

STUK-B 86 / TAMMIKUU 2008

B

# Säteily- ja ydinturvallisuus

Neljännesvuosisiraportti 3/2007

Risto Isaksson (toim.)

# Säteily- ja ydinturvallisuus

Neljännesvuosiraportti 3/2007

Risto Isaksson (toim.)

ISBN 978-952-478-309-5 (nid.) Edita Prima Oy, Helsinki 2008  
ISBN 978-952-478-310-1 (pdf)  
ISSN 0781-1713

---

*ISAKSSON Risto (toim.). Säteily- ja ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 3/2007. STUK-B 84. Helsinki 2007. 29 s. + liitteet 2 s.*

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

## Tiivistelmä

Raportissa esitetään tietoja STUKin toimialalla yleistä mielenkiintoa herättäneistä säteily- ja ydinturvallisuuden tapahtumista vuoden 2007 kolmannelta 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 kolmannelta 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 kuusi tutkimuksen alkuperäisjulkaisua.

# Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	5
2 SUOMEN YDINVOIMALAITOKSET	6
2.1 Loviisa 1 ja 2	6
Käyttö ja käyttötapahtumat	6
2.2 Olkiluoto 1 ja 2	10
Käyttö ja käyttötapahtumat	10
2.3 Olkiluoto 3	13
3 YDINJÄTEHUOLTO	14
3.1 Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen valmistelu	14
3.2 Voimalaitosjätteiden huolto	14
4 YDINSULKUVALVONTA	15
4.1 Fortum ja Loviisan voimalaitos	15
4.2 Teollisuuden Voima ja Olkiluodon voimalaitos	16
4.3 Loppusijoitustilan ydinsulkuvalvonta	16
4.4 VTT FiR-1 tutkimusreaktori	16
4.5 Valvontasopimuksen lisäpöytäkirjan mukaiset ilmoitukset ja toimet	16
4.6 Radioaktiivisten aineiden kuljetusten valvonta ja rajavalvonta	16
4.7 Muut asiat	16
5 SÄTEILYN KÄYTTÖ	17
5.1 Ionisoiva säteily	17
5.2 Ionisoimaton säteily	20
6 VALTAKUNNALLINEN YMPÄRISTÖN SÄTEILYVALVONTA	22
6.1 Ulkoinen säteily	22
6.2 Ilman radioaktiivisuus	23
6.3 Poikkeavat säteilyhavainnot	23
7 VARAUTUMINEN SÄTEILYTILANTEISIIN JA POIKKEAVAT TAPAHTUMAT	24
7.1 Loviisasta neljä ja Olkiluodosta yksi yhteydenotto	24
7.2 Säteilymittausilmoitukset johtuivat teknisistä vioista	24
7.3 Säteilevä betonierä Nuijamaan tullissa	24
7.4 Kaksi ilmoitusta seismisistä havainnoista	25
7.5 Maanjäristys vaurioitti ydinvoimalaitosta Japanissa	25
7.6 Ydinsukellusvene vaurioitui Arkangelissa	26
7.7 Leningradin ydinvoimalaitoksen valmiusharjoitus	26
7.8 Muut yhteydenotot päivystäjään ja yhteyskokeilut	26
8 TUTKIMUS	27
8.1 Valmistuneet hankkeet	27
9 LÄHIALUEEN YDINVOIMALAITOKSET	30
9.1 Leningradin ydinvoimalaitos	30
9.2 Kuolan ydinvoimalaitos	31
9.3 Muu yhteistyö	31
LIITE 1 YLEISTIEDOT SUOMEN YDINVOIMALAITOKSISTA	32
LIITE 2 VALTAKUNNALLINEN YMPÄRISTÖN SÄTEILYVALVONTA STUKISSA	33

# 1 Johdanto

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

STUK julkaisee neljännesvuosittain raportin, jossa kuvataan Suomen ja sen lähialueiden ydin-

laitosten 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, Tomi Koskiniemi, Rainer Rantala, Suvi Ristonmaa, Petteri Tiippana, Kim Wahlström, Olli Vilkamo, Tapani Virolainen, Eero Virtanen*

### 2.1 Loviisa 1 ja 2

#### Käyttö ja käyttötapaukset

Loviisan kummankin laitoksen vuosihuollot olivat kolmannen vuosineljänneksen aikana. Loviisa 1:n energiakäyttökerroin vuosineljänneksellä oli 74,8 % ja Loviisa 2:n 79,4 %. Energiakäyttökerronin kuvaa tuotetun sähköenergian suhdetta energiaan, joka olisi voitu tuottaa, jos laitoksikko olisi toiminut koko tarkasteluajan nimellisteholla. Sähkötuoantaa kuvaavat diagrammit ja tehonalennusten syyt esitetään kuvissa 1 ja 2.

#### Loviisa 1:n vuosihuolto

Loviisa 1:n vuosihuolto oli lyhyt polttoaineenvaihtoseisokki. Laitoksikko ajettiin alas vuosihuoltoon 18.8.2007 ja kytkettiin takaisin valtakunnan verkkoon 7.9.2007 noin kolme vuorokautta suunniteltua myöhemmin. Vuosihuolto kesti 19 vuorokautta ja 20 tuntia.

Polttoaineen vaihdon lisäksi vuosihuollossa tehtiin normaaleja huolto- ja tarkastustöitä ja neljän pääkiertopumpun huolto. Sekundääripiiristä huollettiin mm. merivesipumppuja. Turbiini ja generaattori tarkastettiin ja vuonna 2008 tehtävää generaattorin staattorin vaihtoa valmisteltiin.

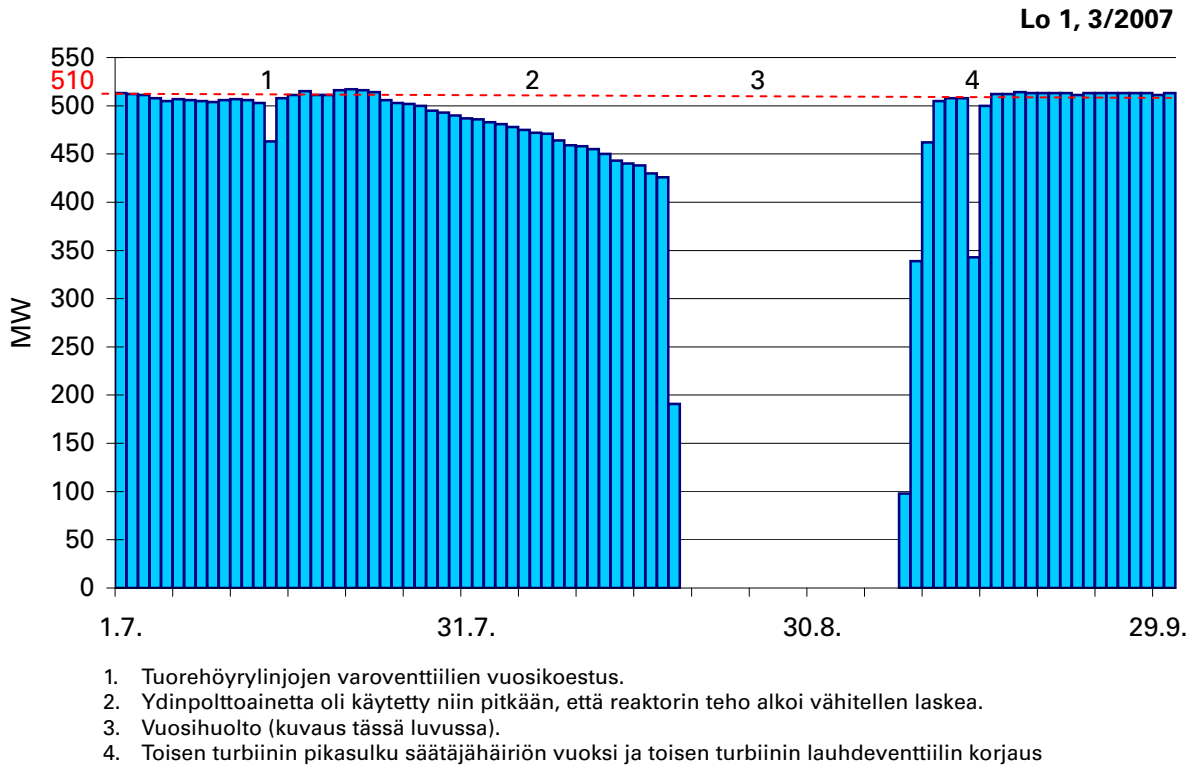
Tehdyissä tarkastuksissa reaktoripaineastian laippatason tiivistepinnoilta ei löytynyt vastaavia säröjä, joita korjattiin vuonna 2006. Käyttöjakson aikana havaittu generaattorin staattorin vetyvuoto paikannettiin ja korjattiin vuosihuollon aikana.

Muutostyönä vuosihuollossa asennettiin pääkiertopumpun uudelleen käämitty moottori. Turvallisuutta lisäävänä muutostyönä kahdennettiin kahden höyrystimen ulospuhallusjärjestelmän putki. Höyrystimessä tulpattiin yksi viiallisen lämmönsiirtoputken pää, jota ei vuonna 2006 saatu tulpattua putkessa olleen esteen johdosta.

