

Säteily- ja ydinturvallisuus

Neljännesvuosiraportti 2/2007

Risto Isaksson (toim.)

Säteily- ja ydinturvallisuus

Neljännesvuosiraportti 2/2007

Risto Isaksson (toim.)

ISBN 978-952-478-267-8 (nid.) Edita Prima Oy, Helsinki 2007
ISBN 978-952-478-268-5 (pdf)
ISSN 0781-1713

ISAKSSON Risto (toim.). *Säteily- ja ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 2/2007.*
STUK-B 84. Helsinki 2007. 29 s. + liitteet 2 s.

Avainsanat: painevesireaktori, kiehutusvesireaktori, ydinvoimalaitosten käyttökokemukset, ydinjätehuolto, ydinmateriaalit, valmiustoiminta, lähialueyhteistyö, säteilyn käyttö, ympäristön säteilyvalvonta

Tiivistelmä

Raportissa esitetään tietoja STUKin toimialalla yleistä mielenkiintoa herättäneistä säteily- ja ydinturvallisuuden tapahtumista vuoden 2007 toiselta vuosineljännekseltä.

Teollisuuden ja terveydenhuollon säteilyn käytön sekä ionisoimattoman säteilyn käytön osalta esitetään STUKin valvontatoiminnan tapahtumia ja kerrotaan poikkeavista tapahtumista. Raporttiin on koottu yhteenvedot STUKissa tehtävän ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista, valmiustoiminnan tapahtumista ja STUKissa valmistuneista tutkimuksista viimeiseltä vuosineljännekseltä.

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen molempien toiminnassa olevien voimalaitosyksiköiden vuosi- ja kuukausittaiset ydinturvallisuusindikaattorit tehtiin vuoden toisella neljänneksellä. Mitkään kotimaisten ydinvoimalaitosten tapahtumat eivät olleet ydin- tai säteilyturvallisuutta uhkaavia.

Vuoden 2007 toisella vuosineljänneksellä ei ollut yhtään tilannetta, jossa olisi ollut aihetta ryhtyä erityistoimiin väestön tai ympäristön suojelemiseksi. Säteilytilanne Suomessa oli normaali koko vuosineljänneksen ajan.

Vuosineljänneksen aikana julkisuudessa saivat jonkin verran huomiota Olkiluodossa ja Venäjällä Leningradin ydinvoimalaitoksella tapahtuneet reaktoripikasulut ja Olkiluodossa turbiinihallissa sattunut tulipalon alku. Samaten STUKin asiantuntijat saivat selvittää ja julkisuudessa kommentoida perättömäksi osoittautunutta huhua säteilyonnettomuudesta Ukrainassa.

Kolmen kuukauden aikana STUK julkaisi kolmetoista tutkimuksen alkuperäisjulkaisua.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	5
1 JOHDANTO	6
2 SUOMEN YDINVOIMALAITOKSET	6
2.1 Loviisa 1 ja 2	6
2.1.1 Käyttö ja käyttötapaukset	6
2.2 Olkiluoto 1 ja 2	6
2.2.1 Käyttö ja käyttötapaukset	6
2.3 Olkiluoto 3	10
3 YDINJÄTEHUOLTO	12
4 YDINSULKUVALVONTA	13
5 SÄTEILYN KÄYTTÖ	15
5.1 Ionisoiva säteily	15
5.2 Ionisoimaton säteily	18
6 VALTAKUNNALLINEN YMPÄRISTÖN SÄTEILYVALVONTA	19
6.1 Ulkoinen säteily	19
6.2 Ilman radioaktiivisuus	20
6.3 Poikkeavat säteilyhavainnot	20
7 STUKIN VALMIUSTOIMINTA	21
7.1 Yhteydenotot STUKin päivystäjään	21
8 TUTKIMUS	23
8.1 Valmistuneet hankkeet	23
8.2 Ilmestyneet artikkelit ja raportit	27
9 LÄHIALUEEN YDINVOIMALAITOKSET	28
LIITE 1 YLEISTIEDOT SUOMEN YDINVOIMALAITOKSISTA	30
LIITE 2 VALTAKUNNALLINEN YMPÄRISTÖN SÄTEILYVALVONTA STUKISSA	31

1 Johdanto

Säteilyturvakeskus (STUK) on säteilytoiminnan ja ydinenergian käytön turvallisuutta valvova viranomaisena. STUK huolehtii myös turva- ja valmiusjärjestelyjen valvonnasta sekä ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellisesta ydinenergian käytön valvonnasta. Turvallisuusvalvonnan ja valmiustoiminnan tueksi sekä säteilyn terveyshaittoja ja luonnonsäteilyä koskevan uuden tiedon tuottamiseksi STUK harjoittaa alansa tutkimustoimintaa. STUK tuottaa lisäksi alansa mittaus- ja asiantuntijapalveluja. STUKin toiminta-ajatuksena on ihmisten, yhteiskunnan, ympäristön ja tulevien sukupolvien suojeleminen säteilyn haitallisilta vaikutuksilta.

STUK julkaisee neljännesvuosittain raportin, jossa kuvataan Suomen ja sen lähialueiden ydinlaitosten tapahtumia. Lisäksi raportissa esitetään Suomen ydinjätehuoltoa ja ydinmateriaalivalvontaa koskevia asioita ja kerrotaan ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn käyttöön liittyvistä tapahtumista ja STUKin valvontatoimista. Raportti sisältää yhteenvedot STUKin valmiustoiminnasta, valtakunnallisen ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista ja vuosineljänneksellä valmistuneista STUKin tutkimushankkeista.

Raportti perustuu STUKin valvontatoimintaansa, valmiustehtävässään sekä lähialueyhteistyön koordinoinnissa saamiin tietoihin ja tekemiin havaintoihin.

2 Suomen ydinvoimalaitokset

Tapani Eurasto, Erja Kainulainen, Suvi Ristonmaa, Heimo Takala, Petteri Tiippana, Olli Vilkamo

2.1 Loviisa 1 ja 2

2.1.1 Käyttö ja käyttötapahtumat

Loviisan kummatkin laitosyksiköt olivat tuotantokäytössä koko vuosineljänneksen. Loviisa 1:n energiakäyttökerroin vuosineljänneksellä oli 101,0 % ja Loviisa 2:n 101,2 %. Energiakäyttökerroin kuvaa tuotetun sähköenergian suhdetta energiaan, joka olisi voitu tuottaa, jos laitosyksikkö olisi toiminut koko tarkasteluajan nimellisteholla. Tuotetun sähköenergian määrä riippuu myös turbiinille johdetun höyryn lauhduttamiseen käytetyn meriveden lämpötilasta. Mitä kylmempää merivesi on, sitä suurempi teho turbiinista saadaan. Tällöin energiakäyttökerroin voi ylittää arvon 100 %. Laitosyksiköiden reaktoreiden suurin sallittu lämpöteho on määritelty laitosyksiköiden käyttöluvis- sa. Sähköntuotantoa kuvaavat diagrammit esitetään kuvissa 1 ja 2.

2.2 Olkiluoto 1 ja 2

2.2.1 Käyttö ja käyttötapahtumat

Olkiluodon laitosyksiköillä 1 ja 2 oli vuosihuolto- seisokit, joista on erilliset kuvaukset jäljempänä tässä luvussa. Olkiluoto 1:n energiakäyttökerroin vuosineljänneksellä oli 89,9 % ja Olkiluoto 2:n 77,8 %. Energiakäyttökerroin kuvaa tuotetun sähköenergian suhdetta energiaan, joka olisi voitu tuottaa, jos laitosyksikkö olisi toiminut koko tarkasteluajan nimellisteholla. Laitosyksiköiden reaktoreiden suurin sallittu lämpöteho on määritelty laitosyksiköiden käyttöluvis- sa. Laitosyksiköiden sähköntuotantoa vuosineljänneksellä kuvaavat diagrammit ja tehonalennusten syyt esitetään kuvissa 3 ja 4.

Vuosihuollot

Ydinvoimalaitoksen vuosihuollossa tehdään polttoaineen vaihdon lisäksi ennakkohuoltoja, määräaikaistarkastuksia ja -koestuksia sekä vikakorjauksia. Olkiluoto 1:n seisokki oli lyhyt niin kutsuttu polttoaineenvaihtoseisokki. Olkiluoto 2:n huolto- seisokissa tehtiin myös suunniteltuja muutostöitä. Molempien laitosyksiköiden merivesijärjestelmissä havaittiin runkopolyyppeja. Voimayhtiö etsii keinoja runkopolyypikasvuston torjuntaan, koska runsas kasvusto vaikeuttaa veden virtaamista.

Olkiluoto 1:n vuosihuolto

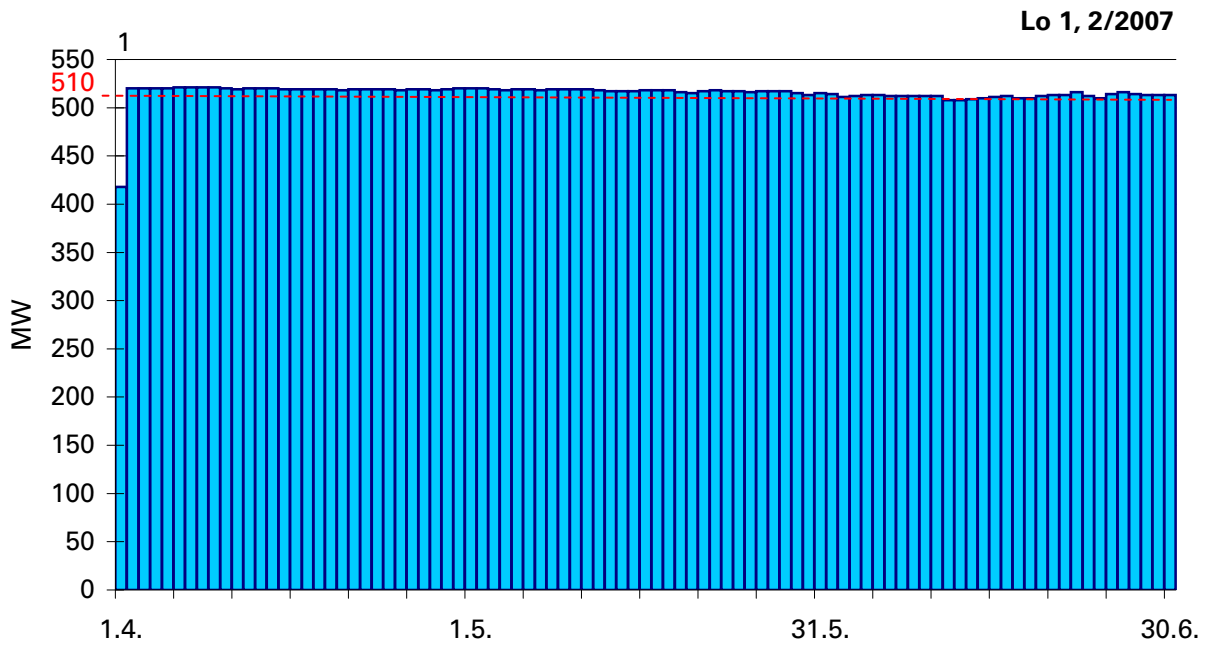
Olkiluoto 1:n polttoaineenvaihtoseisokki oli 6.–15.5.2007. Vuosihuolto kesti 8,5 vuorokautta.

Kahdeksalle säätösauvatoimilaitteelle tehtiin tarkastukset, joilla haluttiin selvittää vuosihuollon 2006 jälkeen esiin tulleita ongelmia toimilaitteiden momenttisuojausten laukaisussa. Havainnot tukivat oletusta, että momenttilaukaisujen syynä olisi ollut pikasulkujärjestelmän veden mukana ajomutterin päälle kulkeutuneet epäpuhtaudet (ks. neljännesvuosiraportti 2/2006).

Olkiluoto 2:n vuosihuolto

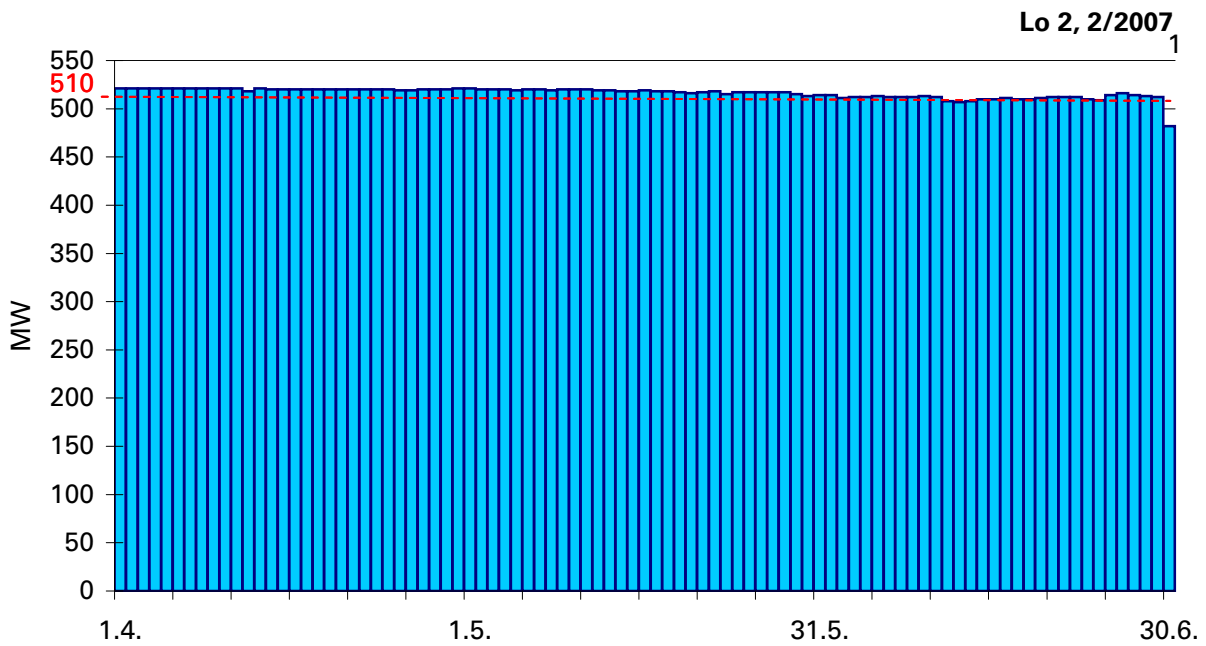
Olkiluoto 2:n huoltoseisokki oli 20.5.–6.6.2007. Lähes 17 vuorokautta kestänyt seisokki oli yli 1,5 vuorokautta suunniteltua pidempi. Viivästyksen syynä oli turbiinirakennuksessa 2.6.2007 tapahtunut öljyvuoto ja vuotaneen öljyn puhdistustyöt. Laitosyksikön ylösajovaiheessa 7.6.2007 turbiinialissa havaittiin tulipalon alku ja laitosyksikkö jouduttiin ajamaan uudestaan kuumavalmiustilaan.

