

Säteily- ja ydinturvallisuus

Neljännesvuosiraportti 4/2007

Risto Isaksson (toim.)

Säteily- ja ydinturvallisuus

Neljännesvuosiraportti 4/2007

Risto Isaksson (toim.)

ISBN 978-952-478-375-0 (nid.) Edita Prima Oy, Helsinki 2008
ISBN 978-952-478-376-7 (pdf)
ISSN 0781-1713

ISAKSSON Risto (toim.). Säteily- ja ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 4/2007. STUK-B 87. Helsinki 2007. 32 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 neljännellä 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.

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

Kolmen kuukauden aikana STUK julkaisi 15 tutkimuksen alkuperäisjulkaisua.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	5
2 SUOMEN YDINVOIMALAITOKSET	6
2.1 Loviisa 1 ja 2	6
2.1.1 Käyttö ja käyttötapahtumat	6
2.1.2 Työntekijöiden säteilyaltistus vuonna 2007	6
2.2 Olkiluoto 1 ja 2	9
2.2.1 Käyttö ja käyttötapahtumat	9
2.2.2 Työntekijöiden säteilyaltistus vuonna 2007	11
2.3 Olkiluoto 3	11
3 YDINJÄTEHUOLTO	12
3.1 Maanalaisen tutkimustilan rakentaminen	12
3.2 Voimalaitosjätteiden huolto	13
4 YDINSULKUVALVONTA	14
4.1 Fortum ja Loviisan voimalaitos	14
4.2 Teollisuuden Voima ja Olkiluodon voimalaitos	14
4.3 Loppusijoituslaitoksen ydinsulkuvalvonta	14
4.4 VTT FiR-1 tutkimusreaktori	14
4.5 Radioaktiivisten aineiden kuljetusten valvonta	15
4.6 Muut asiat	15
5 SÄTEILYN KÄYTTÖ	16
5.2 Ionisoimaton säteily	18
6 VALTAKUNNALLINEN YMPÄRISTÖN SÄTEILYVALVONTA	20
6.1 Ulkoinen säteily	20
6.2 Ilman radioaktiivisuus	21
6.3 Poikkeavat säteilyhavainnot	21
7 VARAUTUMINEN SÄTEILYTILANTEISIIN JA POIKKEAVAT TAPAHTUMAT	22
7.1 Loviisasta neljä ja Olkiluodosta yksi yhteydenotto	22
7.2 Tulli ilmoitti säteilevistä matkustajista	22
7.3 Ilmoitus seismisestä havainnosta	22
7.4 Muut yhteydenotot päivystäjään ja yhteyskokeilut	22
7.5 Valmiusharjoituksia	23
7.6 Muut merkittävät valmiustoimintaan liittyvät asiat	23
7.7 Yhteenvedo yhteydenotoista STUKin päivystäjään vuonna 2007	23
8 TUTKIMUS	25
9 LÄHIALUEEN YDINVOIMALAITOKSET	31
9.1 Leningradin ydinvoimalaitos	31
9.2 Kuolan ydinvoimalaitos	32
9.3 Muu yhteistyö	32
LIITE 1 YLEISTIEDOT SUOMEN YDINVOIMALAITOKSISTA	33
LIITE 2 VALTAKUNNALLINEN YMPÄRISTÖN SÄTEILYVALVONTA STUKISSA	34

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 terveys- haittoja 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 lähialueyhteistyössä saamiin tietoihin ja tekemiin havaintoihin.

2 Suomen ydinvoimalaitokset

*Tapani Eurasto, Erja Kainulainen, Riku Mattila, Suvi Ristonmaa,
Heikki Saarikoski, Petteri Tiippana*

2.1 Loviisa 1 ja 2

2.1.1 Käyttö ja käyttötahtumat

Loviisan molemmat laitoseskiköt olivat tuotanto-käytössä koko vuosineljänneksen. Loviisa 1:n energiakäyttökerroin vuosineljänneksellä oli 101,5 % ja Loviisa 2:n 101,4 %. Energiakäyttökerroin kuvaa tuotetun sähköenergian suhdetta energiaan, joka olisi voitu tuottaa, jos laitoseskikkö 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 %. Laitoseskiköiden reaktoreiden suurin sallittu lämpöteho on määritelty laitoseskiköiden käyttöluvis-sa. Sähköntuotantoa kuvaavat diagrammit ja tehonalennusten syyt esitetään kuvissa 1 ja 2.

2.1.2 Työntekijöiden säteilyaltistus vuonna 2007

Kaikkien Loviisan ydinvoimalaitoksella työskennelleiden henkilöiden säteilyannokset vuonna 2007 alittivat vuosiansosrajan 50 mSv. Henkilökohtaisten säteilyannosten jakaumat vuonna 2007 esitetään taulukossa 1. Suurin Suomen ydinvoimalaitoksilla saatu henkilökohtainen säteilyannos oli 11,04 mSv. Annos kertyi työskentelystä Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitoksilla. Yksittäisten henkilöiden säteilyannokset eivät ylittäneet viiden vuoden ajanjaksolle määriteltyä 100 mSv annosrajaa. Suurin suomalaisen ydinvoimalaitostyöntekijän henkilökohtainen säteilyannos viisivuotiskaksolla 2003–2007 oli 64,73 mSv. Annos kertyi Loviisan, Olkiluodon ja Ruotsin ydinvoimalaitoksilta.

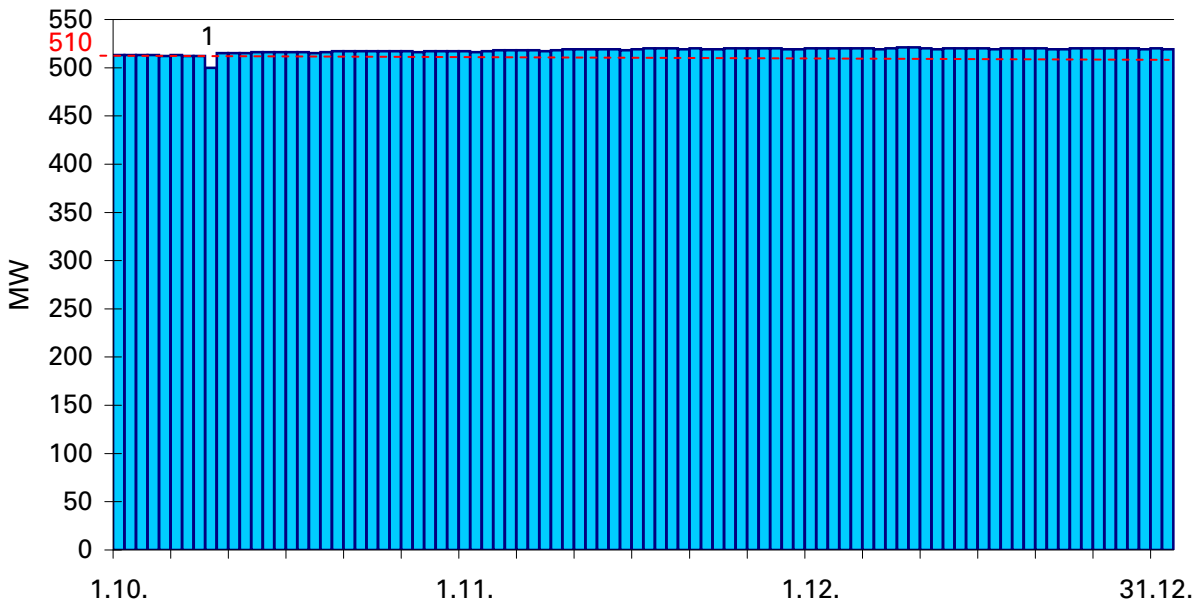
Taulukko 1. Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitoksilla työskennelleiden henkilöiden säteilyannosjakaumat vuonna 2007.

annosväli (mSv)	henkilöiden lukumäärä annosvälillä		
	Loviisa	Olkiluoto	yhdistelmä*
alle 0,1	689	980	1619
0,1–0,49	178	499	664
0,5–0,99	106	257	342
1,00–1,99	106	205	294
2,00–2,99	39	97	135
3,00–3,99	37	54	88
4,00–4,99	19	15	47
5,00–5,99	11	6	26
6,00–6,99	5	6	15
7,00–7,99	2	3	8
8,00–8,99	2	1	5
9,00–9,99	2	2	6
10,00–10,99	–	–	5
11,00–11,99	–	–	4
12,00–12,99	–	–	–
13,00–13,99	–	–	–
14,00–14,99	–	–	–
15,00–15,99	–	–	–
16,00–16,99	–	–	–
17,00–17,99	–	–	–
18,00–18,99	–	–	–
19,00–19,99	–	–	–
20,00–20,99	–	–	–
21,00–24,99	–	–	–
25,00–	–	–	–

* Tähän sarakeeseen sisältyvät myös ne suomalaiset työntekijät, jotka ovat saaneet säteilyannoksia Ruotsin ydinvoimalaitoksilla. Sama henkilö on voinut työskennellä molemmilla Suomen ydinvoimalaitoksilla sekä Ruotsissa.

Lähde: STUKin annosrekisteri

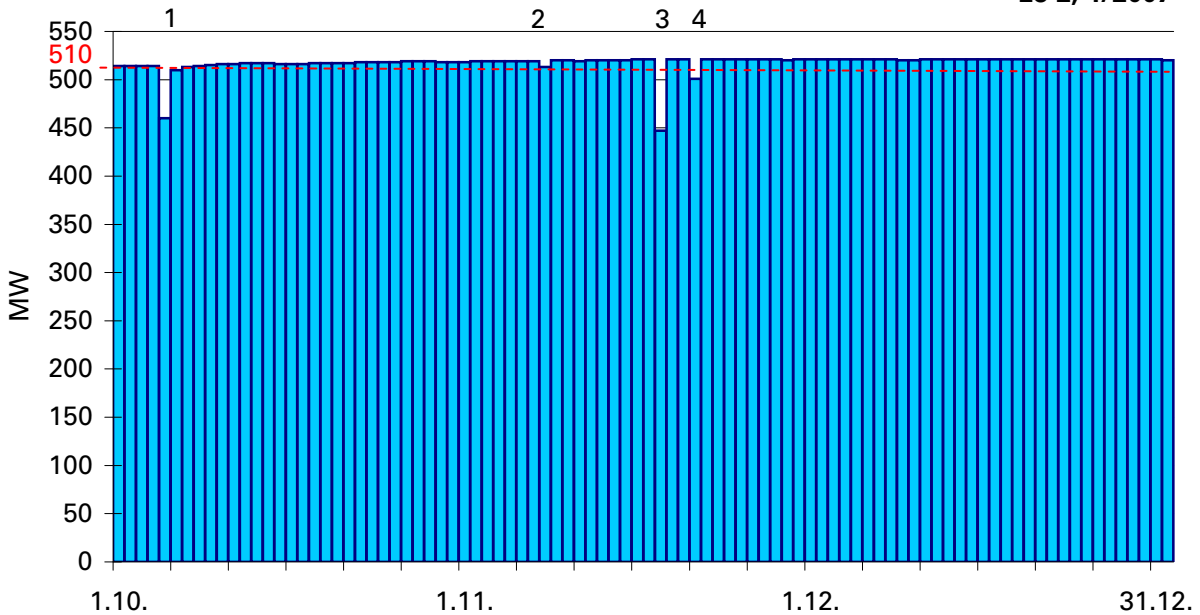
Lo 1, 4/2007



1. Pääkiertopumpunmoottorin jäähdytysvesilinjan vuotavan liitoksen korjaus.

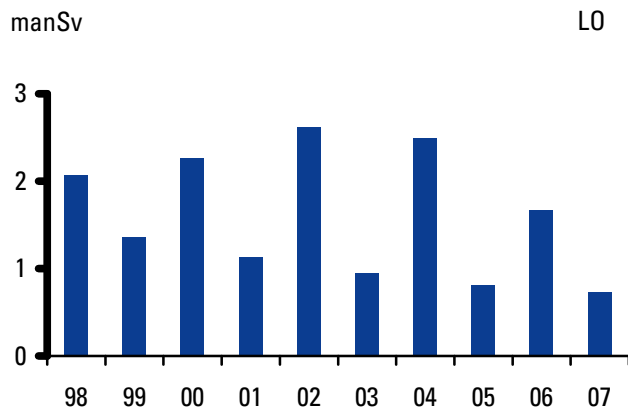
Kuva 1. Loviisa 1:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho loka–joulukuussa 2007.

Lo 2, 4/2007



- | | |
|---|--|
| 1. Pääkiertopumpun moottorin öljyvuodon korjaus. | 3. Pääkiertopumpun moottorin öljyvuodon korjaus. |
| 2. Säätosauvan putoaminen pientaajuusmuuttajavian vuoksi. | 4. Päämuuntajakatkaisijan virheellinen avautuminen. Avautumisen aiheutti työ katkaisijan relekaapilla. |

Kuva 2. Loviisa 2:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho loka–joulukuussa 2007.



Kuva 3. Loviisan ydinvoimalaitoksen työntekijöiden kollektiiviset säteilyannokset vuosina 1998–2007.

Loviisan ydinvoimalaitoksella saatu suurin henkilökohtainen säteilyannos oli 9,82 mSv.

Työntekijöiden kollektiivinen säteilyannos Loviisa 1:llä oli 0,406 manSv ja Loviisa 2:lla 0,313 manSv eli yhteensä 0,719 manSv. Vuosittainen kollektiivinen säteilyannos kertyy pääasiassa seisokeissa tehtyjen töiden aikana. Vuosihuoltojen aikaisista töistä aiheutunut kollektiivinen säteilyannos Loviisa 1:llä oli 0,373 manSv ja Loviisa 2:lla 0,283 manSv. STUKin ohjeen mukaan kollektiivisen säteilyannoksen raja-arvo yhdelle laitostyksikölle on kahden peräkkäisen vuoden keskiarvona 2,5 manSv yhden gigawatin nettosähkötehoa kohden. Se merkitsee yhdelle Loviisan laitostyksikölle 1,22 manSv säteilyannosta. Raja-arvo ei ylittynyt kummallakaan laitostyksiköllä. Kollektiiviset säteilyannokset viime vuosilta esitetään kuvassa 3.

Loviisa 2:n 400 kV:n muuntajakatkaisijan avautuminen muutostöiden yhteydessä

Loviisa 2:n 400 kV:n muuntajakatkaisija avautui 20.11.2007 muutostöiden yhteydessä tapahtuneen inhimillisen virheen johdosta. Seurauksena oli laitostyksikön reaktorin tehon laskeminen ensin säädön ohjaamana 83 prosenttiin ja edelleen valvomon käsin ohjaamana 60 prosenttiin. Yksikön kahdesta turbiinista toinen irtosi 400 kV:n voimansiirtover-

kosta ja siirtyi ns. omakäyttöajolle eli se tuotti sähkötehoa ainoastaan yksikön omaan käyttöön. Tapahtumalla ei ollut turvallisuusmerkitystä.

Loviisa 2:lla on kaksi turbiinia, joiden tuottamat sähkötehot syötetään Suomen voimansiirtoverkkoon Loviisan voimalaitoksen 400 kV:n ulkokytkinlaitoksella sijaitsevien kahden muuntajakatkaisijan kautta.

