

alara

1 2008

AJANKOHTAISTA SÄTEILY- JA YDINTURVALLISUUDESTA



STUK50
1958-2008

ALARA

1 2008

A J A N K O H T A I S T A S Ä T E I L Y - J A Y D I N T U R V A L L I S U U D E S T A

JULKAISIJA

Säteilyturvakeskus
www.stuk.fi



TOIMITUS

PL 14, 00881 Helsinki
Puhelin (09) 7598 8210, faksi (09) 755 3738
alara@stuk.fi

PÄÄTOIMITTAJA

Elina Martikka
elina.martikka@stuk.fi

TOIMITUSSIHTEERI

Riikka Laitinen-Sorvari • riikka.laitinen-sorvari@stuk.fi

TOIMITTAJA

Leena Hietanen • leena.hietanen@stuk.fi

KUSTANTAJA

Stellatum Oy
Upseerinkatu 1, 02600 Espoo
www.stellatum.fi

TILAUKSET JA OSOITTEENMUUTOKSET

Tilaaajapalvelu/Alara
PL 115, 30101 Forssa
puh. (03) 4246 5340
tilaaajapalvelu@stellatum.fi
www.stellatum.fi

TILAUSHINNAT SUOMESSA 2008

Alara ilmestyy neljä kertaa vuodessa.

Kestotilaus 40 € (laskutusväli 12 kk),
12 kuukauden määräaikaistilaus 44 €,
irtonumero 12,50 €.

Kestotilauksena tilattu lehti tulee tilaajalle tilausjakso kerrallaan ilman eri uudistusta, kunnes tilaaja joko muuttaa sen määräaikaiseksi tai lopettaa tilauksen. Tilauksen hinta on tilausjakson alussa voimassa oleva hinta, joka on painettu lehteen. Tilauksen voi keskeyttää ennen tilausjakson loppua. Peruutus on tehtävä vähintään kaksi viikkoa ennen uuden tilausjakson alkamista. Mikäli peruutus ei saavu määräaikaan mennessä, laskutetaan tilaajan saamat lehdet. Tilausehdot löytyvät lehden jokaisesta numerosta. Osoitetietoja ei käytetä muussa kuin Stellatum Oy:n omassa toiminnassa.

ASIAKASREKISTERI

Rekisterikuvaus ja -seloste ovat nähtävissä Stellatum Oy:n tiloissa. Tilaajan tietoja käytetään asiakassuhteen ylläpitoon ja hoitoon. Yhteydenotot tulee tehdä kirjallisina ja allekirjoitettuina em. osoitteeseen tai henkilökohtaisesti rekisterinpitäjän luona. Tilaaja voi kieltää tietojensa käytön markkinointitarkoituksiin ja markkinatutkimuksiin ilmoittamalla asiasta.

TAITTO

Annu Pörhönen/Stellatum Oy
17. vuosikerta ISSN 1235-1970

PAINOTYÖ

Art-Print Oy, 2008



Aikakauslehtien liiton jäsenlehti

ALARA – As Low As Reasonably Achievable

Säteilytoiminnasta aiheutuvat yksittäisten ihmisten säteilyannokset, säteilylle altistuvien ihmisten lukumäärä ja poikkeavaan säteilyaltistukseen johtavien tilanteiden todennäköisyydet on pidettävä niin pieninä kuin käytännöllisin toimin on mahdollista.

Pääkirjoitus.....	3
Polla säteilee.....	4
Uutiset.....	5
Näköalapaikalla pääjohtaja Jukka Laaksonen	8
Kolme sattumaa – tai ainakin kaksi	10
Haastateltavina Antti Vuorinen, Olli J. Marttila ja Erkki Vauramo.....	12
Radioaktiivinen hajoaminen on kuin sormenjälki.....	16
Ydinterrorismin maailmanlaajuinen uhka on todellinen	18
Radioaktiivisella merkkiaineella parannetaan teollisuusprosessia.....	21
Matkapuhelinten turvallisuus askarruttaa myös Tansaniassa	22
Sairaaloiden radioaktiivista jodia päätyy jäteveden puhdistamolle	24
Ydinvoimaloiden suojautumista ympäristöuhkilta parannettu.....	25
Kysy säteilystä – Säteilytieteen professori vastaa	28
Uudet julkaisut	31

**Suomeen saatiin kattava säteilyvalvonta-
verkosto ydinkokeiden seurauksena,
sivu 10.**



Kannen kuva: STUKin kuva-arkisto. Kemianlaboratorion henkilökuntaa Unioninkadun toimitilojen portailla 1960-luvun alkuvuosilta. Edessä vasemmalta Sirkka-Liisa Hirvonen, Anja Anttonen ja Raili Rautalin, takana vasemmalta Anneli Salo, Anja Pekkala, Aino Eloranta, taustalla Olli Paakkola.

Kuinka hyvään turvallisuuteen Suomella on varaa?

Fortum

Vuosi 2008 on STUKin 50-vuotisen taivalluksen juhlayvuosi. Radioaktiivisuuden keksimisestä on reilut 100 vuotta, säteilylaki tuli voimaan reilut 50 vuotta sitten ja ensimmäisen ydinvoimalaitoksen rakentamispäätös tehtiin Suomessa 40 vuotta sitten. Puolivuosisata ei ole iäisyys, mutta siinä ajassa ehtii kaikenlaista. Pääjohtajien nimien perusteella STUKin taivalluksen voisi olettaa olleen viimeisen neljännesvuosisadan melkoinen vuoristorata – Vuorinen ja Laaksonen.

Kun STUK, silloin Säteilyfysiikan laitos, vuonna 1958 perustettiin, se toimi Lääkintöhallituksen alaisuudessa Ruotsin mallin mukaan. Naapurissamme Karolinska sjukhuset huolehti säteilyn käytön valvontatehtävistä. Kauppa- ja teollisuusministeriö oli suunnitellut teettävänsä ydinturvallisuusvalvonnan yksityisellä organisaatiolla. Kun Loviisan laitoksen hankintapäätös tehtiin 1968, nuoreksi rämäpääksi itseään kutsunut Antti Vuorinen pestattiin valmistelevaan atomialan turvallisuuden valvontaa Säteilyfysiikan laitoksessa. Suomessa säteily- ja ydinturvallisuustehtävät hakeutuivat jo alkuvaiheessa saman katon alle. Vasta tänä vuonna Ruotsi yhdistää säteilyturvallisuus- ja ydinturvallisuusviranomaisensa yhdeksi turvallisuusviranomaiseksi, ”Ruotsin STUKiksi”.

Suomessa viranomaistoimintaan on alusta lähtien kuulunut huolehtiminen. Täysi vastuu on toiminnan harjoittajalla, mutta viranomainen varmistuu itsenäisesti siitä, että toiminta on turvallista. Neuvostoliittolaisen voimalaitoksen rakentaminen Suomeen alkoi neljäkymmentä vuotta sitten, mutta suomalaisin vaatimuksin. Suurten valtioiden oli vaikea hyväksyä sitä, että pieni Suomi nosti esiin vaatimukset vakavien onnettomuuksien huomioimisesta. Vuorinen oli pohtinut, että pienellä maalla ei ole varaa vakaviin onnettomuuksiin. Neljäkymmentä vuotta myöhemmin pieni Suomi pitää edelleen ryhtinsä taistellesaan ison Ranskan kanssa viidennen ydinvoimalaitoksensa toimitukseen liittyvistä turvallisuuskysymyksistä.

Maailma on muuttunut. Nykyään edes yksinkertaista kännykkää ei kannata tehdä yhdessä pajassa, yhdessä maassa. Pro-

sessi toimii niin, että kukin paja hoitaa oman osuutensa viimeisen päälle viritetystä osaamisesta – ja pienen kännykän valmistusprosessi saattaa käsittää kymmeniä hi-tec-pajoja useissa eri maissa. Myös nykypäivän pahikset voivat toimia verkottuneesti, eri valtioissa. Ydinterrorismin vastainen toiminta on tämän päivän haaste. Ydinterrorismi on maailmanlaajuinen uhka, ja vaikka itse terroriteko ei tapahtuisikaan Suomessa, sillä olisi merkittäviä vaikutuksia yhteiskuntaamme ja esimerkiksi ydinenergian käyttöön. Siispä viranomaistoiminnan on oltava entistäkin proaktiivisempaa ja valvontavälineillä on pystyttävä havaitsemaan myös salaisia toimintoja.

STUKin 50-vuotisjuhlan kynnyksellä on syytä vähän hengähtää ja katsoa, missä nyt mennään. Pääjohtajamme (meinaa aina vahingossa tulla päähohtaja) summeeraa sen jämäkästi toteamalla, että STUKin palveluksia kysytään nyt enemmän kuin koskaan. Hän myös uskoo, että STUK pystyy jatkossa täyttämään yhteiskunnan siihen kohdistamat odotukset paremmin kuin koskaan. Ja se on paljon, se.

Juhlanumerossa historian siivet havisevat, mutta katse on tukevasti tulevaisuudessa.

Tiesitkö, että amerikkakampamaneetti voi olla turvallisuusuhka? Uskaltaako enää kukaan kysenalaistaa sen, että Suomella ei olisi varaa hyvään turvallisuuteen...

Vantaalla 2.3.2008
Elina Martikka



Kuva Niina Stolt



Alaran tekijäjoukkoon liittyvät pilapiirtäjä-insinöörit Timo Mikama (vas.) ja Lauri Lehtinen.



Alaran sisältö kehittyi. Lehti kertoo säteilystä tästä lähtien myös tussi kourassa, kun tekijäjoukkoon liittyvät yhteensä kymmeniä tuhansia sarja- ja pilakuvia yh-

dessä ja erikseen julkaisseet Timo Mikama ja Lauri Lehtinen.

Mustaruutiammuntaa harrastavat insinöörit ovat tehneet työuraansa enemmän piirrosvälineitä kuin laskutikkua käyttäen, mutta vahva tekninen tausta auttaa miehiä tekemään osuvaa pilaa juuri tekniikan ja luonnontieteiden alalta.

Ystävyksiä Mikamaa ja Lehtistä yhdistää ura Tekniikka&Talous-lehdessä, jossa Mikama oli pilapiirtäjä ja Lehtinen toimittaja. Pilakuvia kaksikko ideoi jo tuolloin usein yhdessä. Kumpikin on tehnyt kuvia myös itsenäisesti. Mikama on julkaissut lisäksi useita sarjakuva-albumeja. Lehtisen päätyö on edelleen kirjoittaminen. Hän on

vapaa toimittaja, mutta uraan kuuluu tekniikkaan liittyvien artikkelien ohella esimerkiksi lastenkirjojen kääntämistä.

Vanhat T&T:läiset muistavat varmastikin esimerkiksi kaksikon ideoiman pilateeman ”101 tapaa käyttää pilaantunutta poronruhoa”. Näissä kuvissa oli klassikkoai-nesta, mutta onneksi kuvia ei kuitenkaan tullut aivan niin montaa kuin otsikko lupasi.

Alaran uusien pilapiirtäjien näytöt ovat siis erittäin vahvat. Toivottavasti Polla säteilee -otsikon alla julkaistavat säteilyai-heiset pilat ilahduttavat Alaran lukijoita.

TEKSTI JARMO LEHTINEN, KUVA DIMITRI PAILE

Futureimagebank

POLLA SÄTEILEE



- EI, EI ... OMISSA TUTKIMUKSISSAMME EMME OLE HAVAINNEET KÄNNY-KÄN SÄTEILYN AIHEUTTAVAN MINKÄÄNLAISTA HAITTAA TERVEYDELLE.

Pienelle potilaalle mahdollisimman pieni säteilyannos

Säteilyturvakeskus (STUK) on julkaissut oppaan lasten röntgentutkimuskriteereistä. Siinä esitellään röntgentutkimuksia, jotka ovat perusteltuja lapsipotilaan diagnoosin tai hoidon kannalta, sekä annetaan lasten hyvän röntgentutkimuksen kriteerit.

Lasten röntgentutkimuskriteerit (STUK tiedottaa 1/2008) -julkaisussa käydään läpi tyypillisimmät lasten röntgentutkimukset, myös hampaiston kuvaukset, sekä kerrotaan, mitä erityyppisissä kuvissa tulisi näkyä ja miten kuvat pitäisi rajata. Oppaassa mainitaan myös tutkimuksia, joita ei pitäisi yleensä tehdä lapsille. Esimerkiksi nenän sivuonteloiden tai kitarisojen kuvaus on alle kouluikäisille harvoin tarpeen.

Opas on tarkoitettu pääasiassa lääkäreille, jotka lähettävät lapsipotilaita röntgentutkimuksiin.

Uusi opas täydentää aiemmin julkaistua, lähinnä röntgenhoitajille suunnattua, Lasten röntgentutkimusohjeistoa (STUK tie-

dottaa 1/2005). Siinä muun muassa ohjeistetaan säteilysuojaimien käyttöä ja annetaan käytännön esimerkkejä kuvausarvojen valinnasta eri-ikäisille lapsipotilaille.

Lasten röntgentutkimuskriteerit -opas on kirjoitettu yhteistyössä lasten radiologioiden kanssa ja hampaiston kuvausten osalta hammaslääketieteen asiantuntijoiden kanssa.

Opas löytyy pdf-muodossa STUKin Internet-sivuilta osoitteesta www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/stuk_tiedottaa/.



Digitaalitekniikka uudistaa hammasröntgentoimintaa

Suomessa tehdään noin 1,3 miljoonaa hammasröntgenkuvausta vuodessa. Kuvista yhä useampi otetaan digitaalisesti, kun filmikuvaukseen perustuva tekniikka tekee tilaa digitaaliselle kuvantamiselle myös hammaspuolella. Vaikka kuvia otetaan paljon, säteilyannos jää hammaskuvauksissa potilasta kohden pieneksi. Digitaaliset menetelmät mahdollistavat annosten pienentämisen entisestään, jopa kymmenesosaan perinteisen filmin edellyttämiin annoksiin verrattuna.

Näkyvissä on jo kuitenkin merkkejä siitä, että digitaalisen kuvaamisen helppous, materiaalikustannusten pieneneminen sekä kiusaus hyödyntää uutta laitteistoa mahdollisimman tehokkaasti saattavat johtaa myös perustelemattomiin kuvauksiin ja samalla turhiin säteilyannoksiin. Säteilyturvakeskuksen tarkastajat ovat jopa törmänneet tapaukseen, jossa potilaita on hou-

kuteltu vastaanotolle lupaamalla lehti-ilmoituksessa ilmaista röntgenkuvausta.

Vaikka potilaan tavanomaisessa hammasröntgenkuvauksessa saama efektiivinen annos on hyvin pieni, noin 0,01 millisieverttiä per kuva, täytyy hammasröntgenkuvauksen tarve harkita aina potilaskohtaisesti. Onko kuvauksesta todella hyötyä potilaalle tässä hoitotilanteessa.

Hammaslääkäreiden tulee myös muistaa, että kaikki tavalliset panoraama- ja intraoraaliröntgenlaitteet on ilmoitettava Säteilyturvakeskukselle rekisteröitäviksi. Tällä hetkellä STUKin rekisterissä on noin 5 000 intraoraalikuvaukseen tarkoitettua hammasröntgeniä. Kun laitekantaa innolla uusitaan, täytyy jokaisesta uudesta laitteesta tehdä rekisteröinti-ilmoitus STUKille hyvissä ajoin; laitteen saa ottaa käyttöön vasta sen jälkeen, kun STUK on vahvistanut rekisteröinnin.

Säteilyn salat pro kokosi vanhoja säteilykurssilaisia

STUK ja VTT järjestivät maaliskuun alussa säteilytietoja syventävän Säteilyn salat pro -kurssin toimittajille, jotka olivat jo aiemmin tutustuneet säteilyyn ja sen käyttöön STUKin Säteilyn salat -peruskursseilla. Kaikki vuosina 2004–2007 peruskursseille osallistuneet toimittajat kutsuttiin koolle ja mukaan ilmoittautui lopulta lähes 30 uteliasta.

