

materia

3-2006

Geologia ~ Kaivos- ja prosessiteknikka ~ Metallurgia ~ Materiaalitekniikka

Energia on
Suomessa ja
muualla päivän-
polttava aihe

Olkiluoto 1:n
generaattorin
roottorin vaihto

OUTO KUMPU



Kunnioita luontoa – pääse huipulle. Valitse Outokumpu-tekijä.



Katso ympärillesi niin näet ruostumatonta terästä. Metallia, joka kestää korroosiota, on kaunis ja hygieeninen sekä sataprosenttisesti kierrätettävää. Ruostumaton teräs on tämän päivän ja huomisen metalli.

Tämä ainutlaatuinen materiaali yhdistettynä Outokumpun asiantuntemukseen ja vastuuseen ympäristöstä antaa asiakkaillemme kilpailuedun. Se on lupauksemme, johon voi luottaa ja vahvuus, joka auttaa menestymään – Outokumpu-tekijä.

Outokumpu on kansainvälinen ruostumattomaan teräkseen ja teknologiaan keskittyvä yhtiö. Visionamme on olla kiistaton ykkönen ruostumattomassa teräksessä ja perustaa menestyksemme toiminnalliseen erinomaisuuteen. Useilla eri aloilla toimivat asiakkaamme ympäri maailmaa käyttävät metallituotteitamme, teknologiaamme ja palvelujamme. Niiden avulla autamme asiakkaitamme saavuttamaan kilpailuetua. Kutsumme tätä lupauksemme Outokumpu-tekijäksi.

www.outokumpu.com

**OUTO
KUMPU**

ATLAS COPCO – MEILTÄ LÖYTYY RATKAISU TARPEISIISI



WL4 C30 porauslaite varustettuna COP 3038 -porakoneilla

Atlas Copcon laajaan ja kustannustehokkaaseen tuotevalikoimaan kuuluvat mm. Boomer-tunnelinporauslaitteet, Secoroc-porakalusto, Swellex-kalliopultit, Wagner-las-
taus- ja kuljetuskalusto, MAI-porapultit, Boltec-pulti-
tuslaitteet sekä Simba-pitkäreikäporauslaitteet.

Tuotteemme on suunniteltu maksimoimaan asiakkaan
louhintakapasiteettiä ja minimoimaan kustannukset pora-
metriä kohden.

Atlas Copco on lähelläsi eri puolilla maailmaa. Kansain-
välisiltä Internet-sivuiltamme www.atlascopco.com löy-
dät lisätietoja tuotteistamme sekä palveluistamme liittyen.

Oy Atlas Copco Louhintatekniikka Ab

Tuupakankuja 1, 01740 VANTAA

Puh. 09 296 442, fax 09 2964 218

www.atlascopco.fi, louhinta@fi.atlascopco.com

Atlas Copco

Sisältö n:o 3/23.8.2006

- 5 *Mauri Pekkarinen*: Energiapoliittisia linjauksia
6 *Mikko Rintamäki*: Teollisuus ja sähkö
8 *Olli Äikäs*: Uraaninetsintä havahtui Ruususen unesta nykypäivään; Perusasioita uraanista; Uraaniesiintymien geologiset tyypit;
13 *Olli Äikäs*: Red Book 2005
16 *Kalervo Räisänen*: Uraanin rikastus (lyhennelmän tehnyt Harri Lehto)
20 *Bo-Eric Forstén*: Atomienergia Oy
22 *Bo-Eric Forstén*: Suomessakin eksoottisia malmeja – Kalervo Räisänen haastattelu
24 *Martti Kätkä*: Ydinenergia ja polttoainekierto
28 *Petri Konttinen*: Aurinkoenergian nopea kasvu merkittäväksi energialähteeksi
35 *Inkeri Humaloja*: Energian hintakehitys ja alan kasvu puhuttivat – Metallienjalostuspäivät Kokkolassa

Tiede & Tekniikka 37-50

- 38 *Mikko Hupa*: Materiaalit kattilatekniikan kehityksen pullonkaulana
44 *Hannu Hänninen*: Ydinvoimalaitosten materiaalit ja hitsatut rakenteet
51 Pintaa syvemmältä, *Mikko Tontti*
52 Alan maailmasta, *Bo-Eric Forstén*: Pitkät ja litteät teräkset elävät eri maailmoissa – Sakari Tammisen haastattelu
53 *Pekka Purra*: Sulle, mulle... maailman nikkelyhtiöt suurten valtauskohteina
53 Alan Akademia, *Harri Lehto*: Lähes miljoona euroa tekniikan alan yliopistokoulutuksen kehittämiseen
55 *Ville Liisanantti*: Opiskelijan puheenvuoro
56 *Harri Lehto*: Lukijakysely 2006
57 Vapaa Kynä: Kaapeli vai ei kaapeli?

Inside Out 58-62

- 58 *Pekka Erkkilä*: VMY:n hallitus pohdiskeli yhdistyksen kehittämistä
58 *Kalevi Nikkilä*: Ajankohtaista yhdistyksen toiminnasta
61 *Seija Aarnio*: ARS '06 Toden tuntu Vuorinaisten kohteena
62 *Katja Sahala*: Geologijaoston syysekskursio pohjanmaalle
62 *Harri Lehto*: Rikastus- ja prosessijaosto: La Vuelta Iberica; Luokitusseminaari
62 VMY:n hallitus
62 *Ulla-Riitta Lahtinen*: Uusia jäseniä
63 Palveluhakemisto

*Olkiluoto 1 ja 2.
Etualalle oikealle
nousee Olkiluoto 3.
Sivut 24-27.*



*Paukkajavaaran
uraanikaivos oli
toiminnassa vuosina
1958-61.
Sivut 16-23.*



ILMOITUSMARKKINOINTI/
Advertising Marketing
Västra Nyland Ab,
Nina Melén, Torikatu 1-3,
10300 Karjaa, 019-278801
fax 019-230240
nina.melen@vastranyland.fi

OSOITTEENMUUTOKSET
& TILAUKSET Changes in
address & Prenumerations
Ulla-Riitta Lahtinen,
0400-456 195
[ulla-riitta.lahtinen@](mailto:ulla-riitta.lahtinen@vuorimiesyhdistys.fi)
vuorimiesyhdistys.fi

ILMESTYMISAIKATAULU 2006 Coming out
deadline/postitus – 4-2006 12.10./15.11.



JULKAISIJA / Publisher
VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.

Materia-lehti kattaa teknologian alueet geofysiikasta ja geologiasta lähtien ml. kaivos- ja prosessitekniikka ja metallurgia sekä materiaalin 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.

PÄÄTOIMITTAJA/ Editor in chief

Prof. Jouko Härkki, jouko.harkki@oulu.fi
Oulun Yliopisto, Prosessimetallurgian laboratorio, 08-553 2424 fax 08-553 2339, 040-521 5655

TOIMITTAJAT, T&K/Editors, R & D

DI Harri Lehto, harri.lehto@tkk.fi
TKK, Mekaaninen prosessi- ja kierrätystekniikka 09-451 2786 fax 09-451 2795, 050-555 2786
DI Arni Kujala, arni.kujala@nokia.com
Nokia Corporation
07180-36279 fax 07180-37290

TOIMITUSNEUVOSTO/Editorial Board

TkT Kari Tähtinen pj@chairman
Oy Ovako Ab, kari.tahtinen@ovako.com
020 7455030, 0400-559442

Prof. (emer.) Veikko Lindroos, veikko.lindroos@hut.fi
TKK, Materiaalitekniikka
09-451 2673 fax 09-451 2677, 050-550 2673
DI Kauko Ingerttilä, kauko.ingerttila@gtk.fi
GTK, Mineraalitekniikka
020 5505801 fax 013-557 557
DI Erja Kilpinen, erja.kilpinen@nordkalk.com Nordkalk Oyj Abp
0204 55 3993 fax 0204 55 3901, 0400-814 156
Prof. Juhani Orkas, juhani.orkas@hut.fi
TKK, Mechanical Engineering
09-451 3515
DI Matti Palperi, Ulvilantie 11b D 108,
00350 Helsinki, 09-565 1221
FL Mikko Tontti, mikko.tontti@gsf.fi
Geologian tutkimuskeskus
020 550 2382 fax 020 550 12

TOTEUTTAVA TOIMITUS/Editorial staff

L & B Forstén Öb Ay, l-b.forsten@co.inet.fi
Bo-Eric Forstén, Leena Forstén (ulkoasu)
PL 45, 10601 Tammisaari
019-2415604 fax 019-2415453

PAINO/Printing house

Tammisaaren Kirjapaino Oy, Tammisaari
Levikki 2900 kpl, 4 numeroa vuodessa,
63. vuosikerta ISSN 1459-9694

Lukijalle!

Energian tuottaminen ja käyttö ovat kautta aikojen toimineet teollisuuden kehitysveturina. Viimeistään 1970-luvun öljykriisin myötä energiasta tuli poliittinen ase myös kansallisella tasolla. Siitä lähtien teollisuuden, energian suurkuluttajana, on ollut tyytyminen siihen, että energiakysymyksissä poliitikot esiintyvät päätöksentekijöinä.

Tänään eri energiamuotojen ja niiden ympäristö- ja muiden seurannaisvaikutusten ympärille on syntynyt eritasoisia kansanliikkeitä. Kun tähän vielä lisää velvoitteet, joihin Suomi on sitoutunut, mm. Kioton sopimuksessa, on selvää, että päättäjiltä vaaditaan sekä näkemystä että rohkeutta.

Suomen päätöstä rakentaa maahan viides ydinvoimala onkin rohkeaksi arvioitu ja hankkeen etenemistä seurataan kiinnostuneesti monella taholla.

Kauppa- ja teollisuusministeri Mauri Pekkarisella riittää energiapolitiittista mietittävää. Pääkirjoituksessaan hän käsittelee hallituksen energiapolitiittisia linjauksia, joiden toteuttaminen pääosiltaan kuuluu hänen ministeriölleen. KTM:n pöydällä on myös toinen päivänpolttava kysymys: myönnetäänkö ranskalaiselle Cogemalle valtausoikeus uraanin etsimistä varten.

Materiaan panos tässä yhteydessä on tuoda esille teknistä ja kokemusperäistä tietoa keskustelun pohjaksi. Tosin vieraskynä ja oma kolumnistimme ottavat näiden kysymysten ympärille vellovaan keskusteluun melko hanakasti kantaa.

Tutkimus- ja tekniikkaosassa tarkastelevat professorit Hupa ja Hänninen energiatuotantoon liittyviä materiaalitekniisiä kysymyksiä erityisen painokkaasti; Millaisia materiaaleja ja mihin kohteeseen ja edelleen materiaalien asettamia rajoituksia prosessien kehittelylle. Niin se vaan on, että mm. Bessemerin keksinnöt konvertoinnista ja jatkuvavalusta odottivat noin sata vuotta toteutumistaan ja "kaikki" oli kiinni materiaalitekniikan kehittymättömyydestä. Uudet energia-tekniiset ratkaisut ovat edelleen pitkälti kiinni materiaalitekniikasta. Toivottavasti pystymme entistä parempaan tällä vuosituhanella ja inkubaatioaika olisi kohtuullisempi jo ilmastokysymystenkin takia!

Päätoimittaja, professori Jouko Härkki, Oulun yliopisto



Oranssia ylivoimaa kovissa kivitoissa



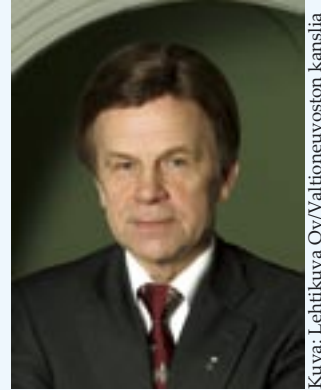
Parhaat ratkaisut löytyvät helposti

Saat kivet murtumaan ja kalliot väistymään, kun valitset meidät kumppaniksesi. Meiltä saat käyttöösi louhinta-alan uusinta ja tehokkainta teknologiaa - voimaa ja varmuutta.

Meiltä saat myös joustavaa palvelua liittyen porakalustoon, varaosiin ja huoltoon. Huolehdimme kalustosi kunnosta toimimalla nopeasti, luotettavasti ja kilpailukykyisesti. Tutut asiantuntevat ammattilaisemme pitävät terät iskussa, porat ja pyörät pyörimässä.



Sandvik Mining and
Construction Finland Oy
Puh. 0 205 44 4600
Fax 0 205 44 4601
www.sandviktamrock.fi



Kuva: Lehtikuva Oy/Valtioneuvoston kanslia

EDUSKUNTA HYVÄKSYI kesäkuun alussa yksimielisen kannanoton hallituksen selontekoon lähiajan energia- ja ilmastopoliittikan linjauksista. Samalla eduskunta antoi vahvan tukensa hallituksen linjauksille.

SUOMEN ENERGIAPOLIITTIKAN suurin haaste on sovittaa yhteen taloudellisen kasvun vaatima energiantarve ja kasvihuonekaasupäästöjen merkittävä vähentäminen. Hallituksen energiapolitiikan lähtökohdانا on turvata riittävän ja kohtuuhintaisen energian saanti elinkeinoelämän ja kansalaisten tarpeisiin. Tämä tehdään sopusoinnussa kansain-

tuvien tuotantokustannusten perustella. Lauhdesähkön tuottajat ovat siirtäneet päästöoikeuksien arvon tuotantokustannuksiin, koska päästöoikeudet voidaan vaihtoehtoisesti myydä EU:n päästöoikeusmarkkinoilla. Mekanismi on siten nostanut huomattavasti esimerkiksi vesija ydinvoiman tuottajien voittoja. Onneksi päästöoikeuden hinta on laskenut kohtuullisemmalle tasolle. Päästöoikeuden hinnan aleneminen on näkynyt selvästi myös sähkön markkinahinnassa.

KAUPPA- JA TEOLLISUUSMINISTERIÖ sekä **valtiovaraministeriö** selvittävät yhdessä, voitaisiinko sähköntuotta-

Energiapoliittisia linjauksia

välisen ympäristösopimusten ja kansallisten ympäristötavoitteiden kanssa.

ENERGIAN SÄÄSTÖN edistäminen ja uusiutuvan energian käytön lisääminen ovat eräitä tärkeimmistä keinoista kasvihuonekaasupäästöjen alentamisessa. Säästöllä ja uusiutuvalla energialla vähennetään samalla myös riippuvuutta rajallisista fossiilisista energialähteistä sekä edistetään kestävää kehitystä.

UUSIUTUVIEN ENERGIÄLÄHTEIDEN ja erityisesti uusiutuvan bioenergian edistämisessä meillä on Suomessa pitkät perinteet. Bioenergia edistää useiden poliittisten tavoitteiden saavuttamista. Se on uusiutuvaa energiaa eikä aiheuta kasvihuonekaasujen päästöjä. Kotimaaisena polttoaineena se edistää energian saannin varmuutta ja siihen liittyä myönteisiä alueellisia työllisyysvaikutuksia. Lisäksi modernilla bioenergiateknologialla nähdään olevan kasvava kysyntä maailmalla. Bioenergia on siten niiden periaatteiden mukaista, jotka on asetettu Suomessa sekä myös koko EU:ssa energiapolitiikan keskeisiksi tavoitteiksi. Nyt hyväksytyjen linjausten johdosta Suomi vahvistaa entisestään asemaansa bioenergian käytössä Euroopan unionin johtavana ja koko maailman mitassa kärkijoukkoon kuuluvana maana, unionin johtavana ja maailman mitassa kärkijoukkoon kuuluvana maana.

VIIME VUODEN ALUSSA alkaneella EU:n kasvihuonekaasujen päästökaupalla on ollut dramaattinen vaikutus sähkön hintaan. Sähkön tukkuhinta määryyty pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla pääosin lauhdetuotannon muut-

jien saamia niin sanottuja windfall-voittoja leikata jollain tavalla. Päästökaupan tarkoituksena on ohjata päästöoikeuden hinnalla uusia investointeja päästötömiin ja vähäpäästöisiin energialähteisiin. Järjestelmän tarkoitus ei ole palkita kauan sitten tehtyjen voimalaitosten omistajia kohtuuttomilla voitoilla.

PÄÄSTÖKAUPPA on heikentänyt huomattavasti myös kotimaisen turpeen kilpailukykyä. Mielestäni turpeen kilpailukyky on tärkeää varmistaa erityisesti sähkön ja lämmön yhteistuotannossa ja lämmön erillistuotannossa fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna. Turpeen ja puun seospolttu tuo laitoksille monia teknisiä, taloudellisia ja saatavuuteen liittyviä etuja. Turpeen käyttö lauhdesähkön tuotannossa jää ilman uusia toimenpiteitä menneitä vuosia selvästi pienemmäksi. Tavoitteeni on, että hallitus antaa pikaisesti esityksen turpeen lauhdesähkön tuotannon tukemisesta niin sanottualla syöttötariffijärjestelmällä. Samassa yhteydessä annetaan esitys myös poltto- turpeen turvavarastoinnista.

TURVELAUHDESÄHKÖN SYÖTTÖ-TARIFFIJÄRJESTELMÄÄ koskevan lakiesityksen lisäksi kauppa- ja teollisuusministeriössä valmistellaan johdolan pienimuotoisen sähköntuotannon verkkoonpääsyä koskevaa esitystä. Energia- ja ilmastostrategiassa on linjattu, että pienvoimalaitosten verkkoon liittymistä helpotetaan energiamarkkinoiden sääntelyä kehittämällä. Tästä aiheutuvat lisäkustannukset huomioidaan muiden verkkokäyttäjien tariffeissa. Tarkoituksena on asettaa katto jakeluverkkoon liitetyn

pienimuotoisen sähköntuotannon verkkotariffeille.

VIIME AIKONA on julkisuudessa keskusteltu kiivaasti sähkön tuotantokapasiteetin riittävydestä. Tammikuun kovilla pakkasilla Suomen sähkönkulutus kasvoi uuteen ennätykseen, noin 14 800 megawattiin. Maamme oma tuotanto ei ole kovilla pakkasilla riittänyt kattamaan kysyntää, vaan Suomi on ollut riippuvainen tuontisähköstä. Lisäksi sekä Venäjä että Ruotsi rajoittivat hetimitäin vientiä Suomeen varmistaakseen oman sähkönsaantinsa. Tilannetta on pahentanut vielä se, että tiukasta kapasiteettitilanteesta huolimatta nykyisestä tuotantokapasiteetista on 5-10 % sulkemisuhan alaisena.

MINISTERIÖ VALMISTEE yhdessä Energiamarkkinaviraston ja kantaverkkoyhtiö Fingridin kanssa jo seuraavaa talvea varten järjestelmää, jolla voitaisiin varmistaa erityisesti sulkemisuhan alla olevan vanhan lauhdetuotantokapasiteetin kunnossapito ja käyttömahdollisuus. Tällaista kapasiteettia on noin 1000 megawattia. Järjestelmä olisi määräaikainen ja ulottuisi vuoden 2010 loppuun. Tällöin uusi Olkiluotoon rakenteella oleva ydinvoimalaitosyksikkö olisi jo käytössä. Pidemmällä aikavälillä valmistellaan pysyvämpää ratkaisua, joka takaa myös uuden huippukapasiteetin rakentamisen ja ylläpidon.

HEINÄKUUN ALUSSA ALKANUT Suomen EU:n puheenjohtajakausi antaa meille merkittävän vaikutusmahdollisuuden EU:n tuleviin energiapolitiittisiin linjauksiin. Suomelta odotetaan panostusta poliittiseen keskusteluun energiasta ja EU:n energiastategian kehittämisestä. Painopistealueita tulevat olemaan EU:n energiapolitiittikan kehittäminen, energiatuotantokapasiteetti, energiatehokkuus, uusiutuva energia sekä energiasisämarkkinat. Uskon, että Suomella on vahvana energiaosaajana kyky ja tahto antaa lisäarvoa eurooppalaiseen keskusteluun. ▀

Teollisuus ja Sähkö



Mikko Rintamäki, Vice President - Energy, Outokumpu Oyj

Sähkötömarkkinat ovat viimeisen runsaan kymmenen vuoden aikana kokeneet kovan myllerryksen, joka on tuottanut päänvaivaa ja jopa harmaita hiuksia niin sähkön tuottajille, välittäjille kuin kuluttajillekin. Outokumpu ja allekirjoittanut on ollut muutoksessa mukana, niin hyvässä kuin pahassakin.

Artikkelin tarkoituksena on katsoa mitä tapahtui, missä onnistuttiin, missä ei, sekä tietysti katsoa tästä eteenpäin, luonnollisesti teollisuuden kannalta katsottuna.

1990-luvusta

Sähkötömarkkina avautui Suomessa 90-luvun puolessa välissä. Virstanpylväinä voidaan pitää vaikkapa sähkömarkkinalain voimaantuloa tai El-Ex Sähköpörssin toiminnan alkamista. Merkittävä virstanpylväs oli myös Outokummun ja Stora-Enson sähköntoimitukset Ruotsista Vattenfallilta 1995 marraskuusta alkaen. Sähköpörssin ke-

hitys oli alkanut Norjasta jo vuosikymmenen alussa ja Suomeen NordPool rantautui 1997.

Alusta alkaen sähkömarkkinoiden kehitys näytti hyvältä. Markkinoiden vapautuminen pohjoismaisella tasolla lisäsi tarjontaa ja kilpailevia myyjiä, reservien yhdistäminen vapautti reservikapasiteettia. Erityisesti Suomessa sähkön hintakehitys oli edullinen, varsinkin verrattaessa "IVO95" tariffihintaan.

Suomessa markkinoiden avautumisen tuli liian myöhään ehtiäkseen kunnolla vaikuttamaan tukkutariffeihin. Sähköyhtiöt "joutuivat" uusimaan sopimuksensa ennen kuin markkinoista ja niiden toimivuudesta oli varmuutta. Vaikutuksesta ollaan kahta mieltä; toisaalta tehdyt sopimukset rauhoittivat muutosta markkinoiden alkuaikoina, toisaalta voidaan perustellusti väittää että pitkät sopimukset haittasivat markkinahinnan muodostumista ja vääristivät markkinoita. Mene ja tiedä!

Jo vuosi 1996 testasi markkinoita. Vuosi oli kuiva, voimantuotannon vesivarastot ehtyivät, sähkön markkinahinta nousi vahvasti. Suomalaisetkin saivat nyt ensimmäisen läksynsä sateiden vaikutuksesta sähköjen hintaan. Itsekin muistin toivoa kesällä kauniita säitä Suomeen, mutta runsaita sateita

naapurimaiden tuntureille.

Kuivuuden jälkeen alkoi taas sataa, ja tilanne palasi normaaliksi. Itse asiassa 90-luvun lopulla ja vuosikymmenen vaihteessa sähkömarkkinat toimivat hienosti, vuodet olivat vetisiä, kukaan ei uskonut korkeaan sähkön hintaan. Mukaan oli tullut kansainvälisiä pelureita, "spekulantteja", joita oli mukava syyttää hintaheilahteluista. Nämä toimijat, Enronit ja muut, toivat kuitenkin markkinoille lisäarvoa, jota ei tule väheksyä: ammattitaitoa, juridiset pelisäännöt sekä volyyomia/likviditeettiä. Näillä markkinoilla pystyi tekemään kohtuullisen isojakin kauppvoja (ainakin jos niitä vähän pilkkoi) ilman että markkinahinta nousi liikaa.

Kun samanaikaisesti maamme sähköyhtiöt kamppailivat asiakkaista, erityisesti keskisuuri teollisuus sai sähköä käytännössä jo halpaan markkinahintaan nähden negatiivisella marginaalilla, siis halvemmalla kuin raskas teollisuus.

Kolikolla oli toki toinenkin puoli. Silloisilla sähkön hinnoilla ei juuri kannattanut rakentaa sähköntuotannon lisäkapasiteettia, olemassa olevien laitojenkin kannattavuuden ollessa niin tai näin. Kun samanaikaisesti sähkön kulutus kasvoi vuosi vuodelta, tilanne ei voinut jatkua.

Eikä se jatkunutkaan...

Hyvien vuosien (sähkön kuluttajan kannalta) jälkeen tulivat vähemmän rattaosat ajat, mm:

- Sähkön tuotantokapasiteettia oli vuosi vuodelta vähemmän suhteessa kulutukseen.

- Enron sotkun ja Euroopan takaiskujen jälkeen amerikkalaisyhtiöt lähtivät pohjoismaista.

- Isot sähkön hintavaihtelut saivat toimijoita varovaisiksi ja vetäytymään markkinoilta.

- Sähkön tuotantokapasiteetti oli (edelleen) harvojen käsissä.

- Sähköä virtaa Pohjoismaista Eurooppaan.

- Ilmastonmuutoksen torjunta, ja siihen liittyvät toimet alkoivat vaikuttaa sähkömarkkinoihin

- o hintaa nostavasti
- o toimintaa heikentävästi

- eivätkä kaikki vuodet olekaan sateisia.

Yllä olevan ja muidenkin tekijöiden takia näyttää sähkömarkkinat ja varsinkin hinnanmuodostus siellä varsin erilaiselta kuin vuosituhaten vaihteessa. Kun parhaimmillaan sai kahden vuoden sopimuksia alle sadalla mum-

mon markalla (<17€/MWh), maksaa sähkö suunnilleen 60 €/MWh, eli hinta on kuusinkertaistunut. On kohtuuton olettaa että alhaisimmat hinnat olisivat olleet pysyviä, mutta nousu on ollut turhan hurja.

Tulevaisuus

Tulevaisuudessa näyttää sähkö edelleenkin kovin kalliilta. Euroopan Unioni seisoo edelleen vahvasti päästökaupan takana, pitäen sitä tehokkaana keinona hiilidioksidipäästöjen rajoitukseen. Niin se voi ollakin, mikäli se on käytössä maailmanlaajuisesti, ja sen taloudelliset vaikutukset hyväksytään.

Nykyisessä mallissa me eurooppalaiset ammuimme itseämme jalkaan, ilman että mitään pysyvää saavutetaan. Joka tapauksessa, nykyisen kaltainen päästökauppa nostaa sähkön hintaa ja antaa myös erinomaiset voitot hiilivapaan voimantuotantokapasiteetin omistajille. Haastavaa, pitäisi "pelastaa maailma" joutumatta samalla itse konkurssiin.

Samaan aikaan energiahyödykkeiden, samoin kuin muiden tuotteiden, kuten metallien hinnat ovat nousseet. On mahdollista että energian hinta jää pysyvästi korkeammalle tasolle, varsinkin kun öljyn ja kaasun saanti vaikeutuu.

Kun edellä mainitun lisäksi otetaan politiikka:

- hiili- ja kaasuvoimalaitoksia ei uskalleta rakentaa ilmastopolitiikan takia.

- vesi- ja ydinvoima ovat muuten vaan melkein kiellettyjä.

joudutaan pian muuttamaan politiikkaa. Joko hyväksymme teollisuuden heikkenevät näkyvät tai päätämme ylläpitää Suomessa ja pohjoismaissa vähän muuta maailmaa paremman energianfran, tehokkaan energian tuotannon, jakelun ja markkinat. Uskon itse jälkimmäiseen, sillä osaaminen löytyy täältä. Saattaa olla, että tavoitteen toteuttamiseksi joudutaan luopumaan sähkömarkkinoista joltain osin. Sääli, mutta kuten liittymämainoksessa sanotaan, elämä on.▲

INFO

Outokumpu on maailmanluokan ruostumattoman teräksen tuotantoon keskittynyt yhtiö, sekä kuluttaa sähköä n 2 500 000 MWh/a Suomessa ja n 700 000 MWh/a Ruotsissa. Kirjoittaja on ollut mukana Outokummun sähkönhankinnassa vuodesta 1991, ja toiminut viimeiset 5 vuotta konsernin energiajohtajana.▲



TOSIASIOITA KIVEN SISÄLTÄ.

Tehtävämme on Suomen ydinvoimalaitoksissa syntyvän käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus, joka alkaa vuonna 2020. Vastamme myös loppusijoitusta edeltävästä tutkimus-, suunnittelu- ja rakentamistyöstä. Parhaillaan rakennamme maanalaista tutkimustilaa – ONKALOa – syvälle Olkiluodon kallioon. www.posiva.fi



POSIVA



Bored? Yes...
Try to shoot a blast with your digital camera!

Civil Explosives Since 1893

www.forcit.fi

Uraani on luonnossa esiintyvistä radioaktiivisista alkuaineista tärkein sekä maapallon että ihmisen kannalta. Sen radioaktiivisuuden tuottama lämpö pitää osaltaan yllä planeettamme kehitystä. Uraanin mineralogisia ja geologisia ominaisuuksia ja myös sen jakautumista maapallolla säätelevät sen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. Maan kuoren kivilajeissa uraani on rikastunut ensisijaisesti graniitteihin, koska se tarttumattomuutensa takia pyrkii rikastumaan magman jäännössulaan. Uraani esiintyy yleisimmin hapetusasteilla +4 ja +6. Useat uraanimineraalit ovat helppoliukoisia, ja uraani voi uranyyli-ionina muodostaa komplekseja eri yhdisteiden kanssa ja siten liikkua herkästi erilaisissa geologisissa ympäristöissä. Vastavasti uraani voi saostua liuoksista helposti, kun pelkistimiä on läsnä; rikkaiden uraaniesiintymien muodostuminen edellyttää sopivaa fysikaalis-kemiallista loukkua oikeassa geologisessa ympäristössä, yhtä lailla syvemmällä maan kuoressa kuin maanpinnan prosesseissakin.

Luonnossa esiintyvä uraani koostuu kolmesta isotoopista, ^{238}U (99,2836 %), ^{235}U (0,7110 %) ja ^{234}U (0,0054 %). Isotoopilla U-235 on luonnostaan kyky spontaaniin halkeamiseen, kun sen ydintä pommitetaan neutroneilla; tässä reaktiossa vapautuvaa energiaa käytetään hyväksi ydinvoimaloissa. Ydinreaktion aikaansaamiseksi on isotoopin U-235 osuutta polttoaineen uraanissa lisättävä 3-5 prosenttiin. Tätä isotooppista rikastamista kutsutaan väkevöimiseksi. Lähtöaineena tässä prosessissa on kaivoksilla tuotettu uraanirikaste, 70–80 % uraania sisältävä uraanioksidien seos U_3O_8 . Viime aikoina Suomessa on yleisesti ja virheellisesti käytetty ilmaisua ”uraanin rikastaminen” kun on tarkoitettu sen väkevöimistä.

Isotooppi ^{238}U muodostaa 14-portaisen radioaktiivisen hajoamissarjan, jossa uraani muuttuu usean tytäraineen kautta viimein lyijyksi, ^{206}Pb . Uraanin radioaktiivisuuden puoliintuminen kestää 4,5 miljardia vuotta. Hajoamissarjan tytäraineiden puoliintumisajat ja myös säteilylajit (alfa, beeta ja gamma) vaihtelevat. Tytäraineista geologisesti merkittävimmät ovat radium-226, radon-222 ja vismutti-214. Radium voi liueta ja saostua uudelleen geologisissa ympäristöissä. Sen tytäraine radon on kaasumaisena karkäs liikkumaan maankamarassa, sekä maaperän huokosilmassa että veteen liuenneena kaasuna pohjavedessä. Radonin tytäraineet ovat kiinteitä, ja niistä vismutti-214 on uraanin hajoamissarjalle tyypillinen gammasäteilylaji, jonka avulla uraanin esiintymistä tutkitaan ja kartoitetaan säteilymittareilla. Oletuksena on tietysti, että uraani ja siitä radioaktiivisessa hajoamisessa syntyneet tytäraineet ovat pysyneet yhdessä. LISÄÄ URAANISTA JA RADIOAKTIIVISUUDESTA:

http://www.mineralsuk.com/britmin/uranium_nov05.pdf <http://www.bgs.ac.uk/magazine/magazines/download.html> <http://www.energia.fi/page.asp?Section=3817> http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/fi_FI/uraanikaivokset/

Uraaninetsintä havahtui Ruususen unesta nykypäivään

Etsintä

Uraania etsitään samoin menetelmin kuin kaikkia muitakin malmia; uraanin geokemiallisen herkkäliikkeyden vuoksi uraaninetsintä on yhtäältä sukua öljynetsinnälle, toisaalta kulunetsinnälle. Radioaktiivisuus tietysti antaa lisäkeinoja, mutta radiometrisia menetelmiä käytetään usein hyväksi muussakin malminetsinnässä. Malminetsintä etenee yleensä alueellisista selvityksistä puolialueellisiin kartoituksiin ja edelleen kohdetutkimuksiin: tavoitteena on kussakin vaiheessa rajata etsintäkohdetta pienemmäksi ja samalla ottaa käyttöön yksityiskohdaisempiin tuloksiin pystyviä menetelmiä. Mitä paremmin etsintäalueesta on saatavissa geologista, geofysikaalista ja geokemiallista perustietoa, sitä matalampi on etsinnän aloittamisen kynnyks. Länsimaissa etsinnän työnjako pyrkii kehittymään niin, että valtioiden tutkimuslaitokset hoitavat peruskartoituksen ja tiedon jakamisen ja kaivosyhtiöt ottavat vastuun – ja taloudellisen riskin – varsinaisesta malminetsinnästä. Aikaisemmin (muutamissa maissa vieläkin) uraaninetsintää pidettiin strategisista syistä erikoisasemassa ja sitä harjoittivat valtion organisaatiot, useinkin riippumatta tulosten taloudellisuudesta.

Käyttö, markkinat, riittävyys

Uraani on tunnettu metallina runsaat 200 vuotta, mutta sen käyttö oli vähäistä ennen ydinreaktion keksimistä. 1900-luvun alkupuolella uraanimal-

mia etsittiin ja louhittiin pääasiassa radiumin raaka-aineksi. Uraanin käyttö ensin sotilastarkoituksiin ja 1950-luvun lopulta alkaen rauhanomaiseen energian tuotantoon johti etsinnässä nousu- ja laskukausiin kysynnän ja tarjonnan laskien mukaan. Vuoden 1973 öljykriisin jälkeistä uraaniryntäystä seurasi 1980-luvulla hintaromahdus, ja taas vuodesta 2003 uraanin hinta on alkanut nousta useistakin syistä. Uraanin hinta kuitenkin seuraa maltillisesti öljyn ja muiden metallien hintoja. Maltillisuuteen vaikuttanee eniten se, että reaktorien pitkä käyttöikä – nykyisin jopa 60 vuotta – tasoittaa kysynnän heilahtelua tehokkaasti ohjaamalla polttoainetoimituksia pitkäaikaissopimuksiin.

Uraanin riittävydestä taitetaan peistä Suomessakin käytävässä keskustelussa. Maailman uraanivarantojen määrää ja käyttöä on seurattu kattavasti yli 40 vuotta /1/. Uraanin maksettava hinta määrää tuotantoon kelpaavien esiintymien kannattavuusrajan, ja vastaavasti elävät myös uraanivarantoarviot. Kun kysyntä kasvaa, lisätään panostusta etsintään ja siten löydetään uusia varantoja – kunhan huomataan varautua etsintään ajoissa, sillä etsinnän aloittamisesta esiintymän löytämiseen ja edelleen sen saattamiseen tuotantoon voi kulua 20 vuotta. Uraanin riittävydessä ei olekaan kysymys geologisista uraanivarannoista sinällään, vaan ennen muuta kaivosten tuotantokapasiteetin oikeasta ajoituksesta: ehtyvien kaivosten tilalle täytyy avata uusia, ja kasvavan uraanitarpeen kattamiseksi tarvitaan sekä nykyisten laitosten laajennuksia että aivan uuttakin kapasiteettia.

Tuotannon maantieteellinen jakautuminen

Uraania tuotettiin 1950-luvulla Keski-Euroopassa, Australiassa, Pohjois-Amerikassa ja silloisessa Neuvostoliitossa. Pääosa nykyisestä tuotannosta tulee edelleen samoilta alueilta Kanadasta ja Australiasta, joskin paremmista esiintymistä. Ranskan, Saksan ja Tšekin tasavallan esiintymät ovat ehtyneet tai kannattamattomia, Yhdysvaltojen kaivoksia suljettiin matalan hinnan aikana. Venäjälle jäi vain rippeet Neuvostoliiton esiintymistä; Ukrainan kaivoksia on suljettu, mutta Kazakstanista on tulossa uraanituotannon suurvalta. Afrikassa Gabonin kaivokset ovat ehtyneet, Etelä-Afrikan tasavallan kultakaivoksista sivutuotteena saatavan uraanin merkitys on vähentynyt, mutta tuotantoa jatketaan Nigerissä ja Namibiassa.

Nykyisessä uudessa ryntäyksessä uraania etsitään näiltä jo tunnetuilta alueilta Kanadassa, Australiassa ja Yhdysvalloissa sekä monissa maissa Afrikassa, Etelä-Amerikassa ja Euroopassakin Fennoskandian peruskallio-alueella. Suomessa ja Ruotsissa uraaninetsintä alkoi uudelleen 2004, ja nyt on molemmissa maissa haettu etsintäoikeuksia lähes kaikkien ennestään tunnettujen uraaniesiintymien alueille. Venäjällä etsintään on panostettu jo aikaisemmin, ja tulokset alkavat näkyä kaivostoiminnan alkamisena muutamalla uudella tuotantoalueella.

Uraaninetsintä Suomessa

Suomessa uraaninetsintä alkoi 1950-luvulla, jolloin uraanin geologiaa ja uraaninetsintää esiteltiin mm. Vuoriteollisuus-lehdessä /2, 3/. Useat puunjalostusyhtiöt perustivat 1955 Atomienergia Oy:n tutkimaan ja hyödyntämään uraaniesiintymiä. Myös Imatran Voima Oy aloitti samaan aikaan uraaninetsinnän. Ajalle tyypilliseen tapaan yhtiöt veivät löytämänsä esiintymät tuotantokokeilujen asteelle, Atomienergia Enon Paukkajanvaarassa /4/ ja Imatran Voima Askolan Lakeakalliolla. Muutamassa vuodessa kuitenkin selvisi, ettei näiden esiintymien varaan voi perustaa tuotantoa, ja yhtiöt lopettivat tutkimuksensa.

KTM:n tilastojen mukaan Paukkajanvaarassa ja Lakeakalliolla nostettiin vuosina 1958-1961 yhteensä 40 882 tonnia malmia, jonka uraanisisältö oli noin 56 tU. Kun saanniksi arvioidaan Paukkajanvaaran keskimääräinen 73 % /4/, uraania tuotettiin näistä koelaitoksista enintään 41 tonnia. Lakeakal-

lion rikastamon osuus tästä oli joitakin satoja kiloja. Molemmissa laitoksissa koerikastettiin myös lähistön pieniä esiintymiä, Paukkajanvaarassa Martinmontun ja Hermanninmontun kiviä ja Lakeakalliolla ainakin Askolan Luhdin ja Monninkylän sekä Pernajan Kældön monttujen kiviä.

Atomienergia Oy:n aineistot siirtyivät Outokumpu Oy:n Malminetsinnälle, joka jatkoi uraanitutkimuksia. Yhtiö löysi ja tutki useita mutta lopulta pieniksi osoittautuneita esiintymiä, kunnes lopetti systemaattisen uraaninetsinnän vuonna 1975. Rautaruukki Oy ja pienessä määrin Kemi Oy osallistuivat myös uraaninetsintään.

Kuva 1. GTK:ssa säilytettävää pala Imatran Voiman vuonna 1956 löytämästä "Alhon lohkarista", jonka emäkalliota ei ole löydetty. Näytteen leikatuilla pinnoilla erottuu metallinkiiltoisena uraniiniittijuonien verkko. Lohkareesta 1950-luvulla analysoitu näyte sisälsi yli 30 % uraania /14/.

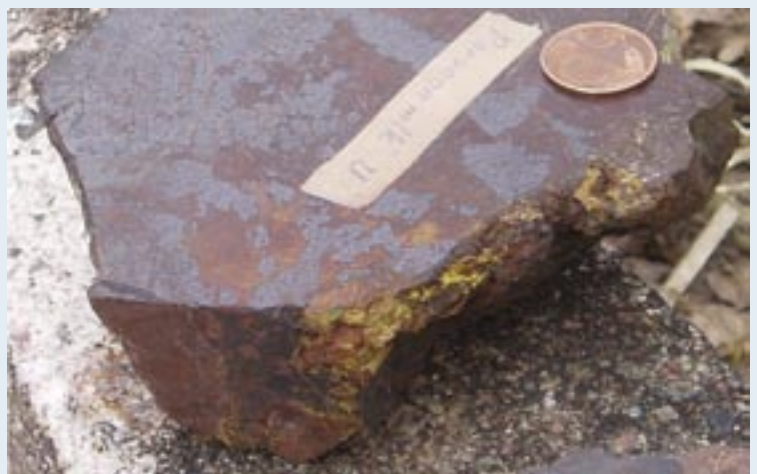


Figure 1. Network of uraninite veins in the "Alho boulder" found by Imatran Voima in the East Uusimaa area in 1956. The boulder was reported to contain over 30 % U /14/.

Uraaninetsintää ohjasi 1970-luvulla KTM:n alaisen Atomienergianeuvottelukunnan uraanijaosto. KTM rahoitti osan yhtiöiden ja GTK:n uraanihankkeista sekä joitakin yliopistoissa ja korkeakouluissa toimineita tutkimusprojekteja. Samaan aikaan kehitettiin geofysikaalista matalalentomittausta sekä geokemiallista kartoitusta. Uraanin analytiikkaan käytettiin viivästyneiden neutronien laskentaan perustuvaa menetelmää VTT:n reaktorilaboratoriossa Otaniemessä. GTK aloitti myös yhteistyön kansainvälisten järjestöjen IAEA:n ja OECD:n toimittaman "Punaisen kirjan" työryhmässä sekä siihen liittyvissä uraanigeologian työryhmissä. Vuonna 1979 Vuorimiesyhdistys järjesti "Uraaniraaka-ainesymposiumin" /5/, jonka yhteydessä julkistettiin GTK:n tehostamissuunnitelma uraaninetsintää varten.

Tutkimuskeskukseen muodostettiin Pentti Ervamaan johdolla toiminut yk-

sikkö, jossa kuhunkin aluetoimistoon oli sijoitettu 1-2 geologia sekä pieni kenttäryhmä ja koko maata varten yhteisesti geofyysikko. Kanadasta ostettiin skintillometreja ja spektrometreja, ja Otaniemeen malmiosastolle hankittiin kiinteä gammaspektrometri näytteiden analysointiin. Suomi osallistui kansainväliseen uraanivarojen arviointiprojektiin /6/, jonka asiantuntijoilta saatiin myös opastusta etsintään. Pääosa työstä suunnattiin matalalentomittauksen ja geokemiallisen kartoituksen tuottamien anomalioiden tarkistuksiin, ja tätä kautta kehkeytyi kohteita edelleen tutkittaviksi. Pisimmälle niistä vietiin Nummi-Pusulan Palmottu.

Kuusamossa uraaninetsintänä aloitettu työ johti sittemmin laajaan koboltti- ja kultatutkimukseen Kuusamon liuskejaksolla.

Muutamien vuosien työskentelyn jälkeen ryhmän geologit alkoivat olla kypsiä tarkastelemaan haastetta perusteellisemmin geologisten mallien luomiseksi etsinnälle; esimerkiksi Askolassa jo toimittiin tältä pohjalta ns. Alhon lohkarin lähtöpaikan selvittämiseksi (kuva 1). Tuolloin suunniteltiin mm. kattavaa ikämääritysprojektiä uraanikohteille. Nämä aikomukset raukesivat, kun uraanin hinnan romahduksen vuoksi GTK:n etsinnän painotus siirrettiin kultaan ja nikkeliin. Systemaattinen uraaninetsintä lopetettiin 1980-luvun puolivälissä, joskin joitakin kairauksia ja raportointia tehtiin vielä muutaman vuoden ajan. Vuonna 1989 Suomen Atomiteknillinen Seura julkaisi teemalehden "Uraani 200 v ja fissio 50 v", jossa on mm. artikkelit uraanin >>>

geologisesta historiasta /7/ ja uraanin-etsinnästä Suomessa /8/.

Suomen uraaniesiintymät ja -varannot

Suomessa 1950-luvulta noin 1980-luvun puoliväliin saakka löydetyistä uraaniesiintymistä (kuva 2) ja uraanipotentialisista alueista ovat tärkeimpiä (suluissa keskipitoisuus ja uraanisisältö *in situ*):

1) Kolarin-Kittilän alueella Kesänkintunturin kerrosmyötäinen esiintymä (0,06 % U; 950 tU) Lainion ryhmän kvartsiitissa sekä erillisten juonien muodostama Pahtavuoman esiintymä (0,19 % U; 500 tU) Savukosken ryhmän vihreäkivissä ja grafiittiliuskeissa, Pahtavuoman Zn- ja Cu-esiintymien kuppeissa. Tällä alueella on lisäksi vähäisempiä uraaniaiheita ja -viitteitä sekä uraanipitoisuudeltaan anomaalisia graniitteja.

2) Kuusamon alueelta on löydetty runsaasti pieniä uraaniesiintymiä sekä uraanimineraaleja kultaesiintymien yhteydessä. Uraaniesiintymistä suurin lienee kerrosmyötäinen Kouvervaaran esiintymä serisiittikvartsiittimuodostumassa, joskaan siitä ei ole malmiarviota. Uraania esiintyy Kuusamon liuskejaksos albiittituneissa metasedimen-

Kuva 3. Paukkajanvaaran uraanikaivoksen peittäminen alkoi Enossa lokakuussa 1993. Rakennelmat purettiin, jätekievikasat ja rikastushiekka-alue peitettiin ja alueelle määrättiin joitakin käyttörajoituksia. Säteilyturvakeskus antoi todistuksen loppusijoituksesta vuonna 2001 /13/.



Figure 3. Filling of the Paukkajanvaara mine in Eno, 1993. The Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety gave the certificate of the accomplished environmental restoration of the mine area to the landowner in 2001 /13/.

teissä, albiittituneissa vihreäkivissä ja mafisissa juonissa sekä liuskejaksos ympäröivissä granitoideissa /9/.