Loviisa 2 oli normaalilla tehoajolla 20.11.2007, kun laitostyksikön toinen muuntajakatkaisija avautui. Tapahtuman seurauksena toinen turbiini irtosi Suomen voimansiirtoverkosta ja siirtyi suunnitellusti omakäyttöajolle. Katkaisijan virhelaukaisun aiheutti inhimillinen virhe, joka tapahtui Fingridin 400 kV:n ulkokytkinlaitoksen valvomorakennuksessa kytkentämuutostöiden yhteydessä. Häiriön syyn selvittyä voimayhtiö aloitti reaktorin tehonnoston ja turbiini tahdistettiin takaisin voimansiirtoverkkoon vajaan tunnin katkoksen jälkeen. Tapahtumalla ei ollut turvallisuusmerkitystä. Laitostyksikön järjestelmät toimivat tapahtuman yhteydessä suunnitellulla tavalla.

Perussyys tapahtumaan oli inhimillinen virhe Fingridin 400 kV:n ulkokytkinlaitoksen valvomorakennuksessa käynnissä olleiden kytkentämuutostöiden yhteydessä. Relekaapissa työskennellyt kokenut asentaja oli todennäköisesti vahingossa osunut kädellä apureleeseen ja aiheuttanut muuntajakatkaisijan avautumisen.

Valtakunnallinen kantaverkkoyhtiö Fingrid toteuttaa mm. seuraavia parannustoimenpiteitä vastaavien tapahtumien estämiseksi:

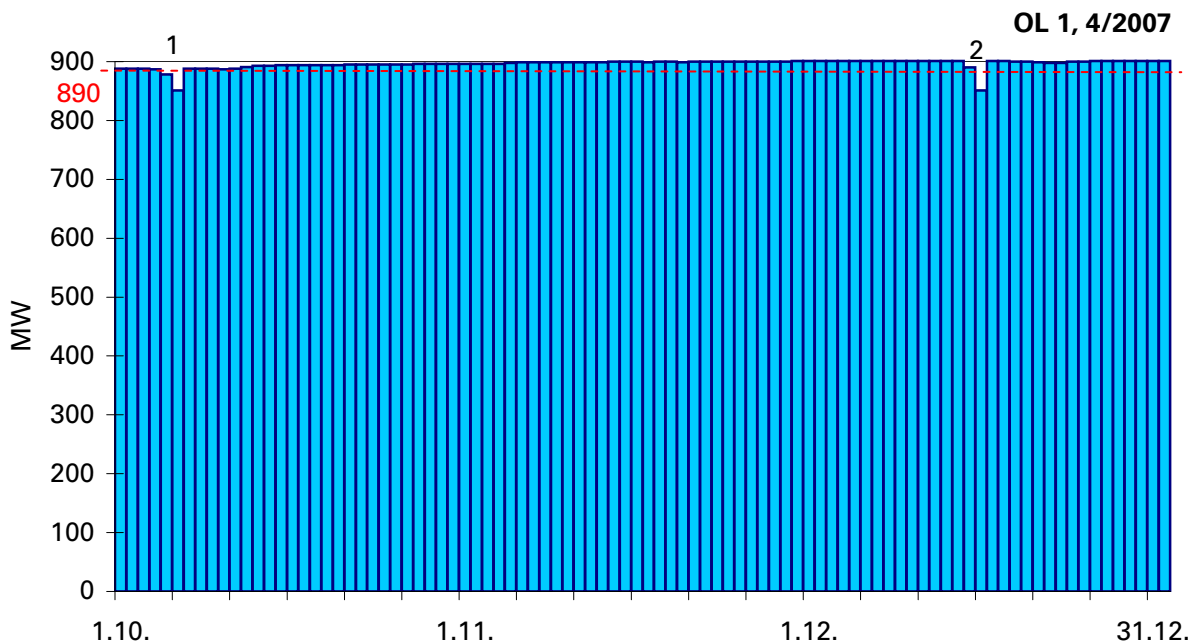
- Töitä ei enää tehdä ydinvoimalaitoksen käytössä olevissa relekaapeissa, vaan ne tehdään keskeytysten aikana tai korvauskytkentöjen avulla
- Fingrid valvoo tehostetusti, että relekaapeissa tehtävät työt tehdään täysin valmiiksi ennen kaappien käyttöönottoa
- Fingrid tarkastaa hankkeidensa toteutusprosessit ja pyrkii siten minimoimaan häiriöiden mahdollisuudet.

2.2 Olkiluoto 1 ja 2

2.2.1 Käyttö ja käyttötapaukset

Olkiluodon laitosyksiköt olivat tuotantokäytössä koko vuosineljänneksen lukuunottamatta Olkiluoto 2:n yhteensä runsaan vuorokauden tuotantokatkoksia, jotka johtuivat laitteiden häiriöistä ja korkeapaineturbiinin säätöventtiilin vian aiheuttamasta

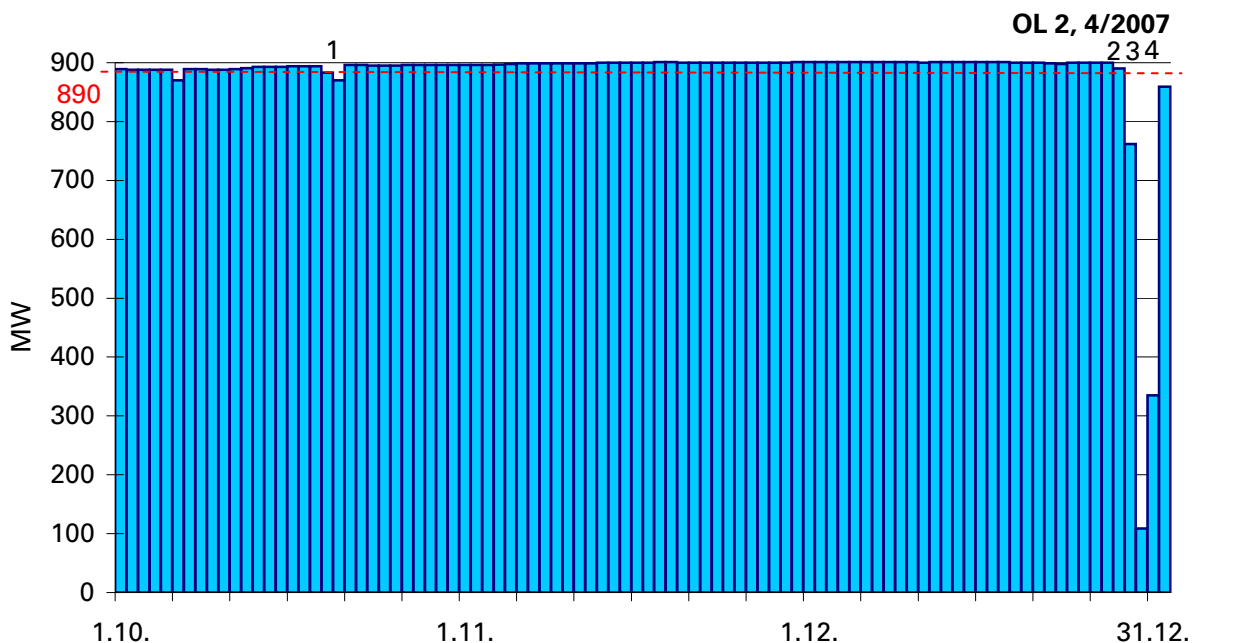
reaktoripikasulusta. Olkiluoto 1:n energiakäyttökerroin vuosineljänneksellä oli 96,2 % ja Olkiluoto 2:n 94,1 %. Energiakäyttökerroin kuvaa tuotetun sähköenergian suhdetta energiaan, joka olisi voinut tuottaa, jos laitosyksikkö olisi toiminut koko tarkasteluajan nimellisteholla. Laitosyksiköiden sähköntuotantoa vuosineljänneksellä kuvaavat diagrammit ja tehonalennusten syyt esitetään kuvissa 4 ja 5.



1. Tehonalennusta vaatineita määräaikaiskoikeita.

2. Tehonalennusta vaatineita määräaikaiskoikeita.

Kuva 4. Olkiluoto 1:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho loka–joulukuussa 2007.



1. Tehonalennusta vaatineita määräaikaiskoikeita.

2. Tehonalennusta vaatineita määräaikaiskoikeita.

3. Kuumaseisokki pääkiertopumpun käynnistämiseksi.

4. Reaktoripikasulku turbiinin säätöventtiilin virhetoiminnan seurauksena.

Kuva 5. Olkiluoto 2:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho loka–joulukuussa 2007.

Olkiluoto 1:n ja Olkiluoto 2:n reaktorirakennusten paineovet eivät täyttäneet vaatimuksia

Olkiluoto 1:n ja Olkiluoto 2:n reaktorirakennuksissa on tehty muutoksia paineenkestäviin oviin ilman asianmukaisia hyväksyntöjä. Ovista on poistettu kynnyksiä ja käyntiovia on lisätty. Suuri osa muutoksista on tehty jo laitoksen käytön alkuvaiheessa, osa todennäköisesti viime vuosina. Reaktorirakennuksen ovet on luokiteltu turvallisuusluokkaan 3 ja lisäksi osa niistä on osastoivia palo-ovia. Tällaisille oville tehtävät muutokset edellyttävät sekä voimayhtiön sisäistä hyväksyntää että viranomaishyväksyntää. Muutosten hyväksynnät oli kuitenkin jätetty tekemättä.

Muutoksilla on ollut tarkoitus helpottaa henkilöiden ja tavaroiden kulkua ovista. Muutosten tekijöillä ei ole ollut tietoa ovien alkuperäisistä suunnitteluvaatimuksista, turvallisuusluokan 3 aiheuttamista vaatimuksista tai tyyppihyväksytyille palo-oville olemassa olevista vaatimuksista, tai näitä vaatimuksia ei ole osattu yhdistää kyseisiin oviin. Tehtyjen ovimuutosten vaikutus ydinturvallisuuteen on kuitenkin ollut vähäinen; kysymys on ollut virheellisistä toimintatavoista muutosten toteutuksessa.

Kaikki reaktorirakennusten paineovet ja palo-ovet on tarkastettu ja korjattu. Paineenkestoa vaativat ovet on korjattu asentamalla uudet kynnykset tai ovet on uusittu luvanhaltijan laatiman ovien vaihtosuunnitelman mukaisesti. Muutamien ovien paineenkesto on tarkastettu laskelmilla. Myös muiden rakennusten palo-ovet, erityisesti kulkureiteillä olevat, tarkastetaan ovien huolto-ohjelman yhteydessä vuonna 2008.

Jotta tulevaisuudessa välttyttäisiin vastaavilta tapahtumilta, kunnossapitotöiden työnjohtajille järjestetään koulutusta niistä vaatimuksista, jotka on otettava huomioon turvallisuusluokiteltuihin rakenteisiin sekä paloteknisesti osastoihin rakenteisiin tehtävissä muutoksissa. Muutostyövastaaville painotetaan, että alkuperäiset suunnittelukriteerit on selvitettävä ennen muutoksien tekemistä.

Olkiluoto 2:n reaktoripikasulku korkeapaineturbiinin säätöventtiilin aiheuttaman sulkeutumisen takia

Olkiluoto 2:lla tapahtui reaktoripikasulku turbiinipuolen venttiilin vian seurauksena. Laitosyksikkö oli irti valtakunnan sähköverkosta noin 18 tuntia.

Reaktorissa syntyvä höyry ohjataan neljää

päähöyryputkea pitkin korkeapaineturbiinille ja edelleen höyrylinjoja pitkin neljälle matalapaineturbiinille. Turbiinit pyörittävät generaattoria, joka tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Päähöyryputkissa on säätöventtiilit, joiden avulla säädetään höyryvirtausta.

Olkiluoto 2:n reaktoritehoa oltiin nostamassa 29.12.2007 illansuussa, kun yksi päähöyryputkien neljästä säätöventtiilistä avautui liikaa ja sulkeutui heti perään. Höyryvirtauksen nopea pieneminen aiheutti höyrynpaineen ja sitä kautta reaktoritehon kasvun, josta seurasi reaktoripikasulku. Reaktoriteho oli ennen tapahtumaa noin 80 % nimellistehosta. Säätöventtiilin virheellisen toiminnan syynä ollut viallinen toimilaitte vaihdettiin ennen laitosyksikön käynnistämistä.

Tapahtuma luokiteltiin kansainvälisellä ydinlaitosten seitsenportaisella INES-asteikolla luokkaan 0.

Ennen tapahtumaa laitosyksiköllä oli ollut useita häiriöitä, joiden vuoksi se oli ollut irti valtakunnan sähköverkosta kahteen otteeseen 28.–29.12.2007. Tehonalennusta vaativien määräaikaiskokeiden yhteydessä 28.12.2007 oli vaihdettu yhden pääkiertopumpun taajuusmuuntajan vikaantunut vaiheyksikkö. Nostettaessa reaktorin tehoa määräaikaiskokeiden jälkeen todettiin, että kyseinen pääkiertopumppu pyörii väärin päin. Laitosyksikkö pysäytettiin, jotta pumppu voitiin käynnistää uudelleen. Pumpun käynnistys onnistui, mutta turbiinilaitoksella havaitut pienet höyryvuodot hidastivat ylösajoa niin, että laitosyksikkö tahdistettiin valtakunnan verkkoon vasta 29.12.2007 iltapäivällä. Noin 15 minuuttia tahdistuksen jälkeen laitosyksikkö irtosi taas verkosta, tällä kertaa laakerien värinän aiheuttaman turbiinipikasulun vuoksi. Seuraava valtakunnan verkkoon tahdistus tapahtui noin tunti katkoksen jälkeen. Noin neljän tunnin kuluttua tästä eteenpäin tapahtui edellä kuvattu pikasulku.

Olkiluoto 1:n ja Olkiluoto 2:n suojarakennusten eristysventtiilejä TTKE:n vastaisesti lukitsematta

Olkiluodon voimalaitoksella havaittiin 18.12.2007, että molemmilla laitosyksiköillä on 24 käsin ohjattavaa suojarakennuksen eristysventtiiliä, joita ei ole lukittu turvallisuusteknisten käyttöehtojen (TTKE) mukaisesti. Lukituksella varmistetaan, että venttiilin asentoa ei pysty muuttamaan vahingossa. Kyseiset venttiilit olivat lukitusten puuttumisesta huolimatta oikeassa tilassa (kiinni).

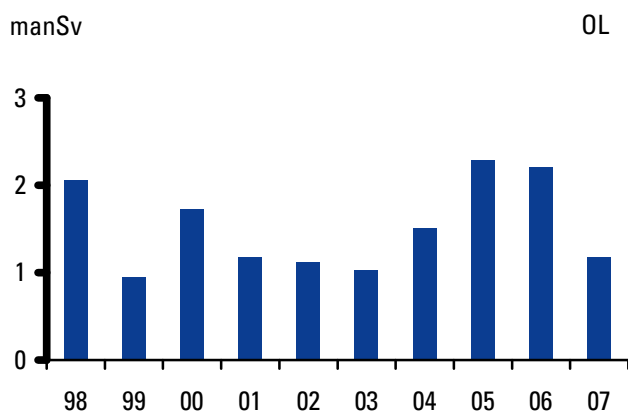
Venttiilien asennot tarkastetaan vähintään kerran vuodessa, vuosihuoltojen päätteeksi, nk. perustilaluetteloiden avulla. Syynä tapahtumaan oli se, että tarkastuksiin käytettävissä ohjeissa ei perustilaluetteloihin ole merkitty venttiilien lukitsemista.

Tapahtuma luokiteltiin INES-asteikolla luokkaan 0. Voimayhtiö laatii tapahtumasta erikoisraportin.