Laitosyksikön alasajon yhteydessä laukesi reaktorin pikasulku, joka aiheutui häiriöistä reak-



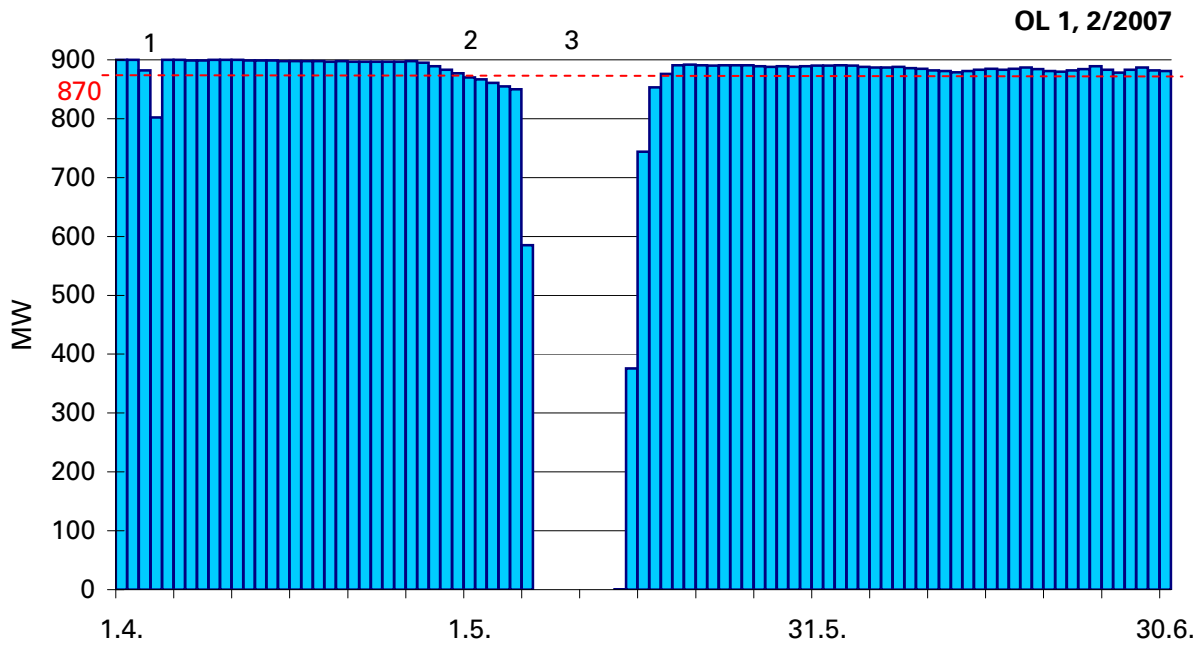
1. Turbiinin alasajo, tulpatun paineenmittausyhteen vuoden korjaus.

Kuva 1. Loviisa 1:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2007.



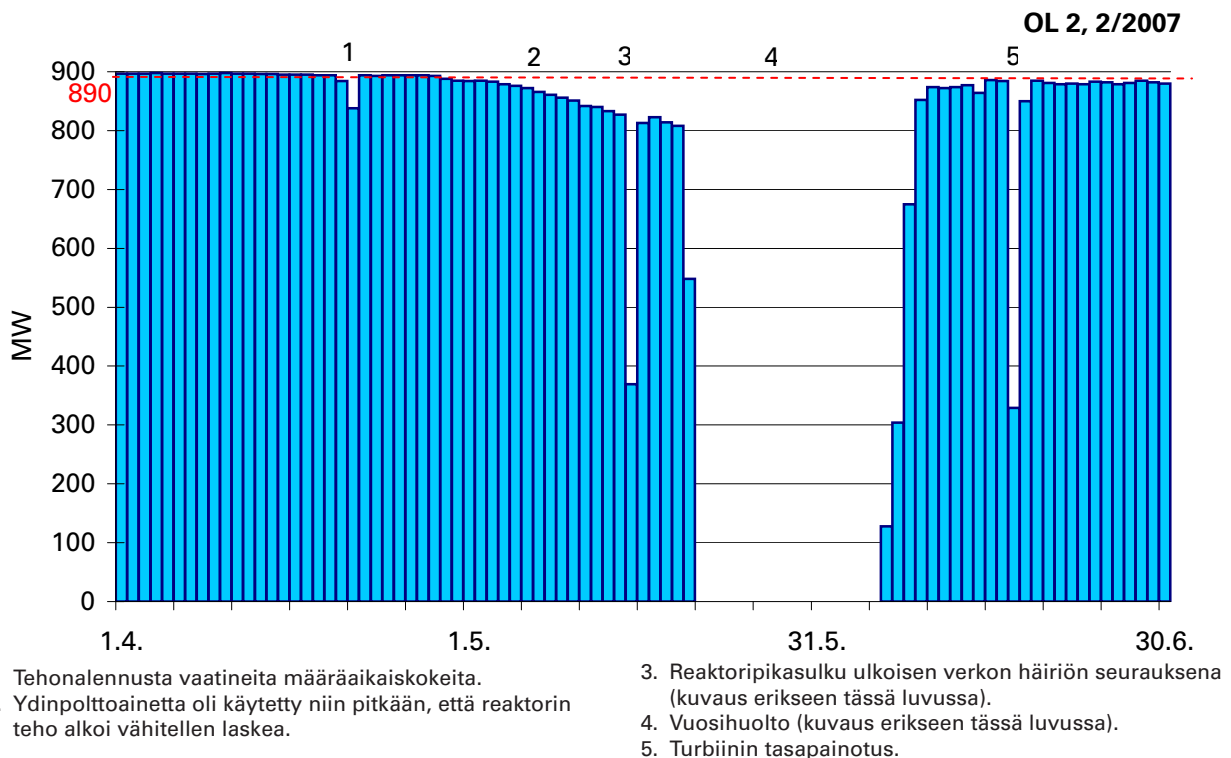
1. Pääkiertopumppu pysähtyi virheellisesti öljyn virtausmittauksen relevian vuoksi.

Kuva 2. Loviisa 2:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2007.



1. Syöttövesipumpun liukurengastiivisteiden vaihto.
2. Ydinpolttoainetta oli käytetty niin pitkään, että reaktorin teho alkoi vähitellen laskea.
3. Vuosihuolto (kuvaus erikseen tässä luvussa).

Kuva 3. Olkiluoto 1:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2007.



1. Tehonalennusta vaatineita määräaikaiskokeita.
2. Ydinpolttoainetta oli käytetty niin pitkään, että reaktorin teho alkoi vähitellen laskea.
3. Reaktoripikasulku ulkoisen verkon häiriön seurauksena (kuvaus erikseen tässä luvussa).
4. Vuosihuolto (kuvaus erikseen tässä luvussa).
5. Turbiinin tasapainotus.

Kuva 4. Olkiluoto 2:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2007.

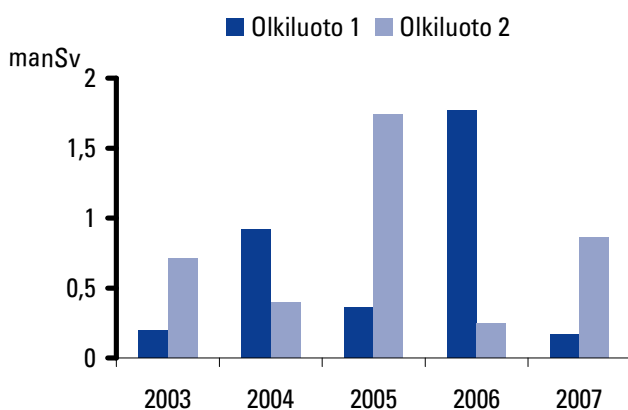
toriveden pinnankorkeuden mittauksessa (kuvaus jäljempänä tässä luvussa). Seisokkia edeltäneellä käyttöjaksolla havaittiin pieni polttoainevuoto (ks. neljännesvuosiraportti 3/2006). Vuotava nippu paikallistettiin ja poistettiin reaktorista.

Vuosihuollossa tehdyt muutostyöt olivat putkistojen uusimisia ja järjestelmien vanhenemisesta johtuvia modernisointeja. Kaksi matalapaineturbiinia avattiin ja tarkastuksissa havaitut säröt korjattiin. Lauhdelinjojen putkistoja ja matalapaineväliottopotkua uusittiin. Sammutetun reaktorin jäähdytysjärjestelmän venttiili vaihdettiin uudentyypiseen, generaattorin roottori vaihdettiin ja poistokaasujärjestelmän säteilymittausjärjestelmän laitteet uusittiin. Käyttöjakson aikana korjattu, vuoden 2006 seisokissa vuoden käytön jälkeen poistettu höyrykuivain asennettiin takaisin reaktoriin.

Vuosihuoltojen säteilyannokset

Suurin osa ydinvoimalaitostyöntekijöiden säteilyannoksista kertyy voimalaitoksen vuosihuollon aikana. Seisokin aikana työskennellään tiloissa, joiden säteilytasot voivat olla muuta valvonta-aluetta korkeampia. Lisäksi avataan järjestelmiä, joihin on kertynyt radioaktiivisia aineita voimalaitoksen käytön aikana.

Olkiluoto 1:n seisokin työntekijöiden yhteenlaskettu (kollektiivinen) säteilyannos oli 0,17 manSv ja Olkiluoto 2:lla työskennelleiden 0,86 manSv. Olkiluoto 1:n turbiinilaitoksen säteilytasot laskivat, koska vuoden 2006 seisokissa uusittiin laitossyksikön höyrykuivain. Höyryputkissa kulkevan höyryn kosteus ja kosteuden mukana kulkeutuvien



Kuva 5. Olkiluodon laitossyksiköiden vuosihuolloissa kertyneet työntekijöiden kollektiiviset säteilyannokset.

radioaktiivisten aineiden pitoisuus on pienentynyt, joten muutostyö alentaa turbiinilaitoksilla kertyviä säteilyannoksia. Vastaava tulee tapahtumaan Olkiluoto 2:lla, jonne asennettiin takaisin käyttöjakson aikana korjattu höyrykuivain.

Työntekijöiden säteilyannoksille on asetettu säännöstössä raja-arvot. STUKin ohjeen mukaan kollektiivisen säteilyannoksen raja-arvo Olkiluodon yhdelle laitossyksikölle on kahden peräkkäisen vuoden keskiarvona 2,10 manSv. Raja-arvo ei ylittynyt vuosihuoltojen aikana kummallakaan laitossyksiköllä. Säteilyasetuksen mukaan säteilytyötä tekevän henkilön säteilyannos ei saa vuoden aikana ylittää arvoa 50 mSv. Suurin yksittäisen henkilön saama säteilyannos Olkiluoto 1:n vuosihuollossa oli 1,9 mSv ja Olkiluoto 2:n vuosihuollossa 9,05 mSv. Kuvassa 5 esitetään vuosihuolloissa kertyneet kollektiiviset säteilyannokset vuosilta 2003–2007.

Tulipalon alku Olkiluoto 2:n turbiinialissa

Olkiluoto 2:n vuosihuollon loppupuolella 2.6.2007 tapahtui öljyvahinko, jossa noin 600 litraa laakeriöljyjärjestelmän öljyä levisi turbiinialisiin ja edelleen alaspäin turbiinirakennuksessa. Voimayhtiö käynnisti välittömästi siivoustyöt, joiden tavoitteena oli estää öljyn pääsy lauhdeveteen ja varmistaa paloturvallisuus. Öljyä jäi puhdistuksesta huolimatta korkeapaineturbiinin eristeisiin. Laitossyksikön käynnistämisen yhteydessä laitteet lämpenivät, jolloin kuumentunut öljy alkoi valua ja lopulta syttyi.

Valvomo sai palohälytyksen turbiinilaitokselta aamulla 7.6.2007. Reaktorin teho oli tällöin 90 %. Tulipalon alku paikallistettiin nopeasti ja sammutettiin käsisammuttimella. Voimayhtiö ajoi laitossyksikön uudestaan alas. Palopaikalla ollut öljy poistettiin ja tulipalon alun aiheuttamat vauriot korjattiin.

Laitossyksikkö tahdistettiin uudestaan valtakunnan verkkoon 8.6.2007 aamuyöllä. Tapahtuma ei vaarantanut ydinvoimalaitoksen turvallisuutta eikä ympäristön säteilyturvallisuutta.

Reaktorin pikasulku Olkiluoto 2:lla 400 kV:n kytkinkentällä tehtyjen toimenpiteiden seurauksena

Olkiluoto 2:lla tapahtui 15.5.2007 reaktorin pikasulku, joka aiheutui laitosalueen ulkopuolella sijaitsevan Olkiluodon 400 kV kytkinkentän kis-

kokatkaisijan suojaaleen virheellisestä toiminnasta. Yksikön sisäiset turvallisuusjärjestelmät toimivat tapahtuman yhteydessä suunnitellusti. Tapahtuman yhteydessä esiintyneet käyttöjärjestelmien viat ja suunnittelupuutteet johtivat kuitenkin laajaan käyttöhäiriöön.

