

3 2009

ARCA

3 2009

J A YDINTURVALLISUDESTA

Technical details visible on the MRI scan printout:

- Patient Name: J A YDINTURVALLISUDESTA
- Sequence: T1-weighted
- Plane: Axial
- Location: Head
- Technical parameters: TR 400, TE 15, FOV 230, Matrix 256x256, Slices 10
- Date/Time: 08-05-2009 11:11
- Operator: M. J. A.

Halutaan palkata – sädehoitolääkäri

ALARA

3 2009

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
Purotie 1 B, 00380 Helsinki
www.stellatum.fi

TILAUKSET JA OSOITTEENMUUTOKSET

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

TILAUSHINNAT SUOMESSA 2009

Alara ilmestyy neljä kertaa vuodessa.
Kestotilaus 42 € (laskutusväli 12 kk),
12 kuukauden määräaikaistilauksella 45 €,
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
18. vuosikerta ISSN 1235-1970

PAINOTYÖ

Forssan Kirjapaino Oy



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.....	4
Kolumni: Kun asiantuntija kirjoittaa, siitä on yleensä "leikki kaukana"	6
Halutaan palkata – sädehoitolääkäri.....	9
Boorineutronisädehoidon ydinosaaminen löytyy Suomesta.....	12
Palvaroittimien kierrätys on käsityötä.....	14
Röntgen aseena tuberkuloosia vastaan	16
Radioaktiivisen aineen kuljetuksessa turvallisuuden perusta on kunnan pakkaus.....	17
Lähihistorian mahdollisuuksia: Sädehoitoa ylisuurin annoksin.....	20
Empire 2009 – valmiutta amerikkalaiseen tyyliin.....	22
Ydinvoimalaitosten radioaktiivisten päästöjen merkitys vähäinen lämmivesipäästöihin verrattuna	24
Itämeren alueelta mallia säteilyturvallisuudessa: Tehokas rajavalvonta rakentuu yhteistyölle.....	26
Kysy säteilystä – Säteilytieteen professori vastaa	29
Uudet julkaisut	31

Mitä vaarallisempi kuljetettava radioaktiivinen aine, sitä suuremmat vaatimukset asetetaan pakkaukselle. s. 17



Kansikuva: Rodeo Oy/Juha Tuomi

Mitä tänään pelättäisiin?

Kesäloman jälkeen työympäristö tuntuu oudolta. Kalerissa on kummallisia merkintöjä, mitä nämä kaikki kokoukset oikein ovat? Juuri ennen kesälomaa haltuun otetun sähköisen asiakirjanhallintajärjestelmän hienoudet ovat kokonaan unohtuneet. Ei auta. Kesäloma meni ja syksy on tulossa. Mitä syksy tuo tullessaan? Koulu-laisten mukana se tuo ainakin lukukauden ensimmäisen flunssan. Tänä syksynä voi olla odotettavissa myös se isompi tauti – sikaflunssa, mutta siihen saa sairastua vasta 1.10. alkaen. Sikaflunssaa odotellessa Alaran säteilyenerginen kolmosnumero tarjoaa muuta pelättä...ajateltavaa. Eikö se niin mennyt, että tieto lisää turvallisuutta?

Vuosittain yli 26 000 suomalaista sairastuu syöpään ja noin puolet syöpään sairastuneista tarvitsee jossakin vaiheessa sädehoitoa. Terveystieteiden henkilöstöpulasta puhutaan jatkuvasti. Jos henkilöstöpula oli vasta alkupuhe, niin talouden taantuma on vienyt viimeisetkin avoimet vakanssit. Toisin on syöpälääkäreiden kohdalla. Koulutettuja syöpälääkäreitä on paljon, mutta kaikkiin syöpälääkäreiden virkoihin ei löydy haltijaa. Mikä on, kun ei lääkäreille työ kelpaa? *Halutaan palkata sädehoitolääkäri* -artikkelimme kertoo, että osasyy syöpälääkäripulaan on lääkäreiden laiskuus – vai mikä se oli? Ennen yksi lääkäri teki vuoden aikana enemmän töitä kuin nyt kaksi. Suomi on kuitenkin sädehoidon huippumaita, joten olemme hyvissä, vaikkakin harvoissa käsissä, ja saamme hoitoa turvallisilla laitteilla. Suomessa hoitoa on mahdollisuus saada myös vaikeasti hoidettaviin syöpiin, kuten aivokasvaimen. Otaniemen FiR 1 -tutkimusreaktorin yhteyteen rakennetussa yksikössä on tähän mennessä hoidettu noin 180 potilasta.

Yleisön pyynnöstä Alaraan kynäili jutun STUKissakin hyvin tunnettu (ja pelätty) Marsa Luukkonen. Marsa on yrittänyt saada meidät kirjoittamaan suomen kieltä sujuvasti ja oikeilla sanoilla. Marsan huomassa ovat saaneet kyytiä kapulakieli ja tekstitaudit, vaikka ne tuntuvat olevan oleellinen osa viranomais-toimintaa – tai niitä ainakin käytetään enemmän kuin kukaan ehtii korjata. Nyt hirvittääkin, mitä Alaran teksteistä jäi ”marsastamatta”. Koulussa unohdetut opit palaavat pikkuhiljaa mieleen...

Olen vihdoinkin onnistunut kierrättämään – tässä kirjoitukses-



Kävelyllä kanssani Lancashire Heeler-herrat Curre Cowboy ja Riku Warpaint.

Joona Martikka

sa etupäässä otsikon ”Mitä tänään pelättäisiin?” Kurssikaverini kertoi, miten heillä töissä päivä alkaa. Se alkaa kuulemma kysymyksellä: ”Mitäs me tänään pelättäisiin?” Aihe jäi mieleen pyörimään, ja totesin, että tähän käy hyvin monen muunkin (työ) päivään. Tosin käsitan pelon tässä hyvin positiivisena ilmiönä. Pelkoa tunteva hakee suojaa, ja osaa varautua esimerkiksi hyökkäykseen. Tilanteeseen oikein mitoitettu pelko on rakentavaa, ja lisää siten myös turvallisuutta. En ole koskaan ennen kokenut niin tunnollista käsihygieniää kuin viime päivinä, ihan ilman erillistä kehotusta pestään kädet ennen ruokailua jne. Meidät on hyvin peloteltu tekemään voitavamme.

Paras lääke pelkoon on pelon voittaminen selvittämällä itse, mistä oikein on kysymys. Alara tarjoaa hyvän ensiavun. Kannattaa lukea ja varmistua itse, mikä on sädehoidon koko tarina – sekä löytää paljon uutta pelättävää oman ja muiden turvallisuuden paranemiseksi.

Vantaalla 8.9.2009

Elina Martikka

POLLA SÄTEILEE



Säteilysuojelusta tietoa uudelta sivustolta

Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA on koonnut Radiation Protection of Patients (RPOP) -internetsivuilleen tietopankin aiheesta potilaan säteily-suojelu kuvantamistutkimuksissa.

Englanninkielinen sivusto on suunnattu terveydenhuollon ammattilaisille kuten sairaalafysikoille, lääkäreille ja röntgenhoitajille, jotka tarvitsevat työssään tietoa säteilysuojelusta, säteilyn optimoinnista ja annoksista.

Sivustolta löytyy hyödyllistä tietoa myös potilaille säteilysuojelun periaatteista tutkimuksissa, joissa käytetään ionisoivaa säteilyä. Tiedot on jaoteltu sivuille tutkimustyyppin mukaan, joten tietojen hakeminen on helppoa. Erityisryhminä on huomioitu raskeana olevat sekä lapset, joita koskeva tieto on koottu omaan valikoonsa. Sivuilta löytyvät uusimmat tutkimustulokset, julkaisu- ja alan tapahtumat.

Etusivulla vaihtuvat tietoiskut johdattelevat usein kysyttyjen kysymysten pariin. Vastauksissa muun muassa kerrotaan,

kuinka suuri annos luuntiheysmittauksesta aiheutuu verrattuna muihin tutkimuksiin tai taustasäteilyyn, ja tuleeko potilaan käyttää suojavarusteita kyseisessä tutkimuksessa. Klikkaus kyseisen tietoiskun kohdalla näyttää kaikki samaan kategoriaan laaditut kysymykset ja vastaukset.

Vierailu sivustolla tarjoaa lisäksi linkkejä tärkeimpiin kansainvälisiin julkaisuihin kuten säteilyturvallisuusstandardeihin (Safety Standards), joita käytetään muun muassa säteilysuojelun optimointiperiaatteen toimeenpanossa sekä kansallisen lainsäädännön ja ohjeiden valmistelussa. Oppaita on ladattavissa ilmaiseksi esimerkiksi englanniksi, kiinaksi, arabiaksi ja ranskaksi.

Sivut löytyvät osoitteella <http://rpop.iaea.org>

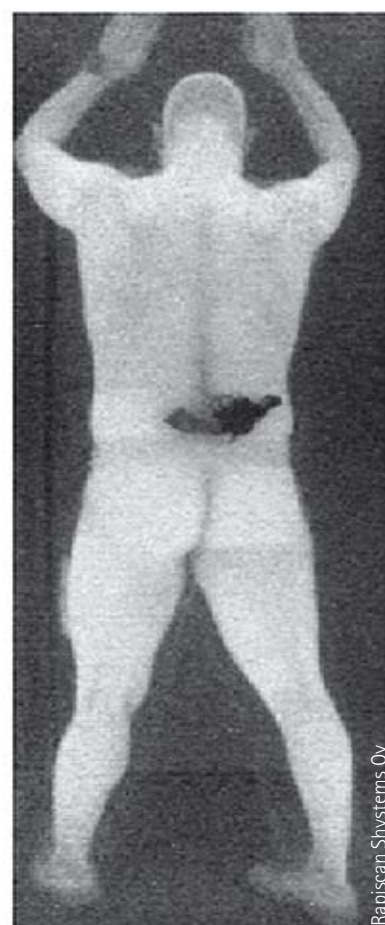
Finavian henkilöskannerin koekäyttö päättyi

Toistaiseksi toimintaa ei jatketa

Finavian niin kutsutun henkilöskannerin koekäyttö on saatu päätökseen eikä käyttöä toistaiseksi jatketa. Henkilöskanneri on laite, joka muodostaa siroavaa säteilyä hyväkseen käyttäen kuvan tarkastettavasta henkilöstä ja hänellä mukana olevista esineistä.

Finavian säteilyturvallisuudesta vastaavan johtajan Kari Nurmelan mukaan laite on toiminut tarkoitetulla tavalla ja koekäytöstä saadut tulokset ovat rohkaisevia. Jo koekäytön alkaessa oli selvää, että henkilöskannerien laajamittaisella käytöllä lentomatkoilun turvallisuustasoa voidaan nostaa entisestään vaikeuttamalla metallia sisältämättömien kiellettyjen esineiden viemistä lentokoneisiin. Yllättävää sen sijaan oli matkustajilta saatu palaute henkilöskannerin koekäytöstä. Suurin osa koekäyttöön osallistuneista matkustajista suhtautui henkilöskanneriin positiivisesti, ja vapaaehtoiseen turvatarkastukseen osallistuminen onkin ollut matkustajille enemmän sääntö kuin poikkeus: 18 kuukauden koejakson aikana vapaaehtoiseen tarkastukseen osallistui yli 80 prosenttia niistä matkustajista, jotka poimittiin satunnaisotannalla matkustajajonosta.

Jos siis laitteella saadaan parannettua lentomatkoilun turvallisuustasoa ja se on otettu positiivisesti vastaan matkustajienkin parissa, miksi laitteen käytölle ei ole haettu jatkoa? Kari Nurmelan mukaan syitä on useita. Suurin syy kuitenkin oli, että henkilöskannereita ei



Rapiscan Shystems Oy

uudistetussa Euroopan Parlamentin ja Neuvoston asetuksessa 300/2008 lisätty hyväksyttyihin turvatarkastusmenetelmiin.

Säteilyturvakeskus antoi vuonna 2007 hyväksyntänsä henkilöskannerin 18 kuukauden määräaikaiselle koekäytölle Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Koe-

käytölle myönnettyssä turvallisuusluvasa STUK ei ottanut kantaa siihen, onko laitteen jatkuva käyttö hyväksyttävää. Jos henkilöskannerin käyttö turvatarkastuksissa tulee uudelleen ajankohtaiseksi, on koekäytössä saaduista tiedoista varmasti hyötyä.

Tarkastaja Markku Koskelainen, STUK

Kun asiantuntija kirjoittaa, siitä on yleensä "leikki kaukana"



Varma, alansa ja asiansa läpikotaisin osaava asiantuntija ottaa alusta alkaen huomioon lukijansa ja tekstinsä tarkoitusperän. Hän uskaltaa kirjoittaa ymmärrettävin lauserakentein, selkein sanoin ja vääntää tarvittaessa rautalankamallin maallikolle uudesta ja ehkä vaikeasti hahmottuvasta asiasta, ohjeesta, lausunnosta tai raportista.

Luetaanko tekstiäsi pakosta vai mielenkiinnosta?

Asiantuntijatekstejä, esimerkiksi erilaisia ohjeita, määräyksiä ja raportteja, luetaan työelämässä kahdesta syystä: pakosta ja mielenkiinnosta. Väite voi tuntua suorastaan julmalta, mutta totta se kyllä pitkälti on. Itse en varmasti lukisi juuri yhtäkään teknisen laitteen asennus- tai käyttöohjetta, jollei olisi pakko. Tällä tarkoitan sitä, että tällaiset tekstit ovat usein niin vaikeaselkoisia, että lukeminen ahdistaa

ja tuntuu siksi pakolta, kun ei ymmärrä, mitä pitäisi tehdä. Jos teksti olisi laadittu lukijaystävälliseksi ja se palvelisi tarkoitustaan, se saattaisi muuttua jopa mielenkiintoiseksi: hei minähän ymmärsin tämän ja osaan nyt toimia oikein.

Pakkolukeminen olisi saatava muutettua mielenkiinnosta lukemiseksi, koska se varmistaisi asioiden turvallisen hoidon ja etenemisen. Lisäksi se vähentäisi virhetulkintoja ja neuvontaa. Uskonpa, että myös kirjoittamisesta tulisi entis-

tä mielekkäämpää työtä, kun nykyisellään se vielä usein on jonkinlaista pakkopullaa. Monissa teksteissä on paljon selittelyjä ja todisteluja ja vetoamisia pykäliin, ja varsinaiset kannanotot ja toimintaohjeet hukuvat niiden muodostamaan viidakkoon – kunnon rautalankamalleja tapaa vain harvoin. Selkeä, yksiselitteinen teksti herättää luottamusta asiantuntijayhteisöön ja synnyttää oikeanlaisen ”ketjureaktion” eli turvallista toimintaa tekstiä tarvitsevan osapuolen omissa töissä.