2.2.2 Työntekijöiden säteilyaltistus vuonna 2007

Kaikkien Olkiluodon ydinvoimalaitoksella työkennelleiden henkilöiden säteilyannokset vuonna 2007 alittivat vuosiansosrajan 50 mSv. Henkilökohtaisten säteilyannosten jakaumat vuonna 2007 esitetään taulukossa 1. Olkiluodon ydinvoimalaitoksella saatu suurin henkilökohtainen säteilyannos oli 9,35 mSv. Yksittäisten henkilöiden säteilyannokset eivät myöskään ylittäneet viiden vuoden ajanjaksolle määriteltä 100 mSv annosrajaa vuosina 2003–2007.

Vuonna 2007 työntekijöiden kollektiivinen säteilyannos Olkiluoto 1:llä oli 0,259 manSv ja Olkiluoto 2:lla 0,921 manSv eli molemmilla laitoksyksiköillä yhteensä 1,180 manSv. Vuosihuoltoseisokin aikaisista töistä aiheutunut kollektiivinen säteilyannos oli Olkiluoto 1:llä 0,172 manSv ja Olkiluoto 2:lla 0,859 manSv. Olkiluoto 2:lla oli henkilö- ja työmäärältään laaja vuosihuoltoseisokki. STUKin ohjeen mukainen kollektiivisen säteilyannoksen raja-arvo Olkiluodon yhdelle laitoksyksikölle on kahden peräkkäisen vuoden keskiarvona 2,15 manSv. Raja-arvo ei ylittynyt kummallakaan laitoksyksiköllä. Kollektiiviset säteilyannokset viime vuosilta esitetään kuvassa 6.



Kuva 6. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen työntekijöiden kollektiiviset säteilyannokset vuosina 1998–2007.

2.3 Olkiluoto 3

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

Olkiluoto 3:n rakentamisessa turvallisuuden kannalta merkittävimmät työt olivat suojaja polttoainerakennuksen sekä turvallisuusrakennusten seinien valut. Sisemmän suojarakennuksen seinä valettiin joulukuussa. Seinän valu aloitettiin sen jälkeen kun siihen kiinnitettävän teräsverhouksen hitsauspuutteet oli saatu korjatuksi hyväksyttävästi. Suoja- ja polttoainerakennuksessa sekä turvallisuusrakennuksissa valettiin myös sisärakenteita ja alimpia tasoja. Apu-, sivumerivesipumppaamo-, diesel- ja jäterakennusten perustöitä jatkettiin. Turbiinirakennuksen rakentaminen jatkui mm. rakennuksen yläosaan tulevien teräsrakenteiden asennuksella. Rakentamisen ohella laitteiden asennustöitä jatkettiin. Turbiinilaitoksella aloitettiin myös ensimmäisten putkistojen asennukset. Talviolosuhteet aiheuttivat haasteita työmaalla. STUK kiinnitti voimayhtiön ja laitostoimittajan huomiota mm. laitteiden ja rakenteiden asennussyvennyksiin kertyvän veden jäätymisriskiin. Jäätymistä on kuitenkin päässyt tapahtumaan.

Pääkomponenttien valmistus jatkui Japanissa, Ranskassa ja Tsekin tasavallassa ilman merkittäviä ongelmia. Reaktoripainesäiliön sisäosassa todettiin pieni valmistusvirhe, joka joudutaan korjaamaan. Reaktoripainesäiliölle tehtiin viimeinen lämpökäsittely ja valmistus kohdistuu nyt painesäiliön kannen kokoonpanoon. Pääkiertopiirin putkien uudelleenvalmistusta jatkettiin, ja STUKille esiteltyjen alustavien tulosten perusteella putkistojen tarkastettavuus ultraäänitekniikalla on parantunut. STUK kävi konsulttinsa kanssa tekemässä valmistuspaikalla myös omia tarkastuksia, joiden tulokset vahvistivat voimayhtiön ja laitostoimittajan arvion putkistojen tarkastettavuudesta. Joulukuussa aloitettiin myös muiden turvallisuuden kannalta merkittävien putkistojen esivalmistus.

Laitoksen yksityiskohtaisen suunnittelun tarkastusta jatkettiin prosessi-, sähkö- ja automaatiojärjestelmien sekä laitteiden ja rakenteiden rakennesuunnitelmien osalta. Vuosineljänneksen aikana STUK tarkasti Teollisuuden Voima Oyj:n projektin laadunhallintaa rakentamisen aikaisen tarkastusohjelmansa mukaisesti.

3 Ydinjätehuolto

Jussi Heinonen

Ydinjätehuollon valvonnassa tärkeimmät kohteet ovat käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen valmistelu sekä ydinvoimalaitoksilla syntyvien matala- ja keskiaktiivisten jätteiden huolto.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamiseen valmistautuminen

STUK valvoo Olkiluodon maanalaisen tutkimustilan rakentamista ja Posivan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyötä.

STUK valmisteli kansainvälisen asiantuntijaryhmän tukemana käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen teknisiin vapautumisesteisiin ja loppusijoitustekniikkaan liittyvän avointen turvallisuuskysymysten listan. STUK on nostanut esille 38 turvallisuuskysymystä, joiden ratkaisua STUK seuraa puolivuositain päivitettävän listan avulla. Turvallisuuskysymyksiä ja teknisiin vapautumisesteisiin liittyvään kehitystyötä käsiteltiin STUKin ja Posivan välisessä säännönmukaisessa kokouksessa joulukuussa.

STUK laati kansainvälistä asiantuntijaryhmää tukena käyttäen arvioinnin Posivan päivittämistä loppusijoituspaikan kuvauksesta (Site-2006). Kuvaus tulee olemaan osa loppusijoituslaitoksen rakentamisluvan turvallisuusperustelua. STUKin arvioinnissa todettiin että jo toteutetun kehitystyön lisäksi tarvitaan vielä mm. varmistumista loppusijoituspaikalle asetettujen vaatimusten täyttymisestä, paikan ominaisuuksien tutkimiseen liittyviä laboratoriokokeita sekä arviointia paikkatutkimuksiin liittyvistä epävarmuuksista, tutkimusaineistojen edustavuudesta ja luotettavuudesta.

STUK piti vuoden viimeisellä neljänneksellä Posivan kanssa kokouksen, jossa käsiteltiin loppusijoituslaitoksen turvallisuusperustelun ja turvallisuusanalyysin valmistelun tilannetta sekä sovittiin STUKin suorittaman valvontatyön käytännöistä.

3.1 Maanalaisen tutkimustilan rakentaminen

Posiva Oy jatkoi Olkiluodossa vuonna 2004 aloitettua maanalaisen tutkimustilan (Onkalo) rakentamista. Posivan suunnitelmien mukaan Onkalo tulee toimimaan osana myöhemmin rakennettavaa loppusijoituslaitosta, joten tutkimustila tulee rakentaa ydinlaitoksen vaatimusten mukaisesti. Rakentaminen koostuu poraus-räjätystekniikalla tehdyn louhinnan lisäksi louhittavan kallion etukäteistutkimuksista, kallion tiivistämistä sementti-injektoinnilla sekä kallion lujittamista. Louhittu tunneli saavutti vuoden loppuun mennessä noin 2580 metrin pituuden. Jo aiemmin tasolle -180 metriä nousuporatun kuilun lisäksi Posiva suoritti henkilökuilun nousuporauksen tasolle -180 metriä. Tunnelin louhinta eteni Posivan aikataulun mukaisesti.

STUK valvoo Onkalon rakentamista ja osana valvontaa STUK hyväksyi Posivan laatiman Onkalon järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden ydinturvallisuusmerkitystä kuvaavan turvallisuusluokituksen. STUK tarkasti myös Posivan laatiman Onkalon suunnitteluasiakirjojen toimitussuunnitelman sekä rakentamisen tiedotussuunnitelman. Näiden suunnitelmien käsittelyä jatketaan, kun Posiva toimittaa STUKin lisäselvityspyynnössä edellytetyt täydennykset.

STUK teki työmaalle säännöllisiä valvontakäyntejä noin kaksi kertaa kuukaudessa rakentamisen tilanteen mukaan. STUK suoritti vuoden viimeisellä neljänneksellä yhden tunnelin katon ruiskubetonointia edeltävän tarkastuksen, jolla varmistetaan kalliopintojen kartoitustietojen riittävyys.

STUK teki tarkastelujaksolla neljä maanalaisen tutkimustilan rakentamisen tarkastusohjelman mukaista tarkastusta, joissa STUK tarkastaa Posivan rakennusorganisaatiota ja toimintatapoja.

STUKin tarkastukset koskivat Posivan tarkastusmenettelyjä ja työmaan valvontaa, Onkalon alueella tehtäviä kairauksia, Onkalon rakentamisen geokemiallisia vaikutuksia sekä louhintaa ja sen häiriövyöhykettä. Tarkastuksissa kiinnitettiin huomiota poikkeamien käsittelyyn, puutteisiin louhinnan häiriövyöhykkeen tutkimusohjelmassa, Posivan ja urakoitsijoiden pätevyysien tarkastamiseen sekä laitteiden kunnonvalvontaan ja kalibrointiin.

3.2 Voimalaitosjätteiden huolto

Voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitoksen (VLJ-luolan) käyttöluvan ehtojen mukaisesti TVO päivitti VLJ-luolan turvallisuusanalyysin vuoden 2006 lopulla. Turvallisuusanalyysillä perustellaan laitoksen turvallisuus. Päivityksessä TVO otti huomioon saadut kokemukset ja tehdyt tutkimukset loppusijoituslaitoksen tähänastisena käyttöaika-

na. Lisäksi TVO huomioi päivityksessä Olkiluoto 3 -yksikön voimalaitosjätteiden loppusijoituksen VLJ-luolaan. STUK tarkasti päivitetyn turvallisuusanalyysin vuonna 2007 ja antoi lausuntonsa kauppa- ja teollisuusministeriölle vuoden lopulla. Tarkastustyössä STUK käytti apuna ulkopuolisia asiantuntijoita. STUK ei havainnut tarkastuksessa puutteita, jotka edellyttäisivät välitöntä puuttamista loppusijoituksen toteutukseen.

Tarkastelujaksolla STUK tarkasti Loviisan voimalaitoksen nestemäisten jätteiden kiinteytyslaitoksella ennen sen käyttöönottoa suoritettavien kokeiden tulosraportteja.

Molemmilta voimalaitoksilta vapautettiin valvonnasta eriä voimalaitosjätteitä, joiden sisältämät radioaktiivisten aineiden pitoisuudet olivat alle STUKin ohjeessa YVL 8.2 asetettujen enimmäisarvojen. Jäte-erät toimitettiin pääasiassa kierrätykseen tai kaatopaikalle.

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 maanalaisen tilojen rakentaminen Olkiluodossa eli ONKALO-vaiheen tutkimustilojen louhiminen on ollut STUKin ydinmateriaalivalvonnan piirissä koko louhinnan ajan.

4.1 Fortum ja Loviisan voimalaitos

STUK hyväksyi lokakuussa Loviisan voimalaitoksen tuoreen polttoaineen kuljetussuunnitelman ja teki tarkastuksen kuljetussuunnitelmassa kuvatulle kuljetukselle. Tarkastuksessa ei todettu huomautettavaa.

STUK teki käytetyn polttoaineen valvontamittauksia Loviisan voimalaitoksen käytetyn polttoaineen varastossa 8.–9.11.2007. Mitattuja polttoainepippuja oli yhteensä 18. Niiden osalta voitiin varmistua Fortumin aiemmin STUKiin toimittamien ydinmateriaalitietojen oikeellisuudesta.

STUK teki Loviisan voimalaitoksessa ydinmateriaalien määräaikaistarkastuksen 15.11.2007 yhdessä IAEA:n ja Euroopan komission kanssa. Tarkastustoimet laitoksessa sujuivat hyvin, eikä tarkastuksella todettu huomautettavaa.

Joulukuussa Fortumille myönnettiin lupa Loviisan automaatiouudistukseen liittyvien laitteiden maahantuontiin Saksasta. Luvalla STUK jatkoi aiemmin samaan tarkoitukseen myöntämänsä luvan voimassaoloaikaa.

4.2 Teollisuuden Voima ja Olkiluodon voimalaitos

STUK teki käytetyn polttoaineen valvontamittauksia Olkiluodon voimalaitoksen käytetyn polttoaineen varastossa 5.–7.11.2007. Mittaukset kohdistuivat 126 polttoainepippuun, joiden osalta voitiin

varmistua TVO:n aiemmin STUKiin toimittamien ydinmateriaalitietojen oikeellisuudesta.

STUK, IAEA ja Euroopan komissio tekivät ydinmateriaalitarkastuksen Olkiluodon voimalaitoksessa 12.–13.11.2007. Olkiluoto 1:ssä ja Olkiluoto 2:ssa tehtiin ydinmateriaalien määräaikaistarkastus ja käytetyn polttoaineen varastossa varastomääritystarkastus. Tarkastuksissa ei todettu huomautettavaa.

Marraskuussa STUK myönsi Teollisuuden Voimalle luvat zirkoniumsauvojen maahantuontiin Ruotsista, australialaista alkuperää olevaa uraania sisältävän ydinpolttoaineen maahantuontiin Espanjasta sekä Olkiluoto 3:n rakentamisessa ja käytössä tarvittavien laitteiden, laitteistojen ja ohjelmistojen maahantuontiin Ranskasta, Saksasta ja Japanista. Marraskuussa myönnettiin myös lupa valvonnasta vapautettavan jäteöljyerän luovutukseen Ekokem Oy:lle poltettavaksi. Joulukuussa STUK myönsi TVO:lle kaksi lupaa ydinpolttoaineen maahantuontiin Ruotsista.

4.3 Loppusijoituslaitoksen ydinsulkuvalvonta

STUK teki ydinsulkuvalvonnan määräaikaistarkastuksen Posiva Oy:n loppusijoituslaitoksen maanalaisissa tiloissa Olkiluodossa 14.11.2007. Tarkastuksella todennettiin kalliotilat sekä meneillään ollut nousuporaus ja siihen osallistuvien tarkkailijoina IAEA ja SKB. Määräaikaistarkastuksen jälkeen STUK tarkasti myös Posiva Oy:n ydinsulkuvalvontajärjestelmän. Tarkastuksessa annettiin muutama huomautus menettelytapakuvauksista, jotka edellytettiin korjattavaksi Posiva Oy:n ydinsulkukäsikirjaan.

4.4 VTT FiR-1 tutkimusreaktori

STUK myönsi marraskuussa VTT:lle luvan uraaniäytteen vientiin tutkimustarkoitusta varten Saksaan ja Ruotsiin. VTT:n päivitetty ydinmateriaalikäsikirja hyväksyttiin STUKin päätöksellä joulukuussa.

Valvontasopimuksen lisäpöytäkirjan mukaiset ilmoitukset ja toimet

IAEAn ja STUKin välisessä valvontakokouksessa 13.12.2007 IAEA informoi STUKia ns. integroidun safegu-ards-valvonnan toimeenpanosta Suomessa. Integroidulla safeguards-valvonnalla tarkoitetaan perinteisen ydinmateriaalivalvonnan ja lisäpöytäkirjan mukaisten toimien yhteensovittamista siten, että valvonnan määrä ei lisääny, mutta IAEA voi luotettavasti varmistaa, että jäsenvaltiolla ei ole salaisia ydintoimintoja. Käytännössä IAEAn tarkastukset vähenevät, mutta toisaalta IAEA tekee 1–3 tarkastuskäyntiä vuodessa ennalta ilmoittamattomasti. Integroitu safeguards-valvonta alkaa Suomessa vuoden 2008 aikana.