Olkiluoto 2 syöttää normaalisti sähkötehoa ulkoiseen voimansiirtoverkkoon laitosalueen ulkopuolella sijaitsevan 400 kV kytkinkentän kautta. Mikäli tämä yhteys menetetään, reaktori siirtyy alhaiselle tehotasolle, ns. omakäytölle, jolla huolehditaan sähkötehon syötöstä yksikön omille järjestelmille. Mikäli omakäytölle siirtyminen epäonnistuu, sähkötehoa syötetään ulkopuolisesta 110 kV verkosta. Turvallisuuden kannalta tärkeiden toimintojen sähkönsyöttö on lisäksi varmennettu omilla dieselgeneraattoreilla ja akustoilla.

Olkiluoto 2:n tehoajon aikana 15.5.2007 tehtiin 400 kV:n kytkinkentällä muutostöitä (rele- ja ohjausjärjestelmien uusiminen). Kytkentöjä oltiin palauttamassa normaaliin tilaan muutostöiden jälkeen, kun laitousyksiköllä tapahtui reaktorin pikasulku. Kytkinkentän kiskokatkaisijan suojaaletoimi virheellisesti, minkä seurauksena Olkiluoto 2 irtosi 400 kV:n ulkoisesta verkosta. Siirtyminen omakäyttöajolle ei onnistunut päägeneraattorin suojausjärjestelmän virheellisten asetelujen takia. Yksikkö kytkeytyi n. 1,5 sekunnin sähkökatkoksen jälkeen vaihtoautomaatiikan ohjaamana ulkoiseen 110 kV verkkoon. Sähkökatkoksen aiheuttamien häiriöiden seurauksena tapahtui sekä turbiinin että reaktorin pikasulku. Yksikön kaikki varavoi-madieselit käynnistyivät suunnitellusti ja jäivät tyhjäkäynnille.

Yksikön varsinaiset turvallisuusjärjestelmät toimivat tapahtuman yhteydessä suunnitellulla tavalla. Yksikön suunnitteluperusteiden mukaan 400 kV:n verkkohäiriön ei tulisi johtaa reaktorin pikasulkuun eikä turvajärjestelmien käynnistymiseen. Käyttöjärjestelmien viat ja suunnittelupuutteet johtivat kuitenkin käyttöhäiriöön.

Syynä tapahtumaan voidaan pitää 400 kV:n kytkinkentällä sijaitsevan katkaisijan suojaaleen virheellistä toimintaa. Releen toiminta-arvot oli asetettu väärin. Lisäksi paljastui, että releen jännitemittauspiirin riviliittimet oli virheellisesti jätetty auki.

400 kV:n kytkinkentän suojaaleen virheellinen asetelu ja auki olleet liittimet korjattiin. Lisäksi

voimayhtiö on käynnistänyt kantaverkkoyhtiö Fingridin kanssa yksityiskohtaisen selvitystyön vastaavien häiriöiden estämiseksi. Tapahtuma on aiheuttanut myös muutamia suojaus- ja säätöjärjestelmämuutoksia Olkiluoto 2:lla.

Ydinlaitostapahtumien kansainvälisellä INES-vakavuusasteikolla tapahtuma on luokiteltu luokkaan 0.

Olkiluoto 2:n reaktorinveden pinnankorkeuden mittauksen häiriöistä johtunut reaktoripikasulku

Olkiluoto 2:ta ajettiin vuosihuoltoa varten sammustilaan yöllä 20.–21.5.2007, kun laitousyksiköllä tapahtui reaktorin pikasulku. Pikasulun aiheuttivat reaktoriveden pinnankorkeuden mittaussignaalien häiriöt, joita Olkiluoto 2:lla on havaittu myös aikaisemmin. Selvää syytä häiriöille ei ole vielä löydetty, vaikka voimayhtiö on tutkinut ilmiötä aiemmissa vuosihuolloissa. Voimayhtiö toimittaa yhteenvedon vuosihuollon 2007 aikana tehdyistä selvityksistä STUK:lle ja jatkaa ilmiön tutkimista.

Häiriön turvallisuusmerkitys on vähäinen. Ilmiölle tyypilliset, hyvin nopeat pinnanmittaus-signaalin häiriöpiikit eivät ole vaarantaneet reaktorisydämen hätäjähdytystä.

2.3 Olkiluoto 3

Vuoden 2007 toisella neljänneksellä STUK jatkoi Olkiluoto 3:n järjestelmien, laitteiden ja rakenteiden yksityiskohtaisten suunnitelmien tarkastamista sekä pääkomponenttien valmistuksen ja rakennustöiden valvontaa.

Rakentamisessa turvallisuuden kannalta merkittävimmät työt olivat suojarakennuksen sekä turvallisuus- ja polttoainerakennusten ulkoseinien valut. Suojarakennuksen ja polttoainerakennusten sisällä valettiin myös sisärakenteita. Valut onnistuivat hyvin. Suojarakennuksen teräsvuorauksen osat asennettiin paikalleen ja hitsattiin kiinni aikaisemmin paikalleen asennettuun teräsvuorauksen alaosaan. Hitsatun sauman laaduntarkastukset jatkuvat. Turbiinirakennuksen rakentaminen jatkui mm. turbiinipöydän valamisella. Ensimmäisiä turbiinilaitoksen laitteita on toimitettu laitokselle ja lauhduttimen asennuksen valmistelu on aloitettu.

Pääkomponenttien valmistus jatkui Japanissa,

Ranskassa ja Tsekissä. Pääkiertopiirin putkien uudelleenvalmistus aloitettiin STUKin hyväksytyä valmistussuunnitelmat. Uusien takeiden materiaaliominaisuuksista ei vielä saatu tuloksia. Laitostoimittaja ja Teollisuuden Voima Oy tutkivat myös mahdollisuuksia valmistaa pääkiertopiirin putkistoja uudella tavalla, mikäli meneillään olevassa valmistuksessa ei saada hyväksyttävää materiaalin raekokoa. STUK arvioi, ettei mahdollinen putkistojen valmistus uudella tavalla edellytä laitoksen rakenteisiin liittyviä muutoksia, joten rakennustöiden voitiin antaa edetä alkuperäisen suunnittelun mukaisesti.

Greenpeace osoitti mieltään Olkiluodossa toukokuussa. Osa mielenosoittajista tunkeutui työ-

maalle ja kiipesi nosturiin. Nosturi ja työmaa tarkastettiin mielenosoituksen jälkeen. Tapahtuman jälkeen Teollisuuden Voima Oy arvioi Olkiluodon turvajärjestelyjä STUKille toimittamassaan raportissa ja ehdotti korjaavia toimenpiteitä, joilla turvajärjestelyjä tehostetaan.

STUK jatkoi laitoksen yksityiskohtaisen suunnittelun tarkastamista prosessi-, sähkö- ja automaatiojärjestelmien sekä laitteiden ja rakenteiden rakennesuunnitelmien osalta. STUK tarkasti Teollisuuden Voima Oy:n projektin toimintaa rakentamisen aikaisen tarkastusohjelman mukaisesti. Tarkastuksia kohdennettiin projektin johtamiseen ja laadunhallintaan.

3 Ydinjätehuolto

Jussi Heinonen

Ydinjätehuollon valvonnassa tärkeimmät kohteet ovat käytetyn polttoaineen loppusijoituksen valmistelu ja ydinvoimalaitoksilla syntyvien matala- ja keskiaktiiviset jätteiden huolto.

STUK tarkasti vuoden 2007 toisella neljänneksellä Posiva Oy:n vuosille 2007–2009 julkaiseman kolmivuotisen ydinjätehuollon tutkimus- ja kehitystyön sekä teknisen suunnittelun ohjelman (TKS-ohjelman). Tarkastustyössä STUK käytti apuna kolmea kansainvälistä arviointiryhmää. STUK toimitti 21.6.2007 ohjelmasta arvioinnin kauppa- ja teollisuusministeriölle sekä Posivalle ja voimayhtiöille. STUK piti rakentamislupavalmiuden hankkimiseen tähtäävää työtä aikataulullisesti varsin tiukkana. Johtopäätöksiä aikataulun realistisuudesta voidaan tehdä seuraavan TKS-ohjelman (TKS-2009) arvioinnin yhteydessä. STUKin näkemyksen mukaan Posiva on edistynyt hyvin useilla osa-alueilla, mutta laajaa tutkimustarvetta ja kehitystyöhaasteita sisältyy yhä esimerkiksi teknisten vapautumisesteiden toimintakyvyn osoittamiseen, kallion soveltuvuus-kriteerien ja jännitystilän selvittämiseen sekä pitkäaikais-turvallisuus perusteluraporttien kokoamiseen.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen valmistelu

STUK jatkoi Olkiluodon maanalaisen tutkimustilan rakentamisen ja Posivan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyön valvontaa.

Eurajoella järjestettiin toukokuussa STUKin ja Posivan välinen kokous, jossa käsiteltiin teknisten vapautumisesteiden (loppusijoituskapseli, puskuri ja täyteaine) valmistukseen ja pitkäaikaiseen kestävyyteen liittyviä kysymyksiä.

STUK jatkoi kansainvälisen asiantuntijaryhmän tukemana Olkiluodon varmentavien paikka-tutkimusten valvontaa. STUK toimitti huhtikuussa Posivalle arvion Olkiluodon paikkatutkimuksiin liittyvistä geologisista malleista.

Posiva Oy jatkoi Olkiluodon maanalaisen tutkimustilan rakentamista. Rakentamiseen kuuluu louhinnan lisäksi muun muassa pilottireiän kai-rauksia, tunnelin lävistämisen kallion tiivistämistä sementti-injektoinnilla sekä kallion lujittamista teräspulteilla ja tarvittaessa teräsverkkovahvistelulla ruiskubetonoinnilla. Toisella vuosineljänneksellä louhitulla tunneliosuudella kallio oli hyvä-laatuista ja rakentaminen edistyi aikataulussa. Louhittu tunneli saavutti kesäkuun lopussa lähes 2200 metrin pituuden. Toinen ilmanvaihtokuiluista jatkettiin nousuporaustekniikalla 180 metrin syvyyteen.

STUK jatkoi työmaalle kohdistuvia säännöllisiä valvontakäyntejä, joita tehdään noin kaksi kertaa kuukaudessa rakentamisen tilanteen mukaan. Säännöllisten valvontakäyntien lisäksi tunnelin seinämien kalliopintojen kartoitustietojen riittävyyden varmistamiseksi tehtiin vuoden toisella neljänneksellä yksi tarkastus. Kartoitustietojen riittävyys tulee varmistaa ennen kalliopinnat peittävän ruiskubetonoinnin aloittamista. STUK teki toisella vuosineljänneksellä yhden maanalaisen tutkimustilan rakentamisen tarkastusohjelman mukaisen tarkastuksen. Siinä tarkastettiin Posivan turvallisuusasioiden käsittelyn menette-lyitä. Tarkastuksessa kiinnitettiin huomiota päätöksentekoon, tiedonvälitykseen ja laatu- poikkeamien käsittelyyn.

Voimalaitosjätteiden huolto

STUK jatkoi Olkiluodon voimalaitoksen matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuusperustelun päivytyksen tarkastusta toisena vuosineljänneksenä 2007. Tarkastuksessa STUK käyttää apuna ulkopuolisia asiantuntijoita.

Tarkastelujaksolla STUK seurasi Loviisan voimalaitoksen nestemäisten jätteiden kiinteytys-laitoksella ennen sen käyttöönottoa suoritettavia kokeita.

4 Ydinsulkuvalvonta

Marko Hämäläinen

Ydinsulkuvalvonnalla varmistetaan, että ydinmateriaaleihin liittyvät toimet voimalaitoksilla on hoidettu lakien ja säädösten mukaisesti ja että Suomen sopimien kansainvälisten sopimusten velvoitteet täyttyvät. Tarkastusten yhteydessä STUK, IAEA ja Euroopan komissio todentavat, että laitojen toimittamat raportit ja ilmoitukset ovat yhtäpitäviä todellisen tilanteen kanssa. Posiva Oy:n loppusijoituslaitoksen maanalaisten tilojen rakentaminen Olkiluodossa eli ONKALO-vaiheen tutkimustilojen louhiminen on ollut STUKin ydinmateriaalivalvonnan piirissä koko louhinnan ajan.

Fortum ja Loviisan voimalaitos

STUK teki määräaikaistarkastuksen yhdessä IAEA:n ja Euroopan komission kanssa Loviisassa 29.5.2007. Tarkastuksessa ei ilmennyt huomautettavaa.

Huhtikuussa STUK myönsi Fortumille luvan tuoreen polttoaineen kuljetukseen ja hyväksyi kesäkuussa Fortumin tuoreen polttoaineen kuljetusta Espanjasta Loviisan voimalaitokselle koskevan kuljetussuunnitelman. Lisäksi toukokuussa myönnettiin hyväksyntä kyseisessä kuljetuksessa käytettävän tuoreen polttoaineen kuljetuspakkauksen rakennetyypille.

STUK hyväksyi kesäkuussa Loviisan voimalaitokselle ydinmateriaalivalvonnasta huolehtivan henkilön tehtävään DI Jukka Sorjosen.

Teollisuuden Voima ja Olkiluodon voimalaitos

Huhtikuussa STUK tarkasti Teollisuuden Voima Oy:n Helsingin konttorilla Olkiluodon voimalaitokselle tuotavan ydinpolttoaineen kansainvälisten siirtojen kirjanpitoa. Tarkastuksessa ei todettu huomautettavaa.

Toukokuussa STUK teki ydinaineiden fyysisen inventaarin todennuksen yhdessä IAEA:n ja Euroopan komission kanssa Olkiluodon voimalaitoksella. Ykkösyksiköllä, se tehtiin 12.–13.5 ja kak-

kosyksiköllä 30.5. Ydinaineinventaarien todettiin vastaavan kirjanpitoa.

STUK, IAEA ja Euroopan komissio tekivät määräaikaistarkastuksen Olkiluodon molemmilla voimalaitosyksiköillä 31.5.2007. Samassa yhteydessä tehtiin Olkiluoto 1:llä inventaarin todennuksen täydentänyt tarkastus. Olkiluoto 2:n inventaarin todennuksen täydentänyt tarkastus ja määräaikaistarkastus käytetyn polttoaineen varastossa tehtiin 13.6. Tarkastuksissa ei ilmennyt huomautettavaa.