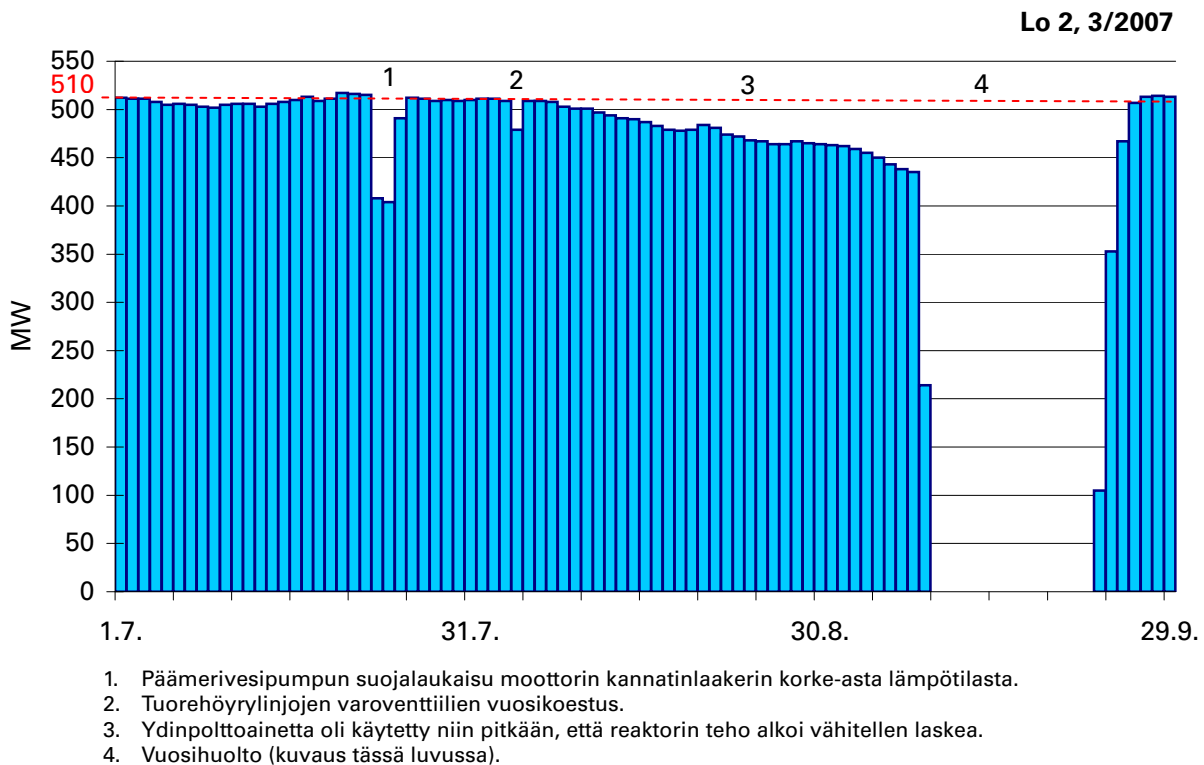
Loviisa 1:n seisokin aikana tapahtui kaksi häiriötä sähkönsyötössä - ylivirtareleen vioittuminen ja kantaverkon häiriö. Ylivirtarele vioittui 6 kV:n sähkökeskuksessa 22.8.2007. Seurauksena oli, että jälkilämmönpoistoketju toimi hetken ainoastaan yhden pumpun varassa. Tämä on vastoin laitoksen turvallisuusteknisiä käyttöehtoja (TTKE), joissa seisokin aikana vaaditaan kaksi rinnakkaista käyttökuntoista pumppua (ks. kuvaus tapahtumasta jäljempänä tässä luvussa). Toinen häiriö tapahtui, kun ukkonen aiheutti 110 kV:n verkko-yhteydessä lyhyen – alle 3 sekunnin – jännitekatkoksen 24.8.2007. Katkoksen yhteydessä sähköjärjestelmän jälleenkytkentäautomaatiikka toimi suunnitellusti ja käynnisti uudelleen katkoksen aikana pysähtyneet turvallisuuden kannalta tärkeät sähkölaitteet. Tapahtumalla ei ollut turvallisuusmerkitystä.

Seisokkia pidensi mm. se, että pääkiertopumppuja huollettiin neljä polttoaineseisokin perussuunnitelman mukaisten kahden pumpun sijaan. Monet pääkiertopumppujen huollot sekä niistä johtuneet primääripiirin ilmausvaikeudet ylösajon aikana aiheuttivat yli vuorokauden viiveen suunniteltuun aikatauluun. Toinen merkittävä viive aiheutui suojarakennuksen erikoisviemäröinnin eristysventtiilin vuodosta, jonka korjaus seisokin lopussa kesti kaksi vuorokautta. Kyseisen venttiilin toimintakuntoisuus on käynnistysvaiheeseen siirtymisen ehtona.

Seisokin aikaisista töistä aiheutunut kollektiivinen säteilyannos Loviisa 1:llä oli 0,37 manSv. Vuosittainen kollektiivinen säteilyannos kertyy pääasiassa seisokeissa tehtyjen töiden aikana. Suurin yksittäisen henkilön saama säteilyannos Loviisa 1:n vuosihuollossa oli 6,27 mSv. Säteilyasetuksen mukaan säteilytyöstä työntekijälle vuoden aikana aiheutuva efektiivinen annos ei saa olla suurempi



**Kuva 1.** Loviisa 1:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho heinä–syyskuussa 2007.



**Kuva 2.** Loviisa 2:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho heinä–syyskuussa 2007.



kuin 50 mSv. Säteilyannos ei saa myöskään ylittää 100 mSv:n annosrajaa minkään viiden vuoden ajanjakson aikana. Kuvassa 3 esitetään vuosihuolloissa kertyneet kollektiiviset säteilyannokset.

### Loviisa 2:n vuosihuolto

Loviisa 2:n polttoaineenvaihtoseisokki alkoi 8.9.2007 ja päättyi 23.9.2007 noin kaksi vuorokautta suunniteltua aikaisemmin. Seisokki oli Loviisan historian lyhyin ja se kesti 14 vuorokautta ja 21 tuntia.

Polttoaineen vaihdon lisäksi vuosihuollossa tehtiin huolto- ja tarkastustöitä, paineastian tiivisteurien tarkastuksia ja kahden pääkiertopumpun huolto. Seisokin aikana huollettiin yksi merivesipumppu ja yksi pumppu vaihdettiin uuteen. 6 kV:n sähkökeskuksen kiskoja tarkastettiin mahdollisten uusien säröjen löytämiseksi. Vuosihuoltoon kuului myös turbiinin ja generaattorin tarkastuksia. Turvallisuutta lisäävänä muutostyönä kahdennettiin yhden höyrystimen ulospuhallusjärjestelmän putki.

Reaktoripaineastian laippatason tiivistepinoilta ei löytynyt vastaavia säröjä, joita korjattiin vuonna 2006. 6 kV:n sähkökeskuksista löytyi kolme uutta säröytynyttä kiskoja, jotka korjattiin. Kyseessä on ainoastaan Loviisa 2:lla esiintyvä kiskojen rakenteesta johtuva ikääntymisilmiö, jota seurataan myös jatkossa.

Vuosihuoltoseisokin aikaisista töistä aiheutui 0,28 manSv kollektiivinen säteilyannos Loviisa 2:lla. Suurin yksittäisen henkilön saama säteilyannos Loviisa 2:n vuosihuollossa oli 5,34 mSv. Kuvassa 3 esitetään vuosihuolloissa kertyneet kollektiiviset säteilyannokset vuosilta 2003–2007.

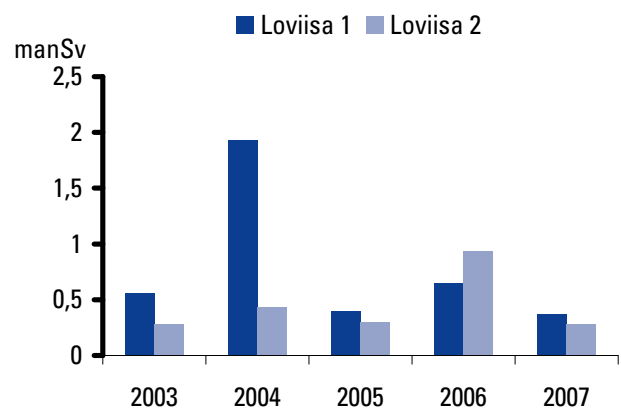
### Varoventtiilien jousikupujen vauriot Loviisan voimalaitoksella

Loviisan voimalaitoksella havaittiin eräiden varoventtiilien jousikuvuissa vaurioita, joiden vuoksi venttiilien jousikupuja on päätetty vaihtaa. Kuvun murtuminen aiheuttaa varoventtiilin aukeamisen ja vuodon järjestelmässä, jossa se on käytössä.

Kun kyseisen tyyppistä varoventtiiliä testattiin koepenissä, venttiilin jousikupu murtui laipan ja

vaipan liittymäkohdasta. Toisesta samanlaisesta varoventtiilin jousikuvusta löytyi särö. Jousikuvun sisällä on jousi, joka pitää varoventtiilin lautasen kiinni. Varoventtiilien toimintaa ja aukeamispaikkaa testataan säännöllisesti.

Saman valmistajan samantyyppisiä varoventtiileitä, joiden jousikupu on valurautaa, on kolme Loviisa 1:n ja neljä Loviisa 2:n turvallisuusluokitelluissa järjestelmissä, joiden käyttöpaine on alle 10 bar. Kaikki Loviisa 2:n kyseiset varoventtiilit tarkastettiin ja Loviisa 1:ltä ne venttiilit, jotka voitiin tarkastaa reaktorin käytön aikana. Kahdesta tarkastamatta jääneestä valurautaisesta jousikuvusta oli seisokin aikana otettuja valokuvia, joista voitiin nähdä jousikupujen rakenteen muotoilun olevan vahvempi kuin vaurioituneissa jousikuvuissa. STUK edellytti näiden jousikupujen tarkastamista seuraavassa seisokissa. Tarkastettujen varoventtiilien lukumäärä on suurempi, mutta osassa jousikupu on sitkeämpää materiaalia. Tarkastetuista venttiileistä ei löytynyt muita viallisia. Voimayhtiö on tehnyt päätöksen kaikkien kyseisen valmistajan toimittamien venttiilien valurautaisten jousikupujen vaihtamisesta sitkeämpään materiaaliin.



Kuva 3. Loviisan laitosisyksiköiden vuosihuolloissa kertyneet kollektiiviset säteilyannokset.

## Sähkökatkos Loviisa ykkösellä vuosihuoltoseisokin aikana

Loviisa 1:n sähkönsyöttöjärjestelmässä tapahtui vuosihuollon aikana 22.8.2007 häiriö, joka aiheutti sähkökatkoksen kahdelle dieselvarmennetulle sähkökeskukselle. Häiriön vuoksi yksikön jälkitechon poisto ja polttoainealtaiden jäähtytys joutui turvallisuusteknisten käyttöehtojen (TTKE) vastaiseen tilaan. Loviisa 1:n polttoaineen jäähtytys toimi kuitenkin tapahtuman aikana normaalisti toiminnallisen minimivaatimuksen mukaisesti ja jälkilämmön poistoon oli käytettävissä normaaleista järjestelmistä riippumaton varajärjestelmä.

Loviisa 1 oli 22.8.2007 vuosihuollossa. Sähkönsyöttö yksikölle tapahtui suunnitellusti 110 kV:n ulkoisesta voimansiirtoverkosta ja kaikki sähkökeskukset olivat jännitteellisiä. Neljästä varavoi-  
madieselgeneraattorista kolme oli toimintavalmiudessa ja yksi huollossa.