STUK järjesti integroidun safeguards-valvonnan vaikutuksista tiedotuskokouksen TVO:lle Olkiluodossa 25.10.2007. Fortumille vastaavansisältöinen kokous oli järjestetty 28.9.2007 Loviisassa.

STUK toimitti marraskuussa IAEA:lle ja Euroopan komissiolle valvontasopimuksen lisäpöytäkirjan mukaisen Suomen valtion vastuulla olevan ilmoituksen, että vuoden 2007 kolmannella

neljänneksellä ei ollut lisäpöytäkirjan liitteessä 2 mainittujen laitteiden vientejä.

4.5 Radioaktiivisten aineiden kuljetusten valvonta

STUK teki radioaktiivisten aineiden kuljetusjärjestelyiden tarkastuksen Suomen Ympäristökeskuksessa 16.10.2007. Tarkastuksen perusteella Suomen Ympäristökeskusta pyydettiin selvittämään tarkemmin, miten kuljetustoiminnassa toteutetaan vaarallisten aineiden kuljetusmääräyksiä.

4.6 Muut asiat

STUK jatkoi tiivistä yhteistyötä Tullin kanssa Vuosaaren rakenteilla olevan sataman säteilyvalvonnan järjestämiseksi. Sataman säteilyvalvonta on Tullin vastuulla ja STUKin rooli on tarjota Tullille asiantuntija-apua valvontakonseptin sekä laitemääritysten kehittämiseksi.

Marraskuussa STUK myönsi Fortum Nuclear Services Oy:lle luvan APROS-simulointiohjelmiston vientiin Ruotsiin.

5 Säteilyn käyttö

*Helinä Korpela, Maaret Lehtinen, Mika Markkanen, Eero Oksanen,
Lauri Puranen, Tim Toivo, Reijo Visuri*

5.1 Ionisoiva säteily

Säteilytoiminnan valvonta, turvallisuusluvut ja tarkastukset

Terveysdenhuolto

Säteilyn käyttöön terveydenhuollossa myönnettiin kaksi uutta turvallisuuslupaa ja tehtiin 124 päätöstä turvallisuusluvun muuttamisesta. Muutokset koskivat uusien laitteiden ja toimintojen käyttöönottoa tai käytöstä poistamista sekä säteilyn käytön turvallisuudesta vastaavien johtajien vaihtamista. Lisäksi lausuntoja ja muita päätöksiä tehtiin yksi.

Säteilyn käyttöpaikoille tehtiin vuoden 2007 viimeisen neljänneksen aikana 26 tarkastusta. Turvallisuusluvasta vapautettuja hammasröntgenlaitteita rekisteröitiin 120 loka–joulukuun aikana. Hammasvalvonnan testipaketteja lähetettiin 728 kappaletta.

Teollisuus

Säteilyn käyttöön teollisuudessa ja tutkimuksessa myönnettiin 14 uutta turvallisuuslupaa ja tehtiin 59 muuta päätöstä, joilla muutettiin olemassa olevia turvallisuuslupia. Muutokset koskivat uusien laitteiden ja toimintojen käyttöönottoa tai käytöstä poistamista sekä säteilyturvallisuudesta vastaavien johtajien vaihtamista.

Uuden tyyppisenä toimintana myönnettiin määräaikainen (18 kuukautta) turvallisuuslupa röntgensäteilyn takaisinsirontaan perustuvan henkilötarkastuslaitteen koekäytölle Helsinki-Vantaan lentoaseman turvatarkastuksissa. Luvan ehtoja olivat muun muassa, että laitteella tarkastettavat henkilöt ovat yli 18-vuotiaita ja vapaaehtoisia. Tehdyt selvitykset ja mittaukset osoittivat,

että yhdestä tarkastuksesta aiheutuva annos on hyvin pieni, alle 0,1 μSv . Toiminnan mahdollista jatkamista koekäytön jälkeen arvioidaan erikseen koekäytöstä saatujen kokemusten perusteella.

Säteilyn käyttöpaikoille tehtiin 34 määräaikaistarkastusta, ja lisäksi tarkastettiin 3 maanalaisen louhintatyömaan ja 4 kaivoksen radonpitoisuudet

Radioaktiivisten aineiden kauppa

STUK järjesti radioaktiivisten aineiden maahan tuojille ja myyjille tiedotus- ja keskustelutilaisuuden 7.11.2007. Kohderyhmänä olivat erityisesti umpilähteiden kauppaa harjoittavat yritykset. Tilaisuudessa esiteltiin uusia säädöksiä ja STUKin valvontamenettelyitä. Alustusten pohjalta keskusteltiin lisäksi kauppaan liittyvien toimijoiden roolista ja tehtävistä sekä säteilylähteiden käytöstä poistoon liittyvistä menettelyistä.

Röntgendiagnostiikka

STUK antoi uudet potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot tavanomaisissa aikuisten röntgentutkimuksissa päätöksellä 44/310/07 (24.10.2007). Vertailutasot on esitetty sekä pinta-annoksina (ESD) että pinta-ala-annoksina (DAP). Tällä päätöksellä kumottiin STUKin päätöksellä 26/310/07 (27.3.2007) antamat vertailutasot.

Sädehoito

Tampereen yliopistollisen sairaalan sädehoitosaston potilashoidot on saatu päätökseen Pikonlinnassa, Kangasalalla ja kaikki hoidot ovat siirtyneet kantasairaalan yhteydessä olevaan R-sairaalaan. Viimeisen hoitolaitteen siirto on samalla käynnistynyt ja laite tarkastetaan uudessa sijoituspaikassaan tammikuussa 2008.

Isotooppilääketiede

Säteilyturvallisuus ja laatu isotooppilääketieteessä -neuvottelupäivät järjestettiin 20.–21.11.2007 Helsingissä Hotelli Pasilassa. Osanottajia oli yhteensä 64. Isotooppipäivien aiheita olivat säteily-suojelu raskauden aikana, potilaan kotiuttaminen isotooppihoidon jälkeen, laadunvalvonta ja kuvanlaatu, kliininen auditointi ja uudet säteily-suojeluohjeet. Professori Madan Rehani IAEA:sta piti esitelmät kansainvälisestä säteily-suojelujärjestelmästä ja sikiön suojaamista koskevista ICRP:n ohjeista.

Työntekijöiden säteilyannokset

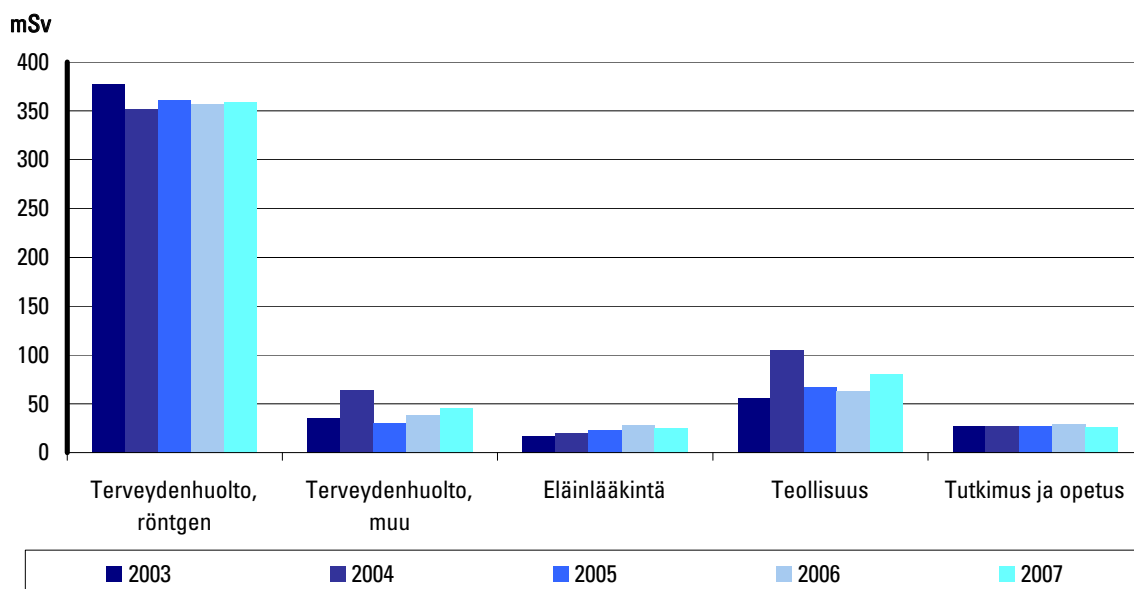
Säteilyturvakeskus pitää yllä valtakunnallista työntekijöiden säteilyannosrekisteriä. Rekisteriin kirjataan ionisoivan säteilyn käyttöön osallistuneiden, annostarkkailussa olleiden työntekijöiden säteilyannokset. Vuonna 2007 annostarkkailussa oli yhteensä 11 441 henkilöä sekä säteilyn käytön että ydinenergian käytössä. Kuvassa 7 esitetään työntekijöiden yhteenlasketut annokset (syväannokset) säteilyn käytössä toimialoittain aikavälillä lokakuu–joulukuu viideltä viimeiseltä vuodelta. Kun käytetään röntgensäteilyä terveydenhuollossa

ja eläinlääkinnässä, työntekijän säteilyannos mitataan suojaesiliinan päältä, jolloin mitattu annos on 10–60 -kertainen työntekijän todelliseen annokseen verrattuna. Kuluneen vuoden aikana suurimmat efektiiviset annokset on mitattu teollisuuden toimialalla merkkiainekokeita tekeville henkilöille. Kenenkään työntekijän efektiivinen annos ei ylittänyt vuosiannosrajaa 50 mSv eikä viiden vuoden annosrajasta (100 mSv) laskettua vuosikeskiarvoa 20 mSv. Kenenkään työntekijän käsien annos ei ylittänyt vuosiannosrajaa 500 mSv.

Poikkeavat tapahtumat ionisoivan säteilyn käytössä

Terveydenhuolto

Yliopistollinen keskussairaala ilmoitti joulukuussa 2007, että vuonna 2005 hankitussa SPET-TT-laitteessa on ilmennyt toimintahäiriöitä. Toimintahäiriöiden seurauksena TT-kuvaukset on jouduttu uusimaan 18 kertaa, mistä on aiheutunut kuvattavalle potilaalle 2–3 mSv:n suuruinen ylimääräinen efektiivinen annos. Laitteessa on ollut myös muita häiriöitä. Lukuisista huolloista ja korjauksista huolimatta häiriöitä ei ollut saatu poistettua. STUK



Kuva 7. Säteilyn käytöstä työntekijöille kirjatut yhteenlasketut annokset (syväannokset) toimialoittain aikavälillä lokakuu–joulukuu vuosina 2003–2007.

määräsi, että laite on saatettava toimintakuntoiseksi tai poistettava käytöstä. Sairaanhoidopiirin johtaja ja sairaalan kuvantamiskeskuksen johtaja tekivät päätöksen poistaa laite käytöstä.

STUKille ilmoitettiin poikkeavasta tapahtumasta ⁹⁰Y-leimauksessa. Yliopiston tutkijoilla oli vastaavan johtajan lupa tehdä tutkimukseensa liittyvät ⁹⁰Y-leimaukset sairaalan isotooppiosastolla. Tällä kertaa leimaus tehtiin osastonhoitajan luvalla poikkeuksellisesti isotooppiosaston annosteluhuoneessa. Poikkeavasta menettelystä ei kerrottu annosteluhuoneessa leimauspäivänä työskentelevälle hoitajalle. Hoitaja tuli huoneeseen ja jonkin aikaa työskenneltyään huomasi lasiampullin keittolaitteessa. Hän mittasi annosnopeusmittarilla keittolaitteen päältä ”suuria annosnopeuksia” ja poistui välittömästi huoneesta. Hoitaja oli huolissaan myös leimauksen tekijöiden turvallisuudesta.

STUKista otettiin yhteyttä vastaavaan johtajaan. Vastaava johtaja oli tietoinen tapahtuneesta. Hän oli tapahtuman johdosta välittömästi kieltänyt leimausten tekemisen vastaisuudessa isotooppiosastolla. Tapahtumaa käsiteltiin isotooppiosaston laaturyhmän kokouksessa ja poikkeavan tapahtuman käsittelytilaisuudessa. Poikkeavasta tapahtumasta järjestettiin vielä sairaalan isotooppiosaston henkilökunnalle ja yliopiston tutkimusryhmälle palautetilaisuus. STUKille toimitetussa kirjallisessa raportissa kerrottiin, että leimauksen tekijät oli perehdytetty leimausten tekemiseen. Heidän säteilyaltistustaan tarkkailtiin elektronisella annosmittarilla, eikä heille ollut aiheutunut annosta leimauksesta. Sormien annosta ei ollut tarkkailtu. Annosteluhuoneessa leimauksen aikana työskennelleen hoitajan pään annokseksi oli arvioitu noin 2 mSv. Henkilöannosmittarin tulos osoitti kuitenkin, että hänelle ei aiheutunut poikkeavan tapahtuman johdosta säteilyannosta.

Poikkeavan tapahtuman syyksi todettiin huono tiedonkulku.

Teollisuus

Säteilyn käytöstä vastaava johtaja epäili laboratorioissa työskennelleen työntekijän altistuneen säteilylle. Työntekijä oli kuivannut ³²P-isotoopilla leimattua näytettä vakuumikuivurissa ja oli katsonut laitetta usean minuutin ajan pleksisuoja-

sen yli. Muutamaa päivää myöhemmin työntekijä havaitsi kuumotusta poskessaan ja sormissaan. Säteilyn käytöstä vastaava johtaja arveli ensin, että oireet olivat seurausta siitä, että lähteen toimittaja on toimittanut laboratorioon liian aktiivisen ³²P-lähteen. Tarkempi selvitys osoitti, että lähde ei ollut liian aktiivinen ja että tapahtumasta ei ole voinut aiheutua merkittävää altistusta vaikka suojuksen yli oli katsottu. Toiminnan harjoittajaa kehoitettiin huolehtimaan siitä, että työntekijöille annetaan riittävästi tietoa säteilystä ja sen vaikutuksista sekä turvallisista työtapoista.

Voimalaitoksen työntekijä epäili altistuneensa säteilylle kun laitoksessa tehtiin röntgenkuvauksia.. Hän otti yhteyttä työterveyshuoltoon selvittääkseen asian merkityksen. Tapauksen selvitys osoitti, että vaikka työntekijä oli ollut vain noin 5 metrin päässä kuvauslaitteesta, hän ei ole voinut altistua säteilylle koska välissä oli säteilyä tehokkaasti vaimentavia metalli- ja betonirakenteita

Amerikium (²⁴¹Am) säteilylähde joutui kierrätysmetallin mukana sulatukseen terästehtaalla. Suurin osa amerikiumista kulkeutui sulatusprosessissa kuonaan ja vähäisiä määriä savukaasupölyihin. Sulatuserästä valmistetussa teräksessä ei havaittu radioaktiivisuutta. Sulatolla tehtyjen mittausten ja selvitysten perusteella työntekijöiden altistuminen tapahtuman aikana ja välittömästi sen jälkeen jäi merkityksettömäksi. Terästehtaalta ei levinnyt amerikiumia ympäristöön. Amerikiumipitoinen kuona ja pöly on varastoitu erillisiin astioihin tehtaan alueelle jatkotoimenpiteitä varten.