STUK myönsi TVO:lle luvan tuoda maahan Ruotsista neljä varaosasaätösauvaa.

Loppusijoitustilan ydinsulkuvalvonta

Posiva Oy:n loppusijoituslaitoksen maanalaisten tilojen rakentaminen Olkiluodossa eli ONKALO-vaiheen tutkimustilojen louhiminen on ollut ydinmateriaalivalvonnan piirissä koko louhinnan ajan. STUK tarkastaa, että rakennetut tilat vastaavat Posivan ydinsulkuvalvontaa varten toimittamia raportteja. STUK on tehnyt tarkastukset vuoden 2007 alusta systemaattisina määräaikaistarkastuksina.

STUK teki 8.5.2007 ONKALOn kalliotilojen tarkastuksen, johon IAEA:n ja Euratomin tarkastajat osallistuivat tarkkailijoina. Tarkastuksella STUK tarkasti ONKALOn kalliotilat 920–980 metrin ja 1880–2070 metrin etäisyydellä suuaukosta. STUK todensi ONKALOn kalliotiloja myös IAEA:n, komission ja SKI:n ONKALOn vierailun yhteydessä 29.6.2007. Silloin tarkastettiin kalliotilat 1940–2194 metrin etäisyydellä suuaukosta. EU:n 29.6–1.7.2007 Yhteinen tutkimuskeskus teki yhteistyössä STUKin kanssa koko maanalaisen kalliotilan riippumattoman todentamisen dokumentoimalla kalliopinnat digitaalisesti laserkeilauksella. Laserkeilauskampanja tuotti STUKille riippumatonta mittausaineistoa ja demonstroi menetelmän käytettävyyttä ydinmateriaalivalvonnan työkaluna.

VTT FiR-1 tutkimusreaktori

11.6. STUK, IAEA ja komissio tekivät VTT FiR-1 tutkimusreaktorilla ydinaineiden fyysisen inventaarin todennuksen. Tarkastuksella todettiin, että osa dokumenteista on syytä päivittää, mutta inventaari voitiin todentaa hyväksyttävästi. Seurantatarkastuksessa 26.6 STUK varmistui siitä, että asiakirjat oli asianmukaisesti päivitetty.

Valvontasopimuksen lisäpöytäkirjan mukaiset ilmoitukset

STUK toimitti Suomen valtion vastuulla olevat valvontasopimuksen mukaiset ilmoitukset (ydinpolttoainekiertoon liittyvä tutkimus- ja kehittämistoiminta, ydinpolttoainekierron kehittämistä koskevat 10-vuotissuunnitelmat) IAEA:lle ja kopiot ilmoituksista tiedoksi komissiolle.

EU-komissio toimitti toukokuussa Olkiluodon ja Loviisan ydinlaitosten sekä VTT FiR-1:n, STUKin ja Helsingin yliopiston radiokemian laitosalueilmoitusten päivitykset IAEA:lle sekä toimitti samassa yhteydessä kopiot kaikista toimittamistaan ilmoituksista tiedoksi STUKiin. STUK toimitti komission toimittamat laitosalueilmoitukset tiedoksi laitosalueille.

STUK toimitti toukokuussa IAEA:lle ja komissiolle valvontasopimuksen lisäpöytäkirjan mukaisen Suomen valtion vastuulla olevan ilmoituksen, että vuoden 2007 ensimmäisellä neljänneksellä ei ollut lisäpöytäkirjan liitteessä 2 mainittujen laitteiden vientejä.

IAEA teki ydinsulkusopimuksen valvontasopimuksen lisäpöytäkirjan mukaisen täydentävän tarkastuskäynnin Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella 6.6.2007. Täydentävällä tarkastuskäynnillä IAEA pyrki vakuuttumaan, ettei Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella ole ilmoittamatonta toimintaa. STUK ja komissio osallistuivat täydentävään tarkastuskäyntiin.

Radioaktiivisten aineiden kuljetusten valvonta ja rajavalvonta

STUK tarkasti maaliskuussa EKOKEMin radioaktiivisten aineiden kuljetuksiin liittyvät järjestelyt. STUK pyysi EKOKEMiä toimittamaan lisäselvityksen koskien kuljettajien pätevyyttä radioaktiivisten aineiden kuljettamiseksi. EKOKEM toimitti lisäselvityksen toukokuussa.

STUK, Tulli, Venäjän viranomaiset ja IAEA järjestivät kurssin radioaktiivisten aineiden havaitsemisesta rajanylityspaikoilla Suomen ja Venäjän tullien rajavalvonnasta huolehtiville henkilöille. Kaksiviikkoinen kurssi pidettiin huhtikuussa puoliksi Helsingissä ja puoliksi Pietarin Tulliakatemiassa.

Muut asiat

STUK järjesti kesäkuussa kokouksen IAEA:n integroituun ydinmateriaalivalvontaan siirtymiseen liittyvistä menettelyistä. Kokoukseen osallistui IAEA:n lisäksi komissio ja Ruotsin ydinturvallisuusviranomainen SKI.

5 Säteilyn käyttö

Ritva Bly, Hannu Järvinen, Antti Kosunen, Maaret Lehtinen, Eero Oksanen, Hilikka Karvinen

5.1 Ionisoiva säteily

Säteilytoiminnan valvonta, turvallisuusluvut ja tarkastukset

Terveysthuolto

Säteilyn käyttöön terveydenhuollossa myönnettiin neljä uutta turvallisuuslupaa ja tehtiin 79 muuta päätöstä, joilla muutettiin olemassa olevia turvallisuuslupia. Muutokset koskivat uusien laitteiden ja toimintojen käyttöönottoa tai köytöstä poistamista sekä säteilyturvallisuudesta vastaavien johtajien vaihtamista. Lisäksi annettiin lausuntoja ja tehtiin muita päätöksiä yhteensä 11 kappaletta.

Säteilyn käyttöpaikoille tehtiin vuoden toisen neljänneksen aikana 70 tarkastusta.

Turvallisuusluvasta vapautettuja hammasröntgenlaitteita rekisteröitiin tarkastelujaksolla 79. Hammasvalvonnan testipaketteja lähetettiin 500.

Teollisuus

Säteilyn käyttöön teollisuudessa ja tutkimuksessa myönnettiin 12 uutta turvallisuuslupaa ja tehtiin 96 muuta päätöstä, joilla muutettiin olemassa olevia turvallisuuslupia. Muutokset koskivat uusien laitteiden ja toimintojen käyttöönottoa tai köytöstä poistamista sekä säteilyturvallisuudesta vastaavien johtajien vaihtamista.

Säteilyn käyttöpaikoille tehtiin 52 määräaikaistarkastusta, ja lisäksi tarkastettiin yhden maanalaisen kaivoksen ja 14 muun maanalaisen työmaan radonpitoisuudet.

Kliininen auditointi

Sosiaali- ja terveysministeriö on asettanut kliinisen auditoinnin asiantuntijaryhmän uudelleen toimikaudeksi 1.1.2007–31.12.2009. Ryhmän sihteeriksi on Säteilyturvakeskuksesta. Ryhmän toimintasuunnitelmaan 2007 kuuluu selvitys kliinisten

auditointien toteutumisesta ja auditoinneissa annetuista suosituksista (edellisen selvityksen jatko siten, että kaikki ensimmäiset auditoinnit tulevat huomioon otettua) sekä auditointikriteerien taroituksenmukaisuuden tarkastelu, tavoitteena tarpeettoman päällekkäisyyden poistaminen muiden laadun arviointien ja viranomaisvalvonnan suhteen.

Euroopan unioni on hyväksynyt Suomesta tehdyn tarjouksen kliinisen auditoinnin eurooppalaisen ohjeistuksen laadinnasta ja tätä koskeva 18 kuukauden mittainen projekti käynnistyi kesäkuussa 2007. Säteilyturvakeskus on projektin vetäjä. Konsortiumissa on lisäksi mukana Suomesta Tampereen yliopistollinen sairaala ja neljä muuta organisaatiota Euroopasta, muiden muassa European Society for Therapeutic Radiology and Oncology, ESTRO.

Mammografia

Mammografiaan perustuvaa rintasyövän seulontaa on tehty yhä enemmän digitaalisella kuvausmenetelmällä. STUK on vaatinut digitaaliseen menetelmään siirtyneiltä kuvauspaikoilta annettujen kriteerien mukaisia kliinisiä kuvia asiantuntijaraadin arvioitavaksi. Ensimmäinen arviointikierros toteutettiin ja neljästä digitaaliseen mammografiaan perehtyneestä radiologista koostuneen raadin arvioinnin perusteella kaikkien kuvien laatu oli vähintään riittävä.

Arviointi tehtiin mammografiaan soveltuvilta kuvamonitoreilta ja asianmukaisissa katseluolosuhteissa. Arvioijille ei kerrottu kuvauspaikkaa eikä kuvissa ollut henkilöiden tunnistetietoja. Arviointia jatketaan puolivuosisittain. Mammografiaseulonta laajenee 1.1.2007 voimaan tulleen sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen mukaan asteittain aiemmin seulotuista 50–59-vuotiaista 50–69-vuotiaisiin.

Digitaalisen röntgenkuvauksen laadunvalvonta

Digitaaliseen menetelmään perustuvien röntgenkuvauslaitteiden laadunvalvontaan tehdään ohjetta yhteistyössä röntgenyksiköissä työskentelevien ammattilaisten kanssa ja tarpeen mukaan ulkomaisia yhteistyötahoja konsultoiden. Valmisteilla oleva opas kattaa myös kuvamonitorien laadunvalvonnan. Laadunvalvontaan osallistuvat oleellisesti myös kuvasta lausunnon antavat lääkärit, jotka viime kädessä vastaavat kuvan riittävästä laadusta. Oppaan on määrä valmistua kuluvan vuoden aikana ja samalla suunnitellaan eri ammattiryhmille soveltuvaa koulutusta.

Sädehoito

Sädehoitofysikoiden neuvottelupäivillä kesäkuussa oli esillä sädehoidon voimakas lisääntyminen. Laitteita tulee lisää ennakoitua nopeammin – tänä vuonna kolme lineaarikiihdytintä lisää. Suomen ensimmäinen yksityinen sädehoitokeskus aloittaa toimintansa Helsingissä vuonna 2009. Uudet hoitotekniikat vaativat uudenlaisia laadunvalvontatestejä, joita kehitellään sekä käyttäjien toimesta että STUKin valvonnan tarpeisiin. Maailmalla viimeaikaiset sädehoidon merkittävimmän poikkeavat tapahtumat ovat liittyneet tietokonepohjaiseen

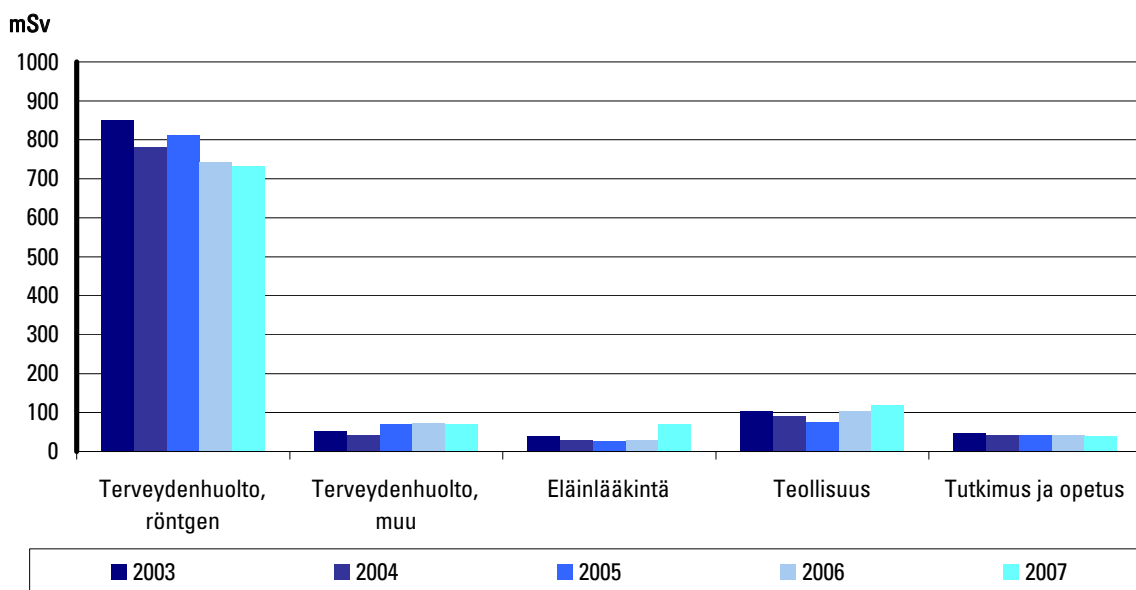
annossuunnitteluun, jonka laadunvalvontaan neuvottelupäivillä kiinnitettiin erityistä huomiota.

Työntekijöiden säteilyannokset

Säteilyturvakeskus pitää yllä valtakunnallista työntekijöiden säteilyannosrekisteriä. Rekisteriin kirjataan ionisoivan säteilyn käyttöön osallistuneiden, annostarkkailussa olleiden työntekijöiden säteilyannokset. Annostarkkailussa on ollut kulu- neen vuoden ensimmäisellä puoliskolla yhteensä 10 099 henkilöä sekä säteilyn käytön että ydin- energian käytössä. Kuvassa 6 esitetään työnteki- jöiden yhteenlasketut annokset (syväannokset) säteilyn käytössä toimialoittain aikavälillä huhtikuu–kesäkuu viideltä viimeiseltä vuodelta. Kun käytetään röntgensäteilyä terveydenhuollossa ja eläinlääkinnässä, työntekijän säteilyannos mita- taan suojaesiliinan päältä, jolloin mitattu annos on 10–60-kertainen työntekijän todelliseen annok- seen verrattuna.

Mittanormaalitoiminta.

Dosimetrialaboratorio osallistui Kansainvälisen atomienergiajärjestön, IAEA:n järjestämään TLD-mittausvertailuun Co-60 gammasäteilyllä. Vertailun tulokset eivät vielä ole käytettävissä.