Säteilyn salat pro -kurssin vetonaulana oli vierailu Suomen vanhimmalla ydinreaktorilla. Otaniemessä sijaitsevaa tutkimusreaktoria käytetään muun muassa syöpäpotilaiden hoitamiseen. Hoitojen tehoa ja turvallisuutta on tutkittu vuodesta 1999 lähtien erityisesti pään ja kaulan alueen syöpien osalta ja hoitojen tehosta on jo saatu vahvaa näyttöä.

Tänä vuonna siis täydennettiin vanhojen kurssilaisten tietoa, mutta vuoden 2009 keväänä tarkoi-



tuksena on taas järjestää varsinainen Säteilyn salat -kurssi opintomatkoineen. Varsinaiset kurssit ovat perinteisesti olleet viisi- tai kuusipäiväisiä ja maksullisia. Niihin on kuulunut kaksi opintomatkaa: toinen suomalaiseseen ja toinen ulkomaiseen ydinvoimalaitokseen.

Tilaa Ympäristö-lehti

Lue ympäristöasioiden uutiset ja taustat yhdestä lehdestä

Ympäristö-lehdestä saat ajankohtaista tietoa esimerkiksi ilmastomuutoksesta, luonnon monimuotoisuudesta ja yritysten ympäristöasioista. Lehdestä luet taustoittavaa tietoa ja saat nopeasti kokonaiskuvan siitä, mitä Suomen ympäristöhallinnossa ja ympäristöalalla yleensäkin on meneillään. Lehti seuraa alan tutkimusta, lainsäädäntöä ja julkaisuja.

Ympäristö-lehteä julkaisevat ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus. Lehti ilmestyy kahdeksan kertaa vuodessa.

Tilaa Ympäristö-lehti

- käy Internet-sivuillamme www.stellatum.fi
->Tilaajapalvelu -> Tilaukset -> Valitse tuote -> Lehdet
- lähetä sähköpostia osoitteeseen tilaajapalvelu@stellatum.fi
- soita numeroon (03) 4246 5340



Tilaushinnat 2008 Suomessa (kahdeksan numeroa vuodessa): kestopäätös 50 € (laskutusväli 12 kuukautta), 12 kuukauden määräaikaistilaus 55 €.

Säteileekö itkuhälytin? Altistaako WLAN?

Radiotaajuisen säteilyn lähteitä on nykyään kaikkialla ihmisen elinympäristössä. Esimerkiksi matkapuhelimet, langattomat internetyhteydet ja tv-lähetykset perustuvat radioaaltoihin. UMTS:it, WLAN:it, WiMAX:it, Bluetooth:it, DECT:it ja TETRA:t herättävät väistämättä ihmetystä – ja laitteiden jatkuva lisääntyminen lisää myös ihmisten huolta radioaalloille altistumisesta.

ketu voimakkuus ei juurikaan vaihtelee erilaisissa asuinympäristöissä. Sitä vastoin erilaisilla asuinalueilla on hyvin erityyppisiä kenttiä.

Maaseudulla kentät aiheutuvat pääasiassa GSM 900-verkon tukiasemista ja tv-lähettimistä. Tiheästi asutuilla alueilla on taas selvästi enemmän erilaisia lähteitä, mutta näiden lähetystehot ovat

matalampia pienemmän peittoalueen vuoksi. Alueesta riippumatta kenttien taso on kuitenkin enimmilläänkin vain muutamia prosentteja altistumisrajoista.

Sen sijaan kehossa kiinni pidettävien laitteiden aiheuttama altistuminen voi olla suurimmillaan samaa suuruusluokkaa kuin ihmisten suojelemiseksi määritellyt altistumisrajat. Yleisin tällainen laite on matkapuhelin. Sen aiheuttama altistuminen on enimmillään noin puolet asetetuista rajoista. Normaalisissa käyttötilanteissa matkapuhelin ei kuitenkaan

käytä täyttä tehoa, joten tyypillinen altistuminen puhelimeen puhuttaessa on selvästi vähäisempää.

Matkapuhelinten aiheuttamaa altistumista voidaan vielä vähentää entisestään muutamilla yksinkertaisilla toimenpiteillä, kuten välttämällä pitkiä puheluita huonossa kentässä ja käyttämällä hands free -sarjaa.

Matkapuhelinten ohella eräät muutkin kannettavat laitteet saattavat aiheuttaa vastaavan suuruista altistumista, mikäli niitä käytetään siten, että antenni koskettaa kehoa. Esimerkiksi kannettavien tietokoneiden WLAN-sovittimia sekä joitakin radiopuhelimia ja itkuhälyttimiä käytettäessä kannattaakin pitää huolta, ettei laitteen antenni kosketa kehoa. Näin altistuminen vähenee merkittävästi.

STUKin Ionisoimattoman säteilyn laboratorio on mitannut radiolaitteiden aiheuttamaa altistumista lukuisissa selvityksissä ja tutkimuksissa 70-luvulta lähtien. Pian julkaistavan raportin tarkoituksena on koota kattava yhteenveto väestön altistumisesta kertyneen mittausaineiston, kirjallisuuslähteiden ja uusien mittausten avulla.

TEKSTI TOMMI TOIVONEN

Luodakseen kokonais kuvan tilanteesta STUK päätti selvittää, mitkä laitteet aiheuttavat eniten altistumista ja paljonko ihmiset altistuvat ympäristössä olevien lähettimien kentille. Selvitys vahvisti, että langattoman tiedonsiirron tukiasemien ja muiden kiinteästi asennettujen radiolähettimien aiheuttamat taustakentät altistavat väestöä hyvin vähän.

Kenttiä mitattiin alueilla, jotka edustivat taustakenttien osalta mahdollisimman kattavasti erilaisia asuinympäristöjä, kuten kaupungin keskustaa, esikaupunkialuetta ja maaseutua. Mittaukset osoittivat, että taustakenttien yhteenlas-

PÄÄJOHTAJA JUKKA LAAKSONEN, STUK

50-vuotiaalla STUKilla on kysyntää

Säteilyturvakeskuksen työsar-
ka on koko 50-vuotisen toimin-
tamme ajan jatkuvasti laajentu-
nut ja monipuolistunut. Paljon
ovat tuona aikana vaihtuneet myös käsi-
tykset ydinenergian ja säteilyn käyttöön
liittyvistä mahdollisuuksista ja uhkaku-
vista. Tänä päivänä vaaka näyttää ole-
van kallellaan mahdollisuuksien puolel-
le. STUKin palveluksiin kohdistuva ky-
syntä on nyt niin suurta, että osasta kansainvälisiä tehtäviä joudumme jo kieltäy-
tymään. Tulevaisuudessa vauhti näyttää
vain kiihtyvän.

1950-luvulla STUKin päätehtävä oli
huolehtia röntgenhoitajien ja lääkäreiden
säteiloyalitustuksen rajoittamisesta. Tänä
päivänä henkilökunnan altistus säteilyn
lääketieteellisessä käytössä on muutamia
erikoislääkäreitä lukuun ottamatta erit-
täin pientä, ja turvallisuustyön painopis-
te on siirtynyt potilasannoksiin. STUK
on jo pitkään tehnyt työtä sekä säteilyn
optimoidun käytön että potilasannosten
tarkkuuden varmistamiseksi diagnosti-
kassa ja sädehoidossa.

Säteilyn käyttösovellukset lääketie-
teessä monimutkaistuvat ja vaatimukset
potilaiden turvallisuudesta kasvavat. Tä-
mä vaatii lisää panoksia STUKilta. Olem-
me kehittämässä potilasturvallisuutta
myös muualla EU:n alueella toimimal-
la edelläkävijänä terveydenhuollon laa-
tujärjestelmien rakentamisessa. Säteilyn
lääketieteellisessä käytössä kehitettävien
laaturjestelmien ja turvallisuuskult-

tuurin soisi leviävän laajemminkin ter-
veydenhuoltoon.

Teollisuuden suunnitelmat ydinenergi-
an lisärakentamisesta Suomessa vaativat
STUKilta paljon valmistelutyötä riippu-
matta siitä, mitä hallitus ja eduskunta ai-
kanaan hankkeista päättävät. Jos raken-
tamisesta tehdään periaatepäätös, meillä
täytyy olla valmius toimia siten, että kansantaloudelle ei tule suuria kustannuksia
turvallisuusarvioiden odottelusta. Puut-
teellisin tiedoin emme kuitenkaan halua
hyväksyä suunnitelmia, joita myöhem-
min jouduttaisiin korjailemaan. Varautu-
minen vaatii pätevien lisähenkilöiden en-
nakoivaa rekrytointia sekä valvontatyön
tuottavuuden parantamista. Työn laatua
ja vaikuttavuutta koskevista tavoitteis-
ta emme kuitenkaan halua tinkiä tuotta-
vuutta lisättäessä.

Suomi ei ole ainoa ydinvoiman lisära-
kentamisesta kiinnostunut maa. Ydin-
voimalaitoksia on nyt 30 maassa, ja
niistä 24 suunnittelee aktiivisesti uusia
hankkeita. Kymmeniä konkreettisia pro-
jekteja on jo pitkälle valmisteltuna. Kansainvälisesti polttavimmaksi ongelmaksi
on kuitenkin noussut laaja joukko uusia
maita, jotka haluavat mukaan ydinener-
gian käyttäjiksi ilman tarvittavaa teknis-
tä kulttuuria. Meihin kohdistuu kaikkialta, jopa suurista teollisuusmaistakin,
paine jakaa kokemuksia uuden ydinvoi-
malaitoksen rakentamisen valvonnasta.
Haluamme vastata kysyntään ja kantaa
osaltamme vastuuta globaalista ydintur-

vallisuuden varmistamisesta, koska va-
kavalla onnettomuudella missä tahansa
maassa olisi kielteinen vaikutus muiden-
kin mahdollisuuksiin jatkaa ydinenergi-
an hyödyntämistä. Tämä puolestaan voi-
si synnyttää vaarallisen kilpailun muis-
ta maapallon energialähteistä. Kansain-
välisten tarpeitten tyydyttäminen oman
turvallisuusvalvonnan ohessa vaatii tasa-
painoilua resurssien käytössä.

Ydinjätehuollon toteuttamisessa Suo-
mi on vuosia edellä kaikkia muita maita.
Käytetyn ydinpolttoaineen sijoittamises-
ta pysyvästi syvälle peruskallion sisään
on eduskunnan hyväksymä suunnitel-
ma, joka pystytään toteuttamaan tunne-
tulla tekniikalla ja ilman muiden maiden
apua. Hankkeen eteneminen aikataulus-
sa on välttämätöntä, jotta voimme pitää
ydinenergian käyttöä hyväksyttävänä.
Edelläkävijän rooli asettaa STUKin kui-
tenkin alttiiksi kansainväliselle kritiikil-
le: turvallisuus vuosituhansien aikajän-
teellä pitää pystyä osoittamaan uskot-
tavasti. Tietopohjaa pitää edelleen vah-
vistaa paitsi kehittämällä omaa osaamis-
ta myös ylläpitämällä kansainvälistä asi-
antuntijaverkostoa, jolta saadaan hyviä
neuvoja ja riippumattomia kannanotto-
ja teknisiin asioihin.

Suomalainen ydinjätehuollon ratkai-
su – radioaktiivisen jätteen mukana lop-
pusijoitettavan uraanin ja plutoniumin
kierrätyksestä luopuminen – ei ole kui-
tenkaan kestävä kehityksen mukai-
nen ratkaisu. Jos halutaan säilyttää op-

Sosiaali- ja terveysministeriön alaisten organisaatioiden uudelleenjärjestelyä koskeva selvitys valmistui joulukuussa. Selvityksessä ei kuitenkaan nähty tarvetta tehdä muutoksia STUKin toimintaan. Saman totesi myös peruspalveluministeri Paula Risikko tutustumiskäynnillään STUKissa tammikuussa 2008.



tio ydinenergian käytöstä globaalin energiahuollon turvaamiseen ilman aikarajoituksia, joudutaan ydinjätehuolto muuttamaan vuosikymmenen kuluttua ratkaisemaan toisella tavalla kansainvälisenä yhteistyönä.

STUKin maine esimerkillisenä säteily- ja ydinturvallisuusviranomaisena on johtanut siihen, että asiantuntijoillamme on kysyntää myös kansainvälisissä järjestöissä, niin kansainvälisen säännösten laadintaan kuin eri maiden turvallisuusviranomaisten toiminnan arviointiin ja kehittämiseen.

Säteilysuojelun ja säteilyvaaraa koskevan viestinnän kannalta ongelmana on, että säteilyn mahdolliset terveyshaitat tunnetaan edelleen huonosti. Tiedon puute johtuu siitä, että haittavaikutukset yksittäisen ihmisen kohdalla ovat lähes kaikissa esiin tulleissa tilanteissa olleet niin epätodennäköisiä, ettei niistä ole saatu suoraa näyttöä epidemiologisilla tutkimusmenetelmillä. Geenitekniikan

keinoin tehdyt havainnot ovat kuitenkin kyseenalaistaneet säteilysuojelun perustana olleen teoreettisen mallin, joka lähtee siitä, että kaikki säteilyaltistus lisää syöpäriskiä ja haitan todennäköisyys on suoraan verrannollinen saatuun säteilyannokseen. Paremman tiedon saaminen asiasta on yksi keskeinen tavoite STUKin tutkimustoiminnassa. Tuloksia odotamme käynnissä olevasta vuoteen 2010 jatkuvasta tutkimusprojektista, jossa johdamme yli 20:n, alan arvostetuimpiin kuuluvan tutkimuslaitoksen monikansallista yhteistyötä.

Sähkömagneettisen säteilyn käyttö lisääntyy yhteiskunnassa jatkuvasti ja erityisesti sitä käytetään langattomassa tietoliikenteessä. STUK valvoo mittauksiltaan säteilyaltistusta koskevien kansainvälisten suositusten noudattamista. Vaikka sähkömagneettisen säteilyn terveyshaitoista ei ole selvästi osoitettua näyttöä asetettujen rajojen alle jäävillä annoksilla, asia herättää kansalaisten kes-

kuudessa oikeutettua huolestuneisuutta. STUKin tarkoitus on jatkaa tiiviissä yhteistyössä ulkomaisten tutkimuslaitosten kanssa pitkän aikavälin tutkimuksia, joiden avulla voitaisiin mahdollisimman varhain tiedostaa mahdolliset haitat.

STUKin kehityksestä yli 30 vuoden ajan vastanneista henkilöistä valtaosa on vielä aktiivipalveluksessa, mutta siirtyä muutaman lähivuoden aikana eläkkeelle. Sukupolvenvaihdokseen on varauduttu hyvissä ajoin. Kunkin osaston organisaatio on muokattu henkilöstön kanssa käydyn aktiivisen vuoropuhelun avulla tämän päivän tarpeiden mukaiseksi, ja samassa yhteydessä on nuorennettu osastojen esimieskuntaa. Toiminnan asiantunteva johtaminen on näin varmistettu pitkälle tulevaisuuteen. Omasta puolestani olen vakuuttunut siitä, että STUK kykenee jatkossa täyttämään entistä paremmin ne odotukset, jotka suomalainen yhteiskunta sille asettaa.

Kolme sattumaa – tai ainakin kaksi

Säteilyturvakeskuksen edeltäjän, Säteilyfysiikan laitoksen, perustamisesta tulee tänä keväänä kuluneeksi 50 vuotta. Suomen ensimmäinen säteilysuojauslaki oli vahvistettu huhtikuun lopulla 1957, ja sitä täsmentävä asetus annettiin vielä samana vuonna. Säteilyfysiikan laitoksen toiminnan katsotaan alkaneen 19. maaliskuuta vuonna 1958. Sisäasiainministeriö myönsi tuolloin varat neljän säteily-suojauksentarkastajan ja kahden kanslistin virkojen perustamiseen. Säteilyfysiikan laitoksen toimintakenttä hahmottui kymmenen vuoden aikana kuitenkin erinäisten sattumien tuloksena aivan erilaiseksi kuin vuonna 1958 kuviteltiin.

Säteilysuojauslain säätämistä edelsi lähes kahdeksan vuoden mittainen valmistelutyö. Niin sanottu radium- ja isotooppi-komitea perehtyi syvällisesti eri maiden säteilylainsäädäntöihin ja päätyi lopulta valinnassaan ehdotukseen, joka noudatteli hyvin tarkasti Ruotsissa omaksuttua mallia. Sikäläinen viranomainen, Radiofysiska Institutionen, toimi läheisessä yhteydessä Karoliinisen sairaalan kanssa. Se oli säteilyvalvontaa harjoittava viranomainen, mutta harjoitti myös tutkimustoimintaa Karoliinisen sairaalan yhteydessä toimineessa Radiumhemmetissä. Näin oli tarkoitus Suomessakin toimia.