5.2 Ionisoimaton säteily

Poikkeavat tapahtumat

Itsepalvelusolariumissa käytettiin laitetta, jonka säteily oli voimakkuudeltaan yli kaksinkertainen verrattuna STM:n asetuksessa (294/2002) annettuihin enimmäisarvoihin. Toisessa solariumpalveluja tarjoavassa yrityksessä löytyi laite, joka ylitti lähes nelinkertaisesti enimmäisarvot. Tarkastuspöytäkirjoissa määrättiin, että laitteita ei saa käyttää ennen kuin lamput on vaihdettu määräykset täyttäviin.

Kolmesta solariumlaitteesta tehtiin EU:n komissiolle ns. RAPEX -ilmoitus vaarallisesta ku-

luttajatuotteesta. Valmistajan ilmoittama laitteiden luokkamerkintä (UV-tyyppi 3) oli Säteilyturvakeskuksen käyttöpaikalla tekemien mittausten mukaan virheellinen. Lisäksi yhdessä laitteessa samalla tyyppimerkinnällä olevien solariumputkien spektrit poikkesivat merkittävästi toisistaan.

Yleisötapahtumassa käytettiin luvatta 30 mW tehoista silmälle vaarallisia diodilasereita grafitien piirtämiseen. Esitykselle ei olisi annettu lupaa, koska kyseiset laitteet eivät täytä Säteilyturvakeskuksen ohjeen ST 9.4 mukaisia turvallisuusvaatimuksia. Järjestäjälle lähetettiin selvityspyyntö ja huomautus, jossa esitettiin lyhyesti laseresitysten turvallisuutta koskevat Säteilyturvakeskuksen vaatimukset.

Vierailu NIR-yksikköön

Kuusi venäläistä ionisoimattoman säteilyn asiantuntija- ja viranomaislaitosten edustajaa ja tulkki, kolme Nokia-yhtymän edustajaa sekä matkapuhelimien valmistajien yhdistyksen (Mobile Manufacturers Forum) puheenjohtaja vierailivat ionisoimattoman säteilyn laboratoriossa 29.10.2007. Vierailun aikana keskusteltiin kansallisista ja kansainvälisistä säädöksistä, joilla rajoitetaan matkapuhelimien aiheuttamaa altistumis-

ta. Lisäksi käsiteltiin kansainvälistä matkapuhelimien testausstandardia (IEC 62209-1), jonka mukaan matkapuhelimien säteilyturvallisuus määritetään mittaamalla matkapuhelimesta ihmisen päätä jäljittelevään fantomiin imeytyvä teho, niin sanottu ominaisabsorptionopeus (SAR). Venäläiset esittivät oman testausstandardinsa, jonka mukaan mitataan sähkökentän voimakkuus vapaassa tilassa määrätyllä etäisyydellä matkapuhelimesta. Venäläinen standardi on tiukempi, eli kansainvälisen standardin mukaan hyväksytty matkapuhelin ei välttämättä läpäise venäläistä standardia. Pitkällisiä keskusteluja käytiin mittausstandardeista ja siitä, olisivatko venäläiset halukkaita siirtymään kansainväliseen SAR-mittauskäytäntöön, mikä jäi vielä avoimeksi ja venäläisten harkittavaksi. Vierailu oli hyvin hyödyllinen, sillä tällä tavalla saatiin solmittua suhteita Venäjän vastaaviin viranomaisiin ja asiantuntijoihin.

Venäläisillä oli mukanaan kuusi matkapuhelinta, joiden SAR-mittausta demonstroitiin STUKin SAR-laboratoriossa. Puhelimille tehtiin vertailun vuoksi myös venäläisen standardin mukainen sähkökentän mittaus. Kaikki testatut puhelimet läpäisivät kansainväliseen SAR-mittaukseen ja venäläiseen sähkökentän mittaukseen perustuvan hyväksymiskäytännön.

6 Valtakunnallinen ympäristön säteilyvalvonta

Raimo Mustonen

Ympäristössä esiintyvän säteilyn valvonta Suomessa on yksi STUKin ydinprosesseista. STUK toteuttaa elinympäristön keinotekoisien säteilyn ja keinotekoisien radioaktiivisten aineiden valvonnan 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-asemillaan. Voimassa olevan säteilyvalvontaohjelman sisältö on kuvattu liitteessä 2.

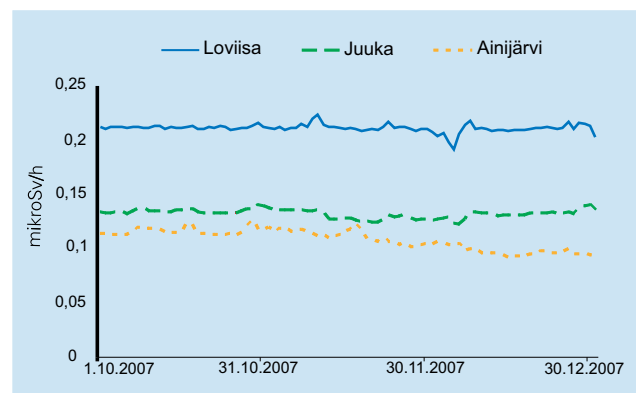
6.1 Ulkoinen säteily

Suomessa ulkoisen säteilyn annosnopeutta valvotaan reaaliaikaisella ja kattavalla mittausasemaverkolla. STUKin ja paikallisten pelastusviranomaisten ylläpitämään automaattiseen valvontaverkkoon kuuluu tällä hetkellä 250 GM-antureilla varustettua mittausasemaa. Lisäksi voimayhtiöillä on omat valvonta-asetmansa (yhteensä 25) ydinvoimalaitosten ympäristössä. Nämä voimayhtiöiden asemat toimivat edelleen vanhalla tekniikalla. Kaikki mittausasemat on varustettu automaattisella hälytysjärjestelmällä, joka hälyttää mm. STUKin päivystävän säteilyasiantuntijan, jos säteilyn aiheuttama annosnopeus ylittää asetetun hälytysrajan.

Valvontaverkon uudistaminen aloitettiin vuoden 2005 alussa ja hanke saatettiin käytännössä loppuun joulukuussa 2007. Vuoden 2007 lopussa oli asennettu ja toiminnassa 246 uutta asemaa.

Neljä asemaa on asentamatta ja ne odottavat kahden pelastusaseman, yhden tullin rakennuksen ja yhden hätäkeskuksen valmistumista. Uudistuksen yhteydessä STUKin ylläpitämän valvontaverkon kaikki mittausasemat ja niiden säteilyn mittausanturit vaihdettiin ja tiedonvälitys mittausasemilta STUKiin ja alueellisiin hätäkeskuksiin uusittiin. Uudet valvonta-asetmat sisältävät myös sadeanturin. Mahdollisessa säteilyvaaratilanteessa sateella 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.

Vuoden 2007 viimeisellä vuosineljänneksellä ei havaittu yhtään kohonnutta ulkoisen säteilyn annosnopeus (mikrosieverttiä tunnissa) Loviisassa, Juukassa ja Savukosken Ainijärvellä. Päivittäiset annosnopeudet eri valvonta-asetmilla raportoidaan STUKin verkkosivuilla (www.stuk.fi/sateilytietoa/sateilytilanne/).

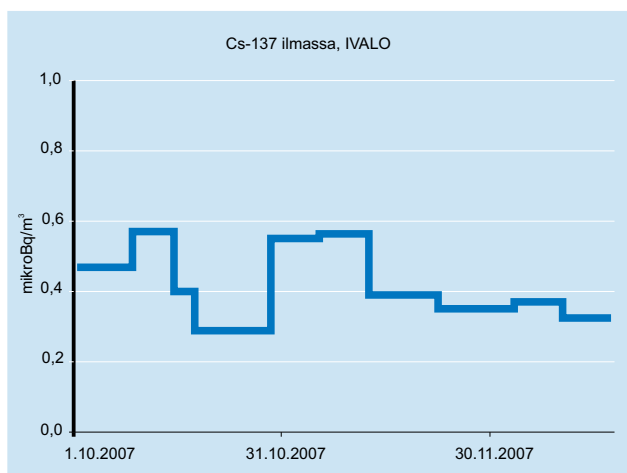


Kuva 8. Ulkoisen säteilyn annosnopeus kolmella paikkakunnalla vuoden 2007 viimeisellä vuosineljänneksellä.

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 toteuttaa ilman radioaktiivisuuden valvontaa yhteistyössä Ilmatieteen laitoksen ja puolustusvoimien kanssa.

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



Kuva 9. Cesium-137-pitoisuus ulkoilmassa Ivalon valvonta-asemalla vuoden 2007 viimeisellä vuosineljänneksellä.

Kuva 9 esittää ulkoilman cesium-137 pitoisuudet Ivalon valvonta-asemalla vuoden 2007 viimeisellä vuosineljänneksellä (mikrobecquerelliä kuutiometrissä ilmaa). Tänä päivänä cesium-137 on ainoa keinotekoinen radionuklidi, jota havaitaan säännönmukaisesti Suomen ilmatilassa. Se on jäämä Tshernobylin onnettomuudesta ja vanhoista ilmakehässä tehdyistä ydinpommikoikeista.

6.3 Poikkeavat säteilyhavainnot

Vuoden 2007 viimeisellä vuosineljänneksellä tehtiin yksi normaalista poikkeava havainto ulkoilman radioaktiivisuudessa. Rovaniemellä havaittiin lokakuun 24.–25. päivien välisenä aikana ilmassa pieniä määriä keinotekoista bromi-82:a. Bromi-82:n puoliintumisaika on lyhyt (35.3 tuntia) ja sitä käytetään yleensä merkkiaineena erilaisissa teollisuusprosessien virtaustesteissä. STUK pyysi Ilmatieteen laitokselta Rovaniemelle johtavien ilmatrajektoreiden laskelmia kyseisenä aikana. Trajektorilaskelmien mukaan keräysjaksolla pintailma oli saapunut Rovaniemelle lähes suoraan lännestä, indikoiden mahdollisen päästökohdan sijaitsevan todennäköisesti Pohjois-Ruotsissa tai Keski-Norjassa. Ilmatieteen laitoksen tekemät ilmamassojen leviämislaskelmat osoittivat samaa. Tämän jälkeen STUKin selvitykset osoittivat, että Rovaniemellä tehdyt bromi-82 havainnot liittyivät Ruotsin Luulajassa 24. lokakuuta terästehtaalla tehtyihin virtauskokeisiin. Tällaiset merkkiainetestit ovat Suomessa STUKin hyväksymiä, eikä niillä ole vaikutusta väestön saamaan säteilyaltistukseen.

7 Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat

Anne Weltner

Säteilyturvakeskuksen toiminta säteilyvaaratilanteessa on etukäteen suunniteltu ja toimintaa harjoitellaan säännöllisesti. STUKin päivystäjä ottaa vastaan kaikki säteilyyn ja ydinturvallisuuden liittyvät hälytykset ja toiminta käynnistyy 15 minuutin kuluessa kaikkina vuorokauden aikoina. Vuoden viimeisellä neljänneksellä STUKin päivystäjään otettiin yhteyttä kaikkiaan 29 kertaa.

7.1 Loviisasta neljä ja Olkiluodosta yksi yhteydenotto

Suomen ydinvoimalaitoksia koskevia tapahtumia on kuvattu yksityiskohtaisemmin luvussa 2.

Loviisa

Loviisan voimalaitokselta otettiin yhteensä neljän kertaa yhteyttä STUKin päivystäjään. Loviisa 1:llä pääkiertopumppu pysäytettiin moottorin jäähdytysveden sulkuventtiilin ja vesiletkun välisen liitoksen tiivisteen korjaamiseksi.

Loviisa 2:lta ilmoitettiin lokakuussa pääkiertopumpun pysäyttämistä öljyvuodon selvittämiseksi ja korjaamiseksi. Marraskuussa ensimmäinen Loviisa 2:n ilmoitus koski säätösauvan putoamista reaktoriin ja toinen ilmoitus liittyi muuntajan katkaisijan aukeamiseen. Kaikista tapahtumista aiheutui pieni laitoksen tehonalennus.

Tapahtumat eivät vaarantaneet laitoksen, ympäristön tai ihmisten turvallisuutta.

Olkiluoto

Olkiluoto 2:lla tehtiin joulukuussa määräaikaistestikoe, jonka yhteydessä pääkiertopumppuun tuli yllättäen vika ja laitos jouduttiin pysäyttämään korjauksen ajaksi. Korjauksen jälkeisessä laitoksen ylösajossa tapahtui reaktorin pikasulku turbiinin säätöventtiilin vian vuoksi. Vikaantumut säätöventtiili vaihdettiin huollettuun. Laitosyksikkö oli pysäytettynä vikojen korjauksien ajan.

Lisäksi STUK sai ilmoituksen, joka koski Olkiluoto 3:n kalliotunnelin louhintatyömaalta löytyneitä louhinnassa käytettyjä panoksia.

Tapahtumat eivät vaarantaneet laitoksen, ympäristön tai ihmisten turvallisuutta. Laitoksen pikasulun yhteydessä tuli kuitenkin ilmi asioita, jotka tulee analysoida ja tarvittaessa tehdä laitos- ja ohjeistomuutoksia vastaavien tilanteiden estämiseksi.

7.2 Tulli ilmoitti säteilevistä matkustajista

Säteilyturvakeskus sai kolme ilmoitusta, jotka koskivat säteileviä matkustajia. Helsinki-Vantaa lentoaseman tulli ilmoitti lokakuussa kahdesta matkustajasta. Henkilöt saivat jatkaa matkaansa. Joulukuussa Vaalimaan tulli ilmoitti yhdestä matkustajasta. Henkilö käännytettiin takaisin Venäjälle.

7.3 Ilmoitus seismisestä havainnosta

Seismologian laitos ilmoitti lokakuussa Murmanskin sukellusvenetukikohdassa sattuneesta räjähdyksestä, jonka voimakkuus oli 1,9 richterin asteikolla. Räjähdysten pienuuden vuoksi havainto ei STUKin arvion mukaan viitanut ydinkoikkeeseen tai ydinräjähdykseen. Alueella on kuitenkin paljon ydinmateriaaleihin liittyvää toimintaa. Seismologian laitos ilmoittaa STUKin päivystäjälle seismisistä havainnoista ydinvoimalaitosten tai entisten ydinkoalueiden lähellä.

7.4 Muut yhteydenotot päivystäjään ja yhteyskokeilut

Säteilyturvakeskuksen päivystäjä sai 31.10.2008 ilmoituksen säteilylähteen joutumisesta sulaton uuniin Tornion terästehtaalla. Tapaus on kuvattu yksityiskohtaisemmin luvussa 5. Viisi muuta ilmoitusta liittyi erilaisiin kotimaisiin ja kansainvälisiin tiedonantoihin, kyselyihin ja vikasanomiin.

Lisäksi kansainvälisiä yhteyskokeiluja STUKin päivystykseen tuli kuusi.

7.5 Valmiusharjoituksia

Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitosten valmiusharjoitukset

Loviisan ydinvoimalaitoksen vuosittainen harjoitus järjestettiin 23.11.2007 ja Olkiluodon laitoksen vastaava harjoitus 28.11.2008. Molemmissa harjoituksissa käytettiin todellista säätilannetta. STUKin tavoitteena oli harjaannuttaa valmiusorganisaatioon nimettyjä uusia henkilöitä sekä testata uudistettuja ohjeita ja toimintakäytäntöjä. Erityistä huomiota kiinnitettiin yhteistoimintaan ja tilannekuvan välittymiseen voimalaitoksen ja STUKin välillä sekä kirjallisten tuotteiden osalta sisältöön ja sen ymmärrettävyyteen. Lisäksi tilannekirjanpidossa käytettiin uutta tietokantapohjaista lokikirjanpitoa, jonka avulla missä tahansa STUKin sisäverkossa olevalta tietokoneelta voidaan seurata muiden toimintaryhmien tilannekirjanpitoa reaaliajassa. Kaikkien ryhmien pitämää Loviisan harjoitukseen osallistui 48 ja Olkiluodon harjoitukseen 45 henkilöä STUKista.

Euroopan komission järjestämä harjoitus

Euroopan komissio järjesti jäsenmailleen vuosittaisen tiedonvaihtoharjoituksen joulukuussa 2007. Mukana oli myös EURDEPin kautta tapahtuva säteilymittaustietojen vaihto. Harjoitusskenaariona oli sukellusveneonnettomuus Irlannin rannikolla. STUKista harjoitukseen osallistui viisi henkilöä.

7.6 Muut merkittävät valmiustoimintaan liittyvät asiat

Nordic Manual -asiakirjaa täydennettiin yksityiskohtaisella sopimuksella tiedonvaihdesta

Pohjoismaisten säteily- ja ydinturvallisuusviranomaisten kesken noudatetaan Nordic Manual -asiakirjaa (Co-operation, Exchange of Information and Assistance Between Nordic Authorities in Nuclear or Radiological Emergencies and Incidents). Nordic Manual -asiakirjassa kuvataan Pohjoismaiden välistä valmiustoiminnan yhteistyötä, tiedonvaihtoa sekä avunantoasioita varautumisessa ydinonnettomuuden tai säteilyvaaran varalta. Siinä myös kuvataan yhteistoiminta mahdollisen tai todellisen vaaran aikana. (Katso neljännesvuosiraportti 2/2006, STUK-B-YTO 250.)

Pohjoismaiden välisten sopimusten velvoitteiden lisäksi Nordic Manual'issa on sovittu ns. naapuriyhteistyöstä. Esimerkiksi ilmoituskynnys Pohjoismaiden välillä on huomattavasti alhaisempi kuin mitä kansainvälisissä tai kahdenvälisissä sopimuksissa on sovittu.

Marraskuussa 2007 Pohjoismainen valmiusasioita käsittelevä yhteistyöryhmä NEP (Nordic Working Group of Emergency Preparedness) laati asiakirjaan yksityiskohtaisen liitteen, joka koskee tiedonkulkua Pohjoismaiden kesken poikkeavien tapahtumien aikana. Pohjoismaat tulevat informoimaan toisiaan aina, kun epäilevät, että vähäinen tapahtuma tai huhu saattaa kiinnostaa myös muita Pohjoismaita. Liitteessä kuvataan erilaisia mahdollisia poikkeavia tapahtumia sekä millä keinoin, mitä tietoa ja kenelle niistä välitetään. Liitteen sisältö sisällytetään kunkin maan valmiusohjeistoon vuoden 2008 aikana.

STUKin hälytysjärjestelmä uusittiin

Joulukuussa 2007 saatettiin loppuun STUKin hälytysviestien vastaanottamis- ja lähettämisen järjestelmän uusiminen. Uusi järjestelmä on suunniteltu erityisesti STUKin tarpeet huomioiden ja se käyttää Soneran Cstream-järjestelmää. Uudella hälytysjärjestelmällä parannetaan hälytysviestien lähettämismuuttoa, yksinkertaistetaan viestien kulkua ja poistetaan riippuvuus STUKissa olevien palvelimien toimivuudesta. Teleoperaattorilla sijaitsevat STUKin hälytysjärjestelmän tarvitsemat palvelimet ovat kahdennettuja. Testaus ja ohjeistus tehtiin joulukuussa 2007 ja järjestelmä otettiin käyttöön tammikuussa 2008.

7.7 Yhteenveto yhteydenotoista STUKin päivystäjään vuonna 2007

Vuonna 2007 päivystäjä vastaanotti yhteensä 124 ilmoitusta. Eniten erilaisia yhteydenottoja (23 kpl) tuli kotimaisilta ydinvoimalaitoksilta. Voimalaitokset ilmoittivat yhteensä 19 viasta tai tapahtumasta. Muita voimalaitoksiin liittyviä yhteydenottoja oli neljä. Ilmoitukset automaattisilta ympäristön säteilyvalvontaverkon asemilta (21 kpl) vähenivät verkon uusimisen johdosta. Vuoden viimeisen neljänneksen aikana ei tullut yhtään ilmoitusta laitteiden vikaantumisesta. Kaikista päivystäjän vastaanottamista yhteydenotoista kuusi koski poikkeuksellisia tapahtumia Suomessa ja ulkomailla. Muut päivystäjän vastaanottamat ilmoi-

Taulukko 2. Päivystäjän raportoimat yhteydenotot ja tapahtumat vuosina 2003–2007.

Tapaus	2003	2004	2005	2006	2007
Yhteydenotot kotimaisilta ydinvoimalaitoksilta	12 ¹⁾	20 ¹⁾	27	20	23
• laitteiden vikaantuminen, testit			9	12	19
• muut hälytykset			18	8	4
Säteilyn käyttöön liittyvät yhteydenotot Suomessa	0	0	0	2	1
Tapahtumat ulkomailla	7	4	7	16	5
Ympäristön säteilyvalvonta	46	27	26	29	21
• laitteiden vikaantuminen, testit	46	27	24	27	21
• muut hälytykset ²⁾	0	0	2	2	0
Säteilyvalvonta Suomen rajoilla ja kuljetukset (henkilö- ja tavaraliikenne)	0	4	2	3	5
Seismiset havainnot (maanjäristykset ydinvoimalaitosten lähellä, ydinkoevalvonta yms.)	0	6	7	6	5
Kansainväliset yhteyskokeilut (EU, IAEA, Pohjoismaat, Kuolan, Leningradin, Murmanskin ydinvoimalaitokset, Venäjän valmiuskeskus Pietarissa, yms)	40	29	26	23	22
Valmiusharjoitukset ³⁾	11	8	6	2	6
Muut yhteydenotot päivystäjään	21	32	23	23	36
Yhteensä	137	130	124	124	124

1) Tarkempi jaottelu tehty vuodesta 2005 lähtien.

2) Säteilytason lyhytaikainen nousu, joka johtuu esim. säteilylähteen viemisestä mittarin läheisyyteen, röntgenkeilan osumisesta mittariin yms.

3) Vain ne valmiusharjoitukset, joissa päivystäjä on ollut mukana.

tusviestit liittyivät esimerkiksi mielenilmauksiin voimalaitosten läheisyydessä, valmiusharjoitukseen ja erilaisiin kansainvälisten järjestöjen lähettämiin tiedonantoihin ja yhteyskokeiluihin.

Vuonna 2007 ei ollut tilanteita, jotka olisivat vaarantaneet väestön tai ympäristön säteilyturvallisuutta ja antaneet aiheutta ryhtyä suojelutoimenpiteisiin. Vuoden aikana oli kuitenkin useita

tapahtumia, joiden johdosta STUKin asiantuntijoiden oli tarpeen käynnistää heti tiedon saavuttua STUKiin selvitykset tapahtuman mahdollisesta turvallisuusmerkityksestä Suomen ja suomalaisten kannalta. Jotkin näistä selvityksistä käynnistettiin virka-ajan ulkopuolella. Taulukossa 2 esitetään yhteydenotot ja tapahtumat viideltä viimeiseltä vuodelta.

8 Tutkimus

Sisko Salomaa

Valmistuneet hankkeet

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

*Cardis E, Richardson L, Deltour I, Armstrong B, Feychting M, Johansen C; Kilkenny M, McKinney P, Modan B, Sadetzki S, Schüz J, Swerdlow A, Vrijheid M, Auvinen A, Berg G, Blettner M, Bowman J, Brown J, Chetrit A, Christensen HC, Cook A, Hepworth S, Giles G, Hours M, Iavarone I, Hakak AJ, Klæboe L, Krewski D, Lagorio S, Lönn S, Mann S, McBride M, Muir K, Nadon L, Parent M-E, Pearce N, Salminen T, Schoemaker M, Schlehofer B, Siemiatycki J, Taki M, Takebayashi T, Tynes T, van Tongeren M, Vecchia P, Wiart J, Woodward A, Yamaguchi N. The INTERPHONE study: Design, epidemiological methods, and description of the study population. *European Journal of Epidemiology* 2007; 22 (9): 647–664.*

Artikkelissa kuvataan Interphone-tutkimuksen asetelmaa ja toteutusta. Aineistoon kerättiin 13 maasta yli 2700 gliomaa, 2300 meningeomaa ja 1100 kuuloherron neurinoomaa sekä 7600 verrokkia. Lyhin viive diagnoosin ja haastattelun välillä oli Suomessa, Saksassa ja Japanissa (1 kk tai alle). Suurimmat aineistot kerättiin Englannista, Australiasta ja Saksasta, sekä näiden jälkeen Pohjoismaista. Korkein osallistumisaste tapauksilla oli Suomessa, Italiassa, Saksaa ja Israelissa (lähellä 90 %:a) ja verrokkien osalta Ranskassa ja Italiassa (noin 70 %). Altistusta koskevat tiedot kerättiin pääasiallisesti henkilökohtaisilla haas-

tatteluilla, paitsi Italiassa ja Norjassa puhelinhaastatteluilla. Matkapuhelimen käyttöä koskevia tietoja puuttui noin 10 %:lta gliomatapauksista ja 5 %:lta muista tutkimuksen osallistujista. Kovin yksityiskohtaista aineiston analyysisuunnitelmaa artikkelissa ei esitetä. Suurimpina virhelähteinä pidetään valikoitumisharhaa (tutkimukseen osallistuneet eivät edusta tasapuolisesti matkapuhelinten käyttäjiä) ja informaatioharhaa (matkapuhelimen käyttöä koskevia tietoja on vaikea muistaa tarkasti jälkikäteen).

*Deperas J, Sztuinska M, Deperas-Kaminska M, Edwards A, Lloyd D, Lindholm C, Romm H, Roy L, Moss R, Morand J, Wojcik A. CABAS: A freely available PC programme for fitting calibration curves in chromosome aberration dosimetry. *Radiation Protection Dosimetry* 2007; 124 (2): 115–123.*

Biologisen dosimetrian tarkoituksena on säteilyannoksen ja siihen liittyvän epävarmuuden määrittäminen. Määrittämiseen tarvittavan annosvasteikäyrän sovite muodostetaan sellaisella tilastollisella menetelmällä, jota ei löydy suurimmasta osasta tilastollisista ohjelmistoista. Monet biodosimetrialaboratoriot ovat tuottaneet omat ohjelmansa, mutta nämä eivät yleensä ole käyttäjäystävällisiä, eivätkä ne ole yleisesti saatavilla. Työn tarkoituksena on ollut kehittää helppokäyttöinen ohjelmisto lineaaris-kvadraattisen annosvasteikäyrän ja annoksen määrittämiseen säteilyn aiheuttamien kromosomivaurioiden perusteella. CABAS-ohjelmisto sisältää annosvasteen muodostamisen ja kokokehoannosmäärittämisen lisäksi modulit osakehoannoksen ja kroonisen annoksen määrittämiseen. Ohjelmisto on vapaasti käytettävissä osoitteessa <http://www.pu.kielce.pl/ibiol/cabas>.

Jokela K. Assessment of complex EMF exposure situations including inhomogeneous field distribution. Health Physics 2007; 92: 531–540.

Sähkömagneettisille kentille altistumisen arviointia vaikeuttaa se, että kentät ovat yleensä hyvin epätasaisesti jakautuneita ja pulssimuodoltaan monimutkaisia. Käytännön altistumismittauksissa voidaan aina määrittää paikallinen huippuarvo, mutta tulos on hyvin konservatiivinen (altistumista yliarvioiva). Tässä katsauksessa esitetään osaksi dosimetristen tutkimusten pohjalta käytännöllisiä mittausten menetelmiä, joiden avulla altistumismääritykset saadaan realistisemmiksi.

Yli 500 MHz taajuuksilla sähkökentän ekvivalenttisen tehotiheyden keskiarvo mitattuna koko kehon alueelta on parempi mitta altistumiselle kuin paikallinen huippuarvo edellyttäen, että niiden ero ei ole suurempi kuin 6 dB. Alle 50 MHz taajuuksilla voidaan mitata kehon eri osiin indusoitunut RF-virta silloin kun kentän impedanssi on suuri eli sähkökenttä on suhteellisesti suurempi kuin magneettikenttä. Mitatuista virroista voidaan arvioida koko kehon keskimääräinen SAR ja paikallinen huippu SAR. Erityisen kriittisiä ovat nilkat, ranteet ja kaula, joihin virta ahtautuu aiheuttaen paikallisen absorptiohuipun.

Alle 100 kHz taajuuksilla magneettikenttä on usein dominoivampi kuin sähkökenttä. Magneettikentän indusoimia pyörrevirtoja ei voi mitata, vaan altistumisarvio on perustettava magneettikentän mittauksiin. Altistumista rajoittavat keskushermostoon eli aivoihin ja selkäyttimeen indusoituvien virtojen maksimitiheydet. Aivojen kohdalla suurin virrantiheys määräytyy pään alueeseen kohdistuvan magneettikentän keskiarvosta, kun taas selkäytimen kohdalla kriittinen tekijä on magneettikentän keskiarvo koko vartalon alueella.

Alle 100 kHz taajuuksilla magneettikentät ovat useimmiten pulssimaisia ja laajakaistaisia. Altistumisarvio voidaan periaatteessa tehdä erikseen jokaisella taajuudella ja summata altistumissuhteet yhteen. Menetelmä on kuitenkin teknisesti hankala ja tarpeettoman konservatiivinen, koska siinä oletetaan, että spektrikomponenttien amplitudit summautuvat samalla ajanhetkellä yhteen. Käytännössä vaihe-erot tasoittavat hetkellistä maksimiarvoa, joka on alle 100 kHz taajuuksilla kriittisin altistumistekijä. Altistuminen onkin huomattavasti kätevämpi ja biologisesti perustel-

lumpi määrittää mittaamalla kentästä painotettu huippuarvo, jossa kenttää suodatetaan biologiseen painotusfunktioon perustuvalla yksinkertaisella suodattimella. ICNIRPin ja CENELEC ovat hyväksyneet painotetun huippuarvon menetelmän, joka on kehitetty STUKissa, spektrimenetelmän vaihtoehdoksi.

Kiljunen T, Järvinen H, Savolainen S. Diagnostic reference levels for thorax X-ray examinations of paediatric patients. The British Journal of Radiology 2007; 80: 452–459.

Euroopan Unionin direktiivi 97/43/Euratom ja Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus 423/2000 velvoittavat Säteilyturvakeskuksen antamaan diagnostiset vertailutasot yleisimmille röntgen- ja isotooppitutkimuksille. Lapsipotilas on radiologisissa tutkimuksissa erityisen huomion kohteena aikuisia korkeammasta säteilyriskistä johtuen. Tämän työn tarkoituksena oli esittää menetelmä lapsipotilaan koon huomioon ottamiseksi vertailutasoja asetettaessa.

Tutkimuksessa käytetty aineisto koostui aiemmin vuosina 1994–2001 kuudesta sairaalasta kerätyistä annostiedoista, joita täydennettiin uusilla mittauksilla kahdessa sairaalassa. Rintakehän röntgentutkimuksia oli yhteensä 700. Iso-Britannian säteilysuojeluviranomaisen (NRPB) esittämän menetelmän lasten vertailutasojen asettamiseksi todettiin aiheuttavan lisää epävarmuutta (12–40 %) mittaustuloksiin ja menetelmä oli ongelmallinen sovellettaessa suomalaisen tutkimuskäytäntöön.

Rintakehä tutkimusten säteilyannokset olivat pienempiä kuin useissa muissa julkaistuissa tutkimuksissa. Yhdestä rintakehä tutkimuksesta aiheutuvaksi efektiiviseksi annokseksi arvioitiin ikäryhmittäin 8–34 μSv . Pienten lasten muita korkeampi säteilyriski kompensoitui muita ikäryhmiä alhaisemmista säteilyannoksista johtuen. Rintakehän tutkimusten säteilyannokset kasvoivat eksponentiaalisesti potilaan koon kasvaessa, korrelaatiokerroimet säteilyannoksiin sovitetuille käyrille olivat 0,86–0,99.

Vertailutasot asetettiin STUKin päätöksellä 1.1.2006 lasten keuhkokuvausta varten potilaan paksuuden funktiona käyttäen molempia yleisesti käytössä olevia annossuureita, pinta-annosta (ESD) ja annoksen ja pinta-alan tuloa (DAP).

Kumlin T, Iivonen H, Miettinen P, Juvonen A, van Groen T, Puranen L, Pitkäaho R, Juutilainen J, Tanila H. Mobile phone radiation and the developing brain: Behavioral and morphological effects in juvenile rats. Radiation Research 2007; 168: 471–479.

Kuopion yliopisto (KY) tutki radiotaajuisen (RF) säteilyn vaikutuksia nuorten rottien keskushermostoon. Tutkimus kuului TEKESin ja teollisuuden rahoittamaan kansalliseen HERMO-hankkeeseen, jossa KY toimi myös koordinaattorina. Altistukseen käytettiin STUKissa kehitettyä laitteistoa. STUK huolehti myös tutkimuksessa käytettyjen RF-altistustasojen määrittämisestä ja varmentamisesta yhteistyössä VTT:n kanssa. Wistar-rottia altistettiin 3–8 viikon ikäisinä 2 tuntia päivässä, 5 päivänä viikossa 900 MHz taajuudella GSM-matkapuhelimen RF-säteilylle. Rotat oli jaettu kolmeen 24 rotan ryhmään, joiden altistustasot (koko kehon keskimääräinen ominaisabsorptionopeus, SAR) olivat 0 W/kg, 0,3 W/kg ja 3 W/kg. Viiden viikon altistuksen jälkeen kunkin ryhmän 6 rotalle tehtiin histologinen tutkimus aivoissa mahdollisesti tapahtuneiden muutosten määrittämiseksi. Kunkin ryhmän muille rotille suoritettiin käyttäytymistestejä, joihin kuului mm. liikunnallista käyttäytymistä, yleistä reagoitua ja tarkkaavaisuutta sekä tilan oppimista ja muistamista selvittäviä testejä. Histologisessa tutkimuksessa ei havaittu, että RF-säteily aiheuttaisi haitallisia muutoksia aivoissa, tuhoaisi hermosoluja tai vaikuttaisi aivoveriестeen toimintaan. Käyttäytymistesteissä RF-säteilylle altistetut rotat oppivat ja muistivat muita paremmin, mutta muuten ei havaittu merkittäviä eroja eri ryhmien rottien välillä. Tutkimustulosten perusteella matkapuhelimen RF-säteily ei näytä olevan haitallista kehittyville aivoille. Kiinnostava havainto GSM-matkapuhelimen RF-säteilyn oppimista ja muistamista parantavasta vaikutuksesta vaatii kuitenkin jatkotutkimuksia.

Lopez MA, Etherington G, Castellani CM, Franck D, Hurtgen C, Marsh JW, Nosske D, Doerfel H, Andrasi A, Bailey M, Balashazy I, Battisti P, Bérard P, Berkowski V, Birchall A, Blanchardon E, Bonchuk Y, de Carlan L, Cantone MC, Challeton-de Vathaire, Cruz-Suarez R, Davis K, Dorrian D, Giussani A, Le Guen B, Hodgson A, Jourdain JR, Koukoulidou V, Luciani A, Malatova I, Molokanov A, Moraleta M, Muikku M, Oeh U, Puncher M, Rahola T, Ratia H, Stradling N. Coordination of research on internal dosimetry in Europe: the Conrad project. Radiation Protection Dosimetry 2007. Epub 2007 Aug 8. doi:10.1093/rpd/ncm350.

EU:n 6. puiteohjelman CONRAD -projekti (Coordinated Network for Radiation Dosimetry) alkoi tammikuussa 2005. Projektin päämääränä on luoda verkosto eurooppalaisista dosimetria-alan osaajista ja edistää tutkimusta ja tiedonvaihtoa alalla. Projektin viides työpaketti (WP5) keskittyy sisäiseen säteilyaltistukseen. Työpakettiin osallistuu 32 tutkijaa yhdestätoista eri maasta. Työpaketti on jaettu viiteen tehtäväalueeseen, joista ensimmäinen käsittelee epävarmuusarvioita sisäisten säteilyannosten määrittämisessä. Toinen käsittelee biokineettisiä malleja ja kolmas Monte Carlo simulaatioihin perustuvien laskennallisten ns. voxel-fantomien käyttöä suorissa ihmismittauksissa. STUK koordinoi neljättä tehtäväosuutta yhdessä HPA (UK) kanssa. Tehtäväosuudessa luodaan EUREMON-verkosto (EUropean Emergency network for individual MONitoring) henkilöistä ja laitoksista, jotka ovat valmiustilanteissa vastuussa niin pelastushenkilöstön kuin väestön sisäisten ja ulkoisten annoksien määrittämisestä. Verkoston tehtävänä on helpottaa tiedonvaihtoa mittaustapoihin ja -menetelmiin sekä tutkimusprojekteihin liittyen. Viides tehtävä on sisäisiä kontaminaatiotapauksia sisältävän tietokannan (IDEAS database) luominen. Tietokantaan kootaan myös viitteitä alan kirjallisuuteen ja julkaisuihin. Tietokantaan pääsee SCK-CEN:n ja ENEA:n internetsivustoilta.

Projektin puitteissa on mm. järjestetty ensimmäinen kansainvälinen vertailu, jossa käytettiin hyväksi Monte Carlo simulaatioon perustuvaa fantomia (^{241}Am -polvivifantomi). Lisäksi on testattu uutta ICRP:n ruuansulatuselimistön mallia (HATM) liittämällä se kuuteen eri annoslaskentaohjelmaan ja vertaamalla saatuja tuloksia. EUREMON -verkostoon on kerätty tietoja lähettämällä kysely kaikkiin Euroopan maihin.

Oivanen T, Kojo K, Pyökkänen L, Holli K, Auvinen A. Early detection of skin cancer as public health policy: Comparison of campaign and routine activity. Preventive Medicine 2007. Epub 2007 Sep 4. doi:10.1016/j.ypmed.2007.08.014.

Tutkimuksessa arvioitiin ihosyöpien varhaistoteamisen osuvuutta, eli kuinka hyvin sairaanhoitajien tekemät arviot ihomuutoksista pitivät paikkansa. Tuloksia vertailtiin kahden eri toimintamuodon, luomikampanjan ja normaalin vastaanotto toiminnan välillä. Hoitajat tarkastivat ihomuutoksia 10 187 henkilöltä, jotka kävivät Pirkanmaan Syöpäyhdistyksen klinikalla vuosien 1991 ja 2000 välisenä aikana. Noin puolet käynneistä liittyi luomikampanjoihin, joita järjestettiin puolivuositain ja joita mainostettiin paikallisessa mediasa. Näissä kampanjoissa oli suuri määrä kävijöitä lyhyessä ajassa. Puolet tutkimushenkilöistä kävi hoitajan tarkistettavana normaalilla vastaanotolla. Tutkimushenkilöä huolestuttavat ihomuutokset tarkastettiin ja hoitaja antoi suosituksen ihomuutoksen poiston tarpeellisuudesta. Suomen Syöpärekisteristä haettiin tiedot ihosyövistä kaikille tutkimushenkilöille vuoden 2002 loppuun asti. Hoitajan suosituksen osuvuutta ihosyövän varhaistoteamisessa arvioitiin laskemalla herkkyys eli kyky havaita ihosyövät. Lisäksi arvioitiin tarkkuus eli kyky erottaa hyvänlaatuiset ihomuutokset.

Normaalilla vastaanottokäynnillä suositeltiin ihomuutoksen poistoa useammin kuin kampanjakäynnillä (52 % vs. 20 %). Kaiken kaikkiaan 1,6 %:lla kampanjan yhteydessä käyneistä potilaista todettiin ihosyöpä 24 kuukauden kuluessa käynnistä, kun normaalilla vastaanotolla käyneistä vastaava luku oli 3,2 %. Hoitajat havaitsivat 82 % Syöpärekisteriin raportoiduista ihosyövistä normaalilla vastaanottokäynneillä ja 52 % kampanjakäynneillä. Hyvänlaatuisista ihomuutoksista hoitajat pystyivät erottamaan 49 % vas-

taanottokäynneillä ja 79 % kampanjakäynneillä. Normaalilla vastaanotolla siis löydetään suhteellisesti enemmän ihosyöpiä kuin kampanjan aikana, mutta tämä johtaa suurempaan poistettujen ihomuutosten määrään.

Peräjärvi K, Turunen J, Hakala J, Jokinen A, Moore ID, Penttilä H, Saastamoinen A, Siiskonen T, Toivonen H, Äystö J. The decay of $^{133\text{m}}\text{Xe}$. Applied Radiation and Isotopes 2007. Epub 2007 Nov 23. doi:10.1016/j.apradiso.2007.11.010

Ydinkokeiden tekemistä rajoitetaan kattavalla ydinkoekieltosopimuksella (CTBT). Sopimuksen valvonnassa $^{133\text{m}}\text{Xe}$:n mittauksilla on keskeinen asema. Tulosten tulkintaan tarvitaan $^{133\text{m}}\text{Xe}$:n konversiokerroin. Aiemmin määritetyt kokeelliset arvot tälle kertoimelle eroavat toisistaan huomattavasti, eivätkä ne ole sopusoinnussa teorian ennustamien arvojen kanssa. Niinpä määritimme uudelleen $^{133\text{m}}\text{Xe}$:n sisäisen konversiokertoimen.

Työ toteutettiin Jyväskylän yliopiston fyysikan laitoksen (JYFL) ja Säteilyturvakeskuksen välisenä yhteistyönä. $^{133\text{m}}\text{Xe}$ -näyte sekä kalibrointinäytteet valmistettiin JYFL:n IGISOL-massaseparaattorilaitteistolla protoni-indusoitua fissiota hyväksi käyttäen. Näytteitä tutkittiin elektronispektrometrilla ja planaarisella germanium-ilmäsimella. Kerätystä mittaussaineistosta määritettiin kyseisen tilan hajoamiseen liittyvä sisäinen konversiokerroin. Saadut tulokset tukevat teorian ennustamia arvoja hyvin ja poistavat aiempiin kokeellisiin tuloksiin liittyviä epä johdonmukaisuuksia.

Puhakainen M, Heikkinen T. Tritium in the urine in Finnish people. Radiation Protection Dosimetry 2007. Epub 2007 Jun 26. doi:10.1093/rpd/nem334.

Virtsan tritiumpitoisuus on analysoitu ^{227}Ra :ltä satunnaisesti valitulta aikuiselta suomalaiselta. Henkilöt olivat iältään 18 ja 65 vuoden välillä. Virtsanäyte kerättiin yön yli. Keskimääräinen tritoidun veden aktiivisuus virtsassa oli 2,5 Bq l⁻¹ ja suurin aktiivisuuspitoisuus 18,3 Bq l⁻¹. Havaitsemisraja vaihteli 1,5 ja 2,3 Bq l⁻¹:n välillä. Koska orgaanisesti sitoutuneen tritiumin osuus noin 10 % kokonaistritiumista, sen pitoisuus oli alle havaitsemisrajan ja se jätettiin huomioimatta. Keskimääräinen efektiivinen annos suomalaisille tritiumista oli $2,4 \cdot 10^{-3}$ μSv y⁻¹.

Pöllänen R, Siiskonen T, Moring M, Juhanoja J. Direct alpha spectrometry for characterising hot particle properties. Radiation Measurements 2007; 42: 1666–1673.

Näytettä tuhoamattomia menetelmiä – erityisesti suoraa alfaspektrometriaa, mutta myös gammaspektrometriaa ja elektronimikroskopiaa – sovellettiin ydinpommista peräisin olevaan hiukkaseen. Tutkimuksen tarkoituksena oli todentaa suoran alfaspektrometrian hyödyllisyys ja selvittää hiukkasen ominaisuuksia tarkasti ainetta rikkomattomin keinoin. Analyysien jälkeen näytettä voidaan siten käyttää mahdollisiin myöhempisiin tutkimuksiin. Gammaspektrometrian avulla hiukkasen havaittiin sisältävän ydinpominuklideja ²³⁵U, ²³⁹Pu ja ²⁴¹Am. Elektronimikroskoopilla tehty alkuaineanalyysi osoitti hiukkasen koostuvan uraanin ja plutoniumin sekoituksesta. Alfaspektrometriaa käytetään tavallisesti radiokemiallisesti prosessoituihin näytteisiin, joiden paksuus on tyypillisesti nanometrejä; tässä työssä menetelmää sovellettiin hiukkaseen, jonka dimensiot ovat kymmeniä mikrometrejä. Alfaspektristä saatava informaatio on tällöin huomattavasti vaikeammin tulkittavissa. Kuitenkin alfasäteilyä lähettävien aineiden tunnistaminen, aktiivisuuden arviointi ja jopa hiukkasen dimensioiden selvittäminen on mahdollista, mikäli käytössä on sopivia työkaluja spektrien analysointiin. Tutkittu hiukkanen oli peräisin Thulesta, Grönlannista. Ydinpommeja kuljettanut Yhdysvaltain B-52-pommikone syöksyi jäähän tammikuussa 1968, jolloin pommit tuhoutuivat ja radioaktiivisia aineita levisi ympäristöön.

Salonen L. Alpha/beta liquid scintillation spectrometry in surveying Finnish groundwater samples. Pleiades Publishing, Inc. 2006. Published in Russian in Radiokhimiya 2006; 48 (6): 544–550. Published in English in Radiochemistry 2006; 48 (6): 606–612.

Alfa/beeta -erotteluun perustuvia nestetuikemenetelmiä on käytetty suomalaisten pohjavesien radioaktiivisuuden tutkimiseen 1988 lähtien kun ensimmäinen pienitaustainen nestetuikespektrometri, Quantulus™, hankittiin Säteilyturvakeskukseen ja kun kokonaisalfa- ja kokonaisbeeta-aktiivisuuden määrittämiseen tarkoitettu menetelmä kehitettiin samana vuonna. Veden radonpitoisuuden määrittämiseen oli jo aiemmin (1978) kehitetty nestetuikemenetelmä. Molemmat menetelmät ovat

merkinneet huomattavia kustannussäästöjä sekä helpompia näytteenvalmistusmenetelmiä että automaattisen näytteenvaihdon takia. Ne ovat siten tehneet mahdolliseksi suurien näytemäärien analysoinnin vähällä työvoimalla ja edistäneet pohjavesien radioaktiivisuuden kartoitusta, kuten juomaveden radioaktiivisuuden poistoon liittyviä tutkimuksia. Suurin hyöty on saatu kokonaisalfa-aktiivisuuden määrittämisestä (yli 11 000 vesinäytettä). Spektreistä on voitu päätellä, onko vedessä sellaisia määriä uraanisarjan radionuklideja (²³⁴U, ²³⁸U, ²²⁶Ra, ²¹⁰Pb), että esim. vesilaitoksilta edellytetään toimenpiteitä niiden poistamiseksi. Alfaspektristä on laskettu ²²⁶Ra-pitoisuudet sekä saatu hyvä arvio näytteiden uraanipitoisuuksille. Siten aikaa vieviä kemiallisia analyysejä ei ole välttämättä tarvittu. Kokonaisalfa-aktiivisuuden määrittäminen tulisi edelleen kehittää siten, että vaimentuneiden näytteiden analyysit saataisiin tarkemmiksi.