Kuva 6. Säteilyn käytöstä työntekijöille kirjatut yhteenlasketut annokset (syväannos) toimialoittain aikavälillä huhti–kesäkuu vuosina 2003–2007.

Poikkeavat tapahtumat ionisoivan säteilyn käytössä

Terveysthuolto

Sädehoidon hoitosuunnitelman mukainen kenttien painotus jäi tekemättä, jolloin potilaan saaman hoidon annosjakauma ei vastannut suunniteltua. Potilaalle aiheutui noin 7 %:n poikkeama keskimääräiseen kohdeannokseen. Tässä tapauksessa annossuunnitelman pohjana oli käytetty edellisen potilaan tietoja, joihin annossuunnitelman tiedot oli siirretty oikein painotusta lukuun ottamatta. Potilas on saanut tapahtuman jälkeen uuden suunnitelmallisen sädehoidon. Suunnitelmien tarkastusmenettelyä on muutettu siten, että ensisijainen annossuunnittelija tarkastaa aina vastuullaan olevan hoidon lopullisen annossuunnitelman eikä suunnittelussa saa käyttää pohjana aiemmassa hoidossa käytettyjä arvoja.

Väärä potilas sai kokoaivosädetyksenä 4 Gy:n kerta-annoksen. Potilaan henkilöllisyyttä ei ollut riittävästi varmistettu. Sairaanhoidaja toi potilaan pyörätuolilla sädehoito-osastolle, vaikka potilaan oli määrä mennä solusalpajahoitoon. Sädehoito-osastolle olisi pitänyt tuoda toinen vastaavan ikäinen samaa sukupuolta oleva pyörätuolipotilas. Sädehoidon saanut potilas oli palliativisessa hoidossa ja saanut edellisellä viikolla sädehoitoa luustokivun lievittämiseen. Potilaan vointiin sädehoidolla ei ollut vaikutusta. Sädehoitoklinikalla kiinnitetään jatkossa enemmän huomiota potilaan tunnistamiseen ja harkitaan kasvovalokuvan liittämistä hoidon varmistusjärjestelmään.

Teollisuus

Teollisuuslaitoksen kuljetusjärjestelmää purettaessa laitteistoon kuulunut 37 MBq:n Co-60 säteilylähde siirrettiin vahingossa kierrätettävän metalliromun käsittelyalueelle. Tehtaan ohjeiden vastainen menettely kuitenkin huomattiin ennen metalliromun jatkokäsittelyä ja säteilylähde siirrettiin asianmukaiseen varastoon. Säteilylähde oli aktiivisuudeltaan vähäinen, eivätkä purkutyöhön osallistuvat henkilöt olleet työn aikana lähteen läheisyydessä. Tapahtuma ei näin ollen aiheuttanut ylimääräistä säteilyaltistusta. Säteilylähteen

käsittely ja käytöstä poisto eivät olleet ohjeiden mukaisia, ja vastaavien tapahtumien välttämiseksi lähteiden käsittelyyn osallistuville järjestetään tehtaalla kertauskoulutusta.

Läpivalaisulaitteen työntekijä joutui noin kahden sekunnin ajaksi säteilykeilaan, ja sai vähäisen ylimääräisen säteilyannoksen ($< 0,1$ mSv). Vaaratilanne johtui siitä, että operaattori sai tahattomasti käynnistettyä kaksi yhtäaikaista toimintoa, eikä laitteen käyttöjärjestelmä varoittanut tai estänyt säteilyn päällä olosta. Toiminnan harjoittajaa kehoitettiin tarkistamaan ja korjaamaan läpivalaisulaitteiston käyttöjärjestelmä sellaiseksi, ettei se edesauttaisi onnettomuustilanteiden syntymistä. Myös operaattorin tehtävien tarkemmalla määrittelyllä ja ohjeistuksella voidaan vaikuttaa siihen, ettei vastaavia vaaratilanteita esiintyisi.

Höyrykattilan huolto- ja kunnossapitotöiden aikana yksi työntekijä oli 10–15 minuuttia pinnankorkeutta mittaavien säteilylähteiden säteilykeilassa. Työntekijä ei ollut huomannut säteilylähteiden olevan auki -asennossa mennessään polttoaineen syöttölaitteen sisälle valmistelemaan huoltotöitä. Toiminnan harjoittajan mittauksen mukaan työntekijä sai korkeintaan 0,4 mSv säteilyannoksen. Laitoksella on selvät ohjeet tämän tyyppisiä säiliötöitä varten, mutta niitä ei noudatettu. Toiminnan harjoittajaa kehoitettiin järjestämään asiasta täydennyskoulutusta ja sijoittamaan asiaan kuuluvat varoituskilvet paremmin näkyville.

Telakan romuvarastosta löytyi vanha Co-60 säteilylähde, jota oli käytetty 1970-luvulla sammuinsäiliöiden pinnankorkeusmittareissa. Telakan käytössä olleet viisi pinnankorkeusmittaria oli poistettu käytöstä yli 20 vuotta sitten, mutta epähuomiossa vain neljä niistä oli toimitettu radioaktiivisena jätteenä STUKin jätevarastoon. Lähteen aktiivisuus oli alun pitäen 18,5 MBq, ja löytöhetkellä pienempi kuin 0,3 MBq. Säteilylähteen löytäjät ilmoittivat pitäneensä lähettä kädessään korkeintaan joitakin minuutteja. Altistuneiden henkilöiden efektiivisen annoksen arvioitiin olevan muutamia mikrosievertejä ja käsien ekvivalenttiannoksen muutamia millisievertejä.

5.2 Ionisoimaton säteily

Merkittävät tapahtumat

UV-tiedotustilaisuus

STUK järjesti yhdessä Syöpäjärjestöjen ja Ilmatieteen laitoksen kanssa lehdistötilaisuuden UV-säteilystä huhtikuussa. Tilaisuuden teema oli UV-indeksi ja sen hyödyntäminen auringolta suo-
jautumisessa.

STUKin lausunto asemakaavan muutosehdotukseen Kuninkaalassa Vantaalla

Vantaan kaupunkisuunnittelun pyynnöstä STUK antoi lausunnon asemakaavan muutoseh-
dotukseen, jolla ollaan laajentamassa Vantaan
Kuninkaalassa sijaitsevaa tavarataloa.

STUK toteaa lausunnossaan, että asemapiir-
roksen pohjalta suunnitelma ei sisällä sellaisia
muutoksia, joka eroaisivat aikaisemmin tehtyjen
selvitysten perusteella tavaratalon pysäköinti-
alueen yläpuolella kulkevien 400 kV ja 110 kV
voimansiirtojohtojen sähkö- ja magneettikenttien
vaikutuksista.

6 Valtakunnallinen ympäristön säteilyvalvonta

Raimo Mustonen

Ympäristössä esiintyvän säteilyn valvonta on Suomessa määrätty STUKin tehtäväksi.

STUK valvoo jatkuvasti keinotekoisien säteilyn ja keinotekoisien radioaktiivisten aineiden esiintymistä elinympäristössä yhteistyössä useiden muiden viranomaisten ja yhteistyökumppaneiden kanssa. Ympäristön säteilyvalvontaohjelma sisältää ulkoisen annosnopeuden jatkuvan ja automaattisen monitoroinnin, ulkoilman radioaktiivisten aineiden ja kokonaisbeeta-aktiivisuuden monitoroinnin, radioaktiivisen laskeuman, pinta- ja juomaveden, maidon ja elintarvikkeiden radioaktiivisuuden säännöllisen monitoroinnin sekä ihmisen kehossa olevien radioaktiivisten aineiden monitoroinnin. Näistä ulkoilman kokonaisbeeta-aktiivisuuden valvonnan toteuttaa Ilmatieteen laitos omilla valvonta-aseteillaan. Voimassa olevan säteilyvalvontaohjelman sisältö on kuvattu liitteessä 3.

Vuoden 2006 valvonnan tuloksista julkaistiin kesällä yhteenvetoraportti: STUK-B 77, Mustonen R (toim.) Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2006. STUK, Helsinki 2007. Raportti on STUKin [www-sivuilla](http://www.stuk.fi/julkaisut/stuk-b/stuk-b-77.html) suomeksi, ruotsiksi ja englanniksi osoitteessa; <http://www.stuk.fi/julkaisut/stuk-b/stuk-b-77.html>

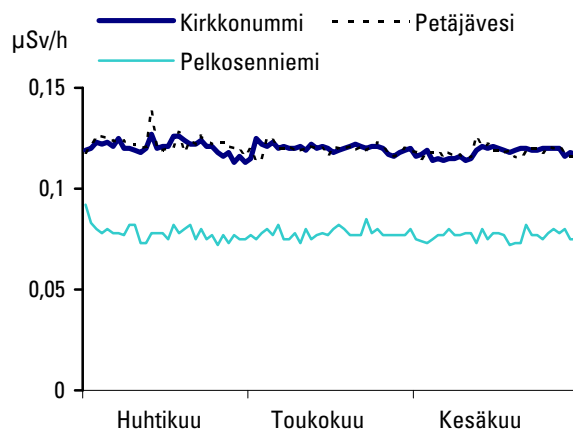
6.1 Ulkoinen säteily

Suomessa ulkoisen säteilyn annosnopeutta valvotaan reaaliaikaisella ja kattavalla mittausasemaverkolla. STUKin ja paikallisten pelastusviranomaisten ylläpitämään automaattiseen valvontaverkkoon kuuluu tällä hetkellä 285 GM-antureilla varustettua mittausasemaa. Kaikki mittausasemat on varustettu automaattisella hälytysjärjestelmällä, joka hälyttää muun muassa STUKin päivystävän säteilyasiantuntijan, jos säteilyn aiheuttama annosnopeus ylittää asetetun hälytysrajan.

Valvontaverkon uudistaminen aloitettiin vuoden 2005 alussa ja hanke saatetaan loppuun vu-

den 2007 loppuun mennessä. Uudistuksen yhteydessä valvontaverkon kaikki mittausasemat ja niiden säteilyn mittausanturit vaihdetaan ja tiedonvälitys mittausasemilta STUKiin ja alueellisiin hätäkeskuksiin uusitaan. Uudet valvonta-asetat sisältävät myös sade-anturin. Mahdollisessa säteilyvaaratilanteessa säteillä on suuri merkitys siihen, miten paljon radioaktiivisia aineita huuhtoutuu ilmasta maahan. Vanhassa valvontaverkossa tiedonvälitys tapahtui lankapuhelimien kautta, kun taas uusi verkko käyttää viranomaisten yhteydenpitoon rakennettua VIRVE -radioverkkoa ja dataverkkoa. Kesäkuun 2007 loppuun mennessä oli asennettuna kaikkiaan 155 uutta valvonta-asetmaa Etelä-, Länsi- ja Itä-Suomessa. Asennustyöt jatkuvat Itä- ja Pohjois-Suomessa ja verkon uudistus saadaan valmiiksi vuoden 2007 loppuun mennessä.

Vuoden 2007 toisella vuosineljänneksellä ei havaittu yhtään kohonnutta ulkoisen säteilyn tasoa Suomessa. Kuvassa 7 esitetään ulkoisen säteilyn annosnopeus (mikrosieverttiä tunnissa) Kirkkonummella, Petäjävedellä ja Pelkosenniellä.



Kuva 7. Ulkoisen säteilyn annosnopeus kolmella paikakunnalla vuoden 2007 toisella vuosineljänneksellä.

Päivittäiset annosnopeudet eri valvonta-asemilta raportoidaan STUKin verkkosivuilla (www.stuk.fi/sateilytietoa/sateilytilanne).

6.2 Ilman radioaktiivisuus

Ulkoilman radioaktiivisten aineiden määriä valvotaan yhdeksällä paikkakunnalla eri puolilla Suomea. Lisäksi molempien ydinvoimalaitospaikkojen ympäristössä – Loviisassa ja Olkiluodossa – on neljä voimayhtiöiden omaa valvonta-asemaa. STUK valvoo ilman radioaktiivisuutta yhteistyössä Ilmatieteen laitoksen ja puolustusvoimien kanssa.

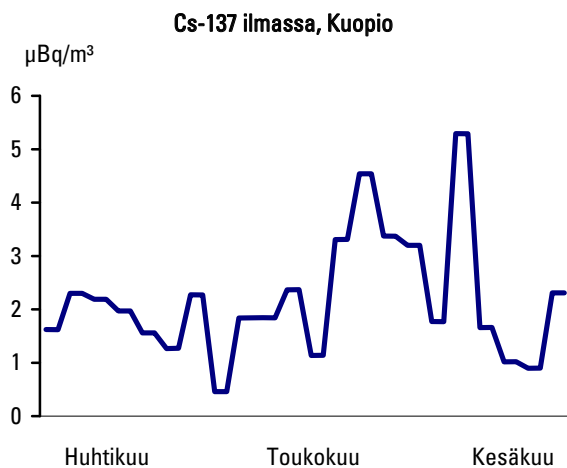
Ulkoilman sisältämiä radioaktiivisia aineita valvotaan pumppaamalla suuri määrä ilmaa suodattimien läpi, johon ilmassa olevat radioaktiiviset aineet jäävät. Lasikuitusuodatin kerää radioaktiivisia aineita sisältävät pienhiukkaset. Aktiivihiihluodatin puolestaan pidättää kaasumaisia aineita ja esimerkiksi radioaktiivista jodia. Suodattimet analysoidaan laboratorioissa. Käytetty menetelmä on äärimmäisen herkkä. Jos kuutiometrissä ilmaa tapahtuu yksi radioaktiivinen hajoaminen kuukaudessa, voidaan se yleensä havaita.

Kuva 8 esittää ulkoilman cesium-137 pitoisuudet Kuopion valvonta-aseamalla vuoden 2007 toisella vuosineljänneksellä (mikrobecquerelliä kuutiometrissä ilmaa). Tänä päivänä cesium-137 on ainoa keinotekoinen radionuklidi, jota havaitaan säännönmukaisesti Suomen ilmatilassa. Se on jäämä vanhoista ilmakehässä tehdyistä ydinpommituksista ja Tshernobylin onnettomuudesta.

6.3 Poikkeavat säteilyhavainnot

Vuoden 2007 toisella vuosineljänneksellä tehtiin yksi normaalista poikkeava havainto ulkoilman radioaktiivisuudessa. Kotkassa havaittiin toukokuun lopulla ilmassa keinotekoisista koboltti-60: a hieman havaitsemisrajan ylittävä määrä (0,3 mikroBq/m³).

Koboltti-60 on aktivoitumistuote ja havaittu koboltti oli mitä ilmeisimmin peräisin jostain lähialueen ydinlaitoksesta. Mitattu aktiivisuuden määrä oli erittäin pieni, eikä sillä ollut mitään terveydellisiä haittavaikutuksia lähiseudun asukkaisiin.



Kuva 8 Cesium-137 pitoisuus ulkoilmassa Kuopion valvonta-aseamalla vuoden 2007 toisella vuosineljänneksellä.

7 STUKin valmiustoiminta

Anne Weltner

Säteilyturvakeskuksen toiminta säteilyvaaratilanteissa on etukäteen suunniteltu ja toimintaa harjoitellaan säännöllisesti. STUKin päivystäjä ottaa vastaan kaikki säteilyyn ja ydinturvallisuuteen liittyvät hälytykset ja toiminta käynnistyy 15 minuutin kuluessa kaikkina vuorokauden aikoina.

7.1 Yhteydenotot STUKin päivystäjään

Vuoden toisella neljänneksellä STUKin päivystäjään otettiin yhteyttä kaikkiaan 39 kertaa.

Kotimaiset ydinvoimalaitokset

Kotimaiset ydinvoimalaitoksia koskevia yhteydenottoja oli yhteensä 11 kertaa eri tapahtumien yhteydessä. Suomen ydinvoimalaitoksia koskevia tapahtumia on kuvattu luvussa 2.

Loviisa

Loviisa 2:n yhteydenotoista toinen koski syöttövesipumpun ja toinen pääkiertopumpun pysähtymistä. Molemmat häiriöt aiheuttivat tehonalennuksen.

Lisäksi STUK sai ilmoituksen mielenosoituksesta Eonin tonttikauppaa vastaan Loviisassa.

Millään näistä tapahtumista ei ollut merkitystä laitosten turvallisuuteen.

Olkiluoto

Olkiluoto 1:llä syöttövesipumpun pysähtyminen aiheutti tehonalennuksen.

Olkiluoto 2:lla tapahtui pikasulku, jonka aiheutti 400 kV:n verkkojärjestelyissä sattunut häiriö.

Olkiluoto 2:n turbiinihallissa sattui laitoksen vuosihuollon jälkeisessä ylösajossa pieni tulipalo, joka johtui vuosihuollossa tapahtuneesta öljyvudosta. 2-yksikkö pysäytettiin öljyn poistamiseksi ja palon aiheuttamien vikojen korjaamiseksi.

Olkiluodon keskiaktiivisten jätteiden varastosta (KAJ) oli valunut piha-alueelle ja sadevesiviemäriin heikosti radioaktiivista vettä. Vesi oli matalapaineturbiinien sisäosien pinnoittamisessa käytettyä jäähdytysvettä, joka olisi pitä-

nyt johtaa KAJ-varaston valvottuun viemäriin.

STUK sai lisäksi neljä ilmoitusta, jotka liittyivät Greenpeacen mielenosoituksiin Olkiluoto 3:n johdosta.

Millään näistä tapahtumista ei ollut merkitystä laitosten turvallisuuteen.

Säteilymittaukset

Kymmenen päivystäjän vastaanottamaa ilmoitusta liittyi säteilyvalvontaan ulkoisen säteilyn mittausasemilla Suomessa. Kolmikannan rajavartioasemalla säteilyarvot kohosivat hetkellisesti. Tarkistusmittaukset eivät osoittaneet mitään poikkeavaa.

Muut yhdeksän ilmoitusta johtuivat teknisistä ongelmista säteilyvalvontalaitteissa. Tietoja Suomen säteilyvalvonnasta on luvussa 6.

Tapahtumat ulkomailla

Neljä ilmoitusta liittyi poikkeaviin tapahtumiin ulkomailla. STUKilta tiedusteltiin 5.6.2007 Leningradin ydinvoimalaitoksen 2-yksiköllä edellisenä päivänä tapahtuneesta automaattisesta pikasulusta. Tapahtumasta ei aiheutunut vaaraa ympäristölle.

Kotimaiset viranomaiset, tiedotusvälineet ja kansalaiset kyselivät 19.5.2007 STUKilta tietoja Ukrainassa sattuneesta ydinvoimalaitosonnettomuudesta, jonka seurauksena kansalaisia olisi jollakin alueella kehoitettu ottamaan joditabletteja. Ukrainan säteilyturvallisuusviranomaisen (SNRCU) verkkosivuilla huhut kumottiin. Huhut olivat todennäköisesti saaneet alkunsa Ukrainassa pidetystä valmiusharjoituksesta, johon liittyi oikeaa toimintaa kentällä. STUK kertoi huhusta myös muiden Pohjoismaiden säteilyturvallisuusviranomaisille.

Norjan tiedotusvälineet kirjoittivat kesäkuussa, että Kuolan ydinjätevarastossa Andreevan lahdelta voisi sattua vakava säteilyonnettomuus, jos merivesi pääsee jätevarastoihin sisälle. Norjan

säteilyturvallisuusviranomaisen (NRPA) kumosi ympäristöjärjestö Bellonan uutisoinnista liikkeelle lähteneet huhut lähettämällä muille Pohjoismaille tiedotteen, joka koski Kuolan ydinjätevaraston kriittisyyssonnettomuusskenaarioita. Tutkimusten mukaan kriittisyyssonnettomuus olisi erittäin epätodennäköinen. STUK oli yhteydessä Ruotsin ja Norjan säteilyturvallisuusviranomaisiin ja suomalaisiin tiedotusvälineisiin.

Suomenlahden merivartiosto ilmoitti huhtikuussa, että Pietarin telakalla rakennettu ydinjäänmurtaja ”50 vuotta voitosta” oli lähtenyt kohti pohjoista tukikohtaansa Murmanskissa ja merivartiosto seurasi aluksen kulkua Suomenlahdella. STUK kertoi asiasta myös muille Pohjoismaille.

Muut yhteydenotot, harjoitukset ja yhteyskokeilut

Kahdeksan ilmoitusta liittyi erilaisiin kotimaisiin ja kansainvälisiin tiedonantoihin, kyselyihin ja viikasanomiin.

Esimerkiksi yksi ilmoitus koski IAEA:n tekemää tarkastusta Jyväskylän yliopiston fysiikan laitokselle. Lisäksi kansainvälisiä yhteyskokeiluja STUKin päivystykseen tuli kuusi.

8 Tutkimus

Raimo Mustonen

8.1 Valmistuneet hankkeet

STUK tekee yleistajuisen tiivistelmän kaikista julkaisemistaan kansainvälisistä tai kotimaisista alkuperäisjulkaisuista tiedotusvälineiden ja tutkimusaiheista kiinnostuneiden käyttöön. Seuraavassa on lyhyet kuvaukset vuoden 2007 toisen vuosineljänneksen aikana ilmestyneistä alkuperäisjulkaisuista.

Drozdovitch V, Bouville A, Chobanova N, Filistovic V, Ilus T, Kovacic M, Malatova I, Moser M, Nedveckaite T, Völkle H, Cardis E. Radiation exposure to the population of Europe following the Chernobyl accident. Radiation Protection Dosimetry 2007; 123 (4): 515–528.

Kansainvälisen syöväntutkimuslaitoksen johtamassa hankkeessa arvioitiin Tshernobylin onnettomuuden vaikutusta eurooppalaisten säteilyannokseen. Euroopan valtioiden väestöille arvioitiin onnettomuudesta johtuva keskimääräinen säteilyaltistuminen. Annosarviot perustuivat tieteellisiin julkaisuihin sekä eri maiden asiantuntijoiden arvioihin. Euroopan väestön altistumistasoissa oli huomattavaa vaihtelua. Keskimääräinen radiojodin (¹³¹I) aiheuttama kilpirauhasannos vuoden ikäiselle lapselle vaihteli Portugalin ~0.01 mGy:sta aina Valkovenäjän 750 mGy:n. Suomalaisten lasten vastaava annos arvioitiin 1 mGy:ksi. Aikuisten kilpirauhasannokset olivat huomattavasti lasten annoksia pienempiä. Ulkoisesta säteilystä ja sisäisesti saadusta pitkäikäisestä radiocesiumista saatu efektiivinen annos vaihteli ajanjaksolla 1986–2005 0,003 mSv:stä 9,7 mSv:iin. Suurimmat annokset olivat onnettomuuden lähialueilla Valkovenäjällä Gomelissa ja Venäjällä Bryanskissa. Suomessa vastaavan annoksen arvioitiin olevan 1,4 mSv. Annosarvioiden epävarmuutta arvioitiin kussakin maassa annosarvioinneissa käytettyjen säteilytietojen saatavuuden ja luotettavuuden perusteella.

Hakanen A, Sipilä P, Sahla T. Characteristics of a ⁸⁵Kr beta-particle source applied in series 1 reference irradiations of TMDIS-1 Direct Ion Storage dosimeters. Radiation Protection Dosimetry 2007; Epub 2007 Jun 4. doi: 10.1093/rpd/ncm002.

ISO 6980 standardissa annetut Sarjan 1 ⁸⁵Kr-beetakalibrintikeilan laatuparametrit määritettiin kaupalliselle ⁸⁵Kr-lähteelle käyttäen BEAM-EGS4 Monte Carlo koodia. Jäännöskantamasta määritetty maksimibeetaenergia Eres ja säteilykeilan tasaisuus kalibrintietäisyydellä määritettiin myös ionisaatiokammioittauksin. Ekstrapolaatiokammioilla mitatusta syväannostasta määritetty Eres oli 0,62 MeV. Stukissa kalibroituja Sarjan 2 ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y ja Sarjan 1 ⁸⁵Kr lähteitä käytettiin TMDIS-1 Direct Ion Storage dosimetrin Hp(0.07) energia- ja kulmavasteiden määrittämiseen. Nollakulmalla ¹³⁷Cs fotonivasteeseen suhteutetut Hp(0.07)-vasteet olivat 135 % (⁹⁰Sr + ⁹⁰Y) ja 80 % (⁸⁵Kr).

Kojo K, Helminen M, Leuthold G, Aspholm R, Auvinen A. Estimating the cosmic radiation dose for a cabin crew with flight timetables. Journal of Occupational and Environmental Medicine 2007; 49: 540–545.

Lentokoneessa työskentelevän matkustamohenkilöstön altistumista kosmiselle säteilylle on vaikea arvioida jälkikäteen. Tämä johtuu siitä, että matkustamohenkilöstöllä ei ole ollut olemassa reitikirjanpitoa ja siksi annoksen arvioimiseksi on käytettävä muita keinoja. Monissa aikaisemmissa tutkimuksissa syöpäilmaantuvuuden ja kosmisen säteilyn välisen yhteyden selvittämiseksi annosta ei edes ole yritetty arvioida. Annosarvion sijasta on käytetty muita määreitä kuten esimerkiksi uran kestoa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli kehittää arviointimenetelmä, jossa hyödynnetään tietoja Finnairin lentoaikatauluista. Aikatauluista

kerättiin viiden vuoden välein (1960–1995) tiedot reittijakaumasta, lentokonetyypistä ja lentoreitin profiilista eli nousun, laskun ja lennon kestosta sekä käytetyistä lentokorkeuksista. Jokaiselle reitille laskettiin annos saksalaisen GSF-instituutin kehittämällä EPCARD ohjelmistolla. Lisäksi kerättiin tietoa lentohenkilöstön määristä konetyypeittäin sekä kokonaisen henkilöstömääristä eri aikakausina. Näitä tietoja hyödyntäen laskettiin vuosiansanos yhtä matkustamohenkilöstön jäsentä kohden. Finnairilta kerättiin tietoja myös uran aloitus- ja lopetusajankohdista. Yhdistämällä uratieto ja vuosittainen annos, laskettiin koko uralle kumulatiivinen annos. Vuosiannos kasvoi tutkimusjaksoilla lähes lineaarisesti ollen esimerkiksi vuonna 1960 0,7 mSv, 1980 1,6 mSv ja 1995 2,1 mSv. Kumulatiivinen annos laskettiin 1289 Finnairin matkustamotyöntekijälle, joiden palvelusaika kesti vähintään vuoden ja osui vuosien 1958 ja 1997 välille. Kumulatiivisen annoksen mediaani oli 20,8 mSv (min 0,4 mSv ja max 61,6 mSv). Kehitetty annosarviomenetelmä on nopea ja käyttökelpoinen kaikille lentoyhtiöille, joilta puuttuu yksilökohtainen reittikirjanpito mutta lentoaikataulut ovat saatavilla. Tätä annosarviointimenetelmää käytetään myös SAS- ja Icelandair-yhtiöille yhdistetyssä pohjoismaisessa syöpäilmaantuvuustutkimuksessa. Menetelmä ei ole altis satunnaisvirheelle, sillä se ei vaadi kyselytietoja lennetyistä reiteistä matkustamohenkilöstöltä itseltään. Menetelmä ei kuitenkaan anna todellista yksilöannosta, sillä jokaiselle matkustamohenkilöstön jäsenelle oletetaan samanlainen lentojakauma. Näin ollen annosvaihtelua tulee lähinnä uran ajoituksesta sekä sen kestosta.

Ménétrier F, Bérard Ph, Joussineau S, Stradling N, Hodgson A, List V, Morcillo MA, Paile W, Holt DCB, Eriksson T. TIARA: Treatment Initiatives after Radiological Accidents. Radiation Protection Dosimetry 2007. Epub 2007 Jun 2. doi:10.1093/rpd/ncm298.