Säteilyfysiikan laitos aloitti toimintansa Helsingin yleisen sairaalan sädehoitoklinikan tiloissa ja ajatuksena oli klinikan säteilyfysiikan laboratorion liittäminen laitokseen mahdollisimman pi-

an. Näin ei kuitenkaan käynyt. Säteilyfysiikan laitoksen toimintaa alkuvaiheessa ohjanneen säteilysuojausasiain neuvottelukunnan mielestä tutkimustoiminnan aloittamisella ei ollut kiirettä. Tärkeämpää oli saada röntgenlaitteiden tarkastustoiminta ja valvonta käyntiin. Ensimmäisten toimintavuosien aikana painopiste olikin laitteiden lupamenettelyssä ja tarkastustoiminnassa.

Suomeen kattava säteilyvalvontaverkosto ydinkokeiden seurauksena

Jos rahan puutetta voi pitää sattumana, niin Säteilyfysiikan laitokselle hahmoteltu tutkimustoiminta ohjautui heti alkuvaiheessa toisen sattuman tuloksena aivan erilaisille urille kuin oli ajateltu. Toisen laitoksen toimintakentän muuttamiseen vaikuttanut satsuma ajoittui itse asiassa jo laitoksen perustamista edeltäneeseen aikaan. Neuvostoliitto suoritti

ensimmäisen ilmakehässä tehdyn ydinpommikokeensa Novaja Zemljalla vain kolme päivää ennen säteilysuojausasetuksen antamista.

Suurvaltojen ydinasekokeet herättivät julkisuudessa suurta huomiota. Lehdistö niin muissa Pohjoismaissa kuin Suomessakin seurasi lähes päivittäin ”ydin-saastepilvien” etenemistä ilmakehässä. Sanomalehdet kiinnittivät huomiota säteilymittausten alkeellisuuteen. Vuosina 1959–1960 Suomessa panostettiinkin voimakkaasti koko maan kattavan säteilyvalvontaverkoston rakentamiseen. Se toteutettiin usean viranomaisen yhteistyönä. Säteilyfysiikan laitoksen tehtäväksi tuli alkuvaiheessa ennen muuta näytteiden analysointi. Pääosa mittauspisteistä tuli Ilmatieteen laitoksen ja puolustuslaitoksen käyttöön, mutta poikkeavat mittaukselliset analysoitiin Säteilyfysiikan laitoksella. 1960-luvun kuluessa Säteilyfysiikan laitoksen tehtäväkenttään tuli toimiminen säteilyvalvonnan keskuslaboratoriona kriisitilanteissa.

Sattuman kautta, siis ilmakehässä, suhteellisen lähellä Suomea tehtyjen ydinkokeiden seurauksena, Säteilyfysiikan laitoksen toiminta laajeni 1960-luvun vaihteessa röntgenlaitteiden lupa- ja tarkastustoiminnasta ns. keinotekoisien radioaktiivisen säteilyn valvontaan. Laitos sai uutta laitteistoa ja uusia virkoja. Näitä virkoja perusteltiin näytteiden analysoinnilla, ja niiden turvin aloitettiin Säteilyfysiikan laitoksen tutkimustoiminta. Sattuman tuloksena laitoksen toiminta laajeni kahdella uudella tehtäväkentällä, ympäristön säteilyn tutkimukseen aluksi painottuneella tutkimustoiminnalla ja

STUKin edeltäjän Säteilyfysiikan laitoksen tehtäväksi tuli muun muassa ympäristönäytteiden analysointi. Kuvassa Anja Anttonen kemian laboratoriossa Unioninkadulla.

säteilyvalvontaverkostoon liittyvällä toiminnalla. Samalla poikettiin olennaisesti säteilyvalvonnan ruotsalaisesta mallista, jota Suomessa siihen saakka oli pidetty esikuvana. Ruotsissa säteilyvalvontaverkosto jäi puolustuslaitoksen hoidettavaksi, sairaalakeskeisellä säteilyviranomaisvalvonnalla ei ollut mitään tekemistä sen kanssa.

"Atomiasioiden" valvonta STUKin tehtäväksi Loviisan laitoksen myötä

Hieman sattumaa on nähtävissä myös Säteilyfysiikan laitoksen seuraavassa toimintakentän laajenemisessa, 1960-luvun jälkipuoliskolla. Ydinvoimalaitosten suunnitteluvaihe siirtyi konkreettiselle tasolle kesällä 1965, kun Imatran Voima Oy lähetti tarjouspyynnöt voimalaitoksen rakentamisesta. Ne johtivat tulokseen monen vaiheen jälkeen vasta neljän vuoden kuluttua, kesällä 1969.

Säteilyfysiikan laitos ei alkuvaiheessa osallistunut lainkaan hankintaprosessiin. Se katsoi antamassaan lausunnossa kompetenssinsa riittävän vain säteilysuojauslaissa määriteltyihin tehtäviin, lähinnä säteilyvalvontaan itse laitoksessa ja sen ympäristössä. Kauppa- ja teollisuusministeriössä oltiin ilmeisesti samaa mieltä. Siellä ydinturvallisuusvalvonta haluttiin hoitaa itse. Lähdettiin Länsi-Euroopassa ja Yhdysvalloissa yleistyneestä käytännöstä, jossa laitosten valmistajat toimittivat viranomaisille tarvittavat asiakirjat ja vastasivat laitosten rakentamisesta ja toiminnasta.

Toisin kuitenkin kävi. Loviisan ydinvoimalaitos tilattiin Neuvostoliitosta ja Imatran Voima Oy:stä tuli laitoksen rakennuttaja. Sillä ei ollut ydinvoimalaitoksen rakentamisesta lainkaan kokemusta. Ydinvoimalaitoksen rakentamista ja toimintaa säätelivät sekä atomienergi laki että säteilysuojauslaki, ja varsin pian havaittiin, että kaivattiin järjestelmän keskittämistä. Lausuntoja kertyisi suunnattomasti, ja niin ydinlaitoksen suunnittelu kuin rakentaminenkin tulisivat niiden

takia pitkittymään.

Antti Vuorisen, Säteilyturvakeskuksen tulevan pääjohtajan, johdolla työskennellyt kolmen hengen toimikunta päätyi ehdottamaan muun muassa, että Säteilyfysiikan laitokseen, mutta kauppa- ja teollisuusministeriön alaisuuteen, perustettaisiin uusi yksikkö, atomiasian työryhmä. Sen tehtäväksi tulisi ydinvoimalaitoksen lupaprosessin edellyttämä käytännön työ, lausuntojen antaminen lupakäsittelyn eri vaiheissa, mutta myös esimerkiksi katsastus- ja tarkastustoiminta. Toimikunnan esittämää nimeä ei koskaan otettu käyttöön, mutta esitettyä työtehtävää varten Säteilyfysiikan laitokseen perustettiin vuonna 1968 uusi osasto, reaktorturvallisuusosasto. Osaston päälliköksi nimitettiin tekniikan tohtori Antti Vuorinen, ja osasto kasvoi nopeasti laitoksen suurimmaksi. Aivan ilmeisesti suunnitelman taustalla oli maan johtava ydinenergiavaikuttaja, akateemikko Erkki Laurila, joka ymmärsi, ettei kauppa- ja teollisuusministeriön kaksoisroolia ydinenergian käytön edistäjänä ja valvojana pitänyt entisestään korostaa.

Kirjoittaja Kai Hoffman on Helsingin yliopiston taloushistorian dosentti ja on kirjoittanut STUKin 50-vuotishistoriateoksen. Kirja julkaistaan toukokuussa 2008.



Suomen järjestelmä on osoittautunut toimivaksi

Tavallaan sattumien kautta Suomeen hahmottui ja vakiintui 1960-luvulta lähtien hyvin keskitetty säteily- ja ydinturvallisuusvalvontajärjestelmä. Sattumiksi tätä kehitystä voi kuvata siinä mielessä, että itse laitos ei ajanut näitä ratkaisuja erityisen tavoitteellisesti. Pikemminkin niihin päädyttiin ulkopuolisten asiantuntijoiden harkinnan tuloksena, kaikissa tapauksissa huolellisen harkinnan ja valmistelun tuloksena. Useimmissa muissa maissa tehtävät oli jaettu vähintään kahdelle viranomaiselle, Ruotsissa jopa kolmelle. Suomen järjestelmä on kuitenkin osoittautunut hyvin toimivaksi, ja täällä tehtyihin ratkaisuihin on käyty tutustumassa eri puolilta maailmaa. Muissa Pohjoismaissa viranomaistoimintoja ryhdyttiin yhdistämään yhteen virastoon 1990-luvulla, ja esimerkiksi Ruotsissa päädyttiin vasta viime vuonna säteily- ja ydinturvallisuusvalvonnan yhdistämiseen yhteen virastoon.

”Näin pienellä maalla ei ole varaa vakaviin onnettomuuksiin”

Vuoteen 1997 Säteilyturvakeskuksen pääjohtajana toimineella Antti Vuorisella on näköala STUKin toimintaan koko sen 50-vuotisen historian ajalta. ”Matka on ollut pitkä Lääkintöhallituksen alaisesta laitoksesta valtion pääjohtajavetoiseksi organisaatioksi, josta sopii olla ylpeä. ”

Kun Antti Vuorinen opiskeli Teknisessä korkeakoulussa, atomiteknikan opetus oli aluillaan.

Sodan jälkeen suurvallat aktivoituivat atomien energian rauhanomaisessa käytössä, Geneven Atoms for Peace -konferenssi raotti salaisuuksia.

”Se nostatti euforiaa ydinenergian rauhanomaisesta käytöstä”, Vuorinen tiivistää ajan hengen.

Kun vuonna 1957 säädettiin laki säteilysuojelusta, valvontatehtävät annettiin uudelle Säteilyfysiikan laitokselle, joka toimi Lääkintöhallituksen alaisuudessa. Esikuvana oli Karolinska sjukhusetin vastaava järjestely Ruotsissa.

”Kun aloitin, alan uranuurtaja Rolf Sievert oli Ruotsissa tämän instituutin päällikkönä. Hän myös käynnisti pohjoismaisen yhteistyön alalla. Akuuttina syynä olivat ilmakehässä tehdyt ydinpommikokeet ja niistä aiheutunut radioaktiivinen laskeuma ympäristöön.”

”Meitä oli nuoria rämäpäitä, kolme diplomi-insinööriä ja yksi filosofian maisteri. Puolipäiväisenä johtajana oli sairaalafyysikko Kauno Salimäki. ”

Työt aloitettiin Sisätautisairaaltal saaduissa kolmessa huoneessa Unioninkadulla ja ympäristövalvonta hiukan myöhemmin Otaniemessä, Teknillisen fyssi-

kan laitoksen kellarissa.

”Mitattiin sadeveden cesium-137-pitoisuuksia. Pikkuhiljaa saatiin myös kemisti töihin kehittämään vaativampia strontiumanalyysejä.”

Viranomaisasema kansainvälisesti poikkeus

Syksyllä 1968 tehtiin päätös hankkia ydinvoimalaitos Neuvostoliitosta ja Vuorinen pestattiin valmistelemaan atomialan turvallisuuden valvontaa Säteilyfysiikan laitoksessa. Aiemmin kauppa- ja teollisuusministeriössä oli ajateltu ydin- ja turvallisuusvalvonnan teettämistä yksityisellä organisaatiolla, Ekonolla.

Pikku hiljaa palkattiin lisää väkeä, ensimmäisinä Ahti Toivola laitoksen sisältä ja Tapio Eurola Ekonosta.

”Hänestä tuli lähin työtoverini pitkäksi aikaa.”

Laajentuneen organisaation nimeksi tuli Säteilyturvallisuuslaitos, myöhemmin laitoksen kehittyttyä ja laajennuttua Säteilyturvakeskus (STUK).

Suomi oli edelläkävijä rakentaessaan alusta asti, jo 1960-luvulla, riippumattoman organisaation, jossa säteily- ja ydin- ja turvallisuus kuuluivat samalle viranomaiselle. Vasta pari vuotta sitten Ranskassa siirryttiin samaan malliin. Ruotsissa muutos on tapahtumassa vasta nyt. Ai-

kaisemmin useissa maissa viranomaisien toiminta on ollut reaktiivista, ei proaktiivista. Vasta jos ongelmia ilmeni, viranomaiset reagoivat.

”Ajatus aktiivisen valvonnan myötä syntyvästä vastuusta on monessa maassa ohjannut viranomaiset passiiviseen rooliin. Me olemme lähteneet siitä, että täysi vastuu on toiminnan harjoittajalla. Viranomaisien on kuitenkin oltava perillä siitä, mitä voimayhtiöt tekevät, ja varmistuttava omakohtaisesti olennaisien turvallisuustekijöiden riittävyydestä. Tarvittaessa on myös annettava määräyksiä ja ohjeita.”

Vuorinen muistaa kysymyksen siitä, kuinka hyvään turvallisuuteen Suomessa on varaa. ”Minun kantani oli, että pienellä maalla ei ole varaa vakaviin onnettomuuksiin.”

Vaatimuksia ei saatu läpi helpolla

Kun Loviisa-projekti alkoi, hyväksyttiin neuvostoliittolaisen voimalaitoksen hankinta, mutta suomalaisin vaatimuksin. Eräissä Neuvostoliiton kanssa käydyssä neuvottelussa yritettiin lukuisten ministeripuheenvuorojen voimin nujertaa suomalaisten vaatimukset. Vuorinen selvisi tilanteesta todeten lainaavansa Leninin ajatusta: ”Luottamus sinänsä on hyvä, vielä parempi on kun verifioidaan asi-

"Työt ovat olleet mahdollisimman haasteellisia ja mielenkiintoisia, niihin on liittynyt voimakkaita tunnelatauksia", STUKin pitkäaikainen pääjohtaja Antti Vuorinen luonnehtii.



at." Tilaisuudessa seurasi syvä hiljaisuus ja sitten toteamus: "Vuorinen on aivan oikeassa".

Viranomaisen erilainen rooli nousi esiin myös Olkiluodon kohdalla. Oli tilattu Forsmarkin sisarlaitos ja ruotsalaisittain ajateltiin, että asiat oli näin keskusteltu valmiiksi. Hyvin nopeasti ruotsalaiset kuitenkin sopeutuivat suomalaiseseen tapaan, joka edellytti kattavan dokumentaation ja tarkastusten järjestämistä viranomaisille.

"Pian huomattiin, että ne dokumentit, jotka Suomessa vaadittiin, eivät olleet turhia. Yhteistyö käynnistyi joustavasti."

Hajasijoitushanke kehityksen jarruna

STUKin kehittämistä häiritsi toistakymmentä vuotta valtion virastojen hajasijoitushanke.

"Eduskunta päätti yhden äänen enemmistöllä, että vuonna 1981 STUK siirtyy Hämeenlinnaan."

Hajasijoitus saatiin torpedoitua. Olenaisempaa olikin integraatio, sillä pahimmillaan STUK sijaitsi seitsemässä eri paikassa eri puolilla Helsinkiä.

Ratkaisu löytyi, kun nykyinen toimitalo oli puolivalmiina joutunut Spondan haltuun. Viimeisenä silauksena oli valtiovarainministeriön vahvan miehen kanta. Hän otti asian erikoistapauksena käsitteelyyn, ja STUK pääsi keskittämään toimintansa Laippatielle.

Säteilyturvakeskuksen toimiala laajentui vuosien kuluessa kattamaan lähes kaiken säteilyn turvallisuusvalvonnan ja siihen liittyvän tutkimuksen aina kännäköistä ja lasereista alkaen.

Säteilyfysiikan laitoksen toiminta oli aluksi lähinnä laitteiden ja käyttöpaikkojen teknillistä valvontaa. Kehitys kulki kattamaan käyttäjien pätevyyden ja käytön turvallisuuden ja tarkoituksenmukaisuuden. Pyrittiin olemaan tiennäyttäjinä alan laadunvarmistuksen ja laadunhallinnan kehittämissä. Sairaalamailmassa tunkeutuminen "lääkärin perinteiselle revierille" ei ollut yksioikoista. Vuorinen

katsoo, että tässä auttoivat perinteeksi muodostuneet vuosittaiset Sädeturvapäivät, jotka ovat edelleen sairaalamailman ja STUKin koulutus- ja kohtaamistilaisuuksia.

Politiikka ei puutu, mutta seuraa

"Harvoin Säteilyturvakeskus on kokenut poliittista painostusta, jos olemme vakuuttuneita, että olemme oikeassa, linja ei muutu. Korkeimmalta valtiojohtolta on tullut piiloviestejä – he seuraavat tilannetta."

Politiikalla on kuitenkin merkitystä.

"Vanhasen ponsi on käynyt kalliiksi", Vuorinen katsoo. Kun ydinvoiman lisärakentaminen jäädytettiin vuonna 1992 ja Vanhasen ponsi tuli hyväksyttävä, vaikutus näkyi muun muassa korkeakouluissa. Alan kiinnostus väheni. Myös Euroopan komissio suhtautuu ydinvoimaan nuivasti. EU:n rahoitusta on saatu vain turvallisuustutkimukseen sekä jätehuollon ja polttoaineteknologian tutkimuksiin, ei ydinlaitosten kehittämiseen. Yhteisten turvallisuussääntöjen luominen on kuitenkin positiivinen merkki.

STUK on toiminnassaan selkeästi pyssynyt erossa energia-asioista. Vuorinen pohtii, että yksi suuri harmi Ruotsin ja Saksan kielteisessä suhtautumisessa ydinvoimaan on turvallisuuden kannalta se, että samalla lopetettiin pienten ydinkäyttöisten voimalasovellusten kehittäminen.

"Helsingin lämpö- ja sähköenergia voitaisiin tuottaa kahdella tai kolmella pienellä kallon sisään sijoitettavalla 200–400 megawatin ydinvoimalalla, ilman haitallisia päästöjä. Ruotsissa prototyyppi oli jo Tukholman laitamilla."

Kymmenen vuoden paini Yleisradion kanssa

Jos jotain on jäänyt hampaankoloon, se on Yleisradion suhtautuminen Tsher-

nobylin onnettomuuteen vuonna 1986. Vuorinen kertoo tilanteesta jossa oltiin: Suomessa oli jo tehty poikkeuksellisia säteilyhavaintoja, mutta niistä ei osattu tehdä johtopäätöksiä. Yksi syy oli se, että meteorologit olivat lakossa.

"Jatkuvatoimisesta laitteesta olisi tullut hälytys, ellei olisi ollut lakkoa."

Tilanne selvisi vasta 28.4.1986, kun Gorbatshev kertoi julkisuudessa, että on tapahtunut onnettomuus.

Moni suomalainen oli huolissaan tilanteesta. Sanomalehdet välittivät kiitettävästi STUKin tiedotteet, mutta yhteistyö Yleisradion kanssa ei sujunut. Oli pakko antaa työntekijöiden vastailta jatkuvasti soiviin puhelimiin. Työnteolle oli rauha vain öisin. Yleisradio ei katsonut, pyynnöistä huolimatta, olevan aihetta mihinkään erityistoimiin tilanteen johdosta.

"Kesti melkein kymmenen vuotta ennen kuin syntyi kolmikantasopimus tiedottamisesta erityisissä säteilytilanteissa sisäministeriön, Yleisradion ja Säteilyturvakeskuksen välille", Vuorinen kertoo. "Taisi olla viimeinen sopimus, jota olin virkatyönäni allekirjoittamassa."

Antti Vuorinen oli mukana jo 1958 Säteilyfysiikan laitoksen toiminnan käynnistyessä. Välillä hän ennätti muihin tehtäviin, kuten hankkimaan ensimmäistä Triga-tutkimusreaktoria Suomeen. Uusi kausi Säteilyturvakeskuksessa alkoi 1968. Vuorinen toimi STUKin apulaisjohtajana, ylijohantajana ja lopulta pääjohtajana eläkkeelle jäämiseensä saakka vuonna 1997.

"Henkeen ja vereen opettaja"

Olli J. Marttilan ukki pelkäsi aikanaan, että biologiasta kiinnostunut nuorimies ryhtyisi hyönteistohtoriksi. Ukki sai huokaista helpotuksesta.

"Minulla on ollut sellainen tapa, että jos pidän jotain kurssia, teen monisteen tai kirjan." Ensimmäinen säteilysuojelun oppikirja ilmestyi vuonna 1968. Sitten Marttilan kädenjälki löytyy lukuisista alan perusteoksista. Myös STUK halusi päivittää Säteily ja turvallisuus -teoksen: "Säteily- ja ydinturvallisuus arvioitiin yhden vuoden työksi", toimituskunnan jäsen Marttila nauraa, "Syntyi seitsemän kirjan sarja; tosin viimeinen osa ei ole kai vielääkään valmis."



Marttila teki uran Helsingin yliopiston fysiikan laitoksen ja kiihdytinlaboratorion säteilysuojelusta vastaavana johtajana ja kouluttajana aina vuodesta 1957 alkaen. Kun Marttilan tentin oli läpäissyt, yksi asia oli varmasti tullut selväksi: Pelkästään lakipykälää pöytäamällä ei selviä. Säteilysuojelun johtajan on myös ymmärrettävä fysiikka, biologia, psykologia ja yhteiskuntatieteelliset näkökohdat, joihin laki perustuu.

Olli J. Marttila on uskaltanut tarttua haasteisiin, kuten silloin, kun Aaro Ryttilä Säteilyfysiikan laitokselta oli saanut tehtäväkseen toimittaa suomeksi ydintekniikan sanakirjan.

"Esimieheni, muistamatta, ettei minulla ollut koulussa englantia, suositti minua kumppaniksi." Marttila soitteli sitkeästi VTT:n ja Teknillisen korkeakoulun professoreille ja selvitti termit.

"Ostin niillä rahoilla kirjoituskoneen."

"Ei taida säteilysuojelu kiinnostaa"

Sitten professori Erkki Laurila esitti Marttilalle aika jämäkkään tyyliin, että Ruotsissa on säteilysuojelukurssi. "Ei taida kiinnostaa?"

Marttila muistaa hyvin, että Ruotsissa oli tuolloin 1950-luvun puolivälissä harjoitusreaktori Tukholman Valhallavägenillä, syvällä maan uumenissa. "Siellä tehtiin harjoitustöitä."

Suomessakin elettiin säteilysuojelun heräämisen aikaa ja ohjeita tarvittiin.

Esimerkiksi lääketieteellisessä tiedekunnassa röntgenlaitteisiin tutustuttiin turvallisuusohjeella: ei saa kurotta pöydän reunan yli.

Säteilysuojelun kehittymiseen vaikutti myös 1950–1960-luvulla "ydinasepaukuttelu", jota piti tarkkailla. Marttila arvioi, että Itä-Suomessa mitatut säteilytasot olivat Novaja Zemljan kokeiden jälkeen suurempia kuin Tshernobylin aiheuttamat. Ajankuvaan kuului myös, että jopa Ruotsi harkitsi oman ydinasen valmistamista.

Ruotsissa käydyltä kurssilta saatiin kuitenkin se, mikä vuonna 1957 tiedettiin säteilysuojelusta. Olli J. Marttila sai ryhtyä jakamaan imemäänsä tietoa toisille ja näin alkoi hänen erittäin pitkä uransa säteilysuojelusta vastaavana johtajana ja kouluttajana.

"Mikset voi pysyä fysiikassa"

Monella fysiikan opiskelijalla on ollut vaikeuksia hahmottaa säteilyn biologisia ja yhteiskunnallisia vaikutuksia. Opiskelijoiden toive oli monta kertaa, että "mikset voi pysyä fysiikassa, siinäkin olisi riittämiin".

Marttila on ollut mukana kehittämässä säteilyn käytöstä vastaavan johtajan tutkintoa monella tavalla.

Marttilan kuulustelut olivat case-muotoisia, kuin joutuisi työssä säteilystä vastaavana johtajana ratkomaan ongelmaa. Hän myöntää olleensa opettajana vaativa, läpäisyprosentti oli 40 prosenttia.

Kaikki eivät ole aina katsoneet koulu-

tusta tarvitsevana, kuten oppilas, jonka alana oli elektroniikka. Jälkikäteen sama henkilö kertoi, että oli työssään saanut ensimmäiseksi tehtäväkseen kehittää paperin paksuuden mittaukseen tarvittavan laitteen. Apuna tässä käytettiin röntgenlaitetta.

Vauhtia myös

kansainväliseen säteilysuojeluun

1970-luvun lopulla Marttilaa tarvittiin Tansaniassa ydintekniikan vierailevana professorina. Hän oli myös mukana kirjoittamassa Tansanian ensimmäistä säteilylakia.

"Piti käynnistää ydintekniikan opetus."

Marttilan oppilaaksi päätyi pieni hiljainen kaveri, jatko-opiskelija, joka oli ollut mielenosoituksessa ja potkittu pois yliopistosta.

"Hän oli lopulta ainoa, joka sai säteilysuojelukoulutusta."

Vuosia myöhemmin Marttila tavoitti Abraham Nyandan sähköpostitse ja sai riemukkaan vastauksen. Nyanda oli koulutuksen avulla päässyt säteilyturvallisuudesta vastaavan organisaation merkittäviin tehtäviin.

Vastaavasti Bangladeshissa tarvittiin asiantuntijaa.

"Oli kirjoitettava laki ja määritettävä säännöt kiihdyttimien käyttöön". Yksinkertaista, kun sen osaa. Kyseisen valtion asukkaille ja jokaiselle röntgenpotilaalle se on elintärkeää.

Professori Erkki Vauramo oli nuori maisteri, kun hän aloitti uransa yhtenä ensimmäisistä säteily-suojelutarkastajista. Elettiin 1950-luvun loppua. Sen ajan autolla 40 000 kilometriä matkamittarissa on jo suoritus sinänsä.

"Maisteri Salimäki etsi fysiikan laitokselta ja Teknillisestä korkeakoulusta säteilysuojelutarkastajia." Säteilysuojelun laitokselle valittiin neljä tarkastajaa, kolme Teknillisestä korkeakoulusta ja yksi, Erkki Vauramo, Helsingin yliopiston fysiikan laitokselta.



"Ensimmäiset säteilysuojelutarkastajat tien päällä 40 000 kilometriä vuodessa"

”Tehtiin ja mietittiin ja tehtiin”, tiivistää Vauramo sen, miten tarkastusurakka läksi liikkeelle. Päädyttiin siihen, että kaikki viitisensataa lääketieteellistä säteilyä käyttävää laitosta oli tarkistettava.

”Se oli ilmeisen järkevää, että käytiin paikan päällä.”

Vauramo kertoo esimerkin eräästä tarkastuskohteesta, jossa säteilyltä suojaava ovi oli vain reunoilta lyijytty.

”Kun tähän kysyttiin syytä, kerrottiin että ovi olisi tullut liian painavaksi, jos koko ovi olisi lyijytty.”

Isojen röntgenlaitteiden lisäksi oli hammaslääkärien käytössä useita satoja pienempiä laitteita, joiden osalta riitti tyyppitarkastus. Aikansa erikoisuus olivat kenkä-röntgenlaitteet, joilla kenkäkauppiat saattoivat tarkistaa kengän sopivuuden.

Alkuun kuitenkin käytiin läpi vain laitteet, niiden käyttötapoihin ei puututtu.

”99-prosenttisesti tarkastuksiin suhtauduttiin hyvin positiivisesti. Osa lait-

teista oli hyvin vanhoja, jopa 1920-luvulta. Yhteensä ehkä 30–40 laitetta poistettiin käytöstä eri syistä.”

”Jos ajattelee silloisia säteilylaitteita, niin säteilyannokset olivat jopa kymmenkertaisia verrattuna nykyiseen tasoon. Potilaat läpivalaistiin ilman kuvanvahvistimia.”

Jo tuolloin säteilysuojelutarkastuksista kerrottiin muutamia legendoja.

”Yksi niistä sijoittui Tornioon. Lääkäri teki läpivalaisututkimuksen sähkölaitoksen johtajan rouvalle. Jälkikäteen johtaja ihmetteli, että miten hän sitä teki, kun sähköt olivat koko aamupäivän poikki.”

”Toinen Tornion tarina kertoo röntgendiagnoosista. Tutkimuksista tuli hättääntynyt äiti, jonka kunnanlääkäri oli tutkinut ja sanonut, että veri kiertää väärään suuntaan.”

Pohjanmaalla käytössä oli pienitehoisen röntgenlaite, jolla piti kuvata lonkaniveltä. ”Kuvausaika oli 40 sekuntia, ja siksi ajaksi potilas sidottiin pöytänsä kiinni.” Laitos oli niin kuuluisa, että Ruotsis-

ta asti tultiin Etelä-Pohjanmaalle bussilla kuvattaviksi.

Vauramo kertoo, että välillä joutui myös nuoren miehen mieli koitokselle, kun tehtiin keuhkojen joukkoröntgenkuvauksia ja kylän kaikki naiset olivat kuvattavana.

”Toisaalta olisi tehnyt mieli lepuuttaa silmiään, mutta ei sitten ihan kuitenkaan.”

”Autot olivat huonoja siihen aikaan. Niihin tuli aina vikoja. Ja minulla kertyi 40 000 ajokilometriä vuodessa.”

Erkki Vauramo teki töitä säteilysuojelutarkastajana neljä vuotta laitoksen toiminnan alkaessa.

”Siirryin sitten Teknilliseen korkeakouluun assistentiksi ja lopulta sairaalaan.” Sairaalamailmassa Vauramo on tehnyt töitä 35 vuotta, monenlaisissa tehtävissä.

”Suomen sairaalat tulivat tarkastajan töissä tutuiksi, siitä on ollut minulle paljon apua.”

STUK kehittää innovatiivista säteilymittaustekniikkaa

Radioaktiivinen hajoaminen on kuin sormenjälki

Säteilyturvakeskus tutkii ja kehittää ainetta rikkomatonta analyysitekniikkaa. Ydinfysiikan menetelmin saadaan radioaktiivisten aineiden tunnistus ja määrittäminen entistä tehokkaammaksi. Tulokset palvelevat ydinmateriaalivalvontaa, rikostutkintaa ja ympäristöanalytiikkaa.

Radioaktiivisten aineiden analyysi näytteestä on jo pitkään ollut mahdollista radiokemian keinoin. Näytteestä erotetaan haluttu alkuaine ja saalis tutkitaan sopivalla mittalaitteella. Esimerkiksi 1950-luvulla kyettiin vallan hyvin analysoimaan suurvaltojen ydinpommikokeiden laskeuma, vaikka laitteistona oli tuikkekide, jolla on varsin vaatimaton energian erottelukyky. Nykyään vastaava tulos saavutetaan paljon tehokkaammin germanium-spektrometrillä, joka tunnistaa useimmat radionuklidit samanaikaisesti. Kyseessä on ainetta rikkomatonta analyysi, non-destructive analysis eli NDA. Näyte kelpaa mittaukseen sellaisenaan, eikä mittausten menetelmä vaurioita näytettä.

On kuitenkin radioaktiivisia aineita, joiden hajoamisen yhteydessä ei emitoidu gammasäteilyä lainkaan tai vain hyvin vähän. Monet uraania raskaammat aineet, esimerkiksi plutonium, ovat tällaisia. Niiden hajoamisessa syntyy tyypillisesti alfasäteilyä, röntgensäteilyä ja konversioelektroneja. Näiden analyysi perinteisin keinoin edellyttää lähes massattoman näytteen valmistusta laboratorioissa. Kemiaalisin keinoin on usein päästäviero mittausta häiritsevistä alkuaineis-

ta. Röntgensäteilyä ja konversioelektroneja ei juurikaan käytetä hyväksi ympäristöanalytiikassa yksinkertaisesti siitä syystä, että tätä ei osata tehdä.

Visio uudesta mittaajärjestelmästä

Säteilyturvakeskuksen Turvateknologia-laboratorio (TTL) ja Jyväskylän yliopisto ovat juuri aloittaneet monivuotisen tutkimushankkeen, jolla pyritään näytteen kokonaisvaltaiseen havainnointiin hukkaamatta mitään olennaista informaatiota nuklidin hajotessa. On siis kyettävä rekisteröimään kaikki säteilylajit. Läpituokkevan gammasäteilyn lisäksi on osattava hyödyntää aineeseen helposti pysähtyvää säteilyä, alfahiukkasia, röntgensäteilyä tai elektroneja. Lisäksi on kehitettävä analyysi sellaiseksi, että informaatiota käsitellään kokonaisuutena, osana ytimen hajoamisprosessia eikä vain yhden ilmaisimen irrallisena tuotoksena. Tällainen mittaustekniikka edellyttää hyvin toteutettua näytteenottoa, tyhjiötekniikan hallintaa ja ennen kaikkea sitä, että hajoavan ytimen kaikki olennaiset ominaisuudet rekisteröidään yksilöllisesti. Tapahtumiin lyödään aikaleima. Niistä voidaan koostaa kutakin ainetta luonnehtivat ominaisuudet – sormenjäljet.

Yksi hiukkanen voi paljastaa ydinaseen

Erityisesti ydinmateriaalivalvonta hyöttyy uudesta mittaustekniikasta. Isotooppisuhteista voidaan päätellä plutoniumin alkuperä – onko materiaali sellaista kuin toiminnan harjoittaja väittää. Analyysistä selviää, onko näytteessä poikkeuksellisia mikrometrien kokoisia hiukkasia, joiden koostumus viittaa ydinaseen kehittämiseen. Mittausjärjestelmän on siis kyettävä löytämään näytteestä kiinnostava kohde, yksittäinen hiukkanen, jonka säteilyominaisuudet kertovan sen valmistushistorian.

Näytteenottoon uusia tekniikoita – ja PANDA

Perinteinen pyyhintänäyte ei kelpaa mittauksiin, tai sitten se on käsiteltävä jälkikäteen laboratorioissa. Yksi lupaava tekniikka perustuu hiukkasten irrottamiseen pinnoilta ilmapirran avulla, minkä jälkeen ne kerätään suodattimelle. Menetelmä näyttäisi sopivan hyvin esimerkiksi poloniumnäytteiden ottamiseen.

Vieläkin tehokkaammassa joskin vaatimamassa näytteenottomenetelmässä ei käytetä suodatinta lainkaan. Sähkökentän avulla hiukkaset ohjataan suoraan haluttuun kohtioon. Tämä vaatii kuitenkin

STUKin Turvateknologia-laboratorion erikoistutkija Kari Peräjärvi (vas.) ja tutkija Jani Turunen tarkastelemassa PANDA-laitteistoon kuuluvaa näytteeniirtomekanismia. Radioaktiivisten näytteiden analyysiin tarkoitettua laitteistoa rakennetaan parhaillaan. Tositoimiin laite on valmis vuonna 2011. Jani Turunen valmistelee aiheesta väitöskirjaa Jyväskylän yliopistoon.



Riikka Laitinen-Sorvari

kin paljon tutkimusta ennen kuin ollaan lähelläkään kenttäsovelluksia.

Aerosolifysiikan keinoin näytteestä voidaan seuloa kaikkein pienimmät hiukaset. Tämä tekniikka soveltuu hyvin ympäristönäytteille, esimerkiksi uraanianalyysihin.

NDA-hankkeen alussa suunniteltiin prototyyppilaitteisto, joka sai nimekseen PANDA (Particles And Non-Destructive Analysis). Sen suuressa tyhjökammiossa on kaksi erillistä mittausasemaa, joita tarvitaan koko näytteen analyysiin ja tietyn kohteen tarkempaan tutkimukseen. Toisaalta etsitään kiinnostavia hiukkasia ja määritetään näytteen keskimääräisiä ominaisuuksia, toisaalta tehdään tarkkuusmittauksia valituille hiukkasille käyttäen pienikokoisia ja parhaan mahdollisen energiaerottelukyvyn ilmaismia. Kaikki tämä voidaan tehdä, ja lisäksi näytettä vaihtaa, mittauskammion tyhjiötä rikkomatta.

Tällä hetkellä PANDA-laitteisto on ra-

kennusvaiheessa. Ensimmäisiä tuloksia saadaan vuoden 2008 jälkipuoliskolla, ja operatiiviseen käyttöön se soveltuu vuonna 2011.

Analyysit avainasemassa

Kun havainnoidaan kaikkia säteilylajeja, saadaan suuri määrä spektrejä, yhdestä mittauksesta tuhansia. Näiden analyysiin tarvitaan tehokkaat algoritmit. Toisinaan kaksi ydintä lähettää säteilyä lähes samalla energialla, minkä seurauksena spektrissä näkyy yksittäisten piikkien sijaan monimutkainen möykky, multipletti. Se voidaan purkaa osiinsa. Tähän TTL on kehittänyt hyvät työvälineet. Silti analyysiin tarvitaan vielä aivan uusia algoritmeja.

Runsas datavirta on kyettävä hallitsemaan. Tähänkin on kehitetty ratkaisu, LINSSI-tietokanta ja sitä tukevat ohjelmistot. LINSSI on suunniteltu yhteistyönä Säteilyturvakeskuksen, Teknillisen korkeakoulun ja Kanadan säteilysuojelu-

viranomaisen kanssa. Sitä käytetään rutiininomaisesti gammaspektrometrian tuottamien tietojen hallintaan. PANDAn datavirta on kuitenkin tuhatkertainen normaalimittauksiin verrattuna. Niinpä myös tiedonhallinnalle on haasteita.

NDA-tutkimusprojekti tuottaa täysin uuden analyysijärjestelmän. Näytteen käsittely yksinkertaistuu ja yhdestä mittauksesta saadaan entistä parempaa tietoa. Näytteestä voidaan tutkia suoraan haluttuja ominaisuuksia, esimerkiksi vain alfasäteilyä lähettävien nuklidien gammaspektri. Laboratorion työn tuottavuus kohenee ja analyysien laatu paranee ja nopeutuu. Ja mikä parasta: Yhteiskuntamme on entistä turvallisempi.

Lisätietoa PANDasta: www.stuk.fi -> Alara 1/2008.

Artikkelin kirjoittajat laboratorionjohtaja Harri Toivonen sekä erikoistutkijat Kari Peräjärvi ja Roy Pöllänen työskentelevät STUKin Turvateknologia-laboratoriossa.

Ydinterrorismin maailmanlaajuinen uhka on todellinen

Alan asiantuntijat ovat varsin yksimielisiä siitä, että terroristit saavat likaisen pommin ennemmin tai myöhemmin. Ydinterrorismi koskee myös niitä maita, jotka eivät ole sen ensisijaisia kohteita, siis myös Suomea.

MAAILMASSA TEHDÄÄN NOIN KAKSI MILJOONAA RADIOAKTIIVISTA KULJETUSTA VUODESSA.

Ydinterrorismilla tarkoitetaan perinteisten ydinaineiden eli uraanin ja plutoniumin lisäksi kaikilla muillakin radioaktiivisilla aineilla tehtäviä lainvastaisia tekoja, joiden tarkoituksena on aiheuttaa kauhua ja vahinkoa erityisesti viattoman siviiliväestön keskuudessa. Ydinterrorismi ei siten kata sotatoimia eikä esimerkiksi *tapaus Litvinenkon* tyyllisiä radioaktiivisilla aineilla tehtyjä murhia, joiden on tarkoitus pysyä salassa. Niin sanotulla likaisella pommilla tarkoitetaan räjähdettä, jossa tavanomainen radioaktiivinen aine räjäytetään millä tahansa tavanomaisella räjähdysaineella niin, että siitä leviävä radioaktiivisuus saastuttaa suuren alueen.

Ydinräjähteisiin soveltuvia aineita on tänä päivänä yli 40 maassa.

Suurin uhka: Riittämättömästi suojatut ydinaseateriaalit

Tärkeintä ydinterrorismin ehkäisemisessä on estää ydinaseiden ja niihin soveltuvien ydinaineiden varkaudet. Ydinvarkauksien suurimmat uhkat ovat tänä päivänä Venäjällä ja Pakistanissa. Pienempänä uhkana, joskin myös melko tuntemattomana, pidetään tilannetta Intiassa ja Kiinassa.

Venäjällä lainvastaisen toiminnan estämiseksi tarkoitetut turvajärjestelyt ovat parantuneet huomattavasti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Kylmän sodan perintönä maahan jäi useita suljettuja ydinasekaupunkeja suuriin taloudellisiin vaikeuksiin. Kansainvälisellä yhteistyöllä sekä erityisesti Venäjän omilla toiminnoilla niiden turvallisuutta on parannettu huomattavasti.

Paljon resursseja venäläisten tukemiseen käyttävät amerikkalaisviranomaiset ovat kuitenkin arvioineet, että tehtävää on vielä runsaasti. Turvajärjestelyiden pika-parannuksista on tehty noin 70 prosenttia rakennuksissa, joissa on ydinaseisiin suoraan soveltuvia aineita. Kunnollisista perusparannuksista on tehty reilu puolet. Laitospaikoista, joissa on ydin-

kärkiä, vasta noin puolessa on tehty tarvittavat turvajärjestelyjen parannukset.

Näiden lisäksi uhkana ovat riittämättömät turvajärjestelmiin käytettävät resurssit. Korruptio on levinnyt laajalle, ja oma lukunsa ovat niin sanotut insider-uhkat, jotka tarkoittavat laitoksen omien työntekijöiden mahdollista osallistumista varkaus- tai terrorioperaatioon. Vakaasti on suhtauduttava myös aseistautuneiden rikollisjoukkojen hyökkäysmahdollisuuteen.

Pakistanin tilanne on epäselvä

Pakistanin ydinasearsenaali on Venäjään verrattuna pieni, mutta vakavasti otettava. Pakistan ei ole Venäjän tavoin avautunut kansainväliseen tai kahdenväliseen yhteistyöhön turvallisuuden parantamiseksi, joten Pakistanin ydinmateriaalien valvonnasta ja turvallisuustilanteesta ei ole selkeää kuvaa. Suomen olisikin tarpeellista luoda kahdenvälisiä suhteita Pakistanin ydinturvallisuusyhteisön kanssa, sillä Suomen tavoin Pakistan pieneen ydinenergian käyttäjämaana tarvitsee turvallisuusyhteistyötä.

Pakistanin ydinaseateriaalien uskotaan olevan vahvasti vartioituja. Valvontajärjestelmien teknologista tasoa pidetään matalana. Afganistanin vastaisella raja-alueella asuu vahvasti aseistautuneita heimoja ja ääriuskonollisia ryhmiä, joilla on ollut aseellisia yhteenottoja Pakistanin asevoimien kanssa. Suurimpina uhkana pidetäänkin militanttitalustelijaryhmien aseellisia hyökkäyksiä ydinaseateriaalien varastamiseksi.

Lisäksi on olemassa insider-uhka, jossa ajureina toimivat raha sekä yhteydet uskonnollisiin ääriryhmiin ja terroristeihin. Räikeimpänä todisteena tästä pidetään tohtori Khanin ydinteknologian salakaupan verkostoa.

Varauudet ovat jo täyttä totta

Ydinaseisiin soveltuvien aineiden varkauksista on jo todellisia esimerkkejä. Onneksi ne ovat kuitenkin koskeneet

varsin pieniä materiaalmääriä. Tuoreimmassa, helmikuussa 2006 paljastuneessa tapauksessa Venäjän kansalainen pidätettiin Georgiassa, kun hän oli tekemässä salakauppaa sadalla grammalla ydinasekelpoista uraania. Räjähteeseen sitä tarvittaisiin useita kymmeniä kiloja.

Vaikka terroristit onnistuisivat saamaan haltuunsa riittävästi ydinasekelpoista materiaalia, räjähteen kokoaminen ei kuitenkaan olisi aivan yksikertainen tehtävä. Kokonsa puolesta krouvista ydinräjähteestä tulisi konttiin mahtuvan kokoinen. Sellaisen kuljettaminen rahdilla jonkin rannikkosuurkaupungin edustalle on kuitenkin todellinen ja vaikeasti valvottava uhka, johon on viime vuosina alettu kiinnittää huomiota. Amerikkalaisten vetämällä kansainvälisellä konttiturvallisuushankkeella pyritään torjumaan tätä uhkaa.

Tutkimusreaktorista tarpeet räjähteeseen?

Käytössä on edelleen tutkimusreaktoreita, joiden polttoaine soveltuu ydinräjähteeseen.

Suurin osa siviilikäytössä olevasta ydinasekelpoisesta korkearikasteisesta uraanista on 140 tutkimusreaktorin polttoaineena. Teoreettisesti määrä riittäisi yli tuhanteen ydinräjähteeseen. Yleisesti tutkimusreaktoreiden turvajärjestelyjä pidetään vaatimattomina, joskin joukossa on hyvin vartioitujakin.

Salaiset ydinaseohjelmat

Ydinteknologian kauppa on tarkkaan säädeltyä ja valvottua, eikä sen kautta vuoda ydinteknologiaa terroristiverkostoihin. Ehkä juuri tarkan valvonnan ja vientirajoitusten takia ydinteknologian salakauppa on viimeisen 30 vuoden aikana ollut suurten voimien ja resurssien vetämää. Tunnetuimpia esimerkkejä tästä ovat salaiset valtiolliset ydinohjelmat Israelissa, Intiassa, Pakistanissa, Pohjois-Koreassa, Etelä-Afrikassa, Libyassa, Irakissa ja Iranissa. Näistä verkostoista voi

hyvinkin olla vuotanut tai vuotaa ydin-
teknologiaa terroristiryhmille.

Libyan paljastettua salaisen ydinaseoh-
jelmansa hankintaverkoston joulukuussa
2003 alkoi tapahtumien sarja, jossa pal-
jastui valtavasti uutta tietoa. Keskeistä
oli, että aiemmin Pakistanin ydinaseen
isänä pidetty A.Q. Khan oli siirtynyt sa-
laisen ydinasehankintaketjun hankkijas-
ta toimittajaksi. Vieläkään ei ole täyttä
varmuutta, onko Khan paljastanut kai-
ken verkostostaan, keille kaikille hän oli
materiaaleja ja tieto-taitoa myynyt, ja on-
ko tämä ainoa salakaupan verkosto.

Voimakkaita säteilylähteitä kateissa

Maailmassa käytetään runsaasti säteily-
lähteitä terveydenhuollossa ihmishenki-
en kannalta ensiarvoisen tärkeissä teh-
tävissä sekä teollisuudessa myös turval-
lisuutta tärkeällä tavalla palvelevissa tar-
koituksissa. Niinpä radioaktiivisia ainei-
ta myös kuljetetaan paljon. Maailmassa
tehdään noin kaksi miljoonaa kuljetusta
vuodessa, Suomessakin vuosittain noin
20 000.

Näitä tavanomaisia radioaktiivisia ainei-
ta ei maailmalla valvota samalla tarkkuu-
della kuin uraania ja plutoniumia. Päin-
vastoin kuin Suomessa, edes kaikkialla
EU:n alueella radioaktiiviset aineet eivät
ole tarkassa valvonnassa, ja säteilylähtei-
tä katoaa vuosittain kymmeniä.

Kylmän sodan perintönä ydinjätekeskittymiä

Kylmän sodan perintönä on edelleen riit-
tämättömästi hoidettuja ja huonosti suo-
jattuja ydinjätekeskittymiä. Näistä saa-
tavia aineita voisi periaatteessa käyttää
saastepommina, mutta ydinräjähteeksi
ne eivät kelpaa.

Uraanin rikastamista valvotaan tiukasti

Siviiliohjelmissa ei rikasteta uraania ta-
solle, joka on suoraan käytettävissä ydin-

räjähteeseen. Vastaavasti tehoreaktoreis-
ta jälleenkäsittelyssä erotettu plutonium
on huonosti, jos ollenkaan, räjähteek-
si kelpaavaa. Koska kuitenkin uraanin
jatkorikastaminen on helpompaa ja no-
peampaa kuin sen alkurikastaminen, ja
uraaniräjähteen valmistaminen on koh-
tuullisen yksikertaista, pidetään rikas-
tamista ja siihen tarvittavaa teknologiaa
tiukan valvonnan alla. Suurimmat riskit
liittyvät rikastetun uraanin ja plutoni-
umin varastoihin.

Läntisessä maailmassa sähköntuotan-
nossa olevien reaktoreiden suunnittelus-
sa on otettu huomioon lainvastaisen toi-
minnan estäminen. Myös muualla van-
hoihin laitoksiin on tehty lukuisia turva-
järjestelyparannuksia. Esimerkkinä mai-
nittakoon ulkoasianministeriön rahoitta-
ma lähialueiden ydinturvallisuuden tu-
kiohjelma, jolla on muun muassa tehty
parannuksia Suomen lähialueiden reak-
torilaitoksien turvajärjestelyihin.

Kilpajuoksua aikaa vastaan

Terroristit pyrkivät aktiivisesti hankki-
maan tarvittavia materiaaleja. Esimerkik-
si venäläiset viranomaiset ovat vahvista-
neet, että terroristit ovat tehneet tiedus-
teluita ydinasetukikohdissa. Alan asian-
tuntijoiden mielestä onkin vain ajan ky-
symys, koska terroristit saavat käsiinsä
likaisen pommin, eikä ydinräjähdettä
ole poissuljettu. Uhka ei kohdistu vält-
tämättä vain yhteen maahan tai kohtee-
seen. Koska terroristien tekemällä ydin-
räjäytyksellä olisi dramaattiset ja pitkä-
aikaiset vaikutukset, ydinterrorismi kos-
kee myös niitä maita, jotka eivät ole sen
ensisijaisia kohteita.

Vaikka Suomi ei ole ydinterrorismin
primäärikohde, sen vaikutukset maa-
hamme olisivat erittäin pahat muun mu-
assa siksi, että Suomi on viennistä ja
maailmankaupasta riippuvainen maa.
Ydiniskulla olisi vaikutusta kansainväli-
seen kauppaan, kuljetuksiin ja koko maa-

ilmantalouteen.

Uhkaa on torjuttu YK:n turvallisuus-
neuvoston päätöslauselmilla, tukiohjel-
milla, tietoa vaihtamalla sekä laitetoimi-
tuksilla. Viranomaisten ja teollisuuden
välistä yhteistyötä on parannettu. Ko-
ko turvallisuuskulttuuri vaatii kuitenkin
vielä kehittämistä. Tästä kertovat yksit-
taiset ulkomaiset tapaukset, joissa esi-
merkiksi toimitettuja valvontalaitteita
ei ole käytetty moneen vuoteen, laitteita
ei ole huollettu tai korjattu, vartijat ovat
kytkeneet hälytyslaitteet pois toiminnas-
ta, turvaovia on kulun helpottamiseksi
kiilattu auki ja niin edelleen. Sen lisäksi,
että laitteiden on oltava toiminnassa, on
niitä myös säännöllisesti testattava.

Nyt on toimittava poliittisella, tekni-
sellä, taloudellisella ja kaikilla muillakin
tasoilla, jotta ydinterrorismiin liittyvän
tapahtuman uhka saataisiin mahdolli-
simman pieneksi. Aikaa ei ole hukatta-
vaksi.

Ydinterrorismin uhkat voidaan esittää seuraavassa tärkeys- ja suuruusjärjes- tyksessä:

1. Riittämättömästi suojatut ydin-
aseet ja niiden materiaalit.
2. Sellaisten tutkimusreaktoreiden
polttoaineet, jotka soveltuvat ydin-
räjähteiksi.
3. Salaiset ydinaseohjelmat, niiden
hankintaverkostot, salakuljetukset.
4. Riittämättömästi suojatut voimak-
kaat säteilylähteet.
5. Kylmän sodan perinnöksi jääneet
laivareaktorit ja ydinjätekeskitty-
mät.
6. Siviiliydinenergiaohjelmat: rikaste-
tun uraanin ja plutoniumin varas-
tot sekä kuljetukset.

Kirjoittaja Tero Varjoranta on STUKin Ydin-
jätteiden ja -materiaalien valvonta -osaston
johtaja.

Radioaktiivisella merkkiaineella parannetaan teollisuusprosessia

Radioaktiivisella merkkiaineella kuten bariumilla voidaan tutkia, miten teollisuusprosessia voitaisiin parantaa. Eniten kokeita tehdään puunjalostus- ja kemian-teollisuudessa sekä energiantuotannossa.

Teollisuusprosesseja halutaan usein tutkia toiminnan parantamiseksi. Lisäksi halutaan varmistua, että prosessit toimivat suunnitellusti. Yksi käytetyistä tutkimusmenetelmistä on merkkiainekoe radioaktiivisella aineella. Menetelmässä radioaktiivinen merkkiaine syötetään teollisuusprosessiin. Prosessivirran etenemistä seurataan tämän jälkeen merkkiaineen lähettämän säteilyn avulla putkistojen ulkopuolelle asennetuilla säteilynlmaisimilla.

Tyypillisiä tutkimuskohteita ovat kaukolämpö- ja jätevesivirtausmittaukset, höyry-, savukaasu- tai maakaasuvirtausmittaukset sekä vuototestaukset. Eniten kokeita tehdään puunjalostus- ja kemianteollisuudessa sekä energiantuotannossa.

Jatkuvaa rutiinia merkkiainekokeet eivät teollisuudessa ole, vaan kokeita tehdään vain tarvittaessa. Yleensä ne tilataan asiaan erikoistuneelta yritykseltä.

Suomessa yleisimmin käytettyjä radioaktiivisia merkkiaineita ovat barium (Ba-137m) sekä radioaktiivisella bromilla (Br-82) leimatut yhdisteet, kuten etyyli- tai kaliumbromidi. Aineet voivat olla neste-mäisiä, kaasumaisia tai kiinteässä muodossa olevia aineita. Merkkiaineet ovat yleensä lyhytikäisiä gammasäteilijöitä. Puoliintumisaika Br-82:lla on 1,5 vuorokautta ja Ba-137m:llä vain 2,6 minuuttia.

Kokeista pieniä päästöjä ympäristöön

Merkkiainekokeesta voi aiheutua radioaktiivisten aineiden päästöjä ympäristöön, esimerkiksi lauhdevesien mukana vesistöön tai savukaasujen mukana ilmaan. Suljetusta prosessikierrosta ei aineita ympäristöön sen sijaan pääse.

Päästöistä ei saa aiheutua väestön yksilölle suurempaa säteilyannosta kuin 0,01 millisieverttiä vuodessa. Suomalaisen keskimääräinen vuotuinen säteilyannos eri lähteistä on 3,7 millisieverttiä. Päästöistä aiheutuvaan väestön annokseen vaikuttavat muun muassa käytetty radionuklidit, päästön aktiivisuus, asutuksen läheisyys ja sääolosuhteet.

Laskelmien perusteella 0,01 millisieverttiä vuodessa alittuu selvästi niissä merkkiainekokeissa, joita Suomessa tehdään.

Koska merkkiaineina käytettävät radionuklidit ovat lyhytikäisiä, häviää aktiivisuus nopeasti ympäristöstä radioaktiivisen hajoamisen seurauksena. Radioaktiivisia aineita ei siten päädy ruokapöytään asti marjojen, sienien tai kalojen mukana.

Merkkiaineita käytetään myös muualla maailmassa

Muissa maissa öljy- ja kaasuteollisuuden prosesseja sekä öljyesiintymiä tutkitaan usein radioaktiivisten merkkiaineiden avulla. Niitä käytetään energiantuotannossa geotermisten varantojen tutkimiseksi muun muassa Yhdysvalloissa, Aasian saarivaltioissa ja Islannissa. Tanskassa bromia käytetään asuntojen putkistojen vuototestauksissa. Koska putkistot ovat siellä usein upotettuina rakenteisiin, ei vuototestejä ole helppoa tehdä muunlai-

sin menetelmin. Radioaktiivisia merkkiaineita käytetään hyväksi myös ympäristötutkimuksessa esimerkiksi saastumismekanismien selvittämiseksi.

STUK valvoo merkkiaineiden käyttöä

Kuten kaikessa säteilytoiminnassa, on merkkiaineita käytettäessä noudatettava säteilysuojelun perusperiaatteita: oikeutus, optimointi ja yksilönsuoja. Optimointiperiaatteen mukaisesti merkkiaineksi on syytä valita sopivista radionuklideista säteilyominaisuuksiltaan vaarattomin, ja käyttää niin pientä aktiivisuutta kuin kokeen kannalta on mahdollista. Merkkiainekokeet on suunniteltava siten, että työntekijöiden ja väestön altistuminen on mahdollisimman vähäistä.

Toimintaan vaaditaan Säteilyturvakeskuksen myöntämä turvallisuuslupa. Merkkiainekokeita koskevat samat vaatimukset kuin radioaktiivisten aineiden käyttöä laboratorioissa, mutta STUK on asettanut muitakin vaatimuksia. Kaikilla itsenäisesti merkkiainekokeita tekeville työntekijöillä on oltava säteilyn käytön turvallisuudesta vastaavan johtajan pätevyys. Merkkiainekokeista pitää lisäksi ilmoittaa STUKiin.

Artikkelin kirjoittaja Eija Venelampi on STUKin Säteilyn käyttö teollisuudessa -toimiston tarkastaja. Radioaktiivisten aineiden käytöstä teollisuuden merkkiainekokeissa on julkaistu STUKin raportti, STUK-B 83, joka löytyy STUKin internetsivuilta: <http://www.stuk.fi/julkaisut/stuk-b/stuk-b-83.html>.

HAASTATELTAVANA

Mwjarubi Nyaruba muistuttaa, että Suomella ja Tansanialla on pitkä yhteinen yhteistyö, sisaruus-
valtioina. Nyt yhteistyötä voisi tehdä konkreetti-
semmin laboratorioden kesken.



Matkapuhelinten turvallisuus askarruttaa myös Tansaniassa

Tansaniassa matkapuhelimet ja tukiasemat tulivat ensin, standardeja ja vaatimuksia esimerkiksi tukiasemien rakentamiseen on lähdeittä pohtimaan jälkikäteen.

Tansanian uusi lainsäädäntö edellyttää, että kansalaisia suojellaan ionisoimattomalta säteilyltä, mutta työ on vasta alussa. Urakan johdossa on kuitenkin tarmokas mies, fysiikan tohtori Mwjarubi Nyaruba.

Mwjarubi Nyaruba vieraili Säteilysuojeluvakeskuksessa (STUK) tammikuun lopulla ja tutustui erityisesti STUKin ionisoimattoman säteilyn laboratorioon.

”Vierailu on ollut erittäin hyödyllinen. Minulla ei ollut käsitystä siitä, mitä kaikkea tutkitaan ja millaista tutkimustietoa on saatavilla.”

Vuonna 1983 Tansaniaan perustettiin säteilysuojelutehtäviä varten National Radiation Commission.

”Silloin siinä oli vain kaksi henkilöä, pääjohtaja ja sihteeri”.

Vuonna 2003 tehtäviä laajennettiin ja uusi organisaatio, jota Nyarubakin edustaa, tunnetaan nimellä Tanzania Atomic Energy Commission. Työntekijöitä tässä periaatteessa STUKiin verrattavassa organisaatiossa on 70 henkeä.

Nyaruban vastuulla on perustaa uusi ionisoimattoman säteilyn tutkimukseen keskittynyt laboratorio.

”Vastuullani on laboratorion suunnit-

telu, uusien työntekijöiden rekrytointi sekä laitteistojen ja asiantuntemuksen hankinta.”

”Tämä on ollut mielenkiintoista. Nyaruban haasteet ovat aivan kuin meillä 30 vuotta sitten, kun käytössä oli puolitoista työntekijää ja yksi mittari”, yksi vierailun isännistä, tutkimusprofessori Kari Jokela STUKista kommentoi.

Miljoonia matkapuhelimia, mutta standardit puuttuvat

Myös Tansaniassa matkapuhelinten säteily on herättänyt julkista keskustelua ja huolta.

”Pelätään, että se voisi aiheuttaa esimerkiksi aivosyöpää. Tiedot, joihin nämä pelot perustuvat, on saatu internetistä. Meidän pitää voida vastata näihin kysymyksiin.”

Matkapuhelimien määrä Tansaniassa kasvaa, puhelimia on jo nyt arviolta kolme miljoonaa. Ongelmana on se, että matkapuhelintekniikka esiteltiin ihmisille jo ennen kuin heillä oli sen käyttöön riittäviä valmiuksia tai koulutusta. Alueita, joissa ei ollut käytössä edes perinteisiä lankapuhelimia, saatiin suoraan langattomien yhteyksien piiriin. Tämä merkitsi myös sitä, että esimerkiksi matkapuhelintukiasemien pystyttämiseen ei ollut viranomaisten puolelta vaatimuksia tai säädöksiä. Puhelinoperaattorit, kuten Vodacom, toimivat omien standardiensa mukaan ja käyttivät myös alihankintatyötä. Yksi Nyaruban tavoitteista olikin saada lisätietoa matkapuhelintukiasemien standardeista ja säätelystä Suomessa.

Matkapuhelinten laatua ei vielä valvota

Nyaruba on huolissaan myös Tansaniassa käytettävien puhelinten laadusta. Esimerkiksi niiden SAR-arvojen mittaamiseen ei ole ollut välineitä eikä keinoja. Markkinoilla arvioidaan olevan myös puhelinten piraattikopioita.

Tarvittavien mittalaitteistojen hankintaan ei välttämättä ole mahdollisuuksia

jatkossakaan, pelkästään jo hinnan takia.

”Voisin ostaa Tansaniasta puhelimia ja lähettää ne testattaviksi STUKiin.”

”Olisin iloinen, jos meillä olisi loppumaton yhteistyö STUKin kanssa”, Nyaruba toteaa. ”Olemme tekemisissä samojen kysymysten kanssa, ihmisten suojelemisessa ionisoimattomalta säteilyltä. Voimme jakaa kokemuksia puolin ja toisin. Täällä Suomessa asiat on vain organisoitu paremmin ja me sen sijaan tarvitsemme lisää kokemuksia.”

Myös ultraviolettisäteilystä löytyi uut-

ta mitä en osannut odottaakaan”, Nyaruba toteaa.

”Olen käynyt myös saunassa.” Suomalaisen intoa käydä uimassa avannossa hän kyllä ei ota uskoakseen.

”Olen nauttinut jokaisesta hetkestä täällä, jokainen tunti on erilainen. Olisin voinut viipyä pitempäänkin.”

Nyaruba asuu Tansanian Arushassa, joka on suosittua turistialuetta. Vain 80 kilometrin etäisyydellä on Afrikan korkein huippu, lumipeitteinen Kilimanjaro. Lähellä on suuria kansallispuistoja villieläimiseen. Arushassa on turismin ohel-



Mwijarubi Nyaruba pohtii tutkimusinsinööri Tommi Toivosen ja tiedottaja Leena Hietasen kanssa mahdollisuutta lähettää matkapuhelimia Tansaniasta STUKin laboratorioon testattaviksi.

ta tietoa Nyaruballe. Tansaniassa voimakkaaseen auringonpaisteeseen on totuttu, joten UV-säteilyn tutkimiseen ei ole juuri kiinnitetty huomiota.

”Minulle uutta on se, että UV-säteily voi ihosyövän lisäksi aiheuttaa myös silmäongelmia.” Ilmastonmuutoksen myötä on herätty seuraamaan UV-indeksejä, mutta tiedot ovat usein vain esimerkiksi Euroopasta. Afrikan maiden UV-seurantaa puuttuu. Nyaruba on avainasemassa tämän asian järjestämisessä.

”Olen nauttinut jokaisesta hetkestä”

”Olen nähnyt ja oppinut täällä kaikenlais-

la myös paljon muuta kansainvälistä toimintaa, mikä on myös lisännyt alueen hintatasoa. Suomeen verrattuna hinnat ovat silti edullisia.

Nyaruba on aloittanut yliopistokoulutuksensa Tansaniassa, jatko-opintoja hän on tehnyt sekä Skotlannissa että Japanissa, missä hän on väitellyt tohtoriksi. Nyaruba kertoo olevansa 11-lapsisen perheen kolmas lapsi.

”Itselläni minulla on kolme lasta – ja vain yksi vaimo”, Nyaruba nauraa ja kertoo, että asiaa aina joskus kysytään.

Sairaaloiden radioaktiivista jodia päätyy jäteveden puhdistamolle

Sairaaloissa käytetty radioaktiivinen jodi aiheuttaa pienen lisän jäteveden puhdistamon työntekijän säteilyannokseen. Osa radioaktiivisuudesta kulkeutuu lopulta mereen.

Jäteveden puhdistuksessa monet radioaktiiviset aineet rikastuvat lietteeseen, josta on mahdollista havaita hyvin pieniäkin pitoisuuksia muun muassa sairaaloissa käytettyä radioaktiivista jodia.

STUK on tutkinut radioaktiivisen jodi-131:n pitoisuuksia jätevedenpuhdistamoiden vesissä ja lietteissä 1970-luvulta lähtien. Tuorein tutkimus tehtiin vuosina 2006–2007 Helsingin Viikinmäen jäteveden puhdistamolla.

Näytteitä otettiin tulevasta ja lähtevästä vedestä sekä lietteestä. Jodin siirtymistä ilmaan puhdistusprosessin aikana selvitetiin ottamalla näytteitä myös poistopiipun ilmasta. Tiedot potilaille annettujen jodi-131-hoitojen aktiivisuuksista saatiin niistä jodi-131-hoitoja antavista sairaaloista, joiden jätevedet menevät Viikinmäen puhdistamolle. Sairaaloissa radioaktiiviset hoidot ajoittuvat yleensä loppuviikkoon, joten radioaktiivisen jodin pitoisuudet puhdistamolla ovat korkeimmillaan viikon vaihteessa. Silloin Viikinmäen puhdistamolla on paikalla vain yksi henkilö. Puhdistamon toi-

minnat ovat pitkälle automatisoituja eikä kukaan työntekijä ole puhdistuslaitaiden äärellä pitkiä aikoja. Jäteveden puhdistamon työntekijöille aiheutuu sairaaloissa potilaille annetusta jodi-131:stä korkeintaan neljän mikrosievertin säteilyannos vuodessa. Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos eri lähteistä on noin 3,7 millisievertiä vuodessa; tästä reilu puolet tulee sisäilman radonista.

Yhdellä kertaa viemäriverkkoon päästettävän jodi-131:n aktiivisuus saa olla enintään kaksi megabecquereliä (MBq) ja kuukaudessa enintään 20 MBq. Nämä rajat eivät koske radioaktiivista ainetta tutkimus- tai hoitotarkoituksessa saaneiden potilaiden eritteitä, jotka saa päästää suoraan viemäriin. Tapauksissa, joissa potilaan virtsa ja ulosteet lasketaan suoraan viemäriin, on puhdistamolle tullut kolmen ensimmäisen vuorokauden aikana hoidon antamisen jälkeen noin 70 prosenttia potilaalle annetusta jodi-131:stä.

Matka jatkuu puhdistamolta mereen

Jätevedenpuhdistuksessa vedessä olevasta jodista siirtyy lietteeseen noin 20–30 prosenttia. Suuri osa jodista siis jatkaa matkaa poistuvan veden mukana vesistöön.

Noin kahdeksan kilometriä Helsingin eteläkärjestä on Katajaluoto, jonka lähellä on puhdistamon jäteveden poistotunnelin suu. Tunneli on ollut käytössä vuodesta 1986. 1980-luvun alussa satunnaisesti Katajaluodon edustalla otetu-

sa rakkolevänäytteissä havaittiin pieniä määriä radioaktiivista jodia. Myöhemmin otetuissa näytteissä pitoisuudet olivat noin satakertaisia verrattuna 80-luvun alussa mitattuihin arvoihin.

LUCIA kaupunkiympäristöä varten

Pohjoismaiden säteilysuojeluviranomaisen edustajat osallistuivat LUCIA-projektiin, jonka tarkoituksena oli kehittää mallintamistyökaluja kaupunkiympäristössä tapahtuvista päästöistä aiheutuvan säteilyaltistuksen arvioimiseksi. Projektin tuloksena saatiin Helsingin Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle räätälöity LUCIA-malli, jonka avulla pystytään seuraamaan radioaktiivisten aineiden kulkeutumista puhdistamolla sekä laskemaan jätevedessä ja lietteessä olevista radionuklideista puhdistamohenkilökunnalle ja väestölle aiheutuvia säteilyannoksia.

Mallia voidaan myös käyttää valmiustilanteessa, kun arvioidaan radioaktiivisten aineiden kulkeutumista kaupunkiympäristössä, sekä annosarvioiden tekemiseen.

Viimeisen vuosikymmenen aikana on kehitetty malleja kuvaamaan radioaktiivisten aineiden kulkeutumista kaupunkiympäristössä. Seuraamalla aktiivisuuksia puhdistamolla saadaan tietoa väestössä ja ympäristössä esiintyvistä radioaktiivisista aineista sekä niiden kulkeutumisesta lietteen ja puhdistetun jäteveden mukana ympäristöön.

Ydinvoimaloiden suojautumista ympäristöuhkilta parannettu

”Ensimmäisiä ydinvoimalaitoksia Suomeen suunniteltaessa keski-tyttiin pääasiassa mahdollisiin teknisiin ongelmiin eikä ehkä riittävästi mietitty kaikkia toimintaympäristön riskejä ja luonnonolojen ääri-ilmiöitä. Laitoksilla onkin esiintynyt käyttötapahtumia, jotka ovat antaneet aiheen paneutua näihin asioihin entistä tarkemmin. Tämä on johtanut myös käytännön toimenpiteisiin ydinvoimalaitosten toiminnan turvallisuuden lisäämiseksi kaikissa olosuhteissa”, STUKin Riskianalyytit-toimiston ylitarkastaja Jorma Sandberg sanoo.

”Nykyisin turvallisuuskysymyksiä tarkastellaan kaikinensa aiempaa laajemmasta näkökulmasta. Todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin kehittyessä paneuduttiin ensimmäiseksi laitoksien sisäisiin riskeihin. Sittemmin huomiota on kiinnitetty myös muihin toimintaan vaikuttaviin tekijöihin. Esimerkiksi luonnonilmiöillä voi olla suurempi vaikutus ydinvoimatuotantoon kuin erilaisilla hypoteettisilla laitosonnettomuuksilla”, toimistopäällikkö Heikki Reponen jatkaa.

Merellä tapahtuvat öljyonnettomuudet, runsaat leväesiintymät ja merieliöt, merenpinnan voimakas nousu tai äkillinen jäähtyminen talvella sekä rajut myrskyt ovat asioita, joihin Suomessa on erityisesti paneuduttu. Pahimmillaan ne voivat johtaa tilanteeseen, jossa ydinreaktorit Loviisassa tai Olkiluodossa joudutaan ajamaan alas.

Luonnonolot otetaan entistä tarkemmin huomioon uusia ydinvoimalaitoksia Suomeen suunniteltaessa ja rakennettaessa. Myös jo toiminnassa olevia voimalaitoksia on kehitetty varautumaan ympäristöuhkiin ja äärimmäisiin sääoloihin. Ilmastomuutoksen vaikutuksia ydinvoimatuotantoon selvitetään. STUKissa ei kuitenkaan uskota, että ilmastomuutos muuttaisi oleellisesti voimalaitosten toimintaedellytyksiä Suomessa.

Öljykatastrofi suurin uhka

Koiviston öljysataman ja Venäjän vilkastuneen raaka-aineviennin myötä öljynkuljetukset Suomenlahdella ovat moninkertaistuneet. Toisaalta pahan katastrofin riskiä on vähentänyt alusten kunnon kohentuminen esimerkiksi kaksoispohja- ja jäävahvisteisten tankkereiden yleistymisen myötä.

”Lähialueella tapahtuva paha öljyonnettomuus voi estää meriveden käytön ydinvoimalaitoksen jäähdyttämiseen. Reaktori tarvitsee jäähdytystä sammuuttunakin. Loviisassa on täysin merivedestä riippumaton varajäähdytysjärjestelmä. Se rakennettiin alun perin eräitä mahdollisia tulipalotilanteita ajatellen, mutta on hyödyllinen varauduttaessa muihinkin riskeihin”, Sandberg toteaa.

Loviisassa on myös valmistumassa vaihtoehtoinen meriveden sisäänotto saaren suojaisemmalta itäpuolelta

nykyisen länsipuolelta tapahtuvan vedenoton lisäksi. Itäpuolen vedenotto on helpompi suojata esimerkiksi öljypuomein mahdollisten onnettomuuksien haitoilta.

”Teknisten järjestelmien rinnalla ovat operatiiviset toimenpiteet, joilla öljyonnettomuuksiin on varauduttu yhteistyössä paikallisen pelastuslaitoksen kanssa. Lisäksi on valtakunnallinen öljyjyntorjunta, josta vastaa Suomen ympäristökeskus. Ydinvoimalaitos suojeltavana kohteena on priorisoitu korkealle mahdollisissa katastrofeissa.”

Levät ja mereneliöt aiheuttaneet haittaa

Olkiluodossa vakavan öljyonnettomuuden riski on selvästi Loviisaa pienempi. Myös siellä on käytössä vaihtoehtoinen vedenottoreitti turvaamaan reaktoreiden jäähdytystä. Öljyn tavoin meren levät ja eliöt, kuten simpukat, saattavat tukkia putkistoja.

”Olkiluodossa aiheutti aikanaan jonkin verran ongelmaa merivesitunneleihin pe-
siytynyt simpukkakasvusto. Siitä on kui-
tenkin päästy pitkälti eroon. Poikkeuk-
sellisen suuret leväesiintymät ovat puo-
lestaan johtaneet parannuksiin laitosjär-
jestelmissä ja ohjeistuksissa Loviisassa”,
Sandberg sanoo.

Niin ikään Itämereen muualta kulkeu-
tuneet tulokaslajit, kuten viime vuosina
laajalti levinnyt amerikankampamaneeti,
voivat suurina massoina vastata levä-
esiintymää. Sandbergin mukaan ydinvoi-
malaitosten jäähdytysvedenoton kannal-
ta tilanne on kuitenkin näiltä osin nykyi-
sellään hyvin hallinnassa.

Jäähdytysveden saannin varmistami-
seksi talvella on jouduttu varautumaan
myös niin sanottuun suppoilmiöön. Jää-
peitteettömän meriveden jäähtyessä
äkillisesti sen lämpötila saattaa pudota
jopa jäätymispisteen alapuolelle. Tällöin
se voi kiteytyä jääksi voimalaitoksen ve-
denoton rakenteissa. Esimerkiksi Olki-
luodon kakkosreaktorilla tapahtui tämän
vuoden alussa pikasulku, kun jäähile hei-
kensi veden virtausta.

”Tämä ei sellaisenaan kuitenkaan uh-
kaa laitoksen turvallisuutta. Sammut-
tun reaktorin jäähdyttämiseen tarvitaan
vain pari prosenttia käytön aikaisesta
vesimäärästä. Suppoilmiön torjumiseksi
Olkiluodossa on toteutettu järjestelmiä,
joilla pyritään nostamaan laitokselle tule-
van meriveden lämpötilaa. Täysin ongel-
maa ei ole onnistuttu torjumaan.”

Myrskyt ja merivesitulvat myös uhkatekijöitä

Jäähdytysveden saannin ohella erityis-
tä huomiota on kiinnitetty ydinvoima-
laitosten ilmanottoon. Ulkoisen sähkö-

saannin katketessa voimalaitoksen tar-
vitsema sähkö tuotetaan paikan päällä
dieselgeneraattoreilla.

”Niihinkin on kehitetty varojärjestel-
miä, joilla generaattoreiden tarvitseman
ilmanoton estyminen vältetään. Esi-
merkiksi ankara myrsky etenkin syksyl-
lä ja talvella lumentuloinen voi aiheut-
taa häiriöitä kantaverkossa. Poikkeuk-
sellisen kylmä sää talvella suurine säh-
könkulutuksineen asettaa kantaverkon
muutenkin koviin. Ydinvoimalaitos jou-
dutaan ajamaan alas, jos se ei voi syöttää
sähköä kantaverkkoon.”

Sandbergin mukaan sääilmiöillä onkin
Suomessa vaikutusta ydinvoimalaitosten
toimintaan lähinnä välillisesti. Yksi suora
uhka on kuitenkin meren vedenpinnan
ajoittainen voimakas nousu, joka on vii-
me vuosina ollut tuttu ilmiö Suomenlah-
della. Talvimyrskystä johtuneen veden-
pinnan nousun takia Loviisan voima-
la oli lähellä pysäyttämistä tammikuus-
sa 2005.

”Valmiustoiminnan käynnistyskynnys
on ylittynyt vain kerran, ja silloinkin ol-
tiin kaukana varsinaisesta vaaratilantees-
ta. Itämeren olosuhteiden pitäisi muut-
tua selvästi nykyistä huonommiksi, jotta
vedenpinnan nousu aiheuttaisi turvalli-
suusriskin. Mikäli näin kävisi, laitoksia
voitaisiin suojata esimerkiksi tulvapa-
doin. Ne ovat kuitenkin hankalia ratkai-
suja, joita ei pidetä ainakaan tällä hetkel-
lä tarpeellisina.”

Ilmastomuutoksen vaikutuksia selvitetään

Ilmastomuutos on puhuttanut myös
ydinvoimatuotannon parissa työskente-
leviä. Mitkä ovat sen vaikutukset luon-
nonoloihin ja sääilmiöihin Suomes-

sa? Kansalliseen ydinturvallisuusohjel-
maan liittyy projekti, joka koskee näitä
kysymyksiä. Samoja asioita sivuaa myös
muun muassa pohjoismainen yhteistyö-
hanke, jota Ilmatieteen laitos tekee yh-
dessä Ruotsin vastaavan organisaation
kanssa.

”Maailmanlaajuisen kokonaiskuvan
luomiseksi hallitustenvälinen ilmaston-
muutospaneeli IPCC kokoaa eri maiden
kansallisia tutkimuksia ja tekee niistä ai-
ka ajoin yhteenvedon. Kansalliset organi-
saatiot jatkavat taas työtään tältä pohjal-
ta alueellisten muutosten selvittämisek-
si. Tällä hetkellä ei ole vielä selvää käsi-
tystä siitä, tulisiko ilmastomuutos Suo-
messa johtamaan oleelliseen ääri-ilmiöi-
den voimistumiseen, vaikka keskiarvot
muuttuisivatkin”, Sandberg arvioi ja jat-
kaa:

”Ydinturvallisuutta ajatellen luonnon-
olojen ja säiden vaikutusta voimalaitos-
ten toimintaan on tutkittu jo pitempään
ja riippumatta ilmastomuutoksesta.
Näin ollen niihin liittyviin riskeihin on
osattu varautua jo nyt, enkä usko että il-
mastomuutos suuresti muuttaa tilan-
netta.”

Kokemuksista otettu oppia

1970- ja 1980-luvuilla rakennettujen
ydinvoimalaitosten turvallisuutta ja va-
rautumista luonnon ääri-ilmiöihin on li-
sätty käyttökokemusten ja muutaman
vuoden välein päivitettävien riskianalyy-
sien myötä. Monet näin tietoon tulleet
asiat voidaan ottaa jo ennakoon huo-
mioon uusia laitoksia, kuten Olkiluodon
kolmosreaktoria, suunniteltaessa ja ra-
kennettaessa.

”Tärkeintä on, että laitos sijoitetaan
riittävän korkealle merenpinnasta ja sen



STUKin riskianalyysit- toimiston ylitarkastajan Jorma Sandbergin (oik.) mukaan Suomessa on varauduttu uhkiin, joita esimerkiksi luonnon ilmiöt voivat aiheuttaa ydinvoimalaitoksille.

Sosnovyi Borin ydinvoimalaitoksella meriveden tulviminen on johtanut häiriöihin sähkön tuotannossa. Laitoksen turvallisuutta on kuitenkin sittemmin parannettu, kertoo STUKin Asiantuntijapalveluyksikön päällikkö Heikki Reponen (vas.).

jäähdytysveden sekä sähkönsaanti turvataan kaikissa oloissa. Sen on selviytävä turvallisesti vaikka maanjäristyksistä ja trombeista, eli asioista joita muussa rakentamisessa ei Suomessa ajatella juuri lainkaan. Uusi ydinvoimalaitos on suunniteltu kestäväksi myös lentokoneen törmäys ja siihen liittyvät tulipalot, mikä lisää laitoksen toimintavarmuutta myös äärimmäisissä luonnonoloissa”, Sandberg korostaa.

Sosnovyi Borissa varauduttu tulviin

Suomenlahden pohjukassa sijaitsevalle Sosnovyi Borin ydinvoimalaitoksella meriveden tulviminen ja epäpuhtaudet ovat johtaneet useisiin häiriöihin sähköntuotannossa. Osana kansainvälistä hanketta Suomi ja STUK ovat olleet mukana parantamassa voimalaitoksen turvallisuutta.

Turvallisuusarviointi aloitettiin 1990-luvun lopulla ja siinä kiinnitettiin huomiota myös laitoksen ympäristötekijöihin. STUKin Asiantuntijapalvelut-yksik-

köä vetävän toimistopäällikön Heikki Reponen mukaan tämä on johtanut tuntuviin muutoksiin esimerkiksi tulviin varautumisessa.

”Havaittiin, että ykkös- ja kakkosreaktoreiden jäähdytysvedenottamon pumput uhkasivat pahimmillaan jäädä veden alle. Ne vaihdettiin pikimmiten sellaisiksi, jota toimivat myös tällaisessa tilanteessa. Pysyvämpänä ratkaisuna muutama vuosi sitten valmistui uusi pumppaamo tulvimisrajan yläpuolelle. Nyt tästä pumppaamosta ollaan rakentamassa varalinjaa myös uudemmille kolmos- ja nelosreaktoreille.”

Öljynkuljetuksiin ja meren leviin sekä eliöihin liittyvien riskien lisäksi Sosnovyi Borin voimalaitosta haittaa aika ajoin myös merenpohjasta irtoava muta. Lisäksi laitoksen jäähdytystehoa laskee kuumaan kesäaikaan se, että vedonotto tapahtuu samasta lahdesta, jonne laitoksella kiertänyt ja lämmennyt vesi myös lasketaan.

”Näillä näkymin Sosnovyi Borin vanhimmat yksiköt poistuvat käytöstä vuosina 2018 ja 2020. Venäläiset ovat päättäneet rakentaa korvaavan tuotantokapasiteetin parin kilometrin päähän merenrannasta. Siellä ei ole mitään tulvimisvaaraa. Vedenoton tukkeutumisvaaran eliminoinniseksi otetaan käyttöön kaksi jäähdytystornia, joiden kautta samaa vettä kierrätetään. Haihtumisen korvaavaa uutta jäähdytysvettä tarvitaan vain murto-osa nykyisestä”, Reponen kertoo.

Suomenlahden tulviminen on monen tekijän summa. Tulva alkaa lahden länsipäästä ja etenee itään voimistuen lahden pohjukkaa kohden. Merentutkimuslaitos on kehittänyt ennuste- ja varoitust-järjestelmää mittausverkostoineen vedenpinnan nousun kulun ennakoinniseksi. Tarkoituksena on, että Sosnovyi Boris sa tehtäviä mittauksia käytettäisiin hyväksi mallin tarkentamiseksi. Yhteistyöhön on tarjoutunut mukaan myös Pietarin kaupunki.

säteily- tieteen professori vastaa



Kysy ja kommentoi!

Voit lähettää STUKiin kysymyksiä tai palautetta sinua askarruttavasta säteily- tai ydinturvallisuutta koskevasta aiheesta osoitteesta:

http://www.stuk.fi/sateilytietoa/ukk/fi_FI/lomake/
tai lähettää sähköpostia osoitteeseen: palaute@stuk.fi.

Allergisen lapsemme ruokavalio on hyvin suppea. Voiko vauvaikäinen syödä poroa joka päivä?

Oletetaan, että lapsesi söisi vuoden ajan päivittäin noin 50 grammaa poron lihaa. Suomalaisen poronlihan cesium-137-pitoisuus on keskimäärin 200 becquereliä kilossa. Pitoisuudet vaihtelevat jonkin verran riippuen alueesta. Pienimmät pitoisuudet mitataan Pohjois-Lapissa. Vuoden aikana saaduksi säteilyannokseksi tulee näitä arvoja käyttäen noin 0,08 millisievertiä. Tämä on pieni annos. Vertailun vuoksi: Saamme vuosittain noin 3,7 millisievertin säteilyannoksen eri lähteistä (ulkoinen säteilyaltistus, huoneilman radon ym.). Poronlihaa voi siis käyttää myös lasten ruokana.

Onko loisteputkivalaisimen tuottamasta UV-säteilystä terveydellistä haittaa, jos loisteputken loisteainepinnoite on osittain vioittunut, ja putkessa on kirkkaita kohtia?

Loisteputkea, jonka loisteainepinnoite on osittain lähtenyt irti, ei tulisi käyttää. Se voi säteillä voimakasta UV-säteilyä.

Loisteputkivalaisimissa valon tuottaminen on monivaiheinen prosessi. Lamput ovat elohopeapurkauslamppuja, joissa ensin synnytetään elohopean avulla voimakasta UV-säteilyä. Tämä UV-säteily fluoresoi lampun pinnassa olevan loisteaineen, joka säteilee valon edelleen näkyvänä valona. Toisin sanoen loisteaine muuttaa lampun UV-säteilyn näkyväksi valoksi.

Jos tämä loisteaine puuttuu, ei muutosta UV-säteilystä näkyväksi valoksi tapahdu, ja lamppu säteilee UV-säteilyä.

Kuinka voimakasta tämä säteily on, riippuu lamppuun käytetystä lasityypistä. Jos siihen on käytetty tavallista ikkunalasia, lasi suodattaa vaarallisimmat UV-B- ja UV-C-säteet pois. Lampun säteilemä UV-säteily voi kuitenkin aiheuttaa pidemmällä altistusajolla ihon palamisen. Ikkunalasia käytetään tavallisissa valaisinlamppuissa. Jos lamppuun on käytet-

ty puhdasta kvartsilasia, on se loisteaineettomalta osaltaan samanlainen kuin sterilointilamppu. Tällöin iho voi palaa lampun pinnalla loisteaineettomassa kohdassa sekunneissa. Kvartsilamelput ovat kalliimpia ja ne on tarkoitettu yleensä vain erikoissovellutuksiin, joissa tarvitaan UV-säteilyä.



Asunnossamme tehtiin radonmittaus ja tulos oli 900 becquereliä kuutiometrissä. Kenen asuntoyhtiössä kuuluu hoitaa tämä ongelma? Onko kaupungin terveysviranomaisilla tässä jokin rooli?

Asuntoyhtiössä korjaustoimet kuuluvat isännöitsijälle ja aina kannattaa kertoa asiasta myös taloyhtiön hallituksen puheenjohtajalle. Yleensä radonkorjaukset on hoidettu taloyhtiön kustannuksella. Joissakin taloyhtiöissä on kuitenkin tullut riitaa siitä, kenen korjaus kuuluu maksaa. Asuntoja koskevissa radonongelmissa on kunnan terveystarkastaja viranomainen, jolla on toimivalta. Terveystarkastaja voi tarvittaessa velvoittaa taloyhtiön korjauksiin. Korjaustavan valitsee taloyhtiö. Kun radonpitoisuus ylittää 480 becquereliä kuutiometrissä, sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeen mukaan radonpitoisuuden vuosikeskiarvo ylittää vanhojen asuntojen korjaussuositusrajan. Kun radonpitoisuus on 900 becquereliä kuutiometrissä, ylitys on selvä.

Voiko vanhan mikroaaltouunin säteilyä mitata kotona? Mistä mittarin saisi vuokrata, lainata tai ostaa?

Vanhatkaan mikroaaltouunit eivät vuoda vaarallisesti, jos luukku on silmämääräisesti ehjä. Vääntynyttä tai muuten rikkiäkinäistä uunia ei pidä käyttää. Jos uunin kunto epäilyttää, kannattaa kääntyä huoltoliikkeen puoleen. Luotettavia tuloksia antavat mittarit maksavat tuhansia euroja ja mittaus on tehtävä ammattilaisen toimesta. Tarkastusten kustannukset muodostuisivat suuriksi verrattuna uunien hintaan.

Lue ajankohtaista asiaa säteily- ja ydinturvallisuudesta – tilaa Alara!

♦ www.stellatum.fi

♦ tilaajapalvelu@stellatum.fi

♦ puhelin: (03) 4246 5340

Tilaushinnat Suomessa 2008 (4 numeroa vuodessa):
kestotilaus 40 € (laskutusväli 12 kuukautta),
määräaikaistilaus 44 € (12 kuukautta).

www.stuk.fi

Kuinka usein ihminen voi käydä röntgenissä, esim. keuhkokuvassa, tietyn ajan sisällä?

Potilasannokselle ei ole olemassa raja-arvoa, jota ei saisi ylittää. Lääkärin harkinnan (oikeutusarviointi) ja hänen tekemänsä lähetteen perusteella röntgenkuvaus voidaan tehdä aina tarvittaessa. Kuvausten määrää ei ole rajoitettu esim. aikajaksoihin. Ihmisille tehtävien röntgentutkimusten perustana on oikeutusperiaate: potilaalle saavutetun odotetun hyödyn on oltava suurempi kuin tutkimuksesta aiheutunut riski.

Miksi ydinvoimalaitokset rakennetaan meren rannalle? Voisiko laitoksen rakentaa muuallekin?

Ydinvoimalaitos voidaan rakentaa myös muualle kuin meren rannalle. Sijoituspaikkaan vaikuttaa lähinnä se, mihin reaktorissa syntyvä lämpö voidaan siirtää. Ydinvoimalaitokset ovat lauhdevoimalaitoksia, joissa hukkalämpö siirretään joko mereen tai lauhdetornin avulla suoraan ilmaan. Tyypillisesti ydinvoimalaitoksissa sähköä voidaan tuottaa 40 prosentin hyötysuhteella. Loput reaktorissa syntyvästä lämmöstä (60 %) joudutaan siirtämään tavalla tai toisella ympäristöön eli yleensä mereen. Meressä suurikaan lämpömäärä ei aiheuta ongelmia ympäristölle. Kun ydinvoimalaitos sijoitetaan muualle kuin meren rannalle, esim. joen rannalle, se joudutaan varustamaan lauhdetornilla, jossa hukkalämpö siirretään suoraan ilmaan. Tästä puolestaan on seurauksena, että laitoksen hyötysuhde huononee eli sen taloudellisuus heikkenee. Toisin sanoen taloudelliset seikat puoltavat ydinvoimalaitosten sijoittamista meren rannalle, mutta teknisesti mikään ei estä sen rakentamista myös muualle.



Future imagebank

KERRO MIELIPITE Alarasta

Palaute on meille ensiarvoisen tärkeää, jotta voisimme kehittää Alaraa lukijoiden toivomaan suuntaan.

Toivomme teidän – arvoisat lukijamme – kertovan meille, mikä Alarassa on hyvää ja mikä huonoa. Erityisen ilahtuneita olemme juttuvinkeistä. Postin voi lähettää osoitteella alara@stuk.fi tai Säteilyturvakeskus/Alara, PL 14, 00881 Helsinki.

Kaikkien palautetta tai vinkkejä viimeistään 12.5.2008 lähettäneiden kesken arvomme säätä ja saunaa kestävän Lexon THYKO -radion. Radion arvo on noin 50 euroa.

Edellisessä arvonnassa radion voitti Ritva Huolman-Pitkän, Vantaa.



OHJEET

YVL 1.4

Ydinlaitosten johtamisjärjestelmät

YVL 2.4

Primary and secondary circuit pressure control at a nuclear power plant

YVL 8.2

Ydinjätteiden ja käytöstä poistettujen ydinlaitosten vapauttaminen valvonnasta

YVL 8.2

Clearance of nuclear waste and decommissioned nuclear facilities

ST 5.1

Umpilähteiden ja niitä sisältävien laitteiden säteilyturvallisuus

ST 7.1

Övervakning av strålninsexponering

ST 7.1

Monitoring of radiation exposure

ST 7.2

Tillämpning av maximivärdena för strålninsexponering och beräkningsgrunder för stråldosen

ST 7.2

Application of maximum values for radiation exposure and principles for the calculation of radiation doses

ST 7.3

Beräkning av stråldos från intern strålning

ST 7.3

Calculation of the dose caused by internal radiation

TUTKIMUSRAPORTIT

STUK-A 223

Thermomechanics of swelling unsaturated porous media. Compacted bentonite clay in spent fuel disposal. Jussila P.

STUK-A 224

Mobile Spectrometry for Source Finding and Prompt Reporting. Kuukankorpi S, Toivonen H, Moring M, Smolander P.

STUK-A 225

Metoder för avlägsnande av radionuklider från hushållsvatten. Vesterbacka P, Turtiainen T, Hämäläinen K, Salonen L, Arvela H.

STUK-B 85

Tuote- ja turvatarkastuksissa sekä tutkimuksessa käytettävät röntgenlaitteet. Koskelainen M.

STUK-B 86

Säteily- ja ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 3/2007 Isaksson R. (toim.)

STUK-TR 2

STUKin Dosimetrialaboratorion röntgensäteilyn vakiolaatujen spektrit Tapiovaara T, Tapiovaara M, Siiskonen T, Hakanen A.

STUK-TR 3

Spektripaja(2.0)-ohjelman käyttöohje ja validointi Tapiovaara M, Tapiovaara T.

STUK-TR 4

Annoksen ja pinta-alan tulon mittaaminen, DAP-mittarin kalibrointi röntgensäteilykeilassa. Toroi P, Komppa T, Kosunen A.

STUK TIEDOTTAA

1/2008 Lasten röntgentutkimuskriteerit

KATSAUKSET

Juomaveden radioaktiivisuus
Radioaktivitet i dricksvatten
Strålningens hälsoverkningar

Säteilyturva-keskuksen julkaisut ovat sähköisessä muodossa STUKin kotisivuilla osoitteessa
http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/



Säteilysuojelun uudet kansainväliset suositukset – mikä muuttuu säteilysuojelussa?

SEMINAARI 23.–25.9.2008

Viking Line m/s Mariella, Helsinki – Tukholma – Helsinki

Säteilyturvakeskus (STUK) järjestää seminaarin Kansainvälisen säteilysuojelukomission (ICRP) uusista suosituksista, jotka julkaistiin syksyllä 2007. Lähes kaikkien maiden ja myös EU:n säteilysuojelulainsäädäntö perustuu ICRP:n suosituksiin. Seminaarissa STUKin asiantuntijat käyvät läpi uudet perussuositukset ja arvioivat niiden vaikutusta tulevaisuuden säteilysuojeluun.

Seminaarin aiheet ovat:

- Suositusten tarkoitus ja soveltamisala
- Säteilysuojelun biologiset perusteet
- Säteilysuojelussa käytettävät suureet ja yksiköt
- Ihmisen suojeleminen säteilyltä
- Kansainvälisten suositusten täytäntöönpano
- Säteilysuojelu lääketieteessä ja biolääketieteellisessä tutkimuksessa
- Ympäristön säteilysuojelu
- Säteilysuojelun keskeiset termit ja käsitteet

Seminaari on tarkoitettu säteilyn käyttäjille sairaaloissa, teollisuudessa ja tutkimuksessa, pelastusviranomaisille ja muille, jotka joutuvat työssään tekemisiin ionisoivan säteilyn kanssa, sekä muuten säteilysuojelusta kiinnostuneille.

Lisätietoa seminaarista ja ilmoittautuminen STUKin internet-etusivulta kohdasta Koulutus ja tapahtumat tai suoralla osoitteella
http://www.stuk.fi/sateilytietoa/koulutus/fi_FI/koulutus/.

Seminaarin hinta viimeistään 31.5. ilmoittautuneille on 400 € yhden hengen hytissä ja 350 € kahden hengen hytissä. Myöhemmin ilmoittautuneille vastaavat hinnat ovat 450 € ja 400 €. Viimeinen ilmoittautumispäivä on 21.8.2008.

Lisätietoja:

Raisa Tiililä, puh. (09) 759 88 597, e-mail: icrp-seminaari2008@stuk.fi.