Sähköhäiriö sai alkunsa, kun 6 kV:n oma-käyttösähkökeskuksen ylivirtarele toimi ja avasi sähköä syöttävän katkaisijan, minkä seurauksena yksi 6 kV:n ja yksi 400 V:n dieselvarmennettu sähkökeskus ja kaikki niiden syöttämät sähkölaitteet – mm. useat tärkeät pumppumootorit – jäi-

vät ilman sähköä. Syntyneen jännitekatkon takia laitossuojajärjestelmä käynnisti varmentavan varavoi-  
madieselin, mutta ylivirtarele esti suunnitellusti sen käytön.

Häiriön havaitsemisen jälkeen voimayhtiö selvitti laitosturvallisuuteen vaikuttavat tekijät sekä käynnisti vian selvityksen ja vaadittavat korjaustoimenpiteet. Jännite palautettiin 6 kV sähkökeskukseen noin 5,5 tunnin sähkökatkoksen jälkeen. Kun jännitettä palautettiin 400 V keskukseseen, sen syöttökatkaisijassa ilmeni vika, jonka korjauksen vuoksi sähkökatkos kesti siellä noin 7,5 tuntia.

Tapahtuman turvallisuusmerkitys oli vähäinen, koska laitousyksikön ohjauksessa, valvonnassa ja jälkilämmönpoistossa tarvittavat järjestelmät toimivat normaalisti. Lisäksi useat varajärjestelmät olisivat olleet otettavissa käyttöön tarvittaessa. Yksikön sähköjärjestelmien suojaus toimi suunnitellusti.

Voimayhtiö vaihtoi virheellisesti toimineen ylivirtareleen ja 400 V sähkökeskuksen syöttökatkaisijan. Jatkotoimenpiteinä voimayhtiö selvittää mm. dieselgeneraattorin apujärjestelmien sähkönsyötön ja valvonnan sekä suojauksen asianmukaisuuden ja mahdollisen parannustarpeen. Tapahtuman INES-luokitus on 0.

## 2.2 Olkiluoto 1 ja 2

### Käyttö ja käyttötapahtumat

Olkiluodon laitosyksiköt olivat tuotantokäytössä koko vuosineljänneksen lukuunottamatta Olkiluoto 2:n noin vuorokauden tuotantokatkoa, joka aiheutui turbiinin ja reaktorin pikasulkuun johtaneen käyttöhäiriön syiden selvittämisestä ja korjaamisesta. Olkiluoto 1:n energiakäyttökerroin vuosineljänneksellä oli 98,5 % ja Olkiluoto 2:n 97,2 %. Energiakäyttökerroin kuvaa tuotetun sähköenergian suhdetta energiaan, joka olisi voitu tuottaa, jos laitosyksikkö olisi toiminut koko tarkasteluajan nimellisteholla. Laitosyksiköiden sähköntuotantoa vuosineljänneksellä kuvaavat diagrammit ja tehonalennusten syyt esitetään kuvissa 4 ja 5.

### Ulospuhallusjärjestelmän venttiilien koestus väärässä käyttötilassa

Olkiluodon voimalaitoksella todettiin, että ulospuhallusjärjestelmän venttiilien koestus on useana vuotena tehty väärässä käyttötilassa.

Ulospuhallusjärjestelmän tehtävänä on säätää ja alentaa painetta reaktoripaineastiassa. Järjestelmässä on useita venttiileitä, joiden toimintakunnosta varmistutaan koestamalla ne säännöllisesti. Kahta järjestelmän venttiileistä käytetään lähinnä paineen säätöön. Sarjassa näiden säätöventtiilien kanssa ovat niin kutsutut pika-avausventtiilit, jotka avautuvat nopeasti suojausjärjestelmästä tulevasta signaalista.

Turvallisuusteknisten käyttöehtojen (TTKE) mukaan toinen pika-avausventtiileistä tulisi koestaa ennenkuin laitosyksikkö siirtyy tehoajolle ja toinen tehoajon aikana. Voimayhtiö on koestanut molemmat venttiilit vuosihuollon jälkeen ennen tehoajolle siirtymistä.

Tapahtuman turvallisuusmerkitys on vähäinen. Molempien venttiilien toimintakunto on todettu säännöllisin koestuksin. Voimayhtiö ei kuitenkaan havainnut, että toiminta on ollut TTKE:n vastaista vuodesta 2001 alkaen. Voimayhtiö laati tapahtumasta erikoisraportin. Tapahtuman INES-luokka on 0.

### Reaktorin pikasulku Olkiluoto 2:lla

Olkiluoto 2:lla tapahtui reaktorin pikasulku 4.9.2007 käyttöhäiriön johdosta. Laitos oli pysäy-

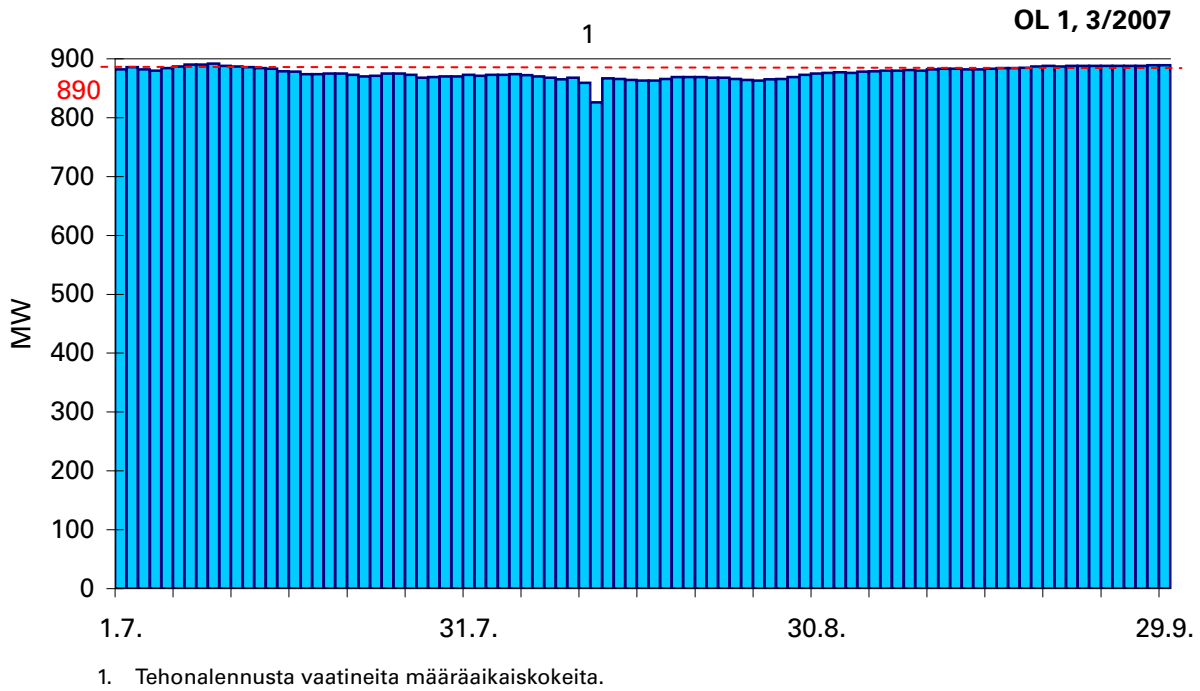
tettynä häiriön syiden selvittämisen ja korjaamisen vuoksi vuorokauden.

Tapahtuman alkusyynä oli generaattorin vesijäähdytysjärjestelmän värinä. Laitoksen ohjaajat päättivät pysäyttää järjestelmän pumpun ja käynnistää varalla olevan pumpun. Varalla olevan pumpun linjassa oleva venttiili oli kuitenkin virheellisesti kiinni ja hetken kuluttua käynnissä olevan pumpun pysäyttämisestä tapahtui turbiinin pikasulku ja osittainen reaktorin pikasulku. Reaktorin teho laski noin 30 %:iin. Reaktorissa syntyvä höyry ohjattiin turbiinien sijaan suoraan lauhduttimeen (nk. dumpsaus). Tapahtuman seurauksena laitos irtosi valtakunnan sähköverkosta.

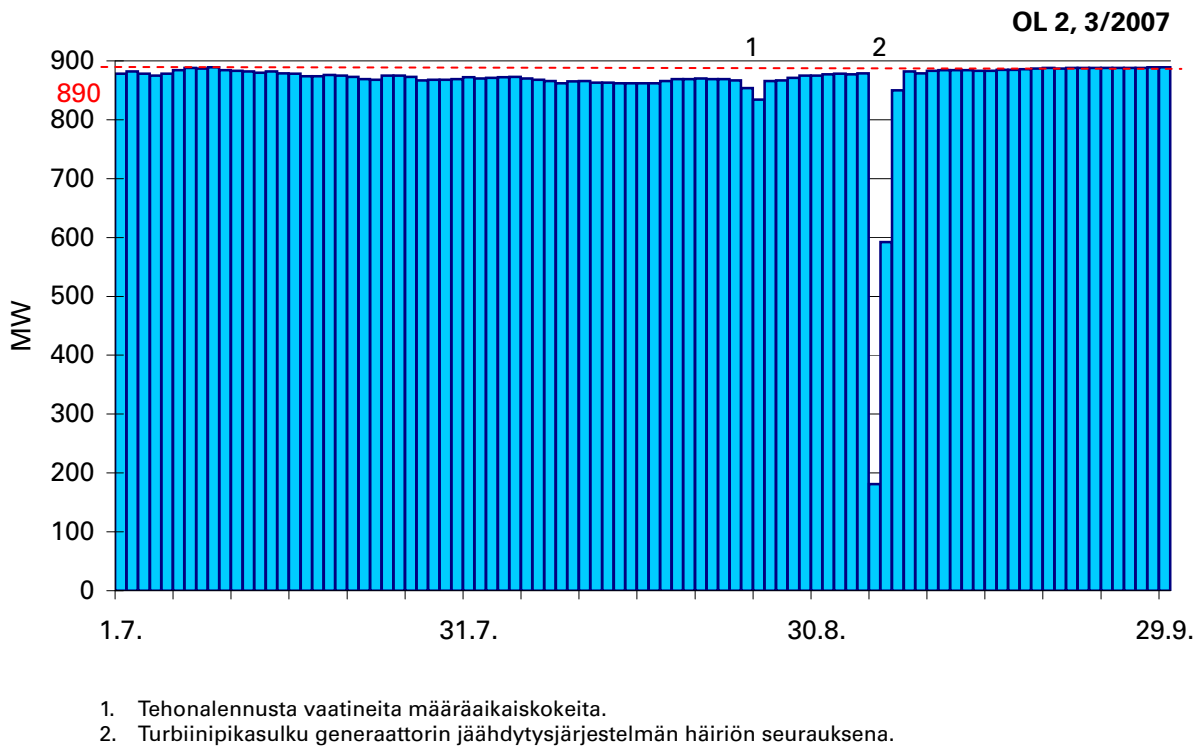
Noin tuntia myöhemmin dumpsauslinjan pikasulkuventtiilit sulkeutuivat virheellisesti ja höyryn kulku reaktorista lauhduttimeen estyi. Paine reaktoripaineastiassa kasvoi ja suojausjärjestelmä laukaisi reaktoripikasulun. Reaktorissa syntyvä höyry ohjattiin reaktorin ylipainesuojauksesta huolehtivan ulospuhallusjärjestelmän kautta reaktorin suojarakennuksessa olevaan lauhdutusalttaaseen.