Artikkelissa kuvataan kaksivuotista eurooppalaista projektia, joka rahoitettiin kommission turvallisuustutkimusohjelmaa valmistavan toiminnan osana (PASR, Preparatory Action for Security Research). TIARAN puitteissa on luotu eurooppalainen verkosto, jonka tarkoituksena on edesauttaa kriisinhallintaa tilanteessa, jossa radioaktiivisia aineita on tapaturmaisesti tai tahallisesti levinnyt

julkisella paikalla. Projektin aikana on selvitetty sisäisen kontaminaation annosmäärittelyä ja hoitomahdollisuuksia, hoidon tarvetta ja rajoituksia sekä lääkevarastoinnin tarvetta siltä varalta, että suuri joukko ihmisiä on saastunut. Projektin puitteissa valmistellaan käytännönläheinen opaskirja, jonka avulla voidaan nopeasti määrittellä sisäisen annoksen suuruusluokka usealle eri nuklidille. Tämä tieto edesauttaa altistuneiden lajittelua (triage) ja hoitopäätösten tekoa, jolloin vastalääkkeen antaminen saatetaan todeta useimmille tarpeettomaksi. Kansainvälisesti suositeltuja tai ehdotettuja hoitoja eri radionuklidien poiston nopeuttamiseksi on kartoitettu ja tehokkaamman hoidon kehittämisen tarpeita on osoitettu. Tutkimus uusista lääkemuodoista on käynnissä. Ensi vasteen hoidosta vastaaville on järjestetty kurssi.

Metso S, Auvinen A, Huhtala H, Salmi J, Oksala H, Jaatinen P. Increased cancer incidence following radioiodine treatment for hyperthyroidism. Cancer 2007; 109 (10): 1972–1979.

Maha-, munuais- ja rintasyövän ilmaantuvuus on suurentunut radiojodihoitoa saaneilla potilailla. Tutkimuksen aineisto koostui noin 2800:sta kilpirauhasen liikatoiminnan vuoksi Tampereen yliopistollisessa sairaalassa radiojodihoitoa saaneesta potilaasta ja samasta määrästä vertailuhenkilöitä. Heidän syöpäilmaantuvuuttaan seurattiin keskimäärin 11 vuoden ajan. Syöpävaara suureni suhteessa saadun radiojodin määrään.

Metso S, Jaatinen P, Huhtala H, Auvinen A, Oksala H, Salmi J. Increased cardiovascular and cancer mortality after radioiodine treatment for hyperthyroidism. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism 2007. Epub 2007 Mar 20. doi:10.1210/jc.2006-2321.

Radiojodihoitoa kilpirauhasen liikatoiminnan vuoksi saaneilla potilailla on muuta väestöä 12 % suurempi kuolleisuus. Selvin lisäys havaittiin aivoverenkiertohäiriöiden (1,4-kertainen riski) ja syövän (1,2-kertainen riski) aiheuttamissa kuolemissa. Tutkimuksen aineisto koostui noin 2800:sta kilpirauhasen liikatoiminnan vuoksi Tampereen yliopistollisessa sairaalassa radiojodihoitoa saaneesta potilaasta ja samasta määrästä vertailuhenkilöitä. Heidän kuolleisuuttaan seurattiin keskimäärin yhdeksän vuoden ajan. Syöpävaara liittyi saadun radiojodin määrään. Sen sijaan muista

syistä aiheutunut kuolleisuus selittyi luultavasti perussairaudella eli kilpirauhasen liikatoiminnalla.

Muikku M, Heikkinen T, Puhakainen M, Rahola T, Salonen L. Assessment of occupational exposure to uranium by indirect methods needs information on natural background variations. Radiation Protection Dosimetry 2007. Epub. doi:10.1093/rpd/ncm155.

Virtsan uraanipitoisuuden määrittämistä käytetään yleisesti hyväksi, kun arvioidaan säteilytyöntekijöille työpaikalla esiintyvistä helposti liukenevista uraani-isotoopeista aiheutuvaa annosta. Uraani on kuitenkin luonnossa esiintyvä radioaktiivinen aine. Saamme sitä elintarvikkeiden ja juomaveden kautta. Luonnon uraanipitoisuudet voivat olla huomattavan korkeita Etelä-Suomen graniittipohjaiseen kallioperään porattujen kaivojen vesissä. Työperäisen altistuksen arvioinnin kannalta onkin olennaista tietää, mikä on luonnollinen uraanin taustapitoisuus virtsassa. Tässä tutkimuksessa on selvitetty kahden runsaasti uraania sisältävää talousvettä käyttävän perheen virtsan ja hiusten uraanipitoisuuksia eri aikoina. Virtsan ja hiusten uraanipitoisuus määritettiin massaspektrometrisesti (ICP-MS). Lisäksi testattiin uraanin määrittämistä hiusunäytteistä gammaspektrometrisesti. Määrittäminen onnistuu, jos näytteessä on runsaasti uraania. Sekä virtsan että hiusten uraanipitoisuudet olivat selvästi keskimääräistä korkeampia, kun talousveden uraanipitoisuus oli korkea. Korkein mitattu uraanipitoisuus virtsassa oli 47 µg/l ja hiuksissa 821 µg/g veden uraanipitoisuuden ollessa noin 9200 µg/l. Maailmanlaajuisesti ihmisen virtsan keskimääräinen uraanipitoisuus on noin 0,010 mg/l. Hiusten keskimääräinen uraanipitoisuus on kirjallisuuden mukaan 0,014–0,062 mg/g. Koska Suomessa on havaittu korkeita uraanipitoisuuksia talousvedessä ja koska suomalaisten virtsan ja hiusten keskimääräisistä pitoisuuksista ei ole olemassa tietoa, käynnistettiin vuonna 2005 tutkimus asian selvittämiseksi. Tutkimuksen tulokset julkaistaan myöhemmin.

Muikku M, Rahola T. Improvement of the measuring equipment used in the assessment of internal doses in emergency situations. Radiation Protection Dosimetry 2007. Epub 2007 Jun 7. doi:10.1093/rpd/ncm282.

Ihmisten saamien sisäisen säteilyn annoksien selvittämiseksi esimerkiksi ydinvoimalaitosonnettomuuden tai säteilyn pahantahtoisen käytön jälkeen tarvitaan kilpirauhas- ja kokokehomittauksia. Tällöin saatetaan tarvita suurienkin ihmisjoukkojen nopeaa monitorointia. Säteilyturvakeskus STUK on hankkinut yhteensä 35 helppokäyttöistä jodimonitoria kilpirauhasmittauksia ja viisi sylimonitoria yksikertaisia kokokehomittauksia varten. Laitteet ovat spektrometreja, joten niiden avulla voi myös tunnistaa kontaminaation aiheuttavan radioaktiivisen aineen. Tässä tutkimuksessa on selvitetty laitteiden tehokkuutta ja käyttökelpoisuutta. Laboratorio-oloissa pienin kilpirauhasesta havaittava ¹³¹I-aktiivisuus on 150 - 330 Bq käytetystä spektrometristä riippuen, kun mittausaika on 100 sekuntia. Mitattaessa yksikertaisella kokokehomonitorilla ¹³⁷Cs:ia syligeometriassa pienin kehosta havaittava aktiivisuus on noin 1200 Bq (mittausaika 100 sekuntia). Tällaisella yksinkertaisella laitteistolla pystytään luotettavasti havaitsemaan parin minuutin mittauksella ¹³⁷Cs-aktiivisuus, josta aiheutuva efektiivisen annoksen kertymä jää alle 1 mSv:n. Laskeumatilanteessa ympäristössä on normaalia enemmän radioaktiivisia aineita ja niistä aiheutuva tausta nostaa pienintä havaittavaa aktiivisuutta jonkin verran. Jotta paikallinen mittaustoiminta voidaan aloittaa nopeasti heti onnettomuuden jälkeen, viisitoista kilpirauhasmonitoria sijoitetaan eri puolilla Suomea sijaitseviin yliopistollisiin ja aluesairaaloihin.

*Puhakainen M, Rahola T, Heikkinen T, Illukka E. Cs-134 and Cs-137 in lichen (*Cladonia stellaris*) in Southern Finland. Boreal Environmental Research 2007; 12: 29–35.*

Etelä-Suomessa on tutkittu kolmella paikkakunnalla laskeumana tulleiden radionuklidien määrien vaihtelua palleroporonjäkälässä *Cladonia stellaris* (syn. *Cladonia alpestris*) ja sen alla olevassa maassa. Näytteet on otettu Padasjoelta, Loviisasta Hästholmenin saarelta sekä Eurajoelta Olkiluodosta vuosina 1986–2004. Jäkälä on jaettu vaakatasossa kolmeen osaan ja radionuklidien jakaantumista eri osien välillä on tutkittu. ¹³⁷Cs:n efektiivinen puoliintumisaika jäkälässä oli lähes sama kaikissa kolmessa osassa ja koko jäkälässä efektiivinen puoliintumisaika vaihteli 2,7:stä 3,4 vuoteen. 2–3 vuotta Tshernobylin onnettomuudesta aiheutuneen laskeuman jälkeen pääosa ¹³⁷Cs-

aktiivisuudesta ($Bq\ m^{-2}$) oli jäkälässä, tämän jälkeen suurin osa oli alla olevassa maassa.

Siiskonen T. Dose from slow negative muons. Radiation Protection Dosimetry 2007. Epub 2007 Jun 1. doi: 10.1093/rpd/ncm314.

Ilmakehässä syntyy jatkuvasti myoneja kosmisen säteilyn vuorovaikutuksissa. Intensiivisiä myonisuihkuja tuotetaan myös kiihdytinlaboratorioissa tutkimustarkoituksiin. Vaikka myonit käyttäytyvät hyvin eri tavalla elektroneihin verrattuna, nämä kaksi hiukkasta yleensä rinnastetaan säteilysuojelutarkasteluissa. Tämän työn tarkoituksena oli selvittää myonisäteilyn laatutekijän (Q) ja vapaan annosekvivalentin (H^*) suurin arvo sekä arvo 10 mm:n syvyydellä. Näiden suureiden avulla voidaan arvioida myonisäteilyn painokerroin (wR), jota puolestaan käytetään säteilyn aiheuttamien biologisten haittojen todennäköisyyden arviointiin. Annossuuret laskettiin käyttäen Monte Carlo -lähestymistapaa. Tulokset osoittavat, että nykyisin käytössä oleva myonisäteilyn painokerroin 1 johtaa voimakkaaseen ihon ekvivalenttiannoksen aliarviointiin, kun kysessä ovat hitaat (energia alle 10 MeV) negatiiviset myonit. Syvemmällä sijaiseville elimille ja korkeaenergisille myoneille voidaan käyttää painokerrointa 1. Työssä osoitettiin myös, että annossuuret ovat herkkiä laskennassa käytetyille fysikaalisille parametreille.

Siiskonen T, Tapiovaara M, Kosunen A, Lehtinen M, Vartainen E. Monte Carlo simulations of occupational radiation doses in interventional radiology. The British Journal of Radiology 2007; 80: 460–468.

Toimenpideradiologi joutuu työskentelemään lähellä röntgensäteilykeilaa paikassa, jossa potilaasta sironnut säteily on intensiivistä. Radiologien efektiiviset annokset voivat olla suuria ja tarvitaan luotettavia menetelmiä, joilla altistusta arvioidaan. Tässä työssä on tarkasteltu henkilökohtaisen annosekvivalentin [$Hp(10)$], dosimetrin lukeman ja efektiivisen annoksen suhdetta erilaisissa altistusolosuhteissa. Koska henkilökunnan efektiivisen annoksen suorat mittaukset ovat käytännössä mahdottomia, on työssä turvauduttu Monte Carlo -simulaatioihin. Tulokset osoittavat, että dosimetrin lukeman ja efektiivisen annoksen suhde riippuu voimakkaasti kuvausprojektiosta ja röntgenputken jännitteestä sekä käytetyistä henkilö-

kohtaisista suojaimista. Tarkastelluissa altistustilanteissa suhde vaihtelee välillä 44–258 (suhteen keskiarvo on 130), kun käytössä on 0,35 mm paksu lyijyesiliina sekä kilpirauhassuoja. Ilman kilpirauhassuojaa vaihteluväli on 32–127 (keskiarvo on 69). Simulaatioissa radiologin henkilökohtainen dosimetri oli kiinnitetty rintaan lyijyesiliinan päälle. Työn tulokset viittaavat siihen, että usein käytetty muunnoskerroin dosimetrin lukemasta radiologin efektiiviseen annokseen, noin 1/30, yliarvioi efektiivistä annosta tarkastelluissa tapauksissa keskimäärin tekijällä 2 tai enemmän. Muunnoskerroin riippuu kuitenkin hyvin paljon altistusolosuhteista, joten suurta tarkkuutta vaativissa tilanteissa on annosarvio tehtävä tapauskohtaisesti.

Toroi P, Zanca F, Young KC, van Ongeval C, Marchal G, Bosmans H. Experimental investigation on the choice of the tungsten/rhodium anode/filter combination for an amorphous selenium based digital mammography system. European Radiology 2007. Epub. doi: 10.1007/s00330-006-0574-x.

Työssä selvittiin optimaalisen säteilylaadun valintaa digitaaliselle mammografialaitteelle (Siemens Novation). Mittauksissa rintarauhasen mikrokalkkeja simuloitiin alumiinilevyillä (paksuus 0,2 mm) ja rintaa fantomeilla, joiden paksuus vaihteli välillä 2–7 cm. Alumiinilevyjen ja taustan välinen signaaliero-kohina suhde (SDNR) mitattiin eri fantomin paksuuksilla ja useilla eri röntgensäteilylaaduilla. Säteilylaatuojen tuottamista varten oli käytössä kolme anodi/suodatin yhdistelmää (molybdeeni/molybdeeni, molybdeeni/rhodium ja volframi/rhodium), joita käytettiin useilla röntgenputken jännitteillä. Mittaukset tehtiin jokaisella säteilylaadulla kolmella eri annostasolla. Valitulla SDNR arvolla matalin rinnan rauhaskudoksen annos saavutettiin, kun käytettiin volframi/rhodium yhdistelmää. Tämä tulos saavutettiin kaikilla fantomin paksuuksilla ja röntgenputken jännitteillä. Volframi/rhodium anodi/suodatin yhdistelmän käyttö pienentää rinnan annosta merkittävästi. Esimerkiksi SDNR tasolla 5, kun fantomin paksuus on 5 cm ja röntgenputken jännite 27 kV, volframi/rhodium yhdistelmän käyttö pienentää rauhaskudosannosta 49 % verrattaessa molybdeeni/molybdeeni yhdistelmään ja 33 % verrattaessa molybdeeni/rhodium yhdistelmään. Ero annoksissa eri anodi/suodatin yhdistelmien välillä kasvoi fantomin paksuuden kasvaessa. Näiden mittausten

perusteella volframi/rhodium yhdistelmän käyttöä voidaan suositella tällä laitteella, jolloin riittävän hyvä kuvan laatu voidaan saavuttaa jo matalammalla annostasolla.

Ungar K, Zhang W, Aarnio P, Ala-Heikkilä J, Toivonen H, Siiskonen T, Isolankila A, Kuusi A, Moring M, Nikkinen M. Automation of analysis of airborne radionuclides observed in Canadian CTBT radiological monitoring networks using LINSSI. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 2007; 272 (2): 285–291.

Säteilyturvakeskus on kehittänyt yhteistyössä Helsingin Teknillisen Korkeakoulun ja Kanadan säteilysuojeluviranomaisen (Radiation Protection Bureau, Health Canada) kanssa tietokannan, joka on saanut nimekseen Linssi–Linux System for Spectral Information. Linssi kykenee hallitsemaan näytteen moninkertaisen mittauksen ja analyysin. Tällainen tietostrukturi on ainutlaatuinen spekt-

rometrisissa sovelluksissa. Selain-käyttöliittymän kautta mittausten ja tulosten hallinta on helppoa. Linssi soveltuu sekä operatiiviseen monitorointiin että laboratorioanalyysiin. Linssin tietorakenteet tekevät mahdolliseksi eri organisaatioiden analyysitulosten liittäminen samaan tietokantaan. Työssä esitellään kattavan ydinkoekieltosopimuksen valvontaa ja Kanadan kansallisen monitorointiverkon tulosten hallintaa. Luonnonradionuklidien ⁷Be, ²¹⁰Pb, ²¹²Pb aikasarjoissa näkyy suursäätöilän vaihtelu.

8.2 Ilmestyneet artikkelit ja raportit

STUKin tutkimustoimintaan liittyvät julkaisut ja raportit löytyvät STUKin verkkosivuilta osoitteesta www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI (Kansainväliset julkaisut, Proceedings-julkaisut ja Tutkimusjulkaisut)

9 Lähialueen ydinvoimalaitokset

Heikki Reponen

STUK koordinoi Suomen valtion rahoittamaa ydinturvallisuussektorin lähialueyhteistyöohjelmaa, jonka päätavoite on ydinonnettomuuden ehkäiseminen Suomen itärajan lähellä sijaitsevilla venäläisillä ydinvoimalaitoksilla. Päämäärään pyritään asiantuntija-avulla ja laitetoimituksilla ydinvoimalaitoksille samoin kuin niiden turvallisuutta valvoville viranomaisille. Ohjelma edistää myös paikallisten ympäristöriskien ja terroriuhkien vähentämistä tukemalla ydinjäteprojekteja ja radioaktiivisten aineiden laitonta kuljettamista ehkäiseviä projekteja. Tuki ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvontajärjestelmien ja onnettomuusvalmiuden kehittämiseksi puolestaan hyödyttää laajalti paikallisia asukkaita sekä vastaanottajamaassa että naapurimaissa. Yhteistyöohjelmassa syntyneet tiiviit yhteydet antavat suomalaisille asiantuntijoille mahdollisuuden pysyä tarkasti selvillä lähiydinvoimalaitosten turvallisuuden kehittämisestä.

Leningradin ydinvoimalaitos

Leningradin ydinvoimalaitoksen kunnossapidosta järjestettiin STUKissa 24. huhtikuuta suomalaisten toimijoiden kesken keskustelutilaisuus, jossa kartoitettiin kaikkia aiheeseen liittyviä näkökohtia. Erityisesti tähdätään rikkomattoman tarkastuksen ja kunnossapidon harmonisointiin toimitettujen tietokantaohjelmistojen avulla.

14.–15. toukokuuta STUKissa neuvoteltiin Leningradin ydinvoimalaitoksen kolmosyksikön merivesiputken sisäpuolista pinnoittamista koskevan sopimuksen yksityiskohdista erityisesti ottaen huomioon aiemmin ykkös- ja kakkosyksiköille toteutetuista hankkeista saadut kokemukset. Paikalla oli toimittajan Aarsleff Oy:n ja vastaanottajan Leningradin voimalaitoksen edustajia.

15.–16. toukokuuta järjestettiin Tukholmassa kansainvälisen LISA-C turvallisuusanalyysihankkeen teknisen komitean ja johtoryhmän kokouk-

set. Kesäkuuta 19.–21. päivinä järjestettiin samoin Tukholmassa viimeiset LISA-C hankkeen kokoukset. Hankkeen tulokset on koottu yhteentoista ns. C-Reportiin, joiden pohjalta Leningradin ydinvoimalaitoksen on määrä itsenäisesti jatkaa erityisesti todennäköisyyspohjaisten turvallisuusarviointien soveltamista voimalaitoksen käyttämisessä. Projektista on jäljellä lopputulosten saattaminen laajempaan tietoisuuteen lokakuussa järjestettävässä kansainvälisessä seminaarissa, johon myös suomalainen osapuoli osallistuu.

Käyttökoulutusyhteistyöohjelmaan kuuluva ”Self assessment” -seminaari järjestettiin Leningradin laitoksella 21–23. toukokuuta. Teollisuuden Voima esitteli omaan käyttöön kehittämänsä tietokoneavusteista arviointimenetelyä, jota saman tien myös sovellettiin kokeeksi venäläiseen käyttöhenkilökuntaan.

Rikkomattoman aineenkoetuksen yhteistyöalueella järjestettiin uusimman ultraäänitarkastustekniikan, Phased Arrayn, koulutusta kahdessa vaiheessa VTT:n tiloissa Espoossa ja kerran (25.5.–1.6.) Leningradin voimalaitoksella, jossa samalla suoritettiin laitokselle toimitetun Phased Array -laitteiston vastaanottotarkastus. Laitteisto tuli välittömästi ahkeraan käyttöön.

Kuolan ydinvoimalaitos

Huhtikuun 2.–4. päivinä STUKin edustajat vierailivat Kuolan ydinvoimalaitoksella keskustelemassa menossa olevien hankkeiden tilanteesta. Kuolassa laajimmat hankkeet kuuluvat Ruotsin lähialueyhteistyöohjelmaan ja Suomi osallistuu niiden toteuttamiseen osarahoittajana. Kuolan edustajien osallistuminen käyttöturvallisuusyhteistyökoulutukseen samoin kuin muihinkin seminaareihin Suomessa kompastelee laitoksella budjetoimatta jääneisiin matkustusmäärärahoihin.

Hitsaussaumoissa esiintyvien vikojen tarkastamiseen käytettävien uusien testikappaleiden val-

mistamiseen tarvittavat putkisto-osat toimitettiin Kuolan voimalaitokselta Suomeen työstettäviksi.

Muu yhteistyö

STUK, Tulli, Venäjän viranomaiset ja IAEA järjestivät Suomen ja Venäjän tullimiehille 16.–27. huhtikuuta yhteinen koulutuskurssin radioaktiivisten aineiden tunnistamisesta tavaraerien ylittäessä rajan. Kurssi käsitti esittelyjä ja luentoja Helsingissä, maiden välisellä rajalla sekä Pietarissa. Kurssista osoittautui muodostuvan vahva tuote, jota voidaan tarjota käytettäväksi muillakin valtakuntien rajoilla.

14.–19. toukokuuta järjestettiin STUKissa seminaari, jossa valmisteltiin venäläistä ydinmateriaalien kirjanpitoa määrittelevää viranomaisohjetta.

Touko- kesäkuun vaihteessa kaksi ryhmää Ukrainasta kävi tutustumassa Suomen ydinvoimatutannon ja -valvonnan tilanteeseen ja kertomassa omia kehittämistarpeistaan. Ensin vieraili joukko viranomaisen SNRCU:n edustajia ja sitten voimayhtiön Atomenergopromin väkeä. Kokemuksia hyödynnetään Ukrainassa nykyisten

ydinvoimalaitosten käyttöä uusittaessa samoin kuin suunniteltaessa uusien ydinvoimalaitosyksiköiden rakentamista.

1. kesäkuuta kansainvälisen Green Cross -organisaation kaksi edustajaa, toinen Sveitsistä ja toinen Moskovasta, kävi STUKissa esittelemässä järjestönsä toimintaa yleensä ja erityisesti kylmän sodan ydinasevarusteluhaittojen eliminointia. Maan virallisen johdon kanssa yhteisymmärryksessä toimiva kansalaisjärjestö on saanut Venäjällä aikaan konkreettisia edistysaskeleita, esimerkkinä Musljumovan kylän evakuointi pahasti saastuneen Tetsha-joen varrelta Tsheljabinskin alueella.

STUKin edustaja osallistui kesäkuussa puolustusministeriön Vakaa Venäjä -hankkeen Ympäristöryhmän kokouksiin ja työhön. Hankkeessa tavoitteena on luoda kattava kuva Venäjän vakauteen vaikuttavista tekijöistä yhteensä seitsemällä eri hallinnonalalla. Hankkeen loppuraportti on aikataulutettu lokakuuhun.

28.6. keskusteltiin STUKissa Ruotsin SKI:n edustajien kanssa Leningradin ja Kuolan voimalaitoksilla menossa olevien yhteisten hankkeiden tilanteesta ja mahdollisuuksista uusiin avauksiin.



Kuva: Fortum Power and Heat Oy

Laitos-yksikkö	Käynnistys	Kaupallinen käyttö	Nimellissähköteho, (brutto/netto, MW)	Tyyppi, toimittaja
Loviisa 1	8.2.1977	9.5.1977	510/488	Painevesireaktori (PWR), Atomenergoexport
Loviisa 2	4.11.1980	5.1.1981	510/488	Painevesireaktori (PWR), Atomenergoexport



Kuva: Teollisuuden Voima Oy

Laitos-yksikkö	Käynnistys	Kaupallinen käyttö	Nimellissähköteho, (brutto/netto, MW)	Tyyppi, toimittaja
Olkiluoto 1	2.9.1978	10.10.1979	870/840	Kiehutusvesireaktori (BWR), Asea Atom
Olkiluoto 2	18.2.1980	1.7.1982	890/860	Kiehutusvesireaktori (BWR), Asea Atom
Olkiluoto 3	Rakentamislupa myönnetty 17.2.2005		n. 1600 (netto)	Painevesireaktori (PWR), Areva NP

Fortum Power and Heat Oy omistaa Loviisassa sijaitsevat Loviisa 1 ja 2 -laitosyksiköt ja Teollisuuden Voima Oy Eurajoen Olkiluodossa sijaitsevat Olkiluoto 1 ja 2 -laitosyksiköt sekä rakenteilla olevan Olkiluoto 3 -laitosyksikön.

LIITE 2

VALTAKUNNALLINEN YMPÄRISTÖN SÄTEILYVALVONTA STUKISSA

Valtakunnallinen ympäristön säteilyvalvonta sisältää seuraavassa taulukossa esitettävät toiminnot. Valvontatulokset raportoidaan vuosittain seuraavan vuoden alkupuoliskolla suomeksi, ruotsiksi ja englanniksi yhdessä muiden säteilyvalvontaa

toteuttavien laitosten tulosten kanssa. Tulokset viedään niiden valmistuttua STUKin [www-sivuille](http://www.stuk.fi), jossa esitetään myös lisätuloksia mm. elintarvikkeiden aktiivisuuksista.

Valvontakohte	Valvontapaikat	Mitataan	Frekvenssit
Ulkoisen säteily	n. 290 automaattiasemaa	Annosnopeus, $\mu\text{Sv/h}$	Jatkuva
Ilman radioaktiivisuus	Helsinki, Kotka, Imatra, Kuopio, Rovaniemi, Kajaani, Sodankylä, Ivalo (8 paikkaa)	Gammasäteilijät	1–7 näytettä viikossa
Ulkoilman kokonaisbeeta-aktiivisuus	Ilmatieteen laitos toteuttaa		
Laskeuman radioaktiivisuus	Helsinki, Kotka, Imatra, Kuopio, Rovaniemi, Kajaani, Sodankylä, Ivalo (8 paikkaa)	Gammasäteilijät, Sr-90	1 näyte kuukaudessa
Pintaveden aktiivisuus	Kymijoki, Oulujoki, Kemijoki	Gammasäteilijät	4 näytettä vuodessa
Juomaveden aktiivisuus	Helsinki, Turku, Tampere, Oulu, Rovaniemi	H-3, Sr-90, gammasäteilijät	2 näytettä vuodessa
Maidon aktiivisuus	Riihimäki, Joensuu, Jyväskylä, Seinäjoki, Rovaniemi (meijerit)	Gammasäteilijät, Sr-90	1 näyte viikossa
Elintarvikkeiden aktiivisuus	Helsinki, Tampere, Rovaniemi (keskussairaalat+erityiselintarvikkeet ¹⁾)	Gammasäteilijät, Sr-90	2 näytettä vuodessa + erityiselintarvikkeet
Ihmisen aktiivisuus	Helsinki, Tampere, Rovaniemi	Gammasäteilijät	Kerran vuodessa
Itämeren radioaktiivisuus ²⁾	Useita valvontapaikkoja ja mitattavia kohteita		

1) Vuonna 2002 tehdyn sidosryhmäkyselyn tuloksena lisätään valvontaohjelmaan näillä kolmella paikkakunnalla tehtävät kaupan olevien erityiselintarvikkeiden radioaktiivisuusmittaukset.

2) Yhteenveto Itämeren suojelusopimuksen edellyttämän valvonnan tuloksista (HELCOM/MORS).



Laippatie 4, 00880 Helsinki
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500
www.stuk.fi

ISBN 978-952-478-267-8
ISSN 0781-1713

Edita Prima Oy, Helsinki 2007