

alora

4 2011

AJANKOHTAISTA SÄTEILY- JA YDINTURVALLISUUDESTA



VAHTIVUORO VAIHTUU **Säteilyturvakeskuksessa**

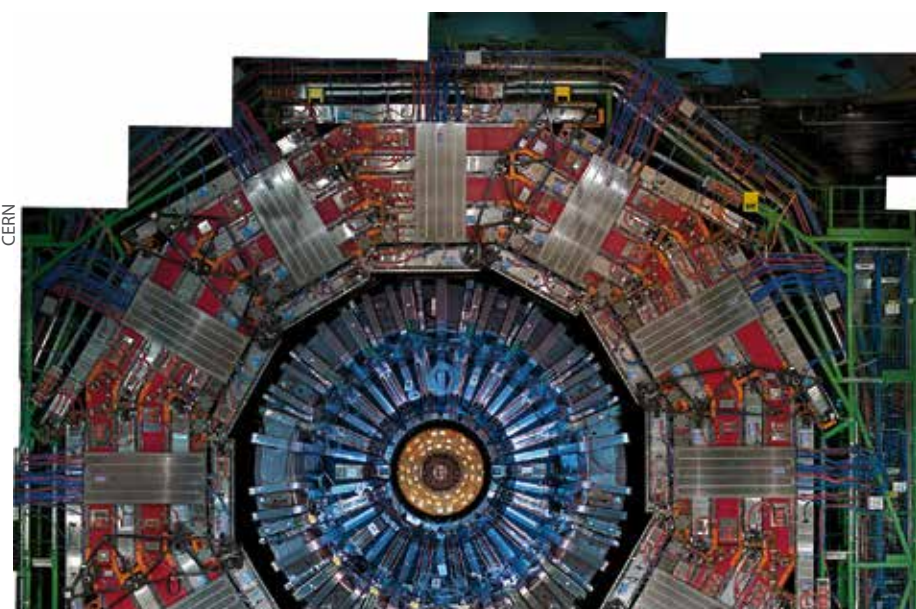
Fukushiman puhdistus syynissä
Ydinkoelaskeumista uutta tietoa

- 4 Tero Varjoranta, IAEA:
Japanilaisilla valtava jälleenrakentamisen henki
- 8 Pääjohtaja Jukka Laaksonen: STUKin toiminta
arvostetaan kansainvälisesti korkealle
- 12 Tutkimusreaktori kohti kuudetta vuosikymmentään
- 14 Lähihistorian mahdollisuuksia:
Lisa Norris antoi kasvot sädehoitovirheille
- 16 Ydinvoimalan ohjaajaksi monen testin kautta
- 19 Mallinnus näyttää ydinkoensaasteiden leviämisen
Suomeen
- 22 Pii-ilmaisintekniikka avaa uusia ovia säteilyn
mittaamiseen
- 24 CERNin palomiehellä dosimetri kulkee matkassa
- 26 Tulokoulutus läpi täysin pistein
- 28 Paikallistarkastaja on kehityksen näköalapaikalla

JOKA NUMEROSSA:

- 3 PÄÄKIRJOITUS
- 10 LYHYESTI
- 11 POLLA SÄTEILEE
- 30 KYSY SÄTEILYSTÄ
– SÄTEILYTIEHEN PROFESSORI
VASTAA
- 31 UUDET JULKAISUT

YDINVOIMALAN
VALVOMOSSA
TYÖSKENTELY
VAATII
ERITYISOSAAMISTA.



Pii-
ILMAISINTEKNIikka
AUTTAA
KEHITTÄMÄÄN
ENTISTÄ HERKEMPIÄ
SÄTEILYMITTAREITA.

STUK pysyy aktiivisena



Joonas Martikka

Maailmalla on jo pitkään puhuttu ydinalan renessansista. Suomessa elämme keskellä sitä. Vielä 1970-luvulla Suomessa oli suunnitelmia ydinpolttoainekieron laajentamisesta niin, että se kattaisi myös uraanin tuotannon ja ydinpolttoaineen valmistuksen. Ydinvoimalaitoksiakin neljäkymmenen vuoden takaisin suunnitelmiin sisältyi paljon enemmän kuin niitä nyt on. Sitten tuli yli sukupolven hiljaisuus.

Nyt ydinenergian uusi tuleminen on alkanut. Meillä on valtioneuvoston periaatepäätökset kahdelle uudelle ydinvoimalalle, käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitokselle ja kapselointilaitokselle. Yksi maailman suurimmista ydinvoimalaitoksista valmistuu pian, ja uraanin tuotanto, kun se alkaa, tekee Suomesta Euroopan suurimman uraanintuottajan. Samalla historian siivet havisevat, kun tutkimusreaktori on aloittelemassa kuudetta vuosikymmentään.

Lokakuun 13. päivänä valtioneuvosto nimitti Säteilyturvakeskukseksi uuden pääjohtajan, joka on **Tero Varjoranta**. Minun STUK-vuosiini mahtuvat vain kahden aiemman pääjohtajan kaudet, Vuorisen ja Laaksonen. Jos Maamme-laulun säkeen mukaan mennään, Varjorannan valinta vahvistaa STUKin pääjohtajalinjaa: Ei laaksoa, ei kukkulaa, ei vettä rantaa rakkaampaa. Nyt vuoristen ja laakosten jälkeen STUK luotsaantuu varjoisalle rannalle. Kuulostaa rentouttavalta, mutta tuskin on.

Alara haastatteli nykyistä ja tulevaa pääjohtajaa. Yhteiskuva-kin heistä saatiin, tosin IAEA-kollegan avustuksella Wienissä, molemmat herrat kun liikkuvat koko ajan ja aika vikkellästi. Hyvä kunto, kova vauhti ja lyhyet yöunet ovat varmasti eduksi pääjohtajalle. Pääjohtajien haastatteluista löysin yhteisiä tekijöitä: osaaminen, uskaltaminen ja kansainvälisyys. STUKin toimet jatkuvat siis aktiivisina – ehkä STUKin pääjohtajan virkanimi pitäisikin olla päähohtaja.

Toimituskuntamme rantautui kansainvälisiin ja kotimaisiin kohteisiin tehden juttuja ja haastatteluja CERNissä, Wienissä sekä Olkiluodossa. Lähihistorian mahdollisuus, **Lisa Norrisin** tapaus, on itkettävän opettavainen tarina. Toimittajamme **Sini Silvän** onnistui selvittämään ydinvoimalaitoksen tulokoulutuksenkin. Ei siis mikään valetuimittaja.

Alara toivottaa Jukalle hyviä turvallisuustehtäviä jatkossakin ja Terolle paljon energiaa pääjohtajan tehtävään sekä ihan kaikille oikein rentouttavaa joulunaikaa!

Elina Martikka 16.11.2011

Tero Varjoranta, IAEA:

Japanilaisilla valtava jälleenrakentamisen henki



IAEA:n asiantuntijaryhmä kävi lokakuussa tutustumassa Fukushimaa räjähtäneeseen ydinvoimalaitokseen.

Giovanni Verini/IAEA

Fukushiman ydinvoimalaonnettomuuden taustalla näyttää luonnonkatastrofin lisäksi olleen puutteita turvallisuusratkaisuissa. Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n asiantuntijaryhmä kävi lokakuussa paikan päällä arvioimassa alueen puhdistustöitä. Mukana oli myös STUKin tuleva pääjohtaja Tero Varjoranta.

”Suuronnettomuudet eivät yleensä johdu yksittäisestä tapahtumasta, vaan siitä, että useat pienet asiat menevät pieleen. Niin Fukushimaakin näyttää tapahtuneen”, sanoo Varjoranta Wienin YK-kylässä sijaitsevassa IAEA:n päämajassa.

Varjoranta toimii IAEA:n ydinpolttoainekierrosta ja ydinjäteteknologiasta vastaavan osaston johtajana. Japanin-vierailun aikana hänet nimitettiin Säteilyturvakeskuksen pääjohtajaksi ensi vuoden helmikuun alusta. Ennen siirtymistään IAEA:an hänellä oli takanaan pitkä työura ulkomailla ja STUKissa, viimeksi Ydinjätteiden ja ydinmateriaalien valvonta-osaston johtajana.

”Vasta Fukushimaa-matkan aikana valkeni kouriintuntuvasti, että japanilaisia oli kohdannut kolme jättimäistä katastrofia peräkkäin. Maanjäristys oli historian suurimpia. Tsunami vei yhden iltapäivän aikana arviolta 30 000 ihmisen hengen. Sen päälle ydinonnettomuus, joka vaatii laajojen alojen puhdistusta”, Varjoranta kuvaa.

Japanin ympäristöministeri oli pyytänyt IAEA:ta arvioimaan puhdistustöiden strategian ja suunnitelmat. Varjoranta sai tehtäväkseen IAEA:n puolesta vastata arviointityöstä ja tuloksista. Hänen kokoomansa asiantuntijaryhmä kävi saastuneilla alueilla, vieraili räjähtäneellä voimalaitoksella sekä tapasi viranomaisia ja poliitikkoja. Loppuraportti käynnistä julkistettiin marraskuussa.

Historia unohtui voimalan suunnittelussa

”Vaikka IAEA arvioi, että uusien ydinvoimaloiden rakentaminen jatkuu vain vähän aiemmin arvioitua hitaammin, onnettomuus vaikuttaa voimaloiden suunnitteluun pitkälle tulevaisuuteen. Turvallisuusfilosofiaan kuuluu toiminnan jatkuva parantaminen. Kun uusia riskejä on tunnistettu, lisätään turvallisuusmarginaalia”, Varjoranta sanoo.

”Suunnittelussa kaikki opitut ja tutkitut asiat on otettava huomioon. Japanin historiasta tiedetään Fukushimaa alueella esiintyneen useita 30 metriä korkeita tsunamia. Nyt 15 metrin tsunami oli kuin olikin liian korkea ydinvoimalalle.”

”Miten historiallisia totuuksia on voinut unohtua, ja miten tämä on voinut päästä läpi voimalan monista suunnitelluista ja turvallisuusarvioista?”

Fukushiman Daiichi-voimala on vanha, ja se on suunniteltu ja rakennettu pääasiassa amerikkalaisten standardien ja riskikuvien perusteella.

”Yhdysvalloissa ydinvoimalat rakennetaan kestämään tornadoja, joten siellä tärkeimmät laitteet sijoitetaan maan alle. Niin oli tehty tässäkin, vaikka tulvariskin vuoksi olisi pitänyt tehdä päinvastoin.”

Siivous aloitettiin lasten ympäristöstä

Kansainvälisten asiantuntijoiden tehtävänä ei kuitenkaan ollut tutkia onnettomuuden syitä, vaan tarkastaa alueen puh-

distustöitä. Japanilaisten nopeasti aikaansaamat toimenpiteet ja tulokset tekivät ryhmään vaikutuksen.

”Yhteiskunnan kaikilla tasoilla näkyi valtavan vahva yhteistyön ja jälleenrakentamisen henki”, Varjoranta toteaa.

”Työn strategia on hyvä: aloitetaan lasten elinympäristöstä puhdistamalla ensin koulut ja päiväkodit. Suuri osa työstä tehdään vapaaehtoisvoimin. Ydinvoiman tutkimuslaitos Japan Atomic Energy Agency kouluttaa lasten vanhempia muun muassa kuorimaan muutaman senttimetrin paksuisen kerroksen saastunutta maata koulujen pihoilta.”

”Itse voimalassa näkyy, miten paljon tuhoa valtavan voimakas vetyräjähdys on saanut aikaan. Voimalaa 20 kilometriä lähemmäksi ei päästetä kuin korjaus-, purku- ja siivoushenkilöstöä. Alueelle menee joka päivä noin 1 500 työhön osallistuvaa henkilöä.”

Voimalavyöhykkeestä luoteeseen on radioaktiivista laskeumaa saanut evakuoitu alue, joka on noin 50 kilometriä pitkä ja 20–30 kilometriä leveä.

”Evakuoidun alueen takaisinasuttamiseksi vaaditaan paljon muutakin kuin säteilyn vähenemistä. Alueella ei ole sähköä, ei vettä eikä toimivia viemäreitä ja tiestö on osittain tuhoutunut.”

Ylisuojelu voi johtaa uusien ongelmiin

”Siivous on erittäin kallis operaatio, johon japanilaiset mielellään ottavat apua vas-

taan. Avun pitää kuitenkin olla kohden-
nettu oikein, ettei tuhlaa voimia ja rahaa
toisarvoisiin asioihin. Liikkeellä on nimit-
tän paljon niitäkin, jotka myyvät säteilyn
kannalta vähemmän tärkeitä siivouspal-
veluja”, Varjoranta sanoo.

Esimerkiksi saastunutta maata kerä-
tään varmuuden vuoksi helposti pois
liian paljon. Näin syntyy suuria määriä ih-
misiä pelottavaa jätettä, vaikka varsinais-
ta radioaktiivista jätettä voi siitä olla al-
le puolet.

”Saastunut alue on vuoristoinen ja osit-
tain vaikeakulkuinen. Japanilaisten suun-
nitelmien mukaan kaikki metsät siivot-
taisiin. Ryhmän mielestä tämä olisi var-
sin tarpeetonta paikoissa, jossa radioak-
tiivisuus ei vaaranna ihmisiä.”

FUKUSHIMAN EVAKUOIDUN ALUEEN UUELLEENASUTTAMINEN VAATII MUUTAKIN KUIN SÄTEILYN VÄHENEMISTÄ. KOKO INFRASTRUKTUURI PITÄÄ RAKENTAA UDESTAAN.

Laskeuman cesiumista noin puolet on
isotooppia 134, jonka puoliintumisaika
on hieman yli kaksi vuotta. Ympäris-
tön säteily laskee siis oleellisesti jo muu-
tamassa vuodessa.

Toinen mietittävä asia on, paljonko
maaperän säteilystä arvioidaan siirtyvän
viljelykasveihin, etenkin riisiin. Japani-
laisten varman päälle tekemä arvio on,

että riisiin siirtyy kymmenen prosent-
tia maaperän cesiumista. Kansainväliset
asiantuntijat arvioivat, että oikeampi
luku on korkeintaan yksi prosentti.

”Paikallisten varovainen arvio on hyvin
ymmärrettävä, mutta jos se on liian varo-
vainen, ylisuojelu aiheuttaa uusia ongel-
mia. Nyt suuria peltoaloja on ehkä tur-
haan pois käytöstä”, Varjoranta sanoo.



Tero Varjoranta aloittaa Säteilyturvakeskuksen pääjohtajana helmikuussa.

STUKilta odotetaan maailmalla paljon

Vaikka työ IAEA:ssa on ollut mielenkiin-
toinen ja haastava, Varjorannan motivaat-
io siirtyä Suomeen on korkea.

”Täällä olen oppinut, että näissä asiois-
sa pitää olla nöyrä. Samalla pitää myös
osata ja uskaltaa tehdä asioita.”

”STUKiin on hyvä palata; siellä on osaa-
vaa ja hyvää porukkaa. Täältä katsottuna
STUK on tärkeä kansainvälinen vaikut-
taja, jolta odotetaan jopa vielä enemmän
kuin mihin on resursseja. Kotimaan sätei-
lyturvallisuus on kuitenkin kaikkein tär-
kein tehtävä.”

”Kun ydinenergian käyttö Suomessa
kasvaa, tarvitaan lisää valvontaa ja henki-
lökuntaa. Samalla pitää kehittää toimin-
taa niin, että voimavarat menevät tärkei-
siin tehtäviin. **Jukka Laaksonen** on pitä-
nyt turvallisuuslipun erittäin korkealla –
siitä on hyvä jatkaa”, Varjoranta toteaa. ❖

Fukushima-ryhmän loppuraportti ja Tero
Varjorannan haastattelu siitä ovat IAEA:n
verkkosivuilla: [www.iaea.org/newscenter/
news/2011/missionfinalreport.html](http://www.iaea.org/newscenter/news/2011/missionfinalreport.html)



Tsunamin tuhoama vanha koti Fukushiman alueella sijaitsevassa Minamisouman kaupungissa.

Uraanipankki turvaa ydinvoimaloille polttoaineen

Ydinenergian käytön odotetaan lähivuosina kasvavan niin paljon,
että uraanin saatavuudesta uhkaa tulla pullonkaula. Jotta poltto-
aineuraanin saatavuus varmistettaisiin kaikissa olosuhteissa, IAEA
on perustamassa uraanipankkia.

”IAEA:n eniten puhuttavia aiheita viime vuosina on ollut voima-
la-uraanin riittävyys ja saatavuus. Uraania etsitään kaikkialla kai-
vostoimintaa silmällä pitäen”, sanoo IAEA:n osastonjohtaja Tero
Varjoranta.

”Ydinenergiamaailma on muuttumassa. Fukushi-
man arvioidaan hidastavan voimaloiden rakentamis-
ta vain parisen vuotta. Talouskasvu kehittyvissä mais-
sa, Kiinassa ja Intiassa etunenässä, vaatii paljon energiaa,
ennen kaikkea sähköä. Myös kehittyneiden maiden pyrkimys il-
mastonsuojeluun ja energiansäästöön tarkoittaa useimmiten säh-
kön käytön lisäämistä.”

Teollisuus säästää energiaa lisäämällä tuotannossa sähköä ku-

luttavaa automaatiota ja säätötekniikkaa. Tavalliselle kuluttajalle
esimerkiksi sähköauto edustaa huomispäivän päästövapaata tek-
niikkaa.

IAEA pyrkii antamaan valtioille vakuudet saada kaikissa tilan-
teissa matalarikastettua polttoaineuraania uraanipankista maail-
manmarkkinahintaan. Uraanipankki kuuluu Varjorannan osaston
vastuualueeseen.

”Uraanipankki on meille aivan uudenvuoden hanke. Pankin tehtä-
vänä on ostaa ja varastoida matalarikasteista uraania ja myydä si-
tä tietyin ehdoin maille, jotka eivät onnistu saamaan uraania maa-
ilmanmarkkinoilta. Ensi alkun meillä on myönnetty runsaat 150
miljoonaa dollaria uraanin hankintaan”, Varjoranta sanoo.

Kun kaikki valtiot voivat tasavertaisesti hankkia polttoainearaa-
nia, niiden tarve rakentaa omaa uraaninrikastusta vähenee. Samal-
la helpottuu uraanin kauppavirtojen valvonta. Näillä näkymin pan-
kin uraanivarastot rakennetaan Kazakstaniin.

Pääjohtaja Jukka Laaksonen:

STUKin toiminta arvostetaan kansainvälisesti korkealle



Fukushiman ydinonnettomuuden aiheuttama jälkityö on lyönyt leimansa Jukka Laaksosen viimeiseen vuoteen Säteilyturvakeskuksen pääjohtajana. Euroopan tasolla hän on vetänyt ydinvoimaloiden stressitestien suunnittelua. Tehtävä kuvastaa STUKin saavuttamaa asemaa alan kansainvälisissä piireissä.

”STUKin imago on varsin hyvä etenkin ulkomailla, missä sitä pidetään maailman tehokkaimpana ydinturvallisuusviranomaisena. Alan tärkeimmissä työryhmissä ovat yleensä mukana Yhdysvallat, Ranska, Iso-Britannia ja Suomi – eivät muut maat”, Laaksonen sanoo.

Jukka Laaksonen tunnetaan mielipiteitä omaavana ja hyvin suorapuheisena pääjohtajana. STUKin kansainvälisestä arvostuksesta ja asemasta hän kuitenkin toteaa, ettei sitä Suomessa ole yritetty hehkuttaa. Ehkä hyvä niin; meillä suomalaisilla kun helposti on taipumus pitää selaista yli mielisyytenä.

Laaksonen on kaksi vuotta toiminut EU-maiden ja Sveitsin ydinturvallisuusviranomaisten päälliköiden järjestön WENRAn puheenjohtajana. Puheenjohtajuus loppuu samaan aikaan kuin STUKin pääjohtajuus. Fukushimaa jälkeen tehtävä suunnitella ydinvoimaloiden stressitestejä annettiin WENRAlle, joka Laaksosen mukaan on osoittautunut varsin tehokkaaksi yhteistyöfoorumiksi.

”On pystytetty organisaatio vetämään hanketta. Kaikki ydinvoimalat ovat tehneet testit laitosten varautumisesta äärimmäisiin luonnonilmiöihin. Kunkin maan ydinturvallisuusviranomainen on valvonut työtä ja raportoi tulokset.”

”Seuraavaksi tehdään kansainvälistä ristikkäisvalvontaa kaikkien osallistuvien maiden viranomaisten kesken. Sillä varmistetaan, että testaus ei jää pin-

taraapaisuksi. Kaiken pitäisi olla valmiina huhtikuun lopussa.”

STUKin osaaminen on tullut tutuksi

WENRAn puitteissa tehdään myös pitkän tähtäimen työtä, jotta Euroopan ydinvoimalaitosten turvallisuus saadaan vähintään yhteisesti sovitulle perustasolle. Aluksi noin 300 eri asialle sovittiin perustaso, johon kaikki maat ovat jo pääosin yhdenmukaistaneet omat sääntönsä. Nyt laaditaan yhteisiä turvallisuusperiaatteita uusille ydinlaitoksille.

”Uusimpana hankkeena sovitaan tarkastusperiaatteista, joilla viranomaiset varmistuvat laitoksiin tulevien laitteiden laadusta. Työ on edennyt hyvin, vaikka alussa ajattelin, että hyvä, kun edes ymmärrämme toisiamme”, Laaksonen sanoo.

Kansainvälisten kokousten lisäksi itse Fukushima vaatii edelleen päivittäistä seuranta. Onnettomuuden aikaan vaikutukset eivät suoraan kohdistuneet Suomeen, joten STUKin tehtävänä oli yrittää informoida kansalaisia tapahtumista.

”STUKin rooli on kirkastunut paljon verrattuna Tšernobylin tilanteeseen 25 vuotta sitten. Silloin asiantuntemustamme ei tunnettu – nyt tiedettiin valmiusvoimien toimintakin ja meihin otettiin aktiivisesti yhteyttä. Kaikilla asiantuntijoillamme on oikeus ja velvollisuus viestiä asioista silloin kun kysytään”, Laaksonen painottaa.

Suurin riskitekijä radon ei kiinnosta

Muuttiko Fukushima suuren yleisön suhtautumisen ydinvoimaan lopullisesti?

”Tšernobylin jälkeen alalla oli jatkuvasti puhuttu, että toista onnettomuutta ydinvoiman imago ei kestä, vaan sellainen saattaa johtaa alan alasajoon.”

”Fukushima oli juuri sitä, mitä oli yritetty välttää. Odotin voimakasta reaktiota ydinvoimaa vastaan, ja oli yllätys, että vain Saksassa on päätetty alasajosta. Italiassa ja Sveitsissä pysäytetään uusien reaktorien suunnittelu. Saa sitten

nähdä, miten Japanin tilanne kehittyy – siellä poliittinen huolestuneisuus ydinvoimasta on vasta nyt kasvamassa.”

Laaksosen mielestä Fukushimaa onnettomuus oli siinä mielessä valaiseva, että ydinvoimalaonnettomuuden kehittymisen nähtiin oikeasti.

”Kukaan ei osannut edes kuvitella tsunamia, mutta sen jälkeen suunnilleen ne ilmiöt tapahtuivat, mitä tällaisessa tilanteessa oli ennakoitu. Saatiin konkreettinen näyttö myös ydinonnettomuuden ympäristöhaitoista.”

Laaksosen mukaan japanilaisten tavoitteena on, että kaikki noin 100 000 evakuoitua ihmistä voivat lähikuukausina palata kotiseuduilleen. Yksikään ihminen ei saanut varsinaista säteilytauti suurista annoksista.

”Suomalaiset ovat huolissaan Tšernobylin ja Fukushimaa vaikutuksista. Sen sijaan tunnettu riski – radonin aiheuttama säteily kotona – ei paljoakaan kiinnosta. Vaikka kuinka kampanjoidaan, viesti radonin haitoista ei mene perille.”

”Fukushima alueella ympäristön säteily onnettomuuden jälkeen on samaa suuruusluokkaa kuin keskivertosuomalaisen kotonaan saama säteily. Kauhustellaan myös laskennallisten mallien näyttämää syöpätapausmäärää Tšernobylin jälkeen, mutta samojen mallien mukaan Suomessa joka vuosi kuolee noin 1 000 ihmistä luonnon säteilyn aiheuttamaan syöpään. Uhreja ei voi tunnistaa eikä laskea näin.”

Sädehoito on menestystarina

Laaksosen vajaan 15 vuoden pääjohtajuuden aikana moni asia on muuttunut yhteiskunnassa. Hän mainitsee kännyköiden käyttöön liittyvän huolen suurena työkenttänä, joka on vaatinut saman

FUKUSHIMAN YDINONNETTOMUUS
OLI JUURI SE, MITÄ OLI YRITETTY VÄLTÄÄ.

verran tiedotusresursseja kuin ydinvoima.

”STUKin roolia kouluttajana säteilyn hyötykäytössä suuri yleisö ei yleensä tunne. Teemme paljon yhteistyötä terveysviranomaisten kanssa, minkä johdosta suomalainen sädehoito on menestystarina ja potilasturvallisuus on kansainvälisesti korkeimmalla tasolla”, Laaksonen sanoo.

”Palautetta parhaasta päästä sain, kun olin ollut ehdolla atomienergiajärjestö IAEA:n apulaispääjohtajan virkaan. Olin ehkä liian suorapuheinen amerikkalaisille, joten en saanut paikkaa. Kun tulin matkalta, henkilöstöpäällikkö totesi olevansa onnellinen, ettei minua valittu.”

Talossa kerrotaan siitäkin, kuinka pääjohtajalta varastettiin lompakko Uruguayan Montevideossa ja hän juoksi varkaat kiinni.

”Pari nuorta kaveria – ilmeisesti aika huonokuntoisia, koska noin kilometrin juoksun jälkeen saavutin heidät. Samalla poliisi tuli paikalle ja nappasi heidät.”

Kuvioissa mukana jatkossakin

Jukka Laaksonen jää pääjohtajan virasta eläkkeelle helmikuun alussa. Hän kuitenkin aikoo jatkaa työntekeä alan kansainvälisissä yhteyksissä, sitä tässä vaiheessa sen tarkemmin määrittelemättä.

”En vielä tiedä, mitä jään STUKista kaipaamaan, samoja ihmisiä tapaan varmaan jatkossakin. Hallintoa en kuitenkaan tule kaipaamaan.”

Mutta ensimmäinen merkintä kalenterissa helmikuun kohdalla on kuitenkin kuukauden pituisen loman pitäminen.

”Varsinaista lomaa en ole pitänyt sen jälkeen, kun internet keksittiin. Nyt aion nauttia lomasta ja olla avaamatta nettiä – ainakaan päivittäin”, Laaksonen lupaa. ♦

Säteilysuojeludirektiivinluonnoskommentoitavana

Vielä ehtii kommentoida EU:n komission ehdotusta uudeksi säteilysuojeludirektiiviksi.

Säteilysuojelun perusnormidirektiivi on uudistettu viimeksi vuonna 1996. Uusi ehdotus sisältää perusnormidirektiivin lisäksi EU:n muut keskeiset säteilysuojelua koskevat direktiivit ja suositukset.

Ehdotuksessa on otettu huomioon Kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan vuonna 2007 antamat uudet perussuositukset.

Ehdotus muun muassa muuttaisi sisäilman radonpitoisuuden suositusarvot laillisesti sitovammiksi ja tiukentaisi raja-arvoja.

Komissio perustelee direktiiviehdotusta uusien tutkimustulosten ja suositusten lisäksi kaikkien säteilyvaaratilanteiden ja altistusluokkien huomioimisella sekä nykyisten säädösten keskinäisillä epäkohdonmukaisuuksilla.

Säteilysuojelun perusnormidirektiivi on Suomessa pantu täytäntöön pääosin

säteilylailla ja sen nojalla annetuilla säännöksillä. Uuden direktiivin täytäntöönpano tuo niihin aikanaan käsitteellisiä, rakenteellisia ja sisällöllisiä muutoksia.

Sosiaali- ja terveysministeriö pyytää yhteistyössä Säteilyturvakeskuksen kanssa kommentteja direktiiviluonnoksesta 31.12.2011 mennessä. Lisätietoja on Säteilyturvakeskuksen ProInfo-verkkopalvelussa: www.stuk.fi/proinfo.

Kännykän säteilyvaikutusten tutkiminen jatkuu

Diplomi-insinööri **Reetta Nylund** tutki väitöskirjassaan matkapuhelinsäteilyn biologisia vaikutuksia. Tulokset ovat osittain ristiriitaisia. Väitöskirja tarkastettiin 4.11.2011 Aalto-yliopistossa.

Tutkimuksessa altistettiin erityyppisiä ihmisen verisuonten sisäseinämän soluja eli endoteelisoluja kahdelle erilaiselle matkapuhelintaajuudelle, 900 MHz GSM ja 1800 MHz GSM. Solujen proteiinitason muutoksia tutkittiin välittömästi lyhytkestaisen altistuksen jälkeen.

900 MHz GSM -altistuksen jälkeen havaittiin joitakin muutoksia. 1800 MHz GSM -altistuksen jälkeen muutoksia ei havaittu, tai ne olivat huomattavasti vähäisempiä.

Tulokset vaihtelivat solutyypin ja altistusolosuhteiden perusteella. Jatkotutkimuksilla tulisi selvittää, miksi vasteet vaihtelevat ja onko matkapuhelinsäteilyllä biologisia tai terveydellisiä vaikutuksia.

Matkapuhelimen käytön ja terveyshaittojen välistä yhteyttä tutkitaan myös käyttömäärien perusteella. Säteilyturvakeskus aloitti vuonna 2009 matkapuhelimen käyttäjien seurantatutkimuksen (COSMOS) osana laajaa eurooppalaista



hanketta. Nyt menossa on kolmas kyselykierros, johon on kutsuttu 50 000 työkäistä suomalaista.

Tutkimuksessa selvitetään matkapuhelimen käyttöä teleyritysten antamien käyttömäärätietojen ja käyttäjän vastaus-

COSMOS toteutetaan myös Isossa-Britanniassa, Hollannissa, Ruotsissa ja Tanskassa. Tavoitteena on, että tutkimukseen osallistuu kansainvälisesti yhteensä noin 200 000 henkilöä. Tähän mennessä Suomesta tutkimukseen on osallistunut yli 10 000 matkapuhelimen käyttäjää.



STUK laskee todella lujaa

Säteilyturvakeskuksessa on kehitetty laskentaohjelmisto, jonka avulla havaitaan ydinvoimaloiden monimutkaiset ja epätodennäköiset vikayhdistelmät.

Laskentaohjelmisto on nimeltään FinPSA. STUK on kehittänyt ja käyttänyt ohjelmistoa ydinvoimalaiden turvallisuuden varmistamisessa jo 20 vuoden ajan. Uuden sovelluksen ansiosta se on maailman ainoa todennäköisyysperustaisen riskianalyysin laskentaohjelma, joka pystyy hyödyntämään usean palvelinlaitteiston koko kapasiteetin.

Laskentaohjelmistoa STUKissa kehittänyt Ilkka Niemelä kertoo, että valmis ohjelmisto ja sen käytössä tarvittava laitteisto muodostavat tehokkaan laskentaklusterin. Sil-
lä lasketaan todennäköisyysperustaista ris-

kianalyysia (PRA), joka on olennainen osa ydinvoimalaitosten turvallisuussuunnittelun tarkastamista ja varmistamista.

Klusterin tehoa Niemelä kuvailee kertomalla, että Olkiluoto 3:n riskianalyysien tarkistuslaskut, jotka ennen veivät useita päiviä tai viikkoja, voidaan nyt tehdä muutamassa tunnissa.

Klusterin avulla voidaan myös laskea entistä tarkemmin. Tarkimmissa analyysissä lasketaan vaaratilanteita, joiden todennäköisyys vuotta kohti on yksi kymmenestä tuhannesta miljardista. Niiden laskeminen kestää uudellakin klusterilla useita päiviä, vaikka se laskee yli miljoona vikayhdistelmää tai vaaratilannetta sekunnissa.

Ohjelmistoa voivat käyttää myös voi-

mayhtiöt ja muiden maiden turvallisuusviranomaiset. Esimerkiksi AREVA on tehnyt Olkiluoto 3:n todennäköisyysperustaisen turvallisuusanalyysin FinPSA:lla.

STUKin laskentaohjelmiston laitteiston toteuttanut Jari Karlenius kertoo, että tällä hetkellä laitteistona käytetään neljän palvelimen laskentaklusteria. Jokaisessa palvelimessa on kaksi neljän ytimen prosessoria. Yhteensä laskennan käytössä on siis 32 prosessoriydintä.

Ohjelmisto pystyy hyödyntämään ytimien kapasiteetin kokonaan, mikäli se on tarpeen. Laskentaklusterin palvelimet ja laskentaohjelmisto voidaan myös hajauttaa yksittäisten tutkijoiden käyttöön silloin, kun koko klusterin tehoa ei tarvita.

TUTKIMUSREAKTORI kohti kuudetta vuosikymmentään

VTT:n tutkimusreaktorin käyttöluva umpeutuu vuodenvaihteessa. Valtioneuvosto päättää joulukuussa luvan jatkosta, jota VTT on hakenut vuoteen 2023 asti.

Espoon Otaniemessä sijaitseva VTT:n tutkimusreaktori on Suomen vanhin ydinreaktori: se käynnistettiin vuonna 1962. Sitä käytetään lähinnä syövä uudenlaiseen sädehoitoon (BNCT) ja radioisotooppien valmistukseen. BNCT:n kehitys ja taloudellinen kannattavuus vaikuttavat reaktorin käytön suunnitteluun VTT:ssä.

Säteilyturvakeskus (STUK) on käyttölupahakemuksen ja saadun aineiston perusteella arvioinut, miten reaktorin toiminta täyttää ydinenergialainsäädännön ja YVL-ohjeiden velvoitteet. STUK puoltaa käyttöluvan myöntämistä vuoteen 2023 asti, mikä kuitenkin edellyttää VTT:ltä useita toimenpiteitä.

Ikääntyvä reaktori vaatii huoltoa

Tutkimusreaktori on pieni: sen lämpöteho normaalikäytössä on 250 kilowattia, kun esimerkiksi Olkiluodon 3:n lämpöteho tulee olemaan noin 5 miljoonaa kilowattia.

Vahvojen betonirakenteiden ympäröimä reaktorisydän on avoimessa vesiallastankissa. Reaktorisydämen polttoaineen vaurioita aiheuttava nopea tehon nousu ei ole mahdollinen. Reaktorin pie-

nestä tehosta johtuen pysäytettyä reaktoria ja sen allasvettä ei tarvitse aktiivisesti jäähdyttää.

Reaktori ei ole käynnissä jatkuvasti, mikä rajoittaa merkittävästi reaktorin sydämeen kertyvien radioaktiivisten aineiden määrää. Reaktorisydämen ydinpolttoainetta ei vaihdeta säännöllisesti palaman vuoksi kuten tehoreaktoreissa.

Reaktorin ohjaus- ja valvontajärjestelmä on turvallisen käytön kannalta riittävän luotettava mutta perustuu noin 30 vuotta vanhaan tekniikkaan. VTT kehittääkin reaktorin valvonta- ja ohjausjärjestelmien ikääntymisen hallintaa. Aluminiinisen reaktoritankin tämänvuotinen laaja kuntotarkastus ei aiheuta toimenpiteitä. Sen sijaan STUK edellyttää, että suihkuputkien rakenteellinen tiiviys varmentaan.

VTT:n tulee laatia reaktorin käytön turvallisuutta ja mahdollista jatkoa koskeva

määräaikainen turvallisuusarviointi viimeistään vuonna 2020.

Käyttöluvan puoltamiseen liittyen STUK vaatii, että VTT esittää reaktorin käyttöön liittymättömän niin sanotun miilu-uraanin huollon toimenpidesuunnitelman viimeistään vuonna 2013. Alikriittisen 1960-luvun reaktorifysiikan erillisen koelaitteen uraania on runsaasti jäljellä varastoituna, ja sillä voisi olla jopa kaupallista arvoa. VTT:n pitääkin suunnitella, miten miilu-uraanin myyntiin tai muuhun toimenpiteeseen varaudutaan.

Ei säteilyriskiä henkilöstölle tai ympäristölle

STUKin lausunnon mukaan reaktorin tekninen säteilyturvallisuus ja työntekijöiden säteilysuojelu vastaavat vaatimuksia. Käytöstä ja käytön aikaisesta oleskelusta reaktorihallissa ei normaalisti aiheudu säteilyannoksia. Huoltotoimis-

ta aiheutuva suurin altistus vuodessa on enimmillään murto-osa tehoreaktorin vuosihuollon yksilöannoksista.

Käyttölupajakson aikana reaktorissa ei ole tapahtunut radioaktiivisten aineiden poikkeavia päästöjä. Polttoainevuotoja on ollut kaksi, joista jälkimmäinen 1986.

Reaktorirakennuksessa ei käsitellä radioaktiivisia merkkiaineita säteilytyksen jälkeen vaan ne siirretään tilaajalle tai viereiseen laboratoriorakennukseen. Ympäristön väestön eniten altistuvan yksilön laskennallinen annos reaktorirakennuksen kaasupäästöistä oli viime vuonna alle yksi mikrosievertiä. Se on vähemmän kuin tuhannesosa väestön vuotuisesta keskimääräisestä säteilyannoksesta. Nestepäästöjä reaktorilta ei ole tehty yli kymmeneen vuoteen.

Turvajärjestelyissä parannettavaa

STUKin arvion mukaan tutkimusreaktorin turvajärjestelyjä on johdettu osin riittämättömästi. VTT ei ole vielä täysin täyttänyt ja pannut toimeen turvajärjestelyistä annetun valtioneuvoston asetuksen vaatimuksia.

Käyttöluvan puoltamisen ehtona STUK edellyttääkin, että VTT ohjeistaa ja toteuttaa kaikki turvallisuuden kannalta tärkeät toiminnot ennen tulevan käyttölupakauden alkamista. STUK tulee tarkastuksissaan vuonna 2012 kiinnittämään erityistä huomiota turvajärjestelyjen kehittämiseen.

Tutkimusreaktorilla on STUKin hyväksymä valmius- ja palosuojelusuunnitelma. VTT on lisännyt suunnitelmaan ohjeita, joilla on varmistettu vastuuhenkilöiden tavoitettavuutta vuorokauden eri aikoina ja täydennetty ulkopuolisen pelastuslaitoksen ohjeita.

Fukushiman onnettomuuden seurauksena reaktorilta ei vaadittu erillistä selvitystä, koska luonnontapahtumien aiheuttamaa säteilyriskiä ympäristölle ei ole. Paikallinen veden nousu lähialueella, ää-

rimmäinen sääilmiö tai erittäin poikkeuksellinen maanjäristys voisivat kuitenkin häiritä reaktorin toimintaa siten, että yhteiskunnan muut toiminnot alueella häiriintyisivät vakavasti. Valmiussuunnitelun tavoitteena on yhä tukkia mahdollinen vuoto ja varmistaa tehokas lisäveden saanti reaktorialtaaseen.

Polttoaineesta päätös viimeistään 2014

Tutkimusreaktorin käytetyn ydinpolttoaineen huoltosuunnitelma perustui alun perin kaiken polttoaineen palauttamiseen sen valmistajamaahan Yhdysvaltoihin.

Yhdysvaltojen ilmoituksen mukaan ulkomaisten tutkimusreaktorien palauttavaksi aiottu polttoaine täytyy poistaa reaktorista viimeistään toukokuussa 2016 ja siirtää Yhdysvaltoihin kevääseen 2019 mennessä. Toistaiseksi maailmal-

la vain osa vastaavasta tutkimusreaktorien ydinpolttoaineesta on kerätty takaisin tällä tavalla.

VTT varautuu vaihtoehtona myös ydinpolttoaineen loppusijoitukseen Suomessa. Sillä on Posivan kanssa periaatesopimus, jonka mukaan polttoaine voitaisiin sijoittaa Olkiluodon loppusijoituslaitokseen. Loppusijoitusta koskevassa valtioneuvoston periaatepäätöksessä ei kuitenkaan mainita tutkimusreaktorin polttoainetta.

Käyttöluvan jatkamisen ehdoksi STUK esittää, että VTT päättää ja ilmoittaa käytetyn polttoaineen huollosta viimeistään vuoden 2014 aikana. Vielä ei ole tosin varmaa, että Yhdysvallat pitää kiinni asettamastaan aikavaateesta. ♦

OlliVilkamoonSäteilyturvakeskuksenYdinvoimalaitostenvalvonta-osastonSäteilysuojelutoimiston päällikkö.

Uudenlaisesta sädehoidosta lupaavia tuloksia

Boori-neutronikaappaussädehoito (BNCT) ja sen tutkiminen on nykyisin Otaniemen tutkimusreaktorin merkittäväntä toimintaa. Hoidot aloitettiin 1999.

BNCT on kokeellinen hoito, jossa tutkimuksen painopiste on tällä hetkellä pitkälle edenneen pään ja kaulan alueen syövä hoidossa. Menetelmässä käytettävän säteilyn tuottamiseen tarvitaan boorin isotooppia 10 ja tutkimusreaktorissa tuotettuja hidadettuja neutroneita.

Boori kertyy syöpäsoluihin erityisen kuljetusaineen avulla. Tämän jälkeen kasvainta säteilytetään neutroneilla. Ne reagoivat boorin kanssa muodostaen voimakasta solunsisäistä säteilyä, joka tuhoaa syöpäsoluja. BNCT poikkeaa muista ulkoisista sädehoitomuodoista siten, että sädeannos kohdennetaan syöpäsoluihin biologisesti. Siten yhdellä hoitokerralla voidaan antaa kasvaimen tuhoava sädeannos.

HYKSin syöpätautien klinikalla on yli kuuden vuoden ajan selvitetty BNCT:n tehoa ja siedettävyyttä uusiutunutta pään ja kaulan alueen syöpää sairastavilla potilailla, joilla ei ollut enää muuta hoitovaihtoehtoa tarjolla ja joiden odotettavissa oleva elin aika oli muutamia kuukausia.

Tutkimukseen osallistui 30 potilasta. Heistä 76 prosentilla saavutettiin hyvä hoitovaste. Kahden vuoden seurannan jälkeen miltei kolmannes oli yhä hengissä.



Lisa Norris antoi kasvot sädehoitovirheille

Lisa Norrisilla todettiin aivosyöpä 15-vuotiaana lokakuussa 2005. Hänet toimitettiin hoitoon Glasgow'ssa sijaitsevaan Beatsonin syöpähoitokeskukseen, jossa hoidot aloitettiin tammikuussa 2006. Hän sai kaikkiaan 19 kertaa sädehoitoa ja jokaisessa annos ylitti lähes 60 prosenttia tarkoitettua.

Seuraukset näkyivät: Norrisin pään ja kaulan iho alkoi punottaa tuskallisesti, ja siihen tuli rakkuloita. Tuskaa yritettiin lievittää kylmällä suihkulla, tuloksetta.

Lisa Norris kuoli lokakuussa 2006, vuoden kuluttua sairauden toteamisesta ja yhdeksän kuukautta hoidon aloittamisen jälkeen.

Tapaus sai laajaa julkisuutta ja herätti kriittisen keskustelun sädehoidon turvallisuudesta ja toimintatavoista Isossa-Britanniassa.

Tietokonejärjestelmän päivitys taustalla

Beatsonissa käytettiin Varis-tietokonejärjestelmää, jossa oli erillinen moduuli hoitosuunnitelmien laatimista varten parametreineen. Varis-järjestelmä päivitettiin uuteen versioon puoli vuotta ennen Norrisin hoidon alkua.

Uudessa versiossa hoitoparametrit oli mahdollista siirtää järjestelmän toiseen moduuliin sähköisesti, kun ne aikaisemmin oli siirretty manuaalisesti lomakkeilla. Beatsonissa kuitenkin jatkettiin parametrien manuaalista siirtoa joissakin monimutkaisimmissa hoitosuunnitelmissa. Näihin kuuluivat keskushermostoon, esimerkiksi aivoihin, kohdistuvat hoidot.

Uudessa järjestelmässä hoitosuunni-

Maailmalla on 2000-luvulla todettu jo toistakymmentä vakavaa sädehoidon tai röntgenkuvauksen aiheuttamaa onnettomuutta. Virheellisen sädehoidon tuloksena on raportoitu 20 kuolemaa. Skotlantilaisen Lisa Norrisin tapaus on yksittäinen, mutta järkyttävyydessään syitä ja seurauksia valaiseva.



PA Photos/Lehtikuva

Kuvankaappaus Lisa Norrisin televisiohaastattelusta 8.2.2006. Norris menehtyi aivosyöpään lokakuussa 2006.

telman tekijä voi valita toiminnon, joka muunsi parametridatan verrannolliseksi aiemman version datan kanssa. Kun tämä muunnettu data tulostettiin paperille ja syötettiin järjestelmään, se tuotti hoitoon väärät parametrit. Tiedot syöttänyt hoitosuunnitelman tekijä ei ollut tästä tietoinen.

Tuloksena oli, että säteilyannoksen automaattinen rajoitin sai liian suuren arvon ja katkaisi lineaarikiihdyttimen toiminnan vasta, kun toivottu annos oli runsaasti ylitetty.

Tätä virhettä ei huomattu hoitosuunnitelmaa tarkastettaessa, ja se johti säteilyannoksen 58 prosentin ylitykseen 19 hoitokerralla 20:stä.

Toimintamallit puutteelliset

Tapauksen tutkimuksissa paljastui, että toimintaohjeet olivat hatarat eikä niiden noudattamista valvottu. Hoitosuunnitelman tehnyt lääkäri oli vielä kokematon, mutta hän toimi kokeneen johtavan lääkärin ohjauksessa, joka myös oli vastuussa ohjeistuksesta ja sen noudattamisesta.

Sama hoitosuunnitelman laatinut lääkäri teki saman virheen uudelleen toiselle potilaalle, mutta tällä kertaa hänen kollegansa huomasi sen. Tapaus johti myös Norrisin hoitosuunnitelman pikaiseen tutkimiseen. Se oli kuitenkin jo liian myöhäistä.

Itse tietokonejärjestelmässä ei havaittu virhettä tai puutteita. Ilmeisesti sen suunnittelijat eivät osanneet kuvitella, että tietojen manuaalista siirtoa yhä käytettäisiin, kun sähköinen siirto oli tehty mahdolliseksi.

Lääkärillä liikaa potilaita

Tapauksen taustalla olivat ongelmat, jotka juontuivat kiireestä ja resurssien niukkuudesta suhteessa potilasmäärään.

Lisa Norrisin hoitosuunnitelmista vastaavalla lääkärillä oli vastuullaan yhtäaikaisesti 80–100 potilastapausta. Lisäksi hän oli laitoksen ainoa vanhempi lääkäri,

joka oli mukana hoitosuunnitelmien tekemisessä.

Tapausta arvioinut valvontaviranomainen piti lääkärin suurimpana virheenä sitä, ettei hän ollut tuonut esille osastonsa henkilökunnan liian suurta työmäärää. Tämä oli perussy siihen, että laitoksessa ei varmistettu toimintamallien ajanmukaisuutta tai edes niiden noudattamista käytännössä. Viranomaisen arvioi kuitenkin hoito-ohjeistuksesta vastanneen lääkärin päteväksi jatkamaan edelleen tehtävässään.

Virallinen kuolinsyy aivosyöpä

Tapauksen tutkiminen keskeytettiin maaliskuussa 2010, kun asiantuntijaraportti päätyi tulokseen, että säteilyn yliannostus ei lopulta aiheuttanut Lisa Norrisin kuolemaa. Kuolinsyyksi vahvistettiin aivosyöpä.

Lisa Norrisin vanhemmat myös luopuivat syytteistä tytärtään hoitanutta lääkärä vastaan. Ratkaisematta jää, olisiko syöpä pystytty taltuttamaan, jos hoito olisi tehty oikein. ♦

Lähteet:

- ♦ Unintended overexposure of patient Lisa Norris during radiotherapy treatment at the Beatson Oncology Centre, Glasgow in January 2006 – Report of an investigation by the Inspector appointed by the Scottish Ministers for The Ionising Radiation (Medical Exposures) Regulations 2000 <https://rpop.iaea.org/hakusanallaLisaNorris>
- ♦ <http://woody.com/papers/lisa-norris-death-by-software-changes>
- ♦ www.telegraph.co.uk
- ♦ <http://news.bbc.co.uk>
- ♦ www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents (Glasgow radiotherapy accident)
- ♦ Olavi Pukkila: Poikkeustapahtumat säteilykäytössä. STUK2005. www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja3

Lähivuosikymmenten vakavimmat tiedossa olevat sädehoitovirheet

Vuonna 1990 Espanjan Saragosassa huoltoteknikko teki sädehoitoklinikan lineaarikiihdyttimelle asiattoman ohituskytkennän, jotta hoitoja voitaisiin jatkaa. Sairaala fyysikoille unohdettiin ilmoittaa tästä, ja kesti kaksi viikkoa ennen kuin he huomasivat annosnopeuden kymmenkertaistuneen. 27 hoidetusta potilaasta 18 kuoli säteilyvammoihin.

Costa Rican San Joséssa vuonna 1996 sairaala fyysikko laski uusitun koltteikeilahoitlaitteen annosnopeuden väärin, jolloin se oli 50–60 prosenttia laskettua suurempi. 42 kaikkiaan 115 hoidetusta potilaasta kuoli yhdeksän kuukauden sisällä hoidosta. Monet henkiin jääneistä saivat säteilyvammoja.

Vuonna 2000 Panamassa kierrettiin hoitojärjestelmän tietokoneohjelman rajoituksia. Järjestelmään syötettiin tiedot useasta käytettävästä säteilysuojaimesta yhtäaikaa, kun ne olisi pitänyt syöttää yksi kerrallaan. Tuloksena olivat virheelliset säteilyannokset ja hoitoajat. 28 hoidetusta potilaasta 18 kuoli neljän vuoden kuluessa. Useimmille henkiin jääneille aiheutui säteilyvaurioita. Tapauksesta kerrottiin tarkemmin Alarassa 3/2009.

Suomessa vakavia onnettomuuksia ei ole sattunut mutta yksittäisiä pieniä virheitä kyllä. Vaikeita vastuukysymyksiä vähentää meillä terveyden- ja sairaanhoitoa harjoittaville pakollinen potilasvakuutus. Se vähentää myös vahinkojen tietoista salailua, jota muualla on usein paljastunut.

Olkiluoto 3-laitosyksikön koulutussimulaattori, joka on tällä hetkellä vielä laitostoimittajan omaisuutta ja harjoituskäytössä. Koulutus alkaa vuonna 2012.



Ydinvoimalan ohjaajaksi monen testin kautta

Ydinvoimalaitoksen turvallinen käyttö edellyttää pätevää ja hyvin koulutettua valvomohenkilökuntaa. Sen on pystyttävä suoriutumaan normaalin käyttötoiminnan lisäksi oletetuissa häiriö- ja hätätilanteissa sekä tarvittaessa käynnistämään valmiustoiminta ja johtamaan sen alkuvaiheet.

Ydinvoimalan valvomon ohjaajana saa toimia vain Säteilyturvakeskuksen (STUK) tähän tehtävään hyväksymä henkilö.

STUKin YVL-ohje edellyttää, että normaalin tehokäytön aikana päävalvomossa on vähintään kolme pätevoitettyä ohjaajaa. Näistä yhdellä tulee olla hyväksyntä toimia vuoropäällikkönä ja kahdella toimia muuna ohjaajana. Henkilöiden pätevyys on osoitettava määrävällein.

Ohjaajalla tulee olla tekninen ammatikorkeakoulututkinto tai muu tehtävään soveltuva tekninen tutkinto. Vuoropäälliköltä edellytetään vähintään viiden vuoden tehtävää tukevaa työkokemusta, josta vähintään kolme vuotta on ydinalta. Muilta ohjaajilta edellytetään vähintään kolmen vuoden ohjaajan tehtävää tukevaa työkokemusta, josta vähintään yk-

si vuosi on ydinalta. Työkokemukseksi voidaan laskea myös työskentely uuden ydinvoimalaitoksen käyttöönotossa.

Voimayhtiöllä kokonaisvastuu

Osaavan käyttöhenkilökunnan riittävyyden varmistaminen on yksi ydinvoimayhtiöiden keskeinen tehtävä. Yhtiöt huolehtivat henkilökunnan osaamisesta laajalla peruskoulutusohjelmalla sekä jatkuvalla kertaus- ja täydennyskoulutuksella.

STUK tarkastaa, että annettu koulutus on hyväksyttävää. Henkilökuntaryhmistä tarkimmin seurataan valvomon ohjaajien koulutusta. STUK arvioi heidän osaamistaan koulutusohjelman kolmessa eri pisteessä; kirjallisessa kokeessa, tötaitojen osoittamisessa ja suullisessa kokeessa. Hyväksytyn suullisen kokeen jälkeen voimayhtiö voi hakea harjoittelijalle

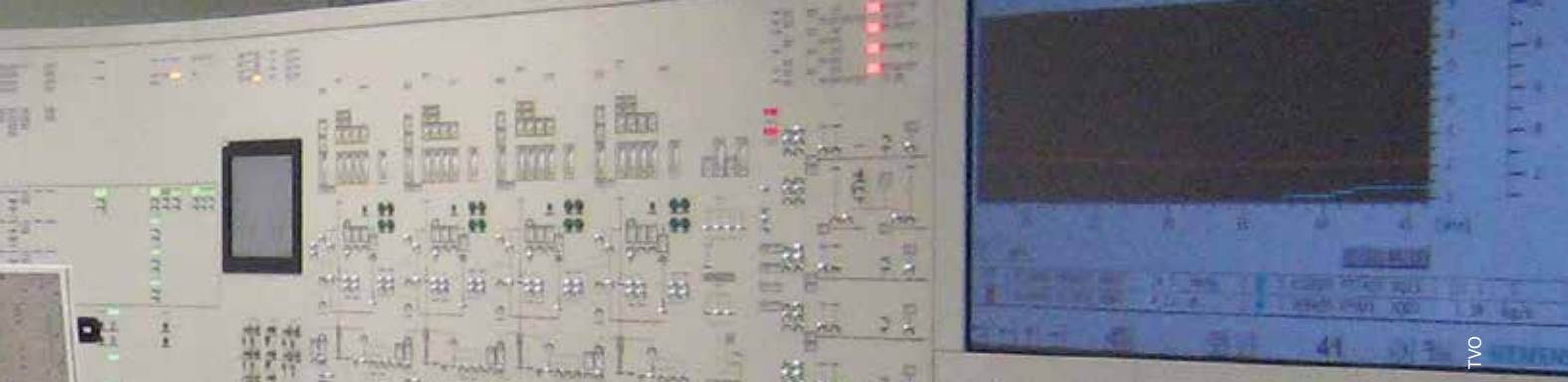
STUKin hyväksyntää ohjaajaksi.

STUKin valvontamenettelyt vaihtelevat näissä kolmessa eri pisteessä, mutta ydinvoimayhtiön rooli on selvä: sillä on kokonaisvastuu läpi koulutus- ja pätevoitämismenettelyjen.

Kirjallinen koe ennen harjoittelua

Ydinvoimalan valvomon ohjaajan työllä on merkittävä vaikutus ydin- ja säteilyturvallisuuteen. Tehtävä vaatii siten erityisosaamista. Lisäksi henkilökohtaiset ominaisuudet ovat tärkeitä: ohjaajalla on oltava hyvät viestintätaidot, kyky ryhmätyöskentelyyn ja korkea stressinsietokyky.

Ohjaajaharjoittelijoiden pätevyyden arvioinnissa hyväksi todettuja menetelmiä ovat kirjallinen koe ja tötäidon osoitus



simulaattorilla. Ne kuuluvat harjoittelijoiden peruskoulutusohjelmaan.

Kirjallisella kokeella varmistetaan, että koulutettava on omaksunut peruskoulutuksen asiasisällön ja koulutusta voidaan jatkaa ohjelman mukaisesti. Hyväksytty koe on edellytys sille, että STUK myöntää ehdokkaalle ohjaajaharjoittelijan luvan. Lupa oikeuttaa aloittamaan työharjoittelun päävalvomossa.

Työtaidot osoitetaan simulaattorissa

Harjoittelujakso päävalvomossa kestää noin puoli vuotta ja sisältää laitoksen käyttötoimintaan liittyvien tehtävien toteuttamista ohjatusti.

Ohjaajaharjoittelijat osoittavat työtahtonsa koulutussimulaattorissa, joka vastaa kyseisen ydinvoimalaitoksen valvomoa ja laitoksen toimintaa. Tarkoituksena on varmistaa, että harjoittelijalla on tarvittava osaaminen sekä ydin- ja säteilyturvallisuuden huomioon ottavat työtavat. Harjoittelijaa arvioidaan kokeessa henkilökohtaisesti.

Ohjaajaharjoittelijoiden lisäksi myös valmiit ohjaajat joutuvat suorittamaan simulaattorikokeen aina ennen kuin STUK uusii heidän hyväksymispäätöksensä. Näissä kokeissa ohjaajaa arvioidaan osana vuoroa.

Lopuksi suullinen kuulustelu

Jotta ohjaajaharjoittelija voidaan hyväksyä ohjaajaksi, hänen on kirjallisen kokeen, työharjoittelun ja työtaidon osoituksen jälkeen suoritettava vielä suullinen koe. Se vaaditaan myös jo työskenteleviltä ohjaajilta ja vuoropäälliköiltä ennen hyväksymispäätöksen uusimista.

Tavallisesti ohjaajakoulutuksen aloittamisesta on kulunut noin kolme vuotta, kun kokelas osallistuu ensimmäiseen suulliseen kokeeseensa.

Suullisessa kokeessa mitataan laitoksen käytön ja turvallisuuden kannalta

keskeisten asioiden hallintaa. Koetta valvoo kaksi STUKin tarkastajaa.

STUKin näkemyksen mukaan suulliset kokeet ovat keskeinen osa pätevöittämismenettelyä, ja siksi niiden valvontaan käytetään paljon resursseja. Voimayhtiöiden koulutusohjelmakin tulevat samalla arvioiduiksi, koska niiden tehokkuus paljastuu viimeistään suullisissa kokeissa.

Vuosittain ohjaajien suullisia kokeita järjestetään noin 40–50. Tulosten mukaan vuoden 2010 kaikki koesuoritukset olivat hyväksyttyjä. Uusien ohjaajien tulokset olivat hyviä molemmilla voimayhtiöillä, mikä kertoo vaikuttavasta peruskoulutusohjelmasta. Samoin tulokset hyväksyntäpäätösten uusinnosta ovat olleet hyviä, mikä osaltaan todistaa toimivasta kertaus- ja täydennyskoulutuksesta.

Pätevöittämismenettelyyn hienosäätöä

Voimassa olevat ohjaajien pätevöittämismenettelyt on otettu käyttöön vuonna 2006. Ne arvioitiin tänä vuonna YVL-ohjeiden uudistuksen yhteydessä ja todettiin toimiviksi. Ohjaajien rooli on käytöturvallisuuden kannalta tärkeä, ja siksi STUKin on syytä jatkossakin käyttää resursseja heidän pätevöittämisensä valvontaan.

YVL-ohjeiden uudistustyössä ohjaajien pätevöittämismenettelyihin sovittiin kuitenkin joitakin muutoksia.

Nykyisin STUK valvoo simulaattorikokeen järjestelyjä pistokoeluontoisesti. Työtaidon osoitus on kuitenkin keskeinen pätevyysarvioinnissa. Tulevaisuudessa STUK valvookin kokeita nykyistä tiiviimmin.

Suulliseen kuulusteluun osallistuu nykyisin lähinnä voimayhtiön käyttöyksiköiden edustajia. Suunnitelmissa on laajentaa ryhmää esimerkiksi turvallisuusinsinöörillä tai koulutusyksikön asiantuntijalla ensimmäisellä pätevöittämiskerralla rakenteilla olevalla ydinvoimalaitoksella.

Jatkossa suulliseen kuulusteluun sisältyy pakollinen laitoskierros vain ensimmäisellä kerralla ja nykyistä laajempaan. Hyväksynnän uusinnan yhteydessä laitoskierros on valinnainen ja kohdistuu mahdollisiin laitos- ja järjestelmämuutoksiin. ❖

Jouko Mononen on Loviisan voimalaitoksen käytönvalvontapäällikkö Säteilyturvakeskuksen Ydinvoimalaitostenvalvonta-osaston Käyttöturvallisuus-yksikössä.

Olkiluoto 3:n simulaattorikoulutus alkaa 2012

Rakenteilla olevalla Olkiluoto 3-yksiköllä on oltava riittävä määrä hyväksyttyjä vuoropäälliköitä ja ohjaajia ennen kuin polttoaineen lataaminen reaktoriin voidaan aloittaa. STUK myönsi yksikön tulleille ohjaajille harjoittelijaluvat tänä vuonna. Koulutus alkaa vuonna 2012.

Olkiluoto 3:n automaatiojärjestelmien suunnittelun myöhästymisen on viivästyttänyt myös koulutussimulaattorin rakentamisen aikataulua. Simulaattorin on oltava käytettävissä viimeistään vuotta ennen polttoaineen latausta reaktoriin.

Olkiluoto 3:n simulaattorissa valvonta ja ohjaus toteutetaan laitoksen tulevan valvomoratkaisun mukaisesti pääosin näyttöpäätteillä. Koska valvomo ja simulaattori poikkeavat perinteisestä paneelivalvomosta, STUK analysoi kokeiden nykyiset arviointimenetelmät ja niiden soveltuvuuden uuteen ympäristöön.

Mallinnus näyttää

YDINKOESAASTEIDEN LEVIÄMISEN SUOMEEN

Ilmatieteen laitos on laskenut tietokonemalleilla, miten 1950- ja 1960-luvuilla ilmakehässä tehdyistä ydinasekokeista saattoi levitä radioaktiivisuutta Suomeen. Ydinasekokeiden laskeumaa näkyi etenkin Lapissa.



Maailmalla on tehty yli 2 000 ydinkoetta. Kuvassa USA:n ydinkoe Bikinin atollilla Tyynellä valtamerellä 25.7.1946.

Vuosina 1955–1962 Neuvostoliitto teki kaikkiaan 91 ydinasekoetta ilmakehässä Novaja Zemljan alueella Pohjoisella jäämerellä. Ilmatieteen laitoksen tänä syksynä tekemien ilmamassojen leviämismallinnusten mukaan näistä 14 tapauksessa radioaktiivisuutta on saattanut tulla suoraan Suomeen.

Analyysi ensimmäinen lajiaan Suomessa Mallinuksissa ilmamassojen kulkeutumislaskelmat laskettiin viiden päivän ajanjaksolle aikaisemmin mallinnettujen sää-tietojen pohjalta. Laskelma tehtiin jokaiselle päivälle, jolloin Novaja Zemljalla suoritettiin ydinkoe.

Tulosten mukaan vuosina 1955–1958 tehdyistä kokeista viidestä on saattanut levitä radioaktiivisuutta Suomeen.

”Niinä vuosina vasta suunniteltiin ilmakehän radioaktiivisuuden seurantajärjestelmää, joten mittaustuloksia asiasta ei ole”, sanoo Ilmatieteen laitoksen tutkimuspäällikkö **Jussi Paatero**.

Suomessa radioaktiivisuuden seuranta ympäristössä aloitettiin vuonna 1959 ja ensimmäiset ihmisen radioaktiivisuust mittaukset Lapissa tehtiin vuonna 1961.



”Vuosien 1955–1958 ydinkokeista ei ole mittaustuloksia”, Jussi Paatero sanoo.

Vuonna 1962 Novaja Zemljalla tehtiin peräti 36 ydinkoetta. Ilmatieteen laitoksen tulosten perusteella yhdeksän kokeen saastepilvi kulkeutui Suomeen tai sen lähialueille.

”Joulun 1962 koesarjan kulkeutumisesta Suomeen on myös mittaustuloksia. Ivalossa mitattu beetasäteily nousi kuusinkertaiseksi normaalitasostaan.”

Mallinnus tehtiin myös kahdesta maan-



”Cesiumaktiivisuus on laskenut meillä tasolle ennen Tšernobyliä”, Maarit Muikku sanoo.

alaisesta ydinkokeesta, joista on vuotanut radioaktiivisuutta: Kazakstanin Semipalatsinskissa vuonna 1966 ja Novaja Zemljalla vuonna 1987. Molempien kulkeutumislaskelmat osoittavat kohti Suomea, ja molempina kertoina Suomessa mitattiin kohonutta beeta-aktiivisuutta muutama päivä kokeen jälkeen.

Paateron mukaan analyysi on ainakin Suomessa ensimmäinen lajiaan.

”Laskelmissa on käytetty aika karkeata leviämismallia. Vastaavaa analyysiä voisi kokeilla Silam-leviämismallilla, jota käytämme jatkuvasti partikkeleiden ja radioaktiivisten aineiden leviämisen mallintamiseen. Malli on optimoitu pohjoisille leveysasteille, ja se voisi antaa tiedot myös aktiivisuuspitoisuuksista”, Paatero sanoo.

60-luvun säteilytaso olisi nyt jymyutuinen

Keinotekoisien radioaktiivisuuden tärkein mittari on cesiumin isotooppi 137. Sitä tuli ydinkokeista ja rikastui varsinkin poronlihaan porojen syömän jäkälän kautta.

”Systemaattisesti radioaktiivisuutta ryhdyttiin Suomessa mittaamaan 1960-luvun alusta ympäristönäytteistä, ravinnosta ja ihmisistä”, toteaa Säteilyturvakeskuksen Ympäristötutkimus-laboratorion johtaja **Maarit Muikku**.

Pohjois-Lapin poronhoitajat tulivat erityistarkkailuun vuodesta 1961, ja heistä mitattiinkin moninkymmenkertaista cesiumaktiivisuutta verrattuna pääkaupunkiseudun vertailuryhmään.

Korkeimmat radioaktiivisuustulokset mitattiin vuonna 1965, jolloin poronhoitajaryhmän keskimääräinen cesiumaktiivisuus oli 45 000 becquereliä. Suurin mittaustulos oli lähes 100 000 becquereliä. Samaa aikaan helsinkiläisten cesiumaktiivisuus pysyi koko ajan reilusti alle 1 000 becquerelin.

”Vastaavanlaiset luvut kuin mitä mitattiin Lapissa 1960-luvulla olisivat tänä päivänä suuri uutinen”, Muikku toteaa.

Ilman Tšernobyliä ydinkokeista näkyisi jälki

Huippulukemien jälkeen cesiumaktiivisuus laski nopeasti. Keväällä 1986 siitä oli jäljellä enää kymmenesosa, kun poronhoitajaryhmästä mitattiin noin 4 000 becquerelin keskiarvo. Sitten tuli Tšernobylin onnettomuus ja peitti muut radioaktiivisuusarvot alleen.

Tšernobylin laskeuma vaihteli paljon alueellisesti. Suurimmat cesiumaktiivisuudet mitattiin taas poronhoitajista ja paljon luonnontuotteita syövästä henkilöstä eniten laskeumaa saaneella alueella keskisessä Suomessa. Paljon sieniä, marjoja, kalaa ja riistaa syöville henkilöillä keskimääräinen aktiivisuus oli 11 000 becquereliä. Myös poronhoitajien ryhmässä keskiarvo kohosi yli 10 000 becquereliin.

”Tänä päivänä suomalaisten cesiumaktiivisuus on laskenut tasolle ennen Tšernobyliä ja on keskimäärin 100–200 becquereliä. Poikkeuksena ovat paljon luonnontuotteita syövät henkilöt eniten laskeumaa saaneella alueella”, Muikku toteaa.

”Ilman Tšernobylin onnettomuutta pystyisimme todennäköisesti edelleen mittaamaan vähäistä cesiumaktiivisuutta ydinkokeista. Tšernobylistä ja ydinkokeista yhteensä aiheutuva säteilyaltistus on enää alle prosentti suomalaisten keskimääräisestä vuotuisesta säteilyannoksesta.” ❖

Valvonta toimii ydinkoekieltosopimusta odotellessa

Mikään maa ei voi tehdä ydinkokeita muiden tietämättä. Kaikki ydinkokeet kieltävä kansainvälinen ydinkoekieltosopimus (Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty, CTBT) ei tosin vielä ole astunut voimaan. Sen määrittämä maapallon kattava valvontajärjestelmä kuitenkin toimii kuin sopimus olisi jo voimassa.

Kun ydinkoekieltosopimuksesta sovittiin vuonna 1996, maailmassa oli tehty kaikkiaan yli 2 000 ydinkoetta. Ilmakehässä tehtävät ydinkokeet oli kielletty kansainvälisellä sopimuksella jo vuonna 1963, mutta Kiina ja Ranska eivät koskaan liittyneet siihen.

CTBT astuu voimaan, kun siihen on liittynyt 44 erikseen mainittua maata, joilla lasketaan olevan osaamista ydinaseen rakentamiseen. Ryhmään kuuluvat muun muassa kaikki ydinvoimavaltiot. Suomi ratifioi eli vahvisti sopimuksen kansallisella tasolla vuonna 1999. Tähän mennessä CTBT-sopimuksen on allekirjoittanut 182 maata ja ratifioinut 155.

Vaadituista maista Intia, Pakistan ja Pohjois-Korea eivät vielä ole allekirjoittaneet sopimusta. Kaikki kolme ovat tehneet ydinkokeita vuoden 1996 jälkeen.



Yhdysvallat, Kiina, Iran, Israel, Indonesia ja Egypti puolestaan ovat allekirjoittaneet, mutta ratifiointi puuttuu.

CTBT:hen liittyen on rakennettu noin 350 mittausaseman verkosto, joka katkaa maapallon kaikki mantereet ja meri-alueet.

”Asemat keräävät jatkuvasti seismisiä tietoja maaperästä, hydroakustisia tietoja merenpinnan alta ja infrääniä ilmakehästä. Lisäksi ne mittaavat maanalaisissa kokeissa syntyviä radioaktiivisia jalokaasuja ja muita radionuklidejä”, sanoo ylitarkastaja Mikael Moring Säteilyturvakeskuksen Ydinjätteiden ja ydinmateriaalien valvontaosastolta.

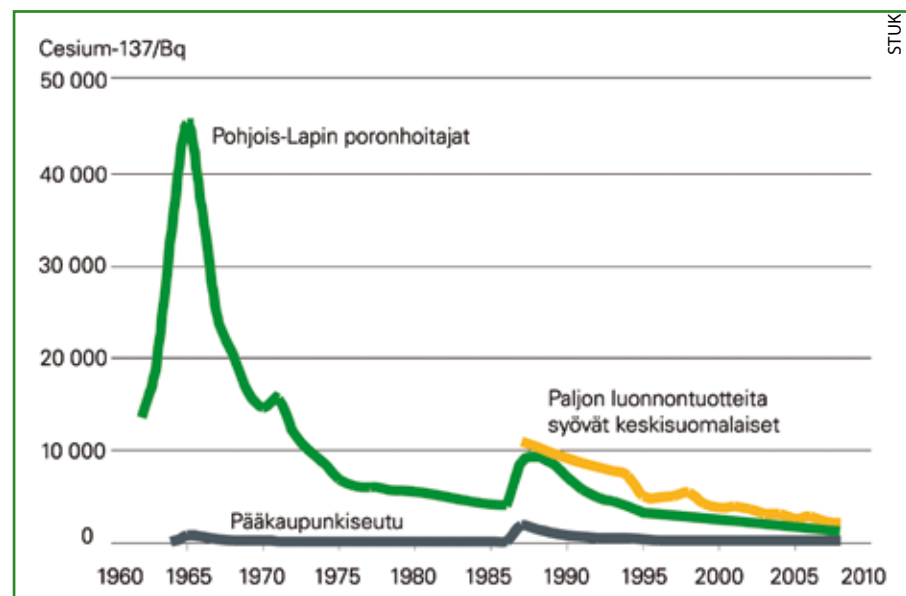
Suomessa valvontaverkkoon kuuluu Seismologian laitoksen mittausasema Sysmässä. Säteilyturvakeskuksen radionuklidilaboratorio analysoi hiukkasnäytteitä. Jokaisessa CTBT:hen kuuluvassa maassa on siitä vastaava kansallinen viranomainen, Suomessa ulkoasiainministeriö, ja kansallinen tietokeskus, jota Suomessa ylläpitää Säteilyturvakeskus.

Kaikki mittaustiedot lähetetään Wienissä sijaitsevaan sihteeristöön. Esimerkiksi Pohjois-Korean vuonna 2009 tekemä koe todennettiin yli 10 mittausasemassa.

”Jos ydinkoe on todennäköisesti tehty, CTBT-järjestö voi jäsenmaan pyynnöstä tehdä asiantuntijatarkistuksen paikan päällä. Sitä ei kuitenkaan voida tehdä ilman voimassaolevaa sopimusta”, Moring sanoo.

”Vaikka moni asia ydinkokeiden valvonnassa toimii jo nyt, kaikki olisi paljon selkeämpää, jos ydinkoekieltosopimus olisi virallisesti astunut voimaan.”

”Ydinkokeiden valvonta olisi selkeämpää, jos CTBT olisi virallisesti astunut voimaan”, Mikael Moring toteaa.



Cesium-137:n aktiivisuus pääkaupunkiseudun väestöä edustavassa ryhmässä, Pohjois-Lapin poronhoitajissa ja paljon luonnontuotteita syövässä keski-suomalaisissa.

PII-ILMAISINTEKNIikka avaa uusia ovia säteilyn mittaamiseen

Hiukkasfysiikan tutkimuskeskuksessa CERNissä hyödynnetään suomalaista piiosaamista uusilla tavoilla. Pii-ilmaisintekniikan kehitys voi merkitä edistysaskelia esimerkiksi säteilyn mittaamisessa ja sädehoidossa.

Genevessä sijaitsevassa CERNissä työskentelevä pii- ja puolijohdetutkija **Jaakko Härkönen** väiteli aurinkokennojen valmistustekniikasta. Tutkimus vei huippuosaajan CERNiin, koska aurinkokennot ja CERNin tutkimusasemilla käytettävät pii-ilmaisimet ovat keskenään läheistä tekniikkaa.

”Minun tehtäväni on löytää menetelmiä, joilla puolijohdesta tehdään paremmin säteilyä kestävä.”

Herkempiä säteilymittareita

Suomalaisten piitutkijoiden työ CERNissä keskittyy erityisesti CMS-asemalle, joka on yksi maailman suurimman hiukkaskiihdyttimen LHC:n tutkimusasemista.

Koeaseman mittalaitteet on asennettu tynnyrin muotoisesti kerroksittain. Sisin mittalaite koostuu pii-ilmaisimista. Kun hiukkaskiihdyttimen törmäyttämät protonit osuvat pii-ilmaiseimeen, ne menettävät osan liike-energiastaan. Energia muuttuu puolijohdteessa sähköiseksi varaukseksi. Sitä mittaamalla voidaan määrittää ilmaisimen kohta, johon hiukkanen on osunut.

CMS-koeaseman sisimmässä mittalaitteessa on havaintomateriaalina kaikkiaan yli 200 neliometriä piitä, jolla muodostetaan kolmiulotteinen kuva protonisuihkujen törmäyksessä syntyneiden hiukasten radoista.

Pii-ilmaisimet ovat hyvin herkkiä. Tätä hyödynnetään säteilyn mittaamisessa.

”Monien säteilymittarien pitää olla hyvin herkkiä ja seuloa luonnon taustasäteilyä. Herkkien mittalaitteiden kehittämisessä piidetektorit voivat näyttää kyntensä.”



Suomalaisittain merkittävimpään asemaan CERNissä on noussut Dan-Olof Riska, joka on CERNin hallintoneuvoston varapuheenjohtaja.



”Useat CERNin hiukkastutkimuksen sovellukset hyödyttävät lääketiedettä, fysiikkaa ja esimerkiksi avaruustiedettä”, tutkija Jaakko Härkönen sanoo.

teilyä. Herkkien mittalaitteiden kehittämisessä piidetektorit voivat näyttää kyntensä.”

Kohti säteilyn kestäviä pii-ilmaisimia

Pii on ilmaismateriaalina erinomaista, koska sitä osataan valmistaa erittäin puhtaina kiteinä, Härkönen sanoo.

Hiukkassäteily aiheuttaa kuitenkin kidevirheitä piihinkin.

”Kidevirheet vaikuttavat ilmaisinten toimintaan samoin kuin, jos digikameran kuva alkaisi pikkuhiljaa muuttua rakeiseksi ja lopulta häviäisi kokonaan kohtaan.”

Juuri paremmin säteilyä kestävien pii-ilmaisimien kehittämisessä Härkönen työtovereineen on saavuttanut edistysaskelia.

Tarkempaa sädehoitoa

Esimerkkeinä muista pii-ilmaisintekniikan sovelluksista Härkönen mainitsee

lääketieteen sädehoidon ja kuvantamistutkimukset.

Perinteinen sädehoito lineaarikiihdytimillä on haastavaa. Röntgenannoksen on oltava riittävän suuri vaikuttaakseen kasvaimeen. Kuitenkin röntgen liian isona annoksena polttaa ihoa ja aiheuttaa sivuvaikutuksia. Säteilyä on vaikeaa saada menemään perille kasvaimeen, sillä annosta ei voi kasvattaa loputtomiin, koska terve kudoksen saa osan säteilystä.

Protoneina annettava sädehoito voidaan kohdistaa tarkemmin sairaaseen kudokseen. Protonille on ominaista, että juuri ennen kuin protonin matka päättyy, syntyy suuri energiapiikki. Tämän piikin kohdistamisessa kasvaimeen voidaan hyödyntää pii-ilmaisintekniikkaa.

”Muuttamalla protonisuihkun energiaa säteilyannos voidaan kohdistaa halutulle syvyydelle, säädellä annosta ja kohdistaa tarkasti”, Härkönen sanoo. ♦

Suomalaiset määräänsä näkyvämpiä CERNissä

Euroopan ydinfysiikan tutkimusjärjestö CERN tutkii aineen perusolemusta. Suurimmat kysymykset koskevat hiukkasfysiikan standardimallia, jonka ratkaisevan tekijän, Higgsin hiukkasen, löytymistä odotetaan.

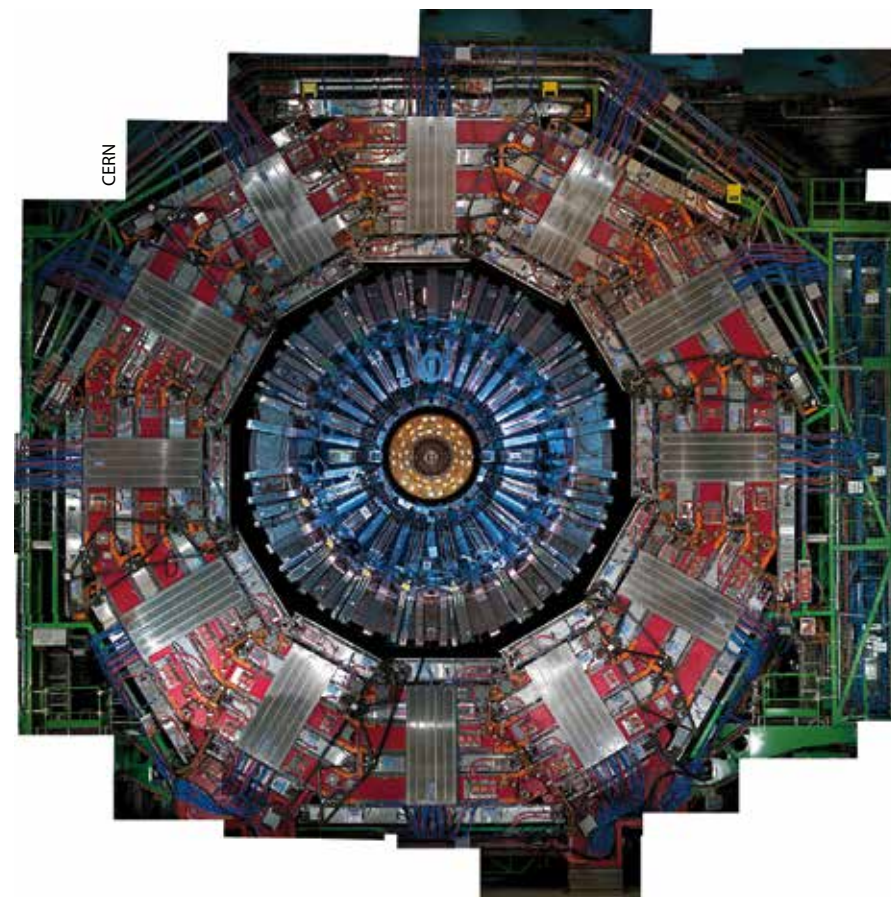
Yksi CERNin merkittävimmistä innovaatioista on kuitenkin WorldWide-Web, jonka tutkija Tim Berners-Lee keksi vuonna 1990.

Suomi liittyi järjestöön 1991. Suomen osallistumista CERNin projekteihin hoitaa Fysiikan tutkimuslaitos (HIP). Suomalaisittain merkittävimpään asemaan CERNissä on noussut Dan-Olof Riska, joka on CERNin hallintoneuvoston varapuheenjohtaja ja Fysiikan tutkimuslaitoksen johtaja.

Riskan mukaan Suomen CERN-strategiana on pitää yllä korkeaa profiilia kansainvälisessä ydin- ja hiukkastutkimuksessa, tehdä tutkimusta kiihdyttimissä, havainnointilaitteissa ja tietotekniikassa sekä järjestää tutkija- ja tutkimuskoulutusta.

CERNin kautta myös suomalaisyritykset pääsevät tarjoamaan osaamistaan. Suomalaisyritysten kädenjälki näkyy esimerkiksi LHC-kiihdyttimessä.

Suomalaistutkijoita CERNissä on muutama kymmenen. Suomalaisten panos näkyy tieteellisissä julkaisuissa ja erityisesti CMS-koeaseman toiminnassa. Lisäksi Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksen panos näkyy ISOLDE-tutkimusasemalla, jossa tuotetaan ja tutkitaan erilaisia radioaktiivisia hiukassuihkuja eri sovelluksia varten.



CMS on yksi maailman suurimman hiukkaskiihdyttimen LHC:n koeasemista. Koeaseman mittalaitteet on asennettu tynnyrin muotoisesti kerroksittain. Sisin mittalaite koostuu pii-ilmaisimista.

CERNIN PALOMIEHELLÄ dosimetri kulkee matkassa

Mikko Karvonen on yksi Euroopan hiukkasfysiikan tutkimuskeskuksen CERNin palokunnan peräti kahdeksasta suomalaisesta palomiehestä.

Mikko Karvonen aloitti viiden vuoden työkomennuksensa Sveitsin Genevessä sijaitsevasa CERNin tutkimuskeskuksessa keväällä. CERNiin hän lähti hakemaan uusia kokemuksia 15 vuoden palomiesuran jälkeen. ”Opiskelin ranskaa puoli vuotta ennen tänne tuloa.”

CERNin palokunta on eräänlainen tehdaspalokunta, jonka 50 hengen miehistö koostuu yhdeksän eri maan ammattilaisista. Toimialueeseen kuuluu koko CERNin alue, mukaan lukien hiukaskiihdytin LHC:n eri tutkimusasemat ja tilat.

”Palomiehellä on CERNissä vähän poliisin roolia”, Karvonen sanoo.

Palokunta valvoo muun muassa suljetuja tiloja, joissa voi olla normaalia matalampi happipitoisuus tai räjähtäviä kaasuja. Käytäntönä on, että mittauksen jälkeen palokunta myöntää työluvan alueelle.

Yhtenä erikoisena valvontatehtävänään palokunnan partio kiertää öisin mittaamassa roskasäiliöiden säteilypitoisuuksia. Säteilykohteiden varalle on erityiset ohjeet.

”Jos löydetään radioaktiivinen kohde, alue eristetään huomionauhalla ja ilmoitetaan säteilysuojeluun erikoistuneelle RadioProtection-osastolle, joka tulee ja hoitaa asiaa. Päivystävä asiantuntija kertoo, mitä tehdään.”

Vaarallinen hiukaskiihdytin

CERNin palokunnan kannalta raskaan sarjan kohteita on esimerkiksi paloaseman vieressä oleva ISOLDE-koeasema, jossa hiukassuihku muutetaan radioaktiiviseksi. Säteilevät materiaalit ovat siellä betonien ympäröiminä.

CERNissä on maailman suurin hiukaskiihdytin LHC, jonka halkaisija on 17 kilometriä. LHC:n hiukassuihkun tehoa kuvaa, että se osuessaan höyrystäisi ihmisen ja sulattaisi tonnin lyijyä. LHC:n vaaroina ovat voimakas säteily, magneettikentät ja kylmyys, sillä se toimii 273 miinusasteen lämpötilassa.

Sadan metrin syvyydessä sijaitsevan kiihdyttimen ollessa toiminnassa tunneliin pääsy voi kestää tunteja tai jopa päiviä. Yleensä se edellyttää lupaa RadioProtection-osastolta. Nopea sisäänpääsy tulee kysymykseen vain, mikäli tunnelissa on pelastettavia ihmisiä.

”LHC:ssä on sellaiset radioaktiivisuuspitoisuudet, kun hiukaskiihdytin on toiminnassa, ettei sinne ole menemistä. Turvajärjestelmien takia käytännössä koko koe pysähtyy, kun LHC:n lähelle mennään”, Karvonen kertoo.

Altistusta valvotaan jatkuvasti

Palomiehen tärkeä työkalu CERNissä on dosimetri, joka kertoo säteilystä. Do-

simetrejä tarvitaan liikuttaessa tietyillä alueilla. Jokaisella palomiehellä on henkilökohtainen dosimetri, joka valvoo jatkuvaa altistumista. Sen tiedot tulee luetuttaa joka kuukausi.

”Lisäksi kannamme mukana keikoilla ’operational dosimetria’, joka hälyttää, mikäli säteilyarvot nousevat.”

Karvonen kertoo, että säteilyssä on palomiehen kannalta kolme perusasiaa: aika, etäisyys ja suojaus. Palopaikalla on hyvin vaikea havaita säteilyä, mikäli palomiehellä ei ole mukanaan tarkoitukseen soveltuvia ilmaisimia tai asiasta ei ole etukäteen tietoa.

”Alfasäteily on sellaista, että se pysähtyy paperipyyhkeeseenkin, siitä ei ole vaaraa. Gammasäteily taas läpäisee betoninkin. Tärkeää lähestymisessä on tiedustelu, omat detektorit sekä asteittainen lähestyminen.”

Siitä eteenpäin tarvitaan rakennuksen pohjapiirroksia: on arvioitava, millä etäisyydellä lattia ja katto ovat ja pystytäänkö säteilylähdeä siirtämään.

”Pieniä lähteitä voidaan siirtää lyijysäiliöön pitkien pihtien kanssa.”

Suomen palokunnissa säteilytietämys on hataraa

Mikko Karvosen on pitänyt kaivaa muististaan suomalaisen palomieskoulutuk-



”Palomiehellä on CERNissä vähän poliisin roolia”, Mikko Karvonen sanoo.

PALOKUNNAN PARTIO KIERTÄÄ ÖISIN MITTAAMASSA ROSKASÄILIÖIDEN SÄTEILYPITOISUUKSIA.

sen opit säteilystä. Hänen pelastajakursillaan säteilystä annettiin lyhyt teoriapaketti. Käytännön harjoittelua ei juuri ollut.

”15 vuoden aikana työelämässä en saanut säteilystä mitään koulutusta tai käytännön kokemusta. Suomessa palokunnissa ollaan säteilyasioiden suhteen vielä aika hataralla pohjalla, ja tulinkin CERNiin tästä aiheesta lähes maallikkona.”

”Suomessa pelastus- ja viranomais toiminnan suurin käytännön tietotaito säteilyyn taitaa edelleen löytyä Puolustusvoimilta, tosin kuulemani mukaan Fukushima onnettomuuden jälkeen asiaan on kiinnitetty enemmän huomiota myös pelastuslaitoksissa.” ❖

Sisukas paluu palomieheksi

Mikko Karvonen valittiin Suomessa vuoden palomieheksi 2010. Valintaperusteena oli muun muassa urheutta ja uhrautuvaa palomieshenkeä osoittava teko.

Vuonna 2006 sattunut työtapaturma muutti Karvosen elämän. Työtehtävässä tehdyn virhearvion seurauksena olivat erittäin vakavat palovammat. Kolmannes Karvosen ihosta paloi varusteiden läpi, ja lisäksi hän sai kuumien palokaasujen hengittämistä aiheuttaneita vammoja. Keho on ollut Karvosen sanoin aikamoinen palapeli, kun sitä on rakennettu uudelleen kuntoon.

Karvonen toipui takaisin savusukeltajaksi ja opiskeli onnettomuuden jälkeen ammattikorkeakoulussa myös turvallisuusalan ammattitutkinnon. Nyt hän jatkaa työn ohessa opintojaan Isossa-Britanniassa Leicesterin yliopiston maisteriohjelmassa.

Tulokoulutus läpi täysin pistein

Säteilyasioihin perehtynyt toimittaja osallistui ydinvoimalan tulokoulutukseen – ja yllättyi.

Olkiluodon suuren voimalaitosalueen portit herättävät kunnioitusta ja pientä hämmennystä. Olen menossa Teollisuuden Voiman (TVO) tulokoulutukseen, miten siis toimia ja missä ilmoittautua? Pääportin vartijoille tulokoulutus on tuttu juttu, koulutettuja on jo tuhansia:

”Portaat vain ylös toiseen kerrokseen”, minua opastetaan.

Viitisentoista henkeä istuu pöytien ääressä. Kello on puoli kahdeksan maanantaiamuna.

Olkiluodossa tulokoulutuksia järjestetään useana päivänä viikossa. Koulutuksen saavat kaikki voimalaitosalueella työskentelevät siivoojista insinööreihin. Koe täytyy uusia kolmen vuoden välein.

”Koulutus järjestetään nyt suomeksi, onko tämä kaikille selvää?” kouluttaja, säteilyvalvoja **Katja Valtonen** varmistaa.

Hän kysyy saman vielä englanniksi. Kaikille sopii. Tulkin kanssakin koulutukseen pääsee muttei maanantain ryhmään.

Kokonaisuus alkaa hahmottua

Katja Valtosen ote on napakka. Kaksi tuntia kestävässä koulutuksen yleisessä osassa käydään läpi paljon asiaa eikä vain pinnapuolisesti. Kuva Olkiluodon voimalaitosalueen kokonaisuudesta hahmottuu. Alueella on jopa kalastukseen sopivia osia. Uiminen ei todellakaan ole päällimmäisenä mielessä, mutta tämä jää mieleen:

”Alueilta, joista lauhdevettä otetaan sisään ja lasketaan ulos, ei voi mennä uimaan. Virtaukset ovat todella voimakkaat.”

Kahden vanhemman laitoksen rinnalle nousee OL3. Sen tilavuus on kymmenen eduskuntataloa, ja laitos tulee tuottamaan kymmenen prosenttia valtakunnan sähköstä.

”Nyt ovat menossa asennustyöt. Polttoaineen lataaminen alkaa vuoden 2012 loppu ja käyttö 2013.”

Laitos kuin suuri vedenkeitin

Valtonen esittelee Olkiluodon laitosten toimintaperiaatteet. Tämähän olisi varmaan pitänyt tietää, mutta en ollut koskaan tullut ajatelleeksi, että ydinvoimalaitoksen työnä on veden keittäminen.

”Nämä ovat kiehumusvesireaktoreita”, Valtonen kertoo.

Erilaiset luolat ja ydinjätteen varastot itse voimalaitosalueella menevät hiukan sekaisin mielessäni. Posivan tehtävä sen sijaan selkenee. Olkiluodon kallioperää on tutkittu noin 20 vuotta, ja loppusijoitus on tarkoitus aloittaa vuonna 2020.

Tämäkin tuntuu uudelta asialta, vaikka olen varmaan sen kuullutkin: Onkalo on tutkimustila, sinne ei sijoiteta mitään. Itse loppusijoitus tehdään tunneleihin 420 metrin syvyyteen.

Improvisoinnille selvä ei

Valtonen luotsaa meidät läpi ydinvoimalatyöskentelyn periaatteiden.

”Ota selvää, mitä sinun tulee tehdä”, hän korostaa.

Ydinvoimalassa työskentelyssä ei ole sijaa improvisoinnille. Kaikista poikkeamista sekä laatu- ja turvallisuuspuutteista pi-

tää ilmoittaa havaintokorteilla. Edes salassapitosopimuksen alaiset asiat eivät rajoita näiden ongelmien esille ottamista.

Vuosihuollon tavoitteena on laitoksen häiriötön käyttö vuodeksi. Seisokin ajaksi reaktio on keskeytetty, ja jopa 1 500 henkeä työskentelee tarkan järjestyksen mukaan. Huoltotöissäkin virheen seuraukset voivat yllättää. Esimerkiksi putkistoon vahingossa joutuneet hiontalastut voivat polttoainesauvojen ympärillä vaurioittaa suojakuoria. Silloin polttoainesauvat menevät vaihtoon.

”Lusikallisesta hiontapölyä voi tulla miljoonavahinko”, Valtonen kiteyttää.

Inhimillinen virhe aiheuttaa eniten ongelmia:

”On muistettava, että oma työ voi vaikuttaa laitoksen toimintaan koko sen käyttöajan.”

Ensimmäinen tentti kirkkaasti läpi

Ja sitten tenttiin. Selviän yleisen osan läpi täysin pistein!

Kaikilla tentti ei suju yhtä hyvin. Koulutuksessa istuu kaksi työntekijää, joilla suomen kielen taito ei selvästikään riittänyt. Tulkki oli mukana, muttei tulkannut.

Valtonen pysyy tiukkana: hän kiittää ja toivottaa tervetulleeksi tulkin kanssa koulutukseen uudelleen seuraavana päivänä. Ydinvoimalassa ei olla leikkimässä.

Säteily saa mittasuhteet

Koulutus jatkuu. Säteilysuojeluosuudessa selviää, mikä on suomalaisen taustasta teilystä saama keskimääräinen säteilyan-

nos ja millaisia annoksia ydinvoimalassa voi saada.

Valtonen takoo päähän *aseen* säteilyltä suojautumiseen: *aika, suoja ja etäisyys*. Lyhyt altistus aika merkitsee pienempää altistusta, säteilyä voi välttää peittämällä kohteen lyijyllä, ja etäisyys, vaikka käden ojentaminen, vaikuttaa jo saatuun annokseen.

Suoja-asullekin on säännöt

Valvonta-alueelle ei ole juuri menemistä ilman säteilytyölupaa. Myös kenkäräja tulee tutuksi: siellä puetaan ja riisutaan suojavarustus. Kontaminaatiota ei siis levitetä edelleen esimerkiksi kengänpohjissa.

Katsomme jälleen yhden asiaa hyvin havainnollistavista videoista. Suoja-asun riisumisessa on tietty järjestys. Ensin poistetaan teippaukset ranteista, sitten kumihanskat, suojahaalari, hengityssuojain, kengänsuojat ja viimeiseksi puuvillaiset aluskäsineet. Valvonta-alueelta poistutaan vaatteisiin ja ihoon tarttuneita radioaktiivisia aineita mittaavan laitteen kautta.

Valvonta-alueella jokaisella on mukanaan annosmittari, henkilökohtainen termoloistedosimetri ja hälyttävä elektroninen annosmittari. Mahdollista sisäistä annosta seurataan pääportilla sisäisen kontaminaation mittalaitteella.

Tutuksi tulevat värikoodit vihreä, punainen ja oranssi. Vihreä tarkoittaa, että erityisiä suojavarusteita ei tarvita. Oranssi ja punainen merkitsevät, että säteilylähteen suojaaminen, aika ja etäisyystekijät ovat tärkeitä.

Toinen tentti ja melkein tuskanhiki

Päivän toinen tentti, joka meni jälleen läpi. Säteilyasioiden hallinta vaati jo huomattavasti enemmän miettimistä, mutta siitäkin irtosi leima paperiin.

Kello on melkein kaksitoista. Jos takataskussani olisi myös turvallisuusselvitys, huumeselvitys ja työturvallisuuskortti, voisin jo saada kulkuluvan alueelle. Turvallisuus on tiukassa. ❖



Säteilyvalvoja Katja Valtonen on selkeäsanainen kouluttaja.

Koulutuksessa yhteiset sävelet

Tulokoulutus perustuu Säteilyturvakeskuksen ydinlaitoksen turvallisuutta koskeviin YVL-ohjeisiin, ja sitä järjestävät sekä Teollisuuden Voima (TVO) Olkiluodossa että Fortum Loviisan ydinvoimalaitoksessa. Voimayhtiöt tekevät yhteistyötä: esimerkiksi Olkiluodossa suoritettu tulokoulutus hyväksytään myös Loviisassa. Erojakin on. TVO:n tulokoulutuksessa säteilysuojeluosuus on pakollinen valvonta-alueella työskenteleville. Fortumilla kaikki Loviisan laitoksen työntekijät käyvät läpi sekä yleisen osuuden että säteilysuojelukoulutuksen.

”Viikko käynnistyy koulutuksella maanantaisin kello 7.15”, koulutusryhmän päällikkö Toivo Kivirinta Fortumilta kertoo.

Koulutuksen käy Loviisassa vuosittain 1 500 henkilöä. Koulutusta järjestetään pääsääntöisesti suomeksi ja englanniksi, ja siihen voi osallistua myös tulkin kanssa. Kansainvälisistä urakoista johtuen loppukoe on käännetty peräti 13 eri kielelle.

TVO ja Fortum ovat yhdistäneet voimansa esimerkiksi joissakin koulutusvideoissa. Niissä on onnistuttu havainnollistamaan esimerkiksi sitä, miten pieni virhe voi johtaa kontaminaation leviämiseen.

”Tulokoulutuksesta saa hyvät lähtötiedot”, Kivirinta korostaa, mutta se on vasta alkua. Varsinaiseen työhön esimerkiksi urakoitsijat perehdytetään edelleen omassa koulutuksessaan.

Paikallistarkastaja on kehityksen NÄKÖALAPAIKALLA



Jorma Hietalahdella on hauska muistostandardisointityöstä 1970-luvulta: ”Työryhmän sihteerinä kirjoitin, että tarkastuskäynnistä pitää sopia etukäteen. Kun teksti tuli konekirjoituksesta, siinä luki, että tarkastuskäynnistä pitää sopia etukäteen.”

Koneinsinööri Jorma Hietalahti aloitti ydinvoimalaitosten paikallistarkastajan tehtävät 1970-luvulla Loviisassa. Lähes 40 vuodessa laitosmaailma on muuttunut, mutta paine-astoiden turvallisuusvaatimukset ovat pysyneet tiukkoina.

Jorma Hietalahti tuli töihin Säteilyturvakeskukseen, silloiselle Säteilyfysiikan laitokselle, vuonna 1972.

”Tulin mukaan, kun Loviisa 1:n reaktorin suojarakennuksen rakennustyöt olivat alkamassa.”

Vuonna 1976 hän siirtyi painelaitteita valmistavalle konepajalle. Vuonna 2008 Olkiluoto ja STUK kutsuivat jälleen, ja Hietalahti palasi paikallistarkastajaksi.

Hän on tarkastajantyön todellisia pioneereja. Kun vuosi sitten eläkkeelle jääneen tarkastaja **Kalevi Jääskeläisen** henkilökohtainen tarkastajan leimasin oli numero yksi, Hietalahden ”puumerkki” on STUK 2.

Tarkastajia monelta vuosikymmeneltä Hietalahti esittelee Olkiluodossa STUKin oman konttorin. Paikallistarkastajia on siellä hauska montaa sukupolvea.

”Meitä on kvartetissa 1940-, 1950-, 1960- ja 1970-luvuilla syntyneet tarkastajat. Minä olen keskittynyt Olkiluoto 3:een.”

Hietalahden työskentely on ollut alusta asti mekaanisten painelaitteiden, paine-astoiden ja putkistojen tarkastaminen. Työ on periaatteessa samaa edelleen, mutta spesifikaatiot ovat nyt yksityiskohtaisempia.

STUK valvoo erityisesti painelaitteiden turvallisuusluokkia I ja II eli kaikkein vaa-

tivimpia kohteita.

Hietalahden mukaan käyvien laitojen tarkastuksissa on selvinnyt, että pienetkin putkistovuodot voivat johtaa koko voimalan alasajoon.

”Se vahvistaa käsitystä, että kannattaa paneutua pieniinkin asioihin.”

Silmämääräinen tarkastus olennaista Laitostoimittaja kutsuu tarkastuksiin työn edetessä.

”Jos jo silmämääräisesti nähdään jotain vikaa, muuta tarkastusta ei tarvita.”

Silmämääräisen tarkastuksen jälkeen tehdään pintatarkastus tunkemaneestelä tai magneettijauheella. Aineen sisältä voidaan laitteita tutkia radiografialla tai ultraäänellä. Tarkastettavat painelaitteet ovat säiliöitä, putkistoja, lämmönvaihtajia, venttiilejä ja pumppuja.

Teknisen tarkastuksen rinnalla seurataan yhtä tarkasti dokumentointia. Paine-laitteiden tarkastukset alkavat suunnittelun hyväksymisestä. Rakennetarkastuk-

sesa todetaan, että komponenttien valmistus toteutetaan suunnitelman pohjalta. Lisäksi tarkastetaan asennukset ja niiden lopputulokset sekä tehdään paineko-keet putkilinjoittain.

”Kun putkistoja asennetaan, käydään välillä katsomassa, että asennuksessa todella noudatetaan tehtyä suunnitelmaa.”

Oleennaisia tarkastuskohteita ovat hitsausaumamat eli hitsit. Vaikka puutteet ovat harvinaisia, vastaan on tullut joitain tapauksia, joissa laatu ei ole riittänyt:

”On esimerkiksi hiottu perusainetta tai hitsiä liian ohueksi.”

Standardisointityö pitää ajan hermolla Hietalahti on ollut vuodesta 1995 Suomen edustajana standardisointityössä, joka aloitettiin Euroopassa 1990-luvulla painelaitedirektiivistä. Hän on myös standardisoinnin painelaitetoimikunnan puheenjohtaja.

”Standardisointityössä olen saanut hyvin käsitystä siitä, mihin suuntaan mennään.”

Monet suuret Euroopan maat ovat pitkään noudattaneet omia käytäntöjään.

”Pienet maat Suomi etunenässä ovat siirtyneet uusien standardien käyttöön. Se on ollut eurooppalaisille konepajoille yllätys.”

Erityisen isolla volyymilla uudet standardit näkyvät Olkiluoto 3:ssa, jossa painelaitteiden turvallisuusluokkien III ja IV vaatimukset perustuvat standardeihin.

Olkiluodossa ei ole todellisia epäonnistumisia

Olkiluodon kolmatta reaktoria rakentavan Arevan mukaan polttoaineen lataamisen pitäisi alkaa loppuvuonna 2012. Voimalaitoksen käyttö voisi alkaa vuoden 2013 lopulla.

Jorma Hietalahti suhtautuu arvioon varovaisesti:

”Edelleen putkistolinjoilta puuttuu komponentteja. Näin linjoja ei voida vielä sen enempää asentaa kuin tarkastaa.”

”STUKin arvio on myös ollut, että auto-

maation hyväksyttävyyden se perälauta, eivät mekaaniset putkistolinjat.”

Hän muistuttaa, että Olkiluoto 3 on Arevalle ensimmäinen laitos, jonka toteuttamisesta yhtiö on kokonaisvastuussa.

”Areva ei ole tottunut aktiiviseen viranomaiseen. Se on törmännyt sellaiseen ensi kertaa.”

Vaikka aikataulu on viivästynyt, kaikki toteutettu on kunnossa. Tarkastustoiminnan kannalta Olkiluoto 3:n viivästy-

minen ei ole ollut haitaksi.

”Voisin sanoa, että hiljaa hyvä tulee.”

”Me katsomme, että kaikki on kunnossa. Valmistaja tarkastaa oman työnsä, Areva tarkastaa osaltaan, luvanhaltija tarkastaa ja STUK vielä kerran. Silloin ei voi montaa asiaa jäädä meidän huomattavaksemme, jotain kuitenkin.”

Olkiluodon kolmannen reaktorin valmistumista ja käyttöönottoa Jorma Hietalahti seuraa kauempana työmaalta, sillä hän jää vuoden vaihteessa eläkkeelle. ❖



STUKin paikallistarkastaja Jorma Hietalahti (oik.) on tuttu mies hitsausvalvoja Karl-Heinz Bachnikille (kesk.) ja aluejohtaja Manfred Wieselerille (vas.), jotka työskentelevät Olkiluodon alueella putkistojen esivalmistuksessa.

Kansainvälinen työilmapiiri tuttua

Jorma Hietalahti on Olkiluodossa joutunut niin Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n kuin amerikkalaisen valvontaviranomaisen NRC:n asiantuntijoiden oppaaksi. Myös paikallinen työskentelyilmapiiri on todella kansainvälinen, ja siihen kuuluu tervehtiminen kädestä pitäen:

”Hansikas kului ranteesta, kun sitä piti repiä takaisin käteen”, Hietalahti nauraa kätelykulttuuria.

Vaikka työt ovat nyt kansainvälistyneet, erilaista ilmapiiriä haisteltiin jo Loviisan aikana 1970-luvulla. Hietalahti muistaa edelleen kokoushuoneiden kitkerän mahorkantuoksun, kun neuvotteluja käytiin neuvostoliittolaisten kanssa.



säteilytieteen
professori
vastaa

Kysy ja kommentoi! Voit lähettää STUKiin kysymyksiä tai palautetta sinua askarruttavasta säteily- tai ydinturvallisuutta koskevasta aiheesta osoitteesta: www.stuk.fi/sateilytietoa/ukk/fi_FI/lomake/ tai lähettää sähköpostia osoitteeseen: palaute@stuk.fi.



Aukeaman kuvat ScanStockPhoto

Miten paljon taloyhtiön etäluettava sähkömittari säteilee?

Etäluettava sähkömittari lähettää hyvin harvoin tekstiviestinä dataa. Säteilyn määrä on siten verrattavissa tilanteeseen, kun matkapuhelimella lähetetään tekstiviesti. Koska sähkömittari sijaitsee joko kellarissa tai asuinhuoneistossa seinällä

korkealla lattiasta, altistuminen sen säteilylle on paljon vähäisempää kuin kehon lähellä pidettävän matkapuhelimen säteilylle. Siten etäluettavan sähkömittarin hyvin vähäisestä säteilystä ei tarvitse olla huolissaan.

Kellarimme radonpitoisuus on mittauksen mukaan yli 1 500 becquereliä. Voimmeko säilyttää kellarissa juureksia ja muita elintarvikkeita, vai tarttuuko säteily niihin?

Kellarissanne voi hyvin säilyttää elintarvikkeita, vaikka siellä on korkea radonpitoisuus. Sisäilman radon on vaarallista vain hengitettynä. Se ei keräänny elintarvikkeisiin.

Asuintiloissa radonpitoisuuden sen sijaan pitää olla riittävän alhainen. Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen mukaan asunnon huoneilman radonpitoisuus ei saisi ylittää arvoa 400 becquereliä kuutiometrissä. Lisäksi uudet talot on rakennettava niin, että radonpitoisuus on alle 200 becquereliä kuutiometrissä. STUK on ehdottanut myös vanhoille asunnoille asetetun raja-arvon laskemista.



MITEN VALVOTAAN, ETTEIVÄT JAPANISTA TULEVAT TAVARAT, KUTEN ELEKTRONIikka JA AUTOT, SÄTEILE?

Japanin viranomaiset ovat Fukushimaon onnettomuuden jälkeen mitanneet maasta lähteviä vientituotteita. Suomessa puolestaan Tulli seuraa Japanista saapuvien tuotteiden säteilymääriä. Säteilymittaukset ovat itse asiassa osa Suomen Tullin normaalia toimintaa riippumatta Japanin tilanteesta tai tavarankäytön lähtömaasta.

EU:n komissio antoi keväällä suosituksen Japanista saapuvien tuotteiden säteilymittauksista. Suositus kuitenkin purettiin heinäkuussa, kun japanilaisissa tuotteissa ei ollut havaittu ylimääräistä säteilyä.

Mahdollinen Fukushima peräisin oleva radioaktiivisten aineiden laskeuma voisi näkyä tavaroiden tai tuotteiden pinnalla, jos ne olisivat olleet onnettomuuden jälkeen onnettomuusalueen lähellä. Jos mittauksissa jotakin näkyisi, niin tuote olisi todennäköisesti lähtenyt Fukushima lähialueelta keväällä 2011. Onnettomuusalue on kuitenkin evakuoitu noin 20 kilometrin säteellä, joten siellä ei valmisteta mitään tavaroita.



JULKAISIJA
Säteilyturvakeskus ■ www.stuk.fi

PÄÄTOIMITTAJA
Elina Martikka, Säteilyturvakeskus,
elina.martikka@stuk.fi

TOIMITUSSIHTEERI
Päivi Männikkö, Stellatum Oy,
paivi.mannikko@stellatum.fi

KUSTANTAJA
Stellatum Oy, Purotie 1 B,
03800 Helsinki, www.stellatum.fi

TILAUKSET JA OSOITTEENMUUTOKSET
Osoitteenmuutosta tehdessä muista ilmoittaa lehden nimi.
Tilaaajapalvelu/Alara
PL 115, 30101 Forssa
puh. 03 4246 5301
tilaaajapalvelu@stellatum.fi, www.stellatum.fi

TILAUSHINNAT SUOMESSA 2011
(neljä numeroa/vuosi)
Kestotilaus 43 € (laskutusväli 12 kk), 12 kk:n
määräaikaistilaus 46 €, irtonumero 12,50 €.

Hinnat ovat voimassa vuonna 2011 Suomeen tehtyihin tilauksiin. Kestotilauksena tilattu lehti toimitetaan tilaajalle tilausjakso kerrallaan ilman eri uudistusta, kunnes tilaaja joko muuttaa sen määräaikaiseksi tai irtisanoo tilauksen. Tilauksen hinta on tilausjakson alussa voimassa oleva hinta, joka on painettu lehteen. Kestotilauksen voi irtisanoa ennen uuden tilausjakson alkua. Jos tilaaja irtisanoo kestotilauksensa tilausjakson alkamisen jälkeen, on hän velvollinen maksamaan irtisanomisen voimaantuloon saakka lähetetyt lehdet. Jos laskutusjakso tai maksuerä on maksettu ennen irtisanomisen voimaantumista, tilaus päätetään maksetun jakson loppuun. Osoitetietoja käytetään ainoastaan Stellatum Oy:n omassa toiminnassa.

ASIAKASREKISTERI
Rekisterikuvaukset ja -seloste ovat nähtävissä Stellatum Oy:n tiloissa. Tilaaajan tietoja käytetään asiakassuhteen ylläpitoon ja hoitoon. Yhteydenotot tulee tehdä kirjallisina ja allekirjoitetuina em. osoitteeseen tai henkilökohtaisesti rekisterinpitäjän luona. Tilaaaja voi kieltää tietojensa käytön markkinointitarkoituksiin ja markkinatutkimuksiin ilmoittamalla asiasta tilaajapalveluun.

20. vuosikerta
ISSN 1235-1970

TAITTO
Annu Pörhönen, Stellatum Oy

PAINOTYÖ
Hämeen Kirjapaino Oy



Aikakauslehtien liiton jäsenlehti
Kansikuva: Hanna Kajander/IAEA



Säteilyturvakeskuksen julkaisut ovat sähköisessä muodossa STUKin kotisivuilla osoitteessa www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/

OHJEET

ST 1.10
Planering av strålkällors användningsutrymmer

ST 2.1
Safety in radiotherapy

ST 3.1
Hammasröntgentutkimukset terveydenhuollossa

ST 3.1
Tandröntgenundersökningar inom hälsovården

TUTKIMUSRAPORTIT

STUK-A 228
Vakavan ydinvoimalaturman aiheuttamat säteilyseuraukset. Toivonen H, Lahtinen J, Pöllänen R. (toim.)

STUK-A 250
Proteomics analysis of human endothelial cells after short-term exposure to mobile phone radiation. Nylund R.

STUK-B 138

Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radiactive Waste Management. 4th Finnish National Report as referred to in Article 32 of the Convention.

STUK-B 139

Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 2/2011. Kainulainen E. (toim.)

MUUT JULKAISUT

STUK OPASTAA, SYYSKUU 2011
Hammasröntgentoiminnan laadunvalvonta ja kuvaushuoneen säteilysuojaus

STUK OPASTAA, LOKAKUU 2011
KKTT-laitteen käyttö

Alaraa voi nyt lukea myös netissä sähköisenä näköislehtenä osoitteessa www.alara.fi

Kirjaudu palveluun antamalla tilausnumerosi, joka on painettu lehden takakannen osoitekenttään.

Lue ajankohtaista asiaa säteily- ja ydinturvallisuudesta – tilaa Alara!

♦ www.stellatum.fi
♦ tilaaajapalvelu@stellatum.fi
♦ puhelin: 03 4246 5301

Tilaushinnat Suomessa 2011 (neljä numeroa vuodessa):
kestotilaus 43 € (laskutusväli 12 kuukautta),
12 kuukauden määräaikaistilaus 46 €.



*Alaran toimitus
toivottaa
lukijoilleen
Hyvää Joulua
ja
Onnellista
Uutta Vuotta*