Reaktorin tehoa säätää 121 säätösauvaa, jotka on jaettu 14 pikasulkuryhmään. Säätösauvoja ohjataan normaalisti sähkömoottoreilla ja pikasuluissa hydraulisesti. Jokaisessa pikasulkuryhmässä on tyypitankki ja vesitankki, joiden välissä on nk. pikasulkuventtiili. Kun pikasulkusignaali laukeaa, venttiili aukeaa ja tyyppi virtaa tyypitankista vesitankkiin ja työntää veden pikasulkuputkien kautta säätösauvojen toimilaitteille ja vesi työntää edelleen säätösauvat ylös reaktoriin. Tapahtuman yhteydessä yksi pikasulkuventtiili ei avautunut, joten kyseisen pikasulkuryhmän säätösauvat eivät menneet reaktorisydämeen hydraulisesti. Säätösauvat ajettiin reaktoriin automaattisesti sähkömoottorin avulla.

STUK edellytti, että Teollisuuden Voima Oy toimittaa ennen laitosyksikön käynnistämistä STUKille tiedoksi selvityksen tapahtuman aikana havaituista vioista, niiden syistä sekä toimenpiteistä, joilla voimayhtiö toteaa järjestelmien käyttökuntoisuuden. Voimayhtiö toimitti selvityksen STUKille ja käynnisti laitosyksikön tarkastusten ja tarvittavien korjaustoimenpiteiden jälkeen. Tahdistus valtakunnan sähköverkkoon tapahtui 5.9.2007 aamulla.



**Kuva 4.** Olkiluoto 1:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2007.



**Kuva 5.** Olkiluoto 2:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2007.

Kaikkia tapahtuman yhteydessä esille tulleiden vikojen syitä ei ole vielä pystytty selvittämään. Vaihdettuja laitteita tutkitaan ja voimayhtiö toimittaa STUKille myöhemmin raportin, jossa kuvataan tarkemmin tapahtumia ja vikoja sekä määritetään korjaavat toimenpiteet.

Voimayhtiö ilmoitti tapahtumista STUKin päivystäjälle 4.9.2007 aamulla. STUK tiedotti tapahtumasta verkkosivuilla samana päivänä ja julkaisi lehdistötiedotteen 6.9.2007. Lisäksi asiasta tiedotettiin Ruotsin ydinturvallisuusviranomaiselle SKI:lle. Tapahtuma luokiteltiin kansainvälisellä ydinlaitosten seitsenportaisella INES-asteikolla luokkaan 1.

### **Kelpoistamattomia sulakkeita Olkiluoto 1:n ja Olkiluoto 2:n sähköjärjestelmissä**

Teollisuuden Voima Oy havaitsi 7.9.2007, että Olkiluoto 1:n ja Olkiluoto 2:n reaktorilaitosten 24 V:n tasasähköverkkoihin kuuluvien tasasuuntaajien tulo- ja lähtöpuolelle on asennettu sulakkeita, joita ei oltu kelpoistettu turvallisuusluokiteltuihin käyttökohteisiin. Sulakkeet olivat yleisesti teollisuudessa käytettävää tyyppiä ja niitä on asennettu Olkiluodon laitoksille vuosien 2004–2007 aikana.

Reaktorilaitoksen tasasähköverkon tasasuuntaajat muuttavat 660 V:n vaihtosähköverkosta tulevan sähkön 24 V:n tasavirraksi, jota käytetään mm. reaktoriantomaatiojärjestelmien sähkönsyöttöön ja tasasähköverkon akustojen varaamiseen. Tasasuuntaajien sulakkeiden tehtävänä on suojata tasasuuntaajia ja niihin kytkettyjä sähkökeskuksia ylikuormitus ja vikatilanteissa erottamalla vikaantunut osa. Mikäli tasasuuntaaja ei ole käytettävissä, huolehtivat tasasähköverkon akustot verkon sähkönsyötöstä. Akkujen energia riittää vähintään kahden tunnin ajan.

Vaikka sulakkeet olivat kelpoistamattomia tyyppiä, niiden sähkötekninen mitoitus oli kunnossa. Laitteiden kelpoistuksen tarkoituksena on varmistua siitä, että laitteen ominaisuudet ovat sopivat aiottuun käyttöpaikkaan ja että tuotteen laadunhallinta on riittävällä tasolla. Sulake on yksinkertainen ja laajalti käytetty laite, joten se suurella todennäköisyydellä olisi käyttäytynyt oikein vaikka sitä ei käyttöpaikkaansa oltu kelpoistettukaan. Vakavaa tapahtumassa oli voimalaitoksen varaosien laadunvalvontamenettelyiden pettäminen,

mikä mahdollisti kelpoistamattomien osien asentamisen turvallisuusluokiteltuihin kohteisiin.

Voimayhtiö toimitti STUKille soveltuvuusarvion sulakkeiden kelpoistusta varten ja laati tapahtumasta erikoisraportin.

Tapahtuman INES luokka on 1.

### **Vääriä sulakkeita Olkiluoto 2:n sammutetun reaktorin välijäähdytysjärjestelmässä**

Teollisuuden Voima Oy tarkasti turvallisuusluokkien 2 ja 3 sähkökeskusten kahvasulakkeiden tyytit Olkiluoto 1:llä ja 2:lla sen jälkeen, kun tasasuuntaajien kelpoistamattomat sulakkeet havaittiin. Tarkastuksessa tuli ilmi, että Olkiluoto 2:n sammutetun reaktorin välijäähdytyspiirin kaikkien neljän pumpun sulakkeiden nimellisjännite oli 500 V, vaikka kyseisessä käyttöpaikassa tulee käyttää 690 V sulakkeita. Sulakkeiden virta-arvo oli oikea. Sulakkeet vaihdettiin oikean nimellisjännitteen omaaviksi sulakkeiksi. Väärien sulakkeiden asennusajankohtaa ei tiedetä, mutta ne ovat saattaneet olla paikoillaan jo laitoksen käyttöönotosta lähtien.

Sulakkeiden tehtävä on katkaista virta, jos jäähdytyspumpun moottori tai syöttökaapeli vikaantuu. Mikäli sulakkeiden nimellisjännite on liian pieni, ei voida olla varmoja, että ne kykenevät katkaisemaan virran tarvittaessa. Virran katkaisu vikatilanteessa rajoittaa moottorin ja kaapeloinnin vaurioita ja estää niistä mahdollisesti seuraavien tulipalojen syntyä sekä häiriön leviämistä virtaa syöttävään jakokeskukseen.

Sulakkeiden virta-arvo oli oikea, joten ei ollut vaaraa sulakkeiden virheellisestä palamisesta eivätkä väärät sulakkeet vaikuttaneet pumppujen käytettävyyteen. Mikäli sulake ei vikatilanteessa olisi kyennyt katkaisemaan vikavirtaa, olisi seurauksena ollut häiriön leviäminen laajemmalle moottoripiiristä, mutta vain yhden osajärjestelmän sisällä.

Väärät sulakkeet vaihdettiin oikean tyyppisiksi. Voimayhtiön tekemissä tarkastuksissa havaittiin muissakin kohteissa sulakkeita, jotka poikkeavat laitosasiakirjoissa määritellyistä sulaketyypeistä, mutta niiden turvallisuusmerkitys ei ole niin suuri kuin välijäähdytyspiirin pumppujen sulakkeiden.

Tapahtuman INES luokka on 0.

## 2.3 Olkiluoto 3

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

Rakentamisessa turvallisuuden kannalta merkittävimmät työt olivat suojarakennuksen sekä turvallisuus- ja polttoainerakennusten ulkoseinien valut. Suojarakennuksen ja polttoainerakennusten sisällä valettiin myös sisä rakenteita ja alimpia tasoja. Suojarakennuksen sisälle asennettiin ensimmäisiä säiliöitä ja putkistoja. Turbiinirakennuksen rakentaminen jatkui ja rakennustöiden lisäksi turbiinilaitokselle asennettiin mm. lämmönvaihtimia, pumppuja ja lauhdutin.

Suojarakennuksen teräsverhouksen osia hitsattiin yhteen kesäkuussa. Kun tehtyä hitsisaumaa tarkastettiin heinäkuussa, hitsauksen laadussa todettiin puutteita ja teräsverhouksessa muotovirheitä. STUK edellytti Teollisuuden Voima Oy:ltä selvitystä hitsausvirheistä ja puutteista hitsin tarkastuksissa sekä esitystä korjaavista toimenpiteistä, joilla estetään vastaavat puutteet jatkossa. STUK edellytti myös hitsisauman korjaussuunnitelman tekemistä sekä testauksia, joilla osoitetaan hitsin kestävyys oletetuissa kuormitustilanteissa. Perussyiksi hitsin epäonnistumiseen todettiin hitsaajien työvirheiden lisäksi mm. se, että hitsattavien osien yhteensopimattomuutta ei otettu huomioon ja että hitsausolosuhteet muuttuivat työn aikana. Voimayhtiön esityksen mukaan hitsattavien osien mittaamista kehitetään ja hitsausmenetelmää muutetaan siten, että työn aikana voidaan paremmin ottaa huomioon, jos osat eivät sovi yhteen. Myös työn valvontaa kehitetään niin, että hitsin laatu voidaan varmistaa jo työn aikana. Valmiin hitsisauman laatu varmistettiin tarkastamalla se röntgenkuvauksella kokonaan uudelleen. Hitsi korjattiin leikkaamalla virheelliset kohdat pois ja hitsaamalla niiden paikalle uudet kappaleet.

Teräsvuorauksen valmistuksessa havaittujen puutteiden vuoksi STUK kiinnitti kesän aikana erityistä huomiota työmaan hitsaustöihin ja niiden valvontaan. Elokuussa STUK teki erillisen tarkastuksen, jonka kohteena oli työmaan valvonta. Valvonnan ja tarkastuksen perusteella todettiin,

että mm. hitsausohjeiden noudattaminen, hitsausohjeiden ja -materiaalien hallinta ja hitsaustöiden valvonta ja laaduntarkastukset vaativat kehittämistä. STUK edellytti, että laatua parannetaan mm. valvomalla turvallisuuden kannalta merkittävimpiä hitsaustöitä jatkuvasti ja vaatimalla hitsaajilta hitsauskohdetta vastaava työtaidon osoituskoe. Lisäksi Teollisuuden Voima Oy:n ja laitostoimittajan on kehitettävä toimintaansa niin, että hyväksyttävälle työlle asetetut vaatimukset ovat kaikille osapuolille selkeitä. Tähän liittyen STUK edellyttää Teollisuuden Voima Oy:n ja laitostoimittajan varmistavan, että alihankkijat ymmärtävät työnsä turvallisuusmerkityksen ja siitä seuraavat laatuvaatimukset.

Pääkomponenttien valmistus jatkui Japanissa, Ranskassa ja Tsekin tasavallassa. Pääkiertopiirin putkien uudelleenvalmistusta jatkettiin, mutta lopullisia tuloksia uusien takeiden materiaaliominaisuuksista ei vielä saatu. Yhden höyrystimen yhteen korjauksessa tehty lämpökäsittely epäonnistui ja yhde jouduttiin vaihtamaan uuteen. Muutoin pääkomponenttien valmistus eteni suunnitellusti.

Laitoksen prosessi-, sähkö- ja automaatiojärjestelmien yksityiskohtaisten suunnitelmien sekä laitteiden ja rakenteiden rakennesuunnitelmien tarkastamista jatkettiin. STUK tarkasti Teollisuuden Voima Oy:n projektin toimintaa rakentamisen aikaisen tarkastusohjelman mukaisesti. Tarkastettavia kohteita olivat sähkö- ja automaatioteknisten suunnitelmien käsittely, todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin hyödyntäminen laitoksen rakentamisen aikana sekä käyttöhenkilökunnan koulutus.

## 3 Ydinjätehuolto

*Jussi Heinonen*

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

### 3.1 Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen valmistelu

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

STUK jatkoi kansainvälisen asiantuntijaryhmän tukemana Olkiluodon varmentavien paikatutkimusten valvontaa. Raumalla järjestettiin syyskuussa puolivuositin pidettävä STUKin ja Posivan kokous, jossa käsiteltiin Olkiluodon paikatutkimuksiin ja Onkalon rakentamiseen liittyviä kysymyksiä. Kokoukseen osallistui myös STUK:n kansainvälisistä asiantuntijoista koostuva ryhmä. Kokouksen pääaiheina olivat STUK:n antamat ja valmisteilla olevat turvallisuusarvioinnit TKS-2006 ohjelmasta ja loppusijoituspaikkaa kuvaavasta Site-2006 raportista, Onkalon rakentamiseen liittyvät tutkimus- ja kehityshankkeet sekä Olkiluodon kallioperän ja pohjaveden käyttäytymisen mallintaminen.

Posiva Oy jatkoi Olkiluodon maanalaisen tutkimustilan rakentamista. Rakentamiseen kuuluu louhinnan lisäksi muun muassa pilottireiän kairauksia, tunnelin lävistämisen kallion tiivistämistä sementti-injektioinnilla sekä kallion lujittamista teräspultein ja tarvittaessa teräsverkkovahvistuksella ruiskubetonoinnilla. Toisella vuosineljänneksellä louhittu tunneli saavutti noin 2350 metrin pituuden. Posiva aloitti henkilökuilun nousuporausvalmistelun.

STUK jatkoi työmaalle kohdistuvia säännöllisiä valvontakäyntejä, joita tehdään noin kaksi kertaa kuukaudessa rakentamisen tilanteen mukaan. Säännöllisten valvontakäyntien lisäksi tunnelin seinämien kalliopintojen kartoitustietojen riittävyden varmistamiseksi tehtiin vuoden kolmannella neljänneksellä yksi tarkastus. Kartoitustietojen riittävyys tulee varmistaa ennen kalliopinnat peittävän ruiskubetonoinnin aloittamista. STUK teki toisella vuosineljänneksellä yhden maanalaisen tutkimustilan rakentamisen tarkastusohjelman mukaisen tarkastuksen, joka kohdentui Onkalon vuotovesien hallintaan. Tarkastuksessa kiinnitettiin huomiota Posivan asettamiin vuotovesien raja-arvoihin ja laadunvarmistusohjeiden päivityskäytäntöihin.

### 3.2 Voimalaitosjätteiden huolto

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

Tarkastelujaksolla STUK seurasi Loviisan voimalaitoksen nestemäisten jätteiden kiinteystylaitoksella ennen sen käyttöönottoa suoritettavia kokeita, sekä aloitti kokeiden tulosraporttien tarkastuksen.

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

## 4 Ydinsulkuvalvonta

*Marko Hämäläinen*

Vuoden kolmannella neljänneksellä STUK teki ydinmateriaaleja koskevat tarkastukset Olkiluodon ja Loviisan voimalaitoksilla yhdessä IAEA:n ja Euroopan komission (Euratom) kanssa. Tarkastusten yhteydessä STUK, IAEA ja komissio todensivat, että laitosten toimittamat raportit ja ilmoitukset ovat yhtäpitäviä todellisen tilanteen kanssa. Valvonnalla varmistetaan, että ydinmateriaaleihin liittyvät toimet voimalaitoksilla on hoidettu lakien ja säädösten mukaisesti ja että Suomen sopimien kansainvälisten sopimusten velvoitteet voidaan täyttää.

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 laitosten toimittamat raportit ja ilmoitukset ovat yhtäpitäviä todellisen tilanteen kanssa. Posiva Oy:n loppusijoituslaitoksen maanalaisten tilojen rakentaminen Olkiluodossa eli ONKALO-vaiheen tutkimustilojen louhiminen on ollut STUKin ydinmateriaalivalvonnan piirissä koko louhinnan ajan.

### 4.1 Fortum ja Loviisan voimalaitos

STUK identifioi 16.8.2007 Loviisa 1:llä latausaltaassa olleet 12 tuoretta ja 19 käytettyä polttoainejatketta (säätösauvallinen polttoaineniippu) ja Loviisa 2:lla latausaltaassa olleet 12 tuoretta ja 12 käytettyä polttoainejatketta. Tuoreet polttoainejatket ladattiin vuoden 2007 vaihtolatauksissa reaktoreihin.

STUK teki Loviisan voimalaitoksella määräaikaistarkastuksen 25.8.2007 yhdessä IAEA:n ja Euroopan komission kanssa. Loviisa 1 reaktori-

sydämen tarkastuksen STUK ja IAEA tekivät 26.8.2007. Sydämen lopputarkastus ja järjestelyt laitoksella sujuivat hyvin. Polttoaineniiput oli sijoitettu reaktoriin operaattorin ilmoittaman, STUKin hyväksymän vaihtolataussuunnitelman mukaisesti, joten ydinmateriaalivalvonnan osalta ei ollut estettä Loviisa 1 reaktorin kannen sulkemiselle ja hyväksyvän käynnistyspäätöksen antamiselle.

STUK teki Loviisa 2 reaktorisydämen tarkastuksen ja koko Loviisan laitosalueen ydinmateriaalien varastonmäärityksen tarkastuksen yhdessä IAEA:n ja Euroopan komission kanssa Loviisan voimalaitoksella 15.9.2007. Polttoaineniiput oli sijoitettu reaktoriin STUKin hyväksymän vaihtolataussuunnitelman mukaisesti, joten ydinmateriaalivalvonnan osalta ei ollut estettä Loviisa 2:n reaktorin kannen sulkemiselle ja hyväksyvän käynnistyspäätöksen antamiselle.

STUK, IAEA ja Euroopan komissio suorittivat Loviisan varastomäärityksen täydentäneen tarkastuksen 25.–26.9. Tarkastuksen yhteydessä Euroopan komissio asensi käytetyn polttoaineen varastoon (uusi puoli) valvontakamerat.

STUK antoi heinäkuussa Loviisan voimalaitokselle luvan boorinmittauslaitteiston maahan tuontiin Saksasta ja STUKin, IAEA:n ja Euroopan komission Loviisan voimalaitoksella tekemissä tarkastuksissa ei todettu huomautettavaa.

STUK antoi heinäkuussa KTM:lle lausunnon Fortum Nuclear Servicen hakemukseen uraaniheksafluoridin siirtolaitteiston vientiin Venäjälle. Lausunnossa todettiin, että STUKin puolelta vientille ei ole estettä edellyttäen, että Venäjän federaatiolta saadaan NSG:n suuntaviivojen edellyttämät vakuudet.



## 4.2 Teollisuuden Voima ja Olkiluodon voimalaitos

STUK, IAEA ja Euroopan komissio tekivät määräaikaistarkastuksen Olkiluodon voimalaitoksella 21.–22.8.2007. Tarkastuksen kohteena olivat Olkiluoto 1, Olkiluoto 2 ja käytetyn polttoaineen varasto. Tarkastuksessa ei ilmennyt huomautettavaa.

## 4.3 Loppusijoitustilan ydinsulkuvalvonta

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

EU:n Yhteinen tutkimuskeskus suoritti yhteistyössä STUKin kanssa koko maanalaisen kallio-tilan riippumattoman todentamisen dokumentoimalla kalliopinnat digitaalisesti laserkeilauksella 29.6.–1.7.2007. Laserkeilaus-kampanjan tuloksena STUKiin saatiin heinäkuussa riippumaton kuvaus kalliotiloista.

## 4.4 VTT FiR-1 tutkimusreaktori

VTT toimitti 31.8.2007 STUKiin tarkastettavaksi ja hyväksyttäväksi VTT:n päivitetyn ydinmateriaalikäsikirjan. STUK myönsi elokuussa VTT:lle luvan APROS-ohjelmiston vientiin Saksaan.

## 4.5 Valvontasopimuksen lisäpöytäkirjan mukaiset ilmoitukset ja toimet

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

Lisäpöytäkirjan artiklan 8 mukaan jäsenvaltio voi tarvittaessa järjestää IAEA:lle pääsyn paikkaan, johon IAEA:lla ei muutoin olisi pääsyä. Artiklalla on haluttu varmistaa, että jäsenvaltio voi tukea IAEA:n valvontaa mahdollisten epäselvyyksien tai ristiriitojen selvittämisessä. Suomi (Säteilyturvakeskus) järjesti IAEA:lle artiklan 8

mukaisen käynnin Metso Materials Technology Oy:lle Tamperella 27.9.2007. Käynti oli IAEA:lle ensimmäinen laatuaan.

## 4.6 Radioaktiivisten aineiden kuljetusten valvonta ja rajavalvonta

STUK teki kaksi radioaktiivisten aineiden kuljetusjärjestelyiden tarkastusta syyskuussa, 12.9. Helen Sähköverkko Oy:ssä ja 27.9. Voith Paper Fabrics Oy:ssä. Molempien tarkastusten pöytäkirjoissa pyydettiin turvallisuusluvanhaltijoita selvittämään tarkemmin, kuinka he toteuttavat toiminnassaan vaarallisten aineiden kuljetusmääräysten vaatimuksia. Helen Sähköverkko Oy ilmoitti jo tarkastuskäynnillä harkitsevansa luopumista radioaktiivista ainetta sisältävästä laitteesta. Luopumispäätös vahvistettiin lokakuussa 2007. Voith Paper Fabrics Oy:n radioaktiivisten aineiden kuljetusjärjestelyihin liittyvän selvityksen perusteella STUK ei täysin kattavasti pystynyt arvioimaan kuljetusjärjestelyiden vaatimustenmukaisuutta, joten yritykselle lähetettiin lisäselvityspyyntö.

Säteilyturvakeskus sai 20.9.2007 päivystysjärjestelmän kautta tiedon Nuijamaan tullista, että Venäjä oli palauttanut takaisin Suomeen kontin, joka säteili liikaa. Kiinasta Kotkan kautta Venäjälle matkalla olleessa kontissa piti olla lastina betonitiiliä. Tarkemmat selvitykset osoittivat lastin kuitenkin koostuvan graniitin kappaleista. Säteilyturvakeskuksen suorittamien gammaspektrometrinen mittausten perusteella graniittikappaleet sisälsivät normaalia enemmän luonnon radioaktiivisia aineita. Asiakirjojen korjaamisen jälkeen kontti voitiin kuljettaa rajan yli päämääräpaikkaansa.

## 4.7 Muut asiat

STUK, IAEA ja Euroopan komissio tekivät OMG Kokkola Chemicalsilla ydinaineinventaarin tarkastuksen 28.9.2007. Tarkastuksessa todettiin, että vaikka OMG Kokkola Chemicalsin inventaari sisältää vain yhden ydinaine-erän, tulee sen toimittaa komissiolle ja STUKille myös inventaarin määrittämisen jälkeen ydinaineen inventaarilistaus ja materiaalitaseraportti, kuten säädöksissä vaaditaan. Muuten tarkastuksessa ei todettu huomautettavaa.

## 5 Säteilyn käyttö

*Ritva Havukainen, Mauri Kaituri, Helinä Korpela, Jorma Kuusisto, Maaret Lehtinen, Mika Markkanen, Hilikka Karvinen, Riikka Pastila, Tim Toivo*

### 5.1 Ionisoiva säteily

#### Säteilytoiminnan valvonta, turvallisuusluvut ja tarkastukset

##### Terveydenhuolto

Säteilyn käyttöön terveydenhuollossa myönnettiin 8 uutta turvallisuuslupaa ja tehtiin 56 päätöstä turvallisuusluvan muuttamisesta. Muutokset koskivat uusien laitteiden ja toimintojen käyttöönottoa tai köytöstä poistamista sekä säteilyn käytön turvallisuudesta vastaavien johtajien vaihtamista. Lausuntoja ja muita päätöksiä tehtiin yhteensä 3.

Säteilyn käyttöpaikoille tehtiin vuoden 2007 kolmannen neljänneksen aikana 43 tarkastusta. Turvallisuusluvasta vapautettuja hammasröntgenlaitteita rekisteröitiin 114 heinä-, elo- ja syyskuussa 2007. Hammasvalvonnan testipaketteja lähetettiin 200 kappaletta.

##### Teollisuus

Säteilyn käyttöön teollisuudessa ja tutkimuksessa myönnettiin 10 uutta turvallisuuslupaa ja tehtiin 55 muuta päätöstä, joilla muutettiin olemassa olevia turvallisuuslupia. Muutokset koskivat uusien laitteiden ja toimintojen käyttöönottoa tai köytöstä poistamista sekä säteilyturvallisuudesta vastaavien johtajien vaihtamista.

Säteilyn käyttöpaikoille tehtiin 33 määräaikaistarkastusta, ja lisäksi tarkastettiin yhden maanalaisen louhintatyömaan radonpitoisuudet.

##### Röntgendiagnostiikka

STUK järjesti röntgenfyysikoiden neuvottelupäivät Turun yliopistollisen keskussairaalan tiloissa Naantalin Luonnonmaalla 23.–24.8.2007. Osanottajia oli yhteensä 35. Neuvottelupäivien ai-

heita olivat mm. digitaaliset kuvareseptorit ja niiden laadunvalvonta, digitaalisten kuvantamissysteemien optimointi, potilasannokset tavanomaisessa kuvantamisessa, kuvamonitiorien ja tietokone-tomografialaitteiden (TT-laitteiden) laadunvalvonta ja potilasannosten mittaus toimenpideradiologiasa. Peter Hiles Englannista piti esitelmät nykyisin käytössä olevista TT-laitteiden virranmodulaatiotekniikoista, kokemuksistaan testaus-fantomien käytöstä sekä automaattisen virranmodulaation optimoinnista. Muita aiheita olivat uudet sydäntutkimustekniikat sekä TT:n käyttö hammas- ja korvatutkimuksissa.

Neuvottelupäivillä tuli esille, että TT-laitteissa virranmodulointi ei ehkä aina toimi täysin optimaalisesti. Asian selvittämiseksi STUK järjesti mittauskierroksen, jossa kierrätettiin Englannista lainassa ollutta fantomia eri sairaaloissa Suomessa. Virran modulaatiota testattiin yhteensä 18 laitteella, jotka toimivat pääosin kuten pitääkin.

##### Sädehoito

Tehtiin Tampereen yliopistollisen keskussairaalan uuden R-sairaalan kahden ensimmäisen kiihdyttimen käyttöönottotarkastukset.

##### Turvallisuusluvan laajuus ja periaatteet vastaavaa johtajaa hyväksyttäessä

STUK järjesti 18.9.2007 seminaarin, jossa käsiteltiin turvallisuusluvan myöntämis- ja säteilyn käytön turvallisuudesta vastaavan johtajan hyväksymisperiaatteita. Seminaariin osallistui yhteensä 69 toiminnan harjoittajan edustajaa ja vastaavaa johtajaa.

Säteilyn käytön toimikentässä tapahtuneiden muutosten vuoksi turvallisuuslupien myöntämis- ja vastaavien johtajien hyväksymisperiaatteita on

katsottu tarpeelliseksi täsmentää. Tavoitteena on myös korostaa toiminnan harjoittajien vastuuta turvallisuuden varmistamiseksi säteilyn käytössä sekä vastaavien johtajien toimintaedellytyksien parantamiseksi. STUK oli jo etukäteen täsmentänyt periaatteita säteily toiminnan harjoittajille lähetetyssä kirjeessä ja tässä seminaarissa keskusteltiin kokemuksista ja haasteista näiden periaatteiden soveltamisessa. Seminaarissa käytettyjen keskustelujen tuloksia hyödynnetään, kun Säteilyn käyttöorganisaatiota koskevaa STUKin ohjetta seuraavan kerran päivitetään.

### Työntekijöiden säteilyannokset

Säteilyturvakeskus pitää yllä valtakunnallista työntekijöiden säteilyannosrekisteriä. Rekisteriin kirjataan ionisoivan säteilyn käyttöön osallistuneiden, annostarkkailussa olleiden työntekijöiden säteilyannokset. Annostarkkailussa on ollut kuluneen vuoden syyskuun loppuun mennessä yhteensä 10 914 henkilöä säteilyn käytön ja ydinenergian käytössä. Kuvassa 6 esitetään työntekijöiden yhteenlasketut annosrekisteriin kirjatut annokset (syväannokset) säteilyn käytössä toimialoittain aikavälillä heinäkuu-syyskuu viideltä viimeiseltä vuodelta. Kun käytetään röntgensäteilyä tervey-

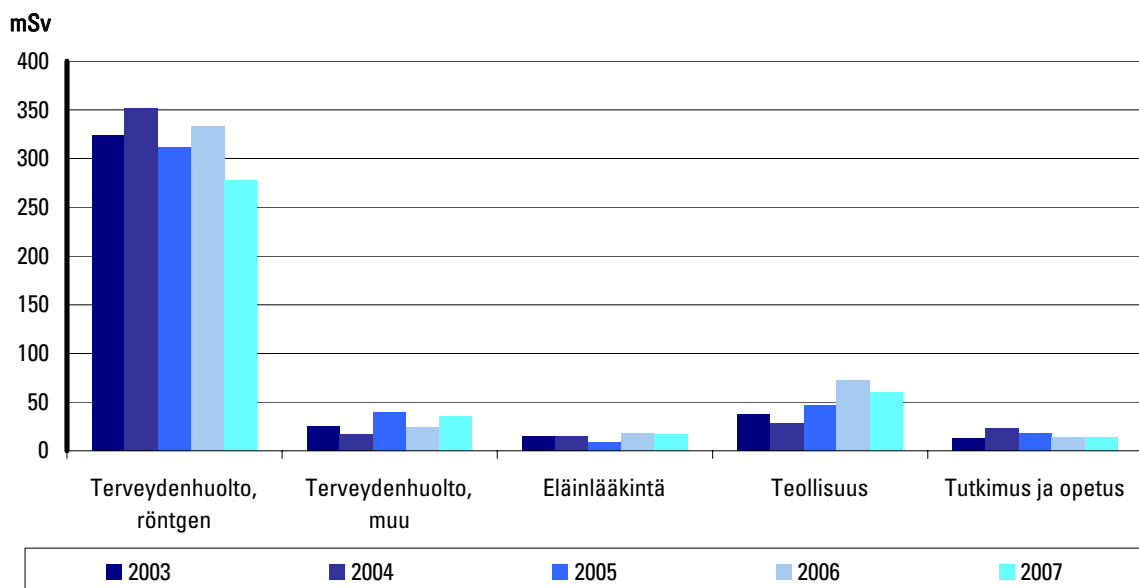
denhuollossa ja eläinlääkinnässä, työntekijän säteilyannos mitataan suojaesiliinan päältä. Tällöin mitattu annos on 10–60 -kertainen työntekijän efektiiviseen annokseen verrattuna. Muilla toimialoilla kirjatut annokset ovat efektiivien annoksen likiarvoja. Kuluneen vuoden aikana suurimmat mitatut annokset on kirjattu ydinvoimalaitoksilla työskenteleville henkilöille. Tähän mennessä tehtyjen mittausten perusteella ei ole odotettavissa, että efektiivisen annoksen vuosiannosraja 20 mSv ylittyisi kenelläkään työntekijällä millään toimialalla.

### Poikkeavat tapahtumat ionisoivan säteilyn käytössä

#### Terveydenhuolto

STUKille ilmoitettiin verivalmisteiden säteilytykseen käytettävän gammasäteilyttimen toimintahäiriöstä. Laaduntarkkailussa oli ilmennyt, että verivalmisteiden säteilytys ei ollut tasaista. Ohjaukskortin vaihdon jälkeen laite toimi jälleen moitteettomasti. Toimintahäiriöstä ilmoitettiin myös laitevalmistajalle ja Lääkelaitokselle.

STUKille ilmoitettiin, että Mäntsälässä sijaitse-



**Kuva 6:** Säteilyn käytöstä työntekijöille kirjatut yhteenlasketut annokset (syväannokset) toimialoittain aikavälillä heinäkuu-syyskuu vuosina 2003–2007.

valle jäteasemalle oli toimitettu kymmenen säteilyvaaramerkeillä varustettua lyijypurkkia. Purkit olivat olleet hajallaan Mäntsälässä tien vieressä, mistä ne oli toimitettu jäteasemalle. STUKin tarkastaja kävi noutamassa lyijypurkit. Yhdeksässä purkissa oli merkintä jodi 125:stä (125I), mutta niissä ei ollut jodi 125:ttä eikä muitakaan radioaktiivisia aineita. Yksi purkeista oli kontaminoitunut strontium 90:llä (90Sr).

Jodi 125:tä ja strontium 90:ää käytetään mm. sädehoidossa. Myöhemmin selvisi, että purkit olivat silmän sädehoitoon käytettävien säteilylähteiden kuljetuspakkauksia. Säteilylähteet oli poistettu purkeista, mutta säteilyvaaramerkit olivat jääneet poistamatta, kun lyijysuojat oli laitettu metalliromun joukkoon. Myöskään kontaminaatiomittauksia ei oltu tehty asianmukaisesti, sillä yhden lyijysuojan kannen sisäpinta oli kontaminoitunut. Tyhjat lyijysuojat voidaan toimittaa metallinkierrätykseen, kun niistä poistetaan säteilyvaaramerkit ja ne todetaan mittauksin puhtaksi.

STUK teki tarkastuksen klinikalle, josta purkit olivat peräisin. Tarkastuksessa todettiin, että kyseessä oli inhimillinen erehdys. Säteilylähteiden käsittelyä koskevat järjestelyt ja kirjalliset ohjeet olivat asianmukaiset. Lyijysuojia käsitelleet henkilöt eivät altistuneet säteilylle, eikä tapahtumasta aiheutunut muutoinkaan vaaraa ympäristölle.

Kahden kuukauden ikäiselle poikavauvalle tehtiin sappiteiden gammakuvaus  $^{99m}\text{Tc}$ -mebrofeniinillä. STUKille tulleen ilmoituksen mukaan lapselle annettiin erehdyksessä liikaa radiolääkettä. Lapselle annetun  $^{99m}\text{Tc}$ -mebrofeniinin aktiivisuus oli 86 MBq, kun sen olisi kuulunut olla 25 MBq.

Tutkimuksesta potilaalle aiheutuva säteilyannos riippuu merkittävästi siitä, onko potilaan maksan toiminta normaali vai ei. Lapsen maksan toiminta todettiin tutkimuksessa normaaliksi, joten lapselle tutkimuksesta aiheutuneeksi ylimääräinen säteilyannokseksi arvioitiin noin 9 mSv. Laatupoikkeamasta on ilmoitettu myös lähettävälle lääkärille ja Lääkelaitokselle.

STUKille ilmoitettiin rintasyöpäpotilaan sädehoidon annossuunnittelussa tapahtuneesta virheestä. Annoslaskennan suoritti 5 kk työssä ollut apulaisfyysikko. Potilaan 25 fraktion sädehoito aloitettiin normaalisti, mutta neljän viikon ja

21 fraktion jälkeen potilaalle aiheutui voimakasta ihon punoitusta fotonikentän alueelle. Tämän vuoksi lääkäri pyysi fyysikoita tarkistamaan annokset. Tällöin havaittiin, että annoslaskennassa oli tapahtunut virhe. Tästä seurasi, että potilas sai siten 31 % suunniteltua suuremman hoitoannoksen fotonikenttien alueella ja 80 % suunniteltua pienemmän annoksen elektronikentän osalta. Hoidon aikana hoitajat eivät olleet kiinnittäneet huomiota siihen, että elektronikentän hoitoaika oli vain 6-7 s normaalin 30 s sijasta. Hoito fotonikenttien alueelle lopetettiin ja elektronihoidoa jatkettiin suunnitellun hoitoannoksen saavuttamiseksi.

Vastaavien tapahtumien estämiseksi klinikalla päätettiin, että toinen fyysikko tarkastaa apulaisfyysikoiden tekemät annoslaskelmat ensimmäisen koulutusvuoden ajan. Röntgenhoitajille lisätään koulutusta, jotta heillä on parempi käsitys annettavista annoksista ja hoitoon kuluvasta ajasta.

Tapahtumasta voi aiheutua vaaraa kyseisen potilaan terveydelle. Sädehoidosta potilaalle aiheutuvat myöhäisreaktiot voivat olla sädeannoksen ylityksen vuoksi tavanomaista suuremmat. Klinikalla asia selvittiin potilaalle.

### Teollisuus

STUKin tarkastajan suorittamassa määräaikaistarkastuksessa todettiin, että voimalaitoksen pudotustorven tukosvahtina ollut säteilylähte (137Cs, aktiivisuus 185 MBq) oli kadonnut. Kyseinen pudotustorvi oli purettu syksyllä 2005. Lähteen etsimiseksi ja tapahtumien kulun selvittämiseksi toiminnan harjoittaja haastatteli kaikkia työntekijöitä, jotka olivat olleet voimalaitoksen purkutöissä, mukaan lukien purkutyön toteuttaneen ja kierrätysmetallin pois toimittaneen kierrätysmetalliyrittäjien työntekijät. Kierrätysmetalliyrittäjä ei ollut omissa säteilymittauksissaan havainnut kyseisissä metallierissä mitään säteilylähteeseen viittaavaa. Laajoista etsinnöistä ja selvityksistä huolimatta säteilylähdettä ei löydetty. Vastaavan tapahtuman ennalta ehkäisemiseksi toiminnan harjoittaja muun muassa paransi sisäistä ohjeistustaan ja tiedonkulkua sekä työntekijöiden koulutusta.

Metallivalimossa oli neljä miestä työskennellyt huoltotehtävissä kuilu-uunin alaosassa. Uunin yläosassa oli kaksi pintakytä, jotka kum-

pikin sisälsi Cs-137 säteilylähteen (aktiivisuus 2960 MBq). Säteilylähteiden sulkimet olivat olleet työn aikana auki, vaikka työohjeissa on todettu, että säteilijät on suljettava huoltotöiden ajaksi. Normaalisti säiliöön kuljetaan yläkautta, jossa on merkkivalot ja varoitusmerkit muistuttamassa säteilylähteistä, mutta tällä kertaa kuiluun mentiin poikkeuksellisesti alakautta.

Tarkastuksessa todettiin mittauksin, että työntekijät eivät olleet altistuneet säteilylle, koska huoltotehtäviä tehtiin vain kuilun alaosassa, säteilylähteet olivat noin 5 metrin korkeudella ja säteilykeila oli hyvin kapea. Tapahtuman toistumisen estämiseksi päätettiin, että toiminnan harjoittaja lisää varoitusmerkin ja varoitusvalon myös alatasanteelle.

### **Muut STUKille ilmoitetut tapahtumat**

Yksityishenkilö ilmoitti Säteilyturvakeskukselle, että Simon kunnassa oli erään tien varteen lyhyttypylväisiin ja maastoon kiinnitetty asiattomia säteilyvaaraa osoittavia merkkejä ja tiedotteita. Säteilyturvakeskus pyynnöstä poliisi huolehti asiattomien merkkien poistamisesta.

## **5.2 Ionisoimaton säteily**

### **HERMO-tutkimusohjelma päättyi**

Laajassa kansallisessa HERMO-tutkimusohjelmassa tutkittiin matkapuhelimien lähettämien sähkömagneettisten kenttien vaikutuksia. Tutkimusohjelman tuloksia esiteltiin Työterveyslaitoksella 4.9.2007 pidetyssä loppuseminaarissa. Soluviljelmillä, koe-eläimillä, koehenkilöillä ja las-kennallisilla malleilla tehdyt tutkimukset eivät antaneet näyttöä terveydelle haitallisista vaikutuksista, mutta biologisista vaikutuksista saatiin joitakin mielenkiintoisia havaintoja. Tutkimusohjelman koordinaattorina toimi Kuopion yliopisto, ja 13 osaprojektista vastasivat lisäksi Helsingin yliopisto, Säteilyturvakeskus, Tampereen teknillinen yliopisto, Turun yliopisto, Työterveyslaitos ja VTT. Tutkimusohjelman päärahoittaja oli Tekes. Muita tutkimuslaitosten ulkopuolisia rahoittajia olivat Elisa, Finnet Verkot, Nokia sekä TeliaSonera.

Ohjelma alkoi kesäkuussa 2004 ja päättyi touku-kuussa 2007. Kolmevuotisen hankkeen kokonaisbudjetti oli noin 1,6 miljoonaa euroa.

STUKin Ionisoimattoman säteilyn laboratorion osaprojektissa parannettiin jo aiemmin käytössä olleita rotta- ja soluallistustulotteita ja tarkennettiin niihin liittyvää altistumisen määrittämistä (dosimetriä). Lisäksi suunniteltiin, rakennettiin ja testattiin porsaan pään altistamiseen soveltuva laitteisto, jolla voitiin säteilyttää porsaan päätä 900 MHz taajuusalueella mahdollisimman tarkalla altistustasolla. Osaprojektin tavoitteena oli, että biologisen tutkimuksen tulosten tulkinnanvaraisuus ei johdu ainakaan puutteellisesta dosimetriasta.

Kuopion yliopistossa (KY) kaksi vuotta käytössä olleista rotta-altistuskammioista kunnostettiin ja viritettiin kolme kammioita KY:n nuorten rottien kokeeseen, jossa tutkittiin GSM-matkapuhelimen säteilyn vaikutuksia kehittyvien rottien keskushermostoon taajuudella 900 MHz. Säteilyturvakeskus (STUK) mittasi altistuskammioissa rottia jäljitteleviin malleihin eli fantomeihin imeytyvän tehon (SAR). Mittaustuloksia käytettiin Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) tekemien tietokonesimulointien tulosten varmistamiseen. Nuorten rottien SAR määritettiin VTT:n numeerisilla rottamalleilla suorittamien simulointien tuloksista. Rottien keskimääräinen SAR kokeen aikana oli  $0,3 \pm 0,1$  W/kg ja hetkellinen SAR vaihteli rotan asennon ja paikan mukaan välillä  $0,1 - 0,9$  W/kg alhaisemman altistuksen ryhmässä. Vastaavat SAR:t olivat  $3 \pm 1$  W/kg ja  $1 - 9$  W/kg korkeamman altistuksen ryhmässä.

Tampereen yliopistollisessa keskussairaalas- sa suoritettiin puolestaan altistuskokeita, joissa selvitettiin 900 MHz GSM-signaalin vaikutusta nukutetun porsaan aivosähkökäyrään korkeilla altistustasoilla. Tutkimuksessa käytetty laitteisto suunniteltiin ja rakennettiin STUKissa. Porsaan päähän imeytyvä mikroaaltoteho määritettiin VTT:llä tietokonesimuloinnein porsaan pään magneettikuvasta kehitettyä realistista kudsmallia käyttäen. Simulointien tulokset varmennettiin STUKissa altistustilannetta jäljittelevällä mitausjärjestelyllä, jota varten valmistettiin porsaan

pään muotoinen fantomi. Tutkimuksessa käytetyt suurimmat altistustasot olivat 7,3 W/kg ja 31 W/kg 10 g kuutiomaisen kudossmassan keskiarvona määriteltynä.

STUK oli aiemmassa projektissa kehittänyt altistuskammion, jolla voidaan altistaa soluja GSM-matkapuhelimen säteilylle 900 MHz taajuusalueella. Sen SAR-määrittystä tarkennettiin ns. meniscus-ilmiön osalta. Meniscus-ilmiöllä tarkoitetaan solujen kasvatusnesteen pinnan kaareutumista solumaljan reunolla nesteen pintajännityksen vuoksi. Kaareutumisen seurauksena reuna-alueen nestepinnan paikallinen SAR voi kasvaa jopa kymmenkertaiseksi tasaisen nestepinnan SAR:iin nähden. Yleensä altistettavat solut ovat maljan pohjalla, jolloin meniscus-ilmiöllä ei ole juuri merkitystä. Ilmiötä on kuitenkin syytä välttää, koska sen vuoksi pieni osa soluista voi altistua poikkeuksellisen suurelle SAR-tasolle. Tämän seurauksena solukokeiden tuloksia voidaan tulkita väärin. Meniscus-ilmiön poistaminen on välttämätöntä, kun altistetaan vapaasti nesteessä liikkuvia soluja. Käytännössä pinnan kaareutuminen voidaan välttää asettamalla sisäkkäin kaksi erikoista solumaljaa, joissa nestepinnat ovat samalla korkeudella. Tällöin sisemmän maljan pinta ei kaareudu ja maljan solujen SAR-jakauma on noin 30 % tasaisempi kuin yhden maljan tapauksessa.

### Lausunto valohoidoissa kertyneiden UV-säteilyannostietojen säilyttämistä

Suomen Ihotautilääkäriyhdistyksen pyynnöstä Säteilyturvakeskus antoi lausunnon valohoidoissa kertyneiden UV-säteilyannostietojen säilyttämistä. STUK totesi kantanaan, että valohoidoissa kertyneen kumulatiivisen UV-annoksen säilyttäminen on ehdottoman tärkeää sekä arvioitaessa potilaan mahdollista ihosyöpäriskiä että osana toimivaa laadunvalvontamenettelyä. Täten kunkin hoitojakson aikana annettujen valotuksien lukumäärä ja hoitojakson aikana saatu kokonaisultraviolettisäteilyannos ( $J/cm^2$ ) UV-aallonpituustietoineen tulee kirjata ylös ja nämä tiedot tulee säilyttää osana sellaista sairauskertomustietoa, joka ei häviä missään vaiheessa. Näin turvataan se, että valohoitopotilaalle vuosien aikana kertynyt kumu-

latiivinen UV-säteilyannos on laskettavissa koko potilaan eliniän ajan. Tämä on merkityksellistä arvioitaessa potilaan mahdollista riskiä sairastua ihosyöpään. Lisäksi rajoittamalla pitkällä aikavälillä kertyvää kumulatiivista UV-annosta voidaan tarvittaessa vähentää pitkäaikaisiin valohoitoihin liittyvää ihosyöpäriskiä.

### UMTS-puhelinten SAR-mittaus aloitettiin STUKissa

STUK aloitti kesällä 2007 ns. kolmannen sukupolven puhelinten (3G) SAR-testauksen. STUKin markkinavalvontana suorittama matkapuhelinten SAR-testauksia suoritetaan nyt myös UMTS- (Universal Mobile Telecommunications System) taajuusalueella (1950 MHz) vanhojen GSM- taajuusalueiden (900 MHz ja 1800 MHz) lisäksi. Markkinavalvonnassa pyritään edelleen testaamaan noin 15 eri puhelinmallia vuosittain, joista osa tulee olemaan kolmannen sukupolven puhelimia.

Testaustulokset osoittavat että puhelinmallin suurin SAR-arvo saadaan yleensä GSM 900 MHz-taajuusalueella. UMTS-alueella SAR on yleensä hieman pienempi. Normaalisissa käyttötilanteissa UMTS-alueella toimivan puhelimen SAR on vielä yleensä huomattavasti pienempi, johtuen tukiasemaverkon ja puhelimen tehonsäätöominaisuuksien kehitymisestä. Keskimäärin STUKin mittaamat ja valmistajien ilmoittamat SAR-arvot ovat lähellä toisiaan. Joissakin tapauksissa valmistajan ilmoittamat arvot ovat suurempia. Tämä johtunee mitatausepävarmuudesta (20–30 %) sekä siitä että valmistajat testaavat ns. monitaajuuspuhelimet kaikilla taajuusalueilla ja STUK vain Suomessa käytössä olevilla alueilla. Mallikohtaiset testaustulokset julkaistaan STUK:in verkkosivuilla osoitteessa [http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateilevat\\_laitteet/laitteiden\\_valvonta/fi\\_FI/matkapuhelimet/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateilevat_laitteet/laitteiden_valvonta/fi_FI/matkapuhelimet/)

## 6 Valtakunnallinen ympäristön säteilyvalvonta

*Raimo Mustonen*

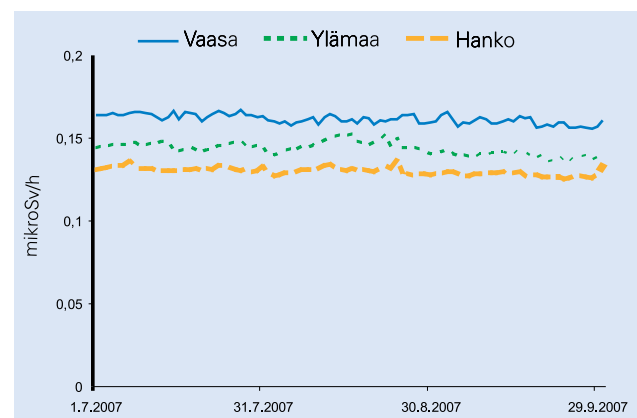
Ympäristössä esiintyvän säteilyn valvonta Suomessa on yksi STUKin ydinprosesseista. STUK toteuttaa elinympäristön keinotekoisien säteilyn ja keinotekoisien radioaktiivisten aineiden valvonnan yhteistyössä useiden muiden viranomaisten ja yhteistyökumppaneiden kanssa. Ympäristön säteilyvalvontaohjelma 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-aseteillaan. Voimassa olevan säteilyvalvontaohjelman sisältö on kuvattu liitteessä 3.

### 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-aseteensa ydinvoimalaitosten ympäristössä. 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 saatetaan loppuun vuoden 2007 loppuun mennessä. Uudistuksen yhte-

ydessä valvontaverkon kaikki mittausasemat ja niiden säteilyn mittausanturit vaihdetaan ja tiedonvälitys mittausasemilta STUKiin ja alueellisiin hätäkeskuksiin uusitaan. Uudet valvonta-aseteet sisältävät myös sade-anturin. Mahdollisessa säteilyvaaratilanteessa säteillä on suuri merkitys siihen, miten paljon radioaktiivisia aineita huuhtoutuu ilmasta maahan. Vanhassa valvontaverkossa tiedonvälitys tapahtui lankapuhelimien kautta, kun taas uusi verkko käyttää viranomaisten yhteydenpitoon rakennettua VIRVE -radioverkkoa ja dataverkkoa. Syyskuun 2007 loppuun mennessä oli asennettuna kaikkiaan 230 uutta valvonta-aseteä. Asennustyöt jