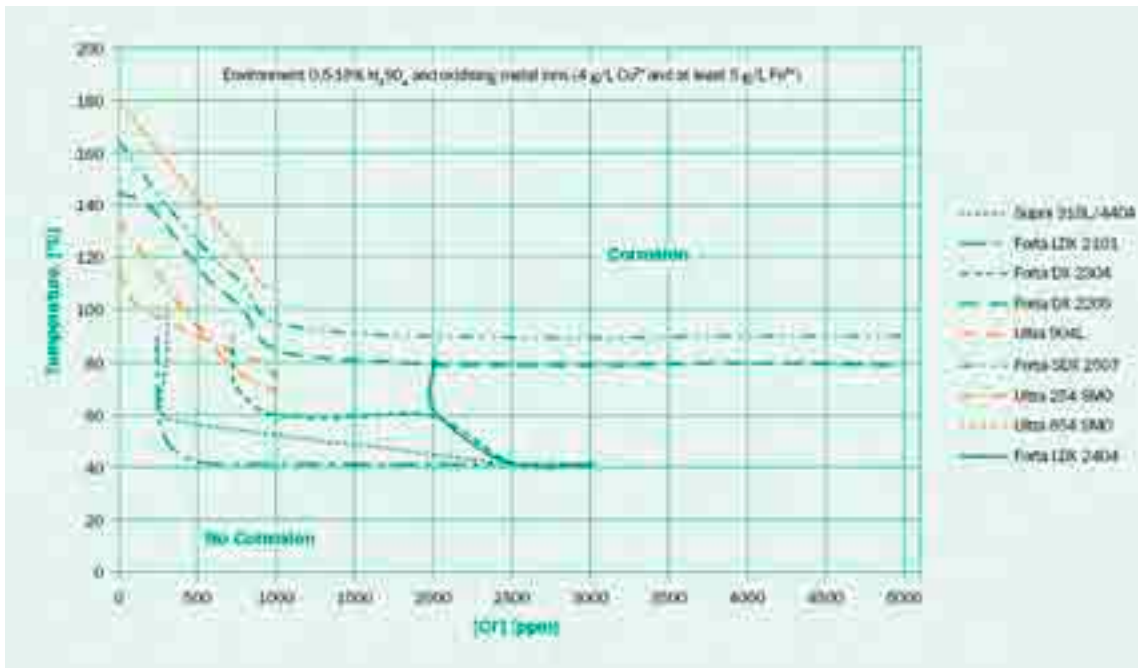
Pauliina Rajala tarkasteli ensin biofouling-ilmiön syntymisen vaiheita. Ilmiö alkaa yksittäisten molekyylien muodostaman kerroksen (ns. conditioning layer) muodostumisena ruostumattoman teräksen passiivikerroksen pinnalle. Tähän kerrokseen kiinnittyvät puolestaan erilaiset mikrobit, jotka muodostavat pinnalle ns. biofilmin.

Biofilmi on usein epähomogeeninen; sen paksuus ja koostumus vaihtelevat erilaisten mikrobin muodostaessa omia yhdyskuntiaan pinnalle. Näitä alkuvaiheita yhdessä kutsutaan microfouling- vaiheeksi.

Seuraavassa macrofouling-vaiheessa pintaan kiinnittyy ensin pienempiä eliöitä ja kasvillisuutta: toukkia, mikroskooppisia sieniä, leviä jne. Nämä taas vetävät puoleensa suurempia pintaan kiinnittyviä eliöitä kuten simpukoita. Myös pinnalla olevat sienet ja levät muodostavat kasvaessaan paksumpia kerroksia pinnalle. Syntynyt pintakerros on elävä organismi; se mm. tuottaa pinnalle erilaisia aineenvaihdunnan tuloksia, joilla voi olla vaikutusta ympäristön korrodoivuuteen.

Biofouling aiheuttaa esimerkiksi putkistojen tukkeutumista, lämmönvaihdinten tehon alenemista, laivojen liikevastuksen ja polttoaineen kulutuksen kasvua sekä mm. mikrobin aiheuttamaa paikallista korroosiota ja materiaalien sekä rakenteiden eliniän lyhenemistä. Paikallinen korroosio aiheutuu





Kuva 2. Korroosion esiintyminen Outokumpu Stainless Oy:n eri teräslajeissa lämpötilan ja kloridipitoisuuden funktiona kuvan ylälaidassa esitetyllä liuoskoostumuksella.

usein siitä, että kasvustojen alla olosuhteet kuten pH, hapen läsnäolo, kloridien ja liuenneiden metallien, metabolisten aineenvaihduntatuotteiden (kuten  $H_2S$ ) konsentraatiot jne. voivat muuttua ympäristöstä poikkeaviksi. Ilmiön torjunnan tulee keskittyä microfouling-vaiheeseen ja keinoina voidaan käyttää erilaisia torjunta-aineita, mikrobikasvustojen muodostumista estäviä pinnoitteita tai pintojen mekaanista puhdistusta.

VTT tutkii biofouling-ilmiota laboratoriotokokeiden, penkkimittakaavan kokeiden sekä täysimittaisen kenttäkokeiden ja mallintamisen avulla. Esimerkkinä Pauliina Rajala kertoi erilaisten vesijärjestelmien, mm. hydrometallurgisten prosessien tutkimukseen käytetystä penkkimittakaavan tutkimuslaitteistosta, jonka avulla voidaan seurata esimerkiksi korroosio- ja pistekorrosiopotentialin ja pistekorrosiopotentialin muuttumista biofilmin muodostumisen seurauksena.

Toisena esimerkkinä olivat kenttäkokeet jäähdytysvesilaitteistossa, jossa käytettiin hypokloriittia biofilmin muodostumisen torjunta-aineena. Torjunta-aineen käytön todettiin aiheuttavan muutoksia prosessijärjestelmien sähkökemiallisessa käyttäytymisessä ja korroosionopeuden kasvamista altistusajan kuluessa lisääntyvään tahtiin. Lopuksi Pauliina Rajala pohti pinnan karheuden sekä muiden pintaominaisuuksien kuten pinnan koostumuksen ja mahdollisen tekstuurin vaikutusta biofilmin muodostumiseen.

### Terästen tuottajan puheenvuoro

R&D Manager, Corrosion, Dr. **Lena Wegrelius**, Outokumpu Stainless AB, Ruotsi kertoi esityksessään ”Duplex stainless steel for demanding applications” ruostumattomien duplex-terästen eduista käyttäen esimerkkeinä hydrometallurgisia sekä puunjalostusteollisuuden prosesseja. Aluksi hän kertoi ruostumattomien terästen eduista, mm. kierrätettävyydestä mainiten, että viime vuonna 92,5 % Outokumpu Stainless AB:n tuottamista ruostumattomista teräksistä valmistettiin kierrätysraaka-aineesta.

Hän kävi läpi myös hyvän korroosionkestävyyden taustalla olevaa passivoitumisilmiötä ja passivaatiokerroksen ominaisuuksia todeten, että millimetrin paksuisen teräslevyn pinnalla oleva passivaatiokerros vastaa paksuudeltaan kymmenkerroksisen kerrostalon katolla olevaa postikorttia. Kerros on myös itsestään parantuva (self-healing) sen vaurioituaessa esim. mekaanisen vaikutuksen vuoksi.

Lena Wegrelius totesi, että ruostumattomissa duplex-teräksissä yhdistyvät kahden teräslajin, austeniittisten ja ferritiittisten parhaat puolet ja kävi läpi duplex-terästen yleiset ominaisuudet. Erityisesti hän mainitsi hyvän kestävyyden myös piste- ja rakokorroosiota sekä jännityskorroosiota sekä korroosioväsymistä vastaan, hyvät väsymisominaisuudet, eroosio- ja abraasiokulumisen kestävyyden, matalan lämpölaajenemisen, hyvän hitsattavuuden ja koneistettavuuden ja matalan nikkelipitoisuuden. Nykyään on saatavissa

myös hyvin muovattavia duplex-teräslajeja.

Duplex-terästen historia nykyisessä Outokumpu Stainless AB:ssä alkaa jo 1930-luvulta ja niiden käyttö on voimakkaasti lisääntynyt varsinkin vaativissa prosessiteollisuussovelluksissa. Nykypäivän lean duplex-teräkset Forta LDX 2101 ja Forta LDX 2404 muodostavat varteenotettavan vaihtoehdon korkeamman nikkelipitoisuuden austeniittisille AISI 304 ja AISI 316 -lajeille.

Esimerkkeinä Lena Wegrelius tarkasteli duplex-terästen käyttöä hydrometallurgisissa prosesseissa, joissa varsinkin liuotusvaiheen korroosio-olosuhteet voivat olla hyvin vaativia. Hapettavat olosuhteet pienentävät ruostumattomien terästen yleisen korroosion riskiä, mutta toisaalta korkeat kloridipitoisuudet korostavat paikallisten korroosiolajien riskiä. Testeissä on todettu, että yleistä korroosiota ei juurikaan esiinny ja korroosio etenee nopeasti paikallisten korroosioilmioiden välityksellä. Duplex-teräksissä voi määrättyissä olosuhteissa esiintyä ferritiittifaasin selektiivistä liukenemista. Outokumpu Stainless AB on laatinut laajoihin laboratorio- ja kenttäkoesarjoihin perustuvia korroosiodiagrammeja, jotka esittävät eri teräslajien korroosion etenemistä 30 päivän upotustestissä lämpötilan ja kloridipitoisuuden funktiona muiden olosuhteiden pysyessä vakiona (kuva 2).

Kemiallisen puunjalostusteollisuuden osalta Lena Wegrelius totesi, että kuumissa emäksisissä olosuhteissa (esim. simuloi-

dussa white liquor -ympäristössä) näyttävät korkea kromipitoisuus ja matala molybdeenipitoisuus antavan parhaista tuloksia. Perinteisen klooripohjaisen valkaisen olosuhteissa duplex-terästen käyttö on suositeltavaa. Austeniittiset ruostumattomat teräkset kärsivät happipohjaisen delignifikaation olosuhteissa jännityskorroosiosta, jota vastaan duplex-teräkset ovat parempia. Haihduttimissa on vähitellen siirrytty niukkaseosteisista teräslajeista ruostumattomiin ja lopulta duplex-teräksiin.

Yhteenvetona Lena Wegrelin totesi, että duplex-teräkset tarjoavat loistavan yhdistelmän lujuutta ja korroosionkestävyyttä. Niitä voidaan käyttää monissa sovelluksissa, joissa aikaisemmin on käytetty matalamman lujuuden austeniittisiä ruostumattomia teräksiä. Niiden avulla on mahdollista saavuttaa merkittäviä paino- ja kustannussäästöjä.

### Termiset ruiskutuspinnoitteet

Kahvitaun jälkeen siirryttiin käsittelemään webinaarin toista osaa eli termisen ruiskutuksen käyttöä teollisissa sovelluksissa. Tämän osa-alueen avasi Chief Engineer **Wolfgang Wietheger**, Institute of Surface Engineering, RWTH Aachen University esityksellä ”Thermal Spraying – from laboratory to industrial use”.

Esityksensä aluksi hän esitteli Institute of Surface Engineering- yksikön, jossa on 25 henkeä käsittävä akateeminen henkilöstö, 16 henkilöä teknisessä henkilökunnassa ja 33 hengen opiskelijahenkilöstö. Laitoksessa on kuusi tutkimusryhmää, joista kaksi työskentelee termisen ruiskutuksen parissa. Vuonna 2019 laitoksen hankkima ulkopuolinen rahoitus oli 3,6 M€ ja käynnissä oli 31 eri tutkimusprojektia.

Wolfgang Wietheger esitteli myös termisen ruiskutuksen pinnoitusmenetelmän: periaatteen, erilaiset variaatiot sekä laitoksen käytössä olevat ruiskutuslaitteistot. Hän esitteli kolme laitoksen tutkimusprojektia, joissa tavoitteena oli suurten komponenttien pinnoittaminen teollisissa mittakaavassa.

Ensimmäisen projektin tavoitteena oli kehittää WC-Co kovametallipinnoite, jonka karbidirakenne on hienojakoisempi ja tiiveys parempi kuin nykyisissä ratkaisuisissa, käyttäen uutta nanorakenteista pinnoituslisäainejauhetta. Riskinä perinteisillä menetelmillä ja -parametreilla pinnoitettaessa on wolframikarbidien köyhtyminen hiilestä, joka johtaa ei-toivottujen faasien muodostumiseen pinnoitteeseen.

Ratkaisua haettiin atmosfäärisestä suurnopeusliekkiruiskutuksesta (HVOF), jolle räätälöitiin uudelle lisäaineelle soveltuvat parametrit, mm. alhaisempi ruiskutuslämpötila, suurempi partikkelinopeus ja

pinnoitettavan kappaleen välijäähdytys tietyn pyyhkäisykertojen lukumäärän jälkeen. Tällä tavoin pinnoitteeseen saatiin suurempi kovuus, parempi tiiveys ja haluttu hienojakoisen karbidirakenne vailla haitallisia faaseja. Pinnoitteen parempi kulumiskestävyys tuo sille monia teollisia sovelluksia.

Toisessa esimerkissä tavoitteena oli korvata tuulivoimaloiden kuulalaakerityyppiset päälaakerit liukulaakereilla, joiden laakeripinnat valmistetaan termistä ruiskutusta käyttäen. Tällä pyritään laakerien kestoikäpidentämiseen, vaihdon helpottamiseen sekä kuulalaakereita parempiin vaimennusominaisuuksiin.

Pinnoituskokeissa tutkittiin useita eri materiaalityyppejä: perinteisiä liukulaakerimetalleja, kovia keraamipinnoitteita, metalli-polymeerikomposiitteja sekä metalli-keraamikomposiitteja valmistettuna eri ruiskutusmenetelmillä. Myös monikerros-pinnoitteita tutkittiin. Pinnoitteita testattiin ring-on-disc -tyyppisellä menetelmällä, jossa pystyttiin mittaamaan sekä pinnoitteen kulumisnopeutta että pintojen välistä kitkakerrointa.

Parhaat tulokset saavutettiin APS (Atmospheric Plasma Spraying) -menetelmällä valmistetulla Co25Cr+15%hBN komposiitpinnoitteella, jossa oli mukana 15 % heksagonaalista boorinitridiä. Kitkakerroin oli perinteisiin laakerimetalleihin verrattuna samalla tasolla ja kulumisnopeus merkittävästi pienempi; kulumista ei tällä materiaalilla havaittu lainkaan käytetyillä testiparametreilla. Tällä materiaalilla tehdyissä todellisen laakerin tilannetta simuloivissa penkkimittakaavan kokeissa ei laakeripinnoissa havaittu näkyviä vaurioita 8000 pysäytys-käynnistys-syklin jälkeen.

Kolmas esimerkki käsitteli suurten offshore-komponenttien kuten tuuliturbiinien korroosiosuojauksia termisillä ruiskutuspinnoitteilla. Projektin tavoitteena oli tutkia sopivia suojattavien pintojen esikäsittelymenetelmiä riittävän pinnankarheuden saavuttamiseksi ja kehittää ruiskutusmenetelmiä sekä korroosiosuojaukseen soveltuvia pinnoitemateriaaleja. Pinnoitteita testattiin 2 500 tunnin suolasumutestillä.

Esikäsittelyssä tutkittiin hiekkapuhallustyyppistä menetelmää erilaisilla partikkelimateriaaleilla ja mitattiin pinnoitteiden adheesiolujuutta. Pinnankarheusaste Sa 2,5 ja  $R_z > 50$  um todettiin riittäväksi vaaditun adheesiolujuuden saavuttamiseksi. Ruiskutusmenetelmissä tutkittiin erilaisten atomisointikaasujen vaikutusta kaariruiskutusprosessissa tapahtuvaan partikkelien hapettumiseen ja verrattiin toisiinsa manuaalista ja automatisoitua ruiskutusta. Lisäksi tutkittiin pinnoit-

teen tiivistysaineiden morfologian vaikutusta korroosionkestävyyteen. Pinnoitemateriaaleista automatisoidusti kaarilankaruiskutuksella valmistettu Zn15Al-pinnoite osoittautui suolasumutestissä parhaaksi.

### Suorituskykyä termisesti ruiskutetuilla pinnoitteilla

Tampereen yliopiston tutkija **Tommi Varis** tarkasteli termisesti ruiskutettujen pinnoitteiden ominaisuuksia ja suorituskykyä esityksessään ”Performance of Thermally Sprayed Coatings”. Hän totesi aluksi, että suorituskyky syntyy yhdistelmänä materiaalista, sen prosessoinnista, tuloksena syntyvästä mikrorakenteesta ja rakenteen tuottamista ominaisuuksista. Termisen ruiskutuspinnoituksen menetelmien moninaisuudesta johtuen samasta materiaalista on mahdollista tuottaa hyvin erilaisesti käyttäytyviä pinnoitteita.

Termisen ruiskutusprosessin kompleksisuudesta johtuen prosessin *in situ* -monitorointi on välttämätöntä hyvien pinnoiteominaisuuksien saavuttamiseksi; ”Spray and pray” -menetelmä ei enää riitä. Kattavan monitoroinnin tuloksista laadittujen prosessikarttojen avulla voidaan prosessi ja tuloksen suorituskyky linkittää toisiinsa ja löytää haluttuun tulokseen johtava prosessi sekä sen parametrit.

Eräs pinnoitteiden suorituskykyyn ja kestävyteen vaikuttava tekijä ovat pinnoitteeseen prosessissa muodostuvat sisäiset jännitykset. Niiden kehittymistä voidaan seurata ja suuruutta arvioida esimerkiksi mittaamalla levymäisen näytteen kaareutumista pinnoitusprosessin aikana. Tommi Varis kertoi ja näytti esimerkein, miten suuren ruiskutusnopeuden ja matalan lämpötilan prosesseilla saadaan pinnoitteeseen muodostumaan voimakkaampia puristusjännitystiljoja, joilla on edullinen vaikutus mm. komponentin väsymis- ja kavitaationkestävyyteen.

Pinnoitteen mikrorakenteella on merkittävä vaikutus sen suorituskykyyn. Mikrorakennetta voidaan kehittää ja optimoida erilaisiin rasitustyyppisiin soveltuvaksi digitaalisesti mallintamisen ja simuloinnin keinoin tai mikrorakenteen ja ominaisuuksien välisten yhteyksien mekanistisen ymmärtämisen kautta. Myös yrityksen ja erehdyksen kautta tapahtuvalla oppimisella on edelleen sijansa kehitystyössä.

Tampereen yliopiston ja VTT:n yhteisessä Thermal Spray Center Finlandissa on saavutettu positiivisia tuloksia atomisoiduista pulvereista valmistettujen kovien HVOF-pinnoitteiden kulumiskestävyuden parantamisessa, murtumiskestävien keraamien kehityksessä ja APS-ruiskutettujen  $Cr_2O_3$ - $TiO_2$ -pin-





kin tiedot materiaalin käyttäytymisestä komponenttivalmistuksessa olivat puutteellisia. Siten tässä tapauksessa titaani säilyi edelleen ensisijaisena materiaalina.

Yhteenvetona Mari Lindgren totesi, että teollisuudessa käytetään korkean suorituskyvyn materiaaliratkaisu kattaa koko valmistusketjun: spesifikaatiot, saatavuuden, komponenttivalmistuksen, laadunvarmistuksen ja takuut. Materiaaliratkaisun muuttaminen aiheuttaa aina kustannuksia ja arvioidun kustannushyödyn materiaalin vaihtamisesta tulee olla riittävän suuri, yleensä merkittävästi yli 10 %. Sekä materiaalin että sekundäärikomponenttien (pultit, hitsauslisäaineet, laipat jne.) saatavuuden tulee olla varmaa ja materiaalista tulee olla saatavilla riittävästi varmistettua tietoa.

Tämän datan tuottaminen ja julkaiseminen vie aikaa ja jotta siihen, että uuden materiaalin tai pinnoitteen varmistaminen teolliseen toimintaan soveltuvaksi on vuosia kestävä prosessi. Tästä huolimatta Mari Lindgren rohkaisi tutkijoita kehittämään uusia materiaaleja ja kartoittamaan niiden ominaisuuksia. Asiantuntemus on tässäkin valtaa.

### Uusia webinaareja tulossa

Päätössanoissaan Elina Huttunen-Saarivirta kiitti webinaarin esitelmöitsijöitä laadukkaista esityksistä ja yleisöä mielenkiinnosta aihepiiriä kohtaan. Hän kertoi, että PerforMat- verkosto järjestää vuoden 2021 loppupuolella uusia webinaareja ja kehotti seuraamaan yhteisön verkkosivuja osoitteessa <https://projects.tuni.fi/performat> ▲



## Avoin rahoitushaku innovaatio- ja koulutushankkeille

Rahoitettavien hankkeiden tulee tähdätä eurooppalaisen raaka-ainealan osaamisen ja teollisuuden kilpailukyvyyn parantamiseen.

Kaksivaiheisen haun ensimmäinen vaihe sulkeutuu 19.11.2021

Hyväksytyt hankkeet käynnistyvät kesäkuussa 2022



[eitr.eu/CallForProjects](https://eitr.eu/CallForProjects)



Co-funded by the European Union



Geofysiikan, geohydrologian ja kalliomekaniikan mittaukset ja palvelut

Malminetsintä

Kaivostoiminta

Kalliorakentaminen

Ympäristögeofysiikka

Geovisor Oy  
+358 40 539 9727  
[geovisor.fi](https://www.geovisor.fi)



## WIDE RANGE OF GEOSERVICES

Geotechnical and geological services from Palsatech, all from one place.

[www.palsatech.fi](https://www.palsatech.fi)



PALSATECH

+358 (0)40 5144 505  
[info@palsatech.fi](mailto:info@palsatech.fi)





Electrifying your mine also

improves the world beyond it.

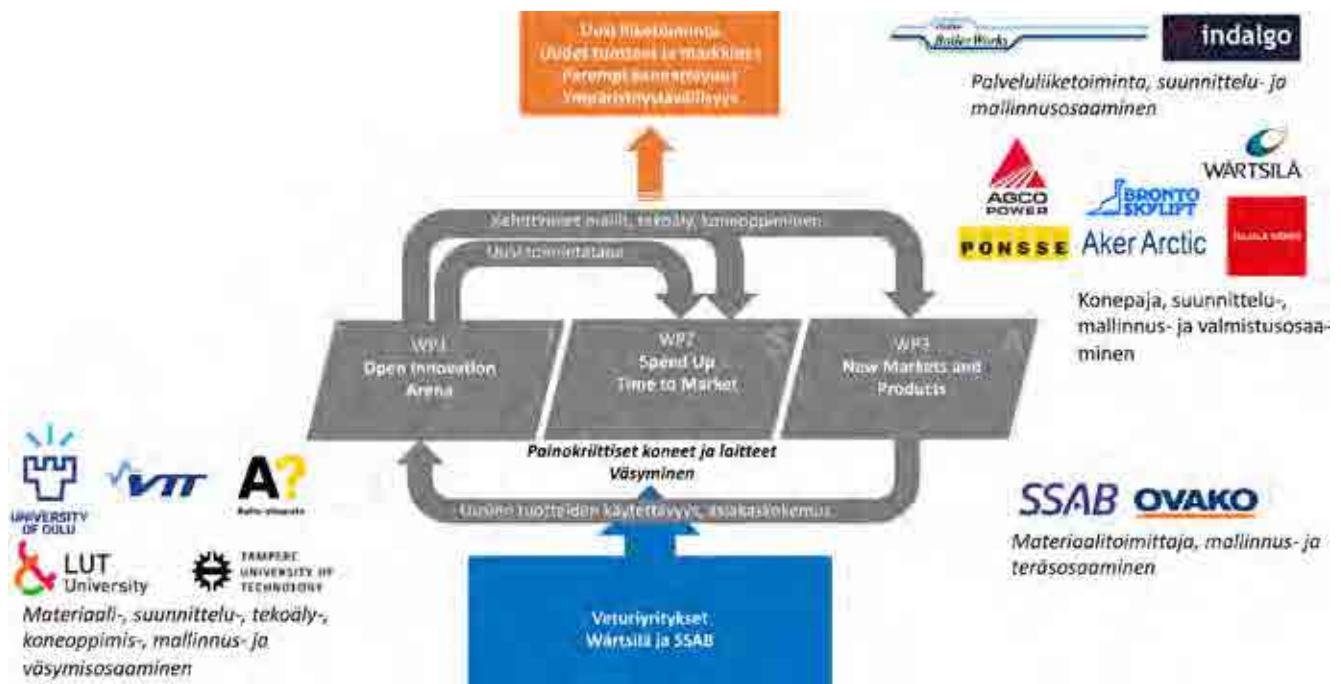
## ABB Ability™ eMine.

For your world, and mine.

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

**Luodaan kaivostoiminnan tulevaisuus. Yhdessä.**  
[new.abb.com/mining/emine](http://new.abb.com/mining/emine)





Kuva 1. ISA-projektin rakenne, osaamiset ja tavoitteet.

# Kehittyneiden erikoislujien terästen tutkimus- ja kehitystyö Oulun yliopistossa

TEKSTI: ANTTI KAIJALAINEN, RENATA LATYPOVA, HENRI TERVO, TIMO KAUPPI

Tässä artikkelissa esitellään loppuvaiheessa oleva kolmivuotinen Business Finlandin rahoittama hanke ”Intelligent Steel Applications” (ISA) ja sen keskeiset tulokset. Hankkeen rakenne, siinä mukana olevat yritykset ja tutkimuslaitokset on esitetty kuvassa 1. Hankkeessa on partnereina yrityksiä, joilla on jo nyt erittäin vahva oma erikoisosaaminen ja joista osa on toiminut pitkään kansainvälisillä markkinoilla. ISA on tarkasti fokuoitu hanke, jonka tutkimukselliset teemat liittyvät erikoislujien terästen väsymiseen, käyttöön vaativissa olosuhteissa sekä tekoälyn ja koneoppimisen hyödyntämiseen niin nykyisessä kuin uudessakin liiketoiminnassa tai markkinatilanteissa. Kestävä kehitys on tärkeässä roolissa ja partnerit näkevät sen oleellisena osana tulevaisuuden liiketoimintaa (kuvat 1 ja 2). Hankkeessa

mukana olevien yritysten kokemusta hyödynnetään seuraavilla tavoilla:

- pk-yritykset saavat yhteistyöstä uusimman osaamisen käyttöönsä jo projektin alussa (kuva 2)
- pk-yritykset saavat yhteistyöstä ja kokemuksen vaihdosta huomattavaa kilpailuetua kansainvälisille markkinoille
- tutkimustulokset ovat heti hyödynnettävissä ja tutkimuslaitoksista saadaan asiantuntija-apua toimiville yrityksille. Yhteistyö vahvistaa arvoketjua: tutkimuslaitokset → teräksenvalmistajat → konepajat → loppukäyttäjät.

Hanke on jaettu kolmeen työpakettiin (WP = Work Package): Open Innovation Arena (WP1), Speed Up Time to Market Process (WP2) ja New Markets and Products (WP3). Hankebudjetti on kokonaisuudessaan 17 miljoonaa euroa ja vahva yhteistyö

teollisuuden ja tutkimuslaitosten kanssa on avainasemassa.

Oulun yliopistossa Materiaali- ja kone-tekniikan tutkimusyksikössä ISA-hankkeen teräskemian tavoitteena on teräsosaamiseen sekä mallinnukseen ja simulointiin perustuvien menetelmien käyttöönotto siten, että se mahdollistaa uusien terästuotteiden ja koneiden ketterän kehittämisen kestäväällä tavalla. Perusajatuksena on nopeuttaa tuotekehitysprosessia, kehittää tuotteita, parantaa niiden suorituskykyä ja niihin liittyviä palveluita siten, että valmistus on ympäristöystävällistä ja ne vähentävät hiilidioksidipäästöjä. Päästöjen pienentäminen perustuu yksinkertaisesti lopputuotteen painon keventämiseen. Tämä aikaansaadaan erikoislujilla teräksillä, hyvällä suunnittelulla, kerralla valmis -periaatteen noudattamisella ja moderneja työkaluja hyödyntämällä. Näillä





Kuva 2. Projektin toimintaperiaate ja partnerien rooli strategianäkökulmasta.

toimenpiteillä tullaan saavuttamaan merkittävä CO<sub>2</sub> - päästöjen pieneneminen tuotteen elinkaaren aikana. Hankkeen kantava voima on veturiyritysten (SSAB ja Wärtsilä) teknologiaosaaminen, jota siirretään osaksi pk-yritysten tietotaitoa ja kasvutavoitteita. Oulun yliopiston Materiaali- ja konetekniikan tutkimusyksikö (MME) tukee hankkeessa tätä muutosta ja tuo hankkeeseen siinä tarvittavan teräsosaamisen. MME:n osuus on puolestaan jaettu kolmeen työpakettiin, joista terästudkimus keskittyy työpaketti nro 3:een (WP3) eli uusien markkinoiden ja terästen innovoimiseen yhteistyössä teollisuuden kanssa: WP1, Open Innovation Arena

- terästen käytettävyydata
- JuliaFem-ohjelman kehitys
  - työkalupakki teknisen osaamisen siirtoon veturiyrityksiltä pk-yrityksille
- WP2, Speed-up Time to Market Process
  - alusta materiaalimalleille
  - ilmiöpohjaisten materiaalimallien kehittäminen
- WP3, New Markets and Products
  - SSAB erikoislujat teräkset
    - erikoislujat teräkset vaativiin korroosioympäristöihin
    - erikoislujiin terästen käyttäytymisen erikoissovelluksissa
    - kehittyneet erikoislujat teräkset autoteollisuuden sovelluksissa
- Wärtsilä ja GBW -yhteistyö
  - väsymistestausympäristön rakentaminen
  - väsymisen teoria

- kehittyneet mallit
- Okavo-yhteistyö
  - kehittyneiden erikoislujiin terästen väsymiskestävyys

Jotta Suomessa valmistetuista uusista suojaus-, kulutus- ja rakenneteräksistä saataisiin kaikki hyöty irti lopputuotteiden ominaisuuksien optimoinnissa, ei pelkkien puolivalmisteiden (esim. levyt, rainat ja putket) ominaisuuksien tunteminen riitä kuin harvoissa tapauksissa. Tämän vuoksi suunnittelussa ja valmistuksessa tarvitaan tietoa materiaalin käyttäytymisestä konepajavalmistuksessa. Oleellista suunnittelutietoa on materiaalin valmistuksen jälkeinen prosessointi. Lopputuotteen ominaisuudet määräytyvät valmistuksessa käytetyistä prosesseista ja niiden parametreista. Näiden valmistusparametrien optimointiin konepajat tarvitsevat uutta tutkimustietoa. Tämän vuoksi tarvitaan teräksen perusmateriaalin datan lisäksi tietoa mm. mikrorakenteesta ja sulkeumapuhauksesta. Oulun yliopistossa terästudkimus keskittyy mikrorakenteiden karakterisointiin sekä mekaanisten ominaisuuksien tutkimiseen ja näiden tutkimustulosten avulla voidaan selvittää valmistusparametrien vaikutusta terästen käytettävyyteen.

Oulun yliopisto on julkaissut hankkeen aikana syntyneitä tutkimustuloksia useissa tieteellisissä artikkeleissa, kansainvälisissä konferensseissa ja pinnäytetöissä. Business Finlandin tutkimusrahoitus on mahdollistanut Oulussa väitöstyötutkimuksen tekemisen kahdeksalle tutkijalle, joista yksi on valmistu-

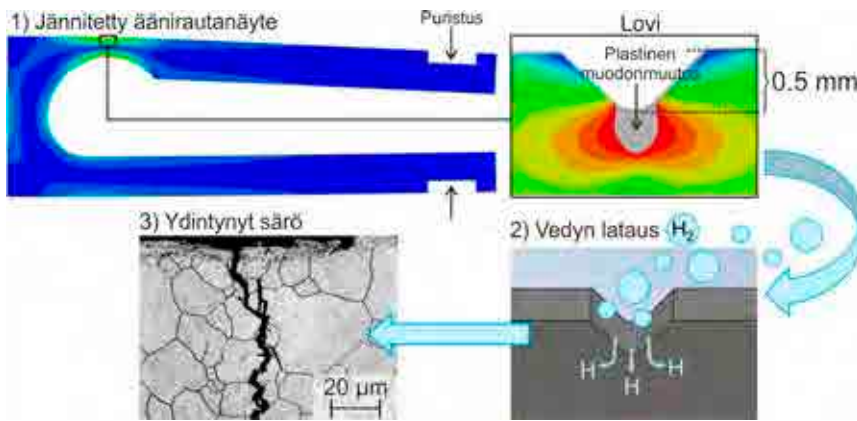
nut vuoden 2021 aikana ja kolme valmistuu vuoden 2022 aikana. Määrällisesti tieteellisiä artikkeleita on valmistunut 14 kpl tähän mennessä, tutkimustulosten analysointia tehdään edelleen ja myös tulosten hyödyntäminen on jo aloitettu, vaikka hanke päättyykin vasta vuoden 2022 lopussa. Seuraavissa kappaleissa on esitelty kahta ISA-hankkeeseen liittyvää tutkimusta: vetyhauraus lujissa teräksissä ja lujien offshore-terästen hitsattavuuden kehittäminen.

### Vetyhauraus lujissa teräksissä

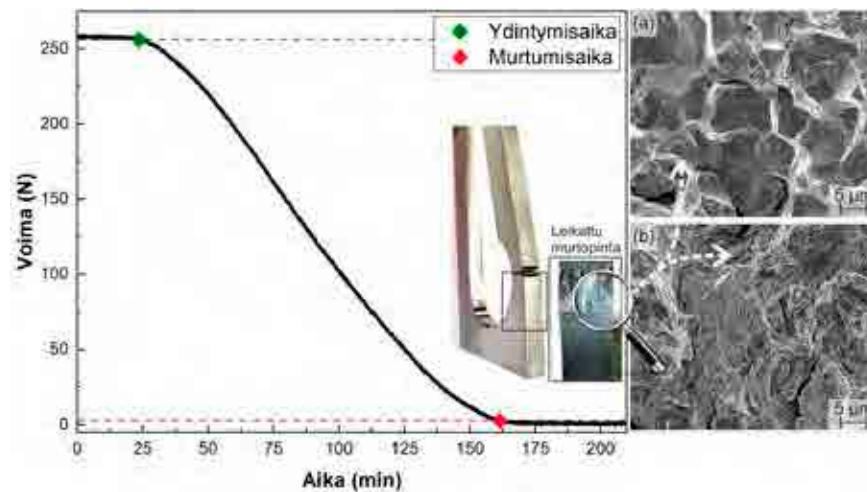
Teräksen vetyhauraus on monimutkainen ilmiö, missä vaurion syntymiseen tarvitaan kolme samanaikaisesti vaikuttavaa tekijää: vetyhauraudelle altis teräs, vetojännitystilä ja vetyä sisältävä ympäristö. Teräksen voi päästä vetyä jo valmistusvaiheessa, hitsauksen yhteydessä tai käyttöympäristöstä. Vety on välisija-atomi ja liikkuu teräksessä diffuusion avulla kerääntyen nk. vetyloukkuihin (engl. hydrogen trap). Atomaarinen vety liikkuu herkästi alueille, missä on vetojännitystilä. Kriittisen vetypitoisuuden ylittyessä syntyy riski rakenteen äkilliseen murtumiseen, joka voi pahimmillaan johtaa katastrofaalisiin vaurioihin. Vetyhauraus voi toimia myös osatekijänä muissa teräksen murtumista edistävissä ilmiöissä, kuten jännityskorroosiossa. Mitä korkeampia teräksen lujuus ja kovuus ovat, sitä alttiimpi se on vetyhauraudelle. Teräksen vetyhaurauskestävyyteen vaikuttavat monet tekijät kuten seostus, mikrorakenne, valmistusreitti, ympäristö ja jännitystilä. Toistaiseksi lujien terästen laajempaa käyttöä rajoittavat vetyhaurauteen liittyvät riskit, mistä syystä mikrorakenteen tutkiminen ja optimointi on erityisen tärkeää. [1,2]

Oulun yliopistossa on kehitetty uusi testimenetelmä vetyhaurauden tutkimiseen. Tämä "Tuning-fork test" ("äänirautakoe") perustuu tekniikkaan, jonka avulla yhdistetään vetojännitystilä ja vety-ympäristö. [3-5] Lovettujen äänirautanäytteiden jalkoja puristetaan yhteen puristimella, jossa on voima-anturi. Näin saadaan aikaan hallitusti vetojännitystilä loven pohjalle. Kiristyksen jälkeen näytteeseen ladataan sähkökemiallisesti vetyä. Jännityksen ja vedyn ansiosta loven pohjalle ydintyy särö, joka etenee näytteen läpi aiheuttaen murtuman. Periaatekuva äänirautanäytteestä ja testin vaiheista on esitetty kuvassa 3. Suurin jännitys syntyy punaiselle alueelle.

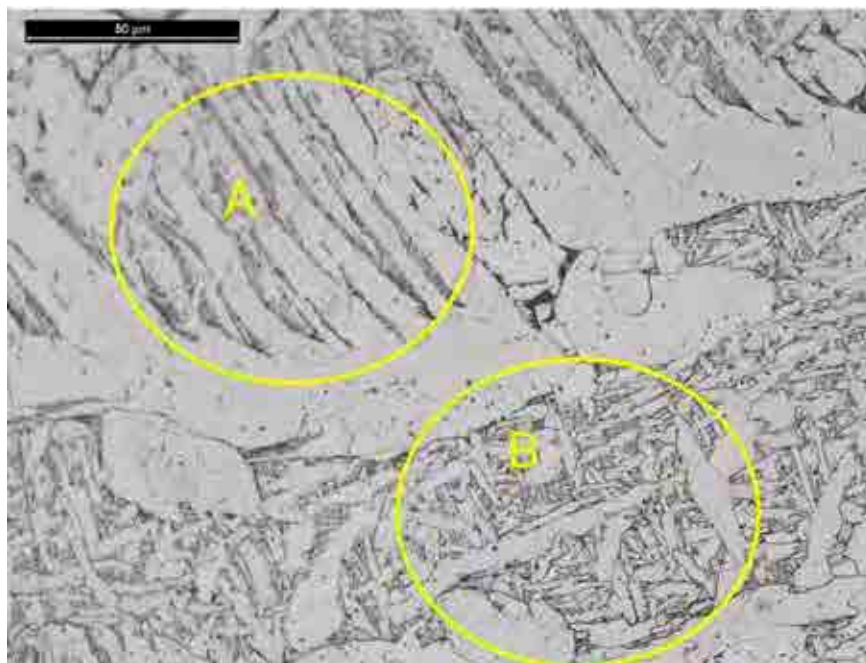
Särön etenemistä seurataan voima-anturin avulla. Anturin datasta voidaan määrittää särön ydintymis-, etenemis- ja murtumisaika sekä särön keskimääräinen etenemisnopeus.



Kuva 3. Äänirautakokeen vaiheet.



Kuva 4. Voima-anturidata ja murtuneen ääniraudan murtopinnat (a, b).



Kuva 5. Austeniitin hajaantuessa syntyvän ferriitin eri morfologioita hitsiaineessa A) Widmanstättien-ferriittiä ja B) asikulaarista ferriittiä.

Lopullisen murtumisen jälkeen murtopinnat analysoidaan makro- ja mikroskooppisesti murtumismekanismin selvittämiseksi. Kuvassa 4 nähdään esimerkki voima-anturin rekisteröimästä tiedosta ja kahdesta erilaisesta murtopinnasta, joissa näkyy raerajamurtuma (kuva 4a) sekä rakeiden läpi etenevä murtuma (kuva 4b). Menetelmää hyödyntäen voidaan tehdä myös keskeytettyjä kokeita, missä voima-arvoja seuraamalla koe keskeytetään heti, kun särö on ydintynyt. Tällä tavalla loven pohjalle saadaan tarkasti pieni särö, jonka ydintymis- ja etenemismekanismeja on mahdollista tutkia erilaisilla mikroskoopeilla, esim. valo-, laser- tai pyyhkäiselektronimikroskoopilla.

Lujien kulutusterästen mikrorakenteen vaikutusta, etenkin perinnäisen austeniitin (PAG) morfologian roolia vetyhaurausalttiudessa, on tutkittu äänirautakokeilla. Perinnäisen austeniitin raemuoto voi olla tasa-akiaalinen tai venynyt/pannukakkumainen riippuen teräksen valmistustavasta. Muodon lisäksi raekoko voi olla erilainen. Tulokset ovat osoittaneet, että tasa-akiaalinen raerakenne johtaa herkästi raerajamurtumaan ja venyessä raerakenteessa säröt etenevät rakeiden läpi, mikä viittaa parempaan vedynkestävyyteen.

[1] J. Venezuela, Q. Liu, M. Zhang, Q. Zhou, A. Atrens, A review of hydrogen embrittlement of martensitic advanced high-strength steels, *Corros. Rev.* 34 (2016) 153–186.

[2] Y. Momotani, A. Shibata, T. Yonemura, Y. Bai, N. Tsuji, Effect of initial dislocation density on hydrogen accumulation behavior in martensitic steel, *Scr. Mater.* 178 (2020) 318–323.

[3] R. Latypova, T. Kauppi, S. Mehtonen, H. Hänninen, D. Porter, J. Kömi, Novel stress corrosion testing method for high-strength steels, *Mater. Corros.* 70 (2019) 521–528.

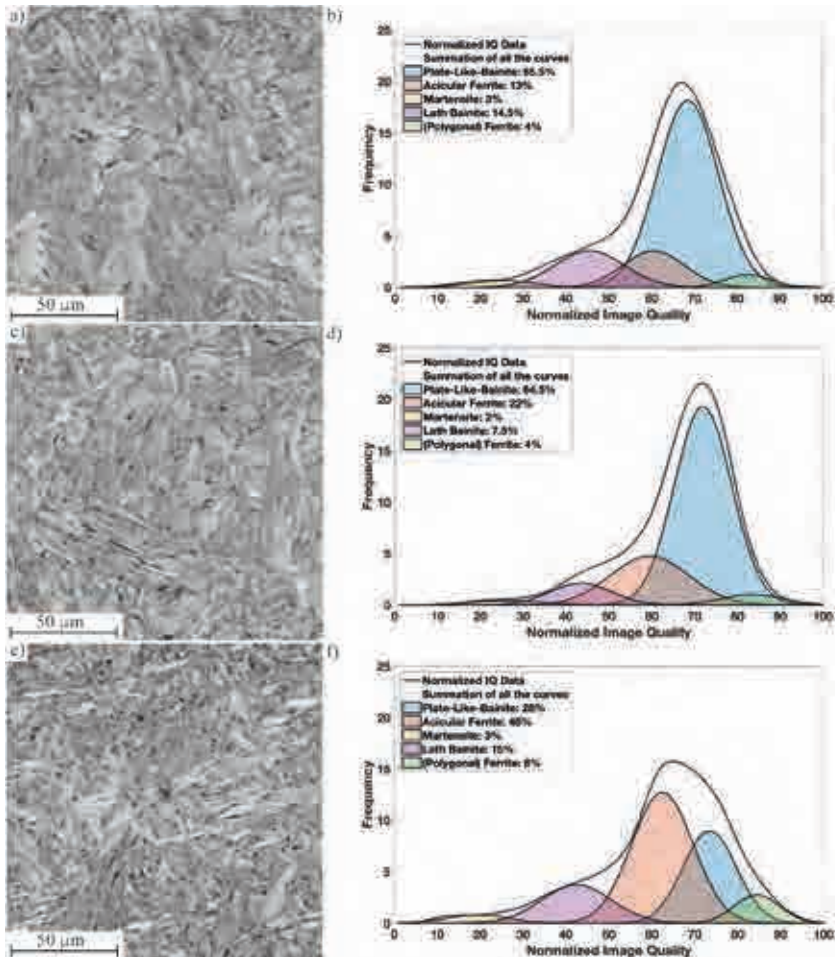
[4] R. Latypova, T.T. Nyo, T. Kauppi, S. Pallaspuuro, S. Mehtonen, H. Hänninen, J. Kömi, Hydrogen-induced stress corrosion cracking studied by the novel tuning-fork test method, *Mater. Corros.* 71 (2020) 1629–1636.

[5] R. Latypova, O. Seppälä, T.T. Nyo, T. Kauppi, S. Pallaspuuro, S. Mehtonen, H. Hänninen, J. Kömi, Hydrogen-induced cracking of 500 HBW steels studied using a novel tuning-fork test with integrated loadcell system, *Corrosion.* 76 (2020) 954–966.

### Lujien offshore-terästen hitsattavuuden kehittäminen

Öljynporauksen sekä muiden offshore-sovellusten yleistymisen pohjoisilla merialueilla lisää kysyntää teräksille, jotka täyttävät ankarissa olosuhteissa tämän teollisuussektorin





Kuva 6. EBSD-mikrorakennekuva ja IQ-faasisuusanalyysi CGHAZ:ssa jäähtymisajalla  $t_{8/5} = 64$  s Al-tiivistetyssä referenssiteräksessä (Ref) (a, b) sekä Ti-tiivistetyissä koeteräksissä Tihigh (c, d) ja Tilow (e, f).

standardien ja normien tiukat vaatimukset sekä teräksen perusaineessa että hitsauksessa syntyneessä muutosvyöhykkeessä (HAZ). Perusaineessa vaadittavat ominaisuudet saavutetaan termomekaanisesti kontrolloidulla kuumavaltausprosessilla (TMCP), jolla aikaansaatu hienorakeinen mikrorakenne takaa teräkselle erinomaiset lujuus- ja sitkeysominaisuudet. Sen sijaan hitsauksessa, perusaineeseen syntyvällä muutosvyöhykkeellä sularajan vieressä mikrorakenne muuttuu, koska lämpötila nousee niin korkeaksi, että teräs austenoituu ja mm. raekoko pääsee kasvamaan siinä yhteydessä. Tämän seurauksena erityisesti teräksen iskutuskeus laskee huomattavasti muun muassa niin kutsutussa karkearakeisessa muutosvyöhykkeessä (CGHAZ).

Austeniitin hajaantuessa muodostuvan ferriitin morfologia vaikuttaa teräksen ominaisuuksiin. Austeniittirakeiden sisälle syntyvä asikulaarinen ferriitti parantaa sitkeyttä,

sillä sen hieno ja epä säännöllinen rakenne (kuva 5) tarjoaa lukitusmekanismien estämään halkeamien etenemistä. Hitsiaineen mikrorakenteeseen halutaan saada asikulaarista ferriittiä juuri tästä syystä. Käytännössä austeniittisena jähmettyneessä hitsissä on sopivasti esim. oksidisia sulkeumia, jotka toimivat asikulaarisen ferriitin ydintymispaikkoina.

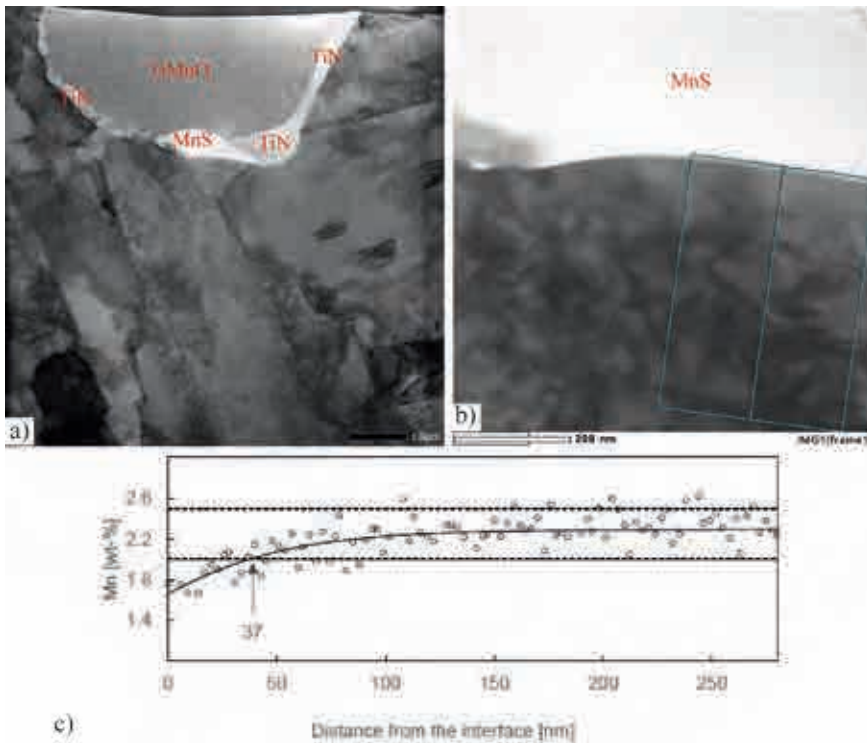
Asikulaarisen ferriitin muodostuminen muutosvyöhykkeeseen on monimutkaisempaa kuin hitsiaineeseen ja siihen vaikuttavat useat tekijät kuten teräksen koostumus, perinnäisen austeniitin raekoko (PAGS), jäähtymisnopeus hitsauksen jälkeen erityisesti välillä 800-500 °C ( $t_{8/5}$ ) sekä teräksessä olevien epämetallisten sulkeumien koostumus, määrä ja koko.

ISA-hankkeessa tehdyn väitöstyötutkimuksen tavoitteena oli selvittää eri tekijöiden vaikutusta asikulaarisen ferriitin muodostumiseen hitsiliitoksen muutosvyöhykkeessä

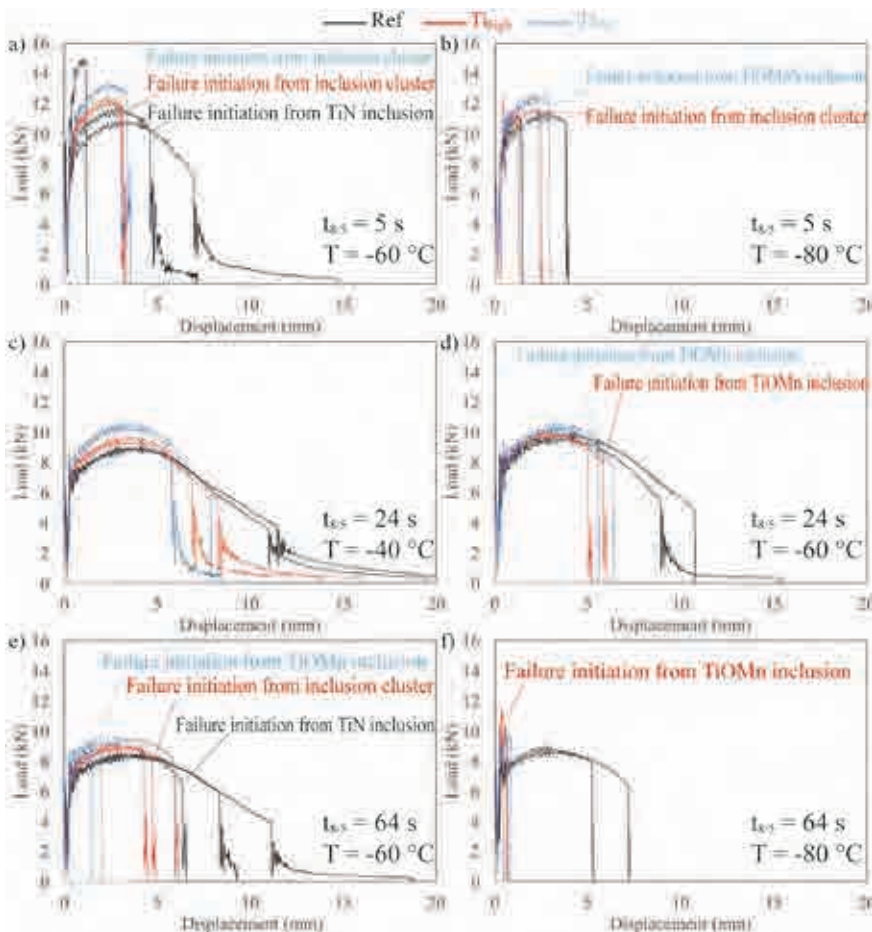
sekä sen ja muiden tekijöiden vaikutusta muutosvyöhykkeen iskutuskeyteen.

**Materiaalit ja tutkimusmenetelmät.** Väitöstyössä tutkittiin Ti-tiivistettyjä teräksiä, joiden hitsausta simuloitiin eri  $t_{8/5}$  jäähtymisnopeuksilla. Ti-tiivistyksen seurauksena mikrorakenteeseen muodostuu TiO- ja MnTiO-sulkeumia perinteisen Al-tiivistyksen tuottamien Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-sulkeumien sijaan. Asikulaarisen ferriitin tiedetään ydintyvän tietyn tyyppiin sulkeumiin, joista potentiaalisimpia ovat juuri TiO- ja MnTiO-sulkeumat. Koeteräksöt olivat laboratoriosulatuksia, joista yksi oli perinteinen Al-tiivistetty referenssiteräs ja kaksi muuta Ti-tiivistettyjä teräksiä. Terästen hitsauksessa syntyvää lämpösykliä simuloitiin Gleeble-laitteistolla, jolla pystyttiin varioimaan tarkasti  $t_{8/5}$  - aikaa. Simuloituista näytteistä karakterisoitiin mikrorakennetta sekä teräksessä olevia epämetallisia sulkeumia. Karakterisoinnissa käytettiin pyyhkäisyelektronimikroskopiaa (SEM) sekä siihen yhdistettyjä EDS- ja EBSD-lisäosia. EBSD:n keräämän tiedon analysoinnissa hyödynnettiin MATLAB-pohjaisia analyysiritiineja perinnäisen austeniitin raekoon sekä mikrorakenteen eri faasien osuuksien määrittämisessä. Sulkeumat luokiteltiin EDS:llä saadusta datasta niin ikään MATLAB-pohjaisen Terästutkimuskeskuksessa (CASR) kehitetyn sovelluksen avulla. Lisäksi tutkimuksessa käytettiin läpivalaisuelektronimikroskopiaa (TEM) ja termodynaamista ThermoCalc-ohjelmaa mangaanipitoisuuden muutoksen määrittämiseen ja mallintamiseen teräksessä MnTiO-sulkeumien ympärillä muutosvyöhykkeellä. Gleeblellä simuloitujen näytteiden iskutuskeus testattiin instrumentoidulla Charpy-V iskukokeella. Instrumentoitu testi antaa lisätietoa iskutuskeusenergian jakautumisesta murtumisen eri vaiheisiin perinteiseen standardin SFS-EN ISO 148-1 vaatimusten mukaiseen testiin verrattuna.

**Tulokset.** Asikulaarista ferriittiä (AF) saatiin muodostumaan simuloidulle karkearakeiselle muutosvyöhykkeelle (CGHAZ), kun perinnäisen austeniitin raekoko oli riittävän suuri ja kun sulkeumien koko ja koostumus olivat optimaalisia. Näin oli erityisesti toisessa Ti-tiivistetyssä koeteräksessä, jossa pääosa sulkeumista oli halkaisijaltaan alle 3 µm:n kokoisia ja koostumukseltaan tyyppiä MnO-TiO<sub>x</sub>-MnS(+TiN) tai MnO-TiO<sub>x</sub>(+TiN). Mahdollisesti TiN-partikkelien pienempi määrä kyseisessä teräksessä kasvatti myös perinnäisen austeniitin raekokoa, sillä TiN-erkaumien tiedetään rajoittavan austeniitin rakeenkasvua lämpösykliä aikana. Lisäksi asikulaarisen ferriitin osuuden to-



Kuva 7. TEM-kuva tyypillisestä sulkeumasta Ti-tiivistetyn koeteräksen Tilow CGHAZ:ssa jäähtymisajalla  $t_{8/5} = 24$  s (a). Lähikuva alueesta, josta Mn-pitoisuus mitattiin (b). Mitattu Mn-pitoisuus sekä katkoviivoilla rajattu alue, joka kuvaa mitattujen pisteiden keskiarvon keskihajontaa > 200 nm sulkeuman ja matriisin rajapinnasta (c).



dettiin kasvavan jäähtymisnopeuden hidastuessa siten, että suurimmalla  $t_{8/5}$ -ajalla 64 s (eli hitaimmalla jäähtymisnopeudella) sen osuus muilta osin optimaalisimmalla koeteräksellä oli 46% (kuva 6).

Mangaanipitoisuuden todettiin pienevän teräsmatriisissa  $\text{MnO-TiO}_x(+\text{MnS})$ -tyyppisen sulkeuman välittömässä läheisyydessä. Tämä puolestaan nosti paikallisesti ferriitin muodostumislämpötilaa, mikä edesauttaa asikulaarisen ferriitin ydintymistä sulkeumiin tavallisemman ydintymiskohdan eli raerajan sijaan. Tämä ilmiö varmistettiin TEM:llä ja simuloitiin onnistuneesti myös ThermoCalc-ohjelmalla (kuva 7).

Iskusitkeyden testauksessa koettiin yllätys, sillä oletuksena oli se, että asikulaarisen ferriitin suurempi osuus mikrorakenteessa parantaa iskusitkeyttä. Tulokset kuitenkin osoittivat, että paras iskusitkeys kaikissa testauslämpötiloissa ( $-40$  °C,  $-60$  °C ja  $-80$  °C) ja kaikilla  $t_{8/5}$ -jäähtymisajoilla (5 s, 24 s ja 64 s) saavutettiin Al-tiivistetyssä referenssimateriaalissa, josta ei löydetty joko lainkaan tai ainakaan merkittäviä määriä asikulaarista ferriittiä (kuva 8).

Testitulosten näytettyä tältä oli tietysti tärkeää tutkia syitä tähän ilmiöön eli miksi asikulaarinen ferriitti ei parantanutkaan iskusitkeyttä. Jo aiemmin tutkittujen mikrorakenteiden ja sulkeumien lisäksi keskityttiin tutkimaan myös koeterästen erkaumarakennetta, jäännösausteniittipitoisuutta sekä kovuutta, joka korreloi tyypillisesti lujuuden kanssa. Teräksen lujuuden nousulla tiedetään yleisesti olevan sitkeyttä heikentävä vaikutus. Lopputulemana päädyttiin siihen, että useat tekijät Ti-tiivistetyissä koeteräksissä heikensivät iskusitkeyttä Al-tiivistettyyn koeteräksen verrattuna enemmän kuin korkeampi AF-pitoisuus nosti sitä. Tällaisia tekijöitä olivat muuan muassa suuri perinnäisen austeniitin raekoko, suurempi määrä sitkeydelle haitallisia suuria sulkeumia, suurempi jäännösausteniittipitoisuus sekä marginaalisesti korkeampi kovuus/lujuus. Lisäksi on mah-

Kuva 8. Instrumentoidulla CVN-testillä saadut kuormitus-siirtymäkäyrät simuloiduista CGHAZ:ista jäähtymisajalla  $t_{8/5} = 5$  s testattuna  $-60$  °C:ssa (a) ja  $-80$  °C:ssa (b);  $t_{8/5} = 24$  s  $-40$  °C:ssa (c) ja  $-60$  °C:ssa (d);  $t_{8/5} = 64$  s  $-60$  °C:ssa (e) ja  $-80$  °C:ssa (f).



dollista tai jopa todennäköistä, että tässä tutkimuksessa saavutettu korkeintaan AF-pitoisuus mikrorakenteessa ei ole riittävä nostamaan iskusitkeyttä. Muutosvyöhykkeessä olleen asikulaarisen ferriitin morfologia ei myöskään välttämättä ollut optimaalinen iskusitkeyden kannalta, sillä AF-säleet jäivät suhteellisen lyhyiksi ja leveiksi.

#### Lähteet:

- H. Tervo, A. Kaijalainen, V. Javaheri, S. Kolli, T. Alatarvas, S. Anttila, J. Kömi, Characterization of coarse-grained heat-affected zones in Al- and Ti-deoxidized offshore steels, *Metals (Basel)*, 2020, 10, 1096, doi:10.3390/met10081096.
- H. Tervo, A. Kaijalainen, V. Javaheri, M. Ali, T. Alatarvas, M. Mehtonen, S. Anttila, J. Kömi, Comparison of impact toughness in simulated coarse-grained heat-affected zone of Al- and Ti-deoxidized offshore steels, to be published (2021).

#### KIRJOITTAJIEN CV:t



Antti Kaijalainen työskentelee Oulun yliopistossa Materiaali- ja konetekniikan yksikössä UHSS Usability -tiimin vetäjänä. Vuonna 2016 valmistuneessa väitöstyössä aiheena oli ”Suorasammutettujen suurlujuusterästen mikrorakenteen vaikutus mekaanisiin ominaisuuksiin ja särmättävyyteen”. Hän on ollut kirjoittajana 80:ssä lujien rakenneterästen mikrorakenteeseen ja muokkaukseen liittyvässä kansainvälisessä tieteellisessä artikkelissa. Tällä hetkellä mielenkiinnon kohteena on terästutkimuksen kehittäminen ja entistä lujempien terästen käytettävyys painonsäästöä edellyttävissä kohteissa.



Henri Tervo työskentelee tutkijana Oulun yliopiston Materiaali- ja konetekniikan yksikössä UHSS Usability -tiimissä. Vuonna 2014 valmistunut diplomityö käsiteli sulkeumien vaikutusta ultralujien terästen mekaanisiin ominaisuuksiin. Nykyinen väitöstutkimus liittyy pääasiassa edelleen sulkeumien vaikutukseen ultralujissa teräksissä sekä lisäksi lujien offshore-terästen hitsattavuuteen. Tutkimuksen tuloksia on julkaistu kansainvälisissä vertaisarvioituissa tieteellisissä artikkeleissa sekä konferensseissa. Väitöstyö aiheesta valmistuu vuonna 2022.



Renata Latypova on tohtorikoulutettavana Oulun yliopiston Materiaali- ja konetekniikan yksikössä, UHSS Usability -tiimissä. Hän valmistui diplomi-insinööriksi vuonna 2018 ja aloitti väitöstyön heti valmistumisen jälkeen. Diplomityön aiheena oli uuden ”Tuning-fork test” menetelmän kehitys ja työn tulokset julkaistiin nippuväitöskirjan ensimmäisessä artikkelissa. Testimenetelmän kehitys on jatkunut väitöstutkimuksessa, jonka lisäksi aiheena on lujien terästen perinnäisen austeniitin morfologian vaikutus vedynkestävyyteen. Väitöstyö valmistuu vuonna 2022.

# BRENTAG

## Kaivosteollisuuden raaka-aineet



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
- Yleisesti kokooja-, kerääjä-, painaja-, vaahdotus-, aktiivointi- ja pH-säätökemikaalit rikastukseen
- Prosessivesien käsittelykemikaalit

## PALVELUT

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

## YHTEYSTIEDOT

Brenntag Nordic Oy  
Mikko Kähäri  
Puhelin 040 708 7006  
[mikko.kahari@brenntag-nordic.com](mailto:mikko.kahari@brenntag-nordic.com)  
<http://www.brenntag-nordic.com/fi/>



# element

request@element.global

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



Säästä jopa  
**30%**  
laitteiden  
ylläpidosta

Takaamme  
OEM -osien  
kaltaisen  
käyttöiän



[www.element.global](http://www.element.global)



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



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



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



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



# Datavetoisia menetelmiä raakaraudan rikinpoiston mallinnukseen

VILLE-VALTTERI VISURI, TERO VUOLIO, TIMO FABRITIUS  
PROSESSIMETALLURGIAN TUTKIMUSYKSIKKÖ, OULUN YLIOPISTO

**R**ikki on keskeisimpiä raakaraudan liuenneita epäpuhtauksia. Se parantaa pieninä määrinä teräksen koneistettavuutta, mutta aiheuttaa suurempina määrinä haurautta ja heikentää teräksen hitsattavuutta. Malmipohjaisessa teräksenvalmistuksessa rikki poistetaan pääasiallisesti raakaraudan rikinpoistossa, mutta erityisen alhaisia rikkipitoisuuksia tavoiteltaessa voidaan käyttää myös tankkivakuumia. Terästen laatuvaatimusten kasvaessa rikkipitoisuuden hallinnasta on tullut tärkeä tutkimusteema. Viime vuosina Oulun yliopiston Prosessimetallurgian tutkimusyksikössä onkin tutkittu useita eri menetelmiä raakaraudan rikinpoiston ennustettavuuden parantamiseksi ja hajonnan vähentämiseksi.

Tero Vuolion väitöstyön [1] tavoitteena oli tunnistaa matemaattisen mallinnuksen avulla raakaraudan rikinpoiston tehokkuuden kannalta merkityksellisiä ilmiöitä ja tekijöitä, joita tarvitaan online-käyttöön soveltuvien matemaattisten mallien luomiseen. Työn tarkempina tavoitteena oli tarkastella systemaattisia tapoja selittää prosessin loppurikkipitoisuuden vaihtelua, mutta myös ennustaa loppupitoisuutta luotettavasti saatavilla olevan aineiston perusteella. Erityisenä mielenkiinnon kohteena oli prosessin ennustamiseen käytettävien muuttujien ja mallirakenteiden valinnan automatisointi.

Väitöstyön ensimmäisessä osassa [3] luotiin parametrisoitu malli raakaraudan rikinpoiston loppurikkipitoisuuden ennustamiseen käyttäen SSAB Euroopelta kerättyä kokeellista aineistoa. Olettamalla rikinpoiston mukailevan ensimmäisen kertaluvun kinetiikkaa kehitettiin malli, jonka sisältämät painokertoimet optimoitiin erilaisilla numeerisilla menetelmillä. Erityisen hyviin tuloksiin päästiin käyttämällä evolutiiviseen periaatteeseen perustuvaa geneettistä algoritmia. Työssä tutkittiin myös seikkaperäisesti mahdollisuuksia käyttää koneoppimista mallin ennustemuuttujien ja mallin rakenteen valintaan [1,4,5]. Raakaraudan rikinpoiston ennustamista koskevaan muuttujavalintaan

demonstroitiin mallinnustapaa, jossa monimuuttujaregressiomallin ennustemuuttujien valintaan käytettiin geneettistä algoritmia [4]. Työn seuraavassa vaiheessa tarkasteltiin laajaa sekundaärikin poistoa koskevaa aineistoa, jonka myötä mallin rakenteeksi valittiin neuroverkkomalli [5]. Neuroverkon ennustemuuttujien valinta suoritettiin kolmannen osajulkaisun tapaan geneettistä algoritmia hyödyntäen. Muuttujavalinnassa prosessia vain heikosti selittävien ennustemuuttujien määrää voitiin supistaa tehokkaasti käyttämällä ristiinvalidointitekniikkaa, jossa mallin hyvyttä arvioitiin useita kertoja käyttämällä eri aineistoa kuin sen opettamiseen.

Itse rikinpoistotapahtuman ohella yhtenä raakaraudan rikinpoiston tehokkuuteen vaikuttavana tekijänä tutkittiin laboratoriomittakaavassa mahdollisuutta metallisulan uudelleenrikittymiseen raakaraudan rikinpoiston päätyttyä [6]. Uudelleenrikittymisen havaittiin olevan verrattain hidras, mutta rikinpoistoprosessin hajontaa mahdollisesti lisäävä mekanismi. Työn puitteissa tehtiin myös kattava kirjallisuusselvitys raakaraudan rikinpoistoon aiemmin kehitetyistä reaktio- ja virtausmalleista [2]. Kuonan merkitys tämän ilmiön säätelyssä havaittiin keskeiseksi.

Väitöstyön tulokset osoittivat, että reagenssin ominaisuuksilla kuten partikkelikokojakaumalla sekä kaasua injektiovien lisäaineiden määrällä on merkittävä vaikutus rikkipitoisuuden vaihteluun erityisesti partikkelien ja rautasulan välillä tapahtuvan reaktion nopeuden näkökulmasta. Yleisesti mallien suorituskykyä voidaan parantaa, kun partikkelikokojakauman vaihtelu tunnetaan, tai sen voidaan otaksua olevan vakio. Malliparametrien optimointia helpottavat fyysiset reunaehdot ja prosessituntemus. Automaattisten mallien valintatekniikoiden käyttäminen voi auttaa mallintajaa tarkoituksenmukaisen mallin valinnassa, mutta asiantuntijatiedon merkitystä mallinnuksessa ei voi kuitenkaan korostaa liikaa. ▲

*Tero Vuolion väitöstilaisuus pidettiin etäväitöksenä 29.1.2021. Vastaväittäjänä toimi dosentti Mikko Helle Åbo Akademiilta.*

KUVA: KAISA HEIKKINEN.



Kuva 1. Tero Vuolio pitämässä lectio precursoriaa 29.1.2021

## Lähteet

- [1] Vuolio, T.; Model-based identification and analysis of hot metal desulphurisation. Doctoral thesis, University of Oulu, 2021.
- [2] Vuolio, T.; Visuri, V.-V.; Tuomikoski, S.; Paananen, T.; Fabritius, T.: Data-Driven Mathematical Modeling of the Effect of Particle Size Distribution on the Transitory Reaction Kinetics of Hot Metal Desulfurization; Metall. Mater. Trans. B 49 (2018), P. 2692.
- [3] Vuolio, T.; Visuri, V.-V.; Sorsa, A.; Paananen, T.; Fabritius, T.: Genetic Algorithm-Based Variable Selection in Prediction of Hot Metal Desulfurization Kinetics; Steel Res. Int. 90 (2019), P. 1900090.
- [4] Vuolio, T.; Visuri, V.-V.; Sorsa, A.; Ollila, S.; Fabritius, T.: Application of a genetic algorithm based model selection algorithm for identification of carbide-based hot metal desulfurization; Appl. Soft Comput. 92 (2020), P. 106330.
- [5] Vuolio, T.; Visuri, V.-V.; Paananen, T.; Fabritius, T.: Identification of Rate, Extent, and Mechanisms of Hot Metal Resulfurization with CaO-SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O Slag Systems; Metall. Mater. Trans. B 50 (2019), P. 1791.
- [6] Visuri, V.-V.; Vuolio, T.; Haas, T.; Fabritius, T.: A Review of Modeling Hot Metal Desulfurization; Steel Res. Int. 91 (2020), P. 1900454.

www.nornickel.fi

## ME OLEMME MAAILMAN- LUOKAN ASIAANTUNTIJOITA NIKKELIJALOSTUKSESSA



**NORNICKEL**  
HARJAVALTA



## Recognized pioneer in eco-friendly exploration & drilling

Safe Discovery Award –  
Innovation  
granted by Anglo  
American Plc.

ISO 14001 Environmental  
Management System  
since 2004

Environmental Contribution  
of the year 2013  
Awarded by Euro Mining  
Jury, Finland.

Patented water  
recirculation system

**Oy Kati Ab Kalajoki**

Sievintie 286 | 85160 Rautio | Finland  
www.oykatiab.com



## Welcome to the Port of Kokkola

www.portofkokkola.fi



**PORT OF  
KOKKOLA**

## AMMATTITAITOISET KENTTÄPALVELUT NOPEASTI JA LUOTETTAVASTI



**Orica Finland Oy**

Jussilankatu 6  
15680 Lahti

Puhelin: 010 3212 550

Sähköposti: finland@orica.com



**orica.com**



# Kesäretkellä Pirunpesälle

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

**L**ähdimme maakuntamatkalle ja yhdeksi kohteeksi valikoitui Jalasjärvellä (nykyisin Kurikka) sijaitseva Pirunpesä. Hauskinta perinteisillä maakuntamatkoilla on se, että ennakkoon ei ole tullut selvitettyksi liian tarkkaan matkan kohteita, joten positiivisiakin yllätyksiä pääsee tapahtumaan. Tällä kertaa tällaiseen suoritukseen ylsi Pirunpesä.

Pirunpesä on preglasiaalinen rapaumaonkalo. Halkaisijaltaan onkalo on 14 metriä leveä ja 23 metriä syvä. 1990-luvun loppupuolella Pirunpesä päätettiin tyhjentää. Linkistä Pirunpesä - preglasiaalinen rapaumaonkalo Jalasjärvellä — Jalasjärven luontoyhdistys Lurahurikka ry. (sll.fi) voit lukea lisää alueen ja Pirunpesän geologiasta.

Retkipäivä oli keliltään kaunis kesäpäivä. Yöllä vain oli satanut, joka aiheutti lisäjännitystä onkaloon laskeutumiselle, sillä jyrkät metallirappuset olivat liukkaat. Onkaloon on siis rakennettu raput. Alhaalla onkalossa oli vain 10 astetta lämmintä, vaikka ylhäällä lämpöä oli yli 20 astetta. Osittain onkalon seinät olivat hyvinkin sileät, joissakin seinämän kohdissa kasvoi sammalta, horsmaa ja jopa pieni koivukin.

Onkalon viereen oli rakennettu näköalatorni. Tikapuut torniin olivat vain kovin jyrkät, joten vain retken nuorin jäsen vaivautui kiipeämään katselemaan ympäröivää metsä- ja suomalaismaa yläilmoista käsin. ▲



Kuvia onkalon pohjalta

Portaat alas

Onkalo näkötorresta katsottuna

Onkalo oli täynnä muun muassa tällaista rapautunutta kiveä ennen tyhjennystä.



Tämä juttu aloittaa juttusarjan vuoriteollisuudesta ja käynnissä olevasta murroksesta. Tässä numerossa kiillotellaan vielä kristallipalloa tähyillen rakennettua ympäristöä, mutta seuraavissa numeroissa on tarjolla muutakin murrosta.

# Tulevaisuuden energiantuotanto ja -varastointi

TEKSTI: TOPIAS SIREN

**A**siantuntijayritykset, joissa moni lukijoiستakin työskentelee, ovat palaamassa takaisin etätoimistoista konttorimaailmaan. Kysellessäni itse oman Kalliorakenteen-osastoni tunteja toimistolle paluusta sain tuloksen, että konttorilla vietetty aika tulee vähenemään keskimäärin 77 %. Itsekin ajattelin tulevaisuudessa viettää korkeintaan pari päivää viikossa toimistolla ja nukkua muina päivinä vähän myöhempään.

Toimistotilojen kysynnässä tapahtuneen muutoksen lisäksi myös muu maailma on muuttunut. Julkiseen terveydenhuoltoon ei pääse, ruokaa toimitetaan joka viikko pahlavilaatikoissa kotiin, sähköautot valloittavat maailmaa, metallien ja osakkeiden hinnat ovat nousseet, päästökaupan hinta nostaa energian hintaa, perheet muuttavat keskustasta Tuusulaan eivätkä opiskelijat enää halukaan yksiöitä Kalliosta. Nähtäväksi vielä jää, miksi tätä erikoista aikakautta tullaan kutsumaan. Vain se on varmaa, että jälki- viisaimmat väittävät pystyneensä ennustamaan muutoksen. Kutsukaamme nykytilannetta tässä juttusarjassa vaikka *Kulutuksen murrokseksi*.

Koska Materia-lehden T&K-toimituksen kristallipallo on vielä kiillotettavana, aloitamme juttusarjan helpommin ennustettavista teemoista, nimittäin rakennetun ympäristön suunnittelusta. Koronakevään pudotuksen jälkeen rakennuslupien määrässä on tapahtunut käänne ylöspäin, joka tosin taittuneen rakennusmateriaalien hintojen noustua. Markkinat korjannevat tämän epäsuhtaan, mutta vaikuttaa siltä, että keskipitkällä aikavälillä pienten asuntojen kysyntä on vähentymässä ja isommista on kysyntää. Tätä tukee edullinen ja runsas asuntolainoi-

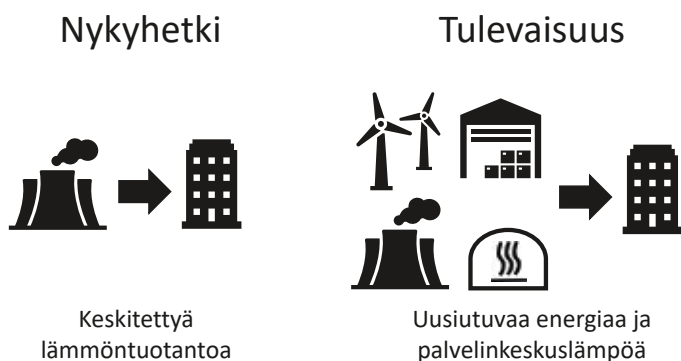
tus inflaation ollessa edelleen hallittua. Trendin myötä myös lämmitettävät kerrosneliöt kasvavat; toisaalta rakennuslupiakin voidaan vaatia määrällisesti enemmän verrattuna pienistä yksiöistä muodostuvan kerrostalon rakentamiseen.

Myös valtiovalta on pitkään taistellut asuntojen pienenemistä vastaan. Markkinat kuitenkin lanseerasivat muutama vuosi sitten makuuhuoneesta uuden tulokinnan, jonka mukaan luonnon valoa voi tulla asuntoon sisäikkunan kautta. Seurauksena mm. Kalasatamaan rakennettiin erittäin tehokkaita ja haluttuja kaksioita. Säätö-Suomen vastaiskuna tälle väärän suuntaiselle kehitykselle uusi kaavoitus- ja rakentamislakiesitys lipuu Kuoleman tähden lailla massiivisena 779-sivuisena sadepilvenä taivaalle ja peittää auringon valolta kaikki ikkunat Asunto Oy Helsingin Maston makuuhuoneissa.

Mutta jos unohdetaan imperiumin vastaisuus hetkeksi, niin suuri muutos energiantuotannossa on jo aistittavissa. Yhä suurempi

osa kalliorakentamiseen liittyvistä projekteista koskee näet uusiutuvan energian varastointia. Jos maanalaisen rakentamisen trendinä 60- ja 70-luvuilla oli öljysäiliöiden rakentaminen maan alle, on teemana nyt niiden konvertointi lämmön varastointikäyttöön. Voin myöntää, etten aavistanut tätä tulevaa muutosta, kun toimin Suomen Akatemian tutkijatohtorina aurinkoenergian kausivarastointiprojektissa vuosina 2016–2019. Silloin selvitin, miten energian kausivarastointi olisi kustannustehokkainta.

Vanhat öljyluolat, vaikka ovatkin muodoltaan epäedullisia energian varastointiin, olivat alhaisine investointikustannuksineen usein kannattavia projekteja tutkijalle tutkia ja laskea. Tulipahan myös tutkituksi käytöstä poistettujen kaivosten uudelleen käyttöä energiavarastoina. Niiden usein syrjäinen sijainti aiheutti sen, ettei varastoinnille olisi tarvetta. Suomen Akatemian projektissa porareikävarastot olivat kuitenkin taloudellisesti kannattavin energian varastointimuoto





to ja siksi keskityimme silloin eniten niihin.

Nyt kesällä Varkauden Aluelämpö ilmoitti suunnittelewansa isoa porareikälämpövarastoa, joka perustuisi perinteiseen porareikävarastoon tehostettuna teollisen mittakaavan lämpöpumpuilla. Lisäksi Vantaalla suunnitellaan noin miljoonan kuution kausivarastoa kehä III:n alle. Tästä varastosta kannattavan tekee innovaatio, jossa varastoitavan veden lämpötila nostetaan jopa 140 asteeseen. Ajatus voi äkkiseltään kuulostaa hurjalta, mutta tarkemmin ajateltuna siitä löytyy paljon järkeä.

Samaan aikaan Helsingissä kaukolämmön hinta nousee, sillä hiilen polttaminen on tullut erittäin kalliiksi johtuen päästöoikeuksien kallistumisesta. Helen tavoittelee mahdollisimman pikaista hiilineutraaliutta pyrkimällä sulkemaan Hanasaaren voimalaitoksen jo keväällä 2023, talven lämmityskauden jälkeen. Pienillä askelilla hiilivoimasta luopuminen on mahdollista, mutta isossa kuvassa se tarkoittaa, että jostain täytyy löytää iso tukku uusiutuvaa energiaa tilalle.

Hanasaaren voimalaitoksen sulkemisen mahdollistava Katri Valan laitoksen seitsemäs lämpöpumppu tuleekin tuottamaan lämpöä 24 500 talouteen vuonna 2023. Tämä mahdollistaa Hanasaaren laitoksen alarajon. Kyseessä tulee olemaan teholuokaltaan tiettävästi maailman suurin lämpöpumppu, jolla tuotetaan kaukolämpöä ja -jäähdytystä puhdistetusta jätevedestä. Katri Valan tulevan lämpöpumpun mittakaavaa voi verrata vaikka Helenin muihin projekteihin, kuten Ruskeasuon geolämpöalaitokseen, jonka lämmitysteholla lämmittää vain 180 taloutta – joten pysykäämme lämpöpumppuaiheessa.

Helsingissä oli vuoden 2019 lopussa yhteensä 339 786 asuntokuntaa. Niiden lämmittäminen 14 maailman suurimmalla lämpöpumpulla olisikin liian helppo juttu. Helsingin asukkaat eivät ole kuitenkaan niin tehokkaita tuottamaan jätevettä, josta lämpöä Katri Valassakin jauhetaan. Toisin sanoen, lämpöä ei Viikinmäen keskuspuhdistamon ulostevirrasta riitä enää kovin monelle pumpulle. Mistä siis loppu energia?

Villi veikkaukseni on, että kyseeseen tulee monimuotoinen tuotanto, jossa tarvitaan sekä perusenergiaa että huipputehoa tuottavia voimalaitoksia. Niiden tueksi tarvitaan lukuisia erilaisia uusiutuvia energian lähteitä sekä energian kausivarastoja säilöämään tuotettua energiaa. Huipputehon tuottoon voidaan tulevaisuudessa hyvinkin tarvita myös käyttökohdetta lähellä olevia sähkökattiloita, joiden sähkö on tuotettu Olkiluodossa ja Loviisassa ydinvoimalla.

## Uusi Kaavoitus- ja rakentamislaki lausuntokierroksilla

Uusi Kaavoitus- ja rakentamislaki, joka tulee korvaamaan Maankäyttö- ja rakennuslain, on tullut lausuntokierrokselle. Tarjolla on pikku sotien verran lausuttavaa eli yli 700 sivua täyttää asiaa. Materian T&K-toimitus tarjoaa tässä ydinkohdat olennaisimmista lausuntokierroksella olevista asioista. Paras tapa seurata uudistusta on valmistaa iso ämpäri popcornia ja surffata sivulle: <https://mrluudistus.fi/>

### Rakennuslupa tietomallilla ja huoltokirja

Esityksen mukaan rakennuslupaa haetaan tulevaisuudessa tietomallilla. Suunnittelumalli kehitetään rakennusvaiheessa toteumamalliksi. Toteumamalli sisältää tuotetietoa, jotta toteumamallista saadaan tietoon, mitä rakennusosia, tuotteita ja materiaaleja rakennukseen on käytetty. Toteumamallien lukemiseen luodaan kansallinen järjestelmä, johon toteumamallit voidaan lukea konekielisesti suoraan sisään.

Hyödyllisenä esimerkkinä järjestelmän käytöstä on esimerkiksi seuraava: jos jokin materiaali (vrt. asbesti) todettaisiin tulevaisuudessa haitalliseksi materiaaliksi, niin tällöin voitaisiin nopeasti kontaktoida kaikkia niitä asunnon omistajia, joiden taloissa on tätä materiaalia. Järjestelmän nimeksi tulee Rakennetun ympäristön tietojärjestelmä ja sitä suunnitellaan SYKE:n ylläpitämäksi.

Esityksessä rakennuksen omistajalle säilytetään vastuu pitää yllä käyttö- ja huolto-ohjetta lisäämällä sinne kaikki korjaukset, myös ne, jotka eivät edellytä lupaa. Perusteluna on, että rakennuksen arvo on korkeampi, jos huoltokirja on kunnossa – tätä voi verrata vaikka auton huoltokirjaan.

### Pätevyudet

Pätevyys on yleinen ominaisuus, joka sisältää tietyn koulutus- ja kokemustason. Nykyinen tilanne on se, että rakennusvalvonta punnitsee suunnittelijoiden ja työnjohtajien koulutodistuksia ja CV-asiakirjoja aina projektikohtaisesti. Tavoitteena uudistuksessa ovat pätevyysrekisterit, joiden ylläpitäjät voivat myöntää määräaikaaisia pätevyystodistuksia. Niillä voidaan korvata nykyinen koulutodistusten ja CV-dokumenttien tarkastus jokaisen pätevyysharkinnan yhteydessä. Lain valmistelu on tältä osin vasta alussa.

### Rakentamisen vastuut

Uudessa lakiluonnoksessa on esitetty päävastuullista toteuttajaa, joka vastaisi rakennushankkeeseen ryhtyvälle siitä, että toteutus on suunnitelmien mukainen sekä lakien, asetusten, hyvän rakennustavan ja sopimusten mukainen. Päävastuullisen toteuttajan vastuuajaksi kaavavillaan viittä vuotta.

### Rakennusten katsastus

Rakennukset, joissa oleskelee suuri määrä ihmisiä, tulee katsastaa 10 vuoden välein sertifioitujen tarkastajien toimesta. Jos tuntuu siltä, ettei byrokratiaa ole vielä tarpeeksi, kokonaisuuteen sisältyy uusista rakennuksista myös rakennuksen ilmastoselvitysasetus, joka annettiin lausunnonle jo kesäkuussa. Esityksen mukaan jatkossa rakennuksille täytyy laatia energiatodistuksen lisäksi ilmastoselvitys. Vuorimiesyhdistyksen jäseniä kiinnostanee se, ettei vaatimus koske maanalaisia rakenteita.

Tämän ohella maailmassa on meneillään villi trendi, jossa palvelinkeskuskapasiteetin tarve kasvaa koko ajan. Lisäksi kryptovaluuttoja jauhamalla luodaan rahaa tyhjästä. Mutta jos tulevaisuuden energian tuotanto tarvitsee joka tapauksessa sähkökattilaa, lieinee kannattavampaa käyttää sähkökattilana

isoa kryptovaluuttaa louhivaa datakeskusta. Sen tuloilla saadaan lämmön tuotantokustannukset asetetta siedettävämmiksi ja sitten voidaan lämmittää taloudet. Kryptovaluuttojen louhimisessa ei tosin ole mitään järkeä ilmastomuutoksen näkökulmasta. ▲



Knowledge grows

## Yara ja ympäristö

Yara toteuttaa tuotannossaan kiertotaloutta hyödyntämällä kierrätettyjä raaka-aineita ja sivuvirtoja.

Olemme jo yli viidenkymmenen vuoden ajan hyödyntäneet rikkihappotuotantomme raaka-aineena suomalaisten kaivosyriyten sivuvirtoja; rikkikiisua, pyriittiä ja öljynjalostuksen sularikkiä.

Rikkihappotuotantomme sivutuotteena syntyvää pasutetta eli rautaksidia puolestaan hyödyntävät raaka-aineena sementti- ja terästeollisuus.

yara.fi  @YaraSiilinjärvi

# Submit your abstract by November 1

## Eurock 2022 Helsinki

Rock and Fracture Mechanics in Rock Engineering and Mining

September 12-15, 2022 [www.eurock2022.com](http://www.eurock2022.com)



Suomen Kalliomekanikkatoimikunta  
Finnish National Group of ISRM

Vuorimiesyhdistys tukee tapahtumaa





# FLOWROX

Proven Performance

## Täysautomaattinen Kammiosuodatin

- Käyttöaste jopa yli 98 %
- Kehittyneet virheetunnistustoiminnot maksimoivat turvallisuuden ja suorituskyvyn.
- Erityistiivistetty ja suojattu suodatuskammio
- Suodatusala 1,2 - 22,3 m<sup>2</sup>
- Voidaan yhdistää Flowrox Malibu™ -onlineportaaliin etävalvontaa ja toiminnan analysointia varten.



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

Seuraa meitä:



## 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

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



### KALLIOMEKANIIKAN ASENNUKSET JA MITTAUKSET

#### Monitorointi

- Reaaliaikaiset mittausjärjestelmät – niin maan päällä kuin alla.

#### Jännitystilamittaukset

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



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

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

# Hannu Kemppinen

TEKSTI: PEKKA TÄHKIÖ

VALOKUVAT: HANNU KEMPPISEN ARKISTO

Hannu in Brief:

Syntynyt 1944 Joroisissa

Aloitti opinnot TKK:lla vuoriosastolla vuonna 1966

Valmistui diplomi-insinööriksi vuonna 1971

Aloitti työuransa Outokumpu Oy:llä ja jäi eläkkeelle Outotec Oy:stä vuonna 2012

Jatkoi ns. nollatuntisopimuksella eläköitymisen jälkeen ja jäi lopullisesti pois työelämästä Metso Outoteciltä heinäkuussa 2021



## Opinnot

Hannun ura metallurgiksi alkoi opiskelulla Teknillisessä korkeakoulussa Espoossa vuonna 1966. Silloin alettiin myös luoda kontakteja ja nykytermein verkostoiduttiin. Hannun opiskelijatovereina aloittivat monet sittemmin Outokummulla vaikuttaneet henkilöt, joista tuli Hannun hyviä ystäviä. Heistä voisi mainita esimerkiksi Jukka Järvisen, Kari Heiskanen ja Pertti Heinosen, joita on myös haastateltu tähän artikkeliin.

Hannua kuvataan opiskeluaikanaan tunnollisemmaksi kuin muut, ja hän sai myös lempinimen Breini, joka itsessään kertoo jo paljon.

Paikka, jossa Hannun kurssikaverit hitaantuivat lopullisesti yhteen, oli viiden viikon kesäkurssi Vihannin kaivoksella. Kurssi oli jaettu viikon jaksoihin, jotka olivat kaivostekniikka, geologia, geofysiikka, kaivosmittaus ja rikastustekniikka.

Hannun tunnollisuutta ja paneutumista kuvaa hyvin se, että kaivosmittauksen viikolla mitattiin alkuvuikosta määrätty lenkki kaivoksessa ja sen jälkeen tuli laskennalla varmistaa, että mittauksen alku- ja loppupisteet olivat samassa paikassa. Hannu ja Kari Heiskanen tekivät yhdessä laskentaa muiden kurssilaisten odottaessa kärsimättöminä, mikä on lopputulos. Kun lopputulos viimein saatiin ja alku- ja loppupisteiden koordinaatit olivat samat, niin muut kurssilaiset häipyivät saman tien viikonlopun viettoon.

Teekkarielämä tuolloin(kin) saattoi olla aika villiä, mutta Hannu keskittyi opiskeluun hieman keskivertoa vakavammin. Kesäkursin päätyttyä silloinen Vihannin kaivoksen johtaja Gunnar Laatio sanoi kurssilaisille, että tämä yhtiö ei tule palkkaamaan yhtään tälle kurssille osallistunutta. Tuo ennustus ei



Pyhäsalmen Courier-analysaattorin näytekiertoa tarkastamassa v. 1977

toteutunut, sillä noin puolet kurssilaisista oli myöhemmin töissä Outokummulla.

Vuonna 1967 Hannu oli kesäharjoittelijana Keretin kaivoksella. Jukka Järvinen muisteli, että hänen vanhempansa veivät heidät Varkaudesta Outokumpuun. Heille oli kerrottu vain, että majoitus on Kalmistossa. Kalmisto oli talo pääkonttorin lähellä, ja kun he pääsivät sinne, niin siellä olivat vastassa ”tosikot” eli noin puolet kesäharjoittelijoista hieman nauttineina. Jukan äiti oli todennut, että eiväthän pojat voi tuonne mennä, joten sitten soitettiin sosiaalipäällikkö Ilmari Inervolle ja majoitus järjestyi Sänkinotkon kadulta ammattikoulun asuntolasta. Ensimmäinen kesäharjoittelu meni sitten

siellä hanttihommia kaivoksessa tehden.

Vuonna 1968 Hannu jatkoi kesäharjoittelua Outokummun Keretin kaivoksella, jossa hän asui jälleen ammattikoulun asuntolassa jakaen huoneen nyt Pertti Heinosen kanssa. Tuolloin vapaa-aikanaan he tekivät käyttämällä hieman olutta. Siivooja oli löytänyt tämän pienen prosessilaitoksen ja kaverukset odottivat moitteita, mutta siivooja opastikin laittamaan käymisastian hieman viileämpään, koska hiiva ei toimi liian kuumassa. Prosessiopetusta saatiin siis aina siivoojasta professoriin asti.

Vuonna 1970 oli diplomityön vuoro. Timo Välttilä antoi tehtäväksi tutkia tuolloin aivan uutta, Kanadassa kehitettyä pylväskennoa





Tiukka asiakasneuvottelu 1980 luvulla

(myöhemmin kolonni) ja selvittää, tuleeko siitä mitään. Kokeet tehtiin 8 m<sup>3</sup> kokoisella pylväskennolla. Tulokset eivät olleet vakuuttavia, ongelmana oli ilman dispergointi lietteeseen. Lopputulos oli kennon kannalta epäonnistuminen, mutta diplomityössä tuli onnistuminen, se tuli tehdyksi.

### Työuran alku

Valmistumisen jälkeen ensimmäinen työ oli Keretissä, jossa oli kehitetty 10 m<sup>3</sup> kokoinen uusi vaahdotuskenno, jonka Hannu sai tutkittavaksi. Siitä kehitettiin edelleen 16 m<sup>3</sup> versio, joka asennettiin Vuonokseen.

Seuraava työ oli Hannun työuran kannalta ratkaiseva. Keretissä oli 14-linjainen Courier 300 -analysaattori, jonka käyttöönotossa Hannu oli mukana.

### Pyhäsalmen Courier-analysaattorin näytetkiertoa tarkastamassa v. 1977

Ratkaisevaa oli, että Courierin kalibrointi oli vaikeaa ja Hannu perehtyi siihen niin, että vuonna 1975, kun Outokumpu myi 3 kpl vastaavia Courier 300 -analysaattoreita Norilskiin, niin Hannu lähti kolmeksi kuukaudeksi niiden käyttöönottoon ja vietti kesän 1975 Siperiassa. Analysaattoreille oli myytävänä annettu tiukat tarkkuustakuut jokaiselle linjalle, mikä ei helpottanut tehtävää. Tuolla komennuksella Hannu oppi tuntemaan analysaattorit ja Norilskin malmin, josta myöhemmin oli suuri apu. Tuohon aikaan Neuvostoliitossa kaikki oli salaista ja Hannukin sai asiakkaalta kiellon unohtaa kaikki näkemänsä ja kokemansa asiat. Tämä saattoi olla vaikeaa, jollei mahdollonta Han-

nun kaltaiselle osajalle. Norilskin jälkeen seurasi talvi Outokummussa.

### Jälleen ulkomaille

Vuonna 1976 oli edessä lähtö Equadoriin, jossa Outokummulla oli pieni Cu-Zn-Au-Ag kaivos. Siellä vierähti kokonainen vuosi. Tuolla reissulla tuli esiin myös eräs Hannun piirre, joka on ollut merkittävä kaikenlaisessa yhteistyössä asiakkaiden ja kollegojen kanssa: kyky ratkaista teknisten haasteiden lisäksi myös muita ongelmia. Eräs Hannun kollega, joka ei osannut vieraita kieliä ja sen takia oli pysytellyt vain työmaalla koko ajan, oli stressaantunut niin pahasti, että oli erään kerran nostanut Hannun kurkusta seinälle. Rauhallisena miehenä Hannu oli todennut, että seuraavana viikonloppuna lähdet kanssani pääkaupunkiin ja pidämme kunnan viikonloppuvapaan. Näin tehtiin eikä tilanne siitä enää eskaloitunut.

Equadorin jälkeen Hannu oli vähän aikaa Pyhäsalmen, jonka jälkeen hän joutui jälleen sekaantumaan sulattohommiin. Kyseessä oli Nadeshan Cu-Ni sulatto, johon rikaste pumpattiin 18 km päästä Talnakhin kaivokselta ja rikaste piti kuivata nollakuivaksi. Sulatolla tarvittiin kvartsihiekkää, joka saatiin hiililouhoksen sivulla olevasta kvartsiiesiintymästä. Kvartsi oli murskattava ja käsiteltävä murskaamossa. Niinpä Hannulle tuli muutto Espooseen suunnittelutiimiin prosessiasiantuntijaksi. Projektin aikana Hannu osallistui luonnollisesti asiakasneuvotteluihin.

Projektin päätyttyä Neuvostoliiton värimetallurgian varaministeri kutsui Jorma Kerttulan ja Hannun Leningradiin neuvot-

teluihin ja oli vähän ihmetelty, että onpa kovin nuori asiantuntija tuossa vastapäätä. Tuolla käynnillä istutettiin kuitenkin siemen erääseen tulevaan jättiprojektiin. Varaministeri kertoi eräästä esiintymästä, joka sisälsi useita eri kuparimineraaleja, joita oli silloisella tekniikalla mahdollista rikastaa. Kyseessä oli Udokan-niminen esiintymä. Varsinainen asia oli kuitenkin ehdotus yhteistoiminnasta ja projektikohde oli Petsamon rikastamo. Maailman suurimmat vaahdotuskennot olivat tuolloin Outokummun OK-38 kennot. Petsamossa koeajettiin 2 x 38 m<sup>3</sup> kennoilla koeajot ja todettiin, että nämä kennot soveltuvat hyvin Neuvostoliiton rikastamoihin.

### Tiukka asiakasneuvottelu 1980 luvulla

#### Petsamo

Petsamon rikastamon sopimus saatiin allekirjoitetuksi vuonna 1985 ja siihen kuuluivat vaahdottamon ja analysaattorien lisäksi maailman suurimmat kuulamylyt. Suunnitteluvaiheen jälkeen Hannu teki Petsamossa prosessi-, automaatio- ja analysaattorikehitystä ja oli tuolloin ensimmäistä kertaa yhteistyössä Gennadi Majevskin kanssa, joka myöhemmin työskenteli pitkään Outokummun / Outotecin toimistossa Pietarissa. Petsamon ajalta Hannusta on paljon tarinoita siitä, kuinka hän oli tinkimätön muita kohtaan ja myös itselleen. Hannu opetteli venäjän kielen ja uskalsi sanoa myös asiakkaalle, jos heidän organisaationsa ei ollut ajan tasalla. Tuo tinkimättömyyden takia hän sai asiakkaan kunnioituksen ja asiakas käyttikin Hannusta nimeä FINSKIJ SPEZIALIST, isoilla kirjaimilla. Esimerkki Hannun tinkimättömyydestä saatiin kerran, kun kaksi Mekhanobrin putkistosuunnittelijaa esitteli suunnitelmiaan. Hannu oli suunnitelmiin tutustuttuaan todennut, että tämä putkisto ei ala mistään eikä lopu mihinkään, menkää ja tehkää se kunnolla. Vaikka Hannu oli tuolloinkin tiukka ja tinkimätön, niin kaunaa ei kannettu. Asiat riitelivät, eivät ihmiset.

Erään kerran, kun Hannu oli taas vaahdottamolla ja jauhimolla kierroksella, hän otti radiopuhelimella yhteyttä toimistoon Jari Sormuseen ja antoi pitkän listan asioita, jotka täytyy korjata. Jari sanoi hoitavansa asian. Toimistolla ollut projektijohtaja Jorma Kerttula kuuli tuon keskustelun ja kysyi Jarilta, kuinka tämä voi muistaa kaikki nuo asiat. Siihen Jari vastasi, ettei se Hannukaan niitä kaikkia huomenna muista.

Outokummun ydinporukka oli työmaalla Petsamossa varsin pitkän aikaa ja joukko hitsautui kuin yhdeksi perheeksi. Saittielämä



Maailmanympärimatkalla Australian rikastamolla 1990 luvulla

ei kuitenkaan sovellu kaikille samalla tavalla, mutta Hannu sopeutui siihen hyvin.

Yhteydenpito Suomeen oli vaikeaa, sillä puhelut Suomeen piti tilata kolme päivää etukäteen ja sitten päivystää asuinpaikassa illalla, kunnes puhelu tuli.

Elokuussa 1991 Neuvostoliitossa tapahtui vallankaappausyritys ja kaikki tiedotusvälineet oli suljettu. Outokummun Moskovan toimisto sai lopulta ajantasaista tietoa, kun he soittivat Petsamon toimistoon. Petsamossa kuului Suomen radio jollakin tavalla ja siten työmaalle ja Moskovaan asti saatiin tietoa tapahtumista.

### Leningrad, MPE

Syyskuussa 1991 Hannu muutti Leningradiin. Outokummulla oli tuolloin Minerals Processing Engineers (MPE) niminen yhteisyritys Mekhanobrin kanssa. Hannu alkoi tehdä liiketoimintasuunnitelmia ja miettiä, mitä voitaisiin tarjota isoille venäläisille rikastamoille. Pietariksi muuttuneesta Leningradista Hannu palasi Suomeen vuonna 1995.

Loppu vuosikymmen oli rikastamosuunnittelijalle vaikeaa aikaa, sillä yhtiö oli tehnyt päätöksen keskittyä vain laitemyyntiin. Kuitenkin vuonna 1997 päästiin taas pienen laitospaikan syrjään kiinni Barsytsij Log -projektissa. Tuossa projektissa Hannu pääsi suunnittelussa vihdoinkin käyttämään aikaisempaa kokemustaan venäläisistä rikastamoista ja suomalaisista laitteista.

Barsytsij Login jälkeen tuli pian uusi kuparirikastamoprojekti, Aleksandrinka, jota kutsutaan ensimmäiseksi moduulirikastamoksi. Myyntivaiheessa Hannu oli mitoittanut jauhinmyllyt, mutta tuo mitoitus ei käynyt asiakkaan asiantuntijoille, jotka tiukasti pitivät päänsä eivätkä hyväksyneet Hannun mitoitus-ta. Heillä oli eri tapa mitoittaa mylly ja Hannu kirjautti jokaisen palaverin pöytäkirjaan erivän mielipiteensä myllyn mitoituksesta. Suunnittelussa Hannulla oli nyt mahdollisuus käyttää täysin oppejaan ja kokemustaan, sillä hänet nimitettiin kaksoisrooliin, suunnittelupäälliköksi ja prosessimetallurgiksi, kun taas allekirjoittanut toimi laitossuunnittelun vetäjänä projektissa. Täydellimmän työn modularisoinnissa Hannu teki putkistossa, joka suunniteltiin 3D:ssä, esivalmistettiin Suomessa kuljetusmittaisiin osiin, jotka koottiin siten työmaalla. Suunnittelussa päästiin myös hyödyntämään täysin Hannun osaamista näytteenotossa ja analysoinnissa.

Kun rikastamo käynnistettiin, niin se ei saavuttanut suunnittelukapasiteettia, koska myllyt olivat asiakkaan vaatimuksesta liian pienet. Kun laitos joitakin vuosia myöhemmin vaihtoi omistajaa, niin uusi omistaja aikoi haastaa Outokummun oikeuteen. Kun myyntivaiheen dokumentit, joissa Hannu ilmoitti asiakkaan mitoittamien myllyjen olevan liian pienet, kaivettiin esiin, niin asiakas oli kuitenkin menossa oikeuteen, koska Outokumpu ei heidän mielestään ollut riittävän painokkaasti esittänyt, että myllyt olivat

liian pienet. Jossakin vaiheessa uuden omistajan puolella järki oli kuitenkin voittanut, ja he totesivat, etteivät vedä asiaa oikeuteen.

### Maailman ympäri

Vuosituhaten alussa alkoivat neuvottelut Norilsk Nickelin kanssa uudesta kuparirikastamosta Norilskiin eli NOF-2:sta ja Talnakhin rikastamon laajennuksesta.

Norilskin rikastamo tulisi olemaan niin iso, että nähtiin siinä olevan järkevintä käyttää semiautogeenijauhatus (SAG). Tästä taas Outokummulla ei ollut mitään kokemusta, joten Hannu ja Jaakko Seppälä sekä Norilsk Nickelin, Mekhanobrin ja MPE:n edustajat lähtivät maailmanympärysmatkalle Chileen, Australiaan ja Etelä-Afrikkaan tutustumaan SAG-jauhatuskseen eri kaivoksilla.

### Maailmanympärimatkalla Australian rikastamolla 1990 luvulla

Näistä projekteista allekirjoitettiin aiesopimukset Norilsk Nickelin ja Outokummun välillä syyskuussa 2001 presidenttien Putin ja Halonen läsnä ollessa. Vaikka NOF-2 projekti ei sitten toteutunutkaan, niin kaikki tieto myllyistä jäi kuitenkin Hannulle ja sattuman kautta tätä tietoa tarvittiin sitten tulevissa jättiprojekteissa.

### Sossego – Elämä pysähtyy

Vuonna 2002 käynnistyi Brasiliassa Sossego-projekti, johon Outokumpu toimitti vaahdotamon, sakeutuksen, näytteenoton ja analysaattorin. Jauhimon laitteet toimitti Metso. Outokummun toimitukseen sisältyivät kolonnikennot kertauskennoiksi, joten Hannun kokemus diplomityöajoilta ei ollutkaan mennyt hukkaan.

Hannu toimi projektissa prosessisuunnittelussa, asennuksessa, koulutuksessa ja vesiajoissa. Vesiajojen jälkeen Hannu lähti viikon lomalle Suomeen ja oli tammikuun pakkasissa hiihtolenkillä, kun nielusta alkoi tulla verta. Pahimmat pelot osoittautuivat todeksi ja hänellä todettiin nielurisasyöpä.

Pertti Koivistoinen lähti Brasiliaan jatkaa Sossego-projektia, kun taas Hannu kävi läpi rankan leikkauksen ja oli puoli vuotta sairaslomalla. Syöminen oli vaikeaa ja hidasta, eikä puhetta ymmärtänyt juuri kukaan,

### Suuret venäjän projektit alkavat, GM1 ja GM2

Hannun sairasloman aikana yhtiö oli saanut sopimuksen Russian Copper Companyn (RCC) Green Mountain Cu-Zn-rikastamoon Kazakstaniin. Ensi töikseen Hannu kävi sopimuksen läpi ja totesi että sopimus



on tehtävä uusiksi. Siinä oli parin kuukauden työ toimistolla. Hannulla oli yhä vaikeuksia leikkauksesta toipumisesta ja yksi suuri tappio tuli leikkauksen takia, sillä Hannu oli menettänyt kykynsä puhua venäjää. Venäjän kielessä on seitsemän s-kirjainta eikä Hannun puheesta enää pystynyt niitä erottamaan. Ratkaisuna oli Misha Kirienkon nimittäminen suunnittelupäälliköksi. Hän pystyi kommunikoimaan Hannun kanssa englanniksi ja olemaan tulkkina asiakkaan suuntaan. Green Mountainin suunnittelutyö oli iso työ ja RCC:n omistaja Levin huomasi Hannun sinnikkyuden ja ammattitaidon. Hannu saavutti näin Levinin luottamuksen ja ystävyyden. Tämä tuli hyvin esille neuvotteluissa, joissa lounaan aikaan muut olivat jo aterioineet, mutta Hannu ei pystynyt syömään nopeasti. Silloin Levin oli todennut kaikille, että Hannu jää nyt syömään ja liittyy aikanaan seuraamme neuvotteluihin.

Hannu päätti myös, että hänhän ei jumiudu tähän tilanteeseen puheensa kanssa, vaan opettelee puhumaan uudelleen. Tuo sinnikkyys toi myös tuloksia, nykyisin ei ole vaikeuksia ymmärtää Hannun puhetta.

Ennen kuin Green Mountain -rikastamo oli asennusvaiheessa, RCC tilasi Outokumpulta Green Mountain 2 -rikastamon, joka rakennettiin edellisen viereen. Tässäkin Hannu oli suuressa roolissa. Näissä molemmissa rikastamoissa oli jo SAG-myllyt, joten Hannu pääsi käyttämään hankkimaansa kokemusta ensimmäisen kerran. Kaikkiin seuraaviin Venäjän projekteihin tulivat myös SAG-myllyt.

Green Mountain -projektien jälkeen alkoi Mihevsky-projekti, myös RCC:lle. Projekti oli erikoinen, koska Outokumpu toimitti detaljisuunnittelun ja pääosan laitteista, mutta myllyt tulivat Metsolta. Projektin aikaan oli paljon palavereita, myös Metson Pietarin toimistolla. Yhteistyö toimi erinomaisesti, koska kummallakin osapuolella oli halu toimittaa toimiva rikastamo asiakkaalle. Hannun erityisenä vastuualueena olivat prosessiautomaatio, luokitus ja pumppaus.

## Eläkkeelle

Vuonna 2012 Hannu jäi eläkkeelle, mutta jatkoi yhä työntekoa ns. nollatuntisopimuksella. Noin vuosi Mihevskyn käynnistymisen jälkeen RCC:n Levin kutsui Hannun kahdeksi päiväksi rikastamolle käymään läpi luokituksen ja vaahdotuksen ja selvittämään syytä huonolle saannolle. Hannu tunsu laitoksen kuin omat taskunsa ja kävi heti läpi mielestään kaikki kriittiset pisteet ja istahti sitten prosessitietokoneen näyttöjen ääreen ja alkoi sitten perata dataa, historiaa ja ohjel-



Petsamon projektin piirustuksia tarkastamassa 1980-luvulla

mia. Siinä venäläiset operaattorit katsoivat ihmeissään, kun aivan vieras mies tulee ja ryhtyy työskentelemään prosessitietokoneella kuin olisi tehnyt sitä aina. Homma selvisi ja Levin sai raporttinsa.

Mihevskyn jälkeen seurasi Tominskoyen projekti RCC:lle. Sen prosessin suunnittelussa Hannu oli mentorina Jörn Rohlederille. Tässäkin on eräänlainen jatkumo, sillä Jörn oli valmistunut Kari Heiskasen, Hannun kurssikaverin kurssilta Aalto-yliopistosta ja melkein ensi työnään oli sitten käytännön toteutuksessa Hannun mentorioitavana.

Tominskoye-projektissa asiakas arvosti Hannua suunnattomasti. Se näkyi mm. siinä, kun Jörn nuorena metallurgina selvitti asiakkaan asiantuntijoille jotain prosessiin liittyvää, niin sen jälkeen asiakkaiden päät kääntyivät Hannun puoleen ja Hannun piti selittää asia uudelleen. Vasta silloin asiakkaan asiantuntijat hyväksyivät asian.

Jörn kertoi myös erään tärkeän piirteen Hannun työtavoista, jotka olivat syynä projektien menestykseen. Hannu ensinnäkin halusi sopimukseen oikeat asiat ja väänsi asioita siihen suuntaan niin paljon kuin mahdollista. Projekteissa Hannu oli tarkka memojen tekemisestä ja siitä, että kaikki ymmärsivät sopimuksen. Jos jonkun mielestä jokin asia olisi ollut parempi tehdä toisin kuin sopimuksessa oli, niin Hannu löi sopimuksen pöytäan ja sanoi että tämän mukaan mennään. Kokemus sanoi, että sopimuksesta poikkeaminen olisi tullut kalliiksi ja tuonut viivästyksiä.

Tominskoyen käynnistys oli vuoden 2021 alussa ja se vei vain muutamia viikkoja. Se on siten varmaan lajissaan ennätys ainakin Venäjällä.

## Viimeiset projektit

Alussa jo totesin, että 80-luvulla Hannu kuuli ensi kertaa Udokan-nimisestä malmiesiintymästä, johon ei silloin ollut rikastusmenetelmää. Nyt sellainen on ja Outotec myi perussuunnittelun ja laitetoimitukset koko laitokseen, jossa on alkupäässä perinteinen rikastamo ja sen perässä hydrometallurginen laitos, jonka lopputuote on metallinen kupari. Tähän rikastamosuunnitteluun Hannu myös osallistui.

Viimeinen projekti Johon Hannu osallistui, oli Malmyshin iso perussuunnittelu- ja laitetoimitusprojekti Venäjälle.

Hannun kädenjälki näkyy nyt ja tullaan näkemään vielä kaukana tulevaisuudessakin jo toimivien ja uusien laitosprojektien kautta.

Hannu jäi lopullisesti eläkkeelle heinäkuussa 2021. Hän eläköityi täysin palvelleena ja kaikkensa antaneena, uuden kehittäjänä ja soveltajana.

Hannun ohje (motto) nuoremmille tieteenharjoittajille on: ”Hosumalla ei tule kuin jälkikäteen selittämistä”.

Toivotan Hannulle hyviä eläkevuosia jatkossa. ▲

# Liity matkaamme kohti kiertotaloutta

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

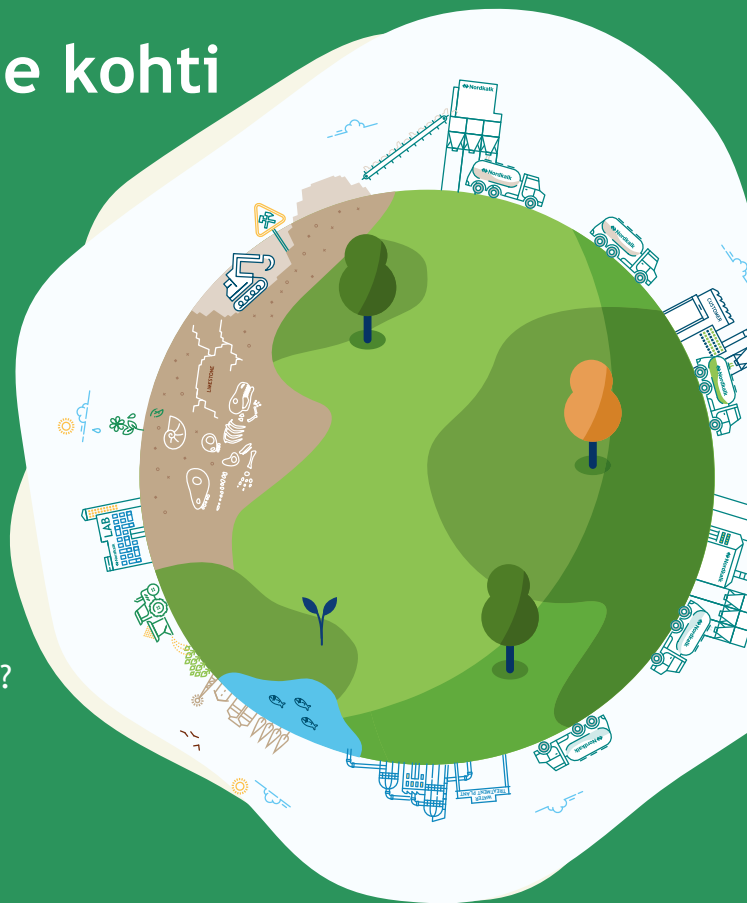


Käy katsomassa video:  
[nordkalk.fi/kiertotalous](http://nordkalk.fi/kiertotalous)



Luitko jo  
vastuullisuusraporttimme?  
[nordkalk.fi/vastuullisuus](http://nordkalk.fi/vastuullisuus)

## Nordkalk



**nor**met  
SmartDrive  
NORMET.COM

## INNOVATING FOR PERFORMANCE

**TEHOKASTA BETONIRUISKUTUSTA  
ILMAN PAIKALLISIA PÄÄSTÖJÄ**

SmartDrive tuoteperheellä korkea tuotavuus alentuneilla kustannuksilla

-  Ei paikallisia päästöjä  
Puhtaampi ilma
-  Suurempi nopeus & korkeampi suorituskyky
-  Parantunut turvallisuus  
Vähemmän melua
-  Parantunut energiatehokkuus  
Alemmat käyttökustannukset





KUVA: TUOMAS VITIKAINEN (CC BY-SA 4.0 LISENSSI)

# IK Tunnelpojkarina – Hämäristä tunneleista salonkikelpoiseksi suunnistusjoukkueeksi

TEKSTI: TKT TOPIAS SIREN, SWECO INFRA & RAIL OY  
MUUT KUVAT: JOUKKUEEN ARKISTO

Joskus hulluista ideoista syntyy vuosikymmeniä kantavia ajatuksia ja harrasteita. Näin kävi melko tarkalleen 15 vuotta sitten, kun kolme TKK:n kouluttamaa kalliorakentajaa Kalle Hollmén, Vesa-Matti Matikainen ja Paavo Jääskeläinen päättivät koston illan päätteeksi perustaa suunnistusjoukkueen ja lähteä Jukolan viestiin. Joukkueen nimeksi haarukoitiin ensin SK Komua, mutta joukkueesta tuli IK Tunnelpojkarina ja hyvä niin. Perustamisasiakirja jaettiin kolmeen osaan eikä asiakirjaa ole sen jälkeen löydetty. Rasteja on kyllä löytenyt.

Jukolan viestissä ongelmana oli kuitenkin vielä se, etteivät säännöt salli kolmen miehen juosta seitsemää osuutta. Tuskin kuntokaan olisi nuorilla opiskelijoilla siihen riittänyt. Niinpä alkuvuosina Jukolan ilmoittautumi-

sen yhteydessä keväällä juoksujärjestyksen lisättiin Panu Poraria, Perän Rusnaajaa ja vastaavia. Jukolan järjestelytoimistosta tuli kuitenkin henkilökohtainen viesti ja käsky muuttaa juoksujärjestystämme ”todellisiin henkilöihin”.

Tästä syystä opiskelijaporukasta lähdettiin kiireesti etsimään veljiä Jukolan viestiin. Joukkueeseen houkuteltiin liittymään tavoitteella päästä lähtemään ja sen jälkeisellä mallillisella tulostavoitteella; riittää, että kaikki pääsevät metsästä pois. Toisekseen lupailtiin niin miellyttävää juhannusta edeltävää helteistä säätä, että telttaelämä metsässä maisuiksi ja rastit löytyisivät kuin itsestään – tosin ainakin osa lupauksista osoittautui useissa Jukola-viesteissä katteettomiksi.

Vuorimpiesten parista ensimmäiseen Jukolan viestijoukkueeseen värvättiin sil-

loiset tekniikan ylioppilaat tai vastavalmistuneet Topias Siren, Olli Mäkelä ja Juuso Aurasmaa.

Ainakin ensimmäiseen Jukolan viestiin treenattiin, sillä kisaa edeltävinä viikkoina joukkuetta vahvistettiin Paloheinän ulkoilumajalta kuntosuunnistuskarttaa johtaneella tutulla arkkitehtiylöppiläällä Sonja Sahlstenilla. Sonja ja myöhemmät ”ulkopuoliset” vahvistukset sopivat hyvin joukkoon ja osoittautuivat luotettaviksi rastin hakijoiksi.

Ensikertalaisten tulos Lapualla vuonna 2007 oli varsin tyydyttävä: kaikki pääsivät metsästä pois ja ilmoittautuessa saatua lähtönumeroa parannettiin alle tonnin joukkoon. Menestys saattoi johtua kesän alkaessa saaduista uusista joukkuepaidoista, jotka Atlas Copco ystävällisesti lahjoit-

Jukolan viesti on maailman suurin viestisuunnistuskilpailu, joka järjestetään eri puolilla Suomea kesäkuussa juhannusta edeltävänä viikonloppuna. Vuodesta 1949 järjestetyn Jukolan viestin nimi tulee Aleksis Kiven romaanista Seitsemän veljestä. Jukolan viestin lähtö on kello 23.00 ja osa viestistä suunnistetaan pimeässä/hämärässä. Vuorimiesyhdistykselle IK Tunnelpojarna on tullut tutuksi ensimmäisen kerran jo 2000-luvulla, jolloin sen jäsenet ovat mm. stipendihakemuksissa maininneet ansiokseen osallistumisen joukkueen toimintaan sekä 2020-luvulla pronsin Eero Mäkinen -mitalin myöntöperusteissa.



10-vuotisjuhлагаala ja iloiset ilmeet, kun rastiheijastimet olivat vielä lajissa sallittuja. Eturivissä vasemmalta Vesa-Matti Matikainen, Olli Mäkelä, Panu Oikkonen, Juuso Aurasmaa, Heikki Saarikivi ja ylärivissä vasemmalta Paavo Jääskeläinen, Jaakko Kauranne, Risto Niinimäki, Kalle Hollmén, Simo Laitinen, Topias Siren ja Mikko Eronen

ti logoillaan varustettuina. Lapuan viestin erikoisuutena mainittakoon geologinen ilmiö, joka sai kompassin neulat pyörimään kivikossa, mutta tämä ei hämännyt kuutio-rakoilun suuntien perusteella suunnistaneita vuorimiehiä.

### Joukkue suoriutuu metsästä ulos

Vuonna 2008 joukkoon rekrytoitiin kiintiötähtitieteilijä Mikko Eronen Wiipurilaisen osakunnan Jukola-joukkueesta paikkaamaan pois jäänyttä ankkuritykkiä sekä Ruotsista Lemminkäisen työmaalta Heikki Saarikivi tiukkoine keltaisine trikoinen (Ruotsissa myös työmaavarusteet ovat erilaisia). Ensimmäisen kerran tuuri oli kuitenkin jo käytetty ja joukkue jäi ilman tulosta, mutta päätavoite saavutettiin eli kaikki pääsivät pois metsästä. Sonja kuitenkin paleli vaihtopuomilla kolmisen tuntia odottelemassa metsään pääsyä ennen yhteislähtöä ja ehkä tästä syystä seuraava vuosi jäikin hänellä väliin. Vuoden 2008 kohokohdaksi Vesa-Matti Matikainen muistelee olleensa Minna Kaupin kanssa samassa vesijonossa.

Vuoden 2009 Mikkelin Jukolaan joukkueeseen palasi Juuso ja osakuntabussi vaihtui yksityiseen kyyditykseen sekä unohtumattomaan pysäköintipaikalle saapumiseen ruotsalaisissa kilvissä. Jukolan henkilökunta oli kovin yllättyneitä kouluruotsilla heitetyistä kysymyksistä, voiko pysäköinnin maksaa kruunuilla. Mikkelin joukkueeseen rekrytoitiin myös Risto Niinimäki, joka vuosien tauon jälkeen onnistuttiin houkuttelemaan suunnistuksen pariin. Risto opetti myös jouk-

kueelle, mitä Jukolan viestistä, suunnistuksesta ja elämästä tarvitsee tietää. Risto innostui suunnistuksesta niin paljon, että siirtyi arvostetun suunnistusseuran ykkösjoukkueeseen, mutta jäi toimimaan IKT:n valmentajana ja satunnaisena juoksuvahvistuksena. Lisäksi Mikkelistä jäi perinteeksi vuorovedoin leipoa ja raahata mukaan Jukola-raparperiirakka kastikkeineen salaisella dopingreseptillä.

Vuoden 2010 Kytäjä-Jukolassa Hyvinkäällä joukkue oli vakiintuneessa kokoonpanossa Heikki, Vesku, Sonja, Mikko, Topias, Juuso ja Kalle. Rutinoitunut toiminta paransi joukkueen sijoitusta. Vuonna 2011 ei mennyt yhtä hyvin, sillä edellisen vuoden joukkue oli arkkitehdin verran vajaa. Suunnistuksen säännöissä harmillisesti todetaan, että kilpailussa saa osallistua enintään yhden kerran, joten vajetta paikkaamaan rekrytoitiin joukkueen ulkopuolinen huippusuunnistaja sääntöjen vaatimalla peitenimellä Rami Vuolio. Varamieheen ei ollut kuitenkaan tarvetta, sillä ensimmäisellä osuudella allekirjoittanut unohti leimata juomapisteen vieressä olleen rastin – selvästi jano vei voiton. Seuraavana vuonna Jämsä-Jukolassa Sonja pääsi tuplaamaan nimellä Pirkko Makkonen, mikä kertoo kiintiöarkkitehdin vahvasta kunnosta.

Vuosi 2014 muodostui joukkueen kehityskäyrän käännekohtaksi, sillä juoksi-jahankinnassa onnistuttiin saamaan rajusti harjoitellutta nuorta verta joukkueeseen Simo Laitisen ja Panu Oikkosen muodossa. Joukkue kasvoi tässä vaiheessa niin isoksi, että kulujen rahoittamiseksi Kalle myytiin toiseen joukkueeseen juoksemaan. Olli

Mäkelä toimi joukkueen huoltajana ja Risto Niinimäki joukkueen valmentajana. Joukkue siirtyi ammattimaisemmalle tasolle, suurten joukkoon.

Vuonna 2015 Louna-Jukolaan Paimioon saatiin jälleen uutta verta joukkueeseen, kun Jaakko Kauranne liittyi joukkueeseen mukaan. Tässä vaiheessa joukkue alkoi olla niin iso, etteivät kaikki halukkaat mahtuneet yhteen joukkueeseen ja ylimääräisiä vuorimiehiä kaupiteltiin jälleen muihin joukkueisiin. Lääkkeeksi seuraavien vuosien joukkueeseen pääsyyn allekirjoittanut väitteli itsensä joukkueen tohtoriksi loppuvuodesta 2015 ja tohtorille myönnettiin ikuinen osallistumisvelvoite pitkälle yöosuudelle (tai tuhannen sijoituksilla pitkä aamuosuus) ja oikeus käyttää majoituksessa telttasänkyä diplomi-insinöörien ja maisterien nukkuessa maan tasolla – oppi ei siis kaatanut ojaan tässäkään tapauksessa.

### Polku kohti huippua ja salonkeja

Vuoden 2016 Lappeenrannan Jukolaan haettiin lisäpotkua joukkueerevisiitasta, kun joukkueen itseoikeutettu AD Simo Laitinen loi joukkueelle visuaalisen ilmeen ja tilasimme liivit ja standaarit. Uudet tuulet puhalsivat myös valmistautumisessa, sillä keväällä järjestettiin myös joukkueen ensimmäinen korkean paikan leiri, jossa joukkueen valmentaja haastoi joukkuetta harvinaisilla karttamerkeillä, kuten ruokintateline, ja jossa suunnistusreitti vei puuskuttamaan pääkaupunkiseudun ehkä korkeimmalle kohdalle – Kulomäen täyttömäen päälle.



Lisäksi vierailu kalkkikaivoksella ennen viestiä teki Lappee-Jukolasta tuloksellisen menestyksen. Vuosi päätettiin juhlalliseen 10-vuotisgalaan, jossa kouluttiin joukkueesta salonkikelpoinen harjoittelemalla käytöstapoja suunnistusliivit päällä, spekulointiin kadonnutta perustamisasiakirjaa ja aloitettiin omasta oluesta haaveilu. Joukkueen toiminnasta ja dynamiikasta on yleisesti todettava, että kaikesta muusta arvotaan pitkään ja hartaasti kierrellen ja kaarrellen paitsi rastin ottamisessa – rastille saavutaan. Joukkueelle ovat kuitenkin erityisen haastaviksi osoittautuneet oman Suuntaa Antava -oluen tölkkietiketit, joiden väri-, kuva-, viivakoodi- ja tekstimaailmasta väännetään joka kevät hartaasti. Myös tämän artikkelin sisältöä, nyansseja ja pilkkuksia vatuloitiin ja kommentoitiin insinöörimäisellä hartaudella joukkueen kesken ennen julkaisulupaa (toim.huom.).

Seuraavana vuonna kasaan saatiin kuin saatiinkin, ehkä juhlagaalasta johtuen tai siitä huolimatta, myös Venlojen viestijoukkue IK Tunnelflickorna kokoonpanolla Johanna Eronen, Karmen Žagar, Hanna Siren ja Riitta Lehmusjärvi. Myöhemmin vuosina myös Liisa Saarinen ja Leena Kiviranta osallistuivat IK Tunnelflickornan joukkueeseen.

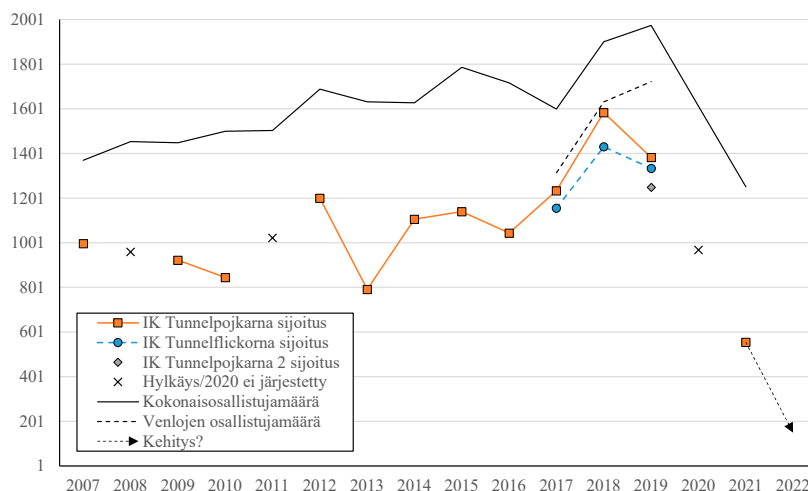
Kangasalan Jukola oli joukkueen johdolta mykistävä suoritus, sillä Venlojen joukkueen lisäksi Jukolan viestiin saatiin perinteisen joukkueen lisäksi houkuttelluksi IK Tunnelpojarna 2 -joukkue uusilla vahvistuksilla: Matti Lankinen, Päivi Castrén, Toni Laine ja Jaakko Räikkälä. Laajentumisessa on vaaransa, sillä uudet vahvistukset pesivät vakiintuneen joukkueen.

### Napapiirin Jukola tarjosi haastetta ja vauhtia

Vuoden 2020 Jukolan viesti järjestettiin poikkeuksellisesti elokuussa 2021 Rovaniemellä. Napapiirille lähdettiin joukkueella juoksujärjestyksessä: 1. Kalle Hollmén, 2. Panu Oikkonen, 3. Topias Siren, 4. Vesa-Matti Matikainen, 5. Risto Niinimäki, 6. Mikko Eronen ja 7. Heikki Saarikivi. Lähtiessä joukkuetta huolestutti koronaturvallisuus, minkä takia altistumistodennäköisyyksiä laskettiin porukalla, mutta ne todettiin marginaalisiksi kiitos hyvien järjestelyiden ja kohtuullisen tautitilanteen. Onneksi myös median tietojen mukaan altistumisia ei tapahtunut. Ennakkoon rataa oli povattu vaikeaksi ja allekirjoittaneelle tarjottiin todella pitkällä ja oikeasti pimeällä yöosuudella kaikkien aikojen isoin kartta käteen ja kaikkien aikojen toiseksi pisin rastiväli 5,1 km kartan yläladasta Napapiirin puolelta kartan alalaitaan.



Heikki Saarikivi valmistautumassa joukkueen teltalla toistaiseksi keltaisissa trikoissaan vuoden 2009 Mikkelin Jukolan viestiin.



IK Tunnelpojarna ja -flickorna joukkueiden tuloskehitys vuosien saatossa ja viestien osallistujamäärät sekä lupaava tuloskehitysennuste



Joukkueen vuosittainen urheilujuoma mallia 2021

Välissä oli pelkkää suota, mikä suorituksen saatossa alkoi painaa pohjetta. Kaikkien aikojen pisintä Jukolan yöosuutta pidennettiin poistamalla lajin säännöistä rastiheijastimet.

Vaikka yö oli pimeä, rata oli nopea, mutta suon takia erityisen raskas. Nopeimmat Tunnelipojat polkivat suota kuitenkin todella ansiokkaasti parhaimman ollessa omalla osuudellaan kahdensadan parhaan joukossa – parhaat Tunnelipojat viihtyivät metsässä niin hyvin, että päättivät vielä juosta toisesakin joukkueessa. Tuloksena joukkueella oli kaikkien aikojen paras sijoitus 555 aikaan 15.52.04.

Loistavaa tulosta selittävät ainakin osittain joukkueen luonnollinen kehityskaari sekä ympärille kehittynyt lähes ammattimainen organisaatio, joka sisältää joukkueen valmentajan, lääkärin, tohtorin ja useina vuo-



IKT suunnistusliivit yökerhojen kuumimpien karjujen asustevalintana

sina myös huoltajan sekä hiilihydraattipitoisen Jukola-piirakan ja oman urheilujuoman tankkauksen. Myös vuoden 2021 Jukolan osallistujakadolla ja Napapiirin etäisyydellä etelästä voi olla pieni vaikutus tulokseen.

Suunnistus tuottaa amatöörijoukkueille myös urheilun ulkopuolista jännitystä. Se liittyy siihen, pääsevätkö keskiosuuskien suunnistajat keskellä yötä tai aamuhämärää matkaan vai vasta aamulla. Tarkemmin ottaen lähinnä kysymys on siitä, kuinka moni joukkueesta voi nukkua aamuun asti ja lähteä yhteislähdöllä. Näin ollen viimeiset osuudet ovat haluttuja, sillä ne takaavat amatöörijoukkueessa poikkeuksetta hyvät yöunet.

Etukäteen varmat lähtöajat – aloittaja ja ankkuri – ovat kuitenkin tarjonneet joukkueellemme ylimääräistä jännitystä, sillä usein suunnistajan saapumista kisakeskukseen on jouduttu odottamaan viime minuutille asti. Joskus suunnistaja on saapunut puoli tuntia ennen lähtöä paikalle ilman mitään varusteita, ja joukkuekaverit ovat lainanneet omiaan ja hellästi ohjanneet suunnistajan Intersportin kenkäosaston kautta lähtöportille. Näistä hyvinkin tiukoista tilanteista on aina kuitenkin selvitty, ja ne aiheuttavat paljon myöhempää iloa.

### Suunnistus on insinöörilaji

Iloa tuottamassa myös yllättävän monella alan työpaikalla on vuosittain työpaikkajoukkue tai pari Jukolan viestissä. Allekirjoittaneen aloittaessa uudessa työpaikassa maaliskuussa 2020 uudet työkaverit tiesivät IKT:n suunnistusjoukkueen, vaikka eivät välttämättä vielä minua. Suunnistus onkin tärkeä osa terveellistä elämäntapaa, Jukola-piirakan leipominen välttämätön osa toulustaitoja eivätkä joukkuekaveritkaan vie ainakaan taaksepäin työelämässä. Myös Swecolla oli vuoden 2021 Jukolassa kaksi joukkueita suunnistamassa Napapiirillä, mutta paikkani on jo IKT:n joukkueessa. Toivotavasti näemme mahdollisimman monta Materia-lehden lukijaa Lukkari-Jukolassa Mynämäellä vuonna 2022. ▲



## Jukola-piirakan salainen resepti

(1 joukkueellinen)

6 munaa  
4 dl sokeria  
200 g margariinia  
6 dl vehnä jauhoa  
2 tl leivinjauhetta  
4 tl vanilliinisokeria  
16 dl valmentajan raparperia viipaleina

Kuorrutus  
200 g margariinia  
2 dl sokeria  
1/4 dl vehnä jauhoja  
200 g mantelilastuja  
2 rkl maitoa

Huuhtelee ja viipaloi raparperin varret. Vaahdota munat ja sokeri. Lisää sulatettu, jäähtynyt margariini. Sekoita keskenään vehnäjauhot, leivinjauhe ja vanilliinisokeri. Lisää seos vaahdotettuun taikinaan ja sekoita taikina tasaiseksi. Kaada taikina leivinpaperilla vuoratulle pellille. Ripottele päälle raparperiviipaleet. Paista 200-asteisessa uunissa alimmalta tasolla noin 20 minuuttia. Valmista sillä aikaa toscakuorrutus kattilassa. Mittaa ainekset kattilaan. Kuumenna ja sekoita koko ajan, kunnes seos pulpahtaa. Ota kakku pois uunista ja kaada toscatorttu raparperien päälle. Jatka vielä kypsentämistä noin 10 minuuttia. Tarjoa raparperipiirakka vaniljakastikkeen ja Suuntaa Antava -oluen kera. Toimii myös Teams-palaverin kyyti-aiikana.





## KATTAVAT PALVELUT POHJOISIIN OLOSUHTEISIIN



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



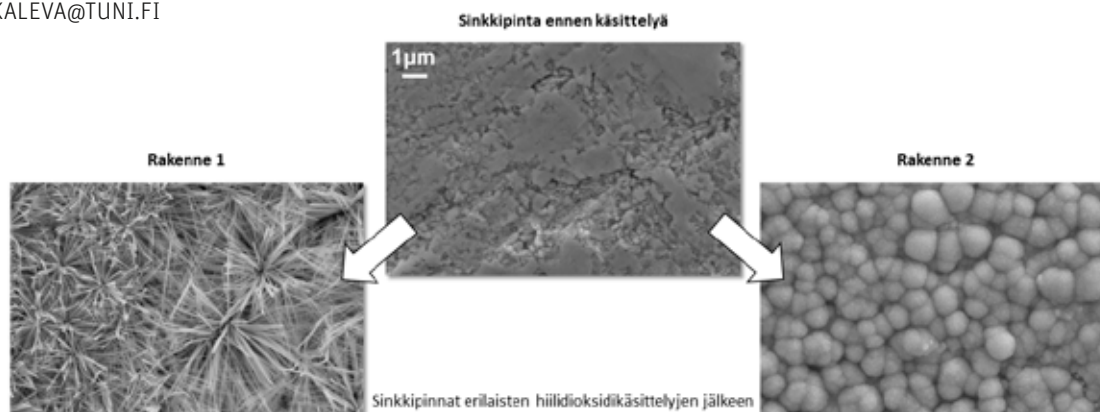
Lue lisää palveluistamme

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

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

# Hiilidioksidista ja vedestä esikäsitteily sinkkipinnoille

KIRJOITTAJA: AARETTI KALEVA  
PUH. 0407718948  
AARETTI.KALEVA@TUNI.FI



Hiilidioksidin päästöjen vähentämisen ohella myös hiilidioksidin hyötykäyttö on tärkeä osa ilmastonmuutoksen vähentämisessä. Hiilidioksidin käyttöä raaka-aineena on tutkittu monilla eri teollisuuden- ja tieteenaloilla kuten polymeerien valmistuksessa ja betonin uusiokäytössä. Uusista hiilidioksidin hyötykäyttösovelluksista on kuitenkin pulaa, jotta jo tuotetun ja teollisuuden jatkuvasti tuottaman hiilidioksidin määrä saataisiin vähennetyksi kestäväälle tasolle. Uudet sovellukset edistävät hiilidioksidin talteenoton merkittävyyttä ja siten sen taloudellisuutta sekä menetelmiä sitoa hiilidioksidia kiinteisiin materiaaleihin.

Tuoreessa väitöskirjassaan Aaretti Kaleva tutki hiilidioksidin käyttöä uudessa sinkkipintojen käsittelymenetelmässä yhteistyössä SSAB Hämeenlinnan sekä Top Analyticin kanssa. Käsittelymenetelmällä tuotettiin erityyppisiä nanorakenteita sinkin pinnalle käyttämällä vain hiilidioksidia ja vettä (kuva 1). Menetelmällä tuotettuja rakenteita nimitetään yhteisesti keinopatinaksi, koska rakenteet muistuttavat koostumukseltaan luonnossa metallien pinnalle muodostuvia korroosiotuotekerroksia eli patinarakenteita. Ympäristöystävällisen keinopatinamenetelmän käytännön sovellukset löytyvät teräs- ja puolijohdeteollisuudesta, joissa menetelmä voi vähentää haitallisten kemikaalien käyttöä sekä nopeuttaa valmistusprosesseja.

Ensimmäisessä sovelluksessa menetelmällä voitaisiin parantaa galvanoidun teräksen maalattavuutta. Galvanoitu eli sinkitty teräs on käytetyimpiä rakennusmateriaa-

leja ulko-olosuhteissa kuten katoilla ja julkisivuissa. Galvanoidulta teräkseltä odotetaan käyttötarkoituksiensa vuoksi loistavaa korroosionkestoa sekä esteettisyyttä, minkä vuoksi materiaalin pinnat usein maalataan. Sinkkipinnan maalaaminen on kuitenkin haastavaa maalin huonon adheesion takia. Tyypillisesti adheesion parantamiseksi pinnat pyritään esikäsittelemään haitallisilla kemikaaleilla tai odottamalla luonnon patinan muodostumista, joka voi kestää jopa vuosia.

Keinopatinamenetelmä puolestaan hyödyntää vain hiilidioksidia ja vettä ja käsittely kestää minuuteista tunteihin riippuen halutusta pintarakenteesta. Menetelmä hyödyntää paineistettua hiilidioksidia, jossa käsiteltävä sinkkipinta asetetaan aluksi painekammioon. Paineammioon lisätään vettä sekä hiilidioksidikaasua, jonka painetta säädellään. Lopuksi kammiota lämmitetään. Lämpötilaa, painetta ja käsittelyaikaa säätämällä menetelmällä voidaan muodostaa erilaisia rakenteita (kuva 1) tai niiden sekoituksia.

Molemmat rakenteet ovat sinkkikarbonaattirakenteita erilaisessa kemiallisessa muodossa. Rakenne 2 on rakenteeltaan sinkkisälpä ( $ZnCO_3$ ), mutta rakenne 1 on tunnistamaton sinkkihydroksikarbonaatti (muotoa  $Zn_x(CO_3)_y(OH)_z$ ). Samaa rakennetta ei ole löydetty luonnosta eikä muilla menetelmillä syntetisoituna. Rakenne 1 on nanolangoista koostuva kerros, joka lisää galvanoidun teräksen pinnan ominaispinta-alaa johtaen parempaan maalin tarttuvuuteen. Rakenne 2 on puolestaan tiiviimpi kerros, joka parantaa entisestään galvanoidun

teräksen korroosionkestoa estämällä kosteuden ja ulkoisten epäpuhtauksien pääsyn metallisen sinkin pinnalle. Lisäksi rakenne 2 parantaa myös maalin adheesiota kemiallisen koostumuksensa vuoksi. Menetelmällä voidaan muodostaa samanaikaisesti myös molempia rakenteita, jolloin molempien rakenteiden hyödyt saadaan käytetyksi hyväksi, mikä on eduksi etenkin maalin tarttuvuussovelluksissa.

Maalin tarttuvuussovelluksen lisäksi keinopatinamenetelmällä tuotettuja rakenteita voidaan käyttää myös toisessa sovelluksessa eli puolijohdemateriaalin valmistuksessa. Rakenne 1 koostuu sinkkikarbonaattinanolangoista. Sinkkikarbonaatti ei ole puolijohde, mutta rakenteen kalsinoinnilla, eli rakenteen lämmittämällä se saadaan muuttumaan sinkkioksidiksi ( $ZnO$ ). Sinkkioksidi on puolijohdemateriaali, jota käytetään monipuolisesti esimerkiksi antibakteerisissa pinnoissa, kaasusensoreissa sekä aurinkopaneeleissa. Sinkkioksidinanolangat ovat haluttu sinkkioksidin muoto puolijohdesovelluksissa johtuen rakenteen korkeasta ominaispinta-alasta. Niiden valmistaminen nykyisillä menetelmillä on kuitenkin haastavaa, aikaa vievää ja tietyt menetelmät vaativat myös haitallisten kemikaalien käyttöä. Keinopatinamenetelmää käyttämällä sinkkioksidinanolankojen valmistus onnistuu vain yhden lisävaiheen eli lämmityksen kautta.

Tutkimuksessa keskityttiin keinopatinamenetelmän reaktioiden sekä mekanismien tutkimiseen. Keinopatinamenetelmän soveltuvuutta testattiin molemmilla sovellu-



salueilla erilaisin keinoin ja tulokset olivat lupaavia. Galvanoitujen maalattujen pintojen osalta keinopatinapinnat kestivät vuosia kestäneissä ulko-olosuhdetesteissä sekä paransivat maalin adheesiota. Nanolankojen puolijohdeominaisuuksia tutkittiin mm. alustavilla fotokatalyyttisillä testeillä. Sovelluskohtaiset lisätutkimukset ovat kuitenkin tarpeen todellisen soveltuvuuden osoittamiseksi sekä menetelmän optimoimiseksi teolliseen käyttöön soveltuvaksi.

Aaretti Kalevan väitöskirja ”Zinc Surface Functionalization: Artificial Patination with CO<sub>2</sub>” tarkastettiin Tampereen yliopiston tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnassa perjantaina 12.3.2021. Vastaväittäjinä toimivat tohtori Michael Rohwerder (Max Planck Institut für Eisenforschung, Düsseldorf, Saksa) sekä tohtori Ralph Bäbler (Federal Institute for Materials Research and Testing, Berliini, Saksa). Kustoksena toimi professori Erkki Levänen tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnasta. ▲



Tekniikan tohtori (DSc), 2021, Tampereen yliopisto  
Diplomi-insinööri (MSc), 2016, Tampereen yliopisto  
Pääaine: Materiaalitekniikka  
Sivuaaine: Teollisuustalous  
Product Deployment Manager,  
ColloidTek, 2019 – present  
Researcher and Doctoral student,  
Tampere University 2014 – 2020  
Quality specialist, Bodycote, 2012 - 2013  
Vieraileva tohtoriopiskelija Bordeaux yliopistossa,  
2019 and 2020 (2-3 months)

**Väitöstilaisuuden tiedot:**

Kustos: Prof. Erkki Levänen

Vastaväittäjät: Dr Michael Rohwerder ja Dr Ralph Bäbler

Paikka: Hervannan kampus Festian pieni Sali (Korkeakoulun katu 8, Tampere)

Aika: 12.3.2021 kello 12

Väitöskirjan nimi: Zinc Surface Functionalization: Artificial Patination with CO<sub>2</sub>

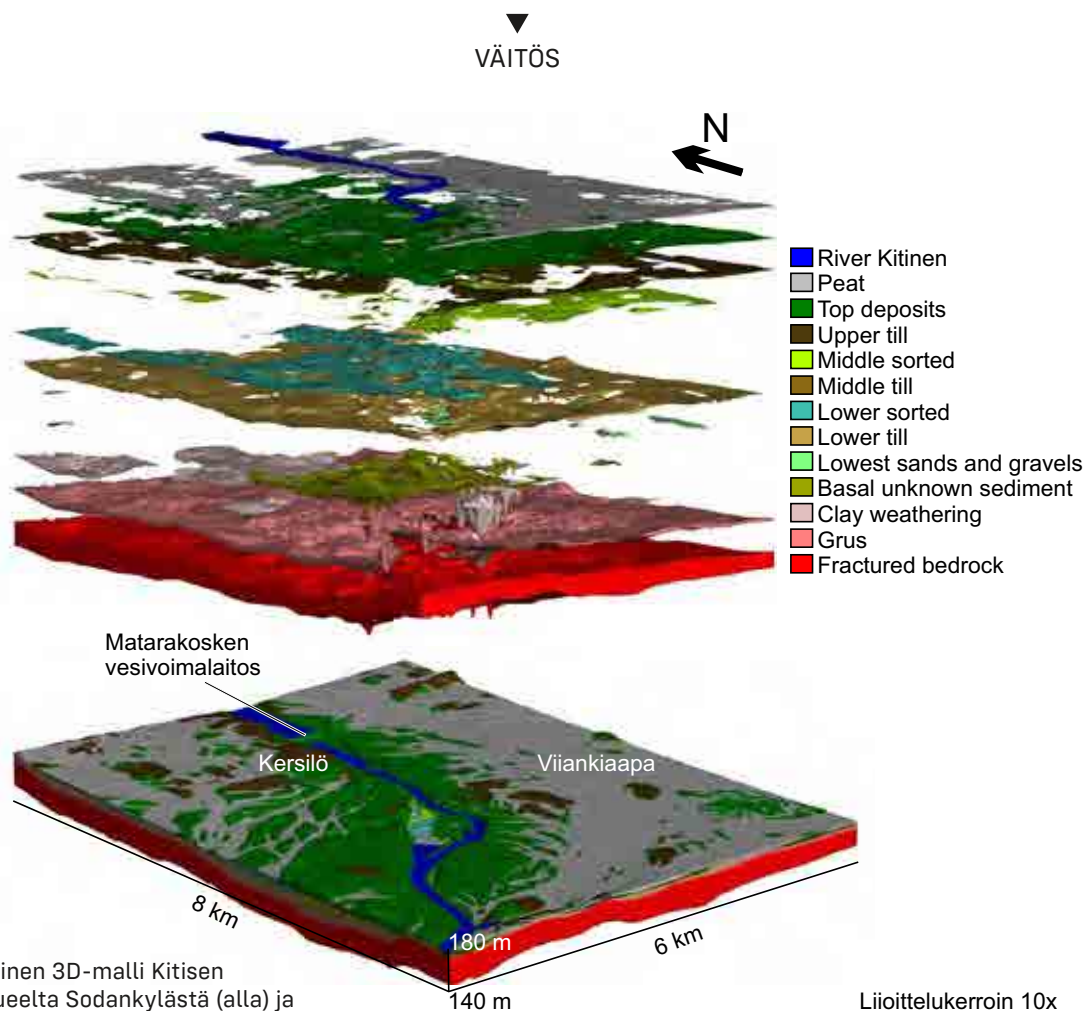
Väitöskirja saatavilla: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/124866>



**material solutions advancing life**

[www.sibelco.com](http://www.sibelco.com)

Mikkelänkallio 3, FI-02770 Espoo  
+358102179800



Kuva 1: Geologinen 3D-malli Kitisen jokilaakson alueelta Sodankylästä (alla) ja erotellut 3D-yksiköt (yllä)

Liioittelukerroin 10x

## The use of geological 3D models to unravel Weichselian glacial history in Central Finnish Lapland and their application in groundwater flow modelling

Geologisten 3D-mallien käyttö Veiksel-jääkauden tutkimuksessa Keski-Lapissa ja niiden hyödyntäminen pohjaveden virtausmalleissa

TEKSTI: ANNIKA ÅBERG

**K**eski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä, Sodankylän kunnassa, sijaitsee merkittävä Sakatin Cu-Ni-PGE-monimetalliesiintymä, joka sijoittuu Natura 2000 -suojellun Viiankiaavan länsiosan alle. Sakatin monimetalliesiintymää hyödynnettäessä on otettava huomioon kaivostoiminnan mahdolliset ympäristövaikutukset ja riskit, jotka liittyvät kallio-, pohja- ja pintavesiin ja tässä tapauksessa erityisesti Viiankiaavan suon hydrologiaan. Jotta Viiankiaavan alueen vesien liikkeitä ja yhteyksiä pystytään ymmärtämään,

on maaperän ja kallioperän vedenjohtavien rakenteiden tuntemus tärkeä lähtökohta.

Tässä väitöskirjassa tutkittiin maaperän ja rapautuneen kallion rakennetta sekä alueen jäätiköitymishistoriaa 3D-mallin avulla (Kuva 1). Apuna käytettiin myös maatutkausta, laajaa alueelta koostettua kairausaineistoa sekä geologisia leikkauksia. Tutkimusalue kattaa osan Kitisen jokilaaksoa, Viiankiaavan suon ja Sakatin Cu-Ni-PGE-monimetalliesiintymän alueen. Tämän lisäksi alueen jäätiköitymishistoriaa tutkittiin tarkan LiDAR-korkeusmallin ja

Geologian tutkimuskeskuksen 70-luvulla tuottamien leikkaushavaintojen avulla. Sodankylän alueen havaittuja jäätikön virtausuuntia verrattiin lähialueiden, Kittilän ja Sallan, havaittuihin virtausuuntiin.

Tutkimuksen mukaan alueen keskimäärin kahdeksan metriä paksussa maaperässä esiintyy kolme erillistä moreeniyksikköä sekä neljä sorasta ja hiekasta koostuvaa lajittuneen aineksen kerrosta. Alueella havaitut kolme moreenikerrosta ovat kerrostuneet Veiksel-jääkauden (11,7–115 ka) aikana, Varhais-, Keski- ja Myöhäis-Veikselinä tunnettuina



ajanjaksoina, kun taas näiden väliin kerrostuneet lajittuneen sedimentin kerrokset ovat muodostuneet näiden välisten interstadiaalien ja viimeisen jäätiköitymisen deglasiation aikana. Ylin Myöhäis-Veikselin (11,7–28 ka) moreeni on tutkimusalueella levinneisydeltään hajanaisempi ja keskipaksuudeltaan ohuempi kuin vanhempi, mahdollisesti Varhais-Veikselin (115–74 ka) aikainen moreeni. Näiden välissä havaittiin ohut ja epäjatkuva moreenikerros, joka OSL-ajoitusten (*optically stimulated luminescence*) perusteella on peräisin Keski-Veikselin ajalta (noin 60–40 ka). Tätä Keski-Veikselin jäätiköitymiseen liittyvää moreenikerrosta ei ole aikaisemmin havaittu Sodankylässä. Kyseisen kerroksen suuntaus yhtyi Keski-Lapissa oleviin Keski-Veikselin aikaan kerrostuneisiin noin pohjois-etelä-suuntaisiin harjujaksoihin.

Suuntauslaskuanalyysin mukaan selvät geomorfologiset muodostumat mm. harjut ja drumliinit Kittilän ja Sallan alueella vastaavat vanhempaa, mahdollisesti Varhais-Veikselin aikaista jäätiköitymistä, joka kulki luoteesta kaakkoon. Sodankylän alueen jäätikkösyntyiset geomorfologiset muodostumat olivat vähäisiä, mikä osoittaa alueen olleen Kittilän alueella sijainneen Kuusamon kielekevirran ja Sallan kielekevirran välistä aluetta. Myöhäis-Veikseliin liitetyt ylemmän moreenikerroksen suuntaukset kuvastivat enemmän läntistä jäätikön virtaussuuntaa.

Myöhäis-Veikselin jäätikkö on ollut pääosin kylmäpohjainen ja eroosiovoimaltaan heikompi verrattuna aikaisempaan jäätiköitymiseen alueella. Tämä näkyy myös verrattain laajalla alueella säilyneistä ylemmän moreenin alla olevista lajittuneen sedimentin kerrostumista. Myös laajat rapakallioesiintymät Sodankylän alueella osoittavat, että jäätikkökulutus on ollut vähäistä sen jäätiköitymishistorian ajan.



### Annika Åberg BIO

Annika Åberg väitteli tohtoriksi elokuussa Helsingin yliopistossa. Väitöskirjassaan Åberg selvitti Sodankylän alueen jäätiköitymishistoriaa geologisen 3D-mallinnuksen avulla. Tällä hetkellä Åberg työskentelee kaivosympäristön kokonaisvaltaisen 3D hydrogeologisen ja hydrogeokemiallisen rakennemallin kehitystyön parissa apurahatutkijana Helsingin yliopistossa. Annika valmistui filosofian maisteriksi 2013 Helsingin yliopistosta, minkä jälkeen hän työskenteli Helsingin alueen savien 3D-mallinnuksen parissa Geologian tutkimuskeskuksessa ennen väitöskirjatutkimuksen käynnistymistä.

3D-mallinnuksessa havaittiin, että 1970-luvulla kerätty moreenigeokemian aineisto soveltuu hyvin 3D-mallinnukseen, mutta se aliarvioi maaperän paksuuden timanttikairauksista saatuaan paksuuteen verrattuna. Alueen rapakallio on pääosin hiekkamaista *grus*-tyypin rapaamaa, jonka keskipaksuudeksi saatiin noin kuusi metriä. Pidemmälle kemiallisesti rapautuneen savisen rapauman keskipaksuus on 2,5 m, mutta paksuus vaihtelee alueittain. Havaitut keskipaksuudet ovat kuitenkin suuntaa-antavia, sillä rapakallion paksuuteen liittyvät havainnot sijoittuvat Viiankiaavan länsiosaan.

Tutkimuksen myötä valmistuneita 3D-malleja hyödynnettiin myös vertailemalla yksinkertaisempia ja yksityiskohtaisia 3D-hydrostratigrafisia rakenteita pohjaveden virtausmallinnuksen avulla. Tämä vertailu osoitti, että yksityiskohtaisemmat 3D-mallit ovat hyödyllisiä, mikäli pohjaveden pur-

kautumis- ja muodostumisalueita halutaan mallintaa ja alueen rakenteiden vedenjohdot ominaisuuksissa on runsasta vaihtelua.

Tässä tutkimuksessa osoitettiin, että 3D-mallinnus soveltuu alueen jäätiköitymishistorian tutkimiseen apuvälineeksi yhdessä perinteisten tutkimusmenetelmien kanssa. Tutkimuksen tuloksia on jo hyödynnetty Sakatin kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointiohjelmassa ja -selostuksessa. Lisäksi tutkimuksen 3D-malleja voidaan käyttää tulevaisuudessa mm. Viiankiaavan vesitaseen mallintamisessa ennen hankkeen toteutumista ja toiminnan aikana. ▲



Metallurgijaosto löytyy nyt myös Instagramista! Skanna oheinen QR-koodi ja ota sivumme seuraukseen, niin saat mielenkiintoisia päivityksiä liittyen jaoston toimintaan.



# TUOTTAVUUTTA NOLLAPÄÄSTÖILLÄ

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



## Sandvik juhlistaa Toro™-lastauskoneiden ja -dumppereiden 50-vuotistaivalta



TEKSTI: SANDVIK

▲ Sandvik viettää arvostettujen Toro™-lastauskoneiden ja -dumppereiden 50-vuotisjuhlaa. Ala ja asiakkaat ovat tunteneet tuotemerkin jo vuosikymmeniä, ja yhä tänäänkin härän kuva ja sana Toro™ edustavat rikasta historiaa ja lupaavaa tulevaisuutta.

### ENSIMMÄINEN LAJISSAAN: TORO™ 100DH, 1971

Sandvikin härän historia juontaa juurensa 3. päivään syyskuuta 1971, jolloin ensimmäisen Toro™-lastauskoneen moottori käynnistyi Tampereella. Toro™ 100DH -lastauskoneella oli ”massiivinen” 1,5 tonnin kantokyky. Myöhemmin suunnittelu ja tuotanto siirrettiin Turkuun, josta tuli Toro™-tuoteperheen kotipaikka.

Vuosien varrella Toro™ alettiin yhdistää Sandvikin lastauskoneiden ja dumppereiden lujuuteen ja luotettavuuteen kaikkialla maailmassa. Tuotenimeä ei käytetty aktiivisesti 15 vuoteen, mutta vuonna 2020 Sandvik otti sen uudelleen käyttöön, sillä nimi ei ollut painunut unholaan Sandvikin eikä asiakkaiden mielissä koko tuona aikana.

### TURVALLISEMPI. VAHVEMPI. ÄLYKKÄÄMPI

Nykyään Toro™-tuoteperheen suunnittelun lähtökohtia ovat turvallisuus, vahvuus ja älykkyys. Turvallisuus on kaikki kaikessa, kun työskennellään maanalaisessa kaivoksessa raskailla työkoneilla. Se on myös ykkösprioriteetti tuotesuunnittelussa. Ratkaisujen on oltava paitsi turvallisia koneiden käyttäjien ja huoltohenkilöstön kannalta,



myös perusteltuja vastuullisuuden näkökulmasta. Lujuus ja tehokkuus yhdistettiin jo alun alkaen Toro™-koneisiin, ja vankka rakenne, luotettavuus ja suorituskyky haastavimmissakin olosuhteissa ovat myös nykytarjonnan ytimessä. Nykyisen valikoiden kolmas tukijalka, älykkyys, kehittyy nopeasti. AutoMine®, OptiMine® ja muut Sandvikin edistykselliset järjestelmät ovat esimerkkejä digitaalisesta älykyydestä, mutta myös laitteiden ergonomia, helppo huollettavuus ja komponenttien sijoittelu edellyttävät muutoinkin kauttaaltaan fiksuja ratkaisuja.

### TUOTEPERHEEN UUSI JÄSEN:

#### TORO™ LH515i

Sandvik lanseerasi uuden i-sarjan Toro™ LH515i -lastauskoneen elokuun 2021 lopus-

sa. Koneen 15-tonnin kantokyky, kompakti koko, älykkyys ja järkevät huoltoratkaisut vastaavat asiakkaiden tuottavuus-, tehokkuus- ja digitaalisuusvaatimuksiin.

Toro™-tuoteperheessä on lastauskoneita ja dumppereita kaikissa kokoluokissa kaikille markkina-alueille. Tarjonnassa on lastauskoneita ja dumppereita dieselmoottorilla, sähkökäyttöisiä lastauskoneita sekä uutuutena akkukäyttöinen lastauskone.

## Hyvinvointia työstä ja opiskelusta

TEKSTI: **ILONA LEHTONEN**

KUVA: **TEIJA JÄRVENPÄÄ**

▲ Työ vaikuttaa ihmisen terveyteen lukemattomin eri tavoin – jo senkin takia, että noin 73 % suomalaisista 15–64 vuotiaista on työssäkäyviä (Tilastokeskus 2021). Työ on siis iso osa monen arjen rakentumista.

Käsitteenä työhyvinvointi ei ole yksiselitteinen, vaan se on monen eri tekijän summa. Työhyvinvointi on ajasta ja kulttuurista riippuvainen. Lisäksi käsite on subjektiivinen eli se tarkoittaa eri ihmisille erilaisia asioita. Työhyvinvointiin liittyy vahvasti merkityksellisyys sekä se, että työ mahdollistaa monia asioita. Työhyvinvointi on osa työyhteisön jokapäiväistä arkea eikä se muodostu vain yksittäisistä hyvinvointikampanjoista tai -tapahtumista, vaan vaatii hyvinvointiasioiden esille ottamista ja niiden omaksumista päivittäin.

Työ, joka on turvallista, terveellistä ja tuottavaa, on samalla työhyvinvointia tukevaa. Työhyvinvoinnin toteutuminen on sekä työntekijän että työnantajan vastuulla. Sen toteutumisen tulisi kohdistua laaja-mittaisesti esimerkiksi henkilöstöön, työympäristöön, työyhteisöön, työprosesseihin tai johtamiseen.

Myös opinnoissa jaksaminen ja menestyminen vaativat taustalle hyvinvointia. Opiskeluhyvinvointi rakentuu hyvin samankaltaisista asioista kuin työhyvinvointi, mutta päävastuu hyvinvoinnin toteutumisesta työnantajan sijaan on itse opiskelijalla. Onneksi oppilaitokset tarjoavat monenlaisia palveluita opiskelijoiden hyvinvoinnin tukemiseksi kuten opinnonohjausta, kuraattoripalveluita sekä terveydenhuoltopalveluita.

Muutama vinkki, joiden avulla jokainen meistä voi voida paremmin työ- ja opiskeluarjessaan:

- Palaudu riittävästi! Panosta yöuniin ja etsi omat tapasi rentoutua. Arjen kiireiden keskellä on tärkeää irtautua velvollisuuksista ja tehdä asioita, joista tulee hyvä olo ja mieli. Ulkoilu, puhelu ystävälle, koiran silittäminen tai leffan katselu voi toimia juuri sinulle.
- Syö mielekkäästi, monipuolisesti ja säännöllisesti. Opettele löytämään sinulle sopivat tavat päivittäisen ruokailun toteuttamiseen. Kokonaisuus ratkaisee, joten keskity isoihin linjoihin (kuten riittävään

kasvisten, hedelmien ja marjojen käyttöön) ja muista myös nauttia herkutteluhetkestäsi.

- Liiku sopivasti! Mieti, miten sinä liikut mieluiten. Lähdetkö metsälenkille, tanssitko olohuoneessa vai punnerratko leikkipuiston kiipeilytelineessä. Sinä päätät miten, tärkeintä on, että tulee liikutuksi.
- Asenne ratkaisee! Se, millä filiksellä lähdet töihin tai aloitat opiskelupäivän, vaikuttaa jaksamiseesi.
- Löydä omat tapasi nauttia arjesta ja voida hyvin :)

Porissa tammikuussa 2022 järjestettävillä rekrytointimessuilla pääsemme jatkamaan keskustelua hyvinvointiteemaan liittyvistä asioista samalla, kun tuomme työnantajat ja työntekijät yhteen SataRekry-messuille!

### Lähteet:

Työterveyslaitos 2021, Työhyvinvointi Työterveyslaitos 2021, Elintavat ja hyvinvointi  
Tilastokeskus 2021, Työllisten määrä  
SataRekryn järjestää Porin Nuorkauppakamari Ry  
Mikäli sinulla on kysyttävää messuista, ota yhteyttä: [info@satarekry.fi](mailto:info@satarekry.fi)  
Lue lisää nuorkauppakamaritoiminnasta: [www.jcpori.fi](http://www.jcpori.fi)

Satarekry-tiimi





# Ministereiltä tuki Pohjoismaiden yhteiselle raaka-ainestrategialle

TEKSTI: **OLLI SALMI**

Nordic Innovation julkaisi pari viikkoa sitten pohjoismaiden elinkeinoministereiden toimeksiannosta ansiokkaan koontiteoksen ja projektihaun Pohjoismaiden alueelta mahdollisesti saatavista kriittisistä raaka-aineista (<https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1593571/FULLTEXT02>). Vaikka julkaistu raportti on luonteeltaan tekninen, on sen poliittinen painoarvo merkittävä: ministerit allekirjoittavat ensimmäistä kertaa yhteisesti muotoillut haasteet, joita nk. vihreä siirtymä edellyttää. Kriittisistä raaka-aineista puhutaan usein ”uutena öljynä”, mutta jos yhteistyö ei toimi pohjoismaiden välillä ja EU:n tasolla uuden öljyn vastuullisessa hyödyntämisessä, on vaarana, että jäämme kehityksessä altavastajaksi.

Ministereiden raportti muistuttaa monista tutuista totuuksista, esimerkiksi siitä, että kierrätys ei yksin riitä kriittisten raaka-aineiden kysynnän kattamiseksi, ja että Pohjoismailla on eurooppalaisittain merkittävät malmivarat kobolttia, harvinaisia maametalleja, nikkeliä, platinaryhmän metalleja ja grafiittia. Oletuksena on, että erityisesti geotietoa lisäämällä myös primääriraaka-aineiden tuotanto saataisiin Pohjolas- sa nousuun.

Avainkysymys raaka-ainetuotannon kasvattamisessa ei kuitenkaan ole ainoastaan dataan tai tietoon liittyvää. Aivan selvästi ja todennäköisesti voimakkaammin uuden primäärinbisneksen toteutuminen riippuu poliittisista päätöksistä, jotka puolestaan tukevat kansalaisten odotuksiin ja mielikuviin kaivostoiminnasta. Tästä syystä onkin hämmästyttävää, että keskustelu pohjoismaiseen mineraalialan yhteistyöhön liittyvistä konkreettisista politiikkatoimista – samoin kuin politiikkasuosituksia tarjoava tutkimus – on loistanut poissaolollaan.

On todella positiivista, että Pohjoismaiden ministerit panostavat mineraalialan tutkimukseen monen vuoden tauon jälkeen, mutta herätys tulee melkein liian myöhään. Nyt olisi aika tukea geo- ja prosessi-puolen tutkimusta yhteispohjoismaisilla strategisilla linjauksilla.

EU:lla on varsin vahva raaka-ainestrategia jo vuosien takaa: vaikka varmasti jäsenmaiden tasolla eriäviä mielipiteitä löytyy, on EU:n tahtotila selvä. Komissaari Thierry Breton puki tämän hyvin sanoiksi Raw Material Summitissa kesäkuussa: Euroopalla on moraalinen velvollisuus tuottaa metalleja omasta maaperästään sen sijaan, että alkutuotantoon liittyvät sosiaaliset ja ekologiset riskit sysättäisiin muun maailman harteille.

Nyt, kun – kiitos osaltaan Nordic Innovationin koontityön – tiedämme, missä päin Eurooppaa kriittiset raaka-aineet sijaitsevat, näiden hyödyntämisestä tulisi linjata pohjoismaiden kesken. Ilmiselvä kilpailukyky näyttäisi löytyvän ekologisesta ja sosiaalisesta kestävydestä. Metallien, mineraalien, akkukemikaalien ja muiden puolivalmisteiden sekä lopputuotteiden kestävä valmistus ja koko tämän arvoketjun kestävyysden jäljitettävyyden ovat yhteispohjoismaisia vahvuuksia, joita tukee samanlainen yhteiskuntien arvopohja. Esimerkiksi akkukemikaalien osalta kapasiteetin rakentaminen on vasta alussa, ja kestävyyskriteerien mittaaminen edessä.

Pelkällä jäljitettävyydellä ei kuitenkaan kaivoksia tai tuotantolaitoksia rakenneta. Pohjoismaiden tulisi samalla panostaa yhteiseen käytännön tason agendaan, jolla varmistetaan uusien malmioiden ja prosessilaitosten käyttöönotto. ▲

# SSAB käynnisti tutkimushankkeen terästuotannon fossiilisten polttoaineiden korvaamiseksi uusiutuvalla energialla

DIMECCin fasilitoimassa FFS-hankkeessa tavoitteena on selvittää uusien vihreiden energiamuotojen eli vedyn, biohiilen ja biokaasun tuotannollisia ratkaisuja.

TEKSTI: **SSAB, DIMECC**

SSAB on käynnistänyt Suomessa mittavan tutkimushankkeen, ”FFS – Towards Fossil-free Steel”, jossa yhdessä teollisuus- ja tutkimuskumppaneiden kanssa selvitetään eri ratkaisuja ja vaihtoehtoja fossiilivapaan teräksen tuottamiseksi ja siten keinoja luopua fossiilisen energian käytöstä kokonaan.

SSAB:n tavoitteena on olla täysin fossiilivapaa ja poistaa yhtiön fossiiliset hiilidioksidipäästöt vuoteen 2045 mennessä. Tämän mahdollistaa uusi HYBRIT-teknologia, jossa malmipohjaisen teräksen tuotannon hiilidioksidipäästöistä noin 90 % aiheuttava masuuniprosessi korvataan valokaariuuniteknikalla käyttäen vihreällä vedyllä pelkistettyä rautasientä. Tämä poistaa fossiilisen kivihiilen käytön teräksen tarvitseman raaka-auran tuotannosta, ja loput tuotannon tarvitsemista fossiilista polttoaineista korvataan biokaasulla tai prosesseja sähköistämällä. Masuunien korvaaminen valokaariuuneilla alkaa Ruotsin Oxelösundista 2025, jolloin fossiilivapaata terästä tuotetaan jo kaupallisia määriä ja sen jälkeen vuorossa ovat Raahan ja Luulajan masuunit.

Kesällä käynnistynyt Towards Fossil-free Steel -tutkimushanke tukee SSAB:n strategista tavoitetta siirtyä vaiheittain kohti fossiilivapaata teräksentuotantoa kartoittamalla ratkaisuja ja vaihtoehtoja terästuotannon fossiilisten polttoaineiden korvaamiseksi uusiutuvalla energialla. DIMECCin fasilitoimassa FFS-tutkimushankkeessa tavoitteena on selvittää uusien vihreiden energiamuotojen eli vedyn, biohiilen ja biokaasun tuotannollisia ratkaisuja terästeollisuudelle. Lisäksi tutkitaan vetypelkistetyn rautasiemen sulattamista valokaariuunissa, fossiilivapaan kalkan valmistusta sekä uusia ratkaisuja teräksenvalmistusprosesseissa syntyvien sivutuotteiden hyödyntämiselle.

FFS-hankkeessa rakennetaan myös tarvittavaa uutta osaamista ja tuetaan miljardiluokan investointipäätöksiä, joilla vastaavasti edesautetaan Suomen hiilineutraalisuusta-



KUVA SSAB

Kesällä käynnistynyt Towards Fossil-free Steel -tutkimushanke tukee SSAB:n strategista tavoitetta siirtyä vaiheittain kohti fossiilivapaata teräksentuotantoa.

voitetta. Hankkeen kokonaisbudjetti kahden vuoden aikana on 10,7 miljoonaa euroa, ja Business Finland tukee hanketta 5,6 miljoonalla eurolla.

”FFS-hankkeessa korostuu tutkimusyhteistyön rakentaminen merkittävien kotimaisten energiasektorilla toimivien yritysten kanssa muun muassa niin sanotun vihreän vedyn alueella. Hankkeen haasteena on yhdistää uusi tuotantoteknologia, uudet energiamuodot ja vaativien lujien terästen valmistus taloudelliseksi kokonaisuudeksi ottaen huomioon kestävä kehitys”, kertoo hanketta SSAB:llä johtava prosessikehityspäällikkö Jarmo Lilja SSAB:n Raahan tehtaalta. SSAB:n Raahan tehtaalla tekninen suunnittelu siirtymiseksi fossiilivapaaseen teräksentuotantoon käynnistyi vuonna 2020.

FFS-hankkeen yrityskonsortion muodostavat SSAB, Ovako, Fortum, Valmet, Nordkalk, Tapojärvi ja Luxmet. Hankkeen tutkimusosiossa mukana ovat Oulun yliopisto, VTT ja Åbo Akademi. Hanketta tukevia yrityksiä ovat myös ABB, Andritz ja Finnse-

mentti. Hanke on osa Metallinjalostajat ry:n strategista tutkimusagendaa, jonka pohjana on Suomen tavoite olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä.

”FFS-hanke tarjoaa erinomaisen mahdollisuuden tutkia vetypohjaisen teräksen valmistuksen kannalta kriittisiä valmistusvaiheita ja niissä esiintyviä ilmiöitä. Uskon, että FFS-konsortiossa tullaan yhtenä ensimmäisistä toimijoista maailmassa ratkaisemaan tutkimuksen avulla haasteet prosessiketjun joustavan toiminnan ja metallurgisen laaduntuottokyvyn varmistamiseksi”, sanoo professori Timo Fabritius Oulun yliopistosta.

”Fossiilivapaa teräs avaa uusia mahdollisuuksia myös koneenrakentajille. Teräksen käytön avulla laite- ja koneenvalmistajat pystyvät alentamaan tuotteidensa hiilijalanjälkeä. FFS-hanke rakentaa tietä suomalaiselle fossiilivapaalle terästuotannolle ja mahdollisuuden koneenrakentajille käyttää kotimaista ympäristöystävällistä terästä tuotteissaan”, toteaa ohjelmapäällikkö, tohtori Seppo Tikkanen DIMECC Oy:stä. ▲



**HANNA LAMPINEN**ON KAIVOSTEOLLISUUS RY:N  
YMPÄRISTÖASiantuntija

## Monia tekoja monimuotoisuuden puolesta

Luonnon monimuotoisuus kasvaa yhä tärkeämmäksi teemaksi myös kaivosteollisuudelle.

Ilmastonmuutos on tämän päivän suurin uhka luonnon monimuotoisuudelle, sillä ilmaston lämpeneminen uhkaa monien lajien selviytymistä. Kaivosteollisuudella on keskeinen rooli ilmastonmuutoksen torjunnassa. Vihreä teknologia kasvattaa monien metallien kysyntää, mikä puolestaan lisää kaivoksien tarvetta.

Toisaalta kaivostoiminta itsessään vaikuttaa väistämättä luonnon monimuotoisuuteen. Siksi kaivosteollisuus tekee paljon työtä minimoidakseen oman toimintansa haitat tehostamalla prosesseja ja investoimalla moderniin teknologiaan. Sitä edellyttävät kaikki sidosryhmät tavallisista kansalaisista viranomaisiin ja osakkeenomistajiin saakka.

Suomen ympäristökeskuksen SYKE:n mallinnus kertoo, että kaivostoiminta ja louhinta supistavat luonnon monimuotoisuutta huomattavan vähän moniin muihin toimialoihin verrattuna. Kaivoksen vaikutukset ovat kuitenkin paikallisesti näkyviä.

Vesienkäsittely on kaivosten tärkeintä työtä luonnon monimuotoisuuden puolesta. Vesienkäsittelyteknologia onkin kehittynyt viime vuosien aikana merkittävästi. Vesien kierrätys on lisääntynyt ja vesien puhdistus on parantunut.

### **Kehitysaskeleita yhteistyöllä**

Kestävän kaivostoiminnan verkostossa kaivosalan yritykset kohtaavat muun muassa ympäristöliikkeen ja maatalouden edustajia. Verkoston tavoitteena on jakaa tietoja ja kokemuksia sekä kehittää kotimaisten kaivosten toimintatapoja entistä vastuullisemmiksi.

Verkosto on kehittänyt muun muassa luonnon monimuotoisuuden säilyttämisen arviointityökalun. Se auttaa yhtiöitä kehittämään valmiuksiaan toimintansa seuraamiseen

ja parantamiseen sekä luo perustan toiminnan auditoinnille.

Kansainvälisellä hallitusten välisellä Arktisella neuvostolla puolestaan on pitkäaikainen ohjelma CAFF (Conservation of Arctic Flora and Fauna). Tuon ohjelman puitteissa on rakennettu malleja arktisten lajien ja elintapojen suojelemiseksi. CAFFin varsinaiset jäsenet ovat viranomaistahoja eri maista, mutta sen työhön on osallistunut useita kaivoskonserneja, jotka ovat myös Kaivosteollisuus ry:n toiminnassa mukana.

Myös 150 valtion biodiversiteettisopimus (The Convention of Biological Diversity) on vauhdittanut keskustelua siitä, miten luonnon monimuotoisuuden huomioon ottamista voidaan kehittää energia- ja kaivosalalla.

### **Vapaaehtoinen kompensatio yleisty**

Luonnon monimuotoisuus voidaan ottaa huomioon koko kaivostoiminnan ketjussa lukemattomilla tavoilla. Jo rakennusvaiheessa on syytä arvioida esimerkiksi, millaisia lajeja kaivosalueella on ja miten tiet rakennetaan niin, että ne vaikuttavat mahdollisimman vähän biodiversiteettiin.

Toiminnan aikana täytyy arvioida esimerkiksi vesien, varastoinnin, sivukivien ja kuljetusten vaikutusta biodiversiteettiin.

Yritykset tekevät yhä enemmän myös vapaaehtoista kompensatiotyötä esimerkiksi suojelemalla luontoa kaivosalueen ulkopuolella tai rakentamalla pesimäalueita eläimille.

Malminetsintä- ja kaivosyhtiöt tuottavat myös runsaasti luontotietoa kulloinkin kyseiseltä alueelta, kun ennen töiden aloittamista tehdään kattavat luontoselvitykset, jotta työt voidaan suunnitella mahdollisimman paljon luontoa säästävästi.▲



**KIMMO JÄRVINEN**  
TOIMITUSJOHTAJA  
METALLINJALOSTAJAT RY  
P. 043 825 7642

## Fit For 55 – CBAM-direktiivi Komission hiilirajamekanismiehdotus jättää liian paljon yksityiskohtia auki

Heinäkuussa julkaistu Fit For 55-paketti sisältää yhteensä 13 eri lainsäädäntöehdotusta ja -muutosta, joiden tavoitteena on päivittää EU:n ilmasto- ja energialainsäädäntöä siten, että jäsenmaat pystyvät vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään kustannustehokkaalla tavalla. Päästökaupan osalta vuoden 2030 vähennystavoitteeseen pyritään päästöoikeuksien määrän vähentämisellä efektiivisesti vuosittain 4,2 % eli 82 Mt CO<sub>2</sub> vuodesta 2021 lähtien (aikaisemmin 2,2 %) ja kertaluontoisella päästöoikeuksien vähentämisellä arviolta 117 miljoonaa tonnia vuonna 2024. Tämän lisäksi komissio esittää vertailuarvojen kiristämistä aikaisempaa enemmän eli 2,5 % vuosittain (johtaa vertailuarvojen puolittamiseen vuoteen 2030 mennessä). Komission oman vaikuttavuusanalyysin mukaan tämä kaikki nostaa päästöoikeuden hintaa tasolle 85 euroa/t vuoteen 2030 mennessä. Näin merkittävä päästöoikeuden hinnan nousu moninkertaistaa EU:n teollisuuden ilmastokustannukset ja heikentää yritysten kilpailukykyä suhteessa EU:n ulkopuolisiin tuottajiin niin EU:n sisämarkkinoilla kuin myös EU:n vientimarkkinoillakin.

Päästöoikeuskustannus on merkittävä lisäkustannus EU:ssa toimiville yrityksille niin EU:n sisämarkkinoilla kuin vientikaupassakin. Tämä siitä huolimatta, että EU:n teollisuuden päästöt ovat jo nyt pienempiä kuin muualla maailmassa keskimäärin. Esimerkiksi Suomessa tuotantoprosessien sähköistäminen on viety pidemmälle kuin missään muussa kilpailijamaassa. Voimakkaasti nouseva päästöoikeuden hinta heikentää teollisuuden kannattavuutta ja siten yritysten kykyä investoida edelleen vähähiiliteknologiaan ja heijastuu väistämättä myös tuotteiden hintaan nostaten järjestelmän piiriin kuuluvien tuotteiden käyttäjien tuotantokustannuksia.

Oleellinen osa komission Fit For 55-esitystä on hiilirajamekanismin (CBAM) käyttöönotto. CBA-mekanismilla on tarkoitus torjua hiilivuotoriskiä velvoittamalla tuojat lunastamaan päästösertifikaatteja valittujen tuotteiden (sähkö, sementti, lannoitteet ja alumiini) tuonnille EU:n ulkopuolelta.

Sertifikaatti on käytännössä rajalla perittävä maksu, jonka tarkoitus on tasata kilpailukykyä eurooppalaisen tuotannon ja isommilla päästöillä tuotetun tuontitavaran välillä EU:n sisämarkkinoilla. Mekanismi yksi kiistellyimpiä kohtia on se, että se ei ota huomioon globaalisti toimivien EU-yritysten vientiä, sillä päästöistä aiheutuvia kustannuksia - johtuivat ne sitten päästökaupasta tai tuoduista raaka-aineista maksetuista hiilitullimaksuista - ei palauteta yrityksille, kun tuotteet vie-dään EU:n ulkopuolelle. Tämä nostaa EU:ssa valmistettujen kaikkien tuotteiden hintaa verrattuna EU:n ulkopuolella valmistettuihin tuotteisiin murentaen siten niiden kilpailukykyä. Tästä johtuen, vaikka CBAMin tavoitteena onkin estää hiilivuotoa, on mahdollista, että se itseasiassa pahentaa hiilivuotoa.

### **Komission CBAM-esityksen plussat ja miinukset:**

- + Vuosille 2023-2025 CBAM-sektoriin kuuluville tuontituotteille asetetaan vain päästöraportointivelvoite, jonka jälkeen, vuosille 2026-2036, tuojille asetetaan asteittain nouseva, EU:n päästökauppajärjestelmän päästöoikeuden hintaan ja tuontituotteen päästöihin perustuva velvoite lunastaa tuontisertifikaatteja.
- + CBA-mekanismi kohdistetaan aluksi ainoastaan valittujen tuotteiden suoriin päästöihin, koska epäsuorien kustannusten liittäminen siihen on osoittautunut haastavaksi. Komission tarkoituksena on kuitenkin lisätä myös epäsuorat kustannukset sekä raaka-aine ja kuljetuskustannukset mekaniismiin myöhemmin.
- Sektoreille, joihin sovelletaan CBA-mekanismia, ilmaisjakoa pienennetään ”normaalin” vähennyksen lisäksi 10 % vuodessa ja CBA-mekanismi sovitetaan korvaamaan ilmaisjaon vähentyminen (ilmaisjako pienenee 50 % vuoteen 2030 mennessä ja loppuu vuonna 2036).
- Useat mekaniismin toteutukseen liittyvät merkittävät yksityiskohdat kuten päästölaskelmien sekä päästösertifikaattien laskenta toteutetaan komission delegoiduilla tai täytän-



töönpanosäädöksillä, jolloin parlamentin ja jäsenmaiden vaikutusmahdollisuus rajoittuu esityksen hyväksymiseen tai hylkäämiseen.

- CBAM-tulojen osalta komissio esittää, että ne tulee kokonaisuudessaan käyttää EU:n budjetin rahoitukseen.

### CBAM-vaikuttaminen tiivisty

Komission julkistus on selkeästi kiihdyttänyt CBAM-sisältövaikuttamista. Euroopan parlamentti nimitti oman vaikuttamistyönsä vetäjäksi MEP Mohammed Chahimin (S&D, NL). Suomen Laura Huhtasaari on ryhmän varjoraportoija. Ryhmä on jo julkaissut ensimmäiset mietintönsä siitä, kuinka mekanismin vaikutusta pitäisi tehostaa. EU-neuvosto on ad-hoc-työryhmässään käsitellyt komission esitystä ja muodostaa parhaillaan kantaansa siihen. Se myös harkitsee kansallisten vaikuttavuusanalyysien tekemistä. Useimmat eurooppalaiset toimialajärjestöt sekä ympäristöjärjestöt puivat esitystä ja teettävät omalta osaltaan vaikuttavuusanalysejä. Merkittävimmät EU:n kauppakumppanit kuten Kiina, USA, Venäjä ja Turkki jatkavat omalta osaltaan esityksen vaikutusten ja mahdollisten vastatoimien arviointia. Ehkä mielenkiintoi-

sin uusin vaikutusarvio julkistettiin ilmastonmuutokseen keskittyvien ajatushautomoiden E3G ja Sandbag toimesta elokuussa. Selvityksen tilaajana toimi Energy Foundation China. Raportin kolme tärkeintä havaintoa olivat: 1) epäsuoria päästöjä ei oteta mukaan, koska se lisäisi järjestelmään tarpeetonta monimutkaisuutta; 2) komission ehdottama suunnitelma ei kannusta hiilestä irtautumiseen kolmansissa maissa, koska se kattaa vain kolme prosenttia EU:n tuonnista. Sen sijaan se antaisi EU:lle mahdollisuuden kerätä 15,9 miljardia euroa vuodessa (päästöoikeuden hinta 60 euroa/t) mikäli ilmaisista päästöoikeuksista luovutaan; 3) metalleja käyttävissä tuotteissa, kuten tuulivoimalat tai autot, hintavaikutus arvoketjussa on lähes merkityksetön (komissio on itse esittänyt, että esim. teräksen osalta vaikutus vastaisi noin 4,2 % tuontitullia ja alumiinin 0,9 % tuontitullia). Kirjoittajat katsovat myös, että CBAM ei vaikuta Kiinan vientiin EU:hun merkittävästi. Kiekkotermein ilmaistuna: alkukarsinnat on käyty, nyt ovat meneillään semifinaalit. Finaali käydään reilun vuoden kuluttua, kun instituutiot ryhtyvät neuvottelemaan keskenään muutosehdotusten hyväksymisestä. ▲

<https://sandbag.be/index.php/2021/08/30/new-study-shows-limited-trade-impacts-of-european-carbon-border-adjustment-mechanism/>



INSINÖÖRI,  
MAAILMA ON SINUN

**SWECO JATKAA KAIVOSALAN OSAAMISEN VAHVISTAMISTAAN JA OLEMME PERUSTANEET UUDEN MINING, MINERALS AND WATER -TIIMIN.**

Haluamme olla entistä vahvemmin mukana kaivosteollisuuden projekteissa Suomessa ja ulkomailla. Haemme nyt joukkoomme mm. **hydrometallurgia, rikastusinsinööriä, kaivossuunnittelijaa sekä resurssigeologia.**

Hae joukkoomme osoitteessa [www.sweco.fi/ura](http://www.sweco.fi/ura) tai kysy lisää:  
Sari Koivisto | p. 0405250041 | [sari.koivisto@sweco.fi](mailto:sari.koivisto@sweco.fi)

**SWECO** 

# Hipsu Hiilen ihmeelliset seikkailut

## Osa 17: Hipsun suuri koesarja

Tasapainomaan talvi alkoi olla ohitse. Paikat olivat vielä umpijäässä, mutta päivä alkoi jo pidentyä ja lämpötilakin alkoi vähän kerrassaan hiipiä lähemmäksi päiväkierrrossaan verkalleen korkeammalle kiipeävän auringon myötä. Hipsun edellisenä syksynä kokoamat rauta-hiiliatomien yhteisöt (katso edellinen tarina) lepäsivät edelleen täysin liikkumattomina tasapainomaan reunalla kohoavan energiajyrkänteen alla ja Hipsu itse oli unessa ystäväyhteisössään jyrkänteen päällä. Koesarjaa varten kootut kivet olivat edelleen rivissä jyrkänteen reunalla paikoissa, joihin Hipsu oli ne sarjaa valmistellessaan kantanut.

Hipsu säpsähti hereille ja raotti toista silmäänsä. Se pelkäsi nukkuneensa pommiin ja koko koesarjan menneen sitä myöten pilalle. Helpotukseksen se näki, että ympärillä vallitsi vielä täysi talvi ja lämpötila oli edelleen kauden alhaisimmissa lukemissaan. Hipsu ei kuitenkaan uskaltanut enää jäädä lepäilemään, vaan avasi toisenkin silmänsä ja alkoi suunnitella tulevia toimiaan.

Se muisti päättäneensä syksyllä tehdä yhden kokeen täyssissä talviolosuhteissa ja varanneensa toisen ylimääräisen kokeen mahdollista yksittäistä epäonnistumista varten.



Hipsu halusi näet kaikkien sarjan kokeiden tulevan tehdyiksi lämpötilaa lukuun ottamatta täysin samanlaisissa olosuhteissa. Se tilanne, jossa Hipsu oli ensi kertaa havainnut rauta-hiiliatomien yhteisön haurastumisen matalissa lämpötiloissa, ei näet Hipsun mielestä vastannut olosuhteiltaan riittävästi nykyistä tarkkaan suunniteltua koesarjaa.

Hipsu päätti pian, että oli oikea aika tehdä sarjan ensimmäinen, matalimman lämpötilan koe ennen kuin lämpötila alkaisi liiaksi nousta talven lukemista. Se suurensi kokonsa ja totesi helpotukseksen voivansa liikkua riittävästi hyttävästä kylmyydestä huolimatta. Se käveli jyrkänteen reunalla olevan kivirivin kauimmaiseen päähän ja kurkisti alas reunalta. Todettuaan, että sarjan ensimmäinen koe yhteisö oli edelleen paikoillaan, Hipsu vieritti ensimmäisen kiven reunalle ja päästi sen putoamaan alas.

Seuratessaan kiven putoamista Hipsu säikähti, kun kivi näytti aluksi putoavan liian lähelle jyrkänteen seinämää ja osuvan kokonaan sivuun tähtäimessä olevasta yhteisöstä. Sittemmin kivi kuitenkin hipaisi hiukan jyrkänteen seinää, kimposi kauemmaksi ja osui lopulta maaliyhteisön reunaan juuri sille paikalle, johon yhteisöön oli jätetty pieni järjestäytymisvika. Kuului terävä paukahdus, ja yhteisö halkesi siististi kahteen

SOFI PERIKANGAS SOFIISTUDIO.COM



”Silloin Hipsu näki, että lämpötilan lähettämä pikkulintu, taisi olla pulmunen, lensi pohjoisen suuntaan ja laskeutui Hipsun yhteisön lähelle. Se visersi Hipsun korvaan lämpötilan lähettämän viestin...”



erilliseen osaan aivan niin kuin Hipsu oli olettanut tai ainakin toivonut käyvän.

Hipsu painoi vielä mieleensä sen, että lämpötilalta pitäisi kysyä tämän kokeen ajankohdan tarkka lämpötilalukema ja tallettaa se muistiin. Tyytyväisenä sarjan ensimmäisen kokeen onnistumisesta Hipsu käveli takaisin ystävyyhteisönsä luo, pienensi kokonsa ja asettui vielä levolle odottamaan lämpötilan kanssa sovittua viestiä seuraavan kokeen ajankohdasta.

Vierähti muutama päivä, taisi mennä kokonainen viikko, ellei kaksikin. Hipsu havahtui jälleen hereille ja näki, että muutamat muutkin yhteisön atomit alkoivat liikhadella unissaan. Varsinkin pienet hiiliatomit vaikuttivat jo hiukan levottomilta ja käännähtelivät sijoillaan.

Silloin Hipsu näki, että lämpötilan lähettämä pikku lintu, taisi olla pulmunen, lensi pohjoisen suuntaan ja laskeutui Hipsun yhteisön lähelle. Se visersi Hipsun korvaan lämpötilan lähettämän viestin, jonka mukaan ensimmäinen sovittu talvilämpötilaa korkeampi testauslämpötilan arvo olisi tällä kohdalla kahden auringon kierron päästä. Hipsu kiitti viestin tuojaa, joka hetken levähdettyään jatkoi matkaansa kohti pohjoista.

Kahden auringonkierron mentyä Hipsu suurensi taas kokonsa ja käveli jyrkänteen reunalla olevan kivirivin kauimmaiseen päähän. Kurkistettuaan tarkistuksen vuoksi alas reunalta ja todettuaan kaiken olevan kunnossa Hipsu vieritti seuraavan kiven reunalle ja sysäsi sen ensimmäistä kiveä voimakkaammin reunan yli. Nyt kivi putosi alas häiriöittä ja osui maaliyhteisönsä lähes paikalleen, vain pari atomiriviä sivuun tarkoitettusta kohdasta.

Yhteisö halkesi edelleen paukahtaen, mutta katsoessaan tarkemmin Hipsu huomasi, että puolikkaat eivät olleetkaan täysin erillään toisistaan. Ne olivat kiinni toisissaan hyvin pieneltä matkalta kohdassa, joka oli kaikkein kauimpana kiven iskukohdasta. Hipsu pani tämän merkille ja päätti käydä tarkastelemassa tuota kohtaa lähemmin, kun aikaan tuli aika kavuta alas jyrkänteeltä ja mennä tervehtimään, tutkimaan ja kiittämään koe yhteisöjä. Se palasi jäl-

leen ystävyyhteisönsä ja jäi odottamaan viestiä seuraavan kokeen ajankohdasta.

Seuraava viesti tulikin jo muutaman päivän päästä kiu-run tuomana. Hipsu suurensi taas kokonsa, käveli kivirivin päähän ja rutiinomaisen tarkastuksen jälkeen pudotti kiven, joka osui melkein yhtä hyvin kohdalleen kuin aikaisemmatkin kivet. Maaliyhteisöön syntyi nytkin halkeama, mutta yhteisön puolikkaat olivat edelleen kiinni toisissaan, nyt lähestulkoon neljänneksen matkalla yhteisön halkaisijasta.

Seuraavat viestit tulivat sitten taas hiukan nopeammin ja Hipsu suoritti kokeet jo rutinoitusti. Peipposen tuoman viestin jälkeisessä kokeessa yhteisöön syntynyt halkeama eteni vain vajaan puoleen sen halkaisijasta. Vastäräkin välittämän viestin jälkeen, kun yhteisöjen atomit olivat jo täysin hereillä ja valmiita liikekannalle, yhteisöön syntyi vain hyvin vähäinen halkeama iskukohtaan ja muuten yhteisö jäi ehjäksi, joskin muotoaan hiukan muuttaneeksi.

Lopulta tuli sitten pääskynen ja kertoi lämpötilan saavuttavan kesän lukemat tuota pikaa. Hipsun kokeessa yhteisöön ei enää syntynyt halkeamia, mutta iskukohta painui selvästi kuopalle. Hipsu päätti vielä toteuttaa viimeisen ylimääräisen kokeensa kevään kuumimpana päivänä, jolloin lämpötila oli korkeimmissa lukemissa miesmuistiin. Innoissaan koesarjansa onnistumisesta Hipsu tuli tönäisseksi viimeistä kiveä vähän liian lujaa ja se putosi maaliyhteisön reunan sijasta sen keskelle. Aikaisempien kilahdusten sijasta iskun ääni muistutti nyt enemmän kopsahdusta ja yhteisö painui keskeltä kuopalle kuppimaiseen muotoon.

Koesarjan tultua suoritetuksi Hipsu huuteli jyrkänteen laelta kiitokset siihen osallistuneille yhteisöille ja pyysi niitä pysymään vielä aloillaan niin kauan, että hän ehtisi käydä tutkimassa yhteisöissä syntyneet rakenteelliset muutokset. Jyrkänteen laella olleen ystävyyhteisönsä kanssa Hipsu piti pienet kekkerit onnistuneen koesarjan kunniaksi ja lähti sitten tutkimuksiaan suorittamaan. Mitä Hipsu näissä tutkimuksissa havaitsi ja millaisia johtopäätöksiä se koesarjasta teki, siitä kerrotaan seuraavassa tarinassa. ▲





PERTTI VOUTILAINEN

## Omituiset olumpialaiset ja muita sattumuksia

Päättymäisillään olevan vuoden huomattavin mediatapahtuma varmasti olivat Tokion olympialaiset. Television ansiosta ne sujuivat hyvin ilman yleisöäkin. Päätin käyttää paljon aikaa uusien lajien opetteluun. Ensimmäiseksi valitsin golfin, jota en aiemmin ollut oppinut ymmärtämään. Urheiluselostaja kertoi pelaajan olleen ”raffissa”, josta siirtyi yrittämään ”böödiputtia”. Raffia en ymmärtänyt, mutta böödin arvasin pikkulinnuksi. Seuraavaksi hän kertoi ”bogista”, jota en löytänyt lintukirjasta. Vielä esiin tuli ”iigle”, joka siellä lienee ollut vaanimassa pikkulintuja. Varmaankin kotkaa isommat otukset eivät mahdu pieniin reikiin. En päässyt selville, miten böödille kävi, kun pelaajan yllättäen sanottiin olevan ”baarissa”. Se kuulosti kiinnostavalta, mutta vielä ihmeellisemmäksi tilanne muuttui, kun pelaaja äkkiä olikin ”kaksi alle baarin”. ”Takaysin” hän kyllä kertoi kunnolla selvittäneensä. Tässä vaiheessa tuli mieleeni Veikko Lavin laulusta tuttu kysymys: ”Kuka tästä kaikesta selvän saa”. Johtopäätökseni oli, että golf edelleen on eliitille tarkoitettua urheilua, josta meikäläisen yksinkertaisen maalaiseläjän on viisasta pysyä erossa. Lintuja on parasta jahdata haulikolla. Tosin kaikki böödit ja iiglet ovat rauhoitettuja.

Kun ei golf houkuttanut, katselin muitakin uudempia lajeja. Mutta eipä asia siitä paremmaksi muuttunut. Seinäkiipeily ja erilaiset tempuilut rullalautoilla eivät sytyttäneet. Palasin perinteisten suomalaislajien pariin. Ihastuin Sara Kuivistoon, Topi Raitaseen, Lassi Etelälatoon ja Matti Matssoniin, jotka kaikki esiintyivät hienosti. Heissä on oikeaa taisteluhenkä. Naisnyrkkeilyn kieltäisin, jos diktaattori olisin. On se vaan niin vastenmielistä ja rumaa katsottavaa, että ei sitä pitäisi lasten valveilla ollessa näyttää. Eikä kovin kauniilta näytä painikaan. Kuviointi oli kivaa katsottavaa, vaikka suorituspisteiden määräytyminen jäi arvoitukseksi. Taisi pohjanoteeraukseksi jäädä jousiampujamme rikkinäinen työväline. Tarkempana tulisi kalliille kisamatkalle lähtiessä olla, jotta matkatavaroissa olisi mukana vain ehjiä ja toimivia välineitä.

Koronan asettamista rajoituksista huolimatta olympiakisat oli oikein järjestää. Kiva oli nähdä upeiden nuorten ihmisten riemu mahdollisuudesta osallistua kilpaan ja kohdata maailman kaikilta kulmilta ja erilaisista kulttuurista tulevat kisatoverit. Vaikea on keksiä parempaa tapaa edistää yhteisymmärryksen leviämistä kansojen kesken. Tämä pätee myös paralympialaisiin, joita katsoessa silmäkulma kostui.

Toisenlainen maku jäi Pietarin jalkapallomatkailusta. Viranomaiset olivat neuvoneet faneja pysymään kotona kisa-kaupungin katastrofaalisen koronatilanteen vuoksi. Siitä

huolimatta tuhannet ihmiset uhmasivat neuvoa ja kävivät hakemassa uuden pandemia-aallon siemeniksi tautitartuntoja Suomeen. Television välittämän kuvan mukaan matkajoukossa oli mukana myös julkisuudesta tuttu partainen pappi. On hyvä, että uskonmies tulee lähelle kansaa, mutta räyhäporukoista olisi pysyttävä poissa. Onneksi ei silmiin osunut yhtään varsinaista tuttua. Yksikään jalkapallojohtajista ei ole noussut pahoittelemaan joukkojensa tyhmyyttä. Hävetkööt kaikki. Ei jalkapallo saa olla elämää suurempi asia.

Syytä on pohdiskella myös Suomi-Ruotsi-maaottelun tulosta. Mikä ihmeen tauti on iskenyt suomalaisiin yleisurheilijoihin, kun jokainen tiukaksi mennyt kaksintaistelu ruotsalaista vastaan hävittiin. Monet meistä vielä muistavat Voitto Hellstenin, joka ei antanut koskaan periksi ja piti huolen siitä, että loppusuoran viime metreillä ruotsalainen jäi häviölle. Nyt ei meidän joukoissamme ole yhtään sellaista taistelijaa. Saunan ruotsalaiset ovat jo aiemmin yrittäneet omia. Nyt meni sisu. Jäljellä on enää Sibelius, jota puolustakaamme loppuun asti.

Budjettiriihessä näyttävästi riideltiin muutamista kymmenistä miljoonista. Äänestäjä saattaa erehtyä ihaillemaan ministerien jämäkkyyttä. Kipeästi kaivattuihin miljardiluokan päätöksiin ei pystytty. Hukka meidät tällä menolla perii.

Televisiossa esitettiin dokumentti, joka kuvasi maapalloa satelliitista nähtynä. Oli kaunis näky. Saattavat ulkoavaruuden oliot ihmetellä, miksi tällä kauniilla pallolla asiat ovat niin hullusti. Ihmisoliot riitelevät keskenään. Talebanit sortavat naisia ja tyttöjä. Diktaattorit kiusaavat omia kansalaisiaan. Omia ideologioita ja uskontoja puolustetaan. Muita pidetään vääräuskoisina, jotka pitäisi hävittää. Ja kaikki valehtelevat. Avaruuden olio joutuu miettimään, eikö maan asukkailla ole aivoja ja niissä järkeä, jotta osattaisiin sovussa asioita hoitaa. Oppia olisi otettavissa olympialaisesta hengestä. Mutta turha taitaa olla toivo nopeasta järkiintymisestä. Paksujen kirjojen sisältämillä ikivanhoilla opeilla meitä varmasti ohjaillaan myös tulevaisuudessa.

Ei kaikki kuitenkaan ihan huonosti ole. Kohta pääsemme äänestämään maakuntavaaleissa. Kukaan ei tosin ole osannut kertoa, mistä silloin äänestetään. Mutta varmaakin varmempaa on, että pian taas alkaa päivä pidentyä. Se on luonnon laki, eikä hallitus pysty sitä kumoamaan.

\*\*\*\*\*

Eteläkorealainen rajavartija huusi aidan yli pohjoiselle kollegalleen ja kysyi, onko perää tiedossa, että olot siellä naapurissa olivat paranemassa. ”Enpä voi muuta sanoa”, vastasi kollega.



Huomisen kaivos-  
toimintaa paremman  
elämän rakentamiseksi

Tuottamamme metallit  
mahdollistavat siirtymän kohti  
puhtaampaa, vihreämpää ja  
kestävämpää maailmaa



LABORATORY SERVICE PROVIDER FOR  
ALL PHASES OF MINING OPERATIONS

Geochemistry  
Fire Assay  
Metals  
Grade control  
Process control  
Waste rock

eurolins  
Mineral Testing

Teräspalvelukeskus

**Miilux<sup>®</sup> Oy**

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

[www.miilux.fi](http://www.miilux.fi)



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

[www.contitech.fi](http://www.contitech.fi)

ContiTech

## Ilmoittajamme tässä lehdessä

AA Sakatti Mining .....	75	Linde Gas AG .....	3
ABB .....	35	Miilux Oy .....	75
Agnico Eagle Finland Oy .....	2.kansi	NewPaakkola Oy .....	19
Arctic Drilling Company Oy .....	27	Nordic Drilling Box .....	19
Astrock Oy .....	73	Norilsk Nickel .....	44
Atlas Copco .....	28	Nordkalk Oy Ab .....	54
Aurubis Finland Oy .....	27	Normet Group Oy .....	54
Boliden Kevitsa Mining Oy .....	28	Orica Oy .....	44
Brenntag Nordic Oy .....	41	Palsatech Oy .....	34
ContiTech Finland Oy .....	75	Pipelife Finland Oy .....	11
EIT Raw Materials .....	34	Pyhäsalmi Mine Oy .....	6
Element Group .....	42	M. Rauanheimo .....	4
Epiroc Finland Oy Ab .....	3.kansi	Oy Rock Physics Finland Ltd .....	6
Eurofins Mineral Testing Oy .....	75	RF Valves .....	6
FinMeas Oy .....	6	Rotator Oy .....	4
Flowrox Oy .....	49	Sandvik .....	64
Forcit Oy .....	59	Sibelco Nordic Oy Ab .....	61
Geovisor Oy .....	34	Suomen TPP /Masino .....	15
GRM-services Oy .....	49	Sweco Finland Oy .....	71
Jyväskylän Messut .....	20	Tapojärvi Oy .....	27
Oy KATI Ab .....	44	Weir Minerals Oy .....	takakansi
Kokkolan Satama Oy .....	44	Yara Suomi Oy .....	48

# Valoa horisontissa

Korona-aikaa elämme edelleen, mutta kun kippari katsoo horisonttiin, siellä pilkkottaa valoa. Melkein jopa häikäisee!

Näyttää näet siltä, että vihdoin pääsemme kokoontumaan Vuorimiespäiville livenä. Korona ei ole ohi, mutta tauti jyllää nyt rokottamattomien piirissä. Oletan jäsenistömme olevan rokotusmyönteisiä ja hyvin kattavasti rokotettuja.

Yhdistyksen hallitus linjasi tulevista Vuorimiespäivistä seuraavasti:

Vuorimiespäivät pidetään 25.-26.3.2022 mahdollisimman perinteisin järjestyin. Kaikkiin tilaisuuksiin on mahdollista tulla ”livenä” ja sen lisäksi ainakin päivän kokousta ja esitelmiä voi seurata myös ”etänä”.

Isäntäyhteyksinä ovat Normet ja Forcit, jotka vastaavat perinteisistä isännän velvollisuuksista illallistanssiaisissa ja lauantain lounaalla. Molemmat pidetään näillä näkymin Dipolissa. Perjantain kokous pidetään Marinassa. Se lähetetään etäosallistujille verkossa ja siinä yhteydessä tarjottaneen näkyvyyttä muillekin firmoille kuin isäntäyhteyksille. Tältä pohjalta aloitamme suunnittelun ja järjestelyt tuota pikaa.

Valoa on näkyvissä myös yhteistyömessujemme suhteen. Joitain messuja on jo pidettykin ja molemmat meidän yhteistyömessumme Pohjoinen Teollisuus ja FinnMateria pidetään ensi vuonna pitkästä aikaa. Toinen keväällä ja toinen syksyllä. Ne ovat jäsenistöllemme tärkeitä tapaamispaikkoja ja myös Materia-lehti on niissä aktiivisena osapuolena mukana. Lehti ilmestyy ensi vuonnakin viitteenä numerona.

Syksy on koittanut kauniin kesän jälkeen. Vaikka päivät nyt pimenevät ja lyhenevät, niin horisontissa näkyy valoa. Tsemptataan siis syksyn ja talven läpi kevättä ja Vuorimiespäiviä kohti.

**Ari**



## VUORIMIESYHDISTYKSEN TOIMIHENKILÖITÄ 2021

### PUHEENJOHTAJA

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

### VARAPUHEENJOHTAJA

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

### PÄÄSIHTEERI/ Secretary General

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

### WEBMASTER

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

### RAHASTONHOITAJA/Treasurer

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

### GEOLOGIJAOSTO

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

### KAIVOS- JA LOUHINTAJAOSTO

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

### RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO/

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

### METALLURGIJAOSTO/

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

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



# Laitteesi kuudes aisti



United. Inspired.

## 6th Sense - älykäs, turvallinen, saumaton

Epirocin automaattioratkaisut lisäävät tuottavuutta, parantavat turvallisuutta ja edistävät ympäristökuormituksen vähentämistä. Epirocin automaattioratkaisut ovat kuudes aistisi päätöksenteon tueksi.







# SYNERTREX®

Advanced.  
Understanding.

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

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

## WEIR

Supported by

 Microsoft



Reduce downtime with data at [synertrex.weir](https://synertrex.weir)

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