Schwarzbaum JA, Ahlbom A, Lönn S, Malmer B, Wigertz A, Auvinen A, Brookes AJ, Collatz, Christensen H, Henriksson R, Johansen C, Salminen T, Schoemaker MJ, Swerdlow AJ, Debinski W, Feychting M. An international case-control study of interleukin-4Ralpha, interleukin-13 and cyclooxygenase-2 genotypes and glioblastoma risk. Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention 2007; 16 (11): 2448–2454.

Suomen, Ruotsin, Tanskan ja Englannin Interphone-tutkimuksen aineistosta selvitettiin tulehdukseen liittyvien geenien polymorfismien yhteyttä huonoennusteisen aivokasvaimen riskiin. Yhteensä 217 tapausta ja 1171 verrokkia kattaneessa aineistossa yksikään tutkituista nukleotidimuutoksista ei ollut yhteydessä kasvainriskiin, mutta yhteen IL-4ra haplotyyppiin liittyi suurentunut glioblastooman riski.

Vesterbacka P. Natural radioactivity in drinking water in Finland. Boreal Environmental Research 2007; 12: 11–16.

Suomalaisten juomaveden kautta saama keskimääräinen vuotuinen efektiivinen säteilyannos porakaivoveden käyttäjälle on 0,4 mSv, rengaskaivonkäyttäjälle 0,05 mSv ja vesilaitosveden käyttäjälle 0,02 mSv. Porakaivoveden käyttäjälle 75 % ja rengaskaivoveden käyttäjälle 60 % juomaveden kautta saatavasta kokonaisannoksesta aiheutuu radonista (²²²Rn). Radonin jälkeen merkittävimmät

mät radionuklidit säteilyaltistuksen kannalta ovat polonium (^{210}Po) ja lyijy (^{210}Pb). Radiumin (^{226}Ra ja ^{228}Ra) aiheuttama annos on hyvin vähäinen, noin 6 %, verrattuna muiden luonnon radioaktiivisten aineiden aiheuttamaan annokseen. Arviolta 10 % porakaivoista ylittää radonille asetetun laatusuosituksen 1000 Bq/l ja 18 % ylittää WHO:n ohjearvosuosituksen uraanille 15 µg/l.

Zanca F, Van Ongeval C, Jacobs J, Pöyry P, Marchal G, Bosmans H. Evaluation of the global effect of anatomical background on microcalcifications detection. In: Jiang Y, Sahiner B (eds.). Medical Imaging 2007: Image perception, observer performance and technology assessment. Proceedings of SPIE, Volume 6515, 5 March 2007.

Työssä tutkittiin anatomisen taustan vaikutusta mikrokalkkien näkyvyyteen digitaalisessa mammografiakuvassa. Belgian Leuvenissa kehitettyä mikrokalkkien simulointimenetelmää uudistettiin ja työn ensimmäisessä osassa radiologit vertasivat oikeita ja simuloituja mikrokalkkeja keskenään. Tulosten mukaan havaitsijat eivät pystyneet erottamaan simuloituja ja oikeita mikrokalkkeja toisistaan ja näin uusi menetelmä voitiin todeta käyttökelpoiseksi. Työn toisessa osassa radiologit etsivät ja luokittelivat mikrokalkkeja mammografiakuvista, joissa erityyppisiä mikrokalkkeja oli simuloitu kudostyyppiltään erilaisiin taustoihin. FROC-menetelmää (Free Receiver Operating Characteristic) käyttäen etsittiin korrelaatioita havaittavuuden ja anatomisen taustan välillä. Anatominen tausta rajoittaa eniten suurien (halkaisija >700µm) ja pienien (halkaisija <400µm) matalakonstrastisten mikrokalkkien havaittavuutta. Mikrokalkkien näkyvyys oli yllättävän huono enimmäkseen rasvakudosta sisältävässä taustassa.

Muissa kudostyypeissä näkyvyys heikkeni rauhaskudoksen lisääntyessä. Kohteista parhaiten erottuivat tiiviit (Le Gal II) ja huonoiten puuterimaiset (Le Gal III) mikrokalkit.

Toivonen T, Toivo T, Puranen L, Jokela K. Setup and dosimetry for exposure of human skin in vivo to RF-EMF at 900MHz. Epub 2007 Nov 28. Bioelectromagnetics 2008; 29: 207-212.

Tutkimuksen tarkoituksena oli analysoida laitteisto, jota käytettiin kymmenen tutkimuskoehenkilön ihon altistamiseen GSM 900 -matkapuhelimen radiotaajuiselle säteilylle. Altistuskoe toteutettiin altistamalla pientä aluetta koehenkilöiden oikeassa käsivarressa tunnin ajan, jonka jälkeen ihosta otettiin biopsia proteiinianalyysia varten. Altistuksessa käytettiin lähteenä puolialtodipolia, johon syötettiin signaali tietokoneella ohjatusta matkapuhelimesta. Biopsian alueella vaikuttanut ominaisabsorptionopeus (SAR) määritettiin tietokonesimuloinnilla. Käsivarren numeerisena mallina käytettiin yksinkertaistettua kerroksittaista sylinterimallia, jonka keskiosan dielektriset parametrit vastasivat lihaskudosta, uloimman kerroksen (paksuus 1 mm) parametrit ihoa ja näiden väliin jäävän kerroksen (paksuus 3 mm) parametrit rasvaa. Simulointimallit ja menetelmät validoitiin mittauksin homogeenisella fantomijärjestelyllä. Keskimääräinen SAR altistuksissa oli 1,3 W/kg ja epävarmuus ±20 % ($K=2$). Koejärjestelyn suurimmaksi epävarmuustekijäksi havaittiin ihon ja antennin välisen etäisyyden asettelutarkkuus (10 mm ± 1 mm). Muita merkittäviä epävarmuustekijöitä olivat altistettujen henkilöiden väliset erot käsivarren ja kudoksen paksuuksien osalta ja radiotaajuisen tehon mittausepävarmuus.

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 hallussapitoa ja kuljettamista ehkäiseviä projekteja. Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvontajärjestelmien ja onnettomuusvalmiuden kehittäminen puolestaan hyödyttää asukkaita laajalti sekä vastaanottajamaassa että naapurimaissa. Yhteistyöohjelmassa syntyneet tiiviit kontaktit mahdollistavat suomalaisille asiantuntijoille ajantasaisen tiedon saannin lähiydinvoimalaitosten turvallisuuden kehittymisestä.

9.1 Leningradin ydinvoimalaitos

1.–5. lokakuuta kolme STUKin edustajaa osallistui Leningradin ydinvoimalaitoksella järjestettyyn kansainväliseen konferenssiin, jossa käytiin läpi monivuotisen yhteisen turvallisuusanalyysityön tuloksia. Analyysityön tulokset antavat voimalaitokselle mahdollisuuden suunnata tulevia parannus- ja muutostoimenpiteitä tehokkaimmalla tavalla.

8.–12. lokakuuta STUK teki yhteistyössä Venäjän ydinturvallisuusviranomaisen Rostechnadzorin kanssa Leningradin ydinvoimalaitokselle tarkastuksen, jossa arvioitiin voimalaitoksen käyttöorganisaation toimintaa. Käyttöturvallisuuden tason todettiin kehittyneen laitoksella hyvin suotuisasti vertailukohtana olleeseen 15 vuoden takaiseen tilanteeseen nähden.

23. lokakuuta suomalaiset asiantuntijat osallistuivat Leningradin voimalaitoksella vesikemian valvonnan parantamiseen tähtäävän, voimalaitoksen, Ruotsin ja Suomen yhteisrahoituksella toteutettavan hankkeen laitetoimittajan valintaan. Turvallisuudelle tärkeiden putkistojen eheyden kannalta elintärkeän hankkeen varsinaiseen toteuttamiseen päästään vuonna 2008.

23.–25. lokakuuta kaksi suomalaista asiantuntijaa kävi voimalaitoksella selvittämässä kulunvalvontajärjestelmän tekeillä olevaan päivitykseen liittyviä kysymyksiä. Muutokset toteutetaan alkuvuodesta 2008.

25.–30. marraskuuta viisi Leningradin ydinvoimalaitoksen edustajaa osallistui Suomessa Olkiluodossa käyttöturvallisuusyhteistyöhön liittyvään koulutusseminaariin, joka teema oli uuden ydinvoimalaitoksen käyttäjien kouluttaminen.

28.–29. marraskuuta STUKin edustajat vierailivat Merentutkimuslaitoksen asiantuntijan kanssa Leningradin ydinvoimalaitoksella sekä Pietarin Hydrometeorologisessa tutkimuslaitoksessa selvittämässä Suomenlahden tulvariskin vaikutuksia voimalaitoksen turvallisuuteen. Tavoitteena on luotettavien ennusteiden tekemisen mahdollistava jatkuva havaintojen vaihto.

Leningradin ydinvoimalaitoksen kolmosyksiön laajan peruskorjauseisokin yhteydessä toteutettiin merivesiputkistojen korroosiosuojaus sukitusmenetelmällä samaan tapaan kuin kahdella vanhemmalla laitosyksiköllä aiempina vuosina. Suojattavia putkia oli kaksi ja työ toteutettiin marras-joulukuun vaihteessa kahden viikon kuluessa suomalaisen asiantuntijan valvonnassa. Vastaava jälkilämmön poistamisen kannalta elintärkeän putkiston suojaaminen on ohjelmassa vielä myös nelosyksikölle.

9.2 Kuolan ydinvoimalaitos

1.–2. lokakuuta STUKin Rovaniemen toimipisteessä järjestettiin säteilyvalvontaverkkoja koskeva seminaari, johon osallistui kaksi Kuolan ydinvoimalaitoksen edustajaa.

3. lokakuuta STUKin edustajan vierailulla Kuolan ydinvoimalaitoksella keskusteltiin vuosina 2008-2009 toteutettavista yhteishankkeista. Kuolan voimalaitoksen ehdottamat laiteoimitushankkeet toteutetaan pääosin yhteistyössä Ruotsin ydinturvallisuusviranomaisen SKI:n kanssa.

Alkuvuodesta Suomeen kuljetetut putkistosien kappaleet, jotka täällä varustettiin keinotekoisilla vioilla hitsausaumojen rikkomattoman tarkastamisen testaamista varten, toimitettiin lokakuussa takaisin Kuolan ydinvoimalaitokselle. Testikappaleiden avulla tullaan antamaan tarkastajien koulutusta.

16. marraskuuta Rostechndzozorin edustaja Kuolan ydinvoimalaitokselta kävi STUKissa raportoimassa vuoden 2007 ensimmäisen puoliskon käyttötapahumista. Raportoinnin yhteydessä saadaan myös yleisempää tietoa kehityksestä laitoksella.

25.–30. marraskuuta neljä Kuolan ydinvoimalaitoksen edustajaa osallistui Olkiluodossa järjestettyyn käyttöturvallisuusyhteistyöhön liittyvään koulutusseminaariin, joka teema oli uuden ydinvoimalaitoksen käyttäjien kouluttaminen.

10.–14. joulukuuta järjestettiin Kuolan voimalaitoksella koulutusseminaari aiheena turvallisuuskulttuuri, sen arviointi ja kehittäminen.

10.–13. joulukuuta kolme suomalaista asiantuntijaa osallistui Kuolan voimalaitoksella järjestettyyn kokoukseen todennäköisyyspohjaisten analyytien sovelluksista ja kokemuksista. Kyseessä on aiheesta useita vuosia jatkuneiden kokousten sarja.

9.3 Muu yhteistyö

7.–10. lokakuuta STUKin edustaja vieraili Ilmatieteen laitoksen asiantuntijan kanssa Moskovassa ja Obninskissa perehtymässä venäläiseen päästöjenleviämislaskentaan hätätilanteissa.

22.–25. lokakuuta kolme STUKin asiantuntijaa osallistui Uumajassa Venäjän kanssa harjoitettavaa onnettomuusvalmiusyhteistyötä kehittävään pohjoismaiseen kokoukseen.

28.–31. lokakuuta STUKin edustaja osallistui Odessassa Ukrainassa harjoitukseen ”Proliferation Security Initiation”.

7.–8. marraskuuta sovittiin Pietarissa STUKin ja Pietarin onnettomuusvalmiuskeskuksen välisen yhteistyösopimuksen jatkamisesta. Pietarin keskus on yksi viidestä Venäjällä ja sen tehtävänä on auttaa Luoteis-Venäjän alueen viranomaisia säteilytilanteen tarkkailussa, väestönsuojelutoiminnassa ja tietojen tuottamisessa.

18.–21. marraskuuta Rostechndzozorin edustaja Kuolan ydinvoimalaitokselta vieraili Helsingissä suorittamassa tehdasvastaanottotarkastuksen STUKissa valmistetulle ydinpolttoaineen mittauslaitteelle (SFAT), joka toimitetaan Kuolan voimalaitokselle vuoden 2008 aikana. SFAT:n avulla on mahdollista kätevästi ja riippumattomasti varmistaa ydinpolttoaineen ilmoitettu sijainti.

25.–30. marraskuuta STUKin säteilyturvallisuusosasto järjesti Rostechndzozorin vastaavan osaston edustajille seminaarin aiheesta ”Regulation documents for radiation safety in industry, medicine, science and education”.

5.–10. marraskuuta ja 4-7. joulukuuta järjestettiin STUKissa Rostechndzozorin edustajille ydinmateriaalien valvontaa koskevat seminaarit, ensimmäisen aiheena uraani / plutoniumpolttoaineen valvontaohjeet ja toisen aiheena ydinsulkuvalvonnan viranomaisohjeet.

12.–15. marraskuuta ja 10.–13. joulukuuta järjestettiin STUKissa Rostechndzozorin edustajille ydinjätteiden valvontaa koskevat seminaarit, ensimmäisen aiheena vaatimukset ydinjätevaraston turvallisuusanalyysille ja toisen aiheena radioaktiivisen grafiittijätteen loppusijoittaminen.

13.–14. joulukuuta STUKin edustaja osallistui Wienissä kokoukseen ”Nuclear Security Donor-Recipient Meeting”.

13.–14. joulukuuta sovittiin Helsingissä STUKin ja Rostechndzozorin kesken vuoden 2008 yhteistyöstä. Toiminta jatkuu vähintään entisessä laajuudessaan kaikilla yhteistyöalueilla.

LIITE 1

YLEISTIEDOT SUOMEN YDINVOIMALAITOKSISTA



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	Kiehausvesireaktori (BWR), Asea Atom
Olkiluoto 2	18.2.1980	1.7.1982	890/860	Kiehausvesireaktori (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.

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

teuttavien laitosten tulosten kanssa. Tulokset vietään niiden valmistuttua STUKin www-sivuille, 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).