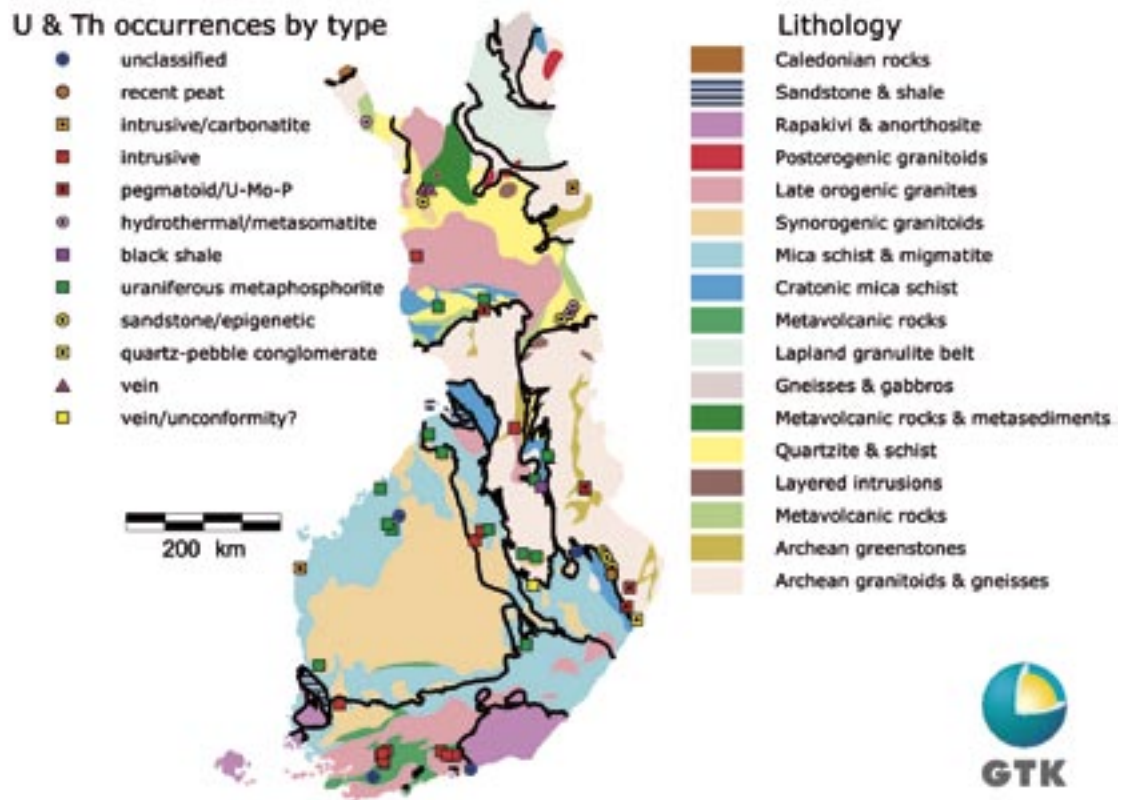
3) Kolin-Kaltimon kvartsiittijakso Pohjois-Karjalassa sisältää lukuisia pieniä uraaniesiintymiä /10/, joista Ipatti, Martinmonttu ja Hermanninmonttu kuuluvat nykyään Kolin kansallispuistoon. Paukkajanvaaran kaivosalue on peitetty ja siivottu /11–13/ (kuva 3). Ylä-Paukkajanjärven alla, Ruunaniemessä ja Sikovaarassa sekä em. kansallispuiston esiintymissä on yhteensä vain

250 tU, ja niiden keskipitoisuudet ovat rajoissa 0,08–0,14 % U. Uraani esiintyy Herajärven ryhmän kvartsiiteissa ja konglomeraateissa, niitä leikkaavissa mafisissa juonissa ja juonten reunoilla sekä etenkin etelämpänä Enon Riutassa pikivälkejuonina kvartsiittien ja arkeisen kallioperän väliin sijoittuvassa serisiittikvartsiliuskevyyhykkeessä (kuva 4).

4) Etelä-Suomessa etenkin Uusimaa erottuu sekä radiometrisesti että geokemiallisesti alueena, jonka kallioperässä ja pohjavedessä on laajoilla alueilla

Kuva 2. Suomen uraani- ja torium-esiintymien jakautuminen ja luokittelu väljästi Punaisen kirjan tyyppejä /1/ soveltaen. Kallioperäkartta GTK:n aineistoista.

Figure 2. Distribution of uranium & thorium occurrences in Finland, with classification modified from the geologic types in the Red Book /1/. Geological map from the GTK databases.



korkeampia uraanipitoisuuksia kuin muualla Suomessa. Nummi-Pusulassa on Palmotun esiintymä migmatiittista kiillegneissia leikkaavissa graniiteissa (0,1 % U; 1 000 tU). Palmotussa on malminetsintätöiden päätyttyä tehty monipuolisia tutkimuksia kansainvälisessä analogiprojektissa /15/. Itä-Uudellamaalla useimmat kallioperässä havaitut uraanimineraalien pesäkkeet liittyvät Palmotun kaltaisiin Svekofeniisiin myöhäisorogeenisiin graniitteihin, mutta Matti Vaasjoki, Hannu Appelqvist ja Kari Kinnunen onnistuivat jo yli 25 vuotta sitten selvittämään, että Alhon lohkarkeen uraniniitti ja muutamat muut alueen uraaniaiheet liittyvätkin yllättävän nuoriin, noin 450 miljoonan vuoden takaisiin ptahtumiin.

raportoidut vähät uraanivarannot ovat kuuluneet tuotantokustannuksiltaan kalleimpaan luokkaan, ja vuosien myötä ne ovat vähentyneet 4 400 tonnista 1 500 tonniin U (*in situ*). Nykyiset raportoidut varannot sisältävät Palmotun ja Pahtavuoman esiintymät, ja jos niissäkin otetaan huomioon rikastushävikki, Suomen varannot ovat 1 125 tU /1/. Vähennyksen selittävät suojelualueet (Koli & Kesänkitunturi), kaivoksen sulkeminen (Vihanti) ja huono rikastettavuus & matala pitoisuus (Nuottijärvi). Todellisuudessa Suomessa ei ole yhtään uraaniesiintymää, joka olisi kaupallisesti hyödynnettävissä: kaikki tunnetut esiintymät ovat liian pieniä ja niiden uraanipitoisuudet ovat liian matalia.

nut pintaan kaivoslain muutoksessa muhineet erilaiset näkökulmat. Nämä puolestaan ovat tuoneet kaivoslain mukaisten valtaushakemusten käsittelyyn täysin uusia vaiheita jo ennen lain uudistuksen valmistumista. Lähivuodet näyttävätkin malminetsinnässä kovin mielenkiintoisilta ja yhä haasteellisemmilta.▶▶▶▶

SUMMARY

Waking up of a sleep of 20 years, exploration for uranium is again going on in Finland, as elsewhere in the world. The conditions, however, have changed remarkably from those of the past exploration: the operators are international companies, GIS-based digital background data is widely available and widely used, and the word 'uranium' has aroused emotionally oriented publicity in the media and at the internet. The Mining Act is under reform, and, in the handling of exploration licences for uranium, this publicity triggered off new procedures following the principles of the future reform but at the same time causing a significant delay for the planned exploration programmes for the first five companies to apply for licences.

Uranium exploration was carried out by domestic operators in Finland from the late 1950s to the mid 1980s. The first discoveries in eastern and southern Finland, Paukkajanvaara in Eno and Lakeakallio in Askola, were developed into pilot plant stage with test mining and concentration facilities. From 1958 to 1961, a total of 41 tonnes U was produced in these plants.

Main part of the past exploration was done by Outokumpu Oy, but around 1975 the responsibility of exploration shifted to the Geological Survey. The results of the exploration with the uranium provinces are briefly described in the OECD NEA/ IAEA Red Book /1/. In terms of the Red Book classifications, Finland has Reasonably Assured Resources 1 500 tonnes U in the cost category 80–130 USD/kgU; with mining losses deducted, these resources are 1 125 tonnes U.

At present, there are no economic uranium deposits in Finland. However, showing geological analogies with the major uranium producing centres in Canada and in Australia, the location of Finland within the Fennoscandian Shield provides good potential for exploration.▶



Figure 4. Vein of pitchblende (dark) in sericite-quartz schist at the Riutta prospect in Eno.

Kuva 4. Pikivälkejuoni (tumma) serisiitti-kvartsiliuskeessa Riutan esiintymästä Enossa.

Näiden neljän alueen lisäksi uraania on esimerkiksi uraani-fosforiesiintyminä tunnetuissa fosfaattisissa metasedimenteissä ja -vulkaniiteissa (kuva 2), joista suurimmat ovat Paltamon Nuottijärvi (0,04 % U; 1 000 tU) ja Vihannin Lampinsaari (0,03 % U; 700 tU). Malmityyppinä nämä osoittautuivat heikohoksi matalan uraanipitoisuuden ja huonon rikastettavuuden takia.

IUREP-konsultit arvioivat /6/, että Talvivaaran metallirikkaista mustaliuskeista voisi olla saatavissa jonkin verran uraania muiden metallien sivutuotteena. Arvio perustui silloisiin GTK:n kairauksiin, joissa muutamasta profiilista oli käytettävissä tietoja uraanipitoisuuksista (0,001–0,004 % U), jotka sinällään ovat mustaliuskeille tavanomaisia. Merkittävämpi sivutuoteuraanin potentiaali on Soklin karbonaattisissa, josta osa sisältää uraanivaltaista pyroklooria (0,01 % U; 2 500 tU).

Suomesta kansainvälisiin tilastoihin

Nykyinen etsintä

Suomen sijainti Fennoskandian peruskalliokilvellä arkeisten ja proterotsoisten kivilajien rajalla on kaikesta huolimatta otollinen myös uraanimalmien etsinnälle, sillä geologiaa analogioita on johdettavissa Kanadan ja Australian uraanintuotantoalueille /16/. Uraaninetsintä alkoi uudelleen vuonna 2004, jolloin haettiin ensimmäiset valtausvaraukset. Toukokuussa 2006 päivitettyjen kaivosrekisterikarttojen mukaan lähes kaikki vanhastaan tunnetut uraaniaiheet ovat varauksessa, ja viisi yhtiötä on hakenut valtauksia useille alueille Etelä-, Itä- ja Pohjois-Suomeen /17/. Yli 20 vuoden "Ruususen uni" uraaninetsinnässä heijastuu muutoksina toimintaympäristössä: etsijät ovat kansainvälisiä yhtiöitä, paikkasidonnaista numeerista tausta-aineistoa on hyvin saatavissa, uraaninetsinnän herättämä julkinen keskustelu on nosta-

KIRJALLISUUSVIITTEET

1. Uranium 2005 – Resources, Production and Demand. A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency. OECD (2006), 388 s.
2. Stigzelius, H. Suomen uraanimalmin tarpeesta. Vuoriteollisuus 15 (1) (1957), 44-46.
3. Vaasjoki, O. Uraanimalmeista ja niiden esiintymisestä. Vuoriteollisuus 14 (1) (1956), 13-16.
4. Räisänen, K. Atomienergia Oy:n toimesta suoritettua uraanimalmien louhinta- ja rikastuskokeilut vv. 1958-1961. Vuoriteollisuus 19 (2) (1961), 34-43.
5. Parkkinen, M. (toim.). Uraaniraaka-ainesympposiumi. Vuorimiesyhdistys B 27 (1979), 119 s.
6. IUREP Orientation Phase Mission Report: Finland. OECD Nuclear Energy Agency (1981), 104 s.
7. Niini, H. Uraanin geologinen historia. ATS Ydintekniikka 18 (1989), 7-10.
8. Äikäs, O. Uraaninetsintä Suomessa. ATS Ydintekniikka 18 (1989), 11-13.
9. Vanhanen, E. Geology, mineralogy and geochemistry of the Fe-Co-Au-(U) deposits in the Paleoproterozoic Kuusamo Schist Belt, northeastern Finland. Geol. Surv. Finland. Bull. 399 (2001), 229 s.
10. Piirainen, T. Die Petrologie und die Uranlagerstätten des Koli-Kaltimogebiets im finnischen Nordkarelien. Bull. Comm. Géol. Finlande 237 (1968), 99 s.
11. Sillanpää, T., Ikäheimonen, T. K., Salonen L., Taipale, T. ja Mustonen R. Paukkajanvaaran vanhan uraanikaivos- ja rikastamoalueen ja sen ympäristön radioaktiivisuustutkimukset. STUK-B-VALO 56 (1989), 94 s.
12. Mustonen, R., Ikäheimonen, T. K., Salonen, L. ja Sillanpää T. Uraanin louhinnan ja rikastuksen radiologiset ympäristövaikutukset Enon Paukkajanvaarassa. STUK-B-VALO 61 (1989), 26 s.
13. Jakobsson, K. Suomen ainoan uraanikaivoksen jäljet on siivottu. Alara 2/2002, 20-21.
14. Lauerma, R. Selostus Imatran Voima Osakeyhtiön suorittamista uraanitutkimuksista Porvoon maalaiskunnassa ja niiden nykyisestä vaiheesta. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti X113 (1959), 17 s.
15. Ahonen, L., Kaija, J., Paananen, M., Ruskeenieniemi, T. & Hakkarainen, V. Palmottu natural analogue: a summary of the studies. Tiivistelmä: Palmottu luonnon-analogiatutkimus: yhteenveto tutkimuksista. Geologian tutkimuskeskus, YST-121 (2004), 39 s.
16. Äikäs, O. Suomen kallioperä houkuttelee uraanin uuteen etsintään. Alara 1/2006, 20-22.
17. Tontti, M. Uraaninetsintä Suomessa - tausta ja nykytilanne. KTM Energiakatsaus 2/2006, 9-11. ▀

Uraniniitti	uraanioksid	seossarja torianiitin kanssa; kuutiollinen; sis. Th ja REE	yleisimmin korkean lämpötilan esiintymissä
Pikivälke	uraanioksid	ei kidemuotoa, kolloformisia rakenteita. U ⁴⁺ & U ⁶⁺ -oksidien seos; ei Th eikä REE	yleisimmin hydrotermisissä ja matalan lämpötilan esiintymissä
Branneriitti	uraanititanaatti	musta	
Coffiniitti	uraanisilikaatti	musta	
Uranofaani	uranyylisilikaatti	keltainen	sekundäärinen U-mineraali
Karnotiitti	uranyylivanadaatti	keltainen	sekundäärinen U-mineraali
Thucholiitti	Radioaktiivinen hiilivety; Th–U–C–H–O	”hiilivetypallosia”, joskus sisällä uraniniitti tai sen pseudomorfi	
Pyrokloori	niobiumoksid	toriumia yleensä enemmän kuin uraania	yleinen karbonaatiiteissa ja alkalikivissä

Uraaniesiintymien geologiset tyypit

1. Unconformity-sidonnaiset esiintymät (unconformity: tässä epäjatkuvuuspinna, joka erottaa muuttuneen kiteisen kallioperäalustan yläpuolisista klastisista sedimenteistä, tyypillisimmin hiekkakivestä). Uraaniesiintymät voivat olla hyvin rikkaita (keskipitoisuus 0,3 – 20 % U), ja niitä esiintyy itse kontaktissa, sen yläpuolen sedimenteissä ja alustan kallioperässä. Esimerkkeinä Kanadan Athabasca-hiekkakiven alue, Australian Alligator Rivers -alue, Fennoskandiasta Karkku Venäjällä (Salmassa).

2. Hiekkakivetyypin esiintymissä uraani on saostunut vesiliuoksista huokoisten karkeahkojen hiekkapatjojen sisään kohdattuaan hiekkassa olevia pelkistimiä. Esiintymien keskipitoisuus on tyypillisesti 0,05 – 0,25 % U. Nykyisin näitä esiintymiä hyödynnetään pääasiassa liuottamalla (*in situ* -leaching). Esimerkkeinä Kazakstan, Venäjä, Australia, Tšekki, Yhdysvallat, Niger. Suomessa eräät Kolin jakson esiintymistä ja Kolarin Kesänkitunturi voitaneen lukea tähän tyyppiin, joskin niiden isäntäkinä olevat kvartsiitit ovat poimuttuneita ja tiiviiksi uudelleenkiteytyneitä.

3. Hematiittibreksiakompleksiesiintymät. Käytännössä näitä on vain yksi (ja suuri), Australian Olympic Dam, josta kuparin oheistuotteena saadaan myös uraania. Tästä on kuitenkin johdettu kullan etsintään malli ”rautaoksidikulta-kupariesiintymät”, jota sovelletaan laajasti. Suomessakin tähän

malliin on luettu Kuusamon alueen kultaesiintymiä, joista eräissä on myös huomattavia määriä uraania.

4. Kvartsipalloisten konglomeraattien esiintymät. Joki- tai rantasoraan rikastuneiden detritaalisten uraani- ja toriummineraalirakeiden muodostamia esiintymiä yli 2,3-2,4 miljardia vuotta vanhoissa kerrostumissa. Tyypiesimerkit Etelä-Afrikassa ja Kanadassa, nykyään taloudellinen merkitys on vähentynyt. Suomessa eräät toriumia sisältävät konglomeraatit mm. Pohjois-Karjalan kvartsiittijaksoissa voidaan lukea tähän tyyppiin.

5. Juoniesiintymät. Kallion halkeamiin ja murtumiin kiteytyneissä juonissa ja juoniverkostoissa esiintyvät malmit, yleensä pikivälkettä yhdessä karbonaattien ja kvartsin kanssa. Tyypillisesti Keski-Euroopassa, mutta myös Afrikassa ja Intiassa. Suomessa ehkä Pahtavuoma kuuluu tähän tyyppiin.

6. Intrusiiviset esiintymät. Magmavivissä tai anatektisissa kivissä esiintyvät uraanin rikastumat, useimmiten granitoideissa ja karbonaatiiteissa. Esimerkkeinä Rössing Namibiassa (alaskiitti) ja Palabora Etelä-Afrikassa (karbonaatiitti). Suomessa vastaavia ovat Palmottu ja Sokli.

7. Vulkaanisperäiset ja kalderasidonnaiset esiintymät. Uraanin esiintymisellä on rakenteellinen kontrolli vulkaanisen aineksen ja klastisten sedimenttien täyttämässä kalderoissa.

Merkittävien kaupallinen tuotanto Venäjän Streltsovskista; Suomesta näitä ei tunneta.

8. Metasomatiitteihin liittyvät esiintymät. Prekambrikkivillä tektonomagmaattisiin vyöhykkeisiin liittyviä esiintymiä monenlaisissa isäntäkivissä, joille on yhteistä voimakas muuttuminen, mm. albiittituuminen ja karbonaattituuminen. Esimerkkeinä Ukraina, Brasilia ja Ruotsi (Arjeplogin alue). Suomessa Kuusamon alueen albiittituumiset mafiset juonet, Enontekiön Palkiskuru ja mahdollisesti Korsnäs.

9. Maan pinnalle syntyneet esiintymät. Geologisesti nuoria (tertiäärisistä resenteihin) uraanin rikastumia kalsium-magnesiumkarbonaattikerrostumissa (calcrete) tai laaksontäyte-sedimenteissä mm. Australiassa ja Namibiassa. Suot kuuluvat myös tähän ryhmään, ja uraanin rikastumisesta lähteisiin ja turpeeseen on meilläkin esimerkkejä.

10. Breksiapiippujen esiintymät. Pyöreitä, pystyjä sorrosrakenteita, joiden rengasmurtumiin ja huokosiin breksiatiloihin on kiteytynyt uraniniitit. Tyypiesiintymät Yhdysvalloissa.

11. Fosforiitit. Merellisten fosfaattisidimenttien hienorakeinen apatiitti voi sitoa hilaansa uraania. Varat ovat suuret, mutta uraanin pitoisuus matala. Uraania on aikaisemmin otettu talteen fosfaatin sivutuotteena. Parhaat esimerkit Yhdysvalloissa ja Marokossa. Suomesta on löydetty lukuisia tähän tyyppiin luettavia, mutta proterotsooisia esiintymiä, joista suurimmat ovat Paltamon Nuottijärvi, Vihannin Lampinsaari ja Tervolan Mustamaa.

Lisäksi muutamia esimerkkejä on esiintymistä, joissa uraanin rikastuminen liittyy metamorfisiin prosesseihin. Nuorissa kalkkikivissä on uraania Yhdysvalloissa, ja hiili- ja ruskohiiliesiintymiin voi liittyä köyhiä uraaniesiintymiä. Lisäksi tyypillisesti korkeahkoja – mutta malmiksi matalia – uraanipitoisuuksia esiintyy pegmatiiteissa, graniiteissa ja mustaliuskeissa.

Välttämättä kaikki uraaniesiintymät eivät sovi edellä lueteltuihin malleihin, ja eri maissa onkin käytössä omia luokitteluja. Taloudellisesti tärkeimmät tyypit ovat unconformity-esiintymät ja hiekkakivityypin esiintymät, joista suurin osa maailman uraanista nykyään tuotetaan. ▀

Lähde: Red Book 2005 /1/

RED BOOK 2005

tiivistelmän referaatti ja muita huomioita

Taloudellisen yhteistyön ja kehittämisen järjestö OECD sekä kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA ovat vuodesta 1965 julkaisseet katsauksen maailman uraanimarkkinoista. Kirja tunnetaan yleisesti "Punaisena kirjana", ja sen tuore laitos julkaistiin kesäkuussa /1/.

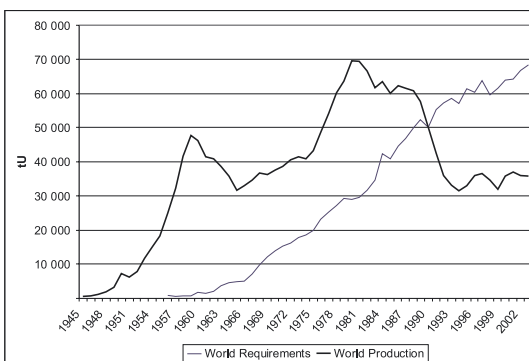
Kaikkiaan 43 maasta on koottu tietoja uraanin etsinnästä, varannoista, tuotannosta ja reaktorien uraanitarpeesta 1.1.2005 vallinneen tilanteen mukaisesti (kuvat 1-2). Kirjassa on myös vuoteen 2025 ulottuva ennuste ydinvoimakas-

pasiteetin ja reaktorien uraanitarpeen kasvusta sekä arvio pitkäaikaisesta uraanin kysynnän ja tarjonnan suhteesta. Näinä aikoina ilmestyy myös "Red Book Retrospective", kooste Punaisen kirjan tilastoista ja uraanimarkkinoista vuosilta 1965-2003.

Suomi on osallistunut Punaisen kirjan toimittamiseen vuoden 1973 laitoksesta lähtien. GTK ja KTM:n Energiaosasto ovat koonneet Suomea koskevat tiedot. Punaisen kirjan työryhmässä (nykyisin Joint NEA/IAEA Uranium Group) ovat Suomea edustaneet Kalevi Kauranne, Jouko Talvitie, Kauko Puustinen ja vuodesta 2003 Olli Äikäs. OECD/NEA:n kehityskomiteassa Suomea edustaa Jorma Aurela (KTM).

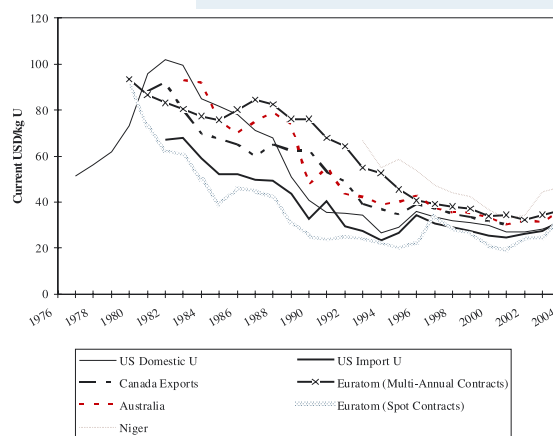
Malmietsintä

Uraaninetsintään käytettiin vuonna >>>>



Kuva 1 (yllä). Vuotuinen uraanin tuotanto ja reaktoreiden uraanin tarve 1945-2004 /1/. Tuotannon ylijäämä 1970-luvulle saakka merkitsee sotilastarkoituksiin tuotettua uraania. 1980-luvun alun tuotantopiikki oli seurausta kiihkeästä etsintäpanostuksesta, jonka jälkeinen hinnan romahdus näkyy tuotannon laskuna 1990-luvulta alkaen. Kysynnän ja tuotannon välinen vaje on toistaiseksi voitu täyttää ylijäämävarastoista.

Figure 1. Annual world uranium production and requirements from 1945 to 2004 /1/.

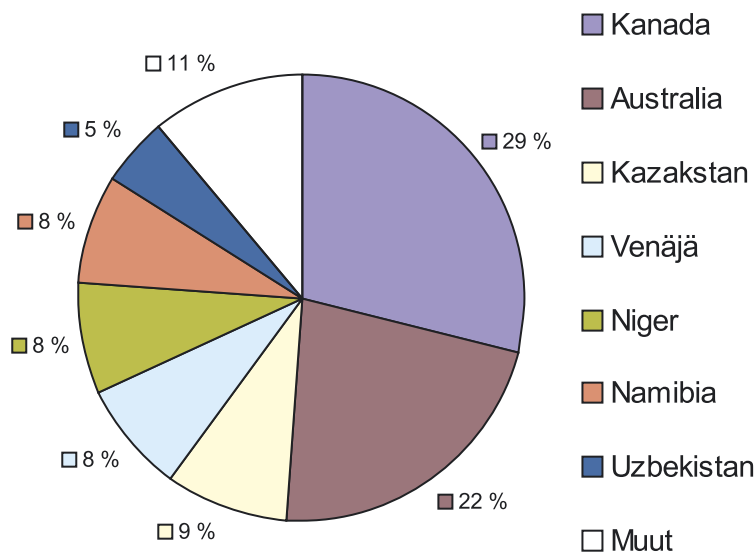


Kuva 2 (alla). Uraanin hinnan vaihtelu 30 vuoden ajalta, eri lähteistä /1/. Nykyinen hintataso alkaa saavuttaa 1980-luvun huippua edeltävän tason 1990-luvun notkahduksen jälkeen.

Tammikuussa 2001 spot-hinta oli 16,64 USD/kgU, marraskuussa 2005 jo 87,10 USD/kgU.

Figure 2. Development of uranium prices from 1976 to 2004 /1/.

Uraanin tuotanto 2004 (40263 tU)



Kuva 3. Vuonna 2004 Kanada ja Australia tuottivat puolet maailman uraanista, ja seitsemän maata vastasi 90-prosenttisesti koko tuotannosta [1].

Figure 3. World uranium production (40 263 tU) in 2004 [1].

2004 maailmassa yli 133 miljoonaa USD, missä on kasvua 40 % verrattuna vuoteen 2002. Markkinoiden alkaessa vahvistua vuonna 2003 etsintä lisääntyi kaikkialla, mutta keskitetysti kuitenkin alueilla, joilla on potentiaalia unconformity-tyyppin esiintymiin sekä ISL (*in situ* -leaching) -kelpoisiin hiekkakivi-tyyppin esiintymiin, pääasiassa lähellä jo tunnettuja varantoja. Hinnan jatkuva nousu on lisännyt etsintää muuallakin, etenkin alueilla, jotka ennestään tiedetään potentiaalisiksi. Etsintäkulojen arvioitiin päätävän yli 195 miljoonaa USD:iin vuonna 2005.

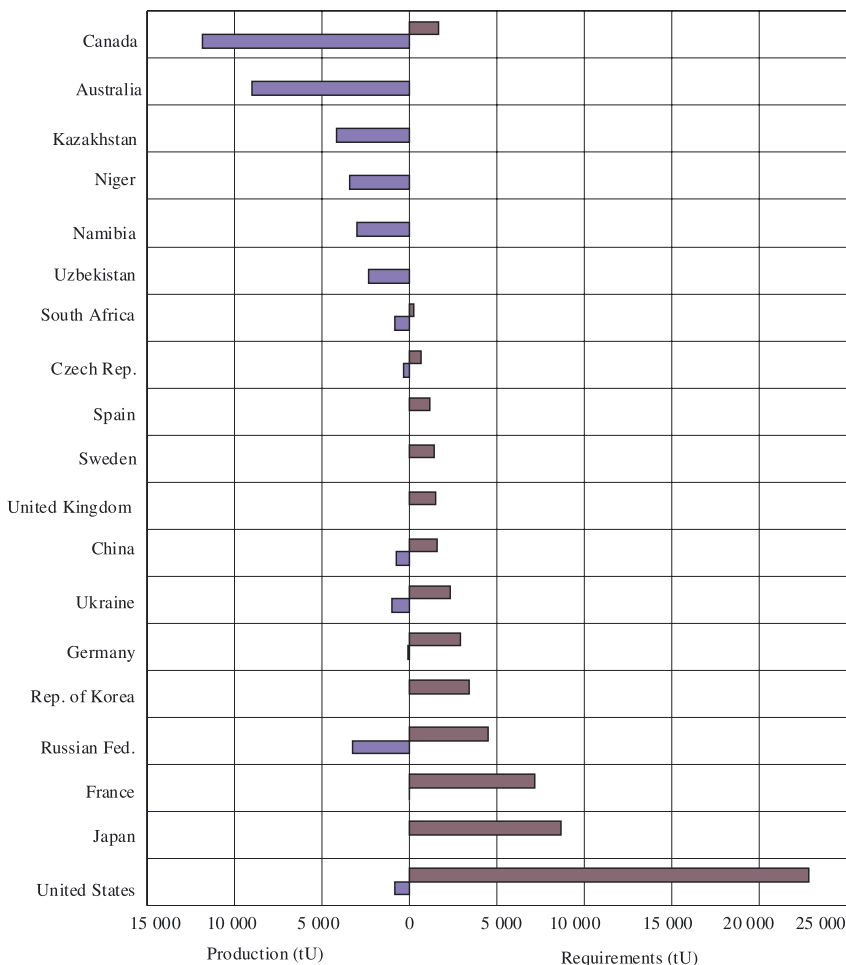
Varannot

Vuoteen 2003 verrattuna uraanivarannoissa on kasvua, joka pääosin johtuu uraanin hinnan nousuun perustuvista uudelleenarvioinneista. Todennetut konventionaaliset uraanivarannot ovat kustannusluokassa 80 USD/kg U noin 3,8 miljoonaa tonnia ja luokassa 130 USD/kg U noin 4,7 miljoonaa tonnia (sisältää edellisen luvun). Ennustettujen, vielä löytämättömien varantojen määräksi on arvioitu noin 10 miljoonaa

tonnia uraania. Nykyisen dramaattisesti kasvaneen etsintäpanostuksen arvioidaan lisäävän todettuja varantoja siten kuin aikaisemmat kiihkeän etsintän kaudet ovat osoittaneet.

Tuotanto

Vuonna 2004 uraanin tuotanto 40 263 tU (kuva 3) jakautui kaikkiaan 19 maan kesken. Merkittävää lisäystä oli Australiassa, Kazakstanissa ja Namibiassa, vähäisempää Brasiliassa, Nigerissä, Venäjän Federaatioissa ja Uzbekistanissa. Tšekin tasavalta, Etelä-Afrikan tasavalta ja Yhdysvallat vähensivät tuotantoa 2002-2004, ja Espanja lopetti tuotannon vuonna 2003. Suljettujen kaivosten jälkihoidossa talteen otettavan uraanin määrä väheni Ranskassa ja Saksassa vuodesta 2002 vuoteen 2004. Vuonna 2005 tuotanto kasvoi, ennuste on 41 250 tU (kuva 4).



Kuva 4. Vuoden 2005 arvioitu uraanin tuotanto ja reaktoreiden uraanin tarve maittäin. Maailma on jakautunut kahteen pooliin, joissa etenkin Euroopan maat ja Yhdysvallat ovat kuluttajan asemassa riippuvaisia tuottajamaista [1].

Figure 4. Estimated uranium production and reactor-related requirements for major producing and consuming countries [1].

Vuonna 2004 maanalaisten kaivosten osuus tuotannosta oli 39 %, avolouhosten 28 %, ISL-laitosten 20 %, ja 13 % kertyi rinnakkais- ja sivutuotteena mm. kupari- ja kultaesiintymistä.

Ympäristökysymykset

1990-luvun uraaninetsinnän laman aikana Punaisen kirjan työryhmässä koottiin erillinen katsaus ympäristökysymyksistä /2/ ja uudessakin kirjassa on maakohtaisia katsauksia alaotsikolla "Environmental activities and socio-cultural issues".

Tarve

Vuoden 2004 lopussa oli toiminnassa 440 kaupallista ydinreaktoria, joiden kokonaiskapasiteettiin 369 GW tarvittava polttoaine vastaa 67 320 tU luonnonuraania. Vuoteen 2025 mennessä maailman ydinvoimakapasiteetin arvioidaan sijoittuvan välille 449–533 GW ja vastaavasti reaktoreiden tarvitsema uraanimäärä olisi 82 275–100 760 tU.

Ydinvoimakapasiteetin ja uraanin tarpeen arvioidaan kasvavan merkittävästi Itä-Aasiassa ja Keski-, Itä- ja Kaakkois-Euroopassa, kasvavan hiukan Pohjois-Amerikassa ja vähenevän Länsi-Euroopassa. Ennusteissa nähdään kuitenkin epävarmuutta, koska ydinenergian julkinen hyväksyttävyyys ja sen osuus energiantuotannosta ovat vilkkaan keskustelun kohteena monista eri näkökohdista, mukaan luettuna fossiilisten polttoaineiden riittävyys ja kasvihuonekaasujen vähentäminen. Ydinvoiman osuuden arvioidaan kasvavan mahdollisesti enemmänkin.

Kysynnän ja tarjonnan suhde

Vuoden 2004 lopussa uraanin tuotanto kattoi noin 60 % reaktoreiden tarpeesta maailmassa. Vajaus täytettiin sekundärilähteistä: kaupallisista ylijäämävarastoista, taistelukärkien pommiuraanin (HEU – highly enriched uranium) muuntamisesta polttoaineeksi (LEU – low enriched uranium), köyhdytetyn uraanin uudelleenrikastuksesta ja käytetyn polttoaineen uudelleenkäsitelystä. Nykyisillä kaivoksilla ja jo suunnitelluilla uusilla tuotantokeskuksilla (taul. 1) voidaan kysyntään vastata vuoteen 2010 saakka, jos kaikki laajennukset toteutuvat ajoissa ja laitokset toimivat täydellä kapasiteetilla. Vaikka teollisuus on tähän tuotannon lisäykseen jo havahtunut, sekundärilähteet ovat vielä välttämättömiä polttoaineen saatavuuden varmistamiseksi.

Vuosi	Maa	tuotanto tU/v	Kaivos
2005	Iran	21	Bandar Abbas
2005	Venäjä	1000	Khiagda
2006	Intia	280	Banduhuran & Lambapur
2006	Namibia	1000	Langer Heinrich
2006	Niger	2000	Ebba
2006	Kazakstan	1000	Tortkuduk
2007	Brasilia	680	Itataia
2007	Kanada	6900	Cigar Lake
2007	Iran	50	Ardakan
2007	Kazakstan	2000	Central Mynkuduk
2008	Kazakstan	3150	5 eri kaivosta
2010	Kanada	2300	Midwest
2010-2030	Kazakstan		4 eri kaivosta
avoin	Australia	340	Honeymoon

Taulukko 1. Avattaviksi suunniteltuja uusia kaivoksia. Merkittävin tuotannon lisäys tulee lähivuosina Kanadasta ja Kazakstanista /1/.

Table 1. New uranium mine openings planned for 2005 and after /1/.

Vuoden 2015 jälkeen sekundärilähteiden merkitys vähenee, ja reaktoreiden tarvitsema uraani on tuotettava lähes yksinomaan kaivoksista. Tähän tarvitaan nykyisen tuotantokapasiteetin laajentamista sekä uusien tuotantokeskusten kehittämistä tai sitten vaihtoehtoisten polttoaineketjujen käyttöönottoa; molemmat ratkaisut vaativat paljon aikaa ja kustannuksia. Uusien esiintymien löytäminen ja tuotantoon saattaminen vie pitkän ajan, yleisesti 10 vuotta tai enemmän, ja siten uraanista voi ajoittain tulla pulaa hinnan nousussa ja sekundärilähteiden vähetessä. Toimitusvaikeuksien väistäminen edellyttää ajoissa tehtyjä investointipäätöksiä niin etsintään kuin uusien löytöjen kehittämiseenkin.

Yhteenveto

Sähkön käytön odotetaan lisääntyvän useiden vuosikymmenien ajan maailmassa väestönkasvun ja talouskasvun myötä. Ydinvoimalla on sähkön tuotannossa edelleen tärkeä osa. Punaisessa kirjassa kuvattu uraanivarantopohja riittää kattamaan tulevat tarpeet. Vahvat markkinat ja uraanin vakaa, korkea hinta ovat kuitenkin edellytyksenä sille, että varannoista voidaan

oikea-aikaisesti kehittää tuotantoon valmiita kaivoksia kattamaan tuleva polttoaineen kysyntä.▲

KIRJALLISUUSVIITTEET

1. Uranium 2005 – Resources, Production and Demand. A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency. OECD (2006), 388 s.
2. Joint NEA/IAEA Uranium Group: Environmental Remediation of World Uranium Production Facilities. OECD (2002), 350 s.▲

SUMMARY

The 2005 edition of the OECD NEA/IAEA Red Book /1/ was published in June 2006. In this article the executive summary of the Red Book 2005 is briefly introduced, with some graphs and statistics included to show the recent development of the uranium market.▲

Mitä uraanin rikastaminen malmista rikasteeksi tarkoittaa? Asia ei ole Suomessakaan tuntematon, vaan se on ollut vahvastikin esillä jo noin 50 vuotta sitten. Laajamittaisen malminetsinnän merkittävin löytö oli Paukkajanvaaran esiintymä Enossa v. 1958. Seuraavassa artikkelissa on tiivistelmä tässä lehdessä 45 vuotta sitten (VUORITEOLISUUS 2/1961) julkaistusta artikkelista: "Atomienergia Oy:n toimesta suoritettua uraanimalmien louhinta- ja rikastuskokeilut vv. 1958 – 1961".

Alkuperäisen artikkelin louhintaa koskevaa osaa ei tässä käsitellä. Pois on jätetty myös mm. henkilöstöä ja kalustoa koskevat luvut. Artikkelin kirjoittaja oli DI Kalervo Räisänen, joka on myös toiminut asiantuntijana tämän tiivistelmän tuottamisessa.

Harri Lehto



URAAANIMALMIN RIKASTUS

Tutkimustoiminnan alku

Sähkövoiman kulutuksen ripeä kasvu maassamme viime sotaa seuranneena vuosikymmenenä antoi aiheita arvela, että vesivoimavaramme saattaisivat ennen pitkää käydä vähiin, omat polttoaineet tuntuivat kalliinpuoleisilta, ja mahdollinen suuri polttoainetuonnin kasvu arveluttavalta. Hyviä neuvoja, jotka usein ovat kalliitakin, harkitessa sieti tutkiskella, olisiko sopivaa lääketta voimatilanteeseen ydinvoimasta, joka tuolloin oli ulkomailla noussut suureen huutoon. Eräiden yksityisten toiminnassaan voimahuollosta riippuvaisten teollisuuslaitosten toimesta ja kustannuksella perustettiinkin v. 1955 Atomienergia Oy:n nimeä kantava yhtiö selvittämään käytännössä ydinvoiman käyttömahdollisuuksia ja tähän liittyviä osakysymyksiä. Ydinvoiman raaka-ainevarojen tutkiminen katsottiin alun pitäen välttämättömäksi perustyöksi, ja perustettu yhtiö ryhtyi muun tutkimustoimintansa ohella haravoimaan radioaktiivisia esiintymiä geologisesti sopiviksi arveluilta alueilta. Nopeassa tahdissa saatiinkin ilmi koko joukko havaintoja uraani- ja thoriumpitoisista kivennäisistä, ja usko voimametallimalmien löytymismahdollisuuksiin vahvistui.

Pohjois-Karjalan uraanilöydökset

Syksyllä 1957 tuli tietoon, että Enon Hutunvaarassa oli todettu radioaktiivisuutta kallioperässä. Tämä johti tutkimuksiin, joissa muutamien viikkojen kuluessa löytyi havaintopaikan läheisyydestä laaja ja melko hyvälaatuinen uraanimalmin lohkareviuhka, sekä radioaktiivisuutta usein paikoin peruskalliossa ja maavesissä. Tutkimukset laajenivat v. 1958 aikana alueelle, joka lähes 30 km pitkänä ulottui Kolilta Kaltimoon. Paitsi Hutunvaaran lohkareviuhkaa löydettiin ns. Herajärven kannaksen ja Riutan lohkareviuhkat, sekä suuri joukko muita uraanimineralisaatioiden merkkejä. Yleensäkin alue alkoi osoittaa uraaniprovinssin oireita, ja yhtiön ulkopuolisetkin asiantuntijat julkitoivat tämän ns. Kolin Jakson olevan siihen asti vahvimman uraanimalmeihin viittaavan löydöksen ei vain Suomessa vaan koko Skandinaviassa. Alueen monimutkainen geologia vaatii ammattimiehen laatimaa asiantuntevaa selostusta. Todettakoon tässä vain, että uraanimineralisaatiot sijaitsevat karjalaisen muodostuman kvartsiiteissa ja konglomeraateissa, joskus myös diabasiin yhteydessä. Malmityyppejä on useita aina pikivälkejuonista impregnatiivisiin muodostumiin ja sekundää-

risten uraanimineraalien aiheuttamiin rakotäytteisiin asti. Täten on sekä esiintyvien uraanimineraalien että niiden emäkivien valikoima laaja. Tähän mennessä louhimalla tutkitut malmit ovat olleet melko vapaita seuralaismetalleista, lukuunottamatta pieniä vanadiinimääriä. Kvartsiittien rauta- ja kiisupitoisuus on ollut alhainen. Rikastusteknillisesti ovat malmit siis olleet puhtaita ja liuotuskäsitelyyn hyvin sopivia. Murskaus- ja jauhatusteknilliset ominaisuudet ovat, johtuen kvartsiittien laajasta valikoimasta samassakin malmiossa, olleet vähemmän suotuisia. Rakenteeltaan ovat malmit poikkeuksetta olleet juonimaisia tai silmäkkeellisiä, joten louhintamiehillä on ollut naurussaan pitelemistä, joshan malmintutkijoillakin.

Vuoden 1958 aikana löydettiin Hutunvaarassa kaksi pientä rakotäytetyyppistä malmipuhkeamaa sekä joukko pikivälkejuonia. Puhkeamat ristittiin Märtenson- ja Kunnansuo -malmioiksi. Nämä kairattiin vuoden loppuun mennessä 15-20 m:n profiilivälein 50-60 m:n syvyyteen, sekä koelouhittiin. Malmimäärät tuntuivat pieniltä, mutta laatu arvioitiin sangen hyväksi ja malmioiden muoto diabasi-kvartsiikkontaktissa tyydyttävän säännölliseksi. Muualla Kolin Jaksolla ei varsinaisia puhkeamia oltu v. 1958 tavattu. Oikullisesti vaihtelevat paksut



Paukkajavaaran uraani-kaivoksen rikastamo tammikuussa 1960. Suunnittelussa oli käytetty hyväksi maaston sopivan kaltevaa rinnettä. Syötetty malmi siirtyi painovoimalla vaiheesta toiseen yksinkertaisin laittein. Kuva Kalervo Räsänen.

maakerrokset vaikeuttivat tutkimuksia, ja kun karvoja sentään oli löydetty melko kimppe, arveltiin karhunkin aikaan tulevan kierretyksi, jos eväät vain riittäisivät.

Ensimmäiset murskaus- ja rikastuskokeilut

Kun laajalla tutkimusalueella oli todettu pistemäisesti hyvinkin rikkaita juonia, jopa paikoin ainakin pieniä malmioita, heräsi varhain ajatus lisätä eväitä jo tehtyjen löydöksiin osittaisella hyväksikäytöllä. Samalla haluttiin louninnan antamaa selvyyttä moniin näiden oikulistien malmityyppien ominaisuuksiin.

Markkinoita v. 1958 tutkittaessa ilmeni tyydyttäviä mahdollisuuksia myydä 1,5 % U sisältävää tai rikkaampaa malmiä eurooppalaisille ostajille. Hutunvaaran malmioiden kairausanalyysit osoittivat n. 0,3 % U keskipitoisuutta, pikivälkejuonien prosenttiluokkaa olevia arvoja, ja harvinaisen rikkaita näytekappaleita saatettiin ilmeisesti poimia helposti. Vaikkutti perustellulta yrittää saada tuotanto alkuun pienessä mittakaavassa valmistuen sopivalla lajittelumenetelmällä korkeaprosenttista palamalmituotetta ja käsitellen lajittelujäte tulevaisuudessa erikseen, varsinkin kun rikas uraanimalmi tuntui harvinaisena tavarana olevan

kohtalaisissa hinnoissa.

Suunnitelmia käytiin laatimaan kevättälvella 1958. Apuna käytettiin asi-antuntijoita maan kaivosteollisuudesta sekä erikoisesti VTT:n Vuorilaboratoriota, joka kesän aikana suoritti murskaus- ja rikastuskokeita toimitetuilla malminäytteillä. Käsinlajittelussa päästiin 0,4-0,6 % U sisältävillä näytteillä 1-2 % U lajittelutuotteisiin saannin ollessa 35-50 %, ja menettelyn onnistuminen kentällä näytti luultavalta. Suoritettiin myös vaahdotus- ja tärypöytäkokeiluja, jotka osittain onnistuivatkin kohtalaisesti, mutta osoittivat suuria vaihteluja eri malmityypeille.

Kokeiden mukaan suunniteltiin murskaus- ja lajittelukaavio n. 10 malmitonnin tuntisyötölle. Tarkkoja tietoja enempää uraanin kuin murskeenkaan seulajakautumisesta ei ollut, vaan nämä arvioitiin. Syksyllä 1958 rakennettiin Hutunvaaraan suunnilleen kaavion mukainen murskauslaitos halvoin tilapäisrakentein ja nopeasti saatavissa olevin koneistoin. Samanaikaisesti louhittiin malmipuhkeamista avolouhoksina n. 4 700 m³, josta 2 750 m³ katsottiin malmiksi. Louhintatyön suoritti ulkopuolinen urakoitsija käyttäen raskasta kalustoa, kuten kaivinkoneita ja pusku-tractoreita. Murskaus- ja lajittelulaitosta käytettiin syksyllä 1958 eri otteisiin muutamien viikkojen ajan. Ilmeni, että rikkaan palamalmiin tuottaminen lajittelemalla tulisi olemaan vaikeaa. Tiukkaan lajitteluun ja rikkaaseen palamalmiin pyrittäessä syntyi tuotetta merkityksellömän vähän. Todettiin myös, että mekaanisesti heikot uraanimineraalit pyrkivät murskautumaan emäkiviä helpommin ja täten seuraamaan hienoja raeluokkia ohi lajittelun. Lisäksi myöhäissyksyn sääolosuhteet ja mekaaniset häiriöt vaikeuttivat tämän tilapäisrakenteisen laitoksen käyntiä. Sensijaan uraanimineraalien tunteminen ei tuottanut lajittelussa vaikeuksia.

Koeajosta ei raportteja tai päiväkirjoja ole käytettävissä. Näyttää kuitenkin siltä, että lajitellun palamalmiin keskipitoisuus liikkui 0,7-1,2 % U välillä. Saantia on syötetietojen puuttuessa vaikea päätellä, mutta se lienee ollut alhainen. Oli luultavissa, että VTT:lle toimitettu kokeilumateriaali ei vastannut louninnassa saatavaa malmiä, ja asiaa tutkittaessa todettiinkin tämä johtopäätös paikkansapitäväksi.

Urakoitsijan suorittamassa louninnassa olivat selektiivisyyden kontrollimahdollisuudet huonot. Todettiin, ettei malmin ja raakun pitäminen erillään ollut onnistunut, eikä malmin rakenteesta ja laadusta oltu saatu luotettavaa kuvaa. Oli kuitenkin nähtävissä, että malmi-

ot jatkuivat syvyysuuntaan likipitään kairauksien antamisrajoissa. Avolouhoksien jatkaminen 3-6 m:n paksuisilla 60-70° kaateisilla malmioilla usean kymmenen metrin syvyyteen vaikutti hankalalta, erittäinkin kun kattopuolella oli parinkymmenen metrin soraharju ja kivi sangen rikkonaista.

Marraskuun lopussa 1958 keskeytettiin sekä louhinta että lajittelu, ja ryhdyttiin tämän toiminnan antamien kokemusten perusteella harkitsemaan teknillisesti paremmin soveltuvien hyväksikäyttömenetelmien kokeilua.

Tuotantokokeilujen toinen vaihe

Toiminnan jatkamista suunniteltaessa ei alkuvuodesta 1959 ollut mitenkään varmasti nähtävissä, minkä naurisinaan kautta tie olisi ollut oikoisin. Seuraavat seikat oli kuitenkin otettava huomioon:

* Todettujen uraanimalmityyppien rikastaminen pelkällä lajittelumeneteltyllä ei ollut mahdollinen.

* Inventoidut malmiot näyttivät sisältävän yksistään Hutunvaarassa n. 100 ton U-metallia 0,25-0,3 % malmina.

* Valtaosa Kolin Jakson tutkimusalueella oli käytännöllisesti katsoen selvittämättä, ja tutkimustyö tulisi ilmeisesti muodostumaan pitkäaikaiseksi.

* Yhtiön laajan ja monipuolisen tutkimustyön rahoittaminen oli jo nyt osakkeille tuntuvana rasituksena.

* Mahdollinen tuotantotoiminta sisälsi erinäisiä riskejä, joiden katsottiin pääasiassa johtuvan käsittelyprosessista ja uraanimarkkinoista. Pienimittakavainen kokeilu taas tuskin pystyisi tarvittavia tietoja antamaan.

* Ulkomaisen ostajan kanssa oli saatu v. 1958 lopulla syntymään suurehko palamalmiin toimitussopimus.¹

¹ Tämä aluksi hyviäkin toiveita herättänyt sopimus vaikutti sitten vahvasti koetoinnin suunnitteluun ja toteutukseen. Ostaja vaati tiukasti sovitun uraanimäärän toimittamista. (Lisäys K. Räsänen 29.6.2006).

Liutusrikastuksen selvittelyssä käännyttiin uudelleen VTT:n Vuorilaboratorion puoleen, ja myös eräät ulkomaiset laboratoriot suorittivat detaljikokeita. Kokeiluissa ilmeni, että hapan liutus oli sopiva ja selvästi emäksistä edullisempi, ja että rikkihappo hyvin soveltu liuottimeksi. Useimmiten riitti jo 5-15 kg H₂SO₄ malmitonnille, millimetrituokan jauhatus ja 2-3 tunnin liutusaika huoneenlämmössä antamaan yli 95 %:n liutusarvoja.

Runsaastikin pikivälkettä sisältäville malmeille 300-500 g MnO₂-lisäys antoi reduktiopotentialin, jossa liukeneminen kävi helposti.

Talteenotossa liuoksista saatiin ionin- >> >> >>

vaihtajilla moitteeton 85 % U_3O_8 sisältävä keltainen kakku, mutta myös yksinkertaiset neutralointisaostukset antoivat 25-50 % U_3O_8 sisältäviä tuotteita. Viime mainitut sisälsivät tosin runsaasti Fe- ja Al-hydroksideja sekä piihappoa, joten niillä oli limainen ja hankalasti suodettava rakenne, mutta menetelmä oli sängen halpa. Näihin kauttaaltaan tyydyttäviin kokeilutuloksiin oli tietysti syynä kvartsiittipohjaisten malmien puhtaus ja sekundääristen uraanimineraalien helpoliukoisuus.

Ilmeni myös, että Euroopassa ennestään olevat uraanin raffinoitilaitokset olivat kiinnostuneita epäpuhtaasta puolirikasteesta. Ne halusivat pitää kalliit ioninvaihtajalaitteensa toiminnassa täydellä kapasiteetilla, ja malmitilanne ei useissakaan maissa sallinut tätä omasta takaa.

V. 1959 ryhdyttiin uudelleen syväkairauksiin Hutunvaarassa, tarkoituksena aikaisempien käsitysten tarkistaminen. Syyspuolella katsottiin näiden käsitysten tulleen runsain mitoin vahvistetuksi. Samanaikaisesti tutkittiin sekä pintatutkimuksin että kairauksin Herajärven kannasta ja Riutan aluetta.

Vuoden puolivälissä oli ratkaistava, ryhdyttäisiinkö teollisuusmittakaavaiseen tuotantokokeiluun, vai jatkettaisiinko muita tutkimuksia entiseen tapaan. Ratkaisun tekeminen käytettävissä olevin vähin ja ristiriitaisin faktoin oli vaikeaa, ja saatettiin hyvin odottaa tämän olevan niitä diagnooseja, joiden paikansäilyvyys selviää vasta ruumiinavauksessa. Kun kuitenkin oli nähty, että näistä uraanimalmeista tuskin saataisiin kunnollista selkoa muutoin kuin louhimalla, päätettiin pienen kaivoksen ja rikastamon rakentamiseen ryhtyä.

Vuositehoksi määriteltiin 30.000 tonnia raakamalmia, mikä perustui sekä markkinoihin että sen hetken kriittilisek-

si tiedettyyn malmiarvioon. Rikastusmenetelmäksi valittiin rikkihappoliuotus ja neutralointisaostus, jotka antaisivat 20-30 % U sisältävän rikasteen. Murskaamolle varattiin käsinlajittelumahdollisuus. Mårtenson-malmio suunniteltiin louhittavaksi maanalaisena louhintana +60 ja +90 m:n tasoilta. Huoltolaitokset pyrittiin pitämään niin suppeina kuin mahdollista, ja perheasuntoja ei toistaiseksi suunniteltu. Laitos merkittiin kaivosrekisteriin Paukkajanvaaran kaivoksen nimellä ja Hutunvaara-nimestä luovuttiin, koska viime mainittu paikka todellisuudessa sijaitsi n. 3 km:n päässä, ja pyrki aiheuttamaan sekaannusta.

Laitoksen rakennustyöt alkoivat elokuussa 1959. Vuoden loppuun mennessä oli valmistunut murskaamo asennuksineen, siilot, rikastamohallit, sähkö-, vesi- ja viemäriverkko, korjaamo- ja varastorakennukset, kaivostorni nostokone- ja kompressoriasemineen sekä huoltokeskusparakki keittiöineen ja konttori- sekä majoitustiloineen.

Malmitutkimuksia ja kairauksia jatkettiin tämän ohessa. Mårtenson-malmiota koelouhittiin lisää n. 1 500 t tarkan kontrollin alaisena. Saadut 0,14-0,27 % U keskiarvot ja silmäkkeellinen rakenne eivät mieltä ylentäneet, mutta näyttivät kuitenkin mahtuvan syväkairauksen rajoihin. Loppuvuodesta koelouhittiin Herajärven kannaksella aluksi rikkaan tuntuista pientä puhkeamaa, josta vain voitiin todeta, että se oli suurta sukua, mutta laihanlainen. Saatiin kuitenkin osittain hyväkin materiaalia murskaaja käsinlajittelukokeiluihin.

Paukkajanvaaran murskaamo ja rikastamo

Rikastamon asennuksia odotellessa suoritettiin vuodenvaihteessa 1959-60 murskausta ja käsinlajittelua. Haluttiin

varmistua siitä, kävisikö tämä yleensä millekään täällä tavatulle uraanimalmille päinsä, ja piti hän palamalmiakin saada ainakin malliksi. Kaikkiaan käsiteltiin n. 1 200 ton vaihtelevia malmityyppejä sekä malmi- että raakkuerottelua ja myös kertaavia erotteluja käyttäen. Parhailla erikseen valiten louhituilla 0,4 % U pitoisilla erillä päästiin 1,2-1,5 % U palamalmiin ja 15-20 % saantiin, mutta tällainen louhimismahdollisuus oli merkityksettömän pieni. "Run of Mine"-erillä, joiden pitoisuus vaihteli 0,1-0,2 % U, putosi tuotteen pitoisuus alle 1 % U ja saanti jäi 2-4 %:ksi. Uraanin tuntemisen lajittelussa kävi tyydyttävästi eikä rikastuminen hienoihin raeluokkiin ratkaisevasti haitannut. Syynä tuloksiin oli yksinkertaisesti se, ettei lajitteluhinnan kautta kulkeva murske sisältänyt kylliksi lohkarkeit, joiden pitoisuus olisi ollut prosenttiluokkaa. Sanoimme asian niin, että jos aikoo lajitella nauriit erilleen perunoista, on ensiksikin oltava nauriita.

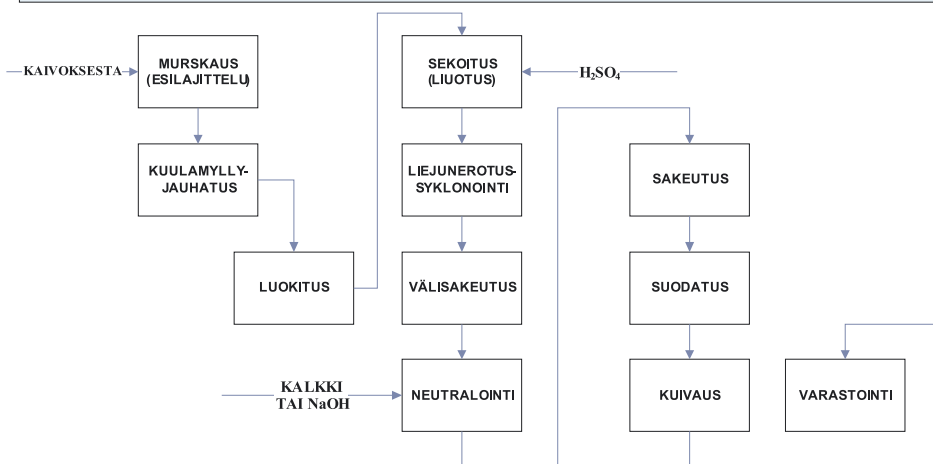
Käsinlajittelussa siis sika söi eväät. Lajittelumahdollisuudelle oli kuitenkin rikastuksessa suunniteltu muutakin käyttöä.

Huhtikuussa 1960 olivat rikastamon asennukset niin pitkällä, että jauhatusta ja liuotusta päästiin kokeilemaan. Kun laitos oli rakennettu lyhyessä ajassa, kiireällä talousarviolta ja käyttäen nopeasti saatavissa olevaa kalustoa, arveltiin käytössä ilmenevän erinäisiä hankaluuksia ja koeajo haluttiin aloittaa mahdollisimman aikaisin. Rikastamon periaate on esitetty oheisessa kuvassa.

Kvartsimalmien teräskuulajauhatus antoi liiemmalti rautaa liuotusprosessiin, joten odotusten mukaisesti siirryttiin jo alkukokeiluissa autogeenijauhatuskseen ja jauhinkappaleet poimittiin lajitteluhihnalta. Paremman tuntitehon saamiseksi varustettiin mylly lisäksi myöhemmin n. 1000 kg:n Ni-Hard kuulakuormalla. Jauhatus haittasi pahiten kvartsiittien vaihteleva laatu. Ennen kuin kovimmat kivet olivat jauhautuneet riittävästi pyrkivät serisiitit ylijauhautumaan ja aiheuttivat liuotuksessa ja pesusakeutuslaitteissa pahan kiusan. Luokittelusykloonilla saatiin lopuksi jauhatus toimimaan tyydyttävästi, vaikka luokittelukyky jättikin toivomisen varaa. Pätevämmän sykloonimallin tai muun luokittelulaitteen kokeilutarve on ilmeinen.

Liuotus sujui jotakuinkin laboratoriokeiden antamia osviittoja myöten. Alussa tuotti vaikeuksia karkeiden rakeiden taipumus latautua potkuritankkeihin, mistä selvittiin jauhatuskarkeutta säätämällä ja Denver-tyyppistä air-lift putkistoa käyttämällä. Hienot silikaatirakeet taas pyrkivät tahmautumaan

Paukkajanvaaran rikastamon yksinkertaistettu juoksukaavio



koneistoihin ja tankkien seiniin kitin tavoin, ja sekoituksen vahvistaminen paineilmalla oli ajoittain tarpeen.

Pesu ja sakeutus pyrkivät väliin nostamaan tukan pystyyn. Nämä olisivat arvatenkin onnistuneet mutkattomasti käyttämällä haponkestäviä suotimia, mutta pääoma- ja myös hankintasyyt eivät alun perin tätä suunnitelmassa sallineet. Kolmivaiheinen sykloonipesu onnistui vielä jotakuinkin kelvollisesti, mutta sen ylivuodon sakeutus tarvittavaan liuksen saostuskirkkauteen ei lasketulla sakeuttajalla käynyt alkuunkaan. Hienot 400-800 meshin silikaattirakeet leijuivat liuksessa tuntikaupalla painolaista suuremmasti välittämättä. On todennäköistä, että tarpeeksi suurta haponkestävää sakeuttajaa ei tähän erotukseen kannata hankkia, vaan suodinmenettely on taloudellisesti edullisempi, vaikkapa liuotusta voitaisiinkin ajaa melkoisesti karkeammalla jauhatusteella. Uraaniliuksen kirkastaminen jouduttiin suorittamaan järjestämällä sakeuttajan jälkeen betoniset laskeutumisaltaat, joissa viipymisaika oli 24 h luokkaa. Täten saatiin liuksen kiintoainemäärä putoamaan muutamaan mg:aan litralta ja liuos saostuskelpoiseksi. Teoriassa oli mahdollista saada nämä laskeutumisaltaat toimimaan siedettävien liuoshäviöihin, mutta käytännössä ei sakeutumista ja varsinkaan pohjaliejun tyhjennyksen kontrollointia yleensä saatu tyydyttäväksi. Pohjalietettä poistettaessa imivät pumput vaihtelevia määriä uraaniliuosta, ja valvontakin jäi liiemmalli hoitajien hoksottimien varaan. Tästä syntyi pahin ennakolta laskematon uraanihäviö koko prosessissa.

Uraanin saostus, jota alunperin oli menetelmän harvinaisuuden vuoksi pidetty kriittisenä, onnistui täysin tyydyttävästi. Aluksi suoritettua etuneutraloinnista MgO:lla luovuttiin, koska se ei tuottanut erikoisia etuja. Varsinaisessa saostuksessa siirryttiin muutaman kuukauden jälkeen NaOH:sta kalkkisaostukseen, pääasiassa siksi, että saatu sakka oli paremmin suodittavaa. Tämä johtui sekä syntyvästä kipsistä että mahdollisesti hydroksidien edullisemmasta muodosta. Saostuksen pahimmat vaikeudet aiheutuivat Fe- ja Al- hydroksidien ja piihappogeelin mukaantulosta, joka alensi tuotteen pitoisuutta. Sopivalla pH-kontrollilla saatiin nämä kuitenkin tyydyttävästi hallituiksi. Tässä oli suurta apua liuotus- ja saostuspiiriin asennetusta automaattisesta Beckman pH-mitarista.

Uraanisakan sakeuttaminen ennen suodintaa ei tuottanut vaikeuksia. Suodinpuristin toimi muutoin tyydyttävästi, mutta sopivien suodinkankaiden

löytämisessä ja jatkuvassa saannissa oli vaikeuksia. Parhaimmillaan sekä Tampereen Verkatehtaan rintaliivikankaat että saksalaiset Diolenkankaat toimivat täysin moitteettomasti. Suotimista tietysti vaikeuttivat inhorealisten limaiset hydroksidit ja piihappogeeli, jotka helposti aiheuttivat tukkeutumia, kankaiden siirtymisiä ja repeämiä tehden täten suodoksen sameaksi. Valvonnan oli oltava kovin tarkkaa, ja suodokselle oli tarpeen järjestää nopea palautusmahdollisuus pesu-sakeutuslaitteisiin.

Rikasteseoksen kuivaus oli odotettua hankalampaa. Laboratoriokokeiden perusteella odotettiin 50 % vesipitoisuutta suodinkakussa, mutta käytännössä saatiin 80-85 % vettä, josta suurin osa oli sidottuna sakan molekyyliarakenteessa. Poistettava vesimäärä kasvoi täten huikeasti. Kokeiluja suoritettiin mm. tyhjiökuivauksella, korkeapaineella ja erilaisilla täryttimillä. Parhaimmaksi jäi kuitenkin vanha varma lämpöhähdutus. Sitä varten rakennettiin tiilirunkoiset öljylämmitteiset kuivauskaapit, joiden lämpötila voitiin nostaa aina yli 300°C. Täten voitiinkin rikaste kuivata mielivaltaiseen kuivausasteeseen.

Käytännössä vietiin kuivaus usein 4-7 %:iin H₂O, mikä aiheutti jo lievää hygroskooppisuutta. Pelättyä uraanisilikaattien muodostusta ei vielä ainakaan 300°C:ssa todettu. Melkoinen leipomohan kuivaamosta kylläkin muodostui.

Poimintoja rikastamon käyntiarvoista

Syöte:

Esimurskattu uraanimalmi (-15 mm) jonka pitoisuus 0,1-0,2 % U.

Myllyn kapasiteetti:

Syöttö noin 5 t/h (yhteensä noin 30 000 t v. 1960-61).

Jauhatus:

Lietetiheys 60 %, tavoitteena jauhatuste 40-55 % -200 mesh (-75 µm)

Liuotus:

Lietetiheys 50 %, liuotusaika 3,5-4 h, lämpötila 10-25°C.

Haponkulutus; H₂SO₄ 5-10 kg/syöte-tonni, pH 1,5-2.

Saanti 93-96 %.

Saostus ja suodatus:

Kalkin tarve 1-1,2 kg /m³ liuosta
Kokonaissaanti keskimäärin 73 % (68-82 %).

Vuosina 1960-61 tuotettu puolirikasteeksi ristitty tuote sisälsi n. 30 t uraania.

Rikastusmenetelmä osoittautui pääpiirteissään käyttökelpoiseksi, ja siirtyminen ioninvaihtajiin ja puhtaampaan tuotteeseen tapahtuisi luultavasti vaikeuksista. Tärkein korjausta kaipaava



Uraanimalmin juonia kvartsiittisessä kivessä. Kesä 1959. Kuva Kalervo Räisänen



Rikastusprosessin liuotusaltaita. Tammikuu 1960. Kuva Kalervo Räisänen.

yksityiskohta on pesukirkastusmenetelmä. Asian korjaaminen käynee teknillisesti suurista vaikeuksista, mutta pirteästi toimitettu shekkikirja on tarpeen.

Rakennus- ja koekäyttöaikanaan tämä rikastamo oli tiedettävästi ainoa puolirikasteen valmistukseen saostusmenetelmällä tarkoitettu laitos maailmassa. Se herätti tiettyä mielenkiintoa Euroopan harvoissa tuottajissa, koska raffinoinnin keskittäminen yhteisiin keskuslaitoksiin on pienten syrjäisten kaivosten kannalta taloudellisesti houkuttelevaa. Nyttämmin on vastaava menetelmä valittu mm. Gabonan kaivokselle Ranskan Afrikassa.

Kokeilut raakkujen, nimenomaan diabaasin, erilleen lajittelusta ennen jauhatusta eivät parantaneet rikastamon käyntiarvoja niin paljoa, että niiden taloudellisuuteen olisi luottamusta syntyntyt.

Tuotantokokeilujen keskeyttäminen

V. 1960 syksyllä oli nähtävissä, että Kolin Jaksolla oli tarpeen kenties hyvinkin laaja tutkimusohjelma, joka vaati pätevää organisaatiota ja tutkimuskalustoa. Atomienergia Oy ei enää katsonut voitonsa laajentaa malmitutkimuksiaan pitkälle tulevaisuuteen, jonka vuoksi tutkimusalueet ja työn jatkaminen kes- >>>

kinäisellä sopimuksella siirrettiin Outo-kumpu Oy:n haltuun.

Louhinta- ja rikastustekniikasta oli ilmeisesti saatu ainakin suurin osa käytetyillä menetelmillä otettavissa olevista tiedoista. Tutkimusmielessä ei tuotannon jatkaminen kenties köyhin syöttömalmeihin ollut tarpeen. Sensijaan harkittiin, olisiko louhinnan jatkaminen porauksien indikoimien uusien uraanimuodostumien lähemmäksi tutkimiseksi ollut puolustettavissa, mutta kertyneet tiedot arvioitiin toistaiseksi liian heiveröisiksi oikeuttaakseen kalliiseen louhintakokeiluun.

Niinpä katsottiin parhaaksi keskeyttää tuotantokokeilut Paukkajanvaarassa toistaiseksi, ja jäädä odottamaan, millaisia uusia malmihavaintoja tutkimus kenties toisi esiin, ja miten kotimaan uraanin tarve ottaisi kehittyäkseen. Ulkomainen markkinointitilanne oli kylläkin vielä tuotannon keskeytyessä kutakuinkin tyydyttävä ja Paukkajanvaaran kapasiteetin mukaisten pikkuerien sijoittaminen Euroopan vapaille markkinoille olisi ilmeisesti onnistunut edelleenkin.

Keskeytyksen jälkeen on Paukkajan-

vaaran laitoksen runkokoneisto tarkastettu ja kunnostettu, sekä pyritty säilöämään koipussiin siten, että toiminnan uudelleen alkaminen olisi tarvittaessa mahdollisimman nopeasti ja helposti suoritettavissa.^{2,3,4}▲

² Kun Paukkajanvaaran kaivos suljettiin vuonna 1961, kaivosalueen kunnostusta ei järjestetty. Vasta vuonna 1993 nykyinen maanomistaja teetti kaivosalueen suojauksen Säteilyturvakeskuksen aloitteesta ja ohjauksessa. Käsitelty alue oli kooltaan noin 1,5 km² ja suojauksessa kuilu räjäytettiin umpeen, jätealue tasoitettiin, peitettiin moreenilla ja savella sekä ympäristö maisemoitiin. Kaikkiin peittomaiden paksuus tuli olemaan 1,5-2 metriä. Samalla järjestettiin myös ympäristön tilan seuranta (lähde GTK:n tietoaaineistot).

<http://www.gtk.fi/aaineistot/kaivosteollisuus/Uraanikaivokset.htm>

³ Paukkajanvaaran kaivos ja sen lähialueet ovat tälläkin hetkellä (30.6.2006) mielenkiinnon kohteina uraanin etsinnän suhteen. Aktiivisia toimijoita ovat mm. Agricola Resources plc., Cogema, Cooper Minerals Inc. sekä Apofas Oy. Lisätietoa nykypäivän tilanteesta, aiheesta ja toimijoista mm. seuraavista osoitteista;

<http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/>
<http://www.ktm.fi/index.phtml?s=66>
<http://www.agricolaresearch.com/>

<http://www.cooperminerals.com/>

<http://www.cogema.com/>

⁴ Säteilyturvakeskuksen tiedotteita http://www.sateilyturvakeskus.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/fi_FI/uraanikaivokset/▲

SUMMARY

The article gives an outline of the technical side and development of uranium mining and ore dressing experiments, carried by Atomienergia Oy (Atomic Energy Ltd) in Northern Karelia during the years 1958-1961. The review is chiefly based on the archives of said company and the personal views of the author and his staff. In chronological order are described the earliest experiments with open pit mining and hand sorting pilot plant in 1958, the underground mining and operation of acid leaching – neutralizing precipitation plant from 1959 to 1961, and the grounds for suspension of production experiments. References to prospecting results are given in connection with each phase of activity, but the geological features are not otherwise accounted.▲

Uraanin käytön uranuurtaja Suomessa

Atomienergia Oy

TEKSTI Bo-Eric Forstén

Kun maailmalla 1950-luvulla alettiin puhua ydinvoimasta tulevaisuuden energialähteenä Suomen voimateollisuuden taustavaikuttajat lähtivät tosimielellä selvittämään miten ydinvoima istuisi Suomen olosuhteisiin. Tutkimus aloitettiin raaka-ainepohjan kartoittamisella. Haluttiin tietää löytyisikö Suomen maaperästä uraania kaupallisen toiminnan perustaksi.

Tarkoitusta varten perustettiin Atomienergia Osakeyhtiö vuonna 1955. Yhtiöjärjestyksessä oli jo huomioitu mahdollinen ydinvoimalaitoksen rakentaminen tulevaisuudessa. Hankkeessa oli mukana sekä teollisuusyrityksiä että yksityishenkilöitä. Puuhamiehenä

toimi Pohjolan Voiman toimitusjohtaja *Erkki Aalto*, joka tosin vuonna 1956 siirtyi Rautatiehallituksen pääjohtajaksi. Mukaansa hän oli saanut joukon arvovaltaisia teollisuusmiehiä.

Kemi Oy:tä edusti yhtiön toimitusjohtaja, vuorineuvos *Aulis O. Kairamo*, Oulu Oy:n edustajana oli sittemmin Kajaani Oy:n toimitusjohtajana vuorineuvostittelin saanut *Mikko Tähtinen*, vuorineuvos *Bror Serlachius* edusti Tervakoski Oy:tä ja vuorineuvos *Paavo Honkajuuri* Rauma-Repola Oy:tä.

Henkilöosakkaina olivat makkara-tehtailija joht. *Alexander Marschan*, merenkulkuneuvos *Antti Wihuri* ja omaa yhtiöryppästä pyörittävä fil. tohtori *Ilmari Liikkanen*

”Hyvin värikäs kokoonpano. Toimintatavoiltaan yhtiön hallitus muistutti erehdyttävästi herrasmiesseuraa. Kokouksissa ei noudatettu mitään virallisuuksia, kaikki osallistuivat tasarvoisina keskustelijoina. Puheenjohtajana oli tosin aina Paavo Honkajuuri. Keskustelut olivat erittäin korkeata-

soisia ja monimuotoisia. Asioista puhuttiin hyvin avoimesti, eivätkä aiheet rajoittuneet pelkästään yhtiön asioihin. Kokoonumispaikkana oli aina Kämpin peilisali”, muistaa Kalervo Räisänen, joka tuli Atomienergian palvelukseen vuoden 1959 helmikuun alusta.

”Asiasta oli kyllä sovittu jo 1958 puolella, mutta minulla oli irtisanomisaika. Toimin sitten toimitusjohtajana aina siihen saakka kun yhtiö lopetti toimintansa.”

Huoli teollisuuden sähkön saannista oli osakkaiden päällimmäisenä ohjenuorana, mutta muitakin yhtymäkohdista löytyi. Puhuttiin myös politiikkaa.

”En tuntenut kaikkien poliittisia kantoja, mutta useimmat poliitikot – istuvaa presidenttiä myöten – ja virkamieskunnan silmälätkevät saivat sanallisesti ns. rivakoita pyyhkeitä”, toteaa Kalervo Räisänen.

Toimitusjohtajakauttaan Kalervo Räisänen kuvaa kaivosmiehelle erilaisena ja arvokkaana kokemuksena.

”Vaikkakin nämä neljä vuotta ovat jääneet mieleen jatkuvana tuuleen huuhtamisena”, kommentoi hän.

Lupaavat näytteet veivät harhaan

Geologit olivat ohjanneet yhtiön toimintaa alkuvuosina. Oli löytynyt lupaavia uraaninäytteitä, mutta esiintymien paikallistamisessa ei oltu onnistuttu. Geolo-

gien raportit ja lausunnot loivat kuitenkin pohjan laajalle optimismille. Uraanin kysyntä ja hinta maailmanmarkkinoilla lisäsivät samalla omalta osaltaan hankkeeseen lähteneiden innokkuutta.

Tämä johti siihen, että liikkeelle oli lähdeTTY melko keskeneräisenä.

”Näytteet kerättiin kasaan ja tutkittiin keskelle metsää pystytetyllä kuljetushihnalla. Voi sanoa, että käytännössä lajittelu tapahtui niin, että kaikki keltaiset kivet otettiin talteen. Ei se kyllä ollut kovinkaan huono lajitteluperuste”, kertoo Kalervo Räisänen.

Kokeilu keskeytettiin.

Rikastamaan päästiin

Uudelta pohjalta lähdeTTYiin liikkeelle kun Paukkajanvaaraan avattiin kaivos. Avainkysymykseksi nousi onnistuisiko uraanin rikastaminen näissä olosuhteissa niin hyvin, että siitä syntyisi kaupallista hyötyä.

”Tilannetta mutkisti yhtiön solmima sopimus rikkaan uraani-palamalmin toimittamisesta ruotsalaiselle Atome-nergi AB:lle. Omistajat odottivat tuottoa rahoilleen ja hinku päästä toimittamaan oli suuri. Sain tehdä työtä vakuuttaakseni työnantajani siitä, ettei sopimuksen täyttäminen onnistuisi ja saadakseni ruotsalaiset hyväksymään, että palamalmin sijaan tulisimme aikanaan toimittamaan rikastetta”, toteaa Kalervo Räisänen.

Suomalaisten hanke oli herättänyt mielenkiintoa myös muualla. Saksasta tuli kyselyitä puolirikasteen toimittamisesta. Saksalaisten kiinnostus kohdistui pääasiallisesti siihen onnistuisiko uraanin rikastaminen näin köyhistä

ja vaikeasti käsiteltävistä malmeista.

Teknisesti rikastaminen valitulla menetelmällä onnistui tyydyttävästi, joskin kannattavaan tuotantoon pääsemiseen olisi vaatinut lisäinvestointeja. Ne eivät kuitenkaan koskaan tulleet ajankohtaisiksi. Malmitutkimusten tulosten realisoituminen ja uraanin hinnan lasku veivät pohjan lisäriskien otolta.

Liian herkkää businesta

Muuttunut toimintaympäristö sai Atomienergian lyömään pillit pussiin.

”Ensinnäkin uraanin hinta oli laskenut rajusti kun ilmeni, ettei ydinvoiman käyttöönotto ole mikään yksinkertainen asia, vaan vaatii valtavasti tutkimusta, aikaa ja rahaa. Oli myös oivallettu, että uraanin rikastaminen yhdistetään yleisesti sotateollisuuteen, josta syystä businestalan koko luonne oli muuttunut”, luettelee Kalervo Räisänen.

Ratkaisevan naulan hankkeen kirstuun hän sai toimitusjohtajana vastaanottaa lounastaessaan Suomen johtavan ydinasiatuntijan, professori *Erkki Laurilan* (sittemmin akateemikko) kanssa.

”Lounaan aikana hän sanoi minulle; kerro herroillesi, ettei Suomen valtio tule myöntämään yksityiselle porukalle lupaa maan ensimmäisen ydinvoimalan rakentamiselle. Sen rakentaminen kuuluu valtiolle”.

Kalervo Räisänen kutsui hallituksen koolle ja esitti sille laatimansa muistion.

”Kerroin, ettei mitään nopeaa tuottoa osakkaiden sijoituksille ole odotettavissa. Uraanikauppoja ei voitaisi kannattavasti tehdä alennetuin hinnoin. Uraanin rikastaminen – vaikkei vielä olisi

kysymys aktiiviuraanin erottamisesta – on suorassa yhteydessä ydinvoimalan toimintaan ja valtio on varannut itselleen ensimmäisen ydinvoimalan rakentamisen. Atomienergia pääsisi vasta aikaisintaan toisena vuoroon. Eräs ratkaisu olisi ollut satsata tutkimukseen ja mahdollisen tulevan ydinvoimalan henkilöstön kouluttamiseen. Se on pitkäaikainen ja paljon rahaa vaativa projekti. Olin kyllä valmis johtamaan sitä, jos näin olisi päätetty, mutta silloista menoa ei kannattanut jatkaa. Siinä vaan rahaa paloi ja eikä tuottoa tullut”.

”Vuorineuvos Aulis O. Kairamo totesi esitykseni ja lyhyen hiljaisuuden jälkeen: *Nyt taisimme kuulla puheen, jolla toimitusjohtaja puhui itsensä työttömäksi*. Niin kävikin. Päätös toiminnan lopettamisesta tehtiin saman tien”, kertoo Kalervo Räisänen

Rikastamon ajo loppui heinäkuussa 1961 tuolla päätöksellä. Malmitutkimuksia jatkoi vielä Outokumpu Oy, joka vuonna 1960 oli tullut yhtiön osakkaaksi. Mutta sopimus ruotsalaisten kanssa tuli täytetyksi.

”Toiminta lopetettiin sitten hiljaa ja laillisesti vv. 1961-62. Malmiaihiot ja tutkimustulokset peri Outokumpu Oy. Heidän loppuarvionsa lienee ollut sama kuin minunkin. On vaikea arvioida paljonko tuo seikkailu Pohjois-Karjalan metsissä tuli lopulta osanottajille maksamaan. Rahanuudistus v. 1963 ja 1970-luvulta alkanut rivakka inflaatio sotkevat arvoja, mutta todennäköisesti lopullinen tappio nykyrahassa oli – menoineen, tuloineen ja kaluston realisointineen – luokkaa 10-12 milj. euroa”, toteaa Kalervo Räisänen. ▀



Atomienergia Oy:n päägeologi Heikki Wennervirta radioaktiivisuutta mittaamassa. Kesäkuu 1959. Kuva Kalervo Räisänen



Käsinlajittelun kokeilua 5.1.1960. Kuva Kalervo Räisänen

Kaivosinsinööri Kalervo Räisäsen aktiiviura 1946-83 on suomalaisiin olosuhteisiin harvinaisen kattava malmeissa ja metalleissa. Vuoksenniskan palveluksessa hän louhi molybdeenia Mätäsvaarassa, kultaa Haverissa, kobolttia Kittilässä ja oli mukana käynnistämässä Jussarön rautakaivosta. Atomienergia Oy:n toimitusjohtajana hän kuuluu niihin harvoihin suomalaisiin, jotka ovat uraania käsitelleet.

TEKSTI Bo-Eric Forstén

Suomessakin eksoottisia malmeja

Uraanin jälkeen hän ehti mm. johtaa Outokummun Aijalan kuparikaivosta ennenkuin kromi vei hänet Kemiin ja Tornioon. Eläkkeelle hän jäi Outokummun Terästeollisuuden hallintojohtajan virasta Torniossa vuonna 1983. Sieltä hän muutti Hertta-vaimonsa kanssa tämän kotipaikkakunnalle Orimattilaan, appiukon rakentamaan omakotitaloon.

Omakotitalon yläkertaan sisustetusta tutkijakammiostaan käsin tänään 88-vuotias kaivosmies seuraa tarkasti alan ja maailman tapahtumia. Pöydällä oleva PC on ahkerassa käytössä. Tiedot, jotka eivät löydy koneen kovalevyiltä, Kalervo Räisäsen poimii vaivattomasti erinomaisesta muististaan. Me vietimme miellyttävän ja antoisan iltapäivän Hertta ja Kalervo Räisäsen seurassa.

Tässä otanta isäntämme ajatuksista ja mietteistä haastattelun muodossa

Oletteko mainari-sukua?

KR: En ole. En koskaan nähnyt isääni. Ammatiltaan hän oli kansakoulunopettaja. Hän kuului varhaisiin suojeluskuntien perustajiin, ja yleni v. 1918 sodan taistelulentillä valkoisen armeijan upseeriksi, mutta kaatui huhtikuun puolivälissä, kolmisen kuukautta ennen kuin minä ilmestyin tähän maailmaan. Jäin ainoaksi lapseksi.

Suurimman osan ensimmäisestä kymmenestä ikävuodestani vietin isäni vanhempien maatalossa Siilinjärvellä. Äitini, myös opettaja, työskenteli talvikaudet kansakouluissa eri puolilla maata. Kun osoittautui, että halusin käydä kouluja, hän muutti Kuopioon, jossa pääsin oppikouluun. Jatko oli sitten omissa käsissäni. Tajusin jo varhain, että mahdollisten koulun jälkeisten opintojen tulisi tapahtua lainavaroin ja tiesin, että hyvä todistus edesauttaisi lainansaantia. Niinpä satsasin koulunkäyntiin ja onnistuin mukavasti kirjoituksissa. Viidestä aineesta saksan kielen cum laude jäi vähän kaivelemaan. Lainaa tu-

likin, pankista ja sodan jälkeen ystäviltä. – Lukion suorittaminen ei noihin aikoihin ollut kovinkaan yleistä. Muistaakseni meitä oli 2700 uutta ylioppilasta sinä vuonna 1937.

Miksi kaivosala?

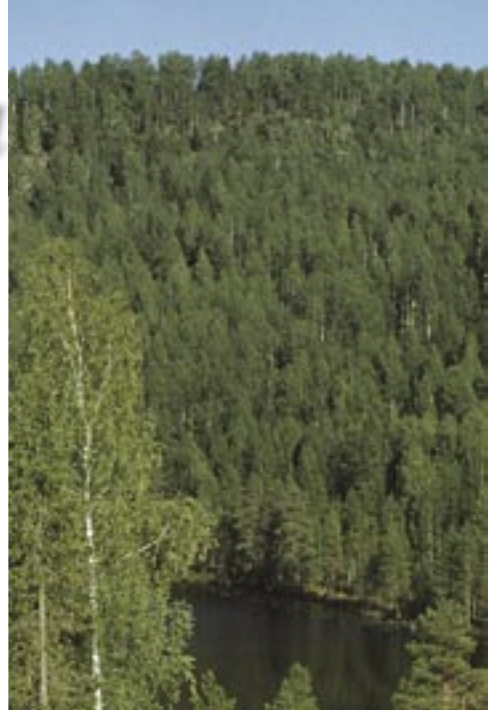
KR: Suunnittelimme luokkatoverini Jarmo Soinisen kanssa yhdessä tulevaisuuttamme jo koulussa. Lähtökohtana oli, että piti saada itselleen ammatti, joka käy kaupaksi joka puolella maailmaa ja sellaiselta alalta, joka olisi kasvussa. Tietojemme mukaan Suomessa ei ollut montaa kaivosinsinööriä ja kun Teknillisen korkeakoulun kemian osastolle oli perustettu vuoritekniikan opintosuunta – josta sitten myöhemmin tuli oma osastonsa –, pyrimme sinne ja pääsimmekin.

Miten opiskelu sodan aikana onnistui?

KR: Aloitin opinnot syksyllä 1938 asevelvollisuuden suorittuani. Opiskelu katkesi pian talvisotaan. Kävin sen ja jatkosodan alusta loppuun. Suomussalmelta Raatteen tielle, Laatokan rannoilta Äänisen rannoille. Sinä aikana opin johtamisesta paljon. Aloitin vänrikkinä joukkueen johtajana vuonna -39. Vuonna 1943 olin edennyt kapteeniksi ja toimin päämajan pioneiritarkastajan avustajana. Sodan jälkeen minut ylennettiin majuriksi vuonna -68.

Sotien välissä sain opiskeltua syys- ja kevätlukukaudet 1940-41. Jatkosodan aikana olin kuukauden opintolomalla syksyllä 1943. Sain suoritetuksi pikudiploomin. Se auttoi pitemmän, 6 kuukauden opintoloman saantiin keväällä 1944. Tällä opintolomalla vuorimesteekkarien opintoja johti jo Kauko Järvinen, josta oli v. 1943 tullut vuoritekniikan professori. Nämä opinnot katkesivat kuitenkin lähes alkuunsa kun Normandian maihinnousu alkoi. Kutsu kävi taas sotahommiin. Sodan päätyttyä palasin kirjojen kimppeun. Prof. Ris-

Paukkajavaaran kaivoksen rakentaminen alkoi kesällä 1959. Kuva Kalervo Räisäsen



Hertta ja Kalervo Räisäsen puutarhassaan keskellä Orimattilan kaupunkia. Kuva Leena Forstén



to Hukki, joka silloin pääsi palaamaan USA:sta, toimi rikastustekniikan professorina ja toi mukanaan paljon uutta tietoa Valloista. Meitä oli puolustusinan verran vuori-insinöörejä, jotka saimme diplomimme vuonna 1946.

Miten työnsaanti onnistui?

KR: Hyvin. KTM:n silloinen toimistopäällikkö Herman Stigzelius tuli puhumaan meille ja kertoi, että Outokumpu pystyi tarjoamaan usealle työtä ja että Vuoksenniskallakin oli kaivosinsinööri haussa. Pulmana Vuoksenniskan paikallaan oli vain se, että työhönotohaastattelun suorittava kaivostoiminnan johtaja, norjalainen vuori-insinööri Johan Kraft Johanssen, ei puhunut suomea. Tämä pelästytti kai monia, mutta minä ajattelin, että suuren firman palveluksessa oleva norjalainen varmasti ymmärtää skandinaviskaa ja lähdin hänen puheilleen. Vuoksenniskan konttori oli Teollisuustalossa Helsingin Korkeavuorenkadulla. Ymmärsimme toisiamme hyvin ja kun tulin takaisin ulos kadulle huomasi olevani kaivosinsinöörinä Oy Vuoksenniska Ab:n palveluksessa.

Minkälainen Vuoksenniska oli kaivosyhtiönä?

KR: Vasta yhtiön palveluksessa minusta tuli kaivosinsinööri. Ei valmistuminen miestä insinööriksi tee, sen tekee työ, jos on tehdäkseen. Vietin oppivuoteni ensin Mätäsvaaran molybdeenikaivoksella Pielisen itärannalla ja sitten Haverin kultakaivoksella. Mätäsvaarassa kaivosinsinöörinä toimi Waldemar Zeidler, eräs harvoja suomalaisia vuori-insinöörejä, jolla oli diplomi Tukholman Kuninkaallisesta Teknisestä Korkeakoulusta. Kaivoksen johtajana oli maist. Kurt Lupander. Nämä perehdyttivät minua kaivosmiehen ammattiin ja muu väki mainareiden elämäntapoihin. Haverin johtajana oli sinne tullessani paroni Erik Aminoff, joka ammoon oli suorittanut vuori-insinöörin tutkinnon Freibergin korkeakoulussa. Tämä kuuluisa persoonallisuus opetti minulle elämänfilosofiaa. Olin 12 vuotta yhtiön palveluksessa, ja niihin vuosiin mahtuu paljon mukavia muistoja. Päälimmäisenä on jäänyt mieleeni vuorineuvos Berndt Grönblomin tapa johtaa yhtiötään. Hänen ja myöhemmin tapaamani Paavo Honkajuuren tapaisia teollisuusmiehiä ei taida enää syntyä ollenkaan.

Millä tavalla he sitten eroavat tämän päivän johtajista?

KR: Heillä oli näkemyksiä ja visioita, joita he myös toteuttivat. He uskalsivat tehdä uusia asioita. Teollisuuden kehityksen kannalta on sääli, että nykyjohtajien visiot saattavat olla päätkityt jopa kolmen kuukauden jaksoihin.

Miten kaivostoiminta on muuttunut

siitä kun te aloititte Mätäsvaarassa?

KR: Prosessi on edelleen pääpiirteittäin sama. Silloin, 50 vuotta sitten, ei kuitenkaan voitu kuvitellakaan minkälainen kehitys tulisi tapahtumaan varustepuolella, silloinkin elettiin vielä koneen ja konetta hoitavan miehen aikaa. Miehittämättömien koneiden ja tietotekniikan siirtyminen maan alle ovat mullistaneet koko kaivostoiminnan.

Voiko kaivosmies toimia geologina tai geologi kaivosmiehenä?

KR: Saattaa olla, että joskus varhaisina aikoina sellainen onnistui ja miksei nykyisin; se riippuu persoonallisuudesta. Ehkäpä Eero Mäkinen täytti kriteerit. Vaan hänellä olikin myös Kuninkaallisen Teknisen paperit. Omasta ikäpolvestani mainitsisin Erkki Heiskasen, Luikonlahden kaivoksen johtajan.

Mikä on geologin ja kaivosinsinöörin työnjako?

KR: Geologi tietää ja ymmärtää mitä luonnossa vuosimiljoonien aikana on tapahtunut ja pystyy sen perusteella päättämään malmien sijaintia ja ominaisuuksia. Geologi toimii jonkinlaisena tietopohjaisena visionäärinä. Kaivosinsinöörin tehtävä on sitten miettiä miten ja millä keinoin geologien työn tuloksia voidaan hyödyntää niin, että päästään taloudellisesti kannattavaan toimintaan. Hyvä yhteistyö geologien ja kaivosinsinöörin välillä on tällä alalla A ja O.

Minkälainen on kaivosinsinöörin ihannekaivos?

KR: Maanlaisista kaivoksista puhuttaessa ihanne on sellainen, missä sivukivi on mahdollisimman ehyttä ja kestävä, jolloin sortumavaara vähenee ja kaivos on myös melko kuiva. Paradoksaalista kyllä Jussarön merenalainen kaivos on kuivin kaivos missä minä olen työskennellyt.

Miten suomalainen kaivosmies kokee ulkomaisten kaivosyriyten Suomen valloituksen?

KR: On vaan hyväksyttävä, ettei kotimaista riskipääomaa löydy. Kaivostoiminnassa ei pelata napeilla. Toiminta on kallista ja riskit ovat suuret. Todellista kaivosyrittäjää ei pelota, jos epäonnistumisen mahdollisuus on luokkaa kaksi kolmesta. Muilla aloilla sellaisia riskejä ei oteta. On hienoa, että Suomeen on saatu ulkomailta yrittäjiä, kun kotimaisilta ovat eväät loppuneet. Hyviä tuloksiaakin näyttää syntyvän.

Miltä Suurikuusikon hanke näyttää Haveri-miehen silmin?

KR: Haverissa louhittiin vuodessa 120 00 tonnia malmia, jossa oli kultaa 3,5 g/t. Vuodessa sitä saatiin 400 kiloa, mikä turvasi kannattavuuden 19 vuodeksi. Suurikuusikon kohdalla on puhuttu jopa 8 gramman pitoisuuksista ja lou-

hittavaa riittää. Ei voi muuta kuin onnitella. Itse olen ollut mukana koluamassa samoja seutuja. Me vaan emme osuneet oikeaan. Haverin geologi Nils Edelman, myöhemmin Åbo Akademin professori, ilmaisi Kittilän Sirkan monimetallisen malmiaiheen probleeman sattuvasti: "Täällä pitäisi koko jänkä vetää myllyjen lävitse"

Uraani on tänään toinen ajankohtainen aihe. Onko uraani vaarallinen?

KR: Kaivosmiehelle se on malmi toisten joukossa. Radioaktiivisuuden varalta on tiukat rajat ja suojakeinoja löytyy. Voin kokemuksesta sanoa, että mitään vaaraa ei ole kun louhinta ja käsittely hoidetaan asiallisesti. Mutta jos louhinta kestää pitkään, on lisätiedon ja kokemuksen hankinta välttämätöntä.

Onko uraanin louhinta uhka ympäristölle?

KR: Ei muulla tavoin kuin kaikki muukin kaivostoiminta. Joka alalla tässä yhteiskunnassa pätee totuus, että kaikki mihin ihmiskäsi koskee, ei tule enää entiselleen. Ympäristöviranomaisten tarkat määräykset takaavat sen, että kaivostoiminnan haitat ulkopuolisille ovat enimmäkseen esteettistä laatua. Uraania esiintyy luonnossa eri puolella maata. Sitä on aina ollut ja tulee olemaan. Uraanin läsnäolon havaitsee ilman ja veden radonpitoisuuksien ja radioaktiivisen säteilyn avulla. Radon on kavala kaasu. Minä en kyllä rakentaisi taloani ilman pätevää tuuletussuunnitelmaa tontille, jossa on korkeat radonpitoisuudet.

Väitetään, että uraanin rikastamisen jäljiltä jää vaarallisia jätteitä. Onko näin?

KR: Tätä logiikkaa en ymmärrä. Jos malmista on erotettu 90% sen sisältämästä uraanista niin jäte, eli se mikä jää jäljelle, ei voi olla säteilyltään lähtöateriaalia vaarallisempaa. Rikastuksessa mahdollisesti käytettävät kemikaalit ovat tietyt puhdistamattomina lajistetaan riippuva vaaran aihe.

Ja loppukevennyksenä:

Miten vanhemman polven edustaja suhtautuu nykytekniikkaan?

KR: "Olen aina ollut kiinnostunut uusista asioista. Uuden tekniikan soveltamisessa sen hallitseminen saattaa olla rajoittava tekijä. Kirjoitan paljon ja kun jälkipolvi ehdotti minulle siirtymistä PC:hen, puolustin hanakasti vanhaa kirjoituskonettani. Kapinetta (PC:tä) tuli kuitenkin kokeiltua ja toimivaksi havaittua. Kun vauhtiin pääsin, tuntui ensimmäinen kone jo lelulta. Nyt minulla on kunnon kone. En ymmärrä kaikkia sen toimintoja, mutta pystyn niitä käyttämään. Kone on minulle korvaamaton apuväline", sanoo 88-vuotias Kalervo Räisänen. ▀

YDINENERGIA ja polttoainekierto

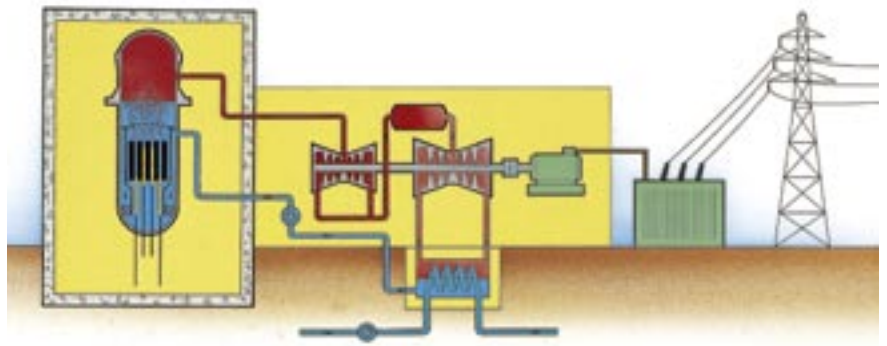
Ydinenergian hyödyntäminen nykyisissä ydinvoimalaitoksissa perustuu uraaniytimen halkeamisreaktioissa eli fissioissa syntyvään lämpöenergiaan. Ydinpolttoaine kuumentaa reaktorin läpi virtaavan veden, jonka energia hyödynnetään sähkön tuotannossa samaan tapaan kuin muillakin lämpövoimalaitoksilla.

Ydinvoimalaitoksen polttoaine on keraamisiksi tableteiksi sintrattua uraanidioksidia, joka on väkevöity uraani-235:n suhteen 3...4 prosenttiin. Luonnonuraanissa U-235:n pitoisuus on vain 0,7 prosenttia. Uraanitabletit on pakattu kaasutiiviisiin zirkoniumseoksesta valmistettuihin metalliputkiin eli polttoainesauvoihin, jotka on koottu polttoainenipuksi.

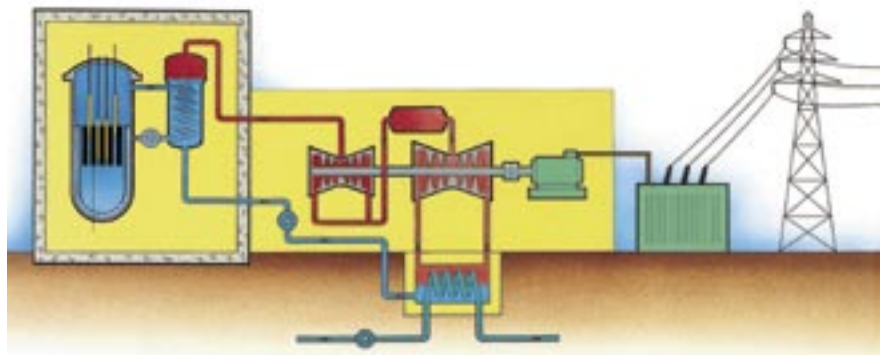
Olkiluodon 1- ja 2-yksiköillä käytettävät polttoaineniput ovat noin 4 metriä pitkiä ja niissä on noin sata polttoainesauvaa. Yhdessä sauvassa on noin 400 uraanidioksiditablettia.

Uraaniytimen halkeamisen aiheuttavat hitaat eli niin sanotut termiset neutronit. Uraanin halkeamisreaktiossa syntyy energian lisäksi keskiraskaita ytimiä eli fissiotuotteita ja 2...3 uutta neutronia. Nämä neutronit ovat kuitenkin liian nopeita uusien halkeamisreaktioiden synnyttämiseen ja siksi ne on hidastettava termisiksi. Kevytvesireaktoreissa sekä jäähdytteenä että hidasteena käytetään tavallista vettä. Valtaosa maailmassa

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen polttoainenippu.

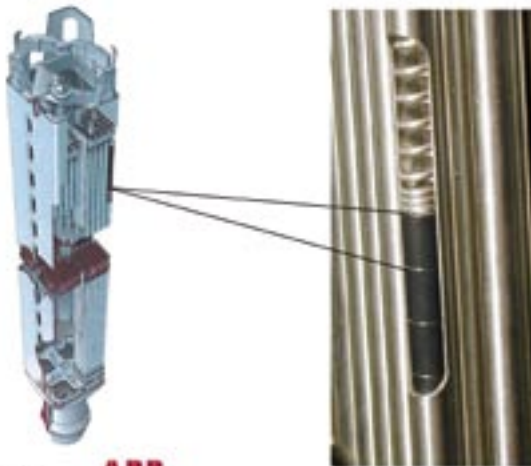


Kiehutusvesireaktorin (BWR) prosessikaavio.



Painevesireaktorin (PWR) prosessikaavio.

SVEA-96S Optima



toimivista reaktoreista on kevytvesireaktoreita, joko painevesireaktoreita (PWR, *Pressurized Water Reactor*) tai kiehutusvesireaktoreita (BWR, *Boiling Water Reactor*).

Painevesireaktorissa reaktorin läpi virtaava vesi pidetään nestemäisessä muodossa korkean paineen avulla. Tyypillisesti lämpötila on 300 astetta C ja paine 150 baaria. Reaktorin läpi kulkevaa kiertopiiriä kutsutaan primääripiiriksi. Primääripiirissä kuumentunut vesi johdetaan höyrynkehittimiin, joissa se virtaa putkissa ja luovuttaa lämpönsä putkien seinämien läpi alhaisemmassa

paineessa kiertävään sekundääripiiriin veteen. Höyryntimen alhaisemmassa paineessa oleva vesi kiehuu ja syntynyt höyry johdetaan turpiiniin. Sähkön tuotanto tapahtuu samalla tavalla kuin muissakin voimalaitoksissa eli pyörivä turpiini on kytketty generaattoriin, joka tuottaa sähköä.

Kiehutusvesireaktorissa reaktorin läpi virtaava vesi kiehuu, syntynyt höyry kuivataan ja johdetaan suoraan turpiiniin.

Ydinreaktorin tehoa säädetään säätösauvoilla. Ne on valmistettu neutroneita absorboivista aineista esimerkiksi

booriteräksestä. Kun säätösauvat ovat reaktorin sisällä, ketjureaktio sammuu. Poistettaessa säätösauvoja reaktorista, se muuttuu kriittiseksi, ketjureaktio käynnistyy, polttoainepipit kuumenevat ja energian tuotanto voi alkaa. Ydinturvallisuuden takaamiseksi säätösauvat saadaan pikasulun avulla reaktoriin muutamassa sekunnissa joko automaattisesti tai manuaalisesti.

Kevytvesireaktorit on suunniteltu siten, että ketjureaktio sammuu itsestään kaikissa häiriötilanteissa. Jos lämpötila nousee liikaa, veden kyky hidastaa neutroneita heikkenee ja ketjureaktio pysähtyy. Jos laitoksella sattuu suuri putkivaurio, reaktio sammuu itsestään. Laitokset on rakennettu turvallisiksi siten, että laitevauriot, käyttöhäiriöt tai inhimilliset virheet eivät aiheuta onnettomuusvaaraa eivätkä radioaktiivisten aineiden päästöjä ympäristöön.

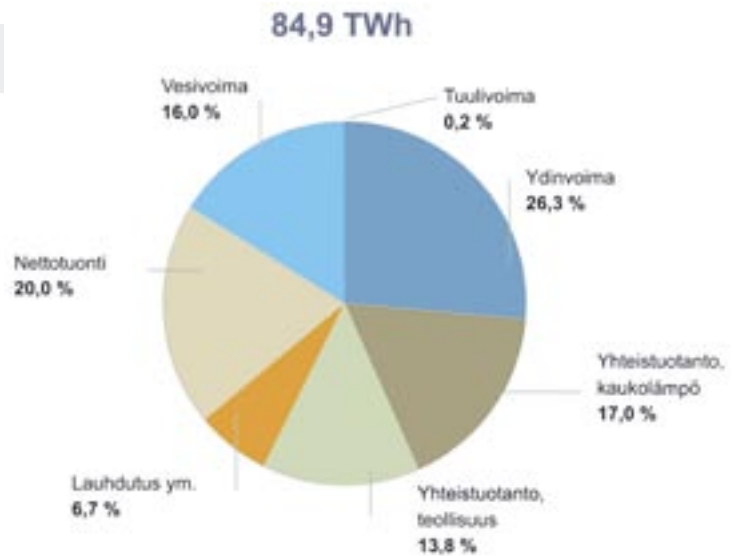
Maailmassa oli viime vuodenvaihteessa toiminnassa 443 sähköä tuottavaa ydinvoimalaitosyksikköä, joiden yhteenlaskettu teho oli lähes 370 000 MW. Ydinvoimalla tuotettiin 16 prosenttia maailman sähköstä vuonna 2005. Ydinvoimalaitoksia on rakenteilla 25 kappaletta etupäässä Kaukoidässä eli Kiinassa, Intiassa, Pakistanissa, Japanissa ja Etelä-Koreassa. Lisäydinvoima on harkittavana muun muassa Yhdysvalloissa, Iso-Britanniassa, Puolassa sekä Baltian maissa, joissa Liettuan Ignalinan laitosten sulkemisen jälkeen on pohdittu kevytvesireaktorin rakentamista tilalle.

Länsi-Euroopassa on Ranskaan päätetty rakentaa samanlainen ydinvoimalaitosyksikkö kuin Suomessa on rakenteilla eli EPR (*European Pressurized water Reactor*) -tyyppinen painevesireaktorilaitos.

Ydinvoiman osuus Suomen sähkön hankinnasta oli 26,3 % vuonna 2005. Ydinvoimalla tuotetaan sähköä jatkuvasti täydellä teholla yöt päivät, arjet pyhät, kesät ja talvet. Ydinvoimala pysäytetään vain kerran vuodessa polttoaineen vaihtoseisokkiin, jolloin samalla tehdään tarpeelliset huolto- ja kunnossapitotyöt. Suomessa seisokit pyritään ajoittamaan keväeseen ja kesään, jolloin sähkön käyttö on pienimmillään ja vesivoimaa runsaasti saatavilla. Lyhyen polttoaineen vaihtoseisokin jälkeen laitos jälleen käynnistetään ja sitä ryhdytään ajamaan täydellä teholla. Suomessa on laitosyksiköiden huoltoseisokit porrastettu siten, että yhtäaikaa on vain yksi yksikkö poissa tuotannosta.

Ydinvoimalla tuotetaan perusvoimaa eli sitä osaa sähkön kulutuksesta, joka pysyy jatkuvasti vakiona. Suomen sähköntuotantojärjestelmässä ydinvoima korvaa joko hiilivoimaa tai kiinteää

Suomen sähkön-hankinta 2005



sähkön tuontia. Sen sijaan ydinvoima ei korvaa yhdistettyä lämmön ja sähkön tuotantoa eikä sillä voi tuottaa hetkellisesti sähkön tarpeen mukaan muuttuvaa säätövoimaa. Suomessa on yhdistetyn lämmön ja sähkön tuotannon osuus maailman huippuluokkaa, noin kolmannes sähkön hankinnasta. Puolet yhdistetystä tuotannosta tapahtuu teollisuuden prosessihöyryn tuotannon yhteydessä ja puolet yhdyskuntien kaukolämpövoimaloissa. Yhdistetyn tuotannon etuna on korkea hyötysuhde erilliseen tuotantoon verrattuna. Kivihiililauhdetoimialassa hyötysuhde on parhaimmillaan noin 40 prosenttia, kun yhdistetyssä tuotannossa päästään 85...90 prosenttiin.

Teollisuuden prosessivoimaa tuotetaan sitä mukaa, kun prosessihöyryä tarvitaan. Kaukolämpövoimaa tuotetaan aina, kun kaukolämmön tarve on riittävän suuri. Talvella, kun kaukolämmön tarve on suurimmillaan, tuotetaan myös eniten kaukolämpövoimaa. Kesällä taas kaukolämpövoimalat ajetaan alas. Tämä sopii hyvin yhteen Suomen sähkön tarpeen kanssa, joka myös muuttuu vuodenaikojen mukaan. Talvella sähkön tarve on suurimmillaan ja kesällä pienimmillään.

Yhdistetyssä tuotannossa käytetään Sisä-Suomen kaukolämpövoimaloissa paljon kotimaisia polttoaineita eli puuta ja turvetta. Metsäteollisuus taas on merkittävin puuenergian käyttäjä omassa prosessissaan. Puupolttaineiden lisääntyvä käyttö kaukolämmön tuotannossa ja yhdistetyssä lämmön ja sähkön tuotannossa sopii hyvin yhteen ydinvoiman lisärakentamisen kanssa. Kummallakin on sähköntuotantojärjestelmässä oma roolinsa ja ne täydentävät toisiaan.

Hetkellisten sähkön tarpeen muutosten kattamiseksi paras tuotantomuoto on vesivoima. Vesivoima on helposti säädettävissä ja suuria tehomuutoksia

saadaan aikaan virtaamia säätelällä. Valitettavasti Suomessa ei ole riittävästi vesivoimaa, jotta kaikki säätövoima voitaisiin tuottaa sillä. Säätövoiman arvo on suuri, koska sen hinta määräytyy kylminä talvipäivinä kalliiden korvaavien tuotantomuotojen, kuten kaasuturpiinivoiman perusteella. Tästä syystä Suomen olosuhteissa olisi perusteltua rakentaa sellaiset vesistöt loppuun, jotka jo on osittain valjastettu. Kokonaan luonnontilaisiin vesistöihin ei ole tarvetta rakentaa vesivoimaa.

Ydinvoimalaitoksen yksi merkittävimmistä eduista on sen vähäinen polttoaineen tarve verrattuna muihin polttoaineen käyttöön perustuviin sähköntuotantomuotoihin. Esimerkiksi Olkiluodon 860 megawatin (MW) ydinvoimalaitosyksiköihin tarvitaan vuosittain noin 120 nippua ydinpolttoainetta, jotka sisältävät noin 22,5 tonnia uraania. Myös käytettyä polttoainetta syntyy saman verran. Olkiluodon laitosyksikkö tuottaa sähköä noin 7 terawattituntia (TWh) sähköä vuodessa. Jos sama sähkömäärä tuotettaisiin kivihiilivoimalassa, kivihiiltä tarvittaisiin 2,5 miljoonaa tonnia.

Tuore ydinpolttoaine ei ole juurikaan radioaktiivista. Sitä voi käsitellä ilman säteilysuojia ja se tuodaan laitokselle puulaatikoissa. Kun polttoaine on sijoitettu reaktoriin ja ketjureaktio käynnistyy, niin ydinpolttoaineesta tulee erittäin radioaktiivista. Säteilettyä ydinpolttoainetta on aina käsiteltävä joko veden alla tai paksujen säteilysuojien takana. Säteilyltä suojautuminen on toisaalta helppoa, sillä jo 2...3 metriä vettä riittää vaimentamaan säteilyn vaarattomalle tasolle.

Käytetyssä polttoaineessa on 99 prosenttia kaikesta aktiivisuudesta, mitä ydinvoimalaitoksella syntyy. Käytön aikana syntyy myös keski- ja matala-aktiivisia ydinjätteitä prosessivesien puh-

>>>

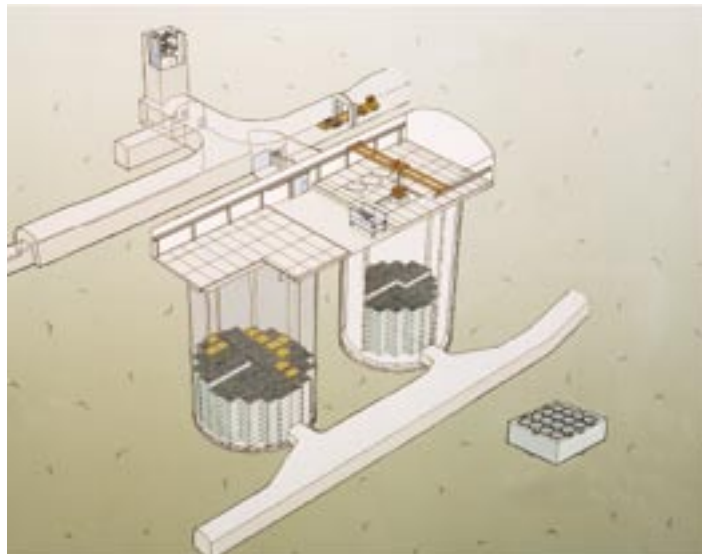
distuksen yhteydessä ja huolto- ja kunnossapitotöiden aikana. Kiinteät matala-aktiiviset jätteet pakataan 200 litran terästynnyreihin ja viedään laitospaikalla sijaitsevaan voimalaitosjätteiden loppusijoitustilaan. Nestemäiset keski-aktiiviset jätteet kiinteytetään joko bitumiin tai betoniin ja sijoitetaan samaan paikkaan rakennettuun keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitustilaan. Voimalaitosjäteluolat ovat sekä Olkiluodossa että Loviisassa noin sadan metrin syvyydellä ydinvoimalaitosalueiden kallioperässä. Ydinvoimalaitosten käytön päätyttyä niiden aktiiviset osat puretaan ja sijoitetaan voimalaitosjätteiden loppusijoitustilan viereen rakennettaviin purkujätteiden loppusijoitustiloihin.

Suomen eduskunta hyväksyi vuonna 2001 periaatepäätöksen Suomessa syntyvän käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamisesta Eurajoen Olkiluotoon. Suunnitelmien mukaan käytetty polttoaine sijoitetaan 400...500 metrin syvyyteen peruskallioon. Käytetyn polttoaineen loppusijoittamisesta vastaa Posiva Oy, jonka Teollisuuden Voima Oy (TVO) ja Fortum Power and Heat Oy omistavat yhteisesti. Tällä hetkellä Posiva Oy louhii niin sanottua tutkimustunnelia eli Onkaloa, jonka on tarkoitus toimia varsinaisen loppusijoitustilan ajotunnelina. Tunneli louhitaan loppusijoitussyvyyteen ja samalla suoritetaan tarkentavia kallioperä- ja pohjavesitutkimuksia. Olkiluodon kallioperä on vanhaa, arviolta 1800 miljoonan vuoden ikäistä. Kallio on säilynyt ehjänä useiden jääkausien ajan. Loppusijoitustilan rakentamiseksi Posiva Oy tarvitsee vielä valtioneuvoston rakentamisluvan siten, että loppusijoitus voi käynnistyä vuonna 2020.

Posiva Oy:n perusratkaisuna on kapseloida käytetyt polttoaineniput kokonaisina rauta-kuparikapseleihin. Rautasydän pitää kapselin ryhdissä ja estää nippujen väänntymisen. Paksu kuparikuori toimii korroosiosuojana, joka säilyy ehjänä kallioperän sisällä loppusijoitusolosuhteissa todella pitkään. Yhteen kapseliin mahtuu 12 nippua. Olkiluodon yhdestä laitosyksiköstä vuoden aikana syntyvä käytetty polttoaine mahtuu kymmeneen kapseliin. Määrää voi verrata vaikkapa vastaavan hiilivoimalan tuottamaan tuhkamäärään, joka on yli 200 000 tonnia tai hiilidioksidipäästöön, joka on 6 miljoonaa tonnia.

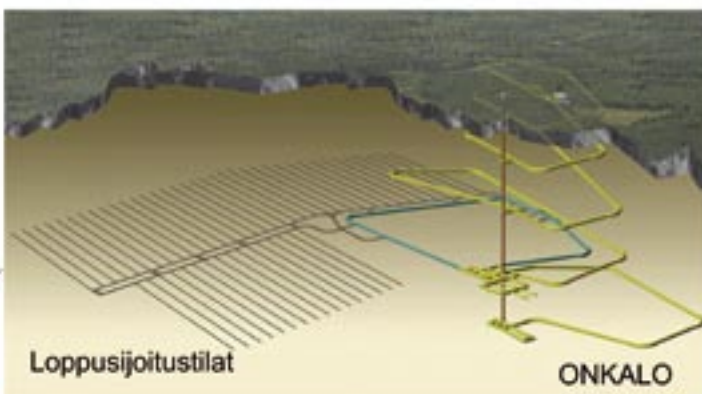
Ydinjätehuollon kaikkiin vaiheisiin, käytöstä poistettujen ydinvoimalaitosten purkamisen mukaan lukien, kerätään Suomessa rahat ydinsähkön hinnassa erityiseen valtion hallitsemaan ydinjätehuoltorahastoon. Rahastoon on karttunut vuosien myötä varoja siten, että vaaditut kustannukset on täysi-

Olkiluodon keski- ja matala-aktiivisten jätteiden loppusijoitustila.



Tulevan loppusijoituksen periaate: ONKALO ja loppusijoitustilat

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustilat.



määräisesti rahastoitu. Ydinennergialain mukaan ydinlaitoksen sijaintikunnan ja Säteilyturvakeskuksen lausuntojen on oltava myönteisiä ennen kuin myönteinen periaatepäätös voidaan tehdä ja eduskunnan on se vielä vahvistettava. Ydinjätehuollon osalta Suomessa on valittu sijoituspaikka, suunnitelmat on hyväksytty ja tarvittavat rahat kerätty jo etukäteen. Hyvällä syyllä voidaan siis sanoa, että ydinjätehuolto on Suomessa ratkaistu eikä vastuuta ole säilytetty tulevien sukupolvien harteille.

Energiantuotantotapojen koko elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia on tarkasteltu useissa tutkimuksissa ja niiden mukaan ydinvoiman aiheuttamat ympäristökuormitukset ovat hyvin vähäiset. Kansainvälinen atomienergiajärjestö (IAEA) on laatinut yhteenvedon selvityksistä, joissa on vertailtu toisiinsa eri energiavaihtoehtoja niiden kasvihuonekaasupäästöjen mukaan. Vaikka ydinvoiman käytöstä ei aiheudu kasvihuonekaasupäästöjä, niitä syntyy uraanimin louhinnasta, väkevoinnista, polt-



Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituskapseli.

toaineen valmistuksesta, kuljetuksista, ydinvoimalaitosten rakentamisesta ja käytöstäpoistosta. Vaadittavat aine- ja kuljetusmäärät ovat kuitenkin pieniä verrattuna ydinvoimalla hyödyksi saatavaan energiamäärään.

Myöskään aurinkoenergiasta, tuulivoimasta ja bioenergiasta ei aiheudu tuotantovaiheessa nettomääräisiä kasvihuonekaasupäästöjä mutta niidenkin kohdalla laitosten rakentamisesta ja materiaalien kuljetuksista aiheutuu päästöjä. Vertailun tuloksena voidaan todeta, että fossiilisten polttoaineiden

päästöt ovat monikymmenkertaiset ydinvoimaan verrattuna. Ydinvoiman elinkaaren aikainen kasvihuonekaasukuormitus on itse asiassa samaa luokkaa tai pienempi kuin tuulivoiman, joka on taas jonkin verran vähäpäästöisempi bio- ja aurinkoenergiaan verrattuna. Ydinvoimaa voidaan siis pitää kestävä kehityksen mukaisena energiavaihtoehtona samaan tapaan kuin tuulivoimaa, aurinko- tai bioenergiaa.

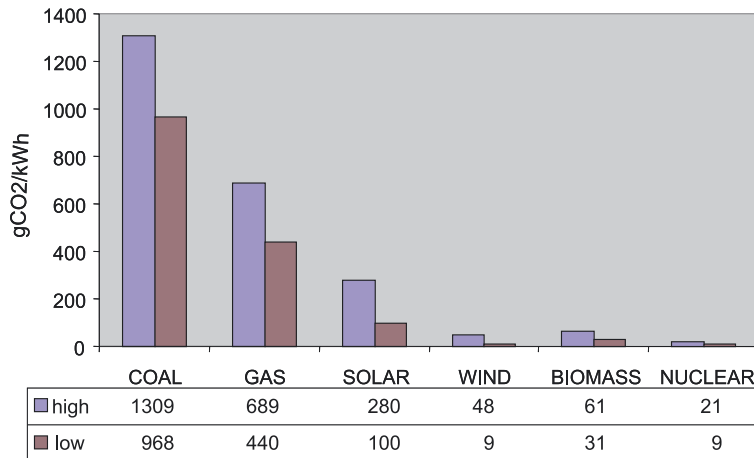
TVO pähkinänkuoressa

Teollisuuden Voima Oy (TVO) perustettiin vuonna 1969 ja tarkoituksena oli alusta alkaen sähkön tuotanto ydinvoimalla. TVO tuottaa sähköä omistajilleen omakustannushintaan eikä myy sähköä pohjoismaiseen sähköpörssiin. Perustamisvuonna TVO:n osakkaat edustivat Suomen energiaintensiivistä teollisuutta mutta nykyään osakaskunta on laajempi. TVO:n tuottama sähkö menee osakkaiden kautta yhteiskunnan kaikille sektoreille siten, että teollisuudelle menevä osuus on noin puolet eli suurin piirtein sama osuus kuin Suomen koko sähkökäytöstä.

TVO:n liikevaihto on noin 200 miljoonaa euroa vuodessa ja henkilöstömäärä oli 636 vuoden 2005 lopussa. TVO omistaa ja käyttää kahta ydinvoimalaitosyksikköä Eurajoen Olkiluodossa, joiden kummankin teho on viimeisten tehonkorotusten jälkeen 860 megawattia (MW). Laitokset ovat kiehutusvesireaktoryyppisiä ja ne otettiin kaupalliseen käyttöön vuosina 1979 ja 1982. Laitostoimittaja oli ruotsalainen Asea Atom ja yksiköiden nettoteho oli alun perin 660 MW.

Strategiana on pitää ydinvoimalaitosyksiköt jatkuvasti uuden veroisessa kunnossa. Vuosihuoltojen yhteydessä niitä on useaan otteeseen modernisoitu

Energiantuotantotapojen elinkaaren aikaiset kasvihuonepäästöt.



Lähde: Spadaro et al., IAEA Bulletin, Vol. 42, No. 2, Vienna, Austria (2000)

TVO:n osakkaat ja osuudet.

	A-sarja (OL1+OL2)	B-sarja (OL3)	C-sarja (Meri-Pori)
Etelä-Pohjanmaan Voima Oy	6,5	6,6	6,5
Fortum Power and Heat Oy	26,6	25,0	26,6
Karhu Voima Oy	0,1	0,1	0,1
Kemira Oyj	1,9	--	1,9
Oy Mankala Ab	8,1	8,1	8,1
Pohjolan Voima Oy	56,8	60,2	56,8
	100	100	100

ja tehoja korotettu. Laitosyksiköt ovat toimineet erittäin luotettavasti ja niiden käyttökertoimet ovat olleet jatkuvasti maailman huippuluokkaa eli viimeisten seitsemän vuoden ajan yli 95 prosenttia.

Olkiluodon ydinvoimalaitos tuotti sähköä 14 terawattituntia (TWh) vuonna 2005. Tämä vastaa noin 17 prosenttia Suomen sähkön kulutuksesta.

TVO:lla on myös 257 MW:n osuus Fortum Power and Heat Oy:n omistamasta Meri-Porin hiilivoimalaitoksesta. Vuon-

na 2005 oli hyvä vesivuosi, joten hiilivoimaa ei juuri tarvittu. Tästä syystä Meri-Porin voimalaitoksen tuotanto TVO:lle jäi varsin vähäiseksi eli 0,2 TWh:iin.

TVO:lla on 60 %:n osuus Posiva Oy:stä, joka on perustettu huolehtimaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta Suomessa. Loput 40 % omistaa Fortum Power and Heat Oy, jonka käytetty polttoaine Loviisan ydinvoimalaitoksesta loppusijoitetaan aikanaan myös Olkiluodon kallioperään.

TVO myy ydinvoimateknistä osaamistaan omistamansa tytäryhtiön TVO Nuclear Services Oy:n (TVONS) kautta. TVONS:illa on ollut ydinvoimalaitosten turvallisuuden parantamiseen liittyviä hankkeita muun muassa Kuolan ydinvoimalaitoksessa.

TVO jätti periaatepäätöshakemuksen uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentamiseksi Suomeen marraskuussa 2000. Hallitus teki myönteisen periaatepäätöksen alkuvuodesta 2002 ja eduskunta hyväksyi sen 24.5.2002. TVO järjesti laitostoimittajien kesken maailmanlaajuisen tarjouskilpailun ja sen perusteella valitsi laitostyyppiksi 1600 MW:n EPR-painevesireaktoryyppin. Uuden laitoksen sijoituspaikaksi valittiin Olkiluoto. Laitoksen rakentaminen alkoi vuonna 2005 ja sen on määrä tuottaa sähköä vuonna 2009. ▀

Kuvasovite Olkiluoto 3:sta valmiina.





Auringosta saatavaa energiaa voidaan hyödyntää suoraan joko lämpönä käyttämällä aurinkokeräimiä (**kuva A**) tai sähköä aurinkopaneelien avulla (**kuva B**) tai välillisesti fossiilisten polttoaineiden, bioenergian, tuulen yms. kautta. Sekä aurinkolämmön että -sähkön tuotanto kasvaa maailmalla nopeasti.

TkT Petri Konttinen, TKK, Energiateet



Kuva A. Tyypillinen pientalon aurinkolämpöjärjestelmä käyttöveden lämmitykseen. Keskeiset komponentit ovat 5 m² lämpökeräimiä, varaaja, pumppu ja ohjausyksikkö. Kuvan © ESTIF/Solarpraxis

Aurinkoenergian nopea kasvu merkittäväksi energialähteeksi

Pientalon aurinkolämpö on nykyisin Keski- ja Etelä-Euroopassa hyvin kilpailukykyistä verrattuna kilpaileviin perinteisiin lämmöntuotantotapoihin. Maailman vuotuisista yli 15 000 MW_{th} aurinkolämpömarkkinoista noin 70 % on Kiinassa. Noin 10 % markkinoista on Euroopassa ja saman verran Turkissa ja Israelissa. Kiinassa aurinkolämmön kasvu on erittäin voimakasta, viime vuosina 30 % vuodessa. EU-alueella kasvu on nopeutunut merkittävästi 2000-luvulla (**kuva C**). Markkinat ovat kuitenkin alttiit häiriöille, kuten kuvassa näkyvä notkahdus vuonna 2002 johtuen Saksan tukipolitiikan muutoksesta.

Aurinkosähkön kasvu maailmalla on 2000-luvulla ollut tyypillisesti 30-50 % vuodessa (**kuva D**). Tärkeimmät markkina-alueet ovat Japani ja Saksa, joissa markkinoiden kehittymistä on määrätietoisesti kiihdytetty erilaisin tukiohjelmin, kuten Saksan 100 000 katon ohjelma ja tuotetun sähkön ostovelvoite tiettyyn hintaan sähköyhtiöille (feed-in tariffit). Japanissa aurinkosähkömarkkinat saavuttanevat tällä vuosikymmenellä vaiheen, jolloin taloudellisista tuista voidaan luopua kokonaan.

Kiivas kustannusjahti

Vaikka aurinkoenergialla on nykyisin vielä hyvin pieni osuus koko maailman energiantuotannosta, sillä on poten-

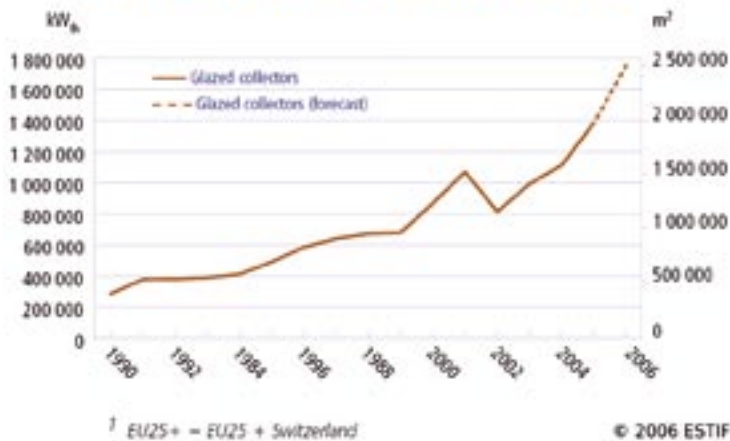


Kuva B. Rakennukseen integroidut 24 kW_p aurinkopaneelit osana kerrostalon parvekekaidetta Helsingin Ekoviikissä. Kuva: NAPS Systems Oy, © Ilkka Pohjanpalo.

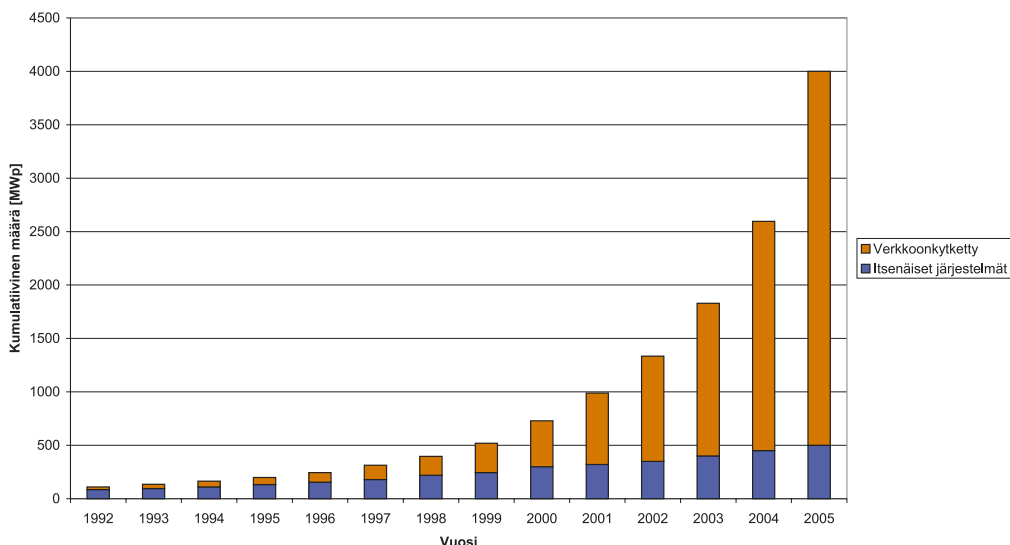
tiaalia kattaa siitä merkittävä osa. Aurinkosähkö ja -lämpö joutuvat jokaista hankintapäätöstä arvioitaessa kilpailemaan paljon pidempään markkinoilla olleiden vakiintuneiden energiamuotojen kanssa. On päivänselvää että saavuttaakseen **taulukossa 1** esitetyn täyden potentiaalinsa aurinkoenergian investointi- ja käyttökustannukset

on saatava riittävän alhaiselle tasolle. Tämän saavuttamiseksi on tehty jo vuosikymmeniä aktiivisesti töitä niin tutkimuksen, tuotekehityksen ja järjestelmäintegroinnin teknisin keinoin kuin aktiivisen puolesta puhumisen ja politiikan välinein. Kustannusjähdin tärkeimpiä keinoja ovat järjestelmien hyötysuhteen nostaminen, käyttöiän

Solar Thermal Market EU25 +¹



Kuva C. Aurinkolämpökeräinten vuosimarkkinat EU-alueella (+ Sveitsi) 1990-2005. Kuvan © ESTIF



Kuva D. Aurinkosähkön kumulatiivinen asennettu kapasiteetti IEA-maissa vuosina 1992-2005. Lähde: IEA.

Taulukko 1. Aurinkolämmön ja -sähkön, tuulivoiman ja ydinvoiman nykyinen markkinaosuus ja tulevaisuuden potentiaali. Lähde: Peter Lund, *Upfront resource requirements for large-scale exploitation schemes of new renewable technologies, Renewable Energy*, painossa.

Teknologia	% maailman energiankulutuksesta vuonna 2004	Asennettu kapasiteetti (GW)	Potentiaali maailman energiankulutuksesta (%)	50 % potentiaalista (vuosi)
Aurinkosähkö	0.01	4	5 (10 % sähköstä)	2035
Aurinkolämpö	0.05	106 (lämpöä)	3 (20 % asuinlämmöstä)	2040
Tuulivoima	0.26	49	5 (20 % sähköstä)	2025
Ydinvoima	6.1	364	8 (25 % sähköstä)	1985

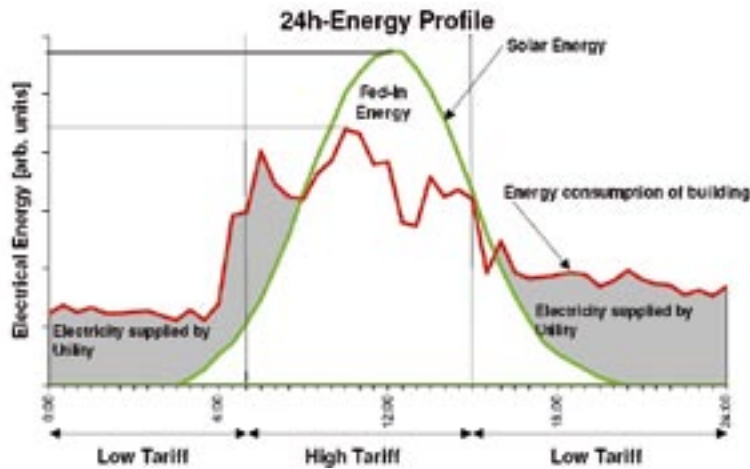
pidettäminen sekä valmistus- ja asennuskustannusten pienentäminen. Poliittisesti tarvitaan kansallisia ja kansainvälisiä tavoitteita, T&K-ohjelmia ja tietoisuuden lisäämistä aurinkoenergian mahdollisuuksista.

Teknisesti käyttöveden ja talojen lämmittämiseen soveltuvien aurinkolämpökeräinten perusmateriaalien ja valmistusmenetelmien osalta ei ole selkeästi näkyvissä suuria mullistuksia. Uusilla materiaaleilla ja keräinrakenteilla on mahdollista alentaa hintaa, nostaa lämpötiloja ja/tai keventää keräinten painoa. Tuotantokustannuksia voidaan alentaa nykyisestä optimoimalla massatuotantoa ja lyhentämällä tuotteiden läpimenoaikaa. Tältä osin aurinkolämpö alkaa lähestyä teollista kypsymisvaihetta.

Nopeiten kasvava aurinkosähkömarkkina on rakennuksiin integroidut aurinkopaneelit (kuvat B ja D). Niiden

etuina ovat mm. kustannussäästöt tukirakenteissa ja rakennusmateriaaleissa. Mm. Keski- ja Etelä-Euroopassa toimitorakennuksiin asennetut aurinkopaneelit tuottavat sähköä silloin kun sitä tarvitaan eniten tietokoneisiin ja ilmastointiin, mikä lisää niiden kilpailukykyä vapaasti kilpailuilla sähkömarkkinoilla (kuva E).

Aurinkosähkön osalta teknistä ja taloudellista kehitystyötä on tehtävä vielä runsaasti. Nykyisellään aurinkosähkö jakautuu neljään segmenttiin, joista sähköverkon ulkopuoliset teolliset ja kotitalousovellukset sekä kuluttajasovellukset (yhteensä 30 % kokonaismarkkinoista) ovat jo taloudellisesti kannattavia. Voimakkaimmin kasvava 70 % markkinoista eli sähköverkkoon kytketyt järjestelmät ovat maailmanlaajuisesti vielä vuosia riippuvaisia markkinatukiohjelmista kuten feed-in tariffit ja investointituet. >>>



Kuva E. Aurinkosähkötuoton ja sähkönkulutuksen vuorokausikorrelaatio toimistorakennuksessa Espanjassa. Suurin osa tuotosta tapahtuu korkean tariffin aikaan, ylituotanto myydään verkkoon. Kuvan © EPIA/RWE Schott Solar.



Kuva F. Aurinkokeräinten absorptiopintojen sputterointipinnoitusta. Kuvan © BlueTec GmbH & Co KG.

Uusien teknologioiden ja sovel- lusten esiinmarssi

Aurinkolämpö lähestyy business-as-usual -vaihetta

Aurinkolämpökeräinten absorptiopintojen valmistuksessa erilaiset sputterointitekniikat (**kuva F**) ovat 2000-luvulla käytännössä vallanneet markkinat aikaisemmilta menetelmiltä. Sputteroinnilla valmistetaan ympäristöystävällisesti teknisesti korkealaatuisia aallonpituusselektiivisiä absorptiopintoja, joiden hyötysuhde on hyvin lähellä teoreettista maksimia. Aurinkolämpökeräimillä saavutetaankin nykyään jopa 40-70 % hyötysuhde, riippuen keräimen lämpötilasta. Euroopan markkinoilla on nykyisin kolme merkittävää

absorptiopintavalmistajaa: BlueTec, Tinox ja Alanod-Sunselect, kaikki saksalaisia. Aurinkokeräinten ja muiden komponenttien, kuten aurinkolämpökäyttöön sopivien varaajien valmistajia sen sijaan on useita. Yleisimmin absorptiopinoissa käytetty alusmateriaali on kupari, jonka suhteen Luvata Oy on suurin toimittaja Euroopassa. Euroopassa valmistetaan ja myydään tyypillisesti laadukkaita tasokeräimiä (**kuva G**), kun taas Kiinan markkinoita hallitsevat erittäin halvalla paikallisesti valmistetut tyhjöputkikeräimet (kuvan G tyhjöputkikeräimet ovat kalliimpia ja laadukkaampia Euroopassa valmistettuja).

Nykyisten markkinoiden kasvun lisäksi merkittävimpiä uusia teknologisia kehitysnäkymiä aurinkolämmössä ovat ensinnäkin aurinkolämmön käyttö rakennusten jäähdytykseen ja toisaalta lämpötilojen nostaminen nykyiseltä lämpimän käyttöveden tasolta teolliseen käyttöön soveltuvalla 100-250°C

tasolle. Aurinkojäähdytys on teknisesti hyvin vaativaa koko järjestelmän teknistaloudellisen optimoinnin kannalta johtuen auringonsäteilyn ajallisesta ja paikallisesta vaihtelusta. Lämmön tuotto teollisuudelle asettaa korkean lämpötilan takia suuria vaatimuksia käytettävien komponenttien kestävyydelle ja laadulle, sekä keräimen lämpöeristykselle. Näiden ongelmien ratkaiseminen vaatii vielä työstämistä materiaalien ja järjestelmien kehittämiseksi.

Aurinkosähköteknologiat kehittyvät vauhdikkaasti

Kiteiset piipaneelit ovat hallinneet aurinkosähkömarkkinoita alusta saakka. Yli 99 % kaupallisista aurinkopaneeleista perustuu piihin, joko yksikiteisenä, monikiteisenä tai amorfisena. Pii on käytännössä rajoittamaton raaka-ainelähde. Piipaneelit ovat hyvin stabiileja ja niillä on pitkä käyttöikä sekä korkea, jopa 20 % hyötysuhde. Viime vuosien nopea aurinkosähkömarkkinoiden kasvu on aiheuttanut pullonkaulan raaka-aineena käytettävän elektroniikkateollisuudesta tulleen "solar grade"-piin saatavuudelle. Piin muita huonoja puolia ovat suuri materiaalikulutus ja monet ei-automatisoitavat työvaiheet paneelien valmistuksessa.

Kuva G. Euroopassa yleisin lämpökeräintyyppi on tasokeräin ja Kiinassa tyhjöputkikeräin. Nämä kuvat ovat Saksasta, kuvien © VELUX ja SCHOTT-Rohrglas / ESTIF

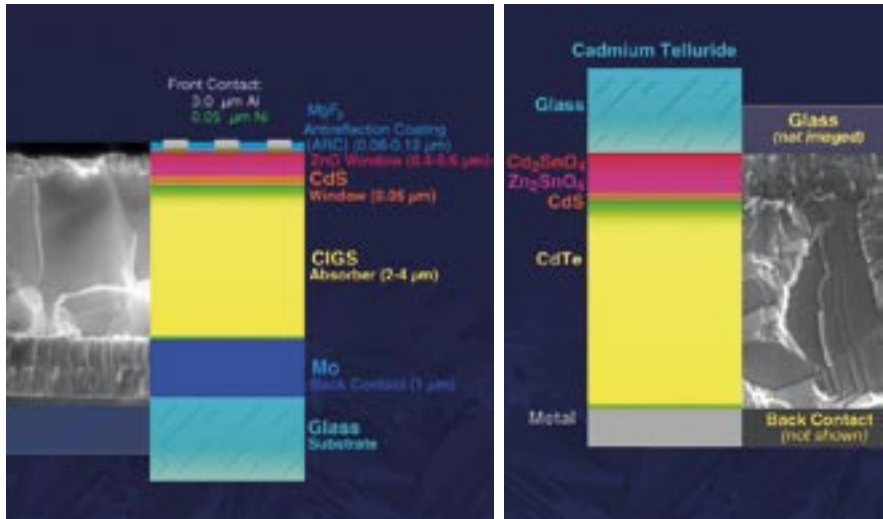


Uusina teknologioina markkinoille ovat tulleet puolijohde-metalliyhdistekennot. Näistä lupaavimpia ovat amorfinen pii, Cl(G)S ja CdTe (kuva H), jotka voivat absorboida auringonsäteilyä jo hyvin ohuina kerroksina. Ohutkalvokennojen etuina ovat soveltuvuus massatuotantoon ja pienempi materiaalien kulutus kiteiseen pihhin verrattuna. Ohutkalvokennot valmistetaan pinnoittamalla eri kerroksia alusmateriaalin, kuten lasin, ohuen metallin tai polymeerin pinnalle. Laajaja ohutkalvopintoja voidaan periaatteessa valmistaa automatisoidusti halvalla. Taipuisat paneelit ja väriariaatiot ovat myös mahdollisia. Kaupallisilla CuInSe_2 -ohutkalvopaneeleilla on toistaiseksi saavutettu n. 12 % hyötysuhde. Ohutkalvokennojen edut tulevat parhaiten näkyviin suurten massatuotantomäärien valmistuksessa.

Nykyisten teknologioiden kypsyminen ja uusien innovaatioiden laajamittainen käyttöönotto ovat avaintekijöitä aurinkosähkön kilpailukyvyn nostamiseen. Kiivasta laboratoriotutkimusta tehdään uudentyypisten kennojen parissa, esimerkkeinä väriaineherkistetty nanorakenteinen aurinkokenno (DSSC) ja polymeeriaurinkokenno (kuva I).

Tulevaisuus näyttää valoisalta

Tärkeimpiä aurinkolämmön kasvun hidasteita EU-alueella ovat olleet perinteisiä lämmitysmuotoja korkeammat investointikustannukset, pidemmät



Kuva H. CIGS ja CdTE -ohutkalvokennojen poikkileikkaukset ja vastaavat elektronimikroskooppikuvat. Kuvien © Lawrence L. Kazmerski, NREL, USA

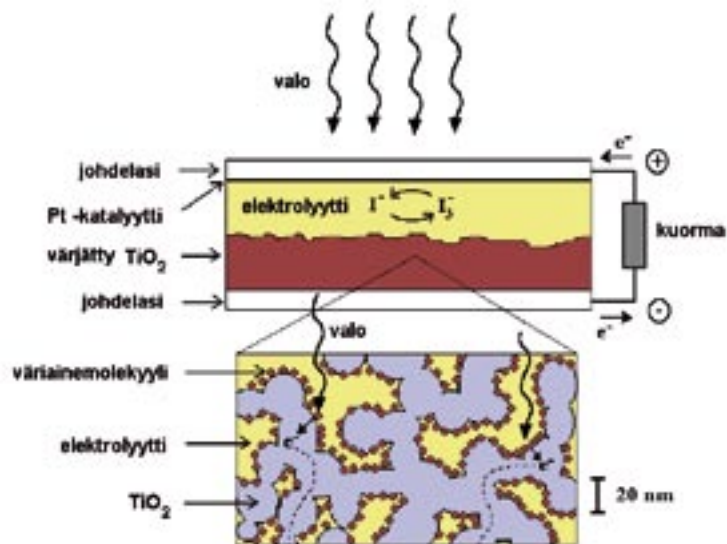
takaisinmaksuajat, standardien puute ja heikko yleinen tietoisuus aiheesta. Nyt markkinoiden kasvumekanismit näyttävät erittäin lupaavalta. Tarvitavat investointituet ovat madaltuneet ja fossiililla polttoaineilla tehdyn energian kohoava hinta lisää kilpailukykyä edelleen. Teknologiakehitys, teknistaloudellisesti optimoidut järjestelmät ja

järjestelmien tehokkaampi integrointi lujittavat aurinkolämmön asemaa Euroopan markkinoilla.

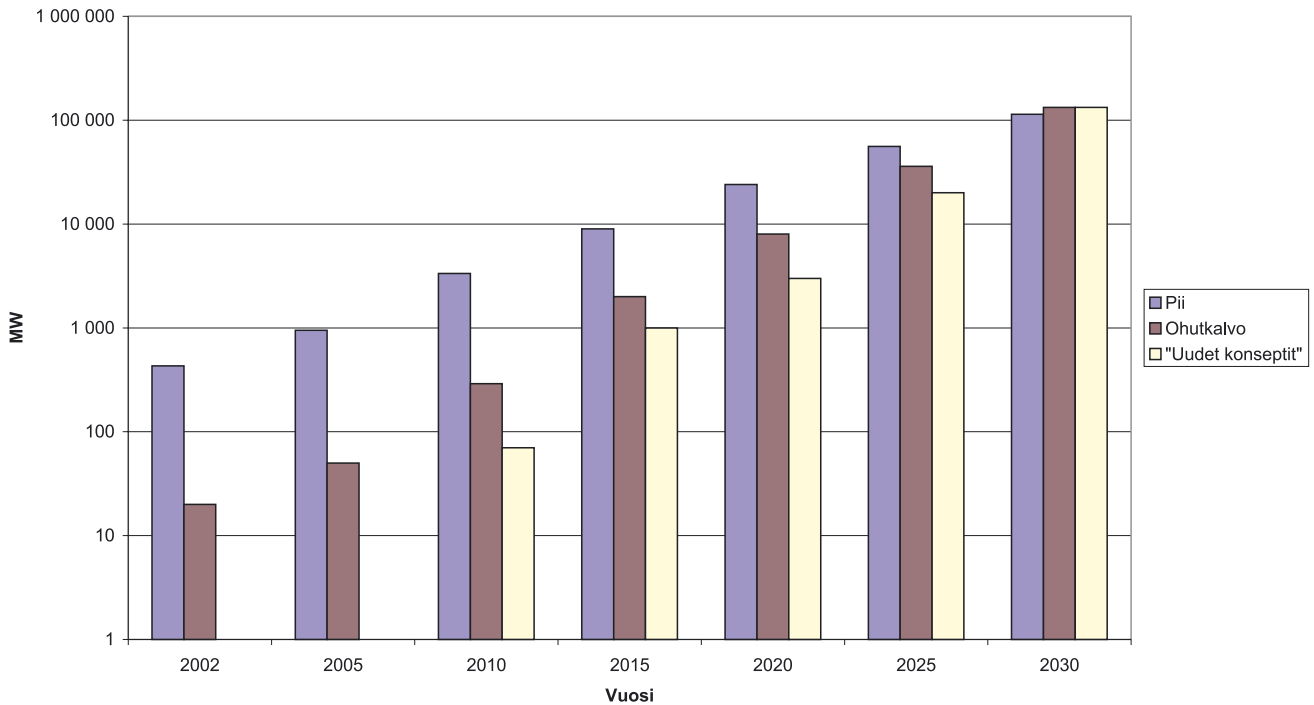
Useissa Euroopan maissa (mm. Saksa, Kreikka ja Itävalta), Israelissa, Turkissa ja Kiinassa kotitalouksien aurinkolämpö on jo suhteellisen laajamittaista. EU:n tavoite vuoteen 2010 mennessä on 100 milj. m^2 (70 000 MW_{th}) asennettua kapasiteettia. Eurooppalaisten valmistajien yhteenliittymä ESTIF on arvioinut EU:n alueen teknistaloudelliseksi potentiaalliseksi samaksi ajanjaksoksi 1 400 milj. m^2 >>>



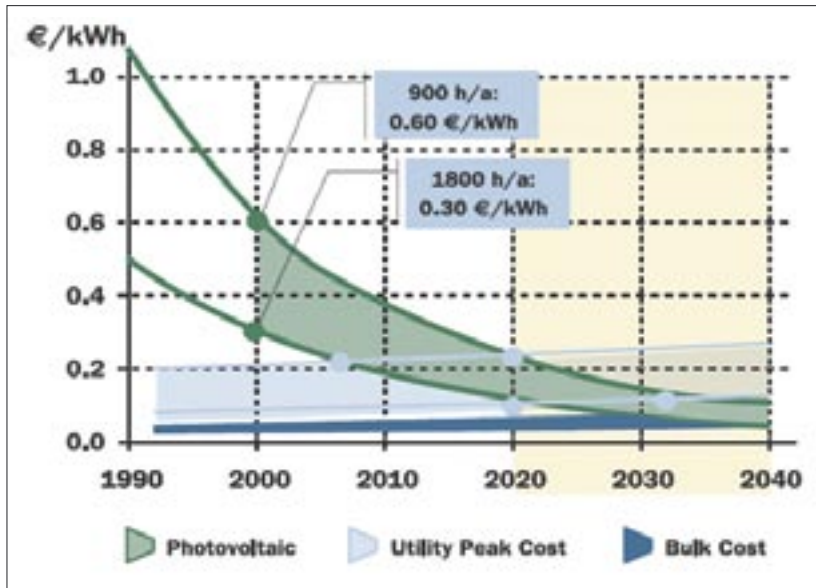
Kuva I. Väriaineherkistetyt nanorakenteiset aurinkokennot lämpöenergiaa ja toimintaperiaate. Kennon toiminta perustuu luonnon fotosynteesin matkimiseen. Esimerkki taipuisasta ohutkalvopolymeerikennosta. Kuvien © Janne Halme, TKK ja Lawrence L. Kazmerski, NREL, USA.



Aurinkopaneelien arvioidut valmistusmäärät eri teknologioilla (MW)



Kuva J. Maailman kuudenneksi suurimman aurinkokennovalmistajan näkemys eri aurinkokennoteknologioiden markkinoiden kehittymisestä. Lähde: RWE SCHOTT Solar GmbH.



Kuva K. Aurinkosähkön tulevaisuuden hinta-arvio Euroopassa auringonsäteily määrillä 900 ja 1800 tuntia/vuosi. Kuvan © EPIA.

(980 000 MW_{th}). Markkinapotentiaalia on siis vähintään riittävästi. Toteutessaan Euroopan parlamentin ajama uusiutuvan lämmityksen ja jäähdytyksen direktiivi edesauttaisi aurinkolämmön leviämistä merkittävästi. Kiinan markkinoiden positiivinen kehitys näyttää myös jatkuvan erittäin voimakkaana.

Aurinkokennojen kehityksessä otetaan jatkossa käyttöön paperi-, metalli- ja elektroniikkateollisuudesta tuttuja kelalta-kelalle prosesseja ja

painatusprosesseja. Tämän tyyppisillä tuotantoteknologioilla voidaan vastata kustannuspaineisiin. Keskeisenä tavoitteena on halpa, tehokas ja kestävä aurinkopaneeli, jota voidaan valmistaa sarjatuotannossa suuria määriä edullisesti. Useat teknologiat antavat tähän mahdollisuuden, ja niitä tulee olemaan jatkossa rinnakkain markkinoilla.

12 suurinta aurinkokennovalmistajaa (kolme suurinta: Sharp, Q-Cells ja Kyocera) valmistavat yli 80 % koko maail-

man tuotannosta. Vuotuiset markkinaosuuksien muutokset ja markkinoiden konsolidointi yhdessä uusien teknologioiden kanssa aiheuttavat turbulenssia valmistajien kesken. **Kuvassa J** on esitetty Schott Solarin näkemys aurinkopaneeliteknologioiden markkinaosuuksien kehittymisestä. Absoluuttiset määrät kasvavat erittäin paljon eri teknologioilla, mutta piin markkinaosuus tulee pienemään.

Keskeisiä aurinkosähkön hintaa alentavia tekijöitä ovat aurinkopaneelien hyötysuhteen kasvu, massatuotantosedut ja paneelien käyttöiän pidentyminen. Aurinkopaneelien kumulatiivisen tuotannon kaksinkertaistuessa hinta on tyypillisesti laskenut 20 % tarkasteltavan ajanjakson lähtötilanteesta. Verkkoon kytketyn aurinkosähkön hinta Euroopassa on nykyisin luokkaa 0.25 - 0.65 €/kWh riippuen paikallisesta auringonsäteilystä. Hinnan arvioidaan puoliintuvan 2010-2015 mennessä. Vuoteen 2030 mennessä hinnan arvioidaan olevan 0.05-0.12 €/kWh (**kuva K**), jolloin aurinkosähkö olisi kilpailukykyistä bulkkisähkön kanssa. ▀

Löydä metallista uusia mahdollisuuksia.



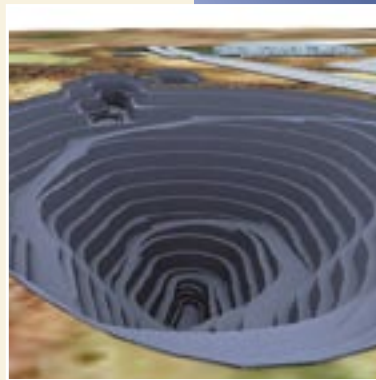
Valitse meidät, kun tarvitset uudella tavalla ajattelevaa metalliosaajaa menestyksesi tueksi. Haluatko tietää, miten teet tuotteistasi kevyempiä ja kestävämpiä, entistä tehokkaammin? Tai miten saat tuotteesi soveltumaan erityisen vaativiin käyttötarkoituksiin? Sen ja monia muita esimerkkejä osaamisestamme löydät osoitteesta www.ruukki.com.

RUUKKI
more with metals

Kittilän kultakaivos

- Agnico-Eagle Mines Limited on aloittanut Kittilän kaivoksen rakentamisen kesän 2006 alussa
- Kaivos toiminnassa vuoden 2008 puolivälissä
- Tunnetut louhittavat malmivarat 14,2 miljoona tonnia malmia, pitoisuus 5,16 g/tn
- Käynnistyy avolouhoksella, toiminta-aika vähintään 13 vuotta
- Tuotantomäärä 3.000 tonnia malmia päivässä
- Vuosituotanto noin 5.000 kg kultaa
- Lupaava potentiaali: vasta 5 km 15 km:n Suurikuusikon kultavyöhykkeestä tutkittu
- Investoinnin suuruus 135 milj. dollaria
- Työllistää noin 200 henkeä

Kittilän kaivoksen omistaa kanadalainen Agnico-Eagle Mines Limited, joka on harjoittanut kaivostoimintaa Kanadassa jo yli 30 vuotta. Yhtiön pääkaivos LaRonde Quebecissä on Kanadan suurimpia kultakaivoksia.



Agnico-Eagle Finland

Kittilän kaivos

Pakatie 371

99100 Kittilä

Puh. (016) 642 238

Fax (016) 642 240

Agnico-Eagle Mines Limited

European corporate office

Westendintie 1 A

02160 Espoo

Puh. (09) 4247 3664

Fax (09) 4247 3648

e-mail: etunimi.sukunimi@agnico-eagle.com

www.agnico-eagle.com



Energian hintakehitys ja alan vetovoima puhuttivat

Mitä tehdä energian huolestuttavalle hintakehitykselle? Miten nostaa alan vetovoimaa koulutusvaihtoehdona? Nämä kysymykset nousivat keskeisiksi puheenaiheiksi Metallienjalostuspäivillä, joita vietettiin noin sadan osanottajan voimin.

TEKSTI Inkeri Humaloja
KUVAT Timo Lehto,
Boliden Kokkola Oy



Keskustelun syövereissä professori Tuomo Tiainen Tampereen teknillisestä yliopistosta (vas.), Metallinjalostajien toimitusjohtaja Sirpa Smolsky sekä Rautaruukki Oyj:n toimitusjohtaja Sakari Tamminen.

Metallien jalostusta Suomessa tekevät yritykset, alaan liittyvä tutkimusyhteisö ja julkinen sektori kokoontuivat Metallienjalostuspäiville tällä kertaa teemalla "Metallien jalostajien uudistumisen haasteet".

Alaan toimijoiden alkuvuoden tulostilaukset näyttivät yritysten toimitusjohtajien katsauksissa hyviltä. Haasteita alalla on kuitenkin edessään roppakaupalla. Metallien tuotannossa haastetta lisää se, että monet taloudelliseen tulokseen vaikuttavat tekijät, kuten valuuttakurssit, metallien hinnat ja käsittelypalkkiot määräytyvät yritysten ulkopuolelta. Ja vaikka tulokset tällä hetkellä näyttävät hyvältä, on muistettava alan olevan hyvin suhdanneherkkä. Haasteista vähäisin ei ole energian hintakehitys.

Sähkön hinta syö kilpailukykyä

EU:n päästökauppajärjestelmän seurauksena sähkön hinta on noussut voimakkaasti, mikä tuntuu energiain-
tensiivisellä alalla toimivien yritysten taloudessa.

"Pilaamme oman kilpailukykyämme Suomessa, jos sähkön hinnassa ei tapahdu muutosta. Energian hinnan nousu asettaa meidät kohtuuttoman vaikeaan tilanteeseen esimerkiksi eteläamerikkalaisiin, aasialaisiin ja australialaisiin alan toimijoihin verrattuna", kaivos- ja sulattoyhtiö Boliden AB:n varatoimitusjohtaja Tom Niemi painotti.

Lausuntonsa taakse Niemi sai myös Outokumpu Oyj:n, Oy Ovako Ab:n, Rautaruukki Oyj:n, Metallinjalostajien ja Boliden Kokkola Oy:n toimitusjoh-

tajat. Myös Teknologiateollisuus ry:n toimitusjohtaja Martti Mäenpää näkee alalle aivan välttämättömäksi saada riittävästi energiaa kilpailukykyiseen hintaan.

Tunteet värittävät keskustelua

Metallienjalostuspäiville kokoontuneiden yritysten edustajat antoivat tuken-
sa suomalaisvenäläisen United Powerin suunnitelmille vetää merikaapeli Luoteis-Venäjältä Suomeen – merikaapeli toisi markkinoille aitoa kilpailua.

"Merikaapeli ei silti ole vaihtoehto kuudennelle ydinvoimalalle", Outokumpu Oyj:n toimitusjohtaja Juha Rantanen huomautti.

Suunniteltu merikaapeli on herättänyt paljon kritiikkiä. Metallien jalosta- >> >> >>

ja se ei ole yllättänyt.

"Keskustelun herättäminen on ollut tavoitteemmekin, koska tällöin myös valtio joutuu ottamaan kantaa asiaan", Oy Ovako Ab:n toimitusjohtaja *Jarmo Tonteri* totesi.

Metallien jalostajien toiveena on kuitenkin, että tunteiden pintaan nouseminen ei häiritse faktapohjaista keskustelua.

Tarvetta katsoa peiliin?

Teknoliateollisuus ry:n toimitusjohtaja *Martti Mäenpää* kertoi seminaarin kuulijoille, että Suomi on alkanut menettää vetovoimaansa alan tutkimus- ja tuotekehitystoimintojen sijaintimaana.

"Me emme ole enää 33:n vetovoimaisimman maan listalla, mikä on surullista. Houkuttelevin maa on tällä hetkellä Kiina. Perässä tulevat Yhdysvallat ja Intia. Tässä on haastetta meille suomalaisille, että saamme entisen vetovoimamme takaisin."

Lisää vetovoimaa ala kaipaa Mäenpään mielestä myös opiskeluvaihtoehtona. Ensimmäiseksi hänen mielestään



Teknoliateollisuus ry:n toimitusjohtaja Martti Mäenpää peräänkuuluttaa suomalaisen koulutuksen tason parantamista.

tulisi saada koulutusjärjestelmä kuntoon.

"Poliittisten päättäjien tulisi ymmärtää, että osaaminen on erittäin keskeinen kilpailutekijä. Tällä hetkellä koulutusjärjestelmämme ei ole lähelläkään maailman kärkeä. Varsinkin toisen asteen koulutuksessa alalla on huono

vetovoima, mikä osaltaan suuntaa investointeja pois Suomesta."

Huoleen alan imagosta ja vetovoimasta opiskeluvaihtoehtona yhtyivät niin alan koulutuksesta vastaavat kuin yritystenkin edustajat. Tarve ryhtyä toimenpiteisiin alan vetovoiman lisäämiseksi sai konsensuspäätöksen.

Opiskelijoiden puheenvuoron tilaisuudessa pitänyt Tekniikan ylioppilas *Ville Liisanantti* Oulun Yliopistosta herätteli kuulijoita vielä lisää reippaalla puheenvuorollaan*.

"Voisitte ottaa mallia vaikkapa metsä- ja paperinjalostusteollisuudesta, jotka lähestyvät opiskelijoita paljon aktiivisemmin. Miksei esimerkiksi Metallienjalostuspäiville kutsuta alan opiskelijoita?"

Kahden vuoden päästä Ovakon isännöimillä Metallienjalostuspäivillä opiskelijoita todennäköisesti nähdään kutsulistalla.

Vuodesta 1970 lähtien pidettyjen Metallienjalostuspäivien järjestäjinä olivat tänä vuonna Boliden, Ovako, Outokumpu ja Rautaruukki. Isäntänä toimi Boliden Kokkola. ▴

*Kts. sivu 55



Luonnollisesti sinkkiä

Kuumasinkitty teräs on luotettava rakennusmateriaali vaativiin olosuhteisiin. Luonnollinen ja turvallinen sinkki lisää teräsrakenteiden käyttöikää ja säästää luontoa.

BOLIDEN

Boliden Kokkola Oy
PL 26, 67101 Kokkola
Puh. (06) 828 6111, Faksi (06) 828 6005
www.boliden.com

SINKKI
luonnollinen
ratkaisu
kestävään
rakentamiseen



Tiede & Tekniikka

Tammisaaren saaristoa. Kuva Bo-Eric Forstén

*Professori Mikko Hupa,
Åbo Akademi: Materiaalit
kattilatekniikan kehi-
tyksen pullonkaulana.
Sivut 38-43*

*Professori Hannu Hänninen,
TKK:
Ydinvoimalaitosten materiaalit
ja hitsatut rakenteet.
Sivut 44-51*



MATERIAALIT

kattilatekniikan kehityksen pullonkaulana

Johdanto

Harvassa teollisessa prosessissa materiaalihaasteet ovat yhtä konkreettisesti kehityksen pullonkaulana kuin höyryvoimalaitoksessa. Voimalan sähkön tuotannon hyötysuhde on suoraan kytketty laitoksen tulistetun höyryn lämpötilaan. Mitä kuumemmaksi höyry kattilassa tehdään, sitä enemmän sähköä kattilan jälkeinen höyryturbiiniprosessi tuottaa.

Höyrykattilatekniikan voimakas kehitys osui viime vuosisadan keskivaiheille. Hiiltä polttavien suurten lauhdevoimalaitoksen höyryarvot – ja myös laitosten koko – kasvoivat lähes laitos laitokselta. Uusien laitosten höyryn lämpötilat olivat 1970-luvulle tultaessa jo saavuttaneet selvästi yli 500°C tason. Samalla sähköntuotannon hyötysuhde – tuotetun sähkön osuus polttoaineen sisältämästä kokonaisenergiasta – oli ohittanut 40 % rajan.

Tämän jälkeen kuitenkin kehitys pysähtyi lähes kokonaan. Syynä olivat materiaaliongelmat tulistimien kuumimmissa osissa. Tulistimet ovat putkipaketteja joissa kattilan höyry kuumenee loppulämpötilaansa. Tulistimet sijoitetaan kuumaan, tyypillisesti noin 1000-asteiseen savukaasuvirtaan välittömästi tulipesästä ulos tultaessa. Itse tulistinmateriaalin lämpötila on tyypillisesti muutama kymmenen astetta korkeampi kuin putken sisällä virtaavan höyryn, joten esimerkiksi 600°C höyry edellyttää materiaalia joka kestää polton savukaasuja n. 630-650°C lämpötilassa. Tällaisten materiaalien löytäminen on osoittautunut isoksi haasteeksi.

Olemassa olevilla materiaaleilla höyryarvot ovatkin jämähtäneet paikoilleen, selvästi alle 600°C tasolle. Kuitenkin tarjolla oleva porkkana on iso: jokainen 10 asteen nosto höyryn lämpötilaan antaisi suuruusluokalleen yhden prosenttiyksikön lisää sähköntuotannon hyötysuhteeseen. Tämä tarkoittaisi samaa sähköntuotantoa 2-3 % vähemmällä polttoaineella. Vain kymmenen astetta ja useita prosentteja säästöä!

Tilanne Euroopan hiilikattiloilla

Tanskalaiset sähköyhtiöt ovat olleet edelläkävijöinä korkeitten höyryarvojen kehityksessä. Uusimmassa tanskalaisessa hiilipölyä polttavassa laitoksessa höyryn lämpötila on nyt jo aivan 600°C tuntumassa ja sähköntuotannon hyötysuhde niukasti yli 45 %. Tämäkin pieni lämpötilan nosto on edellyttänyt useita uusia ratkaisuja itse kattilatekniikassa.

Viime vuosina kiinnostus höyryarvojen ja hyötysuhteen olennaiseen nostoon on vahvasti lisääntynyt. Korkeampi hyötysuhde merkitsee myös vähemmän hiilidioksidipäästöjä per tuotettu sähkömegawatti, mikä nykyisen päästökaupan olosuhteissa merkitsee suoraa taloudellista etua.

Euroopassa onkin jo useamman vuoden ollut käynnissä suuri yhteisprojekti, jossa halutaan siirtyä suurilla hiilen polypolttokattiloilla kokonaan uudelle tasolle, eli yli 700°C höyryn lämpötilaan. Projekti kulkee nimellä AD 700 ja siinä on mukana yli 40 eurooppalaista yritystä ja muuta osapuolta. Tavoitteena on useiden osatutkimusten kautta päätyä täyden koon laitoksessa tehtävään demonstraatioon, jossa höyryarvot olisivat hurjat 720°C ja paine 350 bar. Tällaisessa voimalassa sähkön tuotannon hyötysuhde nousisi tasolle 53-54 %. Tämä merkitsisi hiilidioksidin ominaispäästön putoamista jopa neljänneksen nykytasolta.

Projektin haastavuutta kuvaa sen suunniteltu kesto ja suuri osallistujajoukko. Hankkeeseen osallistuu useita suuria eurooppalaisia voimayhtiöitä, hiilikattiloitten ja höyryturbiinien toimittajia sekä kymmeniä alan tutkimuslaitoksia. Projektin koko kesto on 15 vuotta, ja täyden koon demonstraatio on ajateltu jonnekin 2010-luvun alkuun.

Suomi ja biopolttoaineet

Suomessa polttotekniikkaan liittyvä tutkimus- ja kehitystyö on pitkään ollut voimakasta. Hiilen polypolton sijaan kiinnostuksen kohde meillä on kuitenkin viime vuosina

kohdistunut erityisesti biopolttoaineiden polttoon. Hiekkasuspensiossa tapahtuva polttoon perustuvat leijukerroskattilat ovat tunnettuja suomalaisia huipputuotteita. Leijupolttotekniikka kehittyi ja kaupallistui voimakkaasti 1980-luvulla ja nyt suuria leijukerroskattiloita on maailmalla jo noin 700 ja niiden yhteinen lämpöteho ylittää pian 100 000 MW rajan (Kuva 1). Tästä kapasiteetista Suomessa toimivat yhtiöt ovat toimittaneet peräti puolet. Vaikka suuri osa maailman leijukerroskattiloista polttaa hiiltä, leijukerroskattilat ovat osoittautuneet erityisen sopiviksi myös matalampiarvoisten polttoaineitten kuten turpeen, kuoren, puujätteitten sekä erilaisten muiden biopolttoaineitten polttoon. Tekniikka sallii myös useitten eri polttoaineitten samanaikaisen polton.

Toinen suomalaisen polttotekniikan maailmanmarkkinatuote on sellunvalmistuksen sivutuotetta, mustalipeää, polttava soodakattila. Soodakattilassa hyödynnetään sellun keiton yhteydessä puusta liuenneen orgaanisen aineksen lämpöenergia normaalissa höyrykattilaprosessissa. Samalla

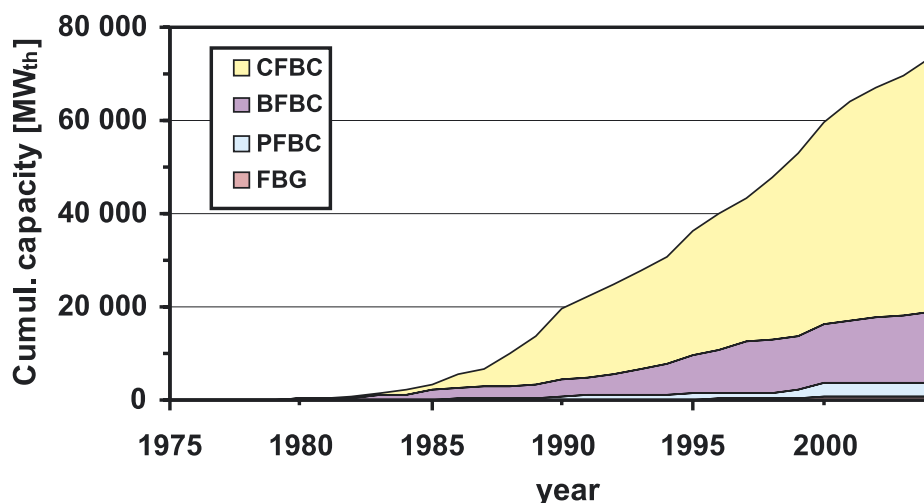
kattilan pohjalta otetaan sulassa muodossa talteen sellun keiton kemikaalit natrium ja rikki käytettäviksi uudelleen. Maailman sellutehtaitten kaikista uusista soodakattiloista viimeisen kymmenen vuoden aikana kolme neljänestä on suunniteltu Suomessa. Soodakattiloitten yksikkökoko on aivan viime vuosina kasvanut huikeasti. Uusimmat kattilat ovat vaikuttavia, lähes 100 metriä korkeita, monimutkaisia yhdistettyjä kemikaalien talteenotto- ja energiantuotantolaitoksia (Kuva 2).

Sekä modernit soodakattilat että biopolttoaineita polttavat leijukerroskattilat sisältävät suuren joukon kehittyneitä teknisiä ratkaisuja. Esimerkiksi polttoilman ja polttoaineitten syöttö ja niiden kautta koko tulipesäprosessi mukaan lukien savukaasujen puhtaus on vahvan tutkimus- ja kehitystoiminnan avulla opittu erinomaisesti hallitsemaan.

Sen sijaan höyryn lämpötilan osalta kummatkin mainitut kattilatyypit ovat jääneet varsin vaatimattomalle tasolle. Esimerkiksi soodakattiloitten höyryarvot eivät ole sitten 1960-luvun alun tasolta 480°C nousseet juuri ollenkaan

>> >> >>

Worldwide Capacity of Fluidized Bed Units

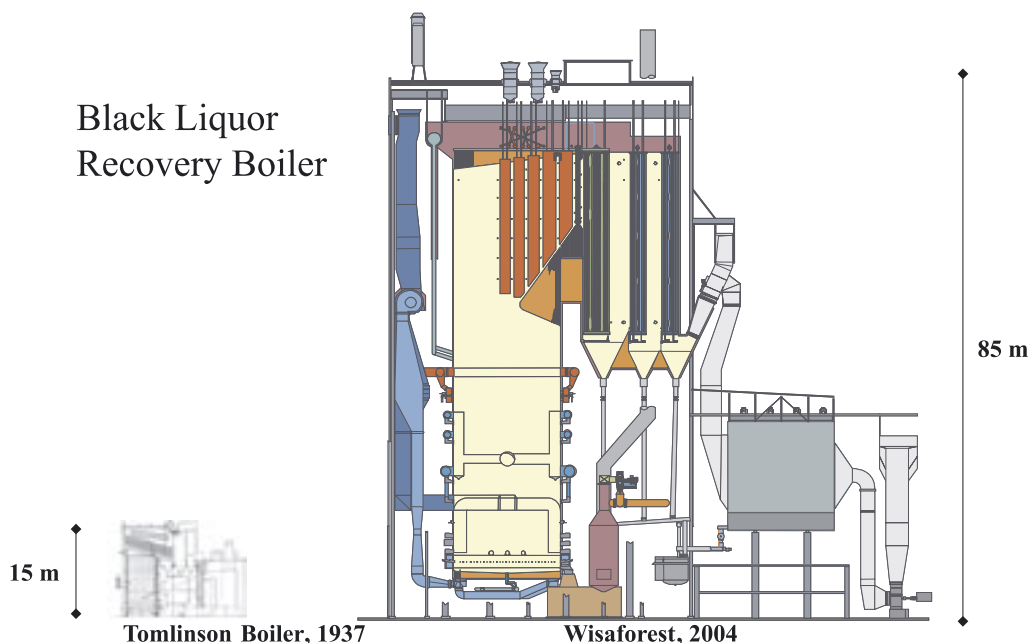


Kuva 1. Leijukerrospolton kokonaiskapasiteetin lisääntyminen maailmalla. CFBC = kiertoleijukattila, BFBC = kerrosleijukattila, PFBC = paineistettu leijukerroskattila, FBG = leijukerroskaasutin. (Lähde: Åbo Akademi 2005)

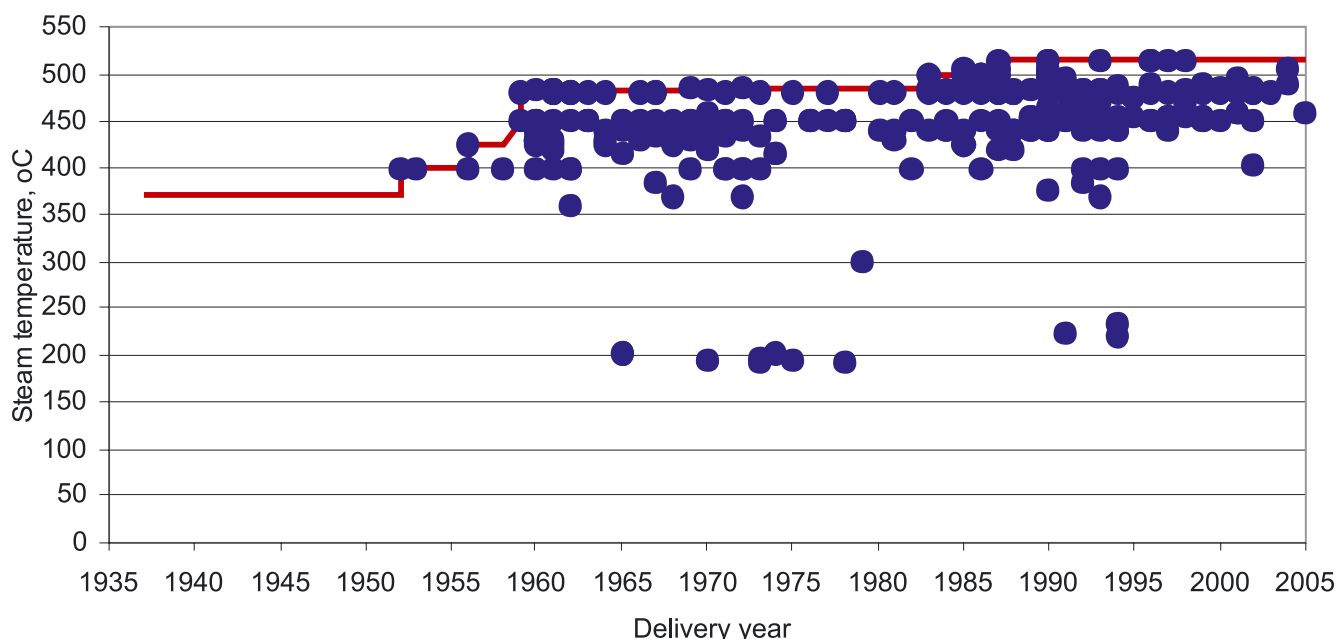
Figure 1. Worldwide cumulative capacity of fluidised bed boilers. CFBC = Circulating fluidised bed boilers, BFBC = Bubbling fluidised bed boilers, PFBC = Pressurised fluidised bed boilers, FBG = fluidised bed gasification units. (Source: Åbo Akademi 2005)

Kuva 2. Uusi Wisaforestin soodakattila Pietarsaareissa edustaa alan uusinta tekniikkaa. Vieressä kaavakuva historian ensimmäisestä soodakattilasta Kanadasta vuodelta 1937. Punaiset viisi putkipakettia tulipesän yläosassa ovat tulistikimia. (Lähde: Andritz Osakeyhtiö 2004)

Figure 2. The new black liquor recovery boiler in Pietarsaari is cutting edge technology. The figure on the left side shows the very first black liquor recovery boiler built in Canada in 1937. The red tube sections in the upper part of the furnace are the superheaters. (Source: Andritz Osakeyhtiö 2004)



Steam Temperatures in Black Liquor Recovery Boilers



Kuva 3. Höyryn lämpötila uusissa soodakattilaprojekteissa maailmalla eri vuosina. Jokainen piste kuvaa uutta kattilatoimitusta. Jo 1960-luvulla saavutettiin 480°C taso, josta on sen jälkeen noustu vain pari kymmentä astetta. (Lähde: Åbo Akademi 2005).

Figure 3. Steam temperature of the new black liquor boilers built in different years. Each dot indicates a new boiler delivery. The temperature level of 480°C was reached already in the 1960's. The temperature has not risen significantly since then. (Source: Åbo Akademi 2005).

(**Kuva 3**), vaikka mustalipeän polton uusiutuvalle energialla tuotetulle sähkölle olisi suuri tilaus. Kummallakin kattilatyyppillä ollaan hiilikattiloitten nykyisistä höyryvoista pahasti jäljessä. Kun hiilikattiloilla jo haaveillaan 700°C lämpötiloista, biopolttoaineitten ja mustalipeän poltossa uskalletaan juuri ja juuri ylittää 500°C lämpötilataso.

Syynä mataliin höyryarvoihin ovat biopolttoaineitten sisältämät vieraat ainesosat, erityisesti alkalimetallit kalium ja natrium. Alkalit vapautuvat polton yhteydessä ja muodostavat savukaasuvirtaan lentotuhkahiukkasia. Nämä lentotuhkahiukkaset koostuvat alkalimetallien suoloista, lähinnä sulfaateista, karbonaateista tai klorideista. Ne tarttuvat helposti savukaasuvirrassa olevien tulistinputkien pinnoille. Tällaisten alkalikerrostumien alla tulistimien korrosio voi kiihtyä voimakkaasti, ja tämä on rajoittanut kattiloitten tulistinmateriaalien maksimilämpötilan huomattavasti alemmaksi kuin esim. hiilikattiloilla, joissa vastaavia alkalikerrostumia ei yleensä synny.

Vaikka ongelma on tunnettu jo kauan, tutkimuspanostus biopolttoainekattiloitten tulistimien kehittämiseksi ei ole ollut kovin voimakasta eikä pitkäjänteistä, mikä myös osaltaan selittää kuvan 3 tilanteen.

Alkalisuolat ja korkealämpötilakorrosio

Alkalisuolojen aiheuttama korkealämpötilakorrosio on ollut tunnettu ilmiö jo pitkään. Mielenkiintoista on kuitenkin se, että korroosion mekanismien yksityiskohdista ei olla alkuunkaan yhtä mieltä. Tiedetään, että kaikki alkalisuolat eivät aiheuta korroosiota, vaan suolaseoksen koostumuksen pienetkin erot voivat vaikuttaa korroosioon. Eri tyyppi-

set teräsmateriaalit kestävät hyvin eri tavalla alkalisuolojen aiheuttamaa korroosiota. Tiedetään edelleen, että muutkin tekijät, kuten savukaasujen kaasukoostumus, tulistimien sijoittelu, höyrynuohoimien sijoittelu ym. vaikuttavat voimakkaasti korroosioon. Yksityiskohtainen ymmärrys eri tekijöitten vaikutuksesta ja eri korroosiomekanismien merkityksestä vaatii pitkäjänteistä työtä, jossa sopivat laboratoriokokeet täydentävät kattiloilla tehtäviä tutkimuksia ja analyysejä. Tällainen työ on vasta aivan viime vuosina

Salt #	1	2	3	4	5
Composition (wt%)					
Na ₂ SO ₄	49.5	47.5	45	40	10
K ₂ SO ₄	49.5	47.5	45	40	10
NaCl	0.5	2.5	5	10	40
KCl	0.5	2.5	5	10	40
T₀ (C)					
DTA	525	523	522	518	515
Calculated	525	524	522	518	509
At T₀ (calculated)					
Percentage melt (wt%)	2.6	12.8	25.3	28.4	38.9

Taulukko 1. Viiden koesuolaseoksen koostumukset ja ensisulamispisteet. (Lähde: Åbo Akademi ja TTY 2004).

Table 1. Compositions of the five salt mixtures used in the experiments (Source: Åbo Akademi and Tampere University of Technology 2004)

pääsyt kunnolla käyntiin.

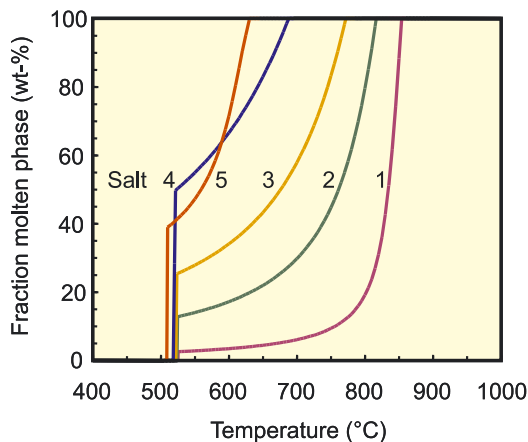
Yhtenä syynä alkalisuolojen aiheuttamaan korroosioon on ajateltu sulan sulan kosketusta teräspintaan. Sulan kosketus aiheuttaisi terästä suojaavan oksidikerroksen liukenemisen. Alkalisuolaseoksilla onkin tunnetusti varsin matalia sulamislämpötiloja. Natriumien ja kaliumien sulfaatti-kloridiseos alkaa sulaa jo n. 520°C tienoilla, joten sulan syntyminen selittäisi hyvin kokemuksen asettaman n. 500°C maksimirajan höyrylämpötiloille.

Toisaalta suolaseosten sulaminen on mutkikas prosessi. Toisin kuin puhtailla aineilla suolaseoksilla ei ole yksiselitteistä "sulamispistettä", eli tarkkaa lämpötilaa, jossa suola muuntuu kiinteästä muodosta täysin sulaksi. Esimerkiksi yllä mainittua NaCl-KCl-Na₂SO₄-K₂SO₄ -seosta lämmitettäessä ensimmäinen sula faasi ilmaantuu seokseen n. 520°C lämpötilassa. Tätä lämpötilaa voitaisiin kutsua seoksen ensisulamispisteeksi, To. Yksinkertaisissa, "eutektisissa" suolaseoksissa ensisulamispiste on yhteinen koko seossysteemille eikä se riipu seoksen koostumuksesta. Sen sijaan ensisulamispisteessä syntyvän sulan määräosuus riippuu olennaisesti suolaseoksen koostumuksesta. Seosta edelleen kuumennettaessa lämpötilan To yläpuolelle, sulan faasin osuus lisääntyy. Lopulta täydellisen sulamisen lämpötilassa, T₁₀₀, koko seos on sulassa tilassa.

Edellisen pohjalta voidaan tehdä kysymys: Kuinka suuri sulan määräosuus tulistinkerrostumassa välittömästi tulistinputken pinnalla riittää aikaansaamaan teräksen oksidikerroksen korroosion? Riittääkö esimerkiksi yksi prosentti, vai tarvitaanko vaikkapa yli 50 % sulaa faasia suolaseoksessa, jota korroosio lähtisi liikkeelle?

Åbo Akademin ja Tampereen teknillisen yliopiston äskettäisessä yhteisessä tutkimuksessa teräskappaleita altistettiin laboratorio-olosuhteissa viikon ajan viidelle alkalisuolaseoksille, joissa ensisulamispiste oli suunnilleen sama, mutta sulan osuus ensisulamispisteessä hyvin erilai-

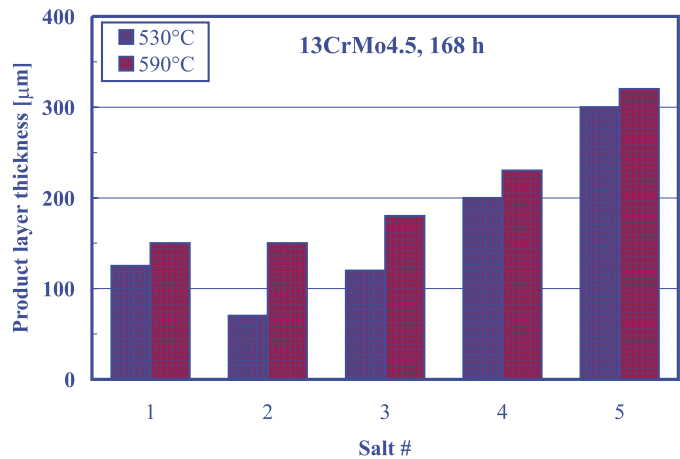
Melting of alkali sulfates – alkali chloride mixtures of different composition



Kuva 4. Viiden eri alkalisuulfaatti-alkalikloridi -seoksen sulaminen lämpötilan funktiona. Kaikilla seoksilla on lähes sama ensisulamispiste, mutta sulan osuus ensisulamispisteessä vaihtelee voimakkaasti eri koostumuksilla. (Lähde: Åbo Akademi ja TTY, 2004)

Figure 4. Melting of the five alkali salt mixtures used in the experiments as function of temperature. All mixtures have the same first melting point, but the percentage of liquid phase depends strongly on the composition (Source: Åbo Akademi and Tampere University of Technology 2004)

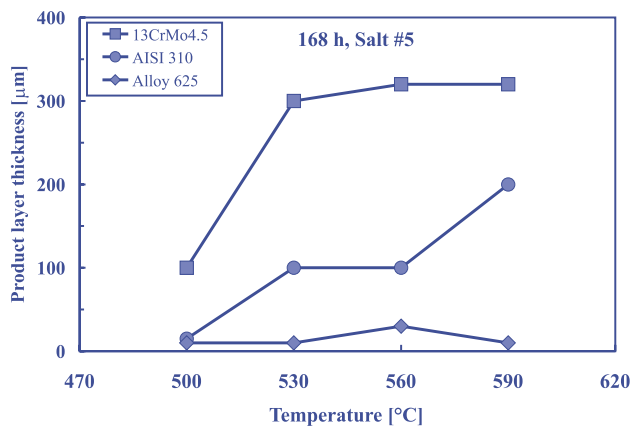
Corrosion product layer thickness after the exposure to alkali salt deposits



Kuva 5. Laboratoriokoetuloksia hiiliteräksen korroosiosta alkalikloridisulfaatti -suolaseosten vaikutuksesta. Suolat kuten Taulukossa 1 sekä kuvassa 4. (lähde: Åbo Akademi ja TTKK 2004)

Figure 5. Laboratory test results of corrosion of carbon steel caused by the exposure to the five alkali salts in table 1 and figure 4. (Source: Åbo Akademi and Tampere University of Technology 2004)

Corrosion product layer thickness after exposure to the Salt #5



Kuva 6. Suolan 5 korroosiovaikutus eri teräsladuilla. (Åbo Akademi ja TTKK 2004)

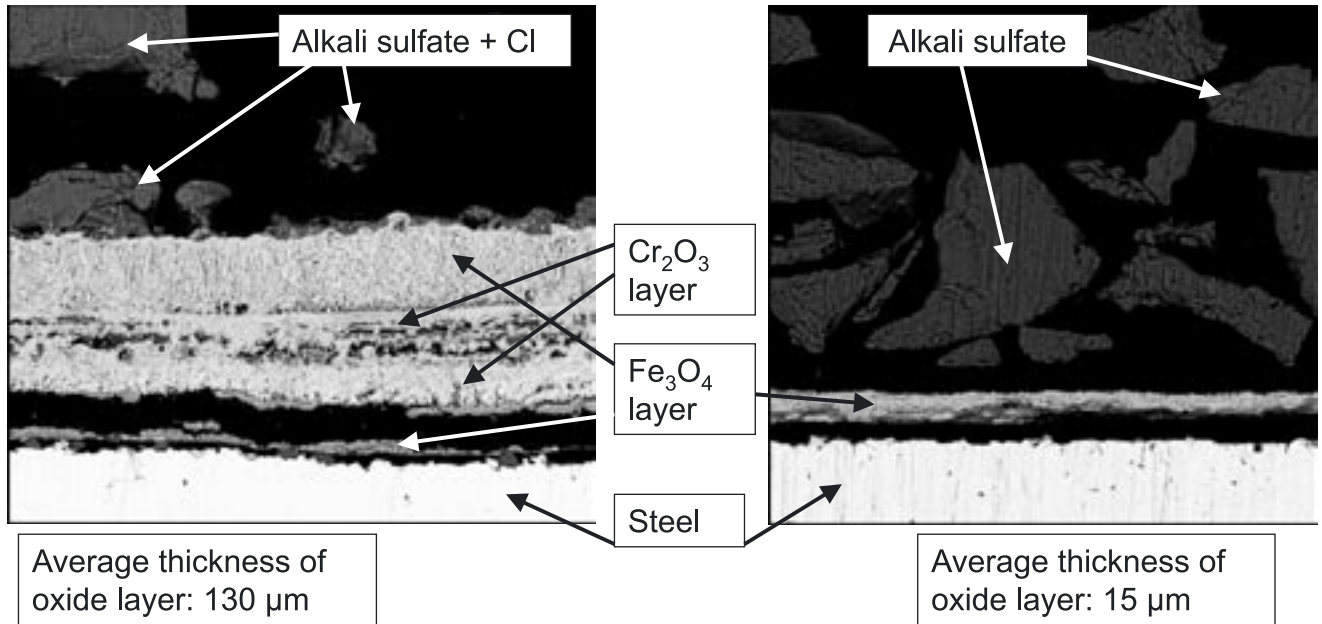
Figure 6. The corrosion caused by the salt #5 on three steel qualities (Source: Åbo Akademi and Tampere University of Technology 2004)

nen. **Taulukko 1** antaa kokeissa käytettyjen suolaseosten koostumukset, ja **kuvassa 4** on esitetty seosten sulaminen lämpötilan funktiona. Kuvio perustuu Åbo Akademiassa kehitettyyn termodynaamiseen sulamisen laskentamalliin.

Altistuksen jälkeen kunkin kokeen levyn ja suolakerroksen välistä reaktiovyöhykettä on tarkasteltu eri menetelmien mm. pyyhkäisyelektronimikroskoopilla. **Kuvassa 5** esitetään koelevyjen pinnalle syntyneen oksidikerroksen paksuus kussakin kokeessa. Oksidikerroksen paksuus kuvasi kokeissa korroosion intensiteettiä. Oksidikerroksen kasvunopeus tyypillisellä hiiliteräksellä oli kaikissa

>>>

Carbon steel after exposure to a salt deposit of pure alkali sulfates (right) and alkali sulfates doped with some chlorides (left)



Kuva 7. Teräslevyn poikkileikkaus alkalisuolakerrostumalla tehdyn korroosioaltistuksen jälkeen. Oikeanpuoleisessa tapauksessa kerrostuma koostui puhtaasta alkalisuulfaatista. Vasemman puoleisessa tapauksessa kerrostuma sisälsi myös pienen määrän alkalikloridia. (Lähde: Åbo Akademi 2006)
Figure 7. Cross section of the corroded steel specimens after one week exposure to alkali salts. In the figure to the right the deposit consisted of pure alkali sulfate. In the figure to the left the deposit contained besides alkali sulfate also small amounts of chloride. (Source: Åbo Akademi 2006)

tapauksissa suuri – ja selvästi sitä suurempi, mitä suurempi sulan osuus suolaseoksessa oli.

Kuvassa 6 on muutama lisätulos samankaltaisista laboratoriotutkimuksista, joissa voimakkaasti korrodoivan sulan 5 vaikutusta testattiin kolmella eri teräksellä. Sulan 5 aiheuttama korroosio hiiliteräksen pinnalla oli erittäin voimakasta heti ensisulamispisteen yläpuolella. Kromilla seostetulle austeniittiselle teräkselle (AISI 310) korroosio oli jonkin verran vaimeampaa, mutta edelleen käytännön kannalta aivan liian voimakasta. Nikkelipohjainen teräs (Alloy 625) tuntui kestävän ainakin jossain määrin suolaseoksen 5 sulaa.

Voidaan edelleen esittää lisäkysymys: Onko sulan faasin läsnäolo aina välttämätöntä korroosiolle? Riittääkö kun tulistinputken lämpötila pidetään turvallisesti lentotuhkan alkalien ensisulamispisteen alapuolella, vai voiko korroosiota tapahtua myös kiinteässä tilassa olevan suolakerroksen ja teräspinnan reaktioitten kautta?

Nykytiedon valossa tiedetään, että tulistinkerrostuma voi tietyissä tilanteissa aiheuttaa korroosiota myös ensisulamispisteen alla, eli kokonaan kiinteän kerroksen alla. Kerrostumassa olevan alkalikloridi voi aiheuttaa voimistuvaa korroosiota vaikka kerrostuma ei olisi ollenkaan sulassa tilassa. Usein tällainen korroosio ei ole yhtä rajua kuin sulan läsnäollessa, mutta tietyissä tilanteissa myös tällainen korroosio on osoittautunut suureksi ongelmaksi.

Missä tilanteissa ja miten tällainen kiinteän suolakerroksen sisältämän kloridin aiheuttama kiihtyvä oksidoituminen lähtee liikkeelle eri terästyypeillä ja erilaisilla suolaseoksilla on edelleen tutkimuksen kohteena.

Korroosion mekanismeista saa luonnollisesti olennaista tietoa korroosiovyöhykkeen mikrorakenteen ja -koostumuksen erilaisilla tutkimuksilla. **Kuvassa 7** on kuvapari kahden teräslevyn korroosiokerroksen poikkileikkauksesta. Oikeanpuoleinen levy on altistettu alkalisuolaseokselle, jossa ei ole ollut kloridia. Suolakerrostuman hiukkaset näkyvät kuvan yläosassa. Oikean puoleinen levy on altistettu samoissa olosuhteissa alkalisuolaseokselle, jossa mukana oli myös alkalikloridia. Kuvista ilmenee selvästi, miten kerrostuman melko pieni määrä kloridia aikaansaa oksidikerroksen kasvun kiihtymisen lähes kymmenkertaiseksi. Itse korroosiotuotteitten joukossa kloridia ei yleensä löydy juuri ollenkaan. Kuitenkin kloorin läsnäolo – tavalla tai toisella – aikaansaa teräksen hapettumisen voimakkaan kiihtymisen. Eri mekanismeja on esitetty kloorin roolille tällaisessa korroosiossa. Avainreaktiona pidetään kerrostuman kloridin muuntumista teräspinnan tuntumassa alkuaineklooriksi. Tämä vapaa kloori näyttää pystyvän kulkeutumaan terästä suojaavan oksidikerroksen läpi ja panemaan alulle teräksen kiihtyvän hapettumisprosessin siten että prosessissa muodostuva uusi oksidikerros ei

enää suojaa jatkohapettumiselta kuten vahingoittumattoman teräksen pinnan oksidikerros tekee.

Voiko näihin kloorin reaktioihin vaikuttaa? Miten reaktiot riippuvat tulistinpinnalla vallitsevista olosuhteista? Voiko poltto prosessia ohjata niin, että kloridia joutuu tulistinpinnan kerrostumaan vähemmän? Miten pieni määrä klooria tarvitaan korroosion alkuun panemiseen? Mitkä komponentit teräksessä vaikuttavat oksidikerroksenkestokykyyn kloridin hyökkäystä vastaan? Tässä joukko kysymyksiä, joihin löytyvien vastausten voidaan odottaa johtavan uusiin ratkaisuihin, joilla biopolttoainekattiloittenkin höyryn lämpötiloja saadaan olennaisesti nostettua.

Yhteenveto

Tänä päivänä höyryvoimalaitosprosessin tulistetun höyryn lämpötilaa pyritään nostamaan tavoitteena sähköntuotannon korkeampi hyötösuhde ja sitä kautta saavutettavat säästöt sekä polttoaineen käytössä että vähennykset hiilidioksidipäästöissä.

Hiiltä polttavissa laitoksissa 600°C höyrylämpötila on tämän hetken state-of-the-art. Pitkäjänteiset projektit maailmalla tähtäävät sataa astetta korkeampiin höyryarvoihin. Tämä edellyttää voimakkaan panostuksen sekä uusien tulistinmateriaalien kehittämiseksi ja testaamiseksi että koko höyryprosessin optimoimiseksi korkeammille arvoille. Eurooppalaisen AD 700 -projektin tavoitteena on vuoteen 2015 mennessä demonstroida yli 700°C höyrylämpötila täyden koon laitoksella.

Biopolttoaineita – sellutehtaitten mustalipeä mukaan lukien – polttavissa kattiloissa höyryn lämpötilat ovat olennaisesti alhaisempia kuin hiilipoltolla. Jo 500°C ylittävät höyryn lämpötilat ovat useissa tapauksissa osoittautuneet liian korkeiksi nykyisille tulistiratkaisuille. Biopolttoaineitten sisältämistä alkuainemateriaaleista peräisin olevat tulistinkerrostumat voivat aiheuttaa voimakasta korroosiota jo 500-550°C lämpötiloissa.

Alkalisuolojen aiheuttaman korroosion mekanismien syvällisempi ymmärrys on kuitenkin antanut toiveita ratkaisuista, joilla myös biopolttoainekattiloitten tulistuslämpötiloja voidaan tulevaisuudessa olennaisesti nostaa. Itse poltto prosessia hallitsemalla lentotuhkan koostumusta voidaan tietyissä määrin säätää ja sitä kautta vähentää kerrostumien aggressiivisuutta. On todennäköistä että voidaan kehittää uusia teräslaatuja tai uusia pinnoitteita, joiden kestävyys alkalisuolojen aiheuttamaan korkealämpötilakorroosioon on olennaisesti parempi kuin nykyisten tulistinmateriaalien.

Tulistinkorroosioon voidaan vaikuttaa myös sijoittamalla tulistimet olosuhteisiin joissa alkuainekorrosio pääsee vaikuttamaan mahdollisimman vähän. Muutamilla uusilla kierto-leijukattiloilla kuumien tulistinputkisto on sijoitettu kokonaan savukaasuvirrasta erilleen. Nämä tulistimet ottavat lämpönsä syklonista erotetusta kuumasta leijutushiekkasta erillisessä tilassa ennen kuin hiekka palautetaan tulipesään. Tässä ratkaisussa tulistinputket eivät joudu ollenkaan kosketuksiin savukaasujen alkaliainien kanssa.

Biopolttoainekattiloitten tulistuslämpötilojen nosto 100 asteella onnistuu varmasti lyhyemmällä aikavälillä kuin vastaava hiilikattiloitten kehityshanke. Tämä edellyttää kuitenkin vielä panostusta tutkimus- ja kehitystyöhön. Menestyksen avaimena on poltto prosessien kemian ja alkalisuolojen aiheuttaman korroosion kemiallisten mekanismien syvä ymmärrys aidosti yhdistettynä korkealämpö-

materiaalien ominaisuuksien osaamiseen.

Kiitokset

Tämä kirjoitus perustuu Åbo Akademiassa tehtyjen lukuisten projektien kokemuksiin ja tuloksiin. Kiitokset kaikille projekteissa mukana olleille. Erityinen kiitos *Topi Lepistölle* (Tampereen teknillinen yliopisto), *Rainer Backmanille* (nykyisin Uumajan yliopisto), *Kari Saviharjulle* ja *Lasse Koivistolle* (Andritz Osakeyhtiö), *Kari Mäkelälle* ja *Jussi Mäntyniemelle* (Kvaerner Power Oy) sekä *Keijo Salmenoijalle* (nykyisin Metsä-Botnia Oy) erinomaisen mielenkiintoisesta yhteistyöstä Tekesin KESTO-ohjelman aikana. Lisäksi kiitos Åbo Akademin ChemCom-projektin yhteistyökumppaneille sekä Suomen soodakattilayhdistykselle hyvästä yhteistyöstä. Åbo Akademin korkealämpötilakorrosiokollegoille *Bengt-Johan Skrifvarsille*, *Linus Silvanderille*, *Mikaela Westén-Karlssonille* ja *Daniel Lindbergille* erikoiskiitos.▲

SUMMARY

Material issues - the bottleneck in advancement of steam boiler technology

The steam boiler electricity production efficiency is directly connected to the design steam temperature. The higher the steam temperature, the higher the power output from the steam turbine. In coal fired boilers the maximum steam temperatures are today some 600°C. In boilers fired with biofuels the steam temperatures are some 100°C lower because of the corrosive nature of the fly ash formed in these boilers. In the last 20 years the development towards higher steam temperature and towards increased power efficiencies has been very slow.

However, in the recent years the interest to higher steam data has grown significantly. Any increase of 10°C in the steam temperature may give some 2-3 % more electricity with the same amount of fuel, which also implies some 2-3 % smaller CO₂ emissions.

A major European research project is underway to pave the road to steam temperatures of above 700°C in coal fired boilers.

The interest to raise steam temperatures also in the boilers burning biofuels has also increased. The paper discusses some of the recent research topics related to better understanding of the high temperature corrosion of the superheaters of fluidised bed boilers fired with biofuels or in black liquor recovery boilers. Aggressive alkali metal compounds deposited on superheater surfaces are found to be the main cause to the increased corrosion in these boilers. However, the corrosion is very sensitive to the detailed composition of these alkali compounds and all alkali salt compositions are not corrosive. The detailed corrosion mechanisms are being studied in several recent projects in Finland. Recent research gives hope for significant development of the steam temperatures also in biofuel combustion.▲

CV – **Mikko Hupa** toimii professorina Åbo Akademin teknisessä tiedekunnassa. Hänen tutkimusryhmänsä on erikoistunut teollisten poltto prosessien kemiaan, viime vuosina erityisesti biopolttoaineitten polton kysymyksiin. Hän on myös Åbo Akademin prosessikemian keskuksen puheenjohtaja. Åbo Akademin prosessikemian keskus on Suomen Akatemian nimeämä tutkimuksen huippuyksikkö. Hupa on myös kansainvälisen polttotekniikan järjestön International Flame Research Foundation presidentti.▲



YDINVOIMALAITOSTEN materiaalit ja hitsatut rakenteet

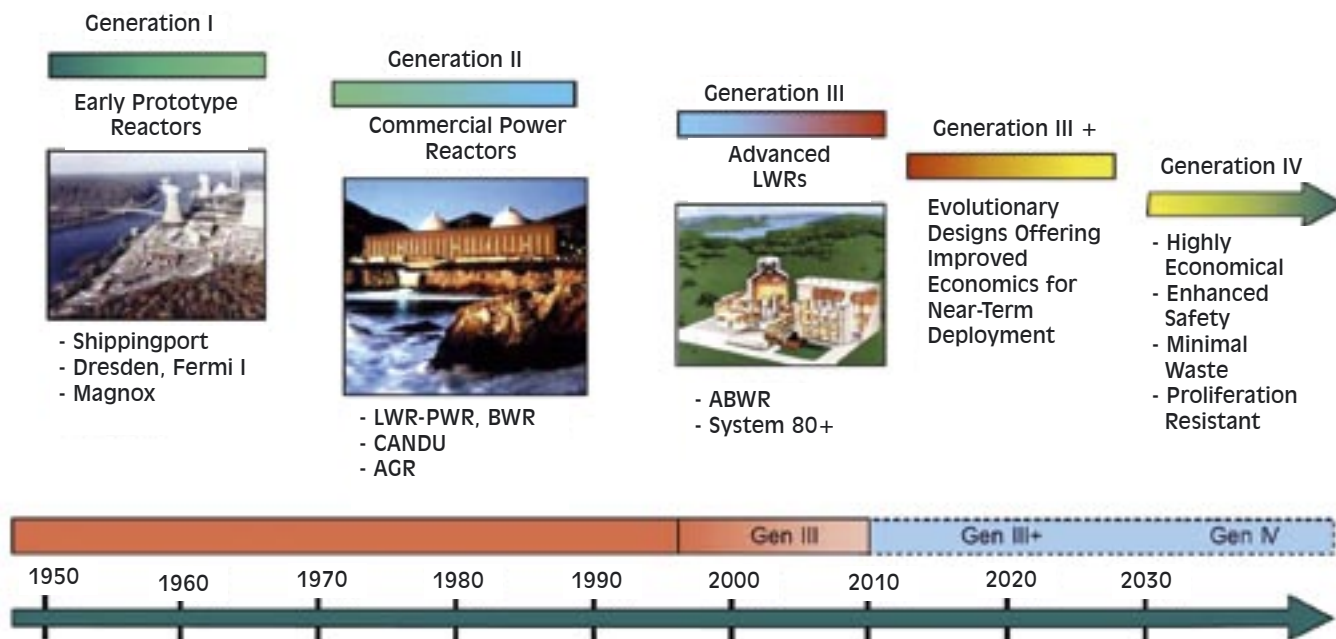
Johdanto

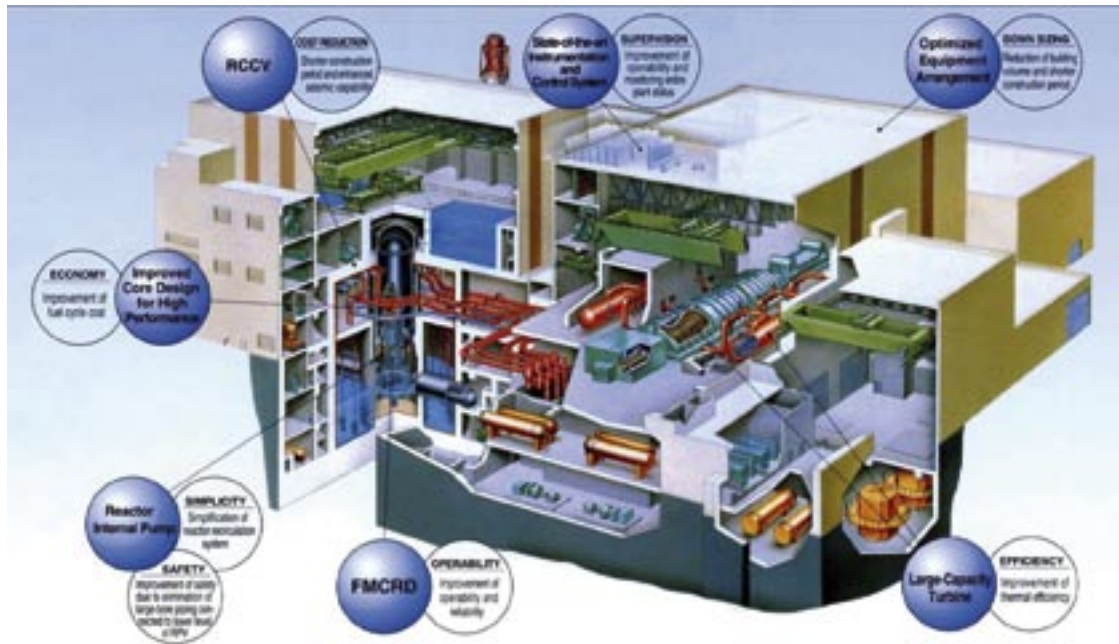
Maailman energian tarpeen ennustetaan kasvavan 50% nykyisestä käytöstä vuoteen 2050 mennessä (International Energy Agency, IEA). Kasvusta yli kaksi kolmasosaa tullaan käyttämään Kiinassa ja Intiassa. Ydinvoima, joka on selkein CO₂ vapaa energianlähde, on kokemassa parhaillaan uutta nousukautta. Kaikkiaan maailmassa on toiminnassa 444 ydinvoimalaitosta, joiden tuotantokapasiteetti on 389,6 GW ja laitokset tuottivat sähköä vuonna 2005 2750 TWh (n. 16% maapallon sähköenergian tarpeesta ja yli 1 mrd. tonnia CO₂ jäi syntymättä, jos olisi käytetty fossiilisia polttoaineita). Kevytvesireaktoreita (Light Water Reactor, LWR), joita ovat kiehumisvesireaktori (Boiling Water Reactor, BWR, 93 kpl) ja painevesireaktori (Pressurized Water Reactor, PWR, 250 kpl), oli toiminnassa vuonna 2003 yhteensä 343. Ne edustavat 78% ydinvoimalaitosten määrästä ja 86% tehosta ja tuottavat maailman sähköstä merkittävän osan. Suuri osa vanhoista laitoksista poistuu käytöstä vuoteen 2020 mennessä tai kohta sen jälkeen, joten uusien korvaavien ydinvoimalaitosten rakentamisella on jo

kiire. Uusia laitoksia on viime aikoina rakennettu vain vähän ja parhaillaan rakennetaan 23 laitosta 10 eri maassa ja 38 laitosta on konkreettisesti suunnitteilla. Uusien laitosten kehitystyötä on jatkettu ja kehitystyön tilanne on IAEA:n toimesta raportoitu yksityiskohtaisesti /1/.

Viime vuosina on tapahtunut merkittävää kehitystä ydinvoimalaitosten teknologiassa, taloudellisuudessa ja myös viranomaismääräykset ovat tarkentuneet. Uudet reaktorit ovat rakenteeltaan joko **evolutionäärisiä** (pian tai jo nyt kaupallisia) tai **innovatiivisia** (vallankumouksellisia), jolloin käytetään kokonaan uusia teknologioita ratkaisuja. Käsitellen evolutionäärisistä laitoksista (Generation III, Advanced Light Water Reactors) yksityiskohtaisemmin vain kahta eri tyyppiä: ABWR (Advanced Boiling Water Reactor), joka on kehitetty GE:n, USA, sekä Hitachin ja Toshiba, Japani, yhteistyönä, ja EPR (European Pressurized Water Reactor), jonka on kehittänyt Framatome ANP, Ranska/Saksa. Muita evolutionäärisiä laitoksia ovat mm. APWR (Mitsubishi, Japani/Westinghouse, USA), AP1000 (Westinghouse, USA, Generation III+), SWR1000 (Framatome ANP, Saksa) ja WWER-1000 (V-392, Atomenergoprojekt/Gid-

Kuva 1. Ydinvoimalaitossukupolvien kehityksen aikajänne /2/. Figure 1. Timescales for development of nuclear power /2/.





Kuva 2. ABWR laitoksen tärkeimmät järjestelmät [3]. Figure 2. Main technical features of ABWR highlighting the new technologies and designs [3].

ropress, Venäjä). Näille laitoksille on ominaista, että niiden teknologiset ratkaisut perustuvat nykyisin käytössä oleviin laitoksiin ja niiden käytöstä saatuun kokemukseen. Laitokset paranevat tekniikan kehittyessä ja virheistä oppimalla. Esimerkiksi ABWR:n reaktorin sisäisten pumppujen (Reactor Internal Pump, RIP), säätösauvakoneiston (Control Rod Drive, CRD) ja titaanista valmistetun merivesilauhduttimen rakenteelliset ratkaisut on tehty eurooppalaisen teknillisen kehityksen, innovaatioiden ja kokemusten pohjalta parantamalla näitä edelleen ja samalla on luovuttu vanhoista amerikkalaisista ratkaisuista. Laitosteknologian kehitystä vie eteenpäin taloudellisuus (laitoksen koko), käytettävyys, kunnossapitovaatimukset (mukaanlukien tarkastettavuus) ja turvallisuus.

Innovatiivisten reaktoreiden teknologia on vallankumouksellista (revolutionary) ja nykyisin niitä kutsutaan Generation IV (Gen IV) laitoksiksi. Kuvassa 1 esitetään eri ydinvoimalaitoskukupolvien kehityksen aikajänne [2]. Kehityksen alaisena on kuusi erilaista reaktori- ja polttoainejärjestelmää: korkean lämpötilan kaasujäähdytteiset reaktorit (High Temperature Gas Reactor, HTR) ja nopeat hyötöreaktorit (Fast Breeder Reactor, FBR). Prototyyppi HTR laitoksissa, Pebble Bed Modular Reactor (PBMR) tai Gas Turbine – Modular Helium Reactor (GT-MHR), sydän on tehty keraamisista materiaaleista ja laitosten polttoaineena on halkaisijaltaan 1 mm mikropallot, joiden ydin on uraania tai uraani-/plutoniumoksidia ja kuori on hiiltä (2 kerrosta) ja piikarbidia (CVD pinnoitekerros). Kuori estää kaasumaisten fissiotuotteiden pääsyn ympäristöön ja suojaa ydinpolttoainetta jäähdytteeltä (helium). Jokainen polttoainepallo on pieni reaktoripaineastia. Mikropallot liitetään rakenteeseen erilaisilla grafiittimatriiseilla. Kehitteillä on myös Very High Temperature Reactor (VHTR), jossa helium kaasun ulostulolämpötila on yli 900 °C. Tällöin prosessilämpöä on riittävästi, esim. veden hajottamiseen ja vedyn tuotantoon vetytaloutta varten. Gen IV reaktoreihin kuuluvat myös nopeat reaktorit (fast reactors), ns. hyö-

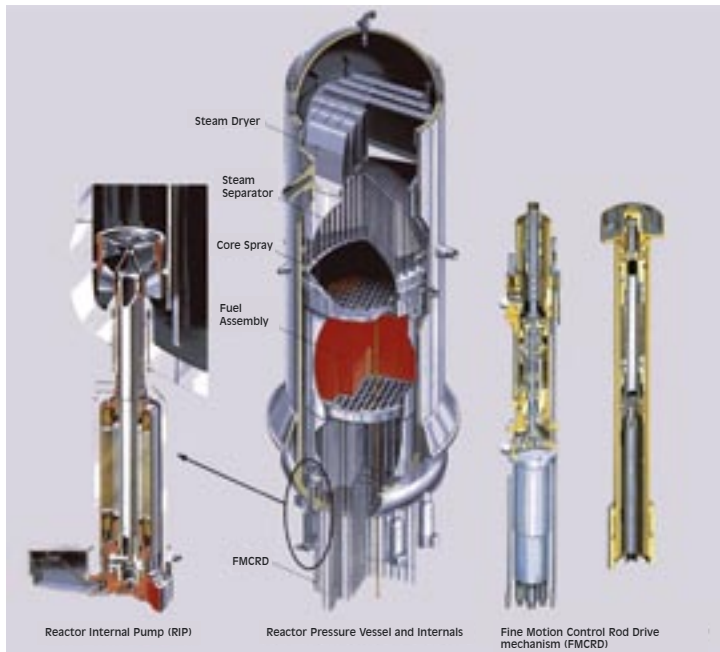
töreaktorit: Gas Cooled Fast Reactor (GFR), Lead Cooled Fast Reactor (LFR), Sodium Cooled Fast Reactor (SFR) ja Supercritical Water Cooled Reactor (SCWR) (510...550 °C, 25 MPa). Näille reaktoreille on tyypillistä, että niissä syntyy U-238:sta uutta polttoainetta, plutoniumia, riittävästi, jotta ne takaavat edullisen uraanin riittävyyden, joka muuten tulee ongelmaksi jo 50 vuoden kuluttua käytetyn polttoaineen suorassa loppusijoituksessa. Nykyisissä kevytvesireaktoreissa hyödynnetään vain noin 1% uraanin energiapotentiaalista. Tulevaisuuden nopeat reaktorit ja suljettu polttoainekierto jälleenkäsittelyn ansiosta takaavat ydinpolttoainetta riittävyyden pitkälle tulevaisuuteen. Jotta plutoniumia ei joudu väärin käsiin, esim. terroristeille, järjestelmä edellyttää, että polttoaine on liian kuumaa käsiteltäväksi ("too hot to handle") ilman vaativaa säteilysuojauksia. Innovatiivisille reaktoreille on myös ominaista, että niiden termien hyötysuhde on yli 40%, jopa 45% SCWR:ssa, verrattuna esim. ABWR:n 34%:iin.

Korkea-aktiivinen ydinjäte koostuu kevyistä radioaktiivisista aineista, jotka ovat lyhytikäisiä ja niiden aktiivisuus pienenee merkittävästi 500 vuodessa, sekä raskaista nuklideista (aktinidit, kuten neptunium, americium ja curium), joiden korkea-aktiivisuus säilyy kymmeniä tuhansia vuosia. Tavoitteena on näiden aktinidien hajottaminen transmutaation avulla käyttäen neutronivuota apuna. Tämä voidaan toteuttaa tehokkaasti esim. Accelerator Driven Subcritical Reactor (ADS) laitoksessa, jossa vakaa neutronivuo synnytetään 1 GeV kiihdyttimen avulla. Edellä esitetyt innovatiiviset laitokset mahdollistavat energiantuotannon lisäksi ydinjätteen määrän, radiotoksisuuden ja pitkäikäisyyden radikaalin pienentämisen tulevaisuudessa.

ABWR (Advanced Boiling Water Reactor)

ABWR laitoksia (n. 1350 MW_e) on rakennettu 4 kpl Japanissa (ensimmäiset olivat TEPCO:n Kashiwazaki-Kariwa, 1996 (Toshiba/GE) ja 1997 (Hitachi/GE)) ja kaksi laitosta Taiwa-

» » »



Kuva 3. ABWR laitoksen reaktoripaineastia ja reaktorin sisäosat /3/.
Figure 3. The reactor pressure vessel and reactor internals of ABWR /3/.

nissa. Japanissa on rakenteilla yksi ABWR ja suunnitteilla on 3 ABWR-laitosta. **Kuvassa 2** on esitetty ABWR laitoksen vesi-/höyrykierto. ABWR laitoksen primääripiirin päätoiminnot ovat: johtaa höyry reaktoripaineastiasta (RPV) turpiiniin, johtaa syöttövesi lauhde- ja syöttövesijärjestelmästä RPV:aan, estää paineen nousu ja sisältää tarvittava instrumentointi erilaisia välttämättömiä mittauksia (esim. neutronivuo, T, p, vesipinnan taso eri paikoissa jne.) varten. ABWR laitoksessa on 4 päähöyrylinjaa (Main Steam Line, MSL) ja 4 syöttövesilinjaa (Feed Water Line, FWL) ja kussakin MSL:ssa on 2 pääsulkuventtiiliä (Main Steam Isolation Valve, MSIV) suojarakennuksen sisä- ja ulkopuolella. MSL:ssa on yhteensä 18 varoventtiiliä.

ABWR laitoksen RPV:n rakenteeseen kuuluu yhteitä, kannattimia ja terminen eristys sekä sisäosat, jotka kannattavat sydäntä, ohjaavat veden virtausta, erottavat höyryn ja kannattavat instrumentteja ja säteilyseuranta (surveillance)-näytteitä, reaktorin sisäiset pumput (RIP), ja säätösauvakoneistot (CRD), **kuva 3**. RPV valmistetaan suurista rengasmaisista takeista, jolloin hitsausliitosten määrä on vähentynyt. RPV:n erillinen kansi kiinnitetään pulttiliitoksella paineastiaan (pulttien määrä minimoitu). Paineastian sisällä on moderaattoritankin (core shroud) tukirakenteet ja pumppukansi. Paineastian MSL- ja FWL-yhteiden lisäksi sen pohjassa on 205 säätösauvakoneiston (Fine Motion Control Rod Drive, FMCRD) läpiviennit. Yhteiden eripariliitokset ovat materiaali- ja valmistusteknisesti erittäin vaativia kohteita.

ABWR laitoksessa on lisäksi monia apujärjestelmiä kuten reaktorirakennuksen jäähdytysvesijärjestelmä (RBWC), reaktoriveden puhdistusjärjestelmä (RWCU), polttoainealtaan jäähdytys- ja puhdistusjärjestelmä (FPCU) jne.

ABWR laitoksille on asetettu seuraavia tavoitteita: suunniteltu rakennusaika 48 kk, käyttöikä 60 vuotta, käyttökerroin 87...90%, latausväli 18...24 kk, säteilyannos alle 100 man-rem per vuosi (käyttöhenkilökunnalla <1 Sv/v/h), radioaktiivisen jätteen määrä alle 100 m³ per vuosi, pääoma-

kustannukset 20% pienemmät kuin nykyisissä reaktoreissa, alle yksi suunnittelematon seisokki per vuosi, ja sydämen vaurioitumisriskin pieneminen vähintään yhdellä dekadilla (tavoite 10⁻⁶/v) /3/.

Materiaalit

ABWR laitoksen materiaalit on valittu erityisesti kestäväksi raerajoja pitkin etenevää jännityskorroosiota (Intergranular Stress Corrosion Cracking, IGSCC), joka on perinteisesti ollut BWR-laitosten merkittävin rakenteellinen ongelma termisen väsymisen kanssa. Lisäksi kehitystyötä on tehty kobolttin (Co) määrien (säteilytasojen) alentamiseksi, jotta kunnossapito helpottuu (tarkastukset ja korjaustyöt). Tarkastusten määrää on minimoitu vähentämällä hitsausliitosten määrää ja kokoa (kapearailohitsaus, NG-TIG ja NG-SAW). ABWR:n RPV:ssa käytetään suuria rengastakeita, jolloin pituussuuntaisia hitsausliitoksia ei esiinny, ja RPV:n pohja on tehty yhdestä takeesta (noin 250 mm paksu), eikä siinä esiinny hitsausliitoksia kuin yhteissä. Putkistoissa käytetään induktiotaivutusta ja monimutkaisia taemuotokappaleita, jotka vähentävät runsaasti hitsauksen määrää.

Hiili- ja niukkaseosteisten teräskomponenttien kohdalla erityisesti eroosiokorroosion estämiseen on kiinnitetty huomiota samoin kuin säteilyhaurastumiseen, joka ei ole merkittävä ongelma BWR:ssa. Säteilysaurastumisen kannalta oleellista on kontrolloida RPV:n murtumisriskiä lähtötilassa: RPV:n RT_{NDT} (Reference Nil Ductility Transition Temperature) on alle -20 °C ja lisävaatimuksena sydänalueella RT_{NDT}:n pitää olla alle -35 °C. RPV-teräksen Cu-pitoisuus on alle 0,05 % (hitaaineessa alle 0,08%), ja P-pitoisuus on rajoitettu vastaavasti 0,006 % ja 0,008 %. Sydänalue on tehty ASME SA-508, Class 3, teräksestä samoin kuin suuret yhteydet ja laipat ja muut osat RPV:sta on tehty ASME A-533, Type B, Class 1, teräksestä. Näin puhtailla teräksillä ei ABWR laitoksen RPV-teräksen RT_{NDT} lämpötila merkittävästi kohoa 60 vuoden käytön aikana (arvioitu säteilysiritys on alle 11 °C).

Vanhojen BWR-laitosten putkistot ja reaktorin sisäosat ovat kärsineet IGSCC ongelmista, kun rakennemateriaalina on ollut AISI 304 ruostumaton teräs, jossa herkistyminen tapahtuu hitsauksen ja kuumamuovauksen yhteydessä ja se pahenee käyttölämpötilassa (Low Temperature Sensitization, LTS, matalalämpötila herkistyminen). Siksi IGSCC:lle alttiisiin kohteisiin käytetään ABWR:ssa AISI 316NG terästä (maks. C 0,02% ja maks. N 0,12%), jolla on N seostuksen ansiosta vastaavat lujuusominaisuudet ja herkistymistä ei tapahdu. Austeniittisissa valukappaleissa (CF3M) IGSCC:n kestävyys taataan rajoittamalla C-pitoisuus (max. 0,03%) ja δ-ferritiipitoisuus (min. 8%). Hitsausliitoksille (Type 308L/316L) on asetettu samat vaatimukset kuin valuille. Laitoksella on runsaasti Ni-seoksia – Alloy 600 ja Alloy X-750 – joko suuremman lujuuden tai C-teräksiä lähellä olevan lämpölaajenemiskertoimen takia. Alloy 600 on suhteellisen IGSCC:n kestävä herkistyneessä tilassa, joten sille voidaan tehdä myöstöhehkus (Post-Weld Heat Treatment, PWHT) yhdessä RPV-teräskomponenttien kanssa. Alloy 600 seoksen hitsausliitokset ovat kuitenkin osoittautuneet alttiiksi IGSCC:lle (oikeammin Inter-dendritic SCC, IDSCC). Altis lisäaine on ollut Alloy 182 ja on havaittu, että Alloy 82 on hyvin kestävä ko. olosuhteissa. Ero on lähinnä Cr- (13-17% vs 18-22%) ja Nb-pitoisuudessa (1,0-2,5% vs 2-

3%). ABWR laitoksilla Alloy 600 seoksen hitsausliitoksissa käytetään lisäainetta Alloy 82. Viimeaikaiset kokemukset ovat olleet hyviä myös Alloy 52 seoksella (28-31,5% Cr), jota on otettu käyttöön PWR:n korjaushitsauksissa puskerroksen lisäaineena. Lujan Alloy X-750 seoksen IGSCC murtumista on tapahtunut korkeilla jännitustasoilla ja seokselle on spesifioitu uusi lämpökäsittely: liuotushehkuutus 1050...1150 °C, jota seuraa yksivaiheinen erkautushehkuutus 620...730 °C:ssa. Uusi materiaali ABWR laitoksissa on XM-19, N-seostettu austeniittinen ruostumaton teräs (Nitronic 50, 21,5Cr5Mn12,5Ni2,5Mo0,3N), joka ei ole altis herkistymiselle. Tämä teräs korvaa esim. säätösauvakoneiston nitratut AISI 304 teräsosat, joille oli ominaista voimakas herkistyminen (pitkä aika 585 °C:ssa). Korkean lujuutensa takia XM-19 seosta käytetään lukuisissa kohteissa, joissa vaaditaan suurta lujuutta ($R_{p0,2}$ 380 MPa huoneenlämpötilassa) reaktorivedessä (esim. erilaiset pultit, core plate ja top guide, sekä FMCRD). Jotta käytönaikaisia murtumisongelmia voidaan välttää tavoitteena on minimoida herkistymisen lisäksi liiallinen kylmämuokkaus, joka voi yksistään aiheuttaa jännityskorroosion, ja valmistuksen aikaiset kontaminaatiot (Cl, F, S jne.), jotka aiheuttavat jännityskorroosiota. Myös rakenteellisesti on pyritty estämään mahdollisia SCC:n ydinymispaikkoja eliminoimalla mahdollisimman tarkoin raot rakenteista, erityisesti sellaiset raot, joihin liittyy hitsausta (rako yhdessä suurten hitsausjäännösjännitysten kanssa on pahin mahdollinen ympäristötekijä SCC murtumisen kannalta).

Reaktorin sisäosat ovat kärsineet viimeaikoina säteilyn aiheuttamasta jännityskorroosiosta, ns. IASCC (Irradiation-Assisted Stress Corrosion Cracking) ilmiöstä, jossa materiaalit liuoshehketutussa tilassa ilman rako-olosuhteita murtuvat tietyin säteilyannoksen yläpuolella raerajoja pitkin. Ilmiötä on pääosin tutkittu perustuen säteilyn aiheuttamaan monimutkaiseen suotautumiseen (Radiation-Induced Segregation, RIS), jossa raerajoilla tapahtuu Cr-köyhtymistä ja Ni-rikastumista sekä P, S ja Si suotautumis-

ta. Murtumisen kynnysarvo BWR-vedessä on 5×10^{20} n/cm² ($E > 1,0$ MeV) ja alttius kasvaa voimakkaasti 2×10^{21} n/cm² yläpuolella. ABWR laitoksen sisäosien monilla komponenteilla ns. end-of-life säteilyannos on reilusti näiden arvojen yläpuolella. Kun toistaiseksi ilmiön mekanismi ei tarkoin tunneta, niin uusien materiaalien kehitys ei ole johtanut lopulliseen ratkaisuun. Ainoastaan epäpuhtauksien määrää kontrolloidaan, ja Japanissa on kehitteillä uusia teräksiä, joihin on seostettu esim. Zr tai Hf hidastamaan RIS-ilmiötä. IASCC-ilmiötä hallitaan myös minimoimalla kriittisten kohteiden jännitustasoja. Japanissa on kehitetty kaksi uutta jäännösjännitysten modifiointimenetelmää, laser peening (Toshiba) ja water jet peening (Hitachi), joita on jo laajasti koekäytetty. Lisäksi ongelmaa hallitaan suunnittelemalla rakenteet niin, että niiden säteilyannos jää mahdollisimman pieneksi, niissä ei ole rako-olosuhteita ja komponentit ovat helposti vaihdettavissa. Edellä kerrottujen rakenteellisten seikkojen lisäksi ympäristön aiheuttamaan murtumiseen vaikuttaa oleellisesti BWR-laitosten vesikemia. Tavoitteena on noudattaa käytön aikana EPRI:n (Electric Power Research Institute, USA) kehittämiä vesikemian ohjeita (EPRI Water Chemistry Guidelines), joilla minimoidaan BWR-laitosten SCC murtumisalttiutta. ABWR:ssa suositellaan käytettäväksi ns. vetyvesikemiaa (Hydrogen Water Chemistry, HWC), jonka avulla pidetään laitoksen korroosio-potentiaali (Electrochemical Corrosion Potential, ECP) alle -0,23 V(SHE) ja yhdistettynä ns. jalometallivesikemiaan (NobleChem™) voidaan vedyn syötön tarvetta alentaa.

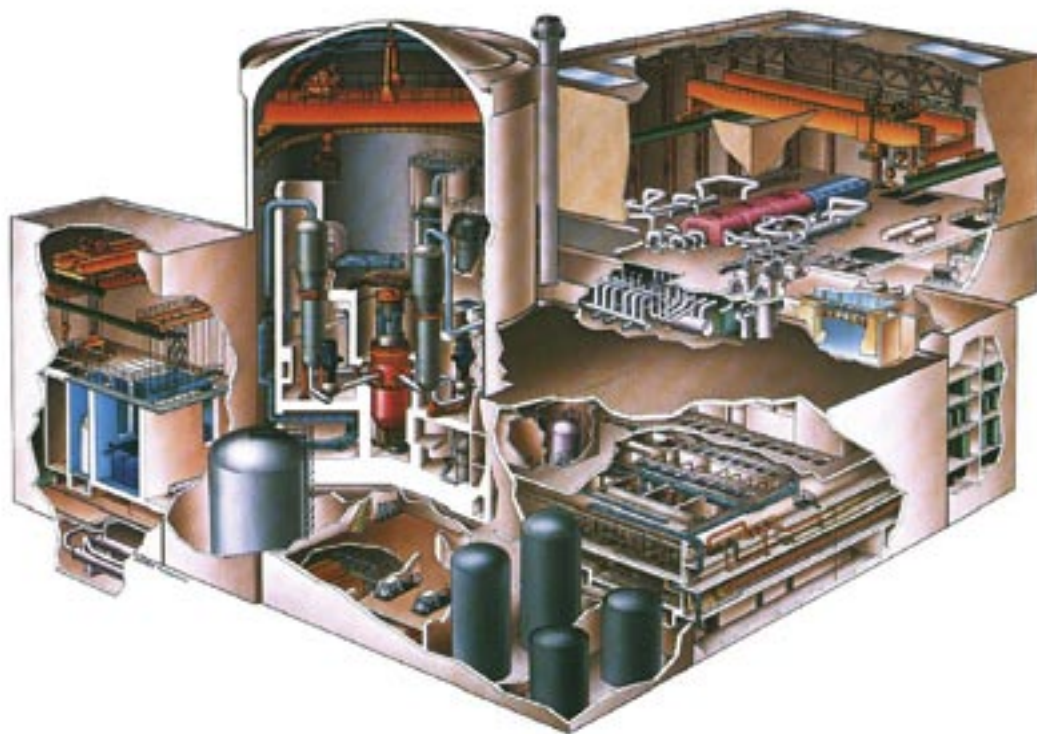
Koboltti (Co-60) aiheuttaa suurimman osan γ -säteilystä ydinvoimalaitoksen seisokkien aikana. Perinteisesti Co-seoksia (Stelliitit) on käytetty pumpuissa ja venttiileissä kohteissa, joissa kulumisen (galling) kestävyys on ollut tärkeä ominaisuus. Lisäksi ruostumattomissa teräksissä on aina kobolttia epäpuhtautena. Co-59 aktivoituu kulkeutuessaan reaktorisydämen läpi Co-60:ksi, ja leviää kaikille laitoksen pinnoille korroosiotuotteisiin erityisesti paikkoihin, joissa on pieni virtausnopeus. ABWR:ssa ei enää juurikaan

käytetä Co-seoksia kulumiskohteissa, vaan ne on korvattu uusilla kulumistakestävillä Fe- tai Ni-pohjaisilla seoksilla. Austeniittisten ruostumattomien terästen Co-pitoisuus minimoidaan erityisesti syöttöveden esilämmittimissä, säätösauvoissa, polttoaine-elementeissä, höyrynerotimissa ja kuivaimissa sekä sydämen tukirakenteissa ja reaktorivedessä kulkevan crudin määrää minimoidaan käyttämällä hiiliterästen (Fe:n lähde on eroosiokorrosio, sekä ns. two-phase että single-phase erosion corrosion) sijaan niukaseosteisia teräksiä putkistoissa.

Edellä esitettyjen materiaalin- ja valmistusmenetelmien valin-

>>>

Kuva 4. EPR laitoksen kaaviokuva /4/. Figure 4. The layout of EPR plant /4/.



taan tehtyjen muutosten perusteella oletetaan, että ABWR:ssa tullaan pääsemään suurelta osin eroon perinteisten BWR-laitosten korroosio- ja murtumisongelmista.

EPR (European Pressurized Water Reactor)

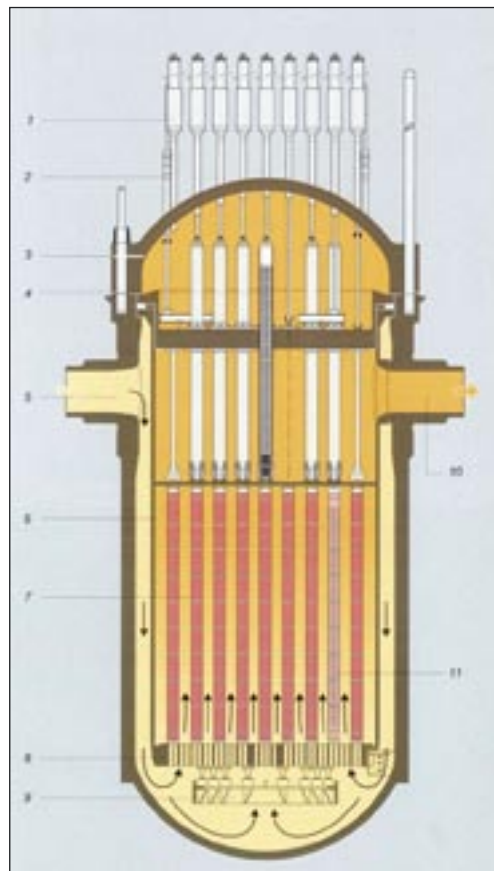
EPR laitos (yli 1500 MW_e) on suunniteltu Framatomen ja Siemensin toimesta (Nuclear Power International) yhteistyössä Electricite de France ja Saksan voimayhtiöiden kanssa ja laitoksen rakentaa Framatome ANP. Yhteistyökumppanit ovat rakentaneet yli 100 ydinvoimalaitosta, joiden kapasiteetti on yli 25% koko maailman ydinvoimakapasiteetista. EPR laitoksen kehityksessä yhtyivät ranskalaiset N4 Plus ja REP 2000 hankkeet saksalaisen KONVOI teknologian kanssa vuonna 1994. EPR laitoksen primääripiirin komponentit ovat periaatteessa samanlaisia kuin nykyisissäkin PWR-laitoksissa, mutta suurempia, ja turvallisuus- ja käyttöjärjestelmät on suunniteltu uudelleen vastaamaan nykyisiä vaatimuksia. EPR laitoksen kaaviokuva on esitetty **kuvassa 4**. EPR laitoksessa on 4 jäähdytysvesipiiriä ja höyrynkäsitintä ja primääripiirin p = 155 bar, RPV:n sisäntulolämpötila on 295 °C ja ulostulolämpötila on 328 °C. Ensimmäistä EPR laitosta (1600 MW_e) rakennetaan parhaillaan Olkiluotoon. Se on tarkoitus ottaa käyttöön v. 2010 ja seuraava laitos rakennetaan Ranskaan, Flamanville 3 laitos. Japanissa on suunnitteilla 2 Mitsubihin APWR laitosta.

EPR laitoksen RPV:n tehtävät ovat lähes samat kuin edellä ABWR:n tapauksessa. Se on suunniteltu 60 vuoden käyttöikää varten niin, ettei neutroniannos ylitä 10¹⁹ n/cm² (>1 MeV), joka saavutetaan mm. suuren vesikerroksen paksuuden avulla. Paineastian yläosa tehdään yhdestä takeesta (yli 500 t) siten, että laippa on osa yhdekappaletta ja yhteyt (8 kpl) ovat niin ylhäällä kuin mahdollista. Itse yhteyt ovat erillisiä takeita, jotka hitsataan paineastiaan. Sydämen alue on tehty yhdestä suuresta rengastakeesta, niin ettei sydämen alueelle tule hitsausliitosta. Reaktorin kansi, jonka tiivistepinta on ruostumatonta terästä, ja tiivistyksen hoitaa 2 Helicoflex tiivistettä, joissa on Inconel X-750 kierrejousi Inconel 600 sisä- ja Ag ulkokuoressa, suljetaan 54 pultilla (matalaseosteinen teräs 40 NCDV 7.03). RPV on pinnoitettu kaksinkertaisella pinnoitteella (matalahiilinen ruostumaton teräs, 1.4550) ja pinnoite on hiottu sileäksi tarkastusten helpottamiseksi (tehdään sisäpuolelta). RPV lepää tukirenkaan päällä tuettuna yhteiden alapuolella olevien tukien (support pads) varassa.

Materiaalit

RPV:n (**kuva 5**) materiaali on 16 MN D5/20 MnMoNi 5 5 teräs, joka on pinnoitehittattu 1.4550 ruostumaton teräs pinnoitteella (2 kerrosta käyttäen esim. SAW hitsausta nauhaelektrodeilla (60 mm leveä), nimellispaksuus 7 mm, min. paksuus 5 mm). Pinnoite ei herkyt PWTH:ssa, ei aiheuta alapuolista ns. underclad reheat cracking -ongelmaa, eikä käytön aikana altis raerajakorroosiolle. SAW pinnoitukselle vaihtoehtoinen prosessi on Framatomen kehittämä Maglay pinnoitus (sähkökuonahitsauksella (Electro Slag Welding, ESW) tehtävä pinnoitus, jossa käytetään 150 mm leveitä nauhaelektrodeja, jolla voidaan saavuttaa matala sekoittumisaste ja suuri puhtaus (matala happipitoisuus, 200 ppm, ja vetypitoisuus, 3 ppm (10 ppm SAW-pinnoitteessa), hitsiaineessa). ESW-menetelmää voidaan käyttää myös yhteiden ja RPV:n päätyjen pinnoittamiseen kapeammalla nauhallä.

RPV:n kaikki hitsausliitokset, mukaanlukien yhde/RPV-



Section through reactor pressure of EPR showing RPV internals

- 1 Control rod drive mechanism
- 2 Liquid level probe
- 3 RPV closure head
- 4 Control rod guide assembly
- 5 Coolant inlet nozzle
- 6 Core barrel
- 7 Fuel assembly
- 8 Lower core support grid
- 9 Flow Distribution plate
- 10 Coolant outlet nozzle
- 11 Fuel assembly with inserted control rod

Kuva 5. EPR laitoksen reaktoripaineastia ja reaktorin sisäosat /4/.

Figure 5. EPR reactor pressure vessel and reactor internals /4/.

hitsit, tehdään mekanisoidulla NG-SAW hitsauksella (24...26 mm railo, yhdensuuntaiset kyljet kehähitseinä, 2 palkoa per kerros, keskim. RT_{NDT} on hitsiaineella -47 °C) käyttäen yhtä lankaa (lämmöntuonnin minimointi) ja fluksiaineet valitaan siten, että hitsiaineen vetypitoisuus on minimoitu. Yhteyt hitsataan paineastiaan kahdella hitsauspäällä siten, että toinen hitsauspää hitsaa yhteen sisäpuoliseen railoon ja toinen hitsaa yhteen vastakkaisella puolella ulkopuoliseen railoon. Reaktorin yhteyt liittyvät putkistoihin ruostumaton teräs safe-endien (1.4550) välityksellä. Näin ei synny tarvetta tehdä eriparihitsejä asennushitsauksena. Ruostumaton teräs safe-endien hitsaus RPV:n tehdään käyttäen butterointia, joko ruostumattomalla teräksellä tai nykyisin myös Inconel 82 tai Inconel 52 lisäaineilla. Butterointi suoritetaan kuumalanka TIG-menetelmällä,

jolla saadaan 7...17% sekoittumisaste ja hitsiaineen iskusitkeys Charpy-V kokeessa on noin 80 J (noin 50 J perinteisellä SMAW-hitsauksella johtuen suuresta oksidisulkeumien määrästä). Reaktorin sisäosat ovat RPV:n sisäpintaan hitsattujen kuuden (6) Inconel 690 tuen varassa ja RPV:n pohjan läpäisee 58 instrumenttiyhdyttä (Inconel 690 putkia). Putket on hitsattu sisäpuolelta paineastian pohjaan. RPV:n kannessa (tehty yhdestä takeesta) on 73 CRDM yhdyttä sekä muutama (4) instrumenttiyhde T-mittausta varten. CRDM yhteyt on tehty Inconel 690 putkista (kutistusliitos ja hitsaus kannen PWHT:n jälkeen) ja ruostumaton teräs laipasta. Olkiluodossa ei paineastian pohjaan tule ollenkaan yhteyttä, vaan kaikki yhteyt tulevat paineastian kanteen. Olkiluodossa ei myöskään käytetä eriparihitsauksessa butterointia paineastiassa ja höyrykehittimissä, vaan hitsaus tehdään suoraan kapearailo TIG menetelmällä käyttäen Inconel 52 lisäainetta (Areva EPR, 2005).

Höyrykehittimien ja paineastimien rakennemateriaali (20 MnMoNi 5 5) on sama kuin RPV:n. Teräksen epäpuhtauspitoisuudet (S <0,015%, P <0,006%, Cu <0,03%...) on rajoitettu ja RPV:n sydämen alueen takeelta vaaditaan $RT_{NDT} < -29\text{ }^{\circ}\text{C}$, muutoin $< -12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Odotettu säteilysiirtymä ko. materiaalissa jää pieneksi EPR laitokselle spesifioidulla säteilytasolla (selvästi alle spesifioidun RT_{NDT} (end-of-life) arvon, +30 °C).

Primaariipiirin pääputkistot ovat joko taottua ferriittistä terästä (20 MnMoNi 5 5), joka on pinnoitettu austeniittisella hitsauspinnoitteella (X 10CrNiNb 18 9, 1.4550) samoin kuin paineastiakin tai taottuja austeniittisiä ruostumattomia teräksiä (X 10CrNiNb 18 9 (1.4550) tai Z2 CN 19.10 (N-seostus)), joissa kummassakin on optimoitu kemiallinen koostumus – C, N, P, S, Nb/C, ja Cr. Putkistoissa hitsausliitosten määrä on minimoitu kuten edellä ABWR:n tapauksessa (N4: 48 ja EPR: 32 kpl kehähitsejä/piiri) ja hitsit on hiottu tarkastusten helpottamiseksi. Putkiston suuremmat yhteyt (>50 mm) ovat takomalla tehtyjä ns. integroituja yhteyttä.

Höyrykehittimien (Steam Generator, SG, sekundaariipiirin paine 78 bar, ja lämmönvaihtopinta-ala per SG 7960 m²) tuubimateriaali on joko Incoloy 800 tai Inconel 690 (TT) seosta (Olkiluodossa käytetään Inconel 690 seosta), joiden

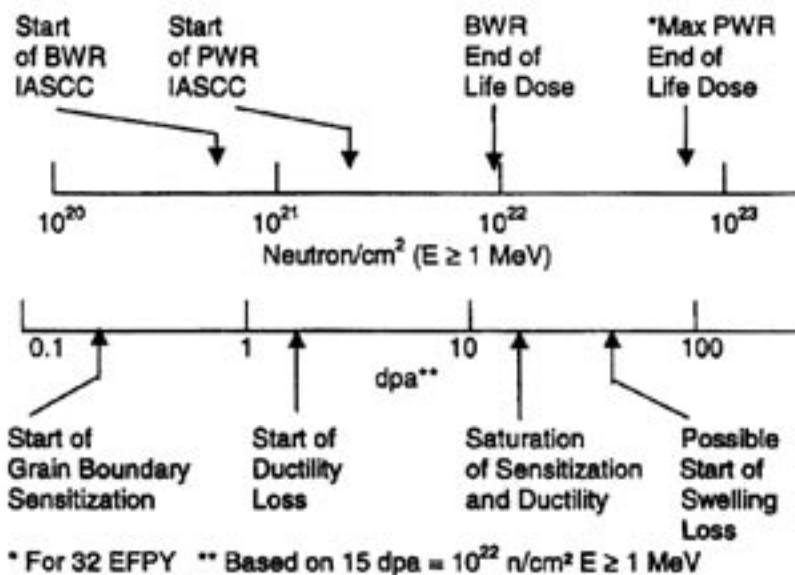
lujuus ja lämmönjohtavuus ovat samoja ja molemmilla materiaaleilla on hyvät käyttökokemukset päinvastoin kuin ennen käytetyllä Inconel 600 seoksella. Valinnan tekee asiakas. Koska RPV:n yhteisiin ja sisäosiin tulee runsaasti Inconel 690 osia, niin valinta kohdistuu helposti tähän seokseen myös höyrykehittimissä.

IASCC-ilmio on mahdollinen myös PWR-laitoksen primäärivedessä, mutta siihen tarvitaan korkeampi säteilyannos kuin BWR:ssa. IASCC:n kynnysarvo PWR:ssa on luokkaa $2\text{--}3 \times 10^{21}\text{ n/cm}^2$ ($E > 1\text{ MeV}$), **kuva 6**. Reaktorin sisäosat tulevat reilusti ylittämään tämän arvon ja pahimmillaan end-of-life säteilyannos voi olla $6 \times 10^{22}\text{ n/cm}^2$ (80 dpa, displacement per atom). Reaktorin sisäosien materiaalinvalinnasta IASCC ilmiön estämiseksi ei ole saatavissa julkista tietoa, mutta ilmeisesti 1.4550 terästä käytetään kaikissa sisäosien rakenteissa paitsi lujina pultteina, joissa voidaan käyttää kylmämuokattuja austeniittisiä ruostumattomia teräksiä tai lujia Ni-pohjaisia seoksia. ABWR laitoksia huomattavasti korkeamman primääriveden lämpötilan vuoksi austeniittisissä valuissa (ja ehkä myös hitsiaineissa) tapahtuu huomattavasti enemmän vanhenevista EPR:ssa (60 vuotta 330 °C:ssa). Erityisesti Mo-seosteiset laadut, kuten CF-3M ja CF-8M, ovat alttiita käytön-aikaiselle haurastumiselle /6, 7/. Eripariliitoksissa Inconel 182 lisäaineessa on todettu viime aikoina säröilyä myös PWR-laitosten RPV/safe-end -hitseissä ja siksi eripariilaitosten puskurikerrosten ja hitsien lisäaineen valinta on erittäin tärkeää EPR laitoksen tapauksessa – Inconel 82 tai 52 ovat hyviä ratkaisuja nykyisten tietojen pohjalta.

Innovatiiviset reaktorit

Gen IV reaktoreista odotetaan käyttöön otettavaksi vuoteen 2030 mennessä kevytvesireaktorit (erityisesti SCWR) ja nopeat hyötöreaktorit tulevat käyttöön vuoteen 2050 mennessä. SCWR laitokset muistuttavat nykyisiä LWR laitoksia ja fossiilisten polttoaineiden voimakattiloita. Tällä hetkellä on kuitenkin runsaasti kehitystarpeita (technology gaps) siirryttäessä nykyisestä reaktoriteknologiasta innovatiivisiin, vallankumouksellisiin reaktoreihin. Tärkeimmät haasteet ovat uusi polttoaineen rakenne ja kierrätysjärjestelmä, radiolyysi ja vesikemia, reaktorin materiaalitekniikat sekä laitoksen koneet ja laitteet. Materiaalitutkimus on nykyisin pääasiassa materiaalinvalintaa ja esitutkimusta laitosten eri komponentteihin. Kaikki tavallisimmat ruostumattomat teräkset, ferriittiset/martensiittiset 9...12%Cr teräkset, Ni-seokset ja erilaiset Ti-seokset ovat tutkimuksissa mukana. Tutkimukset liittyvät erityisesti korroosioon (hapettuminen ja SCC), säteilyannoksen vaikutuksiin (viruminen, turpoaminen, haurastuminen ja aktivoituminen), joka on jopa viisinkerlainen nykyisiin reaktoreihin verrattuna (maksimi annos voi olla jopa 100...150 dpa) ja korkean lämpötilan lujuuteen. Tutkimustarpeita on hahmoteltu erilaisissa "roadmap" raporteissa /esim. 2/ ja suureksi puutteeksi on havaittu sopivien tutkimuslaitteistojen vähyys, joissa materiaaleja voidaan testata edustavissa säteily- ja ympäristöolosuhteissa.

Kuva 6. Ruostumattomien terästen IASCC alttius BWR- ja PWR-olosuhteissa /5/.
Figure 6. Irradiation-assisted stress corrosion cracking in BWR/PWR systems /5/.



Yhteenveto

Evolutionäärissä reaktoreissa on otettu huomioon aikaisemmat materiaalinvalinnassa tehdyt virheet ja aiemmat käyttökokemukset. Valmistustekniikoita on kehitetty siten, että rakenteissa ei esiinny suuria jäännösjännityksiä, paikallista kylmämuokkausta tai herkistymistä. Komponenttien suunnittelun ja uusien valmistusmenetelmien ansiosta on voitu merkittävästi vähentää hitsausliitosten määrää ja siirtää hitsausliitokset vähemmän kuormitettuihin kohtiin, eliminoida rako-olosuhteet ja vähentää säteilyannoksia. Hitsausliitosten väheneminen ja NG-hitsauksen laaja käyttöönotto vähentää tarkastuskohteiden lukumäärää ja tarkastettavaa tilavuutta merkittävästi. Tällöin henkilökunnan säteilyannokset pienenevät reilusti ja siihen vaikuttaa myös materiaalinvalinnalla aikaansaatu Co-60 kontrolli.

Uusissa evolutionäärissä laitoksissa RPV:n säteilyhaurastuminen on merkittävästi vähäisempää kuin käytössä olevissa laitoksissa. Uusilla murtumismekaniikan menetelmillä säteilyhaurastuminen voidaan kvantifioida tarkasti. Reaktorin sisäosien IASCC ongelma säilyy ja säteilyannosten kasvaessa uusissa evolutionäärissä laitoksissa se tulee entistä merkittävämmäksi sekä BWR- että PWR-laitoksilla. IASCC:n estämiseksi tarvitaan uusia materiaalitekniikan innovaatioita. BWR-laitosten putkistojen IGSCC saadaan uusilla ratkaisulla kuriin. Kuitenkin terminen väsyminen ja väsyminen yleensä tulee käyttöään pidetessä ja lämpötilojen kohotessa useiden rakenteiden ongelmaksi ja edellyttää alttiiden kohteiden on-line ja on-site monitorointia käyttöään ennustamiseksi

Evolutionääriset laitokset tarjoavat huipputason suorituskyvyn, luotettavuuden, turvallisuuden ja taloudellisuuden ydinenergian tuotannossa, ja niitä tarvitaan välivaiheena siirryttäessä Gen IV vallankumouksellisiin, innovatiivisiin fissioreaktoreihin. Uraanin riittävyden kannalta tämä kehitys on kuitenkin välttämätön, koska vain polttoaineen suljettu kierto voi taata halvan ydinsähkön riittävyden pitkälle tulevaisuuteen. Jotta ydinvoima säilyy kilpailukykyisenä ja hyväksyttävänä fossiilisiin ja uudistuviin polttoaineisiin nähden on tärkeää muistaa, että näiden taustalla on aurinkoenergia, joka taas perustuu ydinfuusioon. Kun fuusioenergia antaa odottaa vielä itseään, tarvitaan sekä evolutionäärisiä että innovatiivisia Gen IV fissioreaktoreita energian tuotannossa, jotta CO₂ emissioiden aiheuttamia ympäristöriskejä voidaan vähentää. Gen IV skenaariot edellyttävät kuitenkin erittäin suurta maailman laajuisia tutkimuspanostusta reaktori- ja käytetyn ydinpolttoaineen kierrätystekniikoihin tulevaisuudessa. Materiaalitekniikan tutkimus ja kehitys tulevat olemaan ratkaisevassa asemassa esitettyjen skenaarioiden toteutuksessa.▲

KIRJALLISUUSVIITTEET

1. IAEA-TECDOC-968, 1997, Status of Advanced Light Water Cooled Reactor Designs. IAEA, Vienna, 575 s.
2. U.S. DOE Nuclear Energy Research Advisory Committee and the Generation IV International Forum, 2002, A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems. GIF-002-00, 89 s.
3. GE Nuclear Energy, 2000, ABWR, European Advanced Boiling Water Reactor, Plant General Description. November 2000, 250 s.
4. P. Quinot, G. Desfontaines, 1999, The Main Components of the European Pressurized Water Reactor. Nuclear Eng. and Design, 187(1999), 121-133.
5. P. Scott, A Review of Irradiation Assisted SCC. J. Nuclear Mat., 211(1994), 101-122.

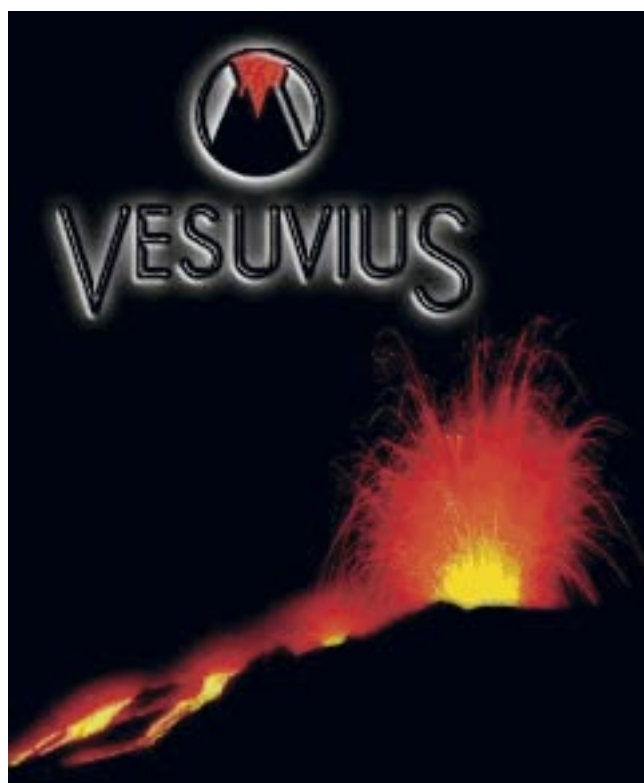
6. D.R. Diercks, W.J. Shack, H.M. Chung, T.F. Kassner, 1994, Review of the Proposed Materials of Construction for the SBWR and AP600 Advanced Reactors. NUREG/CR-6223, ANL-94/13, 97 s.

7. W. Dietz, Structural Materials. Materials Science and Technology, Nuclear Materials, Vol. 10B, Ed. B.R.T. Frost, VCH, New York, 1994, 53-178.▲

SUMMARY

The essential role of nuclear energy in today's global electrical energy production is demonstrated. The future of fission power is evolutionary at present, but another generation of nuclear power plants are needed to deliver the energy and to limit the climate change. The Generation IV power plants consist of revolutionary designs which, however, have significant technology gaps. The gaps are common to many new revolutionary reactor designs, such as fuel technology, fuel cycle technologies, materials technology and engineering systems development. Development and testing programmes for new reactor designs extend typically over very long timescales and therefore these ambitious projects are only possible via international collaboration. The materials and manufacturing technologies of the new evolutionary reactor designs, ABWR and EPR, are described in detail. However, only roadmap plans are available for materials selection and designs of the revolutionary reactor concepts.▲

CV – Hannu Hänninen, (s. 1949 Pieksämäellä, DI 1973, TkL 1977, TkT 1980 Teknillisestä korkeakoulusta) on koneenrakennuksen materiaalitekniikan professori (v. 1990) Teknillisen korkeakoulun Konetekniikan osastolla. Tutkimus- ja opetusalaan kuuluvat materiaali- ja hitsaustekniikka sekä murtumismekaniikka ja NDT. Hän on toiminut vuodesta 1977 VTT:llä erilaisissa tehtävissä erityisesti ydinvoima-alueella ja ollut vierailevana tutkijana USA:ssa ja Hollannissa. Hän on julkaissut yli sata julkaisua erityisesti energiitekniikan materiaaleihin liittyvistä aiheista.



Northern Lion Gold Corp. uusimmat kairaus-tulokset Haverissa (paras lävistys 41 m 5,57 g/t Au; paras kaikista tähän astisista) tukevat esiintymän uutta geologista mallia. Ansonmäellä suoritettu iskuporanäytteenotto myös tukee Haverin kultaesiintymän jatkumista etelään/lounaaseen. Kulta-analyysistä vastaa GTK.
<http://www.northernliongold.com/s/newsreleases.asp>

Vulcan Resources Limited on päässyt sopimukseen AGD Miningin kanssa ja lunastanut itselleen 95 % omistuksen Kuhmo-projektista. Alkuun omistussuhteet olivat 57% Vulcan ja 38% AGD Mining. Vulcanin kolme nikkeliesiintymää (Vaara, Peura-aho ja Hietaharju) ovat hyvin lupaavia ja hyödynnettävissä avolouhoksena. Kuhmo-Suomussalmi -vihreäkivi-vyöhykkeen nikkeliesiintymät ovat geologisesti lähes identtisiä Länsi-Australian tunnettujen nikkelimalmien kanssa.

Vulcanin 100% omistaman Polvijärven Kylylahden esiintymän malmivarat ovat (huhtikuu 2006) 7,4 Mt Cu 1%, Co 0.2%, Ni 0.2%, Zn 0.4% ja Au 0.6 g/t eli kupari-ekvivalenttina 5.2%.

Vulcan on saanut A\$5.36 miljoonan rahoituksen Kylylahti-projektiin Interussse Corporaten järjestämänä: MA\$2.46 Suomen Teollisuussijoitus Oy MA\$1.00 Sempra Metals & Concentrates ja yksityinen sijoitus MA\$1.90.
<http://www.vulcanresources.com.au/>

Scandinavian Minerals Limited on aloittanut 10 000 m:n tihennyskairausohjelman Keivitsan esiintymällä. Tämän yhteydessä saadaan myös lisämateriaalia metallurgisiin testeihin, geoteknistä tietoa sekä suunnattuja näytteitä. Yhtiö ilmoittaa 600 tonnin koe-erän me-

tallurgisista testeistä, jotka suorittaa GTK:n mineraalilaboratorio Outokummussa. Pilot plant -koe on ajoitettu elo-syyskuulle tänä vuonna. Erityisesti on tarkoitus kehittää nikkelin ja jalometallien saantia. Yhtiö on myös saanut M\$5.33 lisärahoitusta (Paradigm Capital Inc.) Keivitsa-projektin kehittämiseksi.
<http://www.scandinaviangold.com/>

Kaivosyhtiöllä oli touku-kuussa 2006 Ruotsissa 43 uraanivaltausta. Suurin osa sijaitsee Pohjois-Ruotsissa. *Aftonbladet* 3.5.2006.

Belvedere Resources Limited kairaa (Suomen Malmi Oy) Osikonmäen kultaesiintymällä tarkoituksenaan parantaa vanhan malmiarvion (Osikonmäki East, 2.2 Mt @ 3.1 g/t Au) luotettavuutta. Yhtiö ilmoittaa, että sen 100% omistama suomalainen tytäryhtiö Belvedere Resources Finland Oy on hankkinut omistukseensa 45% Suomen Nikkeli Oy:stä (Finn Nickel Ltd). Suomen Nikkeli Oy:llä on 4 kaivospiiriä, 8 valtausta ja 3 valtausvarausta. Yhtiö ilmoittaa allekirjoittaneensa "earn-in"-sopimuksen omistamastaan Arkalan sinkkiaiheesta Pyhäsalmi Mine Oy:n kanssa.
<http://www.belvedere-resources.com/archive/2006>

European Diamonds PLC on saanut valmiiksi 502 tonnin kimberliittierän (Lahtojoki) prosessoinnin, joka suoritettiin GTK:n mineraalilaboratoriossa. Yli 1 mm:n timantteja saatiin 74 karaattia, joten tämän erän pitoisuus oli 14.77 karaattia/100 t. Suurin timantti oli 0.45 karaattia painava pyörästynyt oktaedri. Alue 3:lta louhittu pieni 8.7 tonnin erä tuotti yli 1 mm:n timantteja 1.25 karaattia ja suurin yksittäinen timantti oli kooltaan 0.09 karaattia.
http://www.europeandiamondsplc.com/s/PressReleases.asp?ReportID=139835&_



Type=Press-Releases&_Title=Update-on-Finland-Projects

Taranis Resources ilmoittaa lävistyksestä 52.93 m pitoisuudella 1.10 g/t Au Kettukuusikon esiintymällä Kittilässä. GTK suorittaa 3 km² :n alueella IP-mittauksen. Royal Gold, Inc rahoittaa edelleen malminetsintätoimia Kettukuusikossa
<http://www.taranis.us/News.htm>

Pampalon kultaesiintymän (**Dragon Mining NL**) myyn-ti **Kalvinit Oy (Endomines AB):**lle toteutuu viimeistään lokakuun loppuun 2006 mennessä.
http://www.dragon-mining.com.au/pages/ASX/2006/06june2006_pampalo_gold_project.htm

Agnico-Eagle Mines Limited avasi kesäkuussa Kittilän Suurikuusikon kulta-kaivoksen. Rakentaminen alkoi välittömästi ja 13 vuotta kestävä tuotannon odotetaan alkavan vuonna 2008. Malmivarat ovat (measured resource) 0.1 Mt 4.07 g/t Au, indicated mineral resource 1.5 Mt 4.39 g/t Au ja inferred mineral resource 6.7 Mt 4.35 g/t Au. Vuosituotanto tulee olemaan keskimäärin 150 000 unssia kultaa.
http://www.agnico-eagle.com/index.php?fa=c_content.dspPage&pageMasterID=110

Sunrise Diamonds plc ilmoittaa Kuusamossa seitsemännestä kimberliittilöydöstään. Uusi kimberliitti,

"Lampi", sijaitsee 10 km:n päässä aikaisemmista esiintymistä. Uudesta kimberliittistä otettu 10 kg:n näyte sisälsi viisi mikrotimanttia. Kaikkiaan kolme seitsemästä kimberliittistä on todettu mikrotimanttipitoisiksi. Yhtiön yksinoikeudella käytössä oleva BHP Billitonin timanttitutkimustietokanta on ollut tärkeä menestystekijä.
<http://www.sunrisediamonds.com/news.html>

Outokumpu Mining Oy:n 50 vuoden aikana malminetsintätöissä keräämä geodata on siirretty **GTK:n** arkistoihin. Manuaalinen data sijaitsee Outokummun vanhalla paloasemalla Kummunkatu 23 ja yhteyshenkilöt ovat: GTK – Eija Vallimies, 020 550 3230, 040-7531118, e-mail eija.vallimies@gtk.fi ja Outokumpu Oy – Timo Rekola, 040-5810521, e-mail timo.rekola@outokumpu.com. Digitoidun datan yhteyshenkilö on Jouni Vuollo, GTK Rovaniemi, e-mail jouni.vuollo@gtk.fi, p. 020 550 4206 tai 040-7335870.

Nordic Mines AB ilmoittaa Laivakankaan varannoiksi "känd mineraltillgång" 0.38 Mt 2,23 g/ Au, "indikerad mineraltillgång" 1.06 Mt 2,40 g/t Au ja "antagen mineraltillgång" 5.01 Mt 2,6 g/t Au.
<http://www.nordicmines.selfiles/Mineraltillg%E5ngLaiva.pdf>



Alan maailmasta

Haastattelu Bo-Eric Forstén

Pitkät ja litteät teräkset elävät eri maailmoissa

Rautaruukki, Wärtsilä ja SKF ovat myymässä Ovakon konsortiolle, jonka muodostavat hollantilaiset investointiyhtiöt Hombergh Holdings ja WP de Pundert Ventures sekä saksalainen teräsyhtiö Pampus Industrie Beteiligungen. Aikaisemmin tänä vuonna Rautaruukki myi betoniterästoimintansa norjalaiselle BT Norway AS:lle. Kysyimme Rautaruukin toimitusjohtaja *Sakari Tammisselta* miten nämä kaupat yhdistettynä konsernin yritysostoihin teräsrakentamisen puolella vaikuttavat Rautaruukin liiketoimintaan ja yrityskuvaan.

Ovako perustettiin runsas vuosi sitten. Oliko vuoden aikana tapahtunut puhdistusoperaatio edellytyksenä nyt sovitulle kaupalle?

ST: Ei suinkaan. Tällaiset asiat etenevät usein hyvin yksinkertaisen kaavan mukaisesti. Vuosi sitten perustajayhtiöt olivat kaikki saman tilanteen edessä: pitkät teräkset eivät kuuluneet yrityksen ydintoimintaan. Päätimme jakaa toimintavastuun yhdistämällä pitkät teräkset saman katon alle. Tarkoituksena oli kehittää yritystä ja hakea sille yhteisesti ostajaa. Operatiivisen johdon ripeän toiminnan ja edullisen markkinatilanteen johdosta tämä onnistui suunniteltua nopeammin. Lopputulos tyydyttäneenä kaikkia osapuolia. Ovakolle löytyi oikea toimintaympäristö.

Lehtitietojen mukaan ostajat olisivat olleet erityisen kiinnostuneita Koverharista ja Hoforsista. Oliko näin?

ST: Siinä on kyllä tapahtunut jonkinlainen väärinymmärrys. Kiinnostus kohdistui kyllä koko yhtiöön. Ovakon metallurgisten laitosten tulokuntoa vertaillaessa kärkeeseen sijoittuvat Imatra ja Smedjebacken. Ostajalla on Koverharin ja Hoforsin toimintaa tukevaa jatko-

jalostusta ja asiakkuuksia ja sitä kautta nämä yksiköt ovat tulleet tässä esille.

Rautaruukki lähti mukaan pitkiin teräksiin Dalsbrukin perustamisen myötä keväällä 1987. Mitä tämä melkein 20 vuoden rupeama on konsernille antanut?

ST: Ei ole laskettu mitä se taloudellisesti merkitsi, mutta on selvää, ettei Fundia ollut mikään suurempi menestystarina. Opimme, että litteät ja pitkät tuotteet elävät liiketaloudellisesti eri maailmoissa. Tosin akselilla Raahe-Koverhar löytyi ehkä jonkin verran synergiaa metallurgisessa osaamisessa ja raaka-ainehankinnoissa.

Miten Raahan ja Koverharin yhteistyön käy tulevaisuudessa?

ST: On oletettavaa, ettei yhteisiä tutkimus- ja kehitysprojekteja tule esiintymään samassa laajuudessa kuin ennen, vaikkakin teräksenvalmistajien välillä on aina jonkinasteista yhteistyötä. Voin kuvitella, että Koverhar uudessa ympäristössään löytää uutta tietoa ja osaamista.

Löytyykö Rautaruukin onni Venäjän ja Itä-Euroopan teräsrakentamisessa?

ST: Uskomme, että olemme löytäneet segmentin, joka tarjoaa meille kasvu- ja menestysmahdollisuuksia. Olemme kolmen vuoden ajan määrätietoisesti tehneet asian eteen työtä. Ostamalla paikallisia yrityksiä ja kehittämällä niitä olemme jo onnistuneet luomaan itsellemme jonkinlaisen etulyöntiaseman isoihin kansainvälisiin toimijoihin nähden. Olemme olleet ajoissa liikkeellä. Infrastruktuurin rakentaminen on alueella vasta lähdössä käyntiin. Huoltoasemat ja McDonalds-tyyppiset pikaruokalat ovat oivallisia kohteita teräsrakentamiselle.

Tarkoittaako tämä, että Rautaruukki on muuttumassa teräsyhtiöstä konepajayhtiöksi?

ST: Ei sentään. Teräs on edelleen pääajamme. Ruukki Metals vastaa edelleen kahdesta kolmasosasta liikevaihdostamme. Olemme kuitenkin rakentamisen ja konepaja-asiakkaittemme tarpeiden pohjalta rakentamassa tulevaisuuttamme sekä kasvun että kannattavuuden osalta. Uusi valmistusosaamisemme hankitaan näistä tarpeista lähtien konepajateollisuuden puolelta.

Miten panostus teräsrakentamiseen Venäjällä palvelee Metals-liiketoimintaa?

ST: Tähän asti uusilla markkinoilla ehkä puolet käyttämistämme levyvalmisteista on ollut omaa tuotantoa. Toinen puoli on ostettu paikallisesti. Jo kuljetuskustannusten takia tulemme vastaisuudessa turvautumaan paljolti ostmateriaaliin.

Mikä on Raahan ja Hämeenlinnan rooli tulevaisuuden Rautaruukissa?

ST: Avainsana on erikoistuminen. Raahessa satsataan erikoislujiin teräksiin ja Hämeenlinnassa erilaisiin pinnoitettuihin tuotteisiin. Nämä valinnat pohjautuvat Constructionin ja Engineeringin tarpeisiin sekä Metalsin erikoistumiseen tuotteissa.

Miten Mittalin ja Arcelorin yhdistymisen näkyy teräsmarkkinoilla?

ST: Konsolidointi vie sen suorittajilta aina sekä resursseja että kapasiteettia. Vie aikaa ennen kuin tulokset saadaan näkyviin. Näiden kahden ison globaalin toimijan yhteensulautuminen tulee varmasti muuttamaan teräsmailman menoa. Tällä hetkellä eletään kuitenkin vaihetta jonka aikana teollisuudessa tapahtuu jonkinlainen polarisoituminen. Tällaisen jättifuusion seurauksena pienemmille ja keskisuurille yrityksille syntyy uusia mahdollisuuksia löytää itselleen sopivia markkinarakoja. Hankalammassa asemassa ovat ehkä ne yritykset, jotka ovat liian isoja erikoistuaan.

Onko odotettavissa, että saame nähdä vastaavanlaisia hankkeita meilläpäin tai onko Pohjoismaissa edelleen tilaa kahdelle levyvalmistajalle?

ST: Kyllä tilaa löytyy. SSAB on onnistuneesti valinnut oman linjansa ja me olemme löytämässä omamme.

Onko Rautaruukilla pullat hyvin uunissa?

ST: Sellaista ei koskaan kannata lähteä sanomaan. Uskon kuitenkin, että kolmen viime vuoden aikana tekemämme työ tulee kantamaan hedelmää. ▀

Sulle, mulle... maailman nikkelyhtiöt suurten valtauskohteina

Suurten kaivosyhtiöiden taskut pulloittavat rahaa, jolle on löydettävä sijoituskohteita; mieluummin omiin strategioihin sekä tuotto- ja kasvuodotuksiin sopivia. Markkina-arvolla mitaten useimmat nikkelyhtiöt ovat alan teollisuudessa pienehköjä, ja ne ovat siten sopivia valtauskohteita etenkin, kun valkoisen metallin imu markkinoilla pitää hinnat ja tuotto-odotukset korkealla pitkälle tulevaisuuteen – muiden metallien ohella.

Heinäkuun lopun uutisten mukaan näyttää siltä, että länsimaailman kaksi suurinta nikkelintuottajaa, kanadalaiset Inco ja Falconbridge vaihtaisivat omistajaa päätyen vihamielisten valtaajien taskuihin. Inco toisen kanadalaisen, maailman suurimman sinkintuottajan Teck Comincon ja Falconbridge sveitsiläis-englantilaisen holding-yhtiö Xstratan haltuun.

Vuoden verran tähän mennessä kestänyt peli on ollut kuin paremman puoleinen jännitysnäytelmä: Aluksi joutui valokeilaan Falconbridge, jota ryhtyi kosiskelemaan kiinalainen Minmet, tosin tuloksetta. Seuraava sulhanen, Xstrata puolestaan onnistui jo hankkimaan nurkanvaltauksena 20%

Falcosta. Incon kimpussa olivat alumiinintuottaja Alcan, Teck Cominco ja huhuja oli Xstratan mielenkiinnosta myös Incon. Seuraava askel oli kuitenkin suunnitelma ”made in Canada”: Incon hanke ostaa Falconbridge ja muodostaa siten maailman suurin yksittäinen nikkelintuottaja. Hankkeen takana nähtiin myös pyrkimys pitää sivussa Xstrata ja sen taustavoima Glencore, maailman suurimpia trading-yhtiöitä. Jälkimmäisen omistajuutta pitävät jotkut kuolemansuudelmiana. Todettakoon, että välillä omistajaa vaihtoi myös australialainen, mm. nikkeliä tuottava Western Mining Corporation, joka tuli osaksi yhtä maailman suurimmista kaivosyhtiöistä, BHP Billitonia. Myös WMC:tä Xstrata havitteli, mutta jäi nuolemaan näppejään.

Inco-Falco -hanke törmäsi kuitenkin kivimuriin USA:n ja EU:n kilpailuviranomaisten muodossa. Yhteenliittymää pidettiin aiheellisesti kartellina tietyillä nikkelin käyttöalueilla, kuten superseos- ja pintakäsittelyteollisuudessa. Viime lokakuussa alkanut prosessi päättyi heinäkuun alussa, kun molempien mantereiden viranomaiset hyväksyivät kaupan sillä ehdolla, että

yhtymä luopuu Norjan Kristiansandissa sijaitsevasta Falconbridgen jalostamosta. Sen oli tarkoitus päätyä australialaisen LionOre Miningin haltuun. Nykytilanteessa Falcon ei kuitenkaan tarvitsisi luopua Kristiansandista.

Koko potin näytti kuitenkin vielä kesäkuussa korjaavan Phelps Dodge, arizonalainen kupariyhtiö. Siinä vaiheessa todennäköisesti yhtyvistä nikkelyhtiöistä se tarjosi yhteensä 40 miljardia US-dollaria, hintaa, joka vastasi 2,5 kertaa Phelps'n markkina-arvoa. Kaikkine osakkuusyhtiöineen Phelps-Inco olisi noussut Chilen Codelcon jälkeen maailman toiseksi suurimmaksi kuparintuottajaksi ja maailman viidenneksi suurimmaksi kaivosyhtiöksi.

Incon ja Xstratan nokittelu Falcon osakkeista jatkui koko heinäkuun. Tämän numeron painoon mennessä elokuun alussa Inco on tunnustanut pelin hävinneensä, ja Xstrata on alkanut ostaa Falcon jäljellä olevia osakkeita.

Teck Cominco on seurannut tilannetta takavasemmalta ja jatkaa nyt Incoa koskevia ostosuunnitelmiaan, joskin Phelps Dodge on vielä uudesakin tilanteessa ilmoittanut harkitsevansa myös pelkästään Incon ostoa. Tulevaisuus osoittaa kumman haltuun länsimaailman suurin nikkelintuottaja päättyy. Falconbridgen uusi omistajuus näyttäisi nyt olevan sinetöity.▲

PEP

Lähes miljoona euroa tekniikan alan yliopistokoulutuksen kehittämiseen

Teknoliateollisuuden 100-vuotissäätiö jatkoi 958 000 euroa koulutushankkeille. Apurahat jakoi säätiön hallituksen jäsen, vuorineuvos *Jyrki Juusela*. Säätiö sai 30 hyvätaisoista hakemusta, joista rahoitettavaksi valittiin viisi. Valinnassa kiinnitettiin huomiota erityisesti suurten peruskurssien opetuksen kehittämiseen.

Opiskelumotivaatio rakentuu yleensä opintojen alussa ja opinnoista hyvin ja ripeästi suoriutuminen edellyttää, että peruskurssit suoritetaan ajallaan. Opetushenkilöstön määrä ei ole kasvanut samaa tahtia opiskelijoiden sisäänoton kanssa, mikä ei voi olla heijastumatta myös oppimistuloksiin. Myöskään opetusympäristöt eivät ole pysyneet ajan tasalla määrärahojen niukkuuden vuoksi. Näitä puutteita Teknoliateollisuuden 100-vuotissäätiö haluaa apurahoillaan helpottaa, totesi vuorineuvos *Jyrki Juusela*.

Jatkuva arviointi tehostaa opiskelua Oulussa

Teknoliateollisuuden 100-vuotissäätiö tukee jatkuvan arvioinnin käyttöönottoa insinöörimatematiikan opetuksessa 200 000 eurolla. Hankkeella parannetaan opiskelussa edistymistä.

Lisätietoja: prof. Keijo Ruotsalainen, Oulun

yliopiston Teknillinen tiedekunta, Matematiikan jaos, puh. 040-7076417.

Ohjelmointiopetus tehostuu Tampereella

Teknoliateollisuuden 100-vuotissäätiö tukee ohjelmistotekniikan perusopetuksen ja sulautettujen järjestelmien kehittämistä TTY:ssä 200 000 eurolla.

Koulutusvastuu kattaa koko TTY:n, joten kurssit ovat erittäin suuria, suurimmillaan noin 1 000 opiskelijaa. Kurssien kehittäminen tällaisessa ympäristössä on erittäin vaativaa, sillä ratkaisu heijastuu koko yliopiston opetukseen.

Lisätietoja: prof. Hannu-Matti Järvinen, Tampereen teknillinen yliopisto, Ohjelmistotekniikan laitos, puh. 040-8490741.

Työelämävalmiuksia ja oppimisympäristöjä parannetaan TKK:ssa

Nykymuotoinen opetus suomalaisissa yliopistoissa ei anna opiskelijalle monia valmiuksia, joita työelämässä tosiasiaa tarvittaisiin. Itsenäinen tiedonhaku ja ongelmanratkaisu, laajempien kokonaisuuksien hallinta sekä käytännön taidot jäävät teoreettispuolteisessa ja kurssimuotoisessa opetuksessa liian vähälle huomiolle. Teknoliateollisuuden 100-vuotissäätiö tukee projektimuotoi-

sen opiskelun kehittämistä tietoliikenne- ja tehoelektronikassa 158 000 eurolla.

Materiaalitekniikan uusi oppimisympäristö saa säätiöltä 200 000 euroa. Uudemman pedagogisen tiedon mukaan monitieteellinen ja monitekninen oppimistapa on tulevaisuudessa merkittävämpi tiedonluomismekanismi kuin perinteinen yhden kapean tieteenalan opiskelu. Tämä lähestymistapa on myös teollisuuden toiminnassa merkittävä.

Hankkeen tarkoituksena on rakentaa sellainen toimintaympäristö, jossa materiaalitekniikan opiskelijat voivat oman alansa osaamisen syventämisen lisäksi harjaantua itsenäiseen työhön ryhmässä, jossa on monenlaisia osaamista. Hankkeeseen kuuluu myös arkkitehti- ja materiaalitekniikan opiskelijoiden yhteistiimeille suunnattu arkkitehtuurikilpailu.

Lisätietoja: prof. Saska Lindfors ja prof. Jorma Kyyrä, Teknillinen korkeakoulu, Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto, puh. 050-4308838 sekä prof. Kari Heiskanen, Teknillinen korkeakoulu, Materiaalitekniikan osasto, puh. 050-5552789.

Muotoilun monimuoto opetukselle tukea

Teknoliateollisuuden 100-vuotissäätiö tukee muovituotteen muotoilun opetusverkoston monimuoto-opetuksen kehittämissuunnitelmaa 200 000 eurolla.

Lisätietoja: vastuullinen johtaja, prof. Turcka Keinonen Taideteollinen korkeakoulu, puh. 050-5723133.▲

Tapahtuman sisältö:

- Malminetsintä
- Kaivosteollisuus
- Malmien rikastus- ja prosessiteollisuus
- Metallin jalostus
- Tuotteet, niiden käsittely ja jatkojalostus
- Kiviainesteollisuus

**UUTTA
SUOMESSA!**

Finnmateria

Jyväskylä 9.-10.5.2007
Paviljonki

Erikoismessut ja kongressi

Ota yhteyttä ja varmista paikkasi
Suomen ensimmäisillä alan messuilla!
Katso lisää: www.jklpaviljonki.fi/finnmateria2007
tai soita 014-334 0000

Yhteistyössä:



VUORIMIESYHDISTYS
Bergsmannaföreningen ry

materia
LEHTI

Arvoisa Materia-lehden lukija. Olen kirjoittanut tämän puheen noin kuukausi Metallinjalostuspäivien jälkeen omien muistiinpanojeni perusteella. Tästä syystä tämä kirjoitus ei sisällä kaikkea mitä olen omassa spontaanissa esityksessäni Kokkolassa 11.-12.5.2006 sanonut.

Ville Liisanantti, teekkari

Arvoisa puheenjohtaja ja juhlayleisö,

haluan mitä nöyrimmin kiittää mahdollisuudesta päästä pitämään opiskelijan puheenvuoroa metallinjalostuspäiville. Lisäksi erityisen kiitollinen pitää olla siitä, että saan pitää oman puheenvuoroni viimeisenä, sillä se mahdollistaa puheen valmistelun muiden puheiden aikana ja tässä avautuu loistava mahdollisuus kommentoida myös muiden puheita.

Seitsemän vuotta sitten keväällä 1999 seisoin Torniossa Putaan lukion lakkiaisjuhlassa pitämässä puhetta vastaleivottuna ylioppilaina. Tuolloin maailma näytti huomattavasti erilaisemmalta kuin nyt keväällä 2006. Suomi eli voimakkaassa noususuhdanteessa ja yleisessä teollisessa, erityisesti IT-alojen nostamassa huumassa. Tänä keväänä historian viimeinen Putaan lukiosta kirjoitettava abiturienttiryhmä astuu tuoreina ylioppilaina erilaiseen maailmaan kuin minun ikäiseni seitsemän vuotta sitten.

Keväällä 1999 yleinen trendi oli hakeutua opiskelemaan sähkö- tai tietotekniikkaa Suomen eri yliopistoihin ja korkeakouluihin. Omasta kaveripiiristäni valtaosa hakeutui Oulun yliopistoon opiskelemaan sähkötekniikkaa, mutta minun lisäksi oli myös muutama poikkeus, jotka päätyivät opiskelemaan Oulun yliopiston prosessi- ja ympäristötekniikan osastolle. Keväällä 1999 pääsyvaatimukset prosessi- ja ympäristö- tai konetekniikan opintoihin olivat huomattavasti matalammat kuin sähkötekniikan osastolle. Tänä keväänä tilanne on päinvastainen.

Aloittaessani prosessitekniikan opinnot syksyllä 2000 oli jo havaittavissa muutoksia suomalaisessa teollisuudessa; IT-kupla alkoi pikkuhiljaa puhkeamaan ja seurannaisvaikutukset levisivät nopeasti myös näkyviin suomalaisessa yliopisto- ja korkeakoulutuksessa. Jo silloin oli selvää, että suomalaisen teollisuuden menestymisellä on selkeä vaikutus nuorten hakeutumiseen eri opinaloille. Toinen merkittävä tekijä nuorten hakeutumisessa opiskelemaan yliopistoihin on alueellinen. Yliopistot ja korkeakoulut ovat kaikesta huolimatta alueellisia. Inka Kiviharju on tehnyt Oulun yliopistossa vuonna 2002 tutkimuksen: "Suomen yliopistojen ja korkeakoulujen sekä ammattikorkeakou-

lujen opiskelijarekrytointialueet Suomessa vuosina 1998-2000". Tutkimus osoittaa selkeästi, että läpi Suomen opiskelijat hakeutuvat opiskelemaan kotipaikkaansa lähellä sijaitseviin yliopistoihin, korkeakouluihin ja ammattikorkeakouluihin. Esimerkiksi Oulun läänin alueella ensisijainen yliopisto on Oulun yliopisto ja toissijainen yliopisto on Lapin yliopisto Rovaniemellä. Vastaavasti Lapin läänin alueella on järjestys päinvastainen. Sama linja jatkuu pääsääntöisesti läpi koko Suomen.

Poikkeuksen tutkimuksessa muodostavat perinteiset tehdaspaiikkakunnat. Esimerkiksi Tornion ja Kemian alueelta ensisijainen yliopisto on Oulun yliopisto ja erityisesti teknillinen tiedekunta. Tämä selittyy kotiseutukunnan teollisuudella. Nuorilla on yleisesti varsin positiivinen mielikuva kotipaikkansa tai maakuntansa teollisuudesta. Merkittävä lisäselitys nuorten käyttäytymiseen on historiallisesti perinteisen savupiipputeollisuuden tarjoama hyvä työllistymisen, toisin sanoen pitkä, mutta kapea leipä.

Aloittaessani syksyllä 2002 suuntautumisopinnot prosessimetallurgian opintosuunnalla minun lisäksi kyseisen opintosuunnan valitsi 9 muuta opiskelijaa. Meistä kymmenestä opiskelijasta 7 oli kotoisin Lapin läänin alueelta ja näistä seitsemästä neljä Tornion alueelta. Keskeinen valintaperuste prosessimetallurgian opintosuunnalle oli hyvä työllisyystilanne ja positiiviset kokemukset kesätöistä joko Outokummun tai Rautaruukin palveluksessa.

Vuoden 2002 jälkeen on tapahtunut suuria muutoksia myös perinteisessä savupiipputeollisuudessa. Yritykset toisensa jälkeen ovat ilmoittaneet YT-neuvotteluisista, joissa on tähdätty yritysten työntekijämäärän merkittävään vähentämiseen. Tämä viesti on vaikuttanut selkeästi myös opiskelijoiden valintoihin. Suomalaisen metalliteollisuuden vahvuus opiskelijarekrytoinnissa on ollut nimenomaan hyvä työllistymisen ja toisaalta se, että suomalaiset yritykset ovat alansa huippuja. Yrityksissä pidettyjen YT-neuvottelujen seurauksena vastavalmistuneiden työllisyystilanne on heikentynyt selkeästi ja myös opiskelijoiden harjoittelupaikkojen määrä on vähentynyt.

Viime vuosien muutoksien seurauksena perinteisen savupiipputeollisuuden suosio opiskelijoiden keskuudessa on heikentynyt. Esimerkiksi Oulun yliopiston prosessi- ja ympäristötekniikan osastolla prosessimetallurgian opintosuuntaan on viime vuosina hakeutunut aikaisempaa vähemmän opiskelijoita. Osa osastoltamme valmistuneista prosessimetallurgian diplomi-insinööreistä on ollut jo useamman kuukauden työttömänä.

Suomalaisen metallinjalostusteollisuuden ongelma on tällä hetkellä alan imago. Kauppalehti julkaisi 5. toukokuuta kuluva vuotta tutkimuksen, jossa tutkittiin mm. tekniikan alan yliopisto-opintojen

loppuvaiheessa olevien opiskelijoiden suosikkityöpaikkoja. Tutkimukseen vastasi yhteensä 4112 opiskelijaa, joista 2260 opiskeli tekniikkaa tai luonnontiedettä ja 1852 liiketaloutta. Metalliteollisuuden yrityksistä yksikään ei mahtunut tekniikkaa tai luonnontieteitä opiskelevien 20 suosituimman työpaikan joukkoon. Sama ilmiö oli myös liiketaloutta opiskelevien puolella. Samaisessa tutkimuksessa esim. UPM-Kymmene oli edelleen tekniikkaa tai luonnontieteitä opiskelevien ryhmässä vuonna 2006 neljäs huolimatta voimakasta irtisanomista ja osittaisesta tuotannon siirtämisestä pois Suomesta.

Täällä on tänään muutamissa puheenvuoroissa sivuttu opiskelijarekrytoinnin merkitystä. Tämä foorumi ei ole tällä kokoonpanolla oikea paikka puhua opiskelijoiden merkityksestä teollisuudelle. Tässä hienossa juhlatilaisuudessa on läsnä tälläkin kertaa ainoastaan yksi opiskelija eli tämän puheen pitäjä. Loput osallistujista on jo saavuttanut sellaisen aseman, ettei teidän tarvitse rekrytoitua tai harrastaa vuoropuhelua opiskelijoiden kanssa. Myös metsäteollisuus järjestää vuosittain metsäteollisuuspäivät. Siellä valtaosa osanottajista on opiskelijoita, joille yritysten toimitusjohtajat käyvät kilvan esittelemässä yritystensä toimintaa sekä korostavat tulevaisuuden tekijöiden merkitystä vuoropuhelulla opiskelijoiden kanssa.

Suomalainen metallinjalostusteollisuus ei panosta riittävästi opiskelijarekrytointiin. Opiskelijarekrytoinnin avulla pystytään rakentamaan alasta positiivisia mielikuvia lukioikäisille tulevaisuuden korkeakouluopiskelijoille sekä nykyisille yliopisto- ja korkeakouluopiskelijoille. Hyvänä esimerkkinä onnistuneesta opiskelijarekrytointikampanjasta voi mainita metsäteollisuuden ry:n tukeman paperi-insinööriyhdistyksen organisoiman puusta paperiksi -kampanjan. Jo lähes 10 vuoden ajan järjestetyssä kampanjassa on yliopisto- ja korkeakouluopiskelijoiden välityksellä pystytty viemään tietoisuutta paperiteollisuudesta lukiolaisille ympäri Suomea.

Arvoisa juhlayleisö, suomalainen metalliteollisuus on tällä hetkellä alansa huippua. Jatkossa kilpailu tulee olemaan kovempaa ja korkeasta teknisestä osaamistasosta huolimatta henkilöstön voimavarat tulee ottaa entistä enemmän huomioon. Suomalaisen teollisuuden täytyy kilpailla alan potentiaalisista tulevaisuuden tekijöistä entistä aggressiivisemmin. Alan pitää panostaa voimakkaammin opiskelijarekrytointiin ja huolehtia hyvän aineksen saamisesta opiskelemaan metallurgiaa ja materiaalitekniikkaa. Ilman tätä ei pystytä ylläpitämään korkeatasoista opetusta yliopistoissa ja korkeakouluissa. Tältä pohjalla teollisuuden on helppo myös rekrytoida hyviä vastavalmistuneita insinöörejä ja diplomi-insinöörejä työelämään! ▀

Lukijakysely

2006

Toteutus tehtiin tällä kerralla Vuorimiespäivien 2006 yhteydessä. Kaikille osallistujille jaettiin kyselylomake aamun ilmoittautumisen yhteydessä. Tämä osoittautui varsin toimivaksi menettelyksi, koska noin 33 %, eli joka kolmas oli vastannut.

Vastanneiden ikäjakautuma noudatti jäsenten ikäjakautumaa, yli 55 vuotiaiden ollessa enemmistönä. Suurin vastaajaryhmä, noin 35 %, oli asemansa mukaan asinatuntijakategoriaan kuuluvia, mutta ylintä johtoakin oli edustettuna yli 20 %. Hieman yli puolet vastaajista ilmoitti tuloikseen 4000-8000 €/kk.

Tärkeimmiksi harrastuksikseen noin 40 % ilmoittaa liikunnan, 26 % musiikin, kirjallisuuden ja teatterin, 22 % golfin, 12% metsästyksen ja kalastuksen, 11 % veneilyn ja 10 % matkailun.

Seuraavassa on lyhyt yhteenveto kyselyn tuloksista sanoin ja kuvin.

Lukutottumukset

Satunnaiset artikkelit ja lehden selaileva läpikäynti edustavat luonnollisesti suurinta osaa lukijakunnasta. Todennäköisesti sama koskee lehtiä yleisimminkin. Ilahduttavaa oli kuitenkin huomata, että noin joka neljäs ilmoitti lukevansa lehden kokonaan kannesta kanteen.

Lehden ilme

Vastausten perusteella voidaan nopeasti todeta se, että lehden ilmeen muutos on ollut selkeästi havaittavissa, ja vastaajien mielestä muutoksen suunta on ollut lähes poikkeuksetta positiivinen.

Kehitystarpeet

Eräs varsin mielenkiintoinen asia on se, miten lukijoiden mielestä lehteä kannattaisi kehittää? Edellisessä kyselyssä tuli jo esille se, että tieteellisyyttä ei juurikaan kaivata tähän lehteen lisää. Näitä vastauksia oli alle 10 %. Mielenkiintoinen asia oli kuitenkin se, että *nykytila on OK* vastaan *lisää ajankohtaisuutta* saivat käytännössä täsmälleen yhtä suuren kannatuksen. Ajankohtaisuutta on lehdessä jo viimeisten vuosien aikana pyritty lisäämäänkin, ja tämän perusteella siinä ollaan oikealla tiellä. Vapaasti tulkittuna voi todeta, että tuskin kovin moni olisi ajankohtaisuuden lisäämistä vastaan, jos kysymys olisi esitetty niin päin.

Lehden sisältö vastaa odotuksia hyvin sai noin 75 %:in kannatuksen, ja loput olivat sitä mieltä että menettelee. Sisällön suhteen lehteä pyritään jatkuvasti kehittämään, se vaihtelee, ja se on tuskin koskaan täysin valmis.

Materia-lehden toimitusneuvosto päätti toteuttaa uudelleen edellisen kerran vuonna 2001 toteutetun lukijakyselyn. Tällä haluttiin kartoittaa lehden nykyistä suuntaa, jota johdonmukaisesti ollaan lehden ulkoasua myöten kehitetty ja uudistettu jatkuvasti. Kyselyyn oli myös lisätty joitakin kohtia, kuten vastaajien asema, tulotaso, sekä harrastukset. Näillä puolestaan haluttiin selkeämmin esille lukijakunnan profiilia, joka on tärkeä osa koko lehden imagoa ulospäin.

Sisältö ja ulkoasu

Lehden varsinaisesta sisällöstä ja ulkoasusta haluttiin myös hieman tarkempia arvioita. Tästä syystä sisältö oli jaettu alaotsikoin yhteentoista eri kategoriaan, joista pyydettiin arvio kouluarvosanapohjalta. Ulkoasu ja lehden nimi arvioitiin myös samalla periaatteella. Arvostelut olivat kauttaaltaan suhteellisen maltillisia. Arvioitavia kohtia saattoi olla hieman liikaa. Kympejä ei juuri tullut, mutta eipä toisaalta myöskään huonoimpia numeroitakaan. Keskeisimmät kouluarvosanat on esitetty oheisessa kuvassa.

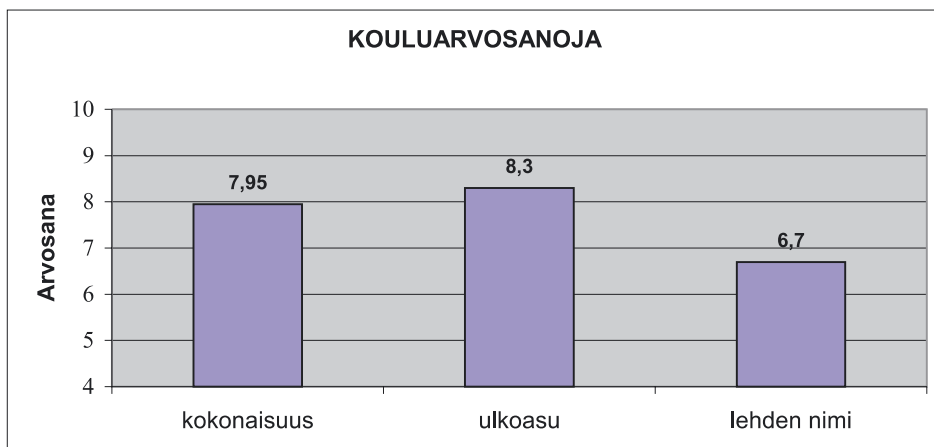
Yhteenveto

Materia-lehden linja vaikuttaa tällä hetkellä suhteellisen oikealta, ja tavallaan oli aistittavissa myös se, että uusiutuminen on ollut suurimmaksi osaksi onnistunutta.

Lehteen ei kyselyn perusteella kuitenkaan haluta mitään dramaattisia muutoksia, ja sen halutaan säilyvän identiteetiltään kotimaisena ikkunana alan ajankohtaisiin uutisiin ja tapahtumiin. Lehden tieteellistä panostusta ei haluta juurikaan lisäävän. Niitä julkaisuja lienee alalta kuin alalta jo aivan riittävästi.

Lehden toimitusneuvosto ja toimitus kiittää lehden lukijakyselyyn vastanneita arvokkaasta palautteesta vielä kerran! ▀

KOULUARVOSANOJA



Kaapeli vai ei kaapeli?

J A ENTÄ SITTE N...

Alkuvuodesta velloneesta energiakeskustelusta alkavat pikkuhiljaa hahmottua pelin hyvät, pahat ja rumat, ja riippuu yksinomaan tarkastelijan näkökulmasta, mihin kategoriaan hän luokittelee energian yksityis- ja teollisuuskuluttajat, Venäjän-kaapelin ajajat ja maan energiamonopoli Fortumin ja jakeluyhtiö Fingridin sen talutusnuorassa.

Sähkön ja muun energian hinnat nousevat jo viidettä vuotta. Miksi? Markkinataloudessa hinnat nousevat, jos tuotteesta on enemmän kysyntää kuin tarjontaa, tai tarjoajia on rajoitetusti, eli kilpailua on liian vähän. Varsinaisesta pulasta ei ole ollut kysymys. Neste Oililla on ollut mahdollisuus viedä esim. bensiiniä laivalasteittain USA: han ja useita, lähinnä kulutushuippujen kattamiseen tarkoitettuja voimaloita seisoo jatkuvasti. Fortum nostaa sähkön hintaa häpeilemättä. Ja sanoo jyrkän ein kuluttajien esityksille palaamisesta säännelyihin hintoihin. Sähkön kuluttajahinnat ovat nousseet yli 90 % vuodesta 2001. Tämän päälle Fortum on keväällä viestinyt hintojen edelleen nousevan "eurooppalaiselle tasolle".

Sähköpörssien toivottiin vaikuttavan hintoja tasaavasti. Toisin on käynyt. Sähköpörssi Nord Poolia hallitsee itsevaltaisesti triumviraatti Vattenfall, Fortum ja E.ON. Fortumin 2005 vuoden tuloksesta valtaosa syntyi pörssin kautta myydystä sähköstä. Sähköyhtiöt ovat syyttäneet korkeista hinnoista mm. kalliita päästöoikeuksia, mutta kun niiden hinnat päästömäärien julkistusten jälkeen huhtikuun lopulla romahtivat, ei tällä ollut mitään vaikutusta itse asiaan eli sähkön hintaan. Pörssihinnoista jopa puolen on väitetty olleen päästöoikeuksien vaikutusta.

Alunperin Espoon Sähkön ostanut E.ON on rantautunut Suomeen ilmoituksensa mukaan pysyvästi huolimatta siitä, että Fortum on Espoossa astunut sen saappaisiin. E.ON on todennut jäävänsä Suomeen, koska "täällä on myyjän markkinat". Tervetuloa, mutta vain sillä ehdolla, että todellista kilpailua myös syntyy. Keski-Euroopan suurten energiamaarkkinoiden esimerkki ei rohkaise. Saksassa puhutaan avoimesti energiayhtiöiden läänityksistä kolmen suuren kesken. Näistä kaksi isointa ovat E.ON ja Vattenfall. EU:n kilpailuviranomaiset harkitsevat tällä hetkellä kartellisyysotteita. Päästöoikeuksien hinnan pudotus ei saanut sähkön hinnan laskua aikaan Saksassakaan, jossa on Euroopan kallein energia.

Pohjoismainen teollisuus on reagoinut perustamalla sähkönhankintakonsortioit ElFi Oy:n sekä Bas-El-Sverigen. Mukana

on koko metallinjalostusteollisuus. Aivan turhaan metallia tuottavat sähkön suurkuluttajat eivät asialla ole: Teräsyhtiö Corus kertoi keväällä energialaskunsa nousevan 70 % vuodesta 2004 tähän vuoteen. Metallinjalostajien tuotteet myydään kansainvälisesti noteerattaviin hintoihin, mutta eurooppalaiset maksavat sähköstään 30-50 % enemmän kuin kilpailijat vaikkapa Venäjällä ja Kiinassa.

Sähkönhankintayhtiöiden merkittävä hanke on ostaa Venäjältä suuri volyyymi lisäenergiaa Kotkan läheisyyteen päätyvän merikaapelin kautta. Kaapelin on luvannut rahoittaa ja toimittaa United Power-yhtiö, välikäden kautta venäläisen valtionyhtiön Rosenergoatomin hallitsema toimija. Hankintakonsortioilla on 15 vuoden toimitussopimus United Powerin kanssa.

VTT:n mukaan kaapeli tulisi alentamaan sähkön hintaa 3-9 %. Miksi, voi syystä kysyä? Miksi United Power myisi Suomeen energiaa halvemmalla kuin paikallinen hinta? Se, että kaapeli rakennetaan, ei sinänsä millään tavoin lisää energian tuotannon mahdollisuuksia Itämeren piirissä. Pikemminkin voisi sanoa, että kaapelin avulla voivat sen omistajat säädellä, mistä suunnasta on kulloinkin saatavissa paras hinta. Varsinkin, kun Venäjän nykyinen sisäinen hinta on puolet vientihinnoista. Mitä tämä muuten viestii markkinataloudesta ko. maassa? Ja miten tätä taustaa vasten on ymmärrettävissä Venäjän valtion kaasuyhtiön Gazpromin edustajan keväinen lausuma, että kaasua ei riitä niille, jotka eivät maksa markkinahintaa.

Kun United Powerin kohdalla viimekädessä on kysymys Venäjän valtiosta, voi mieltä, kumpi jää kulutushuipun sattuessa ilman, Pietari vai kaapelinpäässä olijat, varsinkin kun viennin osuudesta kokonaiskulutuksesta on lailla säädetty. Tiedot Venäjän sähkön riittävydestä ovat ristiriitaisia ja näyttävät riippuvan siitä, onko raportioija Fortumin ja Fingridin venäläinen kauppakumppani RAO UES, entinen valtion monopoliyhtiö, vai kilpailija United Power. Pietarin väitetään joidenkin lähteiden mukaan pimentyvän sähköpulaan jo ensi talvena. Tarvittavat uudet investoinnit sähköntuotantoon ovat mielikuvituksellisen korkeita katkaakseen koko lasketun kulutuksen lisäksi pitemmällä aikavälillä.

Manner-Eurooppa on riippuvainen Venäjän kaasutoimituksista ja kaikki tietävät sen. Sekä presidentti Putin että Gazprom ovat käydyin polemiikin aikana ottaneet esille mahdollisuuden toimittaa kaasunsa Euroopan sijasta Kiinaan jos "eu-

rooppalaiset poliitikot eivät ymmärrä omia etujaan". Venäjällä on tuore sopimus Kiinan kanssa jo olemassa. Itänaapurillamme on avain käsissään myös entisten alustalaisten hankkeisiin: venäläiset eivät hyväksy Kasakstanin ja Euroopan välistä trans-Kaspian kaasuputkihanketta ja rajoittivat tilapäisesti Ukrainan kautta länteen tulevia omia kaasutoimituksiaan. EU tuo neljäsosan käyttämästään kaasusta Venäjältä. Suomen kokonaisenergian tuonnista, sähkö ja fossiiliset polttoaineet mukaan lukien, Venäjän osuus on jo n. 60 %.

Jakeluyhtiö Fingrid on niitä harvoja, jotka julkisesti ovat vastustaneet kaapelihanketta. Fingridissä määräävät Fortum ja Pohjolan Voima eli sähköntuotantoyhtiöt, joten sen kannanottoa kaapelihankkeeseen ei tarvitse ihmetellä. Mutta kylläkin kannanoton perusteina esitettyjä laskelmia kaapelihankkeen Suomen kantaverkkoon edellyttämistä investoinneista. Sopii edelleen kysyä, miksi sähkönjakelu Suomessa on sähköntuottajien omistuksessa ja hallinnassa. Muualla maailmassa jakelu kuuluu yhteiskunnan velvoitteisiin samalla tavoin kuin esim. tieverkon ylläpito.

Suomen ohella yhä useammassa maassa tutkitaan ydinvoiman lisärakentamisen mahdollisuuksia. Myös Ruotsissa aletaan lipsua ydinlaitosten sulkemispäätöksistä. Asialla on oleellinen merkitys myös emissio-kiintiöiden kannalta. Kuten eduskunnan puhemies Lipponen sanoi: Kioton sopimuksen päästörajoja ei tulla saavuttamaan ilman viidettä ydinvoimalaa eikä seuraavia tavoitteita saavuteta ilman kuudetta. Tätäkin taustaa vasten olisi kuudennen ydinvoimalan rakentamista kaikin keinoin kiirehdittävä. Huolimatta kohonneista uraanin hinnoista edustaa polttoaineen osuus suhteellisen vähäistä osaa tuotetun energiahinnasta: Uraanipolttoaine on hankittavissa ja energia tuotettavissa kotimaassa ilman hinta- ja kauppapoliittisia riskejä.

Ongelma näyttäisi kuitenkin olevan ajoitus: Nyt rakenteilla oleva Olkiluoto kolmonen myöhästyy vuodella, eikä kuudetta laitosta maahan saada käyntiin missään tapauksessa ennen vuotta 2015. Kyseessä ei siten ole joko/tai-päätös vaan pikemminkin sekä/että. Lyhyen tähtäimen energiahuolto on ratkaistava tavalla tai toisella ja mieluummin siten, että omavaraisuudesta eikä energian toimitusvarmuudesta ei ole tarvis tinkiä. ▀

Neljimmäinen veljeksistä



VMY:n hallitus pohdiskeli yhdistyksen kehittämistä

Huhtikuun lopussa Vuorimiesyhdistyksen hallitus vetäytyi yhdessä jaostojen puheenjohtajien kanssa Kittilän Kätkätunturin kupeeseen pohdiskelemaan yhdistyksen toiminnan kehittämisen suuntaviivoja.

Kutsuttuina asiantuntijoina mukana olivat myös Metallinjalostajat ry:n (MJ) toimitusjohtaja *Sirpa Smolsky* ja Kaivannaisteollisuus ry:n (KTY) hallituksen puheenjohtaja *Lauri Siirama*.

Yksi keskusteluteemoistamme oli edunvalvonta ja erityisesti työnjako eri toimijoiden kesken. Tässä aihekentässä VMY:n rooli on muuttunut 1990-luvun lopulla uudistettujen yhdistyksen sääntöjen myötä. Vanhoissa säännöissä VMY:n yhdeksi toimintamuodoksi oli määritelty vuoriteollisuuden yleinen edunvalvonta Suomessa. Uusissa säännöissä VMY:n rooli määritellään puhtaasti henkilöyhdistykseksi, eikä alan edunvalvontaa enää mainita, vaan teollisuudenalalle edunvalvonta kuuluu toimialajärjestöille kuten KTY ja MJ.

VMY:n "rooteliin" sen sijaan kuuluu jäsenistön ammatillisen tietämyksen kehittäminen ja jäsenistön keskinäinen lähentäminen. Toki tämäkin on eräänlaista "edunvalvontaa", mutta kuten sanottiin, VMY ei edusta toimialaa vaan

jäseniämme, vuorimiehiä.

VMY:llä nähtiin keskusteluissamme kuitenkin merkittävä ja potentiaalisesti kasvava rooli edustamamme alan kokonaisuymmärryksen kehittäjänä ja ylläpitäjänä. Tällä hetkellä nimittäin missään maamme korkeakoulussa tai yliopistossa ei enää anneta saman osaston tai tiedekunnan puitteissa koko alan kattavaa opetusta (malminetsinnästä metallituotteeksi).

Tämän vuoksi on tärkeää, että jäsenkuntamme edustaa jatkossakin laajasti koko vuoriteollisuuden kenttää. Toiminnan kehittämisessä nähtiin tärkeänä, että

- jaostojen toiminta ja Vuorimiespäivien esitykset ovat korkeatasoisia,
- jäsenhankinnassa yhdistyksen nykyisen jäsenistön rooli on ensiarvoisen tärkeä ja
- yhdistyksen lehti "Materia" on oleellinen osa yhdistyksen toimintaa ja jäsenmaksun vastiketta.

Tiedotus ja tietojen vaihto herätti myös vilkasta keskustelua. Monissa puheenvuoroissa peräänkuulutettiin VMY:n www-kotisivulle keskustelufoorumia ja ajan tasalla olevaa, kopiointikelpoista esitettä VMY:n toiminnasta. Tällainen esite olisi hyvänä tukena jäsenhankinnassa.

Yhdistyksen internet-sivustojen kehittäminen delegoitiin sujuvasti pääsihteerille *Kalevi Nikkilälle* ja jaostojen sihteeereille. Näistä aiheista kuulemme

varmasti lisää lähitulevaisuudessa.

Kuten yllä kerrotusta voi havaita, puhdas tunturi-ilma innoitti hallituksen hyvään ja tuloksekkaaseen keskusteluun. Tältä pohjalta on hyvä jatkaa eteenpäin.▲

*Kesäterveisin,
Pekka Erkkilä, puheenjohtaja*

Ajankohtaista yhdistyksen toiminnasta

SEURAAVIEN VUORIMIESPÄIVIEN AJANKOHDAT on päätetty kahdeksi vuodeksi eteenpäin. Ensi vuonna, 2007, kokoonnumme päiville 30. ja 31.3. ja seuraavana vuonna 28. ja 29.3.2008. Kumminkin Vuorimiespäivät tullaan viettämään pääkaupunkiseudulla. Tilakysymykset ovat vielä valmisteluvaiheessa. Tämänvuotisista paikoista saatiin sen verran hyvää palautetta, että ne ovat vakavasti ehdolla myös ensi vuodeksi. Myös uusista paikoista tullaan pyytämään tarjouksia. Loppujen lopuksi myös raha on koettu konsultti.

Ilahduttavaa on myös todeta, että isäntäfirmat näille kahdelle tulevalle vuodelle on jo sovittu, mutta nimistä aikanaan. On hienoa, että isännöytystä kohtaan vallitsee tällainen kiinnostus. Laitakaapa ajankohdat kalentereihinne.

JÄSENASIOITA on käsitelty viime aikoina mm hallituksen käymän tulevaisuuskeskustelun yhteydessä (josta puheenjohtajan kirjoitus edellisellä sivulla) ja toisaalta aiheesta hallituksen saaman jäsenaloitteen johdosta, jossa hallitusta kehoitetaan aloittamaan jäsenhankintakampanja. Suurin uusien jäsenten potentiaali ovat kollegamme omilla työpaikoillamme. Jokaisen jäsenen vaikuttamismahdollisuus on siis aivan etulinjassa uusien jäsenten hankkimiseksi. Pääsihteerinä toivon, että jäsenistömme aktivoituisi tässäkin suhteessa.

Silloin tällöin kysytään mitä jäsen saa jäsenmaksunsa vastikkeeksi. Helppotaakseen tiedossa olevan vastauksen hahmottamista ja siten myös uusien jäsenten hankintaa on käynnistetty yhdistyksen kotisivuille sijoitettavan "sähköisen esitteen" valmistelu. Siitä

tehdään sellainen, että se toimii myös printattuna.

JYVÄSKYLÄ-SOPIMUS

Yhdistyksemme on saanut muutamia uusia aloitteita yhteistyökumppanuuksi. Tämän tuloksena yhdistys on tehnyt **yhteistyösopimuksen Jyväskylän Messujen kanssa**, koskien ensi kesänä järjestettäviä alan messuja. Sopimuksen pohjalta yhdistys antaa käyttää nimeänsä tapahtuman järjestelyissä. Molemmiin puolin on vahva näkemys siitä, että yhdistyksen vahva

tunnettu nimi edesauttaa tapahtuman menestyksellistä järjestämistä ja myönteistä suhtautumista. Koska sopimuksella on yhdistyksellekin taloudellista merkitystä, niin toivomme että jäsenistömme suhtautuu messuihin niiden onnistumista tukevin ajatuksin. Jäsenmaksutulojen lisänä tämä hanke onnistuessaan auttaa yhdistyksen toiminnan eri hankkeiden kehittämistä. Muiden kumppanuusaloitteiden käsittely on vielä kesken.▲

Kalevi Nikkilä, Pääsihteeri

Tärkeitä päivämääriä

Vuorimiespäivät pidetään

30.-31.3.2007

28.-29.3.2008

Outokumpu Oyj:n Säätiö

Outokumpu Oyj:n Säätiö, jonka tarkoituksena on edistää maamme metallien valmistuksen ja jalostuksen, metalli- ja kaivosteknologian, malmigeologian ja niiden liiketoiminnan tutkimusta ja opetusta yliopistoissa, julistaa haettavaksi seuraavat apurahat vuodeksi 2007.

1. Opiskelija-apurahat

- Eero Mäkisen muistorahastosta stipendejä á 800 euroa Säätiön toimialaa koskevia opintoja varten Teknillisessä korkeakoulussa ja yliopistoissa opintomenestyksestä riippuen vähintään 80-100 opintoviikkoa (120-150 opintopistettä) suorittaneille opiskelijoille.

2. Tutkija-apurahat

- Ylemmän yliopistotason tutkinnon suorittaneille lisensiaattityön tai väitöskirjan tekemiseen 1-3 vuodeksi 14 500 euroa vuodessa.
- Tutkimusryhmille Säätiön toimialalla suoritettavia suurehkoja useampivuotisia tutkimusprojekteja varten.
- Apurahoja post-doctoral -tutkimuksiin.

3. Kansainvälistymistä edistävät apurahat

- Opintojen loppuvaiheessa oleville opiskelijoille erikoisopintojen, diplomityön tai laudaturtyön tekemiseen ulkomaisessa yliopistossa.
- Ylemmän yliopistotason tutkinnon suorittaneille erikoisopintojen, lisensiaattityön tai väitöskirjan tekemiseen ulkomaisessa yliopistossa.
- Matka-apurahoihin ja julkaisukuluihin.

4. Professori-apuraha

- Apuraha, jonka suuruus on 10 000 euroa, myönnetään virassa olevalle professorille hakemuksen perusteella. Apurahalla on tarkoitus kannustaa uusien tutkimusprojektien aloittamista sekä antaa tunnustusta mm. aktiivisesta tutkimusryhmien ja väitöskirjatöiden johtamisesta.

Hakemukset, jotka on tehtävä Säätiön hakemuslomakkeelle, on osoitettava Säätiön hallitukselle. Hakemusten on oltava perillä viimeistään **29. syyskuuta 2006 ennen klo 16.00** Outokumpu Oyj:n Säätiöllä, PL 143, 02201 Espoo. Tietoja Outokumpu Oyj:n Säätiön toiminnasta, ja apurahojen hakemuslomake löytyvät Säätiön kotisivulta <http://www.outokumpu.com/careers/foundations>. Hakemuslomakkeita voi tilata puh. (09) 421 2122 tai sähköposti riitta.tolonen@outokumpu.com. Lähempiä tietoja antaa Outokumpu Oyj:n Säätiön asiamies Markku Kytö, Outokumpu Technology Oy, puh. (09) 421 2410 tai 0400-598 466.

Espoossa 9. päivänä toukokuuta 2006

Outokumpu Oyj:n Säätiön hallitus

Kalliolumitus

- **Split Set -kitkapultit**, välitön lumitus, erityisesti kaivoskäyttöön
- **CT -kalliopultit**, yhdistetty välitön- ja pitkäaikainen lumitus
- **Belbor -pora-ankkurit**, kalliopulteiksi (spiling)
- **Borghia Azio-kallioverkot**, kallioleikkausten pinnan sitomiseen
- **Vaijeripulttaustarvikkeet**, lukot, aluslevyt, kiristystunkit
- **Belcem-sementtipumput**, injektointiin, pultitukseen

Miranet
MINING DRILLING EXPLORATION

Puh. 09-801 9671 www.miranet.fi

Producer of Cobalt
and Nickel metals
and related
specialty chemicals



OMG Kokkola Chemicals
OMG Harjavalta Nickel
OMG Finland

LAROX

filtration

solutions for mining
and metallurgy

Ceramec capillary action disc filters
Hoesch pressure filters
Larox automatic tower presses
Pannevis horizontal vacuum belt filters
Scheibler polishing filters
Service support

Reliable and superior filtration

LAROX[®]

Separates the best from the rest

www.larox.com



Toden tuntu vuorinaisten kohteena

TEKSTI ja KUVA Seija Aarnio

Vuorinaisten tämän keväinen taidenäyttelyretki suuntautui Kiasmaan, jossa oli ennen meitä ollut lähes kaksi miljoonaa kävijää vuodesta 1998. Huhtikuuisena keskiviikkoiltapäivänä kokoontuivat oppaan Suvi Saloniemen ympärille 22 vuorinaista kuulemaan ja näkemään oleellimmat teokset kansainvälisessä taidenäyttelyssä. Hän mainitsi myös, että olemme suuren suomalaisen yleisön näyttelyssä.

Yhtenä teemana oli ihmisen ja luonnon suhde, josta näimme mm. Monika Sosnowskan "Suihkulähde", installaatio muistutti rakennettua vesivahinkoa, Mai Yamashita ja Naoto Kobayashi auttoivat vuorinaisia toivomaan "Kun toivon tähdeltä (When I Wish Upon a Star)" -videoteoksen avulla, Motohiko Odanin "Rompers"-videoteoksen paratiisimaisessa ympäristössä muisteltiin lapsuusaikaa, Carl Michael von Hausswolff ja Thomas Nordanstad veivät videoteoksella "Hashima, Japani" aavemaiselle turistikerrokselle autiolle ja elottomalle japanilaissaarelle.

Toisena teemana oli ihmisen toimintaa, joka Tellervo Kalleisen ja Oliver Kochta-Kalleisen teoksessa "Valituskuoro" arkinen valitus kasvoi kuoroteokseksi. Oppaamme kertoi, että suomalaisten arkisista valituksista on taiteilijajärjestö suunnittelemassa suomenkielistä teosta. Pysähdymme katsomaan entisen EU- ja YK-diplomaatin, nykyisen taiteilijan Jota Castron "Ikonien hajottaminen (Breaking Icons)" henkilökohtaista installaatiota, jossa yritetään vapautua ajatteluunsa ja elämäänsä vaikuttaneiden hahmojen vaikutuspiiristä. Angelo

Filomeno oli maalannut ompelukoneella "King and Queen, Swarovski-kristallit ja granaatit Shantung-silkille" kirjontateoksen, jossa viestitään onnellisuutta ja turhamaisuutta sekä elämää ja kuolemaa. Vaiettu hevonen – amputaatio pysäytti ja hätkähdytti ennen Gerda Steinerin ja Jörg Lenzlingerin joutsenlammelle menoa. "Joutsenlampi" installaatio on ollut tammikuussa alkaneen ja elokuussa loppuvan näyttelyn kohuteos, joka vaatii hoitoa lähes päivittäin.

Nimetön #1111 (Pikku-Edin tytär Margaret), 2003-2004, erikoisvahaa, lasikuitupatsas tarjoosi Petah Coyne kauneutta ja kauheutta sekä esimerkin, miten kierrättää materiaalia iltapuvuista teräkseen, rautaputkiin, hattuneuloihin, kristalliin jne. uudeksi käyttöesineeksi.

Taiteilijoiden ja vuorinaisten joutsenlammet eivät muistuttaneet toisiaan jopa painajaisuudessaan! Joutsenlammelta poistui lähes sanattomia vuorinaisia kaulungin vilinään.▲



Teollisuusmineraaleja prosessiteollisuudelle

Vihdintie 4 – 6 03100 NUMMELA
puhelin 09 2252 580, fax 09 2252 5810
sähköposti mail@spminerals.fi



Geologijaoston syyskursio POHJOIS-POHJANMAALLE 19.-20.9.2006

ALUSTAVA OHJELMA

Tiistai 19.9.2006

7.45	Kokoontuminen Kokkolassa
8.00-10.00	Tutustuminen GTK:n Kokkolan aluetoimistoon
10.00-12.30	Ajo Pyhäsalmele
12.30-17.00	Pyhäsalmen kaivos

Keskiviikko 20.9.2006

8.00-9.00	Ajo Hituraan
9.00-11.00	Hituran kaivos
11.00-13.00	Ajo Laivakankaalle
13.00-15.00	Laivakankaan kultaesintymä
n. klo 17.00	paluu Kokkolaan

Hinta noin € 175. Ilmoittautuminen päättyi 15.8. Jäljellä olevia paikkoja voi kysellä jaoston sihteeriltä Katja Sahalalta, puh. 08 7696 214, 0500 772 138. Tervetuloa mukaan!

Rikastus -ja prosessijaosto

La Vuelta Iberica
13.- 16.9.2006
Portugali ja
Espanja

Luokitusseminaari
23.11.2006
Espoo

Uusia jäseniä

Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningens ry:n hallitus on hyväksynyt seuraavat henkilöt yhdistyksen jäseniksi:

Kokouksessa 25.4.2006

Käpyaho, Asko Antero, FM, 11.4.1977, geologi, GTK, asko.kapyaho@gtk.fi, GTK, PL 96, 02151 ESPOO jaosto: geo

Lahtinen, Hannu Matias, FM, 11.7.1978, kaivosgeologi, Talvivaara Projekti Oy, hannu.lahtinen@talvivaara.com, Varsitie 26-30 B 14, 88610 VUOKATTI jaosto: geo

Sundblad, Krister Leon, FT, 14.2.1952, professori, Turun yliopisto, krisun@utu.fi, Turun yliopisto, Geologian laitos, 20014 TURUN YLIOPISTO jaosto: geo

materia

Yhdistyksen internet-sivun osoite:
www.vuorimiesyhdistys.fi
Materia-lehti myös yhdistyksen verkkosivuilla.

Vuorimiesyhdistyksen toimihenkilöitä 2006



DI Pekka Erkkilä, puheenjohtaja/
president Outokumpu Oyj,
PL 270, 02201 ESPOO
09-4215503 fax 09-4215550
pekka.erkkila@outokumpu.com

FT Elias Ekdahl, varapuheenjohtaja/
vice president Geologian tutkimus-
keskus, PL 96, 02151 ESPOO
020 5502201 elias.ekdahl@gtk.fi

**YHDISTYKSEN PÄÄSIHTEERI/
Secretary General**, TkT Kalevi Nikkilä
Hakamäentie 5 A, 02120 ESPOO
040-5430724
kalevi.nikkila@vuorimiesyhdistys.fi

**YHDISTYKSEN RAHASTONHOITAJA/
Treasurer** TkL Ulla-Riitta Lahtinen
Kaskilaaksontie 3 D 108, 02360 ESPOO
09-813 4758, 0400-456 195 ulla-riitta.
lahtinen@vuorimiesyhdistys.fi

GEOLOGIJAOSTO/Geology section
FM Heikki Puustjärvi, pj/chairman,
Outokumpu Technology, 040-592 0365
heikki.puustjarvi@outokumpu.com
FM Katja Sahala, sihteeri / secretary,
Pyhäsalmi Mine Oy, 08-7696 214
katja.sahala@pyhasalmi.com

KAIVOSJAOSTO/Mining section
DI Jari Honkanen, pj/chairman,
Oy Finnrock Ab 09-77714031 fax
09-7771401 jari.honkanen@finnrock.fi
DI Tommi Halonen, sihteeri/secretary,
Oy Forcit Ab 0207 440 310 fax
0207 440 225 tommi.halonen@forcit.fi

**RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO/
Mineral processing section**
DI Harri Lehto, pj/chairman,
Teknillinen korkeakoulu
Mekaanisen prosessi- ja kierrätys-
tekniikan laboratorio, 09-451 2786
fax 09-451 2795 harri.lehto@tkk.fi
DI Sami Hindström, sihteeri/secretary
Outokumpu Technology
09-421 2276 fax 09-421 3156, 040-576 0655
sami.hindstrom@outokumpu.com

**METALLURGIJAOSTO/Metallurgy
section** TkL Markus Malinen, pj/
chairman Ovako Wire Oy Ab
019-19 221 4605, 040-569 7118
markus.malinen@ovako.com
DI Alex Lagerstedt, sihteeri/
secretary Ovako Wire Oy Ab
019-221 4321 fax 019-221 4150, 040-
8207186
alex.lagerstedt@ovako.com

YIT Osaava kalliorakentaja www.yit.fi

YIT RAKENNUS OY
Kalliorakentaminen
PL 36 (Panuntie 11), 00621 HELSINKI
Puhelin 020 433 111, Faksi 020 433 3747

OKUN AUTOLÄHETTI OY

KAIRASYDÄN- JA LOHKARENÄYTTEIDEN
MURSKAUS- JA JAUHATUSPALVELUA

Kalevi Räsänen
Yrittäjänkatu 1 A
83500 OUTOKUMPU
Puh. 0400 572 114
Fax (013) 550 329



Tietoa Maasta

www.gtk.fi



KATI

- kallionäyttekairaukset
- malminetsintä
- geotekniikka
- kallioerätutkimukset

Oy Kati Ab Kalajoki, puh. 020 7430 660, www.oykatiab.com

Linde Gas

AGA

Oy AGA Ab, puh. 010 2421, faksi 010 242 0514, www.aga.fi

Turvallinen, tehokas, moderni
PYHÄSALMI MINE OY

PL51, 86801 Pyhäsalmi
Puh. (08) 769 6111, Fax (08) 780 404
Email: etunimi.sukunimi@pyhasalmi.com

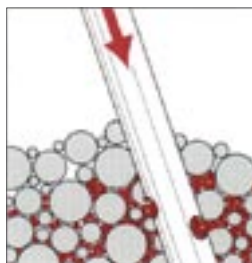
INMET
MINING
www.inmetmining.com

Semtu on betoniteknii- kian asiantuntija myös pintaa syvemmillä



WireFib® - 65/35
Teräslankakuitu
ruiskubetonin
raudoittamiseen.

Fast Set F 2000
Uuden sukupolven
alkalivapaa kiihdytin
ruiskubetonointiin.



Dyckerhoff

Mikrodur® R-F Rock
Kallion injektointiin kehitetty
mikrosementti.

semtu oy

Puh. (09) 27 47 950, Fax (09) 27 47 95 40
E-mail: mailbox@semtu.fi
www.semtu.com



”Lähden keskustan ryhmäpuheenjohtajana siitä, ettei mitään kantaa oteta suuntaan tai toiseen.” Kansanedustaja T. Kalli (kesk) hallituksen energia- ja ilmastoselonteosta Kauppalehden mukaan. Siis keskittyy lehden tämä numero energiaan ja ympäristökiemuroihin joten emme malta olla sotkematta tätäkään debattia.

Säteilyä, komissario Palmu, **MAASÄTEILYÄ!**

Siis uraania Pukkilasta! Ja oli paikallisen kansankokouksen huutoäänestyksen tulos tietyksi NIMBY. *Not in my backyard!* ”Kyllä on kauheeta kun alkaa säteillä. Ja maisemat menee!” Ensinnäkin on se uraani jo siellä, ja säteilee sen minkä säteilee, eikä siitä kukaan ole ollut toistaiseksiakaan moksiskaan. Eikä sitä erikseen sinne panna säteilemään, vaan nimenomaan otetaan pois. Ja jos olisi tällä linjalla tässä maassa alunpitäen kaikkien kehityshankkeiden suhteen eletty, asuisimme edelleen savupirteissä ja nauttisimme reppuryssien kauppaamista maailmanihmeistä. Eikä päinvastoin, niin kuin nykyisin.

Ja lisää säteilystä: Väittää Greenpeace, tämä maailmannapojen omatunto, että tulee Tsernobylin, tämän neuvostoteknologian huipputuotteen kahdenkymmenen vuoden takaisen pamauksen takia kuolemaan kaikkiaan 93 000 ihmistä. Jaa. Käsittäksemme potkaisivat nämä tyypit tyhjää joka tapauksessa mikäli vanhat merkit pitävät paikkansa. Makaaberit kommentit sikseen, mutta todettakoon että länsimaisten tutkimusten mukaan tuo luku olisi 4 000 eli noin nelisen prosenttia mainitun höyrypääorganisaation esityksistä. Ja kommentoivat aikoinaan eräät Tosikoita lähellä olevat asiaa tuntevat piirit mainittua paukkuu toteamalla ettei neukuille koskaan olisi pitänyt antaa käsiin sirppiä ja vasaraa monimutkaisempia vehkeitä.

Mutta on Greenpeacele ja vihreille syntymässä aivan uusi ongelma, ja on se kehitteillä oleva ydinfuusioenergia ja sitä tuottavat voimat. Ja on em. piipertäjien ruvettava pähkäilemään millä eväillä

tätä energiantuoton muotoa ruvetaan vastustamaan. Prosessi kun nimittäin on saasteeton ja päästötön heliumia lukuun ottamatta. Ja tietävästi varmatoiminen kuin junan klosetti kunhan käynnistyy. Mutta jää vihreille onneksi vielä aikaa: ensimmäisen koereaktorin pitäisi olla käytössä vasta kymmenen vuoden päästä joten eiköhän Cronberg ja kumppanit jotain siihen mennessä keksi. Ilmapallokauppiaat kyllä hykertelevät käsiään: heliumissa löytyy!

Siis on svedujen energiapolitiikka sketsiä toisensa jälkeen: 25 v sitten tehtiin päätös että naapurit luopuvat ydinvoimasta v. 2010 mennessä, eikä siihen eräitä idealisteja lukuun ottamatta uskonut kukaan edes tuolloin puhumattakaan nykyhetkestä. Ja on viimeisintä viihdettä Perssonin hallituksen huhhei tulla kokonaan öljystä riippumattomaksi vuoteen 2020 mennessä. Ja kuuluu samaan kategoriaan svenskinen hinku rakennuttaa voimakapeli Venäjältä Suomeen ja ostaa sitten tätä kautta halpaa sähvöä: Siis toistaa historia itseään eli kyyröttävät jotkut jälleen meikäläisten selän takana. Ja ihmettelee kerubinkasvoinen ruotsalaisjohtaja Kauppalehdessä suomalaisen päätöksenteon hitautta asiasa. Oma ydinenergia ei kelpaa, Tsernobyli-tyyppinen venäläinen kyllä, kunhan se käy ensin pesulla Suomen kantaverkossa.

Siis on liikkeenjohto lopulta käytännössä hyvin lähellä puutarhan hoitoa: On ensin oltava visio miltä busineksen tai puutarhan pitää näyttää. Sitten mennään kauppaan ja hommataan ja investoidaan

oikeat taimet, tai jos ei olla varmoja, eli ei osata, palkataan konsultti teemmään suunnitelma. Plantataan taimet ja odotetaan että kehitys kehittyy. Ja jonsei kehity tai ei näytäkään siltä miltä piti, revitään sopimattomat puut ja puskat tiehensä jne. Ja kun kasvit, varsinkin männyn kaltaiset, rupeavat kasvamaan korkeutta, ruvetaan karsimaan kuivia yli-ikäisiä alaoksia pois niin kuin yli viisikymppisiä busineksistäkin. MOT. Ja on kiinalaisella elämänviisaudella paljon tekemistä tässäkin yhteydessä: Tärkeintä elämässä on puutarhan hoito eikä sekään ole niin tärkeää. Emmekä tähän yhteyteen malta olla kommentoimatta lausumaa, jonka on päästänyt suustaan elinkeinoelämän korkea johtohenkilö 3.9.2005 HS:n mukaan: *”Minulla ei ole mitään harrastuksia eikä ole koskaan ollutkaan. Sellainen ajatus, että pitäisi täyttää aikaa jollakin puuhastelulla – sellainen ei ole koskaan noussut ajankohtaiseksi.”* Siis ovat tämänkaltaiset tyypit todennäköisesti siinä määrin henkisesti köyhiä ja elämälle vieraita, että heidän pitäisi pikaisesti siirtää muualle tehtävistä, joissa he ovat vastuussa ja vaikuttavat satojen ja tuhansien inhimillisten olentojen elämään ja kohtaloihin.

Siis löytyi Vuosaaren sataman rakenteilla olevalta meriväylältä ruoppauksen yhteydessä mammutin kynnärllu, ja vaativat vihreät tietävästi sataman rakennustöitä tapauksen johdosta heti lopetettavaksi. Osoittaahan löytö näet päivänselvästi että pitkään suunniteltu rakennushanke jo ammoin sitten tappoi mammutit sukupuuttoon. ▀

J.T.



Keskitymme oikeisiin asioihin

Ovako on Euroopan johtava pitkien erikoisterästuotteiden valmistaja. Kaikessa toiminnassamme näkyy rehti perusfilosofiamme: Oikea kompetenssi. Oikea tuote. Oikea toiminta. Oikea palvelu.

Pystymme tarjoamaan merkittävää lisäarvoa vaativimmillekin asiakkaillemme, joita ovat etupäässä kuulalaakeriteollisuuden, raskasajoneuvoteollisuuden sekä auto- ja konepajateollisuuden yritykset.

Viime vuoden liikevaihtomme oli 1,3 miljardia euroa. 16 valmistusyksikköme palveluksessa on 4 600 työntekijää ja valmistuskapasiteettimme on kaikkiaan 2 miljoonaa tonnia terästä vuodessa. Oikeaa laatua.

Keskitymme haasteisiin.

OVAKO
a feel for steel

Metso Minerals

Alansa kansainvälinen markkinajohtaja



Markkina-alueena maailma - Kotikenttänä Suomi

Metso Minerals on kiven ja mineraalien käsittelyjärjestelmien sekä metallien ja rakennusmateriaalien kierrätysjärjestelmien maailmanlaajuinen markkinajohtaja. Suomessa vahvuutemme on asiakkaittemme tuotantoprosessin tuntemus sekä vahvat tuotemerkit ja kattava huoltopalvelu.

Liiketoimintalinjamme ovat:

Murskaus ja seulonta (Nordberg) • Kierrätys (Lindemann)
• Mineraalienkäsittely (Metso) • Kulutussuojat ja kuljetinhihnat (Trellex) sekä näiden jälkimarkkina ja -huoltopalvelut.

www.metsominerals.com

METSO MINERALS FINLAND: TAMPERE PUH 02048 4142 VANTAA PUH 02048 45300

metso
minerals