Ajattele ensisijaisesti lukijaasi

Kun asiantuntija kirjoittaa, hänellä on yleensä kolme luonnostaanlankeavaa ”perusongelmaa”: Ensiksikin hän tuntee asiansa niin hyvin, ettei hän huomaa, milloin esimerkiksi sanajärjestys, määrite, sanavalinta tai jokin kieliopillinen muoto voi välittää myös toisenlaisen tulkinnan kuin oli tarkoitus; hänhän itse tulkitsee tekstiä vankan tietonsa perusteella. Toiseksi asiantuntija yrittää usein olla niin pikkutarkka ja ilmaista asiansa niin täydellisesti ja aukottomasti, että asiaa ennalta tuntematon tai vain pintapuolisesti tunteva putoaa kärryiltä ja uupuu. Kolmanneksi asiantuntija(viranomainen) vakuuttelee ja todistelee erilaisiin lakeihin ja pykäliin vetoamalla, että hän on taatusti oikeassa ja oikealla asialla.

Edellä kuvatun ymmärtäminen on tär-

keämpää kuin se, että teksteistä ryhdytään suin päin ruotimaan yksittäisiä virheitä ja korostamaan kieliopillisuutta. Tämän oivaltaminen avaa suurempia portteja ja keskeisiä asennelukkoja, minkä jälkeen on mahdollista asettua kirjoittaessa lukijan asemaan ja rooliin. Kirjoittaessa on siis ensisijaisen tärkeää huolehtia siitä, että teksti toimii lukijan käsissä toivotulla ja tarkoituksenmukaisella tavalla. Työelämän tekstihän ovat lähes sataprosenttisesti työvaiheita ja työkaluja, joiden varassa ja avulla toiset sitten toimivat.

Mitä paremmin kirjoittaja itse ymmärtää ja sisäistää tekstinsä todellisen vaikutuksen ja merkityksen ulottuvuudet, sitä varmemmin myös tekstin kieliasu paranee – ikään kuin itsestään. Kyse ei siis niinkään ole kielinormien osaamattomuudesta vaan kirjoittajan oman pään si-

säisistä asenteista ja monissa työpaikoissa vallitsevista (lue: kahlitsevista) pitkistä perinteistä. Kieliopilla ei pitkälle pötkitä, jos asenteissa on korjattavaa.

”Viranomaisten kompostointia koskevat ohjeet”

Tämän jakson otsikko on suora lainaus muutama vuosi sitten ilmestyneen ohjekirjasi nimestä. Kömmähdyks nimestä kirjoittaa aina makeat naurut, ja se kuuluu suosikkilistalleni. Nimen pitäisi tietysti olla ”*Viranomaisten ohjeet kompostoinnista*”. Etenkin juuri viranomaiset – mutta kyllä tähän muutkin sortuvat – harrastavat mielellään **määritteitä** ja **määriteketjuja**, ja niistä syntyy usein outoja ja jopa hauskoja tulkintoja:

”Laillisella viivästyskorolla tarkoitetaan **kunakin vuonna voimassa olevan ministeriön** vahvistamaa viitekorkoa.” > *Laillisella viivästyskorolla tarkoitetaan ministeriön kunakin vuonna vahvistamaa viitekorkoa.*

”**Säteilyn lääketieteellisestä käytöstä annetun sosiaali- ja terveysministeriön** asetuksen mukaan –.” > *Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut säteilyn lääketieteellisestä käytöstä asetuksen, ja sen mukaan –.*

”Poliisi puhallutti **lauantaiaamuna Alkon pihassa 1953 syntyneen** miehen.” > *Poliisi puhallutti 1953 syntyneen miehen lauantai-aamuna Alkon pihassa (otsikko lehdessä)*

Salakavalasti virhetulkinnan aiheuttava ja tekstin oikeaa painotusta häiritsevä saattaa olla myös **sanajärjestys**, kuten seuraavat esimerkit osoittavat:

”Suomalaiset vanhemmat **eivät laiskuuttaan laita** lapsiaan päivähöitoon.” > *Suomalaiset vanhemmat eivät laita lapsiaan päivähöitoon laiskuuttaan.*

”Tilaisuudessa **esiintyy Rasputin** aiheenaan filosofian maisteri Mikko Marjanen.” > *Tilaisuudessa esiintyy filosofian maisteri Mikko Marjanen aiheenaan Rasputin.*

”Annos- ja annosnopeusmittarin perusvirhe ei saa olla suurempi kuin 20 % vapaan annosekvivalentin ja suunnatun annosekvivalentin mittauksissa.” > *Vapaan annosekvivalentin ja suunnatun annosekvivalentin mittauksissa.*

tun annosekvivalentin mittauksissa annos- ja annosnopeusmittarin perusvirhe ei saa olla suurempi kuin 20 %. (Tämä sanajärjestys auttaa silmäilevää lukijaa löytämään helposti oikean kohdan, ja ohjeen painollisin asia eli perusvirheen sallittu suuruus on nyt oikealla paikallaan lauseen lopussa; laita aina uusi ja painollisin asia lauseen loppuun.)

Otetaanpa sitten vielä muutama esimerkki **sanavalinnoista** sekä **epätasällisistä ilmauksista**, jotka herättävät kyllä kysymyksen, mutta eivät anna vastausta:

”Verkkosivujen sisällön valvontaa harjoittaisivat edelleen vain yleiset **laillisuusvalvontaviranomaiset**. (Ketkä siis käytännössä?)

”Tarkastusten ja mittausten suorittajat ja vastuuhenkilöt **mainitaan**; mittausten suorittajia ei tarvitse välttämättä kuitenkaan **nimetä**.” (Maallikko saattaa kyllä ihmetellä, mitä eroa tässä on mainitsemisella ja nimeämisellä.)

”On myös tietokoneohjelmia, joilla testituloksia voidaan analysoida automaattisesti ja nopeasti.” (Missä, minkä nimisiä jne.?)

”Valitus on jätettävä 15.12. mennessä.” (Voiko valituksen jättää vielä 15.12.? Korjaa: *Valitus on jätettävä viimeistään 15.12. klo 16:een mennessä.* TAI *Valitus on jätettävä viimeistään 15.12.)*

Lopuksi annettakoon vielä motto kaikille tekstintekijöille:
TEKSTI ON AINA KIRJOITTAJAN LAHJA LUKIJALLE!

Petteri Tiippa STUKin Ydinvoimalaitosten valvonta -osaston johtajaksi

DI Petteri Tiippa (37) nimitettiin Säteilyturvakeskuksen (STUK) Ydinvoimalaitosten valvonta -osaston johtajaksi 1.9.2009 alkaen.

”Odotan ihmisiltä hieä, huumoria ja hyvinvointia. Eli paljon on töitä, muttei kuitenkaan huumoria ja hyvinvointia saa unohtaa. Tämä on kaikkien osastolaisten asia”, sanoi Tiippa puheessaan osaston henkilökunnalle.

Ydinvoimalaitosten valvonnan tavoitteena on varmistua Suomen ydinvoimalaitosten turvallisuudesta. Valvonnan piiriin kuuluvat käynnissä olevien laitosten lisäksi myös Olkiluotoon rakenteilla oleva ydinvoimalaitosyksikkö sekä Suomeen suunnitteilla olevat uudet ydinvoimalaitoshankkeet. Lisäksi STUK valvoo Espoon Otaniemessä sijaitsevaa VTT:n tutkimusreaktoria. Ydinvoimalaitosten valvonta-osastolla on noin 100 työntekijää.



Ydinvoimalaitosten paloturvallisuus- seminaari houkutteli osallistujia 15 maasta

Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT ja Teknillinen korkeakoulu järjestivät 20. SMiRT-konferenssin (Structural Mechanics in Reactor Technology) elokuussa Otaniemessä. Joka toinen vuosi järjestettävään konferenssiin liittyvä jatkokoseminaari ydinvoimalaitosten paloturvallisuudesta pidettiin STUKissa. Vastava paloseminaari on järjestetty 10 kertaa aikaisemmin. Tällä kerralla tilaisuuteen osallistui 64 henkeä 15 maasta, osallistujamäärä oli seminaarisarjan historiasa toiseksi suurin.

Seminaari kokosi onnistuneesti yhteen ydinvoimalaitosten paloturvallisuus-

den kanssa työskentelevät viranomaiset, voimayhtiöt, tutkimuslaitokset, vakuutuslaitokset ja konsultit. Kokeelliset tutkijat esittelivät uusimpia koetuloksiaan, joiden avulla analysoijat verifioivat ja tarkentavat laskentamenetelmiä. Saman tietämyksen avulla viranomaiset laativat määräyksiään ja vakuuttajat määrittävät maksujaan.

Kaksipäiväisen seminaarin päätteeksi järjestettiin osallistujille vierailu Olkiluotoon. Teollisuuden Voima Oy:n vierailukeskuksessa järjestetyt yksityiskohtaiset esitelmät antoivat selkeän kuvan niin käyvistä laitosyksiköistä kuin kolmosyk-

sikön rakennustöiden etenemisestä sekä tulevaisuuden suunnitelmista. Näköhavaintoja Olkiluoto 3 -yksiköstä päästiin tekemään jäähdytysveden poistokanavan viereen rakennetulta näköalatasanteelta, jossa vieraat viihtyivätkin pitkään aurinkoisessa säässä. Vierailun päätti tutustuminen voimalaitosjätteen loppusijoitustilaan eli VLJ-luolaan.

Seuraava SMiRT-konferenssi järjestetään vuonna 2011 Delhissä. Paloturvallisuusseminaari sen sijaan järjestettäneen samana vuonna Euroopassa.



Suomi on sädehoidon huippumaita maailmalla, miljoonaa asukasta kohti löytyy 7,1 sädehoitolaitetta, kertoo ylitarkastaja Petri Sipilä STUKin Säteilyn käyttö terveydenhuollossa -yhteistyöstä. Laitekanta on kunnossa, nyt rajoittavana tekijänä ovat enemmän ihmisresurssit. Sädehoitohenkilöstöstä on pulaa.

Halutaan palkata – sädehoitolääkäri

”Koulutettuja syöpälääkäreitä on suhteellisen runsaasti, mutta käytännössä syöpiä on paljon ja kaikkia syöpälääkäreiden virkoja ei ole täytetty”, dosentti Antti Ojala Tampereen yliopistollisesta sairaalasta TAYSista kertoo.

Syöpälääkärripulaan on ensisijaisesti kaksi syytä. Lääkärit haluavat jäädä yliopistopaikkakunnille, missä alalle erikoistutaan.

”Tämä ei koske ainoastaan syöpälääkäreitä.”

Ojala katsoo, että viimeisten kymmenen vuoden aikana myös lääkärien halukkuus tehdä töitä on vähentynyt.



"Yliopistopaikkakuntien ulkopuolelle sädehoitolääkäreitä on vaikea saada", dosentti Antti Ojala TAYSin syöpätautien klinikalta kertoo.



"Tehdään vajaata työviikkoa. Ennen yksi lääkäri teki vuositason paljon enemmän töitä kuin nyt kaksi."

Syöpätaudeista tuli oma erikoisalansa 1960–1970-lukujen vaihteessa. Silloiset nuoret lääkärit ovat nyt eläköitymässä. Sairaalaafyysikoiden kohdalla ikärakenne ja ongelmat ovat samansuuntaiset. Fyysikoille on kysyntää myös syöpätautien ja sädehoidon ulkopuolella. Samaan aikaan koulutusvirkoja on suhteellisen vähän. Röntgenhoitajien osalta ainakin vakituiset virat on saatu täytettyä.

"Rajoitteena on se, että koulutus rajoittuu muutamalle paikkakunnalle. Lisäksi kun nousukausi oli parhaimmillaan, hoitohenkilöstöä ajautui paremmin palkatuille aloille."

Syöpälääkäri ei päivystä eikä tienaa huippupalkkaa

Syöpälääketiede ei ole ollut lääkäreiden rankinglistan suosituimpia, vaan pikemmin häntäpäästä.

"Tämä on henkisesti aika kovana pidetty ala. Taloudellisestikaan tämä ei ole lääkäreille paras vaihtoehto, yksityisvastaanotto puuttuu. Tienesti rajoittuu peruspalkkaan – toisaalta on myös työn hyvä puoli, ettei siihen liity päivystysvuoroja."

Työssä on myös muita hyviä puolia. Potilailla on todellinen tauti, eikä työ ole lääkärintodistusten kirjoittamista. Alalla näkyy myös naisistuminen, mikä on varmasti suhteessa päivystysvuorojen puuttumiseen.

Joensuussa pahimmat haasteet

Sädehoidossa vaikein tilanne on ollut Joensuussa. Uudessa tänä vuonna perustetussa sädehoitoyksikössä oli vielä kesän alussa avoinna kolme sädehoitolääkärin virkaa. Töihin ei ole saatu päteviä lääkäreitä eikä fyysikkohenkilökuntaa. Joskus kyse on ollut siitä, että puolisolle ei ole löytynyt töitä, vaikka lääkäri olisi virkaan jo saatukin.

Joensuun toimintaa on helpotettu delegoimalla osa työstä Kuopioon sekä hoi-

tamalla potilaita Kuopiossa tai Lappeenrannassa.

Tampereella sädehoitoruuhkaa helpotti R-rakennuksen Radiuksen uusien tilojen valmistuminen. Samalla saatiin kaksi uutta konetta eli kaikkiaan käytössä on nyt viisi kiihdytintä.

Päijät-Hämeessä syntyi jopa kansanliike uuden sädehoitoyksikön hankkimiseksi. Lahden yksikkö aloittikin toiminnan vuonna 2006. Perustamisvaiheessa myös Lahden yksikössä oli pulaa henkilöstöstä. Ongelmaa helpotti, että Lahti toimii TAYSin alaisuudessa, joten lääkäripulaa voitiin paikata sieltä.

"Lahti olisi ollut pulassa yksin", Ojala toteaa.

Ongelmat näkyvät selkeästi erityisesti pienissä yksiköissä. Porissa lääkäreitä ei ole niin paljon kuin virkoja. Sama tilanne on ollut Lappeenrannassa ja Kotkassa.

"Turussa on pitkään ollut jostain syystä paras lääkäritilanne."

Potilaat eivät parane jonoissa

"Nyt ei ole enää kovin montaa sairaanhoitopiiriä, joissa ei sädehoitolaitteita ole. Suomi on jaettu miljoonapiireihin, ja jokainen yliopistosairaala ottaa potilaita hoitoon omalta vastuualueeltaan. Sikäli potilaat ovat tasa-arvoisessa asemassa. Toisaalta odotusaika hoitoon pääsystä vaihtelee."

Sädehoitohenkilöstöpulalla on ollut selvän vaikutus hoitopäätöksiin.

"Laittekapasiteettia riittää, minimitekijä on henkilöstö."

"Akuuttia hoitoa tarvitsevat ovat yleensä päässeet hoitoon. Mutta ylimääräinen viive ei ole ainakaan hyödyllistä. Aina jon-

kun potilaan tilanne huononee", Ojala toteaa. Toisaalta vielä ratkaisevampaa on ketjun alkupäässä se aika, jolloin potilas hakeutuu lääkäriin ja diagnoosi tehdään.

Uusia sädehoitoyksiköitä ei Suomeen kovin helposti ole tulossa, ellei sitten Rovaniemelle. Oulu on ainoa yksikkö, joka antaa hoitoa Lapin suuntaan.

"Yksityisiä yksiköitä tuskin kovin paljon tulee, koska investoinnit ovat kalliita", Ojala ennakoii. Ihmiset eivät ole tottuneet käyttämään yksityistä sektoria, koska julkinen palvelu on pelannut. Toisaalta potilasvakuutukset lisääntyvät.

Isojen harppauksen vuosikymmenet

Antti Ojala on ollut alalla 40 vuotta.

"Sädehoitolaitteistot ovat kehittyneet valtavasti. Tällä alalla tietotekniikan kehitys on luonut edellytykset muun työn kehittymiseen."

"Potilasmäärät ovat kasvaneet paljon. Hoidettavat taudit ja yleensä syöpähoitot ovat muuttuneet."

"Vastaan ei tule niin paljon pitkälle edenneitä syöpiä kuin ennen. Tämä merkitsee sitä, että työ ei ole myöskään niin toivotonta kuin ennen. Diagnostiikka on kehittynyt paljon."

Suomessa ei enää ole lääkintähallitusta ja keskusvirastoa. Sen seurauksena sairaanhoitopiirien on ollut mahdollista toimia itsenäisesti ja perustaa uusia sädehoitoyksiköitä. Se on Ojalan mukaan kaksiteräinen miekka. Pienten yksiköiden etu on, että hoito on potilasta lähempänä. Toisaalta lääketieteen erikoisaloista sädehoito on poikkeus sikäli, että siinä näkyy positiivinen massavaikutus. Kalliiden laitteistojen käyttö on tehok-



Tulevaisuudessa haasteena ovat uuden polven laitteet ja niiden valvonta, ylitarkastaja Petri Sipilä Säteilyturvakeskuksen Säteilyn käyttö terveydenhuollossa -yksiköstä toteaa.

kaampaa, kun hoito keskitetään suurempiin yksiköihin. Samalla paranevat edellytykset erikoistumista vaativan tietotaidon ylläpitämiseen.

Laiterikot ja henkilöstötilanne tekevät pienen yksikön helposti haavoittuvaksi. Toisaalta kivunlievitykseen tarvittavan hoidon saatavuus kärsii, jos sädehoitokeskus on etäällä ja heikkokuntoisia potilaita ei voida lähettää oireenmukaiseen eli palliatiiviseen kipua lievittävään hoitoon.

Laitteistojen suhteen huippumaita

Kun Suomi on sädehoitolaitteistojen suhteen huippumaita 7,1 laitteella miljoonaa asukasta kohti, esimerkiksi Englannin ja Ranskan laitekanta on lapsenkengissä. Länsi-Euroopassa on 3,9 ja Itä-Euroopassa vain 1,6 laitetta miljoonaa asukasta kohti. Itä-Euroopan maissa puuttuu syövän varhaisdiagnostiikka. Siellä päästään hoitamaan vasta syöpiä, joilla on selkeitä näkyviä oireita.

Tulevaisuudessa haasteena ovat uuden polven laitteet, pienen kentän stereotaktista hoitoa antavat laitteet, jotka kiertävät potilaan ympäri tätä hoitaessaan. Hoito täsmentyy tai kohdentuu. Hoitoa kehitetään jatkossa hengitystahtiseksi. Cyperknife-laitteita on Euroopassa kymmenkunta, mutta Suomessa ei vielä yhtään. Uusimmissa lineaarikiihdyttimissä on myös valmius kuvantaohjattuun sädehoitoon. Näitä on Suomessakin jo useita.

Haasteena ovat myös pään- ja kaulan alueen syövät ja keuhkosityöpien hoidon kehittäminen hengitystahtiseksi, jotta vain kohdekudos saisi säteilyä.

Turvallisuuskulttuuri jopa elintärkeä asia

Säteilyturvakeskuksen rooli on valvoa laitteistoja, säteilyannoksia ja säteilyn käytön turvallisuutta.

”Me emme puutu lääketieteelliseen puoleen. Tarkastamme laitteet sekä kansainvälisten ja kotimaisten määräysten täyttymisen.”

STUKin rooliin kuuluu myös järjestää koulutustapahtumia, joissa fyysikot pääsevät keskustelemaan STUKin asiantuntijoiden kanssa.

”Siellä voidaan jakaa hyviä käytäntöjä minimivaatimusten yläpuolelta.”

STUK voi olla mukana alusta alkaen, kun sairaala tekee päätöksen uuden kiihdyttimen hankinnasta.

”Tarkastamme bunkkerirakennuksen, annamme siitä pyydetessä ennakkolausunnon. Sädehoitolaitteisto tarkistetaan ennen kuin potilaita hoidetaan niin, että lähtötaso on turvallinen.”

Olennaista on noudattaa laitteiden kansainvälisiä turvastandardeja. Sädehoitoyksiköiltä vaaditaan turvallisuussuunnitelma ja myös omaa laadunvalvontaa.

”On paljon esimerkkejä siitä, että jos joku asia pettää, potilaita kuolee. Vika laitteessa voi merkitä, että muutamassa päivässä tai viikossa vika koituu ihmisille hengenvaaralliseksi. Tällaisia onnettomuuksia tapahtuu maailmassa keskimäärin yksi joka toinen vuosi.”

Euroopassa pahoja onnettomuuksia on tapahtunut Puolassa, Espanjassa, Englannissa ja Ranskassa. Potilaat ovat voineet esimerkiksi saada massiivisia, moninkertaisia säteilyannoksia.

”Lievempiä vaaratilanteita on tapahtunut Suomessakin. Esimerkiksi potilas on vahingossa hoidettu väärällä hoidolla. Kukaan ei ole erehtymätön, kaikki tekevät virheitä. Järjestelmä on kuitenkin rakennettu niin, että jos yksi varmistus pettää, toisen asian pitäisi korjata.”

”Suomessa suuret onnettomuudet ovat epätodennäköisiä, mutta tarkkana pitää jokaisen olla.”

”Pyrimme siihen, ettei onnettomuuksia sattuisi ollenkaan. Varmistamme, että henkilökunta on ajan tasalla ja turvallisuuskulttuuri pelaa. Tämä perustuu tiukkaan laadunvalvontaan ja toimiviin prosesseihin.”

- Runsaat 26 000 suomalaista saa vuosittain syöpädiagnoosin. Puolet heistä tarvitsee jossakin vaiheessa sädehoitoa.
- Sädehoitoa tarjoaa 13 sädehoitoklinikkaa yhteensä 39 kiihdyttimellä: seitsemän keskussairaalaa ja viisi yliopistosairaalaa sekä yksityinen Docrates.
- Lisäksi käytössä on Otaniemen tutkimusreaktori, jota käytetään boorineutronisädehoitoon eli BNCT-hoitoon. Hoito on maailmassa ainutlaatuista.
- Uusimpia ovat Lahdessa ja Porissa 2006 sekä Joensuussa vuonna 2009 aloittaneet sädehoitoyksiköt.
- Yksityinen Docrates aloitti sädehoitotoiminnan uusissa tiloissa Saukonpäässä, Helsingin Ruoholahdessa 2009.
- Lisäksi Suomessa annetaan ontelonsisäistä kuten kohtuun suunnattua hoitoa jälkilatauslaitteilla ja jodijyvähoitoa prostatan eli eturauhasen syövän hoitoon.
- Nykyhoidossa olennaisia ovat myös simulaattorit, jotka kohdistavat hoidon oikeisiin paikkoihin.

Boorineutronisädehoidon ydinosaaminen löytyy Suomesta

Boorineutronisädehoito on tutkimusvaiheessa oleva syöpähoito, jonka tulokset ovat lupaavia. Suomi on maailman ainoa paikka, jossa tällä hetkellä voidaan antaa boorineutronisädehoitoa.

”Pään ja kaulan alueen syöpien hoidossa tulokset ovat erittäin hyviä”, syöpätautien ja sädehoidon erikoislääkäri Leena Kankaanranta Helsingin yliopistollisen sairaalan HYKSin Syöpätautien klinikalta kertoo.

Boorineutronisädehoito eli BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) -hoito on uudentyyppinen biologisesti kohdennettava syövän täsmäsädehoito. Hoito perustuu siihen, että potilas ensin saa tiputuksessa syöpäkudokseen hakeutuvaa kantaja-ainetta, johon on liitetty booriatomeja. Tämän jälkeen syöpäkasvainta säteilytetään neutroneilla.

Neutronisäteily reagoi syöpäsoluissa olevien booriatomien kanssa. Reaktiossa syntyy litiumioneja ja heliumpartikkeleita. Nämä hiukkaset luovuttavat energiansa erittäin lyhyellä, solun läpimitan matkalla. Ne tuhoavat solulle elintärkeitä rakenteita, mikä johtaa syöpäsolujen tuhoutumiseen.

Hoidot aloitettiin vaikeimmista syövästä

”Kyseessä on kokeellinen hoito, jonka turvallisuutta ja tehoa tutkitaan kliinisissä tutkimuksissa”, erikoislääkäri Leena Kankaanranta korostaa. Jokaisen potilaan kohdalla sopivuus tutkimuspotilaaksi arvioidaan erikseen. Hoidoista päättää HYKSin syöpätautien klinikka, johon potilaat ohjautuvat läheteiden perusteella.

”On lähdetty liikkeelle hyvin hankalasta syövästä, joihin ei ole ollut muuta hoitoa”, hoidon toteutuksesta vastaavan Boneca Oy:n toimitusjohtaja Markku Pohjola korostaa.

Tähän mennessä Suomessa on tutkittu BNCT-hoidon tehoa glioblastoomaan, aggressiiviseen aivokasvaimeen, johon ei ole parantavaa hoitoa. Toisena tutkimuksen kohteena ovat pään ja kaulan alueen syöpäkasvaimet, jotka ovat paikallisesti uusiutuneet käypä hoito -suosituksen mukaisten hoitojen jälkeen. Näille potilaille ei ole käytännössä ollut tarjolla enää mitään muuta hoitovaihtoehtoa.

Pään ja kaulan alueen BNCT-hoidoista on julkaistu tulokset ensimmäisten 12 potilaan osalta. Hoitovaste saatiin kymmeneltä eli 83 prosentilta hoidetuista potilaista, seitsemältä potilaalta kasvain hävisi kokonaan ja sivuvaikutukset olivat siedettäviä.

”Itse hoitotapahtuma on kivuton ja turvallinen”, Leena Kankaanranta kuvailee.

Haittavaikutuksia BNCT-hoidoillakin on. Kaikki potilaat kärsivät jonkinasteisesta hoidon jälkeisestä väsymyksestä.

Aivokasvaimiin annettu sädehoito voi aiheuttaa ärsytystä ja aivoperäinen oire voi olla esimerkiksi kouristuskohaus. Suun alueella sädehoidosta voi seurata limakalvojen tulehdus, mikä voi olla myös BNCT-hoidon kivulias sivuvaikutus.

Jatkossa tavoitteena on hoitaa myös muita kasvaintyyppisiä

Keväällä on aloitettu uusi tutkimus. Siinä tutkitaan boorineutronisädehoidon ja setuximabi-lääkeaineen yhdistelmähoiton vaikutusta paikallisesti uusiutuneen pään ja kaulan alueen leveyteelisyövän hoidossa.

”Valmius hoitaa raajojen kasvaimia on olemassa ja kokemusta on jo raajassa sijainneen melanooman hoidosta.”

Jatkossa halutaan laajentaa tutkimushoitoja myös muihin kasvaintyyppisiin ja edetä vartalonalueen hoitoihin. Kliinisen tutkimuksen ykköstavoite on saada riittävä näyttö boorineutronisädehoidon turvallisuudesta ja tehosta.

Pidemmän tähtäimen tavoite on päästä hoitamaan BNCT-hoidolla alkuperäisiä eli primaarikasvaimia uusiutuneiden sijaan. Haasteena on kehittää uuden tyyppisiä kantaja-aineita, jotka hakeutuisivat vain ja ainoastaan syöpäsoluihin.

Yhteispeli on kaiken kulmakivi

HYKSin Syöpätautien klinikka toimii yhteistyösairaalana, jonka kautta potilaat tulevat BNCT-hoitoon. Hoidon toteutuksesta vastaa terveydenhuollon yritys Boneca Oy. Itse BNCT-hoito toteutetaan VTT:n tutkimusreaktorin yhteyteen rakennetulla BNCT-hoitoasemalla Otaniemessä.

”Boneca, HUS ja VTT tekevät hoidossa ainutlaatuista yhteistyötä”, Boneca Oy:n

Annossuunnittelija ja fyysikko Hanna Koivunoro sekä BNCT-päällikkö Iiro Auterinen esittelevät VTT:n FIR 1 -tutkimusreaktoria, joka on muutettu palvelemaan erityisesti BNCT-hoitoja.

toimitusjohtaja Markku Pohjola tähdentää. "Tämä on kulmakivi sille, että on päästy niin pitkälle."

Maailmalla boorineutronihoito on ollut fyysikkovetoista. Se, missä Suomessa on onnistuttu, on fyysikkojen ja lääkärin hyvä yhteistyö hoidon kehittämisessä ja kliinisen tutkimuksen toteutuksessa.

Hoidosta on pidetty melko matalaa profiilia, sillä tutkimusohjelman ensimmäisen vaiheen tulokset ovat vasta analysointi- ja julkaisuvaiheessa.

"Olemme kehittäneet BNCT-hoidon, joka perustuu suomalaiseen tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Hoito on terveydenhuollon laatukriteerit täyttävä ja toiminta on sädeturva-auditoitu."

Yhteistyösairaloista ja klinikoista tärkeimpiä ovat HYKSin korva-, nenä- ja kurkkutaudit, suukirurgia, neurokirurgia, HUS-Röntgen ja muut yliopistosairaalat. Yhteistyö Turun PET-keskuksen kanssa on ollut tärkeää. PET-kuvantamisella voitiin todeta boorikantaja-aineen kertyminen syöpäkasvaimeen ja toisaalta osoittaa kasvaimen häviäminen BNCT-hoidon jälkeen.

Suomessa valttina hidastinaine

Hoidossa käytetty neutronisäteily saadaan VTT:n Otaniemen Fir-1-tutkimusreaktorista. Otaniemessä säteilytetään epitermisillä neutroneilla, jotka tunkeutuvat useamman sentin syvyyteen kudokseen. VTT:n kehittämä Fluental-hidastinaine on se syy, miksi BNCT-aseman ominaisuudet ovat huippuluokkaa. Aine hidastaa neutronien kulkua niin, että reaktio tapahtuu kudoksessa optimaalisessa kohdassa.

Vanha idea, tuore toteutus

Boorineutronihoidon idea on syntynyt jo 1930-luvulla. Pian neutronin keksimisen jälkeen havaittiin, että boori reagoi kaap-paamalla neutronin. Brittiläinen Locher julkaisi jo vuonna 1936, että reaktiota voisi hyödyntää lääketieteellisessä tutkimuksessa.



Mahdollisuus BNCT-hoitoihin oli Suomessa ollut jo aikaisemmin esillä VTT:ssä lähinnä kahvipöytäkeskusteluissa. Suomeen hoito rantautui 1980-luvulla Kalifornian yliopistossa jatko-opiskelijoina olleiden radiofarmaseuttikemistien myötä. He toivat tuliaisinaan tietoa uusista kantaja-aineista.

"Työ on hyvin verkottunut. Monet sopivat tahot innostuivat aiheesta. Tärkeää oli, että työ saatiin liikkeelle", VTT:n erikoistutkija, BNCT-päällikkö Iiro Auterinen toteaa.

Hoitokokeisiin päästiin keväällä 1999 neljäntenä maana maailmassa Japanin, USA:n ja Hollannin jälkeen. Toiminta on muualla joko kaatunut tai tauolla. Syitä on lukuisia: rahoitus tai poliittinen tah-to on loppunut. Tutkimus ei ole edennyt hoitoihin, vaan jäänyt kokeiluun siitä, mi-

ten terve keho kestää säteilyä.

Yhdysvalloissa hoitoihin on tehty suuria satsauksia, mutta 1960-luvun epäonnistuneita hoitoja seuranneet oikeudenkäynnit ovat pistäneet jarrut koko toiminnalle. Suomessa kuitenkin hyödynnetään yhdysvaltalaisista annossuunnittelijärjestelmää.

Tällä hetkellä Espoon Otaniemi on ainoa paikka maailmassa, jossa hoitoa saa. Lähinnä kyseessä on Suomi-Japani maaoittelu, mutta Japanissa hoidot ovat olleet keskeytyksissä vuoden verran reaktoreiden ongelmien takia.

Japanissa työ on aivokirurgien käsissä. Syöpä otetaan esiin kirurgisesti ja säteilytys tehdään avoleikkauksessa. Japanissa on kokeiltu erilaisia tekniikoita nopeassa tahdissa. Suomessa tiimejä on vain yksi ja toiminta näin hallitumpaa.



"Nöyrästi teemme kliinistä tutkimusta, mikä on pitkä prosessi. Tulokset puhuvat puolestaan", Boneca Oy:n toimitusjohtaja Markku Pohjola korostaa.

"Boorineutronisädehoitoa on annettu yli 200 hoitokertaa noin 180 potilaalle", kertoo syöpätautien ja sädehoidon erikoislääkäri Leena Kankaanranta HYKSin syöpätautien klinikalta.



Palovaroittimien kierrätys on käsityötä

Sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätyksessä radioaktiivista ainetta sisältävät palovaroittimet muodostavat oman erityisryhmänsä. Niidenkin materiaalit tulee kierrättää, mutta palovaroittimien purku on pikkutarkkaa käsityötä. Alan ensimmäinen yrittäjä aloitti toimintansa vuoden alussa.

Harva kuluttaja tiedostaa, että kodin palovaroittimet usein sisältävät hyvin pienen määrän radioaktiivista ameri- kium-241-isotooppia. Radioaktiivisen aineen määrä on niin vähäinen, että yksittäiset paloilmaisimet eivät muodosta säteilyvaaraa. Käytöstä poistettuihin palovaroittimiin pätee kuitenkin lainsäädäntö sähkö- ja elektroniikkaromusta, joten ne on kerättävä talteen ja materiaalit on kierrätettävä. Tällöin radioaktiivinen aine on käsiteltävä erikseen säteilylain mukaisesti, eli säteilylähteet toimitetaan STUKiin ja sieltä eteenpäin pitkäaikaisvarastoon Olkiluotoon.

Neljä vuotta sitten voimaan astuneen lain mukaan vastuu sähkö- ja elektroniikkaromun jätehuollosta on laitteiden valmistajalla tai maahantuojalla. Käytännössä tuottajien muodostamat tuottajayhteisöt ostavat alihankintana kotitalouksien SER-jätehuollon, joka hoituu kunnallisten SER-keräyspisteiden avulla.

Purettaessa isoa laitostyyppistä palovaroitinjärjestelmää – esimerkiksi hotellista, sairaalasta, koulusta tai teollisuuslaitoksesta – uuden järjestelmän toimittaja on lain mukaan vastuussa vanhan purettavan järjestelmän käsittelystä ja kierrätyksestä. Käsittelystä syntyvistä kuluista

uuden ja vanhan järjestelmän toimittajat voivat halutessaan sopia keskenään.

”Jos rakennus puretaan, eikä palovaroitinjärjestelmän vastuullista toimittajaa tiedetä, talon omistaja vastaa laitteiden lakisääteisestä käsittelystä”, toteaa Pirkanmaan ympäristökeskuksen ylitarkastaja Teemu Virtanen. Pirkanmaan ympäristökeskus vastaa valtakunnallisesti sähkö- ja elektroniikkaromun tuotevastuun valvonnasta.

Kymmenestä tuhannesta palovaroitimesta 30 litraa säteilylähteitä

”Palovaroittimet ovat lain voimaan astumisen jälkeen tulleet meille ongelmalliseksi. Meille tulee kaikenlaista kierrätettävää sähkö- ja elektroniikkaromua. Siitä palovaroittimet muodostavat hyvin pienen osan, mutta niitä pitää erilliskäsittellä ja niiden purkamisen on hidasta käsityötä. Olimme todella tyytyväisiä, kun löytyi yritys, Ionitec Finland, joka huolehtii palovaroittimien purkutyöstä ja materiaalien lajittelusta”, sanoo Kuusakoski Oy:n yhteiskuntasuhteista vastaava johtaja Risto Pohjanpalo.

Kuusakoski on maamme suurin elektroniikkaromun käsittelijä ja kierrättäjä. Yhtiössä käsitellään yli puolet Suomessa kerätystä sähkö- ja elektroniikkaromus-

ta, jota kaikkiaan kertyy noin 50 000 tonnia vuodessa – jääkaapeista ja putkitelevisioista pienielektroniikkaan ja palovaroittimiin.

Keräyspisteille toimitetut kylmälaitteet lähetetään käsiteltäviksi Ekokemin ongelmajätelaitokselle niiden sisältämien kylmäaineiden vuoksi. Samoin loisteputkilla on oma erilliskäsittelynsä. Muut laitteet toimitetaan romunkäsittelijälle. Kuvaputkelliset laitteet ja pienielektroniikka vaativat käsipurkua, jotta kuvaputket, hyvälaatuiset piirikortit ja arvokkaat metalliosat saadaan talteen ennen laitteiden murskausta.

Ionitec Finland on toistaiseksi maan ainoa yritys, joka tekee radioaktiivisia aineita sisältävien palovaroittimien purkua ja lajittelee materiaalit. Yrittäjä Esko Kurjelle palovaroittimien käsinpurku on toistaiseksi sivubisnes, hänen pääasiallinen elinkeinonsa on antenniasennustyöt.

”Ensimmäisen puolen vuoden aikana olen purkanut vajaa 10 000 palovaroitinta”, Kurki toteaa. ”Määrä vastaa 12 kuutiometriä varoittimia. Niistä purettuja pieniä säteilylähteitä kuorineen on vain 30 litraa.”

Säteilylähteiden säteily on suojattuna ionisaatiokammioon, jossa ameriukumia on milligrammoissa mitattava määrä. Aineen ak-

tiivisuus on yleensä 37 kilobecquereliä. Fyysisesti säteilylähde voi olla esimerkiksi langanpätkän, kalvon tai pienen ruuvinkin näköinen. Kolmenkymmenen litran astiassa säteilyä on yhden gigabecquerelin verran, eli maksimimäärä, mitä yrittäjä saa säilyttää ennen kuin hänen pitää toimittaa kyseinen erä STUKiin.

”Jotta sain yrittäjänä aloittaa purkutyön, minulla piti olla sekä turvallisuus- että ympäristölupa”, Kurki kertoo. Turvallisuusluvan hakua varten hän kävi säteilyturvallisuuskurssin ja suoritti siihen kuuluvan pätevyyskuulustelun. Ympäristölupaa varten tarvittiin selvityksiä muun muassa parhaimmasta käytettävissä olevasta tekniikasta.

Purettavista palovaroittimista Kurki ottaa pariston ja säteilylähteen lisäksi talteen metalliosat, muoviosat ja piirikortin, jotka hän toimittaa Kuusakoskelle. Kurjen mukaan laitteet ovat hyvin erilaiset purkaa – jotkut teollisuuslaitteet saattavat olla varsin hankalia. Jatkossa uusissa taloissa siirrytään sähköverkkoon kytkettyihin paloilmaisimiin, joten paristot poistuvat laitteista.

Kuusakoskella eri romufraktiot hyödynnetään ja kierrätetään. Niistä metallit ovat arvokkain osa. Elektroniikkatuotteiden piirikorteista tehdään oma murske-sekoitus, jota viedään Bolidenin tehtaalte Ruotsiin. Siellä sekoitus sulatetaan ja

”Olimme tyytyväisiä, kun löytyi yritys, joka huolehtii palovaroittimien purkamisesta”, sanoo Kuusakoski Oy:n yhteiskuntasuhteista vastaava johtaja Risto Pohjapalo.



arvometallit otetaan talteen, arvokkaimpina kulta ja palladium. Romusta saatava muovikin hyödynnetään nykyään suurelta osin raaka-aineena. Ainoastaan televisiolaitteiden sisältämä palonestomuovi on hankalasti kierrätettävä ja menee usein kaatopaikalle.

Optiset palovaroittimet valtaavat alaa

Palovaroittimia on markkinoilla kahdella eri tyyppiä. Ionivaroittimissa amerikkium-241 tuottaa ionisaatiokammiossa sähkövarauksia (ioneja), joiden aiheuttamaa sähkövirtaa voidaan mitata. Sähkövaraukset kiinnittyvät helposti savuhiukkasiin, jolloin sähkövirran määrä pienenee. Ionivaroittimen summeri käynnistyy tästä pienestä sähkövirran muutoksesta. Optisten ilmaisimien toiminta pe-

rustuu valolähteen ja linssin käyttöön. Ilmassa olevat hiukkaset aiheuttavat valosäteelle optista sirontaa mittauskammiossa. Optiset ilmaisimet edustavat uudemmaa tekniikkaa ilman radioaktiivista säteilylähdettä.

Suomessa on reilusti yli viisi miljoonaa palovaroitinta, sekä kotikäytössä että kytkettyinä suurten kiinteistöjen järjestelmiin. Vielä muutamia vuosia sitten 98 prosenttia niistä oli ionisoivaa tyyppiä. Nyt optiset ilmaisimet ovat halventuneet ja valtaavat nopeasti alaa. Vuosittain myytyjen palovaroittimien määrä vaihtelee 500 000 kappaleen molemmin puolin. Uusista laitteista optiset ilmaisimet muodostavat jo noin kaksi kolmasosaa.

”Toivoisin, että purettaviksi tulevat erät eivät sisältäisi optisia palovaroittimia ilman säteilylähdettä. Kuluttaja ei kuitenkaan pysty erottamaan niitä toisistaan, joten siihen vaaditaan erillistä esilajittelua”, Kurki sanoo. Vuoden 2005 jälkeen myydyissä palovaroittimissa on merkintä, ettei niitä saa laittaa talousjätteiden joukkoon. Ensi vuoden alusta voimaan astuvan lain mukaan palovaroittimessa pitää olla tarkemmat ohjeet sen hävittämisestä. Kestää kuitenkin vuosia, ennen kuin uudet, merkityt palovaroittimet tulevat tiensä päähän romutettaviksi.



Ionitec Finland on maan ainoa yritys, joka purkaa radioaktiivisia aineita sisältäviä palovaroittimia. Työ on toimitusjohtaja Esko Kurjelle sivutoimi.

Keuhkotuberkuloosia vastustettiin
joukkokuvauksilla.

Röntgen aseena tuberkuloosia vastaan

Helsingin yliopistomuseo Arpeanum

Kun nykyisin yritämme estää sikainfluenssan leviämistä ja hillitä melanoomatapausten lisääntymistä, suunnattiin 1800-luvun loppupuolella voimat tuberkuloosin vastaiseen taisteluun. Isorokko ja punatautiepidemioiden hellittäessä tuberkuloosista tuli 1870-luvulla Suomen yleisin kuolinsyy ja aina 1970-luvulle asti maamme oli Euroopan mustaa tuberkuloosialuetta. Tauti oli erityisen järkyttävä, koska se niitti paljon lapsia ja nuoria aikuisia.

Keskeiseksi aseeksi taistelussa tuberkuloosia vastaan muodostui röntgenkuvaus. Tehokkaat lääkkeet tautiin saatiin vasta 1950-luvulla, mutta jo 1800-luvun lopulla oli huomattu, että tauti voidaan tunnistaa röntgenin avulla: keuhkotubepesäkkeet ja niiden jättämät muutokset näkyvät läpivalaisukuvassa. Niinpä Suomenkin tuberkuloosiparantoloihin hankittiin ensimmäiset röntgenlaitteet 1910-luvulla. Parikymmentä vuotta myöhemmin Suomen Tuberkuloosin Vastustamisyhdistyksen avustuksen turvin kaikkiin 17 silloiseen tuberkuloosipiiriin oli saatu läpivalaisulaite.

Vuonna 1950 käynnistyivät pakolliset valtakunnalliset seulonnat. Jokaisen 15 vuotta täyttäneen kansalaisen keuhkot tutkittiin kolmen vuoden välein ja tietyissä tubikriittisissä ammateissa olevien henkilöiden kerran vuodessa. Vas-

ta vuonna 1982 pakollisia kuvauksia vähennettiin ja lopulta seulonta lopetettiin seitsemän vuotta myöhemmin.

Kaikkiaan voidaan karkeasti arvioida, että vuosina 1910–1989 Suomessa tehtiin yhteensä reilusti yli 50 000 000 tuberkuloosiröntgentutkimusta. Jakson ensimmäisinä vuosikymmeninä suurin osa tutkimuksista oli läpivalaisuja. Keuhkoista ei siis otettu kuvaa filmille, vaan läpivalaisuvarjoitelmalla seurattiin keuhkojen liikettä potilaan hengittäessä.

Vuonna 1940 Suomeen hankittiin ensimmäinen niin sanottu pienoizröntgenlaitte. Laite toimi siten, että läpivalaisuvarjoitelmalle syntyvä röntgenkuva pienennettiin optisesti filmikoolle sopivaksi ja kuvattiin sitten kameralla. Laite mahdollisti pienten filmikustannusten ansiosta keuhkoröntgenkuvien ottamisen moninkertaistamisen. Seuraavat vuosikymmenet, aina 1980-luvun lopulle asti tuberkuloosiseulonnat perustuivat nimenomaan näihin pienoizröntgenkuvauksiin.

Molemmilla menetelmillä pystyttiin suhteellisen edullisesti tutkimaan suuria ihmismassoja. Kuitenkin samalla seulonta altisti valtavan ihmisjoukon röntgensäteilylle. Sekä läpivalaisu että pienoizröntgen aiheuttivat tutkittaville tavallista röntgenkuvausta selkeästi suurempia annoksia. Jälkikäteen voidaankin esittää arvostelua siitä, että ennen vuotta 1977

ei edes pyritty pienentämään pienoizröntgenkuvausten säteilyannoksia ja että tuberkuloosin ilmaantuvuuden tuntuvasta laskusta huolimatta kuvausmäärien vähentämisessä viivyteltiin.

Esimerkiksi vuonna 1977 tehtyjen mittausten mukaan pienoizröntgenlaitteet toimivat keskimäärin 5,2 mGy pinta-annoksella. Nykyisin täytyy olla perusteltu syy ylittää 0,2 mGy pinta-annos tavanomaisessa keuhkokuvauksessa. Muutamien laitteiden pinta-annos ylitti vielä 1970-luvulla jopa 10 mGy:tä ja aiempien vuosikymmenten läpivalaisun aiheuttamat annokset olivat selkeästi tätäkin suurempia.

Vaikka tiedot sekä tubiröntgentutkimusten määrästä että niistä aiheutuneista säteilyannoksista ovat aina 1970-luvulle asti hyvinkin summittaisia, voidaan kaiken kaikkiaan arvioida, että tuberkuloosiröntgentutkimukset aiheuttivat noin 600 säteilysyöpäkuolemaa. Kuitenkin samassa ajassa muista syistä aiheutui noin miljoona syöpäkuolemaa – ja ennen kaikkea tuberkuloosilta säästyneiden elinvuosien määrä on varmaankin yli satakertainen säteilyn johdosta menetettyihin verrattuna.

Tiivistelmä FL, toimistopäällikkö (evp) Olavi Pukkilan artikkelista Röntgensäteilyn käyttö tuberkuloosin vastustamistoiminnassa



Futureimagebank

Radioaktiivisen aineen kuljetuksessa turvallisuuden perusta on kunnan pakkaus

Suomessa kuljetetaan vuosittain noin 20 000 pakkausta, jotka sisältävät radioaktiivisia aineita. Mitä vaarallisempi aine, sitä suuremmat vaatimukset asetetaan pakkaukselle.

Suomessa kuljetetaan vuosittain noin 20 000 radioaktiivisen aineen pakkausta. Valtaosa näistä viedään sairaaloihin, joissa radioaktiivisia aineita käytetään potilaiden tutkimukseen tai hoitoon. Pieni osa menee teollisuuden ja tutkimuksen käyttöön. Suomessa on teollisuuden käytössä noin 6 000 radioaktiivista ainetta sisältävää laitetta, jotka säteilyn avulla mittaavat vaikkapa paperin paksuutta, nestepinnan korkeutta säiliössä tai alkuaineiden pitoisuutta mineraalissa. Radioaktiiv-

vista ainetta sisältäviä kuljetettavia laitteita ovat muun muassa metallirakenteiden tarkastukseen käytettävät radiografialaitteet ja maaperän tiheyden ja kosteuden mittaamiseen käytettävät laitteet.

Kuhunkin säteilyn käyttötilanteeseen sopivan radionuklidin valintaan vaikuttaa sen lähettämän säteilyn laji ja energia, puoliintumisaika sekä kemialliset ja fysiikkaaliset ominaisuudet. Yleisimmät sairaaloissa avolähteinä käytetyt isotoopit ovat teknetium-99m, jodi-131 ja viime aikoina myös fluori-18. Teollisuuslähteet

ovat tavallisimmin mittalaitteen osana olevia kapseloituja tai muuten suojattuja niin sanottuja umpilähteitä. Tavallisimpia teollisuusisotooppeja ovat cesium-137, koboltti-60 ja amerikium-241, joille on hyvin monia käyttösovelluksia. Kosteusmittareissa käytetään neutronien tuottamiseen amerikium-beryllium-lähteitä. Radiografialaitteissa säteilijänä on voimakas iridium-192-lähde.

Tavallisesti radioaktiiviset aineet kuljetetaan lentokoneella. Radiofarmaseuttisten tuotteiden puoliintumisaika on var-

Radioaktiiviset aineet kuljetetaan usein lentokoneella.

sin lyhyt ja edellyttää nopeaa kuljetusta, jolloin pitemmillä matkoilla lentokuljetus on usein ainoa vaihtoehto. Rautateitse ei Suomessa radioaktiivisia aineita kuljeteta käytännössä lainkaan ja laivoillakin vain, kun kyseessä on vähemmän kiireellinen ja raskas tai suurikokoinen lähetyks.

Radioaktiivisten aineiden kuljetukset ovat turvallisia

Maaialmalta ei tunneta yhtään tapaus- ta, jossa kuljetettava radioaktiivinen aine olisi aiheuttanut kuoleman tai vakavan altistumisen säteilylle. Kuljetuksissa on toki sattunut onnettomuuksia, mutta radioaktiiviset aineet eivät ole vaikuttaneet onnettomuuden syntyyn eivätkä pahentaneet sen seurauksia. Suomessa vakavin onnettomuus sattui marraskuussa 1988 Ilmajoella, jossa lentokoneen maa- hansyöksy aiheutti kuuden ihmisen kuoleman. Koneessa oli mukana Seinäjoen keskussairaalaan tarkoitettuja radioaktiivisen aineen kolleja. Ne löydettiin onnettomuuspaikalta vahingoittumattomina.

Radioaktiiviset aineet – yksi ryhmä vaarallisia aineita

Kansainvälisesti on sovittu yhteisistä vaarallisten aineiden kuljetusmääräyksistä maa-, meri- ja ilmakuljetuksia varten. Näissä säännöksissä radioaktiivisia aineita koskevat määräykset perustuvat Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n laatimaan standardiin ja muodostavat vaarallisten aineiden luokan 7.

Koska eri radionuklidit eroavat toisistaan säteilyominaisuuksiensa perusteella, ne on säännöstössä tehty vertailukelpoisiksi tarkastelemalla niiden aiheuttamaa säteilyaltistusta mallina käytetyssä onnettomuustilanteessa. Kullekin nuklidille on määritetty tietyn suuruista sätei-

lyaltistusta vastaavat aktiivisuudet (A_1 ja A_2). A_1 -arvoa sovelletaan, kun kyseessä on suljettu säteilylähde, joka voi aiheuttaa vain ulkoista altistusta. A_2 -arvoa käytetään aineille, jotka onnettomuustilanteessa voivat levitä ympäristöön, joutua elimistöön ja aiheuttaa myös sisäistä altistusta. A_1 - ja A_2 -arvojen katsotaan kuvaavan radioaktiivisen aineen vaarallisuutta kuljetustilanteessa riittävän tarkasti.

Pakkaus on keskeisin turvallisuustekijä

Radioaktiivisten aineiden kuljetusturvallisuus varmistetaan pakkauksella. Sen tulee normaalissa kuljetustilanteessa vaimentaa kollin ulkopuolelle tuleva säteily hyväksyttävälle tasolle ja rajoittaa onnettomuustilanteessa radioaktiivisen aineen vapautumista. Pakkauksen keskeinen merkitys ilmenee muun muassa siitä, että radioaktiivisen aineen virallinen nimi kuljetussäännöstössä perustuu yleensä siihen, miten aine on pakattu (esim. ”Radioaktiivista ainetta A-tyyppin kollissa”). Muiden vaarallisten aineiden virallinen nimi yksilöi aineen ja sen ominaisuudet tarkemmin. Usein se on sama kuin aineen kemiallinen nimi.

Mitä vaarallisempi kuljetettava aine on, sitä suuremmat vaatimukset asetetaan pakkauksille. Radioaktiivisten aineiden kuljetuksissa käytettävillä kolleille on määritelty viisi perustyyppiä: vapaa- eli peruskolli, teollisuuskolli, A-tyyppin, B-tyyppin ja C-tyyppin kollit. Peruskollin kuljettaminen voidaan tehdä tavallisen pakkauksen tapaan ilman radioaktiivisuudesta aiheutuvia erityisvaatimuksia, C-tyyppi on kuljetuksen kannalta vaativin.

A-tyyppin pakkauksen tulee kestää kuljetusolosuhteita ja vähäisiä vahinkoja jäljittelevät kokeet. Näitä ovat muun mu-

assa pinoamiskoe, jossa viisi samanlais- ta pakkausta on pinottu päällekkäin 24 tunnin ajaksi, lävistyskoe, jossa kuuden kilogramman painoinen terästanko pudotetaan metrin korkeudelta pakkauksen päälle sekä koe, jossa pakkauksen päälle suihkutetaan vettä tunnin ajan siten, että se vastaa sadetta 50 millimetriä tunnissa. A-tyyppin pakkauksessa voidaan kuljettaa vain ainetta, jonka aktiivisuus ei ylitä edellä esitettyjä A-arvoja.

B-tyyppin pakkauksen rakennetyypillä tulee olla viranomaisen hyväksyntä. Se edellyttää, että pakkauksen koekappale on läpäisyt vakavaa onnettomuustilannetta jäljittelevät testit. Niihin kuuluu muun muassa pudotus yhdeksän metrin korkeudelta peräänantamattomalle alustalle, kuumennuskoe, jossa pakkausta pidetään puoli tuntia 800 celsiusasteen lämpötilassa ja koe, joka vastaa pakkauksen upottamista veteen 200 metrin syvyyteen tunnin ajaksi. Käytännössä upotuskoea simuloidaan tekemällä koe veden alla kahden megapascalin paineessa, jolloin olosuhteet ovat samat kuin 200 metrin syvyydessä.

Erillistä turvallisuuslupaa ei tarvita

Radioaktiivisen aineen kuljettaminen liittyy aina säteilyn käyttöön. Aineita kuljetetaan vaikkapa myyjältä ostajalle tai radioaktiivista ainetta sisältävä laite viedään varastosta käyttöpaikalle ja käytön jälkeen takaisin varastoon. Suomessa pelkäästään kuljetukselle ei edellytetä turvallisuuslupaa. Se tarvitaan säteilyn käytön perustoimintoihin, joita edellä mainituissa tapauksissa olisivat radioaktiivisen aineen kauppa tai radioaktiivisen aineen hallussapito ja käyttö. Kuljetettava aine on joka tapauksessa turvallisuusluvan alainen. Ilman lupaa lähettäjällä ei saisi olla radioaktiivista lähetettävää.

Lähettäjä vastaa siitä, että kuljetuksen valmistelut tehdään asianmukaisesti. Radioaktiivinen aine on pakattava oikein, pakkaukset merkittävä ja kuljetusasiakirjat laadittava vastaamaan kyseistä

lähetyistä, valittava sopiva kuljetusmuoto ja kuljetuksen suorittaja ja varmistuttava tämän pätevydestä kyseiseen kuljetukseen. Turvallisuusluvan haltijana lähettäjältä edellytetään tähän riittävää osaamista.

Kuljetuksen suorittajaa koskevat vaatimukset on esitetty yleisissä vaarallisten aineiden kuljetusmääräyksissä. Radioaktiivisen aineen kuljettaminen maantiellä edellyttää kuljettajalta luokan 7 kuljetuksiin oikeuttavaa ADR-ajolupaa. Se voidaan eräissä tapauksissa korvata tiedostavalla koulutuksella, joka on vahvistettava työnantajan antamalla todistuksella. Tiedostava koulutus on rinnastettavissa toiminnan harjoittajan työntekijöilleen antamaan tehtäväkohtaiseen koulutukseen. Se soveltuu hyvin tilanteisiin, joissa käyttäjä itse kuljettaa säteilylaitetta käyttöpaikoille.

Vai tarvitaanko sittenkin lisää lupia?

Eräissä Euroopan maissa vaaditaan yleisen vaarallisten aineiden kuljettamiseen oikeuttavan ADR-ajoluvan lisäksi radioaktiivisten aineiden kuljettajille erillinen lupa, mikä tuo omat hankaluutensa näiden maiden kautta tapahtuviin kansainvälisiin kuljetuksiin. Komissio on esittänyt asetusluonnoksen yleiseurooppalaiseksi lupakäytännöksi, jolla tilanne harmonisoitaisiin. Esitys on herättänyt vastustusta muun muassa siksi, että kuljetuksista kieltäytyminen on jo nyt suuri ongelma. Radioaktiivisten aineiden kuljetukset ovat useimmille kuljetusliikkeille vain pieni osa toiminnasta. Kustannusten lisääntyminen voi aiheuttaa sen, että nämä kuljetukset kiinnostavat yrityksiä entistä vähemmän. Vaihtoehtona yleiseurooppalaiselle luvalla voisi olla vähemmän byrokraattinen kuljettajien ilmoitus- tai rekisteröintimenettely.

Suurin säteilyannos aiheutuu pakkausten käsittelystä

Laajamittaisessa toiminnassa kuljettaji-

en säteilyannos voi olla suuruusluokkaa 6–8 millisieverttiä vuodessa. Annosten on todettu kertyvän pakkausten käsittelystä. Ajomatkan pituudella tai kestolla on vain toissijainen merkitys. Radioaktiivisia aineita kuljettava ajoneuvo joudutaan usein pysäköimään jopa satojen metrien päähän vastaanottajasta ja kollit siirtämään loppumatkan käsin.

Suomessa on arvioitu, että kuljettajien annokset asianmukaisesti toimittaessa jäisivät alle yhden millisievertin vuodessa, jolloin ei tarvittaisi erityisiä työskentelymalleja, annosten arviointiohjelmia eikä henkilökohtaista annosvalvontaa.

Kuljetusyritysten valvonta ongelmallista

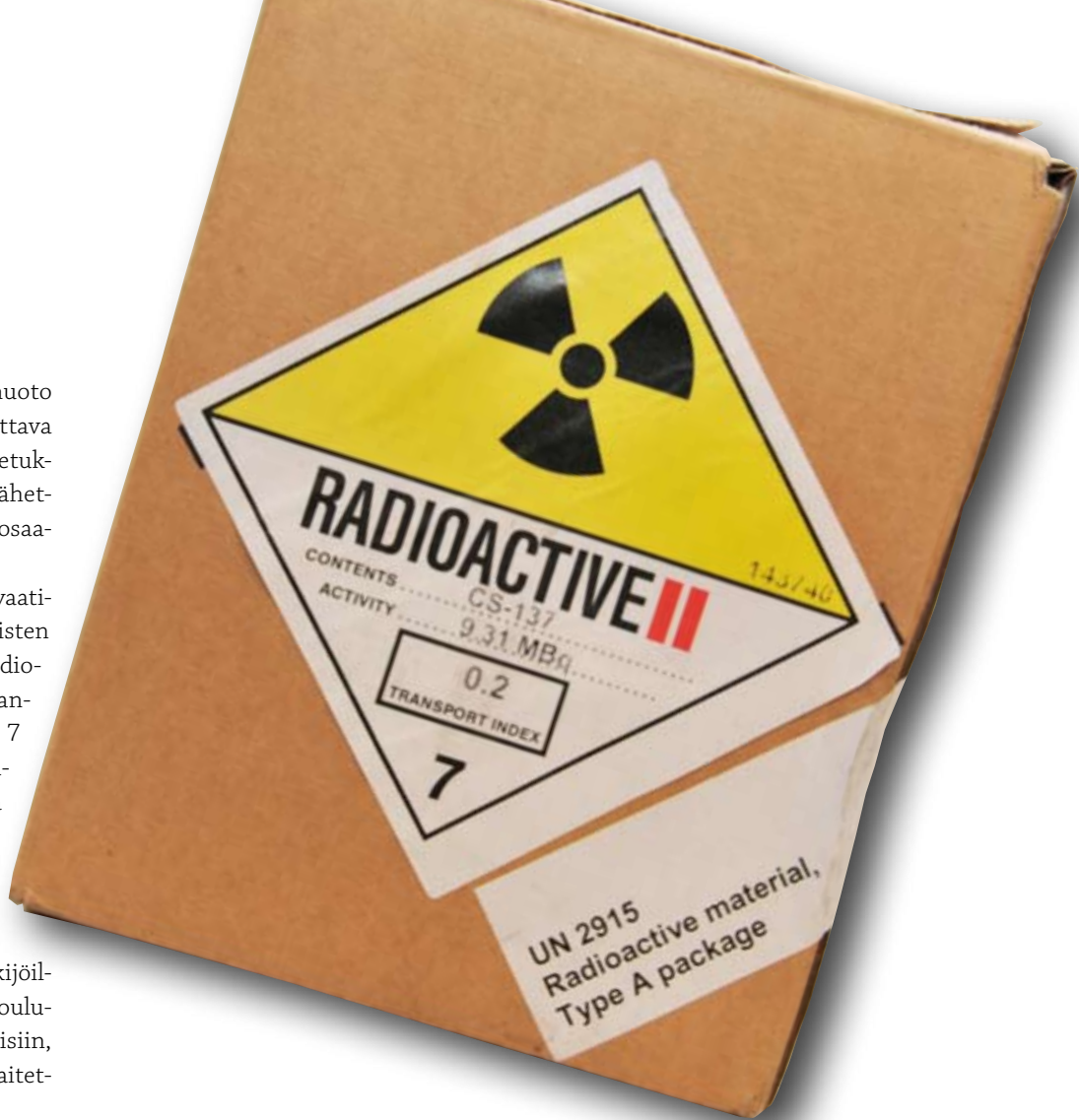
Määräysten mukaan muun muassa yrityksen säteilysuojeluohjelman tulee pyynnöstä olla Säteilyturvakeskuksen saatavilla. Säännöstö ei kuitenkaan vaadi radioaktiivisia kuljetuksia tekeviltä yrityksiltä minkäänlaista yhteydenpitoa STUKiin päin, eikä STUKilla siksi ole ajantasaista tietoa siitä, mitkä kuljettajat

tai kuljetusyritykset käsittelevät radioaktiivisia aineita. Edellä mainittu eurooppalainen ilmoitusmenettely voisi olla ratkaisu tähän ongelmaan.

Keväällä 2009 STUK teki maakuljetuksia tekeville yrityksille kyselyn koskien näiden mahdollisesti tekemiä radioaktiivisia kuljetuksia ja näihin liittyviä järjestyksiä. Yritysten nimet saatiin radioaktiivisten aineiden vastaanottajilta ja lähettäjiltä. Yllättävä havainto oli, että vain muutama yritys ilmoitti kuljettavansa radioaktiivisia aineita muuten kun vapaaehtoisina. Suomen markkinat ovat tietenkin pienet, kuljetuksia ei riitä kovin monelle. Selvitystyötä jatketaan.

Kuljetuksiin liittyviä vaatimuksia käsitellään yksityiskohtaisemmin Säteilyturvakeskuksen esitteessä *Radioaktiivisten aineiden kuljetus* (STUK tiedottaa 2006/1).

Kirjoittaja Jaakko Tikkinen toimii ylitarkastajana STUKin Säteilyn käyttö teollisuudessa -toimistossa.





TEKSTI HANNU VIRTANEN



Sädehoitoa ylisuurin annoksin

Panamalaisessa syöpäsairauksien hoitolaitoksessa 28 potilasta altistui ylisuurille säteilyannoksille 2000-luvun alussa. Hoitolaitteiston virheellisen käytön myötä ainakin 18 potilasta on menehtynyt saamiensa säteilyannosten seurauksiin.

Panamalaiseen syöpäsairauksien instituuttiin (Instituto Oncológico Nacional, ION) oli hankittu kanadalaisvalmisteinen Theratron 780 -kobolttikanuuna syövän sädehoitoa varten. Potilaiden hoidon suunnittelussa käytettiin apuna amerikkalais-ta tietokoneohjelmaa.

Elokuun 2000 ja maaliskuun 2001 välisenä aikana 28:lle paksusuolen, eturauhasen tai kohdunkaulan syöpää sairastaneelle henkilölle annettiin kobolttikanuunalla liian suuria säteilyannoksia. Annokset olivat enimmillään kaksinkertaisia tarkoitettuihin annoksiin verrattuna. Virheellisen hoidon paljastuttua Panaman hallitus kutsui kansainvälisiä asiantuntijoita tekemään kattavan selvityksen tapahtuneesta.

Vuoden 2001 kesään mennessä kahdeksan liian suurien säteilyannoksien saaneista potilaista oli kuollut. Viiden henkilön kohdalla pidettiin todennäköisenä, että kuolema oli seurausta virheellisestä hoidosta.

Reilun neljän vuoden kuluessa kuolneiden määrä kasvoi 23:een. Panamerikkalaisen terveysjärjestön (Pan American Health Organization, PAHO) arvioiden mukaan ainakin 18 heistä menehtyi säteilyn aiheuttamiin seurauksiin. Suurin osa näistä potilaista kärsi erilaisista suolistokomplikaatioista.

Laite toimi oikein

Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA lähetti pian onnettomuuden paljastuttua Panamaan asiantuntijaryhmänsä. Sen tekemien selvitysten mukaan itse sädehoitolaite oli toiminut kaiken aikaa tarkoitettulla tavalla. Laite oli myös kalibroitu oikein. Onnettomuuden aiheuttajaksi paljastuikin tietokonepohjainen hoito-ohjelmisto, johon oli syötetty tietoja virheellisesti.

Sädehoitoa annettaessa potilaan terveitä kudoksia ja elimiä varjellaan erityisin suojaimin, joilla hoitokenttää rajataan tarpeen mukaan. Tämä menet-

tely oli käytössä myös ION:ssa. Näiden toimien säteilyltä suojaava vaikutus otetaan huomioon laskettaessa potilaan saama annosjakauma.

Käytäntöä muutettiin

ION:ssa oli ollut käytäntönä syöttää kutakin suojainta koskeva tieto omaan kenttäänsä tietokoneohjelmistossa. Ohjelmisto asetti kuitenkin rajoituksia sille, kuinka monta suojainta koskeva tieto pystyttiin näin antamaan. Ongelman kiertämiseksi käytäntöä muutettiin elokuussa 2000 niin, että yhdellä kertaa syötettiin useampaa suojainta koskeva tieto. Tämä aiheutti sen, ettei ohjelmisto enää kaikissa tapauksissa laskenutkaan oikein, vaan antoi väärää tietoa säteilyannoksista ja hoidon oikeasta kestoajasta.

Tietokoneen laskelmiin kuitenkin luotettiin, eikä niitä tarkastettu. Tämä johti siihen, että potilaat saivat liian suuria säteilyannoksia.

Laskelmat tarkistettava

ION:n tapauksen perusteella epäiltiin, että vastaavia hoitovirheitä olisi mahdollista sattua muuallakin. Selvityksen tulokset ja johtopäätökset saatettiin pian niiden valmistuttua kansainväliseen tietoisuuteen.

IAEA korosti hoitotoimien verifiointin merkitystä. Tätä varten tarvitaan kirjalliset ohjeet, joita tulee noudattaa tarkoin

sädehoitoa annettaessa. Mikäli ohjeistusta aiotaan muuttaa, sen vaikutukset pitää selvittää testein ja hyväksymismenetelmin ennen käyttöönottoa.

Annossuunnittelun laadunvarmistukseen tulee sisältyä myös jokaisen yksilöllisen annossuunnitelman tarkastaminen annossuunnittelujärjestelmästä mahdollisimman riippumattomalla menetelmällä. Tähän käytetään esimerkiksi toista annoslaskentaohjelmaa tai tarkastus voidaan tehdä mittauksin fantomia apuna käyttäen.

Sädehoidossa olevien potilaiden terveydentilaa on seurattava tarkoin. Mikäli heillä ilmenee odottamattomia oireita, heidän saamansa säteilyannokset on tarkistettava.

Hoidon ohjeistuksen lisäksi myös käytettävistä sädehoitolaitteista ja ohjelmistoista on tehtävä sellaiset, ettei niiden virheellinen käyttö ole erehdyksessä mahdollista, IAEA:n selvityksessä korostettiin.

LÄHTEET:

Investigation of an Accidental Exposure of Radiotherapy Patients in Panama, IAEA 2001; Radiological Accident at National Oncology Institute in Panama, www.srp-uk.org; FDA Statement on Radiation Overexposures in Panama, www.fda.gov; Overexposures of Radiation Therapy Patients in Panama, www.ingentaconnect.com

"Annossuunnittelujärjestelmän laadun varmistamiseksi järjestelmä tulee testata ennen uuden järjestelmän tai muutoksen käyttöönottoa sekä säännöllisin väliajoin tahattomien ja satunnaisten laitteiston tai ohjelmiston muutosten havaitsemiseksi. Käyttöönotto-testauksessa on parhaaseen käytössä olevaan mittaus- ja laskentatietoon vertaamalla varmistettava, että järjestelmä laskee oikein sille syöttötietoina annetut annosjakaukamatiedot sekä laitteen käyttöä ajatellen edustavasti valitut esimerkkihoitosuunnitelmat.

Annossuunnittelun laadunvarmistukseen tulee sisältyä myös jokaisen yksilöllisen annossuunnitelman tarkastaminen annossuunnittelujärjestelmästä mahdollisimman riippumattomalla menetelmällä. Lisäksi jokaiseen koko kehon hoitoon on sisällyttävä in vivo -annosmittaus. Muissakin hoidoissa in vivo -annosmittausta suositellaan käytettäväksi. Jokaisen potilaan hoidossa on varmistettava hoidon kohdistus."

ST-ohje 2.1

Empire 2009 – valmiutta amerikkalaiseen tyyliin

Albanyssa, New Yorkin osavaltion pääkaupungissa, harjoiteltiin likaisen pommin räjäytyksen seurauksien hoitamista. Harjoitusta pääsi seuraamaan kansainvälinen tarkkailijaryhmä, jonka mukana oli myös kolme suomalaista.

Albany on vähän alle sadantuhannen asukkaan kaupunki, ja noin miljoonan ihmisen kaupunkialueen keskus. Tämä hallintokaupunki toimi 2.–4. kesäkuuta Empire 2009 -harjoituksen näyttämönä. Harjoituksen järjestivät Yhdysvaltain liittovaltio ja New Yorkin osavaltio, ja siihen osallistui yli kuusisataa henkilöä ja kymmeniä organisaatioita. Kyseessä olikin ensimmäinen näin laaja säteilytilanteen jälkivaiheeseen keskittyvä harjoitus USA:ssa. Harjoituksen lähtötilanteena oli kahden likaisen pommin räjäytys kaupungin hallintokeskuksessa.

Kommunikaatio erityisenä huomion kohteena

Koska tavoitteena oli harjoitella erityisesti liittovaltion, osavaltion ja paikallistason toimijoiden yhteistyötä; tilanteen kahden ensimmäisen päivän tapahtumat oli käyty läpi karttaharjoituksena ja varsinainen harjoitus alkoi kolmantena päivänä, jolloin myös liittovaltion resurssit olivat saapuneet paikalle.

Yhdysvaltain valmiussuunnitelmissa erityinen piirre on toimijoiden monilukisuus ja vaihtelevat vastuut. Karkeasti ottaen valmiustilannetta hoitavat organisaatiot löytyvät kolmeen kertaan kolmelta eri tasolta: liittovaltiolta, osavaltiolta

sekä paikallistasolta (county-level). Osavaltioiden ja paikallistason viranomaisien valmiudet vastata tilanteeseen vaihtelevat huomattavasti eri puolilla maata. Lisäksi tilanteen vastuiden jakautuminen riippuu osavaltiosta, jossa ollaan. New Yorkin osavaltio, jossa tämänkertainen harjoitus oli, kuului Home Rule -osavaltioihin, joissa lopullinen päätöksentekovalta on paikallistasolla.

Kuten odotettavissa on, näin monikerroksisesta järjestelmästä seuraa helposti kommunikaatio- ja vastuunjako-ongelmia, ja nämä asiat ovatkin erityinen huomion kohde nykyään kaikissa osavaltion ja alempien tasojen toimijoiden yhteisissä harjoituksissa. Tälläkään kertaa ongelmilta ei välttytty, erityisesti tapahtuman johtoryhmään yritti harjoituksen alussa tunkea parinkymmenen organisaation edustajia.

Tilannekuvaa muodostetaan kentällä

Koska skenaario alkoi tilanteen kolmantena päivänä, toiminnan painopiste kentällä oli saastuneen alueen mittauksissa ja määrittelyssä. Näiltä osin pääroolia näytteli FRMAC (Federal Release Monitoring and Assessment Center), liittovaltion viranomaisten yhteinen mittaus- ja arviointikeskus.

Keskus perustettiin Three Mile Islan-

din onnettomuudesta saatujen opetus-ten takia. Onnettomuuden aikaan kaikki virastot, joilla oli mittauskapasiteettia, suorittivat omat usein päällekkäiset mittauksensa ja antoivat julkisuuteen usein ristiriitaisia lausuntoja tilanteesta.

FRMACin ytimen muodostavat siinä jatkuvasti työskentelevät kymmenisen henkilöä. Varsinaisen tilanteen sattumissa kaikkien vasteeseen osallistuvien liittovaltion virastojen mittaus- ja arviointikoulutetut henkilöt liittyvät organisaatioon, jolloin organisaatiossa työskentelevien henkilöiden määrä nousee reilusti yli sadan.

FRMACin tehtäviin kuuluu mittauspartioiden varustaminen ja ohjaaminen halutuille näytteenotto- ja mittauspaikoille, näytteiden analysointi, säteilytilanteen kokonaiskuvan muodostaminen näiden perusteella sekä tämän kokonaiskuvan muuttaminen päätöksentekijöille ymmärrettävään muotoon kartoiksi ja raporteiksi. Mahdollisuuksien mukaan myös osavaltioiden ja paikallistason mittaus- ja analyysikykyä otetaan mukaan toimimaan organisaatiossa.

FRMAC oli erittäin hyvin varusteltu sekä mittaus- että viestintälaitteiston osalta. Koko keskus, joka siis toimii kenttäolosuhteissa, on myös yhdistetty internetiin oman satelliittiyhteyden sekä ison



Sigurdur Emil Pálsson

Community Reception Centerin sisäänkäynti. "Huolestunut kansalainen" (keltainen lippalakki) on juuri astunut kontaminaation mittauspisteeseen.

reititinkeskuksen kautta. Nämä yhteydet toimivat ilmeisesti suorastaan liiankin hyvin, sillä harjoituksen alkuvaiheessa monet keskuksessa työskentelevät eivät ymmärtäneet verkkoyhteyksien olevan rajoitetun satelliittiyhteyden päässä, vaan lähettivät ja vastaanottivat liikkuvaan kuvaa ja muita hyvin suuria tiedostoja, tukkien yhteydet pahasti.

Keskuksella on myös käytössään erittäin joustava sähköinen arviointijärjestelmä, jonka avulla saadaan mittaukselliset ja näistä tehdyt arviot joustavasti yhdistetty karttoihin, joihin yksityiskoh-taisuutta ja symboliikkaa voidaan helposti muuttaa. Esimerkiksi halutun alueen kaikki koulut tai maanviljelyalueet saadaan korostettua kartalta muutamalla valinnalla ja yhdistettyä arvioituun laskeumaan tai pilven odotettuun kulkuun.

Myös lentomittaukset mahdollisia

FRMACilla on käytössään myös mittausvarusteltu lentokone sekä kaksi helikopteria, joilla voidaan mitata suuria alueita nopeasti. Nämä on myös varusteltu tiedonsiirtovälineillä, joiden avulla tiedot saadaan FRMACiin ja yhdistettyä analy-

siin käytännössä reaaliajassa. Helikopterit ovat myös täysin valmiita lentämään päästöpilveen tarvittaessa, mikä aiheuttaisi ongelmia monissa maissa, joissa rahalliset resurssit ovat pienempiä. Ongelmaksi tulee helikopterin tai lentokoneen puhdistaminen kontaminaatiosta tällaisen lennon jälkeen. Se on hyvin kallista ja hankalaa, mikäli se onnistuu lainkaan. Kysyttäessä tästä amerikkalaisten vastaus oli: "Noh, jos ei se puhdistu helikopteri, kärräämme sen Nevadan koealueelle, jossa on muutakin säteilevää romua ja ostamme uuden".

Tarkkailijat kansalaisina

Kansainvälisillä tarkkailijoilla oli myös tilaisuus tutustua ja toimia "kansalaisina" community reception centerissä, joka on dekontaminointi- ja rekisteröintikeskus mahdollisesti kontaminoituneille ja muuten huolestuneille henkilöille. Näiden keskustusten toiminnan suunnittelussa oli selvästi tunnistettu, että suurimmalle osalle paikalle tulevista tapahtuman henkinen vaikutus on paljon suurempi kuin fyysiset vaikutukset – ja että suurin osa paikalle tulevista ei todennäköisesti ole

altistunut säteilylle lainkaan.

Jo ensimmäisenä sisällä vastassa olevat kontaminaation mittaajat toimivat ja puhelivat rauhoittavasti ja kyselivät olot-ta. Tulijoiden kanssa myös keskusteltiin perusteellisemmin ja tarjolla oli mahdollisuus psykologin kanssa keskusteluun. Lisäksi tarjolla oli sangen kattava kansantajuinen tietopaketti säteilystä ja sen vaikutuksista.

Kokonaisuutena harjoituksesta jäi vaikutelma, että tällaisen tilanteen hoitamisen Yhdysvalloissa ei ole kiinni ainakaan resursseista. Sen sijaan eri toimijoiden lukuisuus aiheuttaa omat ongelmansa. Harjoituksen pelaajilla ei aina tuntunut olevan selvää, kuka vastaa mistäkin.

Harjoituksesta jäi kuitenkin hyvä kuva; asiat voidaan hoitaa perusteellisesti – jos vain budjetti on rajaton.

Kirjoittaja Antero Kuusi oli kansainvälisen tarkkailijaryhmän mukana seuraamassa Empire 2009 -harjoitusta. Hän toimii STUKissa Ydinmateriaalitoimiston apulaistarkastajana.

Ydinvoimalaitosten radioaktiivisten päästöjen merkitys vähäinen lämminvesipäästöihin verrattuna

Ydinvoimalaitosten radioaktiivisten aineiden ja lämminvesipäästöjen ympäristövaikutukset ovat viime vuosikymmeninä nousseet vilkkaan keskustelun kohteeksi ekologisena huolenaiheena.

Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitosten meriympäristöissä on tehty yli 40 vuoden aikana vesibiologisia ja radioekologisia tutkimuksia. Tuloksista tehty väitöskirja ”Ydinvoimalaitosten radioaktiivisten aineiden ja lämminvesipäästöjen ympäristövaikutukset pohjoisen Itämeren murtovesiolosuhteissa” tarkastettiin Helsingin yliopistossa 25.9.2009.

Paikalliset olosuhteet vaikuttavat

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että lämminvesipäästöjen ympäristövaikutusten rinnalla radioaktiivisten aineiden päästöjen merkitys on vähäinen. Lämpökuormituksen vaikutukset korostuvat runsasravinteisissa ympäristöissä, missä lämmön ja ravinteiden yhteisvaikutus lisää rehevöitymiskehitystä. Samoin lämpötilan nousu lisää ympäristöstä eliöille aiheutuvaa stressiä pohjoisen Itämeren olosuhteissa, missä eliöstö on niukkaa ja sopeutunutta suhteellisen alhaisiin läm-

pötiloihin; kylmään talveen ja lauhkeaan kesään. Lisäksi monet lajit elävät pohjoisen Itämeren vähäsuolaisissa olosuhteissa fysiologisen sietokykynsä rajoilla. Toisaalta alhainen suolapitoisuus lisää eräiden radionuklidien kertymistä eliöihin valtameriolosuhteisiin verrattuna.

Suomen ydinvoimalaitoksia ympäröivät merialueet eroavat toisistaan vedenvaihdon tehokkuuden, veden ravinnepitoisuuksien ja useiden muiden vedenlaatuparametrien, sekä veden suolapitoisuuden, ja siihen liittyen eliöstön lajikoostumuksen, runsauden ja elinvoimaisuuden osalta.

Loviisassa jäähdytysveden purkualue on saarien, matalien salmien ja vedenalaisten kynnysten ympäröimä sisäsaaristoallas, jonka vedenvaihto on rajoittunut, kun taas Olkiluodon edusta on avoimempi ja sen vedenvaihto on tehokkaampaa. Tutkimuksessa vertaillaan voimalaitosten ympäristövaikutuksia ja arvioidaan niiden merkitystä.

Kasvukauden piteneminen merkittävin

Jäähdytysveden vaikutukset meriveden lämpötiloihin olivat näkyvimmit talvela, jolloin olosuhteet myös selvimmin poikkesivat luonnontilaisista. Lämminvesipäästöt ovat vaikuttaneet merkittävästi jääolosuhteisiin voimalaitosten lähialueilla, jolloin kasvukausi on pidentynyt molemmista päistään. Kasvukauden piteneminen ja talvehtimisajan häiriintyminen olosuhteissa, joissa eliöstö on tottunut selvään lepovaiheeseen talvela, olivat merkittävimmät lämpökuormituksen ympäristövaikutukset biologisesta näkökulmasta katsottuna.

Vesistötarkkailun tulokset osoittivat rehevöitymisen olevan Loviisan alueella selvästi korkeammalla tasolla kuin Olkiluodossa, mikä johtuu koko Suomenlahden tilasta. Veden kokonaisfosfori- ja typpipitoisuudet ovat 1½–2 kertaa korkeammat Loviisassa, ja fosforipitoisuudet edelleen kasvoivat molemmilla alueilla 1970-luvun ja 2000-luvun alun väli-

senä aikana, Loviisassa jopa kaksinker-
taistuivat. Tämä vaikeuttaa myös lämpi-
män veden paikallisten vaikutusten erot-
tamista Suomenlahden yleisestä rehevöi-
tymiskehityksestä.

Rehevöitymiskehitys voimakkaampaa Loviisassa

Pohjaeläimistö on taantunut voimak-
kaasti useimmissa Loviisan alueen ha-
vaintopaikoissa viimeisten 40 vuoden ai-
kana. Samanlaisesta pohjaeläinyhteisö-
jen heikkenemisestä on raportoitu koko
itäisen Suomenlahden alueelta. Paikalli-
nen rehevöitymiskehitys näyttää kuiten-
kin edistäneen Hästholmsfjärdenin poh-
jaeläimistön taantumista Loviisassa.

Lämminvesipäästöt ovat lisänneet or-
gaanisen aineksen tuotantoa vedessä,
mikä on edelleen johtanut orgaanisen ai-
neksen lisääntymiseen pohjasedimen-
teissä. Hajotettavan orgaanisen aineksen
lisäys on edelleen lisännyt syvänteiden
pohjanläheisen veden altistumista hap-
pikadoille, mikä on aiheuttanut etenkin
fosforin voimakasta vapautumista poh-
jasedimenteistä alusveteen.

Kasviplanktonin perustuotanto ja pe-
rustuotantokyky kaksinkertaistuivat ko-
ko alueella 1960-luvun lopun ja 1990-lu-
vun lopun välisenä aikana, mutta kään-
tyivät laskuun tämän vuosikymmenen
alussa. Samalla tuotannon painopiste
siirtyi keväästä keski- ja loppukesään.
Perustuotantotason yleinen kasvu johtui
ensisijaisesti ravinnepitoisuuksien kas-
vusta koko Suomenlahdessa, mutta läm-
minvesipäästöt aiheuttivat sen, että tuo-
tanto kasvoi jonkin verran voimakkaam-
min jäähdytysveden purkualueella kuin
sen ottoalueella.

Vesikasvillisuuden rehevöityminen
jäähdytysveden purkualueella on ollut
näkyvin, merkittävin ja kiistattomin läm-
pimän veden biologinen vaikutus. Täähkä-
ärviä, ahvenenvita ja hapsivita, ja usei-
den levälajien muodostamat rihmalevä-
kasvustot niiden päällyskasveina ovat

voimakkaasti runsastuneet jäähdytysve-
den purkupaikan läheisyydessä, missä ne
muodostivat tiheitä yhdyskuntia ranta-
vyöhykkeeseen loppukesäisin. Vesikas-
villisuuden voimakkain runsastuminen
on kuitenkin rajoittunut vain noin kilo-
metrin etäisyydelle purkupaikasta, toisin
sanoen muutokset ovat olleet suurimpia
niillä alueilla, jotka ovat jääneet ilman
jääpeitettä talvella.

Samanlaista, rehevöitymistä osoitta-
vaa kehitystä oli nähtävissä myös Olki-
luodossa, mutta selvästi vähäisemmässä
määrin kuin Loviisassa, mikä johtui taus-
talla olevasta Selkämeren selvästi alhai-
semmasta ravinnetasosta ja Olkiluodon
edustan merialueelle tyypillisistä hydro-
grafisista ja biologisista tekijöistä, kuten
hyvästä vedenvaihdosta ja elinvoimaises-
ta eliöstöstä.

Radioaktiivisten päästöjen merkitys vähäisempi

Pieniä määriä paikallisia päästönuklide-
ja havaittiin säännöllisesti jäähdytysve-
den purkualueilta otetuissa ympäristö-
näytteissä: tritiumia merivedessä ja ak-
tivoitumistuotteita, kuten koboltti-60:a,
koboltti-58:a, mangaani-54:a, hopea-
110m:a ja kromi-51:a, sedimentoituvassa
aineksessa, pohjasedimenteissä ja ns.
indikaattoriorganismeissa, jotka kerää-
vät tehokkaasti radioaktiivisia aineita
ympäristöstä.

Tritiumin päästöt ja vastaavasti sen
havaitseminen ja pitoisuudet merivesi-
näytteissä olivat runsaampia Loviisassa,
mutta aktivoitumistuotteiden pitoisuu-
det olivat suurempia Olkiluodossa, mis-
sä niitä havaittiin myös selvästi laajem-
malla alueella. Purkualueen vedenvaih-
to on siellä tehokkaampaa kuin Loviisas-

sa, missä paikallisia päästönuklideja ha-
vaittiin vain suhteellisen niukasti Häst-
holmsfjärdenin ulkopuolella. Merkityk-
settömän pieni määrä koboltti-60:a ha-
vaittiin rakkolevässä etäisimmillään noin
137 kilometrin päässä Olkiluodon voi-
malaitoksesta. Paikallisia päästönuklide-
ja havaittiin lähes yksinomaan ekosys-
teemin alimmilla trofiatasoilla. Kalois-
sa päästönuklideja tavattiin hyvin har-
voin, ja silloinkin vain hyvin pieninä pi-
toisuuksina. Päästöjen vähentämisen an-
siosta paikallisten päästönuklidien pitoi-
suudet pienenevät merkittävästi ympä-
ristönäytteissä 1990- ja 2000-luvuilla se-
kä Loviisassa että Olkiluodossa.

Vaikka radioaktiivisten aineiden pitoi-
suudet ympäristönäytteissä, ja ennen
kaikkea päästömäärät, näyttävät nume-
roina suurilta, niiden väestölle ja luon-
non eliöstölle aiheuttamat säteilyannok-
set ovat hyvin pieniä, käytännössä mer-
kityksettömiä. Lämminvesipäästöjen
vaikutukset ovat olleet merkittävämpiä
erityisesti jäähdytysveden purkualueilla,
vaikkakin vaikutusalue on ollut suhteel-
lisen rajoittunut. Tämän tutkimuksen
tulokset osoittavat, että jäähdytysveden
purkualueen vedenvaihdolla ja ravinnepi-
toisuudella on ratkaiseva merkitys ympä-
ristövaikutusten kannalta.

*Kirjoittaja Erkki Illus toimii STUKin Ympäris-
tötutkimus-laboratoriossa johtavana asian-
tuntijana. Hänen väitöskirjansa Ydinvoima-
laitosten radioaktiivisten aineiden ja läm-
minvesipäästöjen ympäristövaikutukset poh-
joisen Itämeren murtovesiolosuhteissa on
julkaistu raporttina STUK-A 238. Julkaisu on
kokonaisuudessaan sähköisessä muodossa
STUKin internetsivuilla.*

Rehevöityminen on Loviisan alueella edennyt pidemmälle kuin Olkiluodossa.

Itämeren alueelta mallia säteilyturvallisudessa

Tehokas rajavalvonta rakentuu yhteistyölle

Ydinmateriaalien ja radioaktiivisten aineiden rajavalvonta toimii hyvin Itämeren alueella. Isona apuna tässä on eri maiden viranomaisten välinen käytännön yhteistyö. Tämä yhteistyö voisi toimia mallina myös muualla Euroopassa. Rajavalvonnan kehittämiskeinoja pohdittiin STUKin isännöimässä turvallisuusseminaarissa.

STUK isännöi kesäkuun alussa pidettyä seminaaria, jossa puiattiin ydinaineiden ja muiden radioaktiivisten aineiden rajavalvontaa ja laittomien kuljetusten estämistä Itämeren alueella. Workshop-muotoinen seminaari oli Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n organisoima ja sen käytännön järjestelyistä vastasi pitkälti johtava asiantuntija Juha Rautjärvi STUKin Asiantuntijapalvelut-yksiköstä.

”Ajatus seminaarista sai alkunsa Suomen ja Venäjän välisestä hyvästä yhteistyöstä rajavalvonnassa. Suomessa ollaan lisäksi poikkeuksellisen edistyksellisiä eri viranomaisten operatiivisessa yhteistoisinnassa. Näitä kokemuksia haluttiin jakaa koko Itämeren alueelle ja laajemmin”, Rautjärvi sanoo.

Itämeren maiden välistä yhteistyötä on vauhdittanut Itämeren maiden neuvosto. Se perustettiin Neuvostoliiton hajottua 1990-luvun alussa. Sen puitteissa toimii muun muassa rajavalvonta-, tullisekä ydin- ja säteilyturvallisuuden asiantuntijaryhmiä. Lisäksi organisoitua rikollisuutta torjumaan on perustettu pääministereiden alainen työryhmä.

”Itämeren puitteissa eri maiden välinen ja viranomaisten keskinäinen kanssakäyminen on kaikkienensa varsin ainutlaatuista ja vanhaa perua. Muualla maailmassa eri sektoriviranomaiset ovat perinteisesti toimineet hyvin itsenäisesti ja erillään toisistaan”, Rautjärvi toteaa.

Esimerkkinä muuallekin

Seminaariin osallistui säteily- ja ydinturvallisuusviranomaisia, raja- ja tulliviranomaisia sekä poliisin edustajia kaikista Itämeren maista Saksaa ja Tanskaa lukuun ottamatta. Myös USA, Ukraina ja Turkki olivat lähettäneet paikalle omat edustajansa.

”IAEA näkee, että Itämeren turvallisuusvalvonta ja operatiivinen yhteistyö voisi toimia mallina esimerkiksi Mustallemerelle, Adrian merelle tai muille Vä-

limeren alueille. Euroopan turvallisuutta ajatellen vaikkapa Bosporin seutu on yksi hot spot -alueista. Siellä aito yhteistyö eri viranomaisten kesken on todellinen haaste.”

Rautjärven mukaan myös EU:n poliisi- ja rajaturvallisuusvirastot Europol ja Frontex ovat todenneet Itämeren alueella olevan hyvät edellytykset luoda turvallisuutta lisääviä yhteistyökäytäntöjä ja hankkia kokemusta uusista valvontateknologioista.

Itämeri on suhteellisen rauhallinen Euroopan kolkka, jolla ei ole raskasta päivittäistä operatiivista viranomaistoimintaa rajoillaan.

Jatkoa toivotaan

Radioaktiivisten materiaalien kulkeutuksen seurannan ja rajavalvonnan tehostamiseksi eri maiden ja viranomaisten yhteistyötä kannattaakin kehittää edelleen. Keskeistä tässä on hyvien käytäntöjen jakaminen ja kokemusten vaihto asiansaisten kesken. Tämä todettiin myös seminaarissa.

”Vastaavia Itämeren alueen workshoppeja toivottiin järjestettävän kahden vuoden välein. Näin parannetaan edellytyksiä aidolle vuorovaikutukselle. Useasta näkökulmasta tapahtuva tarkastelu opettaa itse kutakin näkemään asioita uudella ja usein myös oivaltavalla tavalla”, Rautjärvi korostaa.

Rautjärven mukaan tämä esimerkiksi auttaa pääsemään ajoissa käsiksi vaarallisiin kehityskulkuihin, jotka jatkuessaan johtaisivat ei-toivottuihin seurauksiin.

”Turvallisuusvalvonnan ja -toiminnan pitää olla tehokasta, mutta sen tulee toimia myös niin, ettei se turhaan häiritse vaikkapa normaalia kaupallista tai teollista toimintaa. Eri viranomaisten saumaton yhteistyö mahdollistaa tämän.”

Samalla kun seminaarille toivottiin jatkoa Itämeren puitteissa, todettiin se myös valmiiksi konseptiksi vietäväksi Mustanmeren alueelle.

Pelissäännöt toimiviksi

Yhteistyö rajoilla edellyttää, että sitä koskeva lainsäädäntö ja muut säännökset kuten myös noudatettavat käytännöt mahdollistavat asioiden sujuvan hoitamisen. Seminaarissa pidettiin tärkeänä näiden pelisääntöjen täsmentämistä niin säännösten kuin koskien menettelytapoja varsinaisissa yhteistoimintatilanteissa rajoilla.

”Turvallisuusvalvonnan käytännön toimivuuden testaamiseksi Itämeren alueella tulee jatkaa kenttäharjoituksia. Tällaisesta yhteistyöharjoituksesta on jo alustavasti keskusteltukin Suomen ja Venäjän rajalla bilateraalisesta yhteistyön puitteissa”, Rautjärvi sanoo.

Yhteistyöverkoston resurssien käytön tehostamiseksi seminaari ehdotti project managereiden yksilöimistä eri organisaatioihin. Nämä voisivat keskittyä esimerkiksi tiettyjen yhteisten teknologia- tai koulutushankkeiden toteuttamiseen.

”Näin kaikkien ei tarvitse perehtyä samoihin byrokratian koukeroihin vaan yhteisissä hankkeissa toinen tukisi toistaan. Viranomaisilla on kuitenkin kädet täynnä varsinaisia arkisia valvontatehtäviä ja rajallisesti aikaa opiskella ja organisoida yhteistyökuvioita.”

Itämerellä tilanne hyvin hallinnassa

Itämeren alueella ydinmateriaalien ja radioaktiivisten aineiden rajavalvonta toimii hyvin, Rautjärvi arvioi. Ainakaan toiseksi esimerkiksi Suomen ja Venäjän välisellä rajalla ei myöskään ole havaittu laajamittamittaisempia salakuljetusyrityksiä.

”Kyse on ollut yksittäistapauksista ja enimmäkseen niitä on esiintynyt muutama vuodessa. Voin uskoa, että ne ovat paljolti olleet tarkoituksettomia. Esimerkiksi romumetallikuljetuksen seassa on ollut säteilevää materiaalia, jonka olemassa olosta kuljettaja ei ole tiennyt. Toiseksi rajan ylittävä henkilö, joka jäi kiinni, oli saanut kehoonsa radioaktiivista ainetta lääketie-

teellisen tutkimuksen tai hoidon yhteydessä.”

Rautjärvi ei myöskään usko, että Itämeren alueella tänä päivänä tapahtuisi radioaktiivisen jätteen laitonta hävittämistä esimerkiksi mereen upottamalla. Entisen Neuvostoliiton alueelta sitä vastoin näitä aineita ja säteilylähteitä löytyy kuitenkin aika ajoin hylättynä esimerkiksi maa-alueita raivattaessa, joten tulli- ja rajavallonnassa valppaus on paikallaan.

Teknologia uudistuu

Rajanylityspaikoilla on Suomessa ja Venäjällä käytössä valvontalaitteistot säteilyn mittaamiseksi. Esimerkiksi rekat voidaan ohjata ajamaan gamma- ja neutronisäteilyn paljastavien ilmaisimien läpi. Ne, kuten myös junanvaunut, voidaan niin ikään läpivalaista röntgenlaitteilla. Lisäksi on käsikäyttöiset mittarit, joilla mahdollinen säteilylähde voidaan tarvittaessa paikantaa. Myös matkustajien ja heidän matkatavaroidensa valvontaa varten on tekniset laitteet.

”Suomen puolelle nämä laitteistot hankittiin 1990-luvun puolivälissä. Nyt ne ovat tulleet osin tiensä päähän ja ne on päätetty uusida. Venäjä puolestaan instrumentoi omat rajansa 2000-luvun alusta alkaen. Jatkossakin on tärkeää, että valvonta on tehokasta molemmin puolin rajaa”, Rautjärvi painottaa.

Hän korostaa myös tiedusteluyhteistyön merkitystä rajavallonnassa.

”Tämä ei koske ainoastaan ydinmateriaalien tai radioaktiivisten aineiden salakuljetusta vaan mitä tahansa organisoitua rikollisuutta. Tutkimus- ja operatiivinen toiminta ovat molemmat oleellinen osa sen havaitsemista ja siihen puuttumista.”

Säteily- ja ydinturvallisuudesta vastava viranomaisena STUK tukee osaltaan rajanpinnassa tapahtuvaa toimintaa. Tarvittaessa se antaa esimerkiksi tarkastusapua. Samoin se on mukana säteilyvalvontalaitteistojen hankintaa koskevissa hankkeissa.



Hannu Virtanen

Valvonnassa ei pidä tinkiä

Vaikkei ydinmateriaaleja tai muita radioaktiivisia aineita Itämeren alueella laittomasti liikkuisikaan, muodostavat ne todellisen turvallisuushan. Siihen pitää varautua myös jatkossa, Rautjärvi korostaa.

”Riski näiden aineiden joutumisesta väärin käsiin on olemassa. Viime vuosikymmeniltä on näyttöä siitä, että esimerkiksi eräät terroristijärjestöt ovat olleet niistä kiinnostuneita. Samaan aikaan Neuvostoliiton hajoamisen ja kylmän sodan päättymisen myötä käsiin on jäänyt ydin- ja säteilyturvallisuuteen liittyvä perintö, josta on kannettava vastuu.”

Ydinmateriaalien valvonnan merkitys korostuu myös ydinvoiman uuden tule-

misen myötä. Rautjärven mukaan ydinenergian käyttö osana sähköntuotantopalettia edellyttää, ettei valvonnasta tingitä missään vaiheessa.

”Turvallisuudesta huolehditaan parhaiten toimimalla yhteisvastuullisesti. Näin saadaan suurin hyöty eri tahojen asiantuntemuksesta, käytettävästä teknologiasta ja muista panostuksista. Poliittisten päätöstentekijöiden on huolehdittava siitä, että turvallisuusvalvonnalle on olemassa riittävät resurssit ja toimintaedellytykset myös jatkossa. Niistä ei pidä tinkiä esimerkiksi valtion talouden säästösyistä”, Rautjärvi painottaa.



säteilytieteen 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



Miten radon mitataan tontilta ennen rakenta- misen aloittamista?

Yksittäisen talorakentajan ei kannata suorittaa tontin maaperän radontutkimusta. Tonttikohtainen radontutkimus tulee kalliimmaksi kuin radonturvallisen perustuksen suunnittelu ja toteutus. Lisäksi tonttikohtaiset radonennusteet ovat vain suuntaa antavia, sillä tutkimuksen tekovaiheessa ei useinkaan voida selvittää rakennuksen alle tuotavan täyttö- ja salaojasoran vaikutusta.

Ohjeet radonturvalliseen pohjarakenteiden toteuttamiseen löytyvät RT-ohjekortista 81-10791 *Radonin torjunta*. Ohjekorttia myy Rakennustieto Oy.

Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan radonpitoisuuden vuosikeskiarvon on oltava uusissa asunnoissa alle 200 becquereliä kuutiometrissä. Jos se ylittyy, on tapahtunut suunnittelu- tai rakentamisvirhe. Radonturvallinen perustus pitää aina toteuttaa ohjeiden mukaisesti ja huolellisesti, jotta työstä olisi hyötyä.

Lisätietoa: www.radon.fi

Kuinka suuritehoisia ja haitallisia ovat kosteusvaurioissa käytettävät säteilykuivurit? Pitäisikö esim. elementtirivitalossa naapuria informoida käytön ajankohdasta?

Kyseessä ovat varmaankin mikroaaltokuivurit. Niiden suurin mikroaaltoteho on sama kuin muutaman mikroaaltouunin teho. Väärinkäytettynä laitteet ovat vaarallisia ja siksi STUK on antanut mikroaaltokuivureita käyttäville yrityksille tarkat turvallisuusohjeet. STUK on laatinut myös katsauksen *Mikroaaltokuivauksen turvallisuus*, joka on luettavissa myös STUKin internetsivuilla.

Yleisenä käytäntönä on, että kerrostalossa informoidaan naapureita mikroaaltokuivauksesta. Kuivauksesta vastuussa olevan yrityksen on myös säteilymittauksin varmistettava, että kuivauskohteen lähellä, myös seinän takana, lattian alapuolella tai katon yläpuolella naapurissa, mikroaaltosäteilyn tehotiheys ei ylitä väestön altistumisen enimmäisarvoja.

Joudumme ottamaan lapsen hampaista jo toisen röntgenkuvan vuoden sisällä. Kuinka haitallista on lapseni hammasröntgenistä saama säteily?

Tyypillisesti hammashoidossa otetaan yksittäisiä intraoraalikuvia tai koko leuasta ortopantomografiakuva, jolloin koko hampaisto kuvataan kerralla. Henkilön kuvauksesta saama säteilyannos on pieni nykyaikaisilla laitteilla kuvattaessa, eikä tarpeellisten kuvien otosta kannata olla huolissaan, vaikka kuvia tulisi otettavaksi useampikin. Yksittäisestä intraoraalikuvasta tai ortopantomografiakuvasta aiheutuva säteilyannos vastaa noin yhden päivän normaalia taustasäteilyä, jossa me elämme koko ajan.

OIKAISU

Alara-lehden numerossa 2/2009 s. 24-25 olleen artikkelin "Pakistanin ydinaseet Talibanin käsiin?" kirjoittaja on STUKin Ydinjätteiden ja -materiaalien valvonta -osaston johtaja Tero Varjoranta.

Radiojodihoitoa käytetään kilpirauhasen liikatoiminnan vähentämiseksi. Jos saa 185 MBq (5,4 mCi) ainetta, kauanko sen poistuminen elimistöstä kestää? Miten toimenpide on otettava huomioon elämässä, töissä tai kotona?

Potilaalle kilpirauhasen liikatoiminnan hoidossa annettavasta radioaktiivisesta jodista noin puolet (50–70 prosenttia) pidättyy kilpirauhaseen. Loppu jodi erittyy virtsaan ja poistuu virtsan mukana elimistöstä melko nopeasti eli noin kolmen vuorokauden kuluessa. Kilpirauhaseen pidättynyt osuus jodista poistuu elimistöstä hitaammin. Kymmenen päivän kuluttua elimistössä on keskimäärin jäljellä noin 20 prosenttia potilaalle hoidossa annetusta radioaktiivisesta jodista (185 MBq:n aktiivisuudesta siis noin 37 MBq) ja 15–20 päivän kuluttua noin 10 prosenttia. Radioaktiivisen jodin pidättyminen kilpirauhaseen ja erittyminen elimistöstä on kuitenkin hyvin yksilöllistä.

Säteilyturvakeskuksen ohjeessa ST 6.3 *Säteilyn käyttö isotooppilääketieteessä* annetaan sairaaloille ohjeita säteily-suojelusta isotooppihoitojen yhteydessä.

Potilas saa sairaalasta sekä suulliset että kirjalliset toimintaohjeet, joissa kerrotaan miten hänen tulee toimia kotona tai töissä radiojodihoidon jälkeen, jotta muut ihmiset eivät saa tarpeettomasti säteilyä.

Jos potilaalla on suunnitelmissa ulkomaanmatka välittömästi isotooppihoidon jälkeen, hänelle annetaan sairaalasta todistus hoidosta, koska valtakunnan rajalla tehdään mahdollisesti säteilymittaus.

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

OHJEET

YVL 3.3

Nuclear facility piping

ST 5.4

Handel med strålkällor

TUTKIMUSRAPORTIT

STUK-A 237

Radonsanering av bostäder
Arvela H, Reisbacka H.

STUK-B 102

Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta.
Vuosiraportti 2008. Rantanen E. (toim.)

STUK-B 105

Regulatory control of nuclear safety in Finland.
Annual report 2008. Kainulainen E. (ed.)

STUK-B 106

Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 1/2009
Kainulainen E. (toim.)

STUK-B 107

Radiation practices. Annual report 2008.
Rantanen E. (ed.)

KATSAUKSET

Radioaktiivinen laskeuma ja ravinto



KERRO MIELIPITEESI 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.

Tilaa tietoturvan ja tietosuojan erikoislehti!



Tietosuojalehti tutustuttaa tietosuojan säännöksiin ja käytäntöön, tietoturvaan ja viestinnän luottamuksellisuuteen. Lehti tarjoaa kattavan, monipuolisen ja ajankohtaisen kuvan tietosuojan ja tietoturvan eri osa-alueista. Tietosuojalehti ilmestyy neljä kertaa vuodessa. Julkaisijat ovat Viestintävirasto, tietosuojalautakunta ja tietosuojavaltuutetun toimisto.

Tilaa nyt Tietosuojalehden neljä numeroa vuodessa

- käy Internet-sivuillamme www.stellatum.fi
→ Tilaa palvelu → Tilaukset → Valitse tuote riippuvalikosta
- lähetä sähköpostia osoitteeseen tilaajapalvelu@stellatum.fi
- soita numeroon 03 4246 5340

Tietosuojalehden hinnat Suomessa 2009 (neljä numeroa/vuosi): kestopilaus 47 €
(laskutusväli 12 kuukautta), 12 kuukauden määräaikaistilaus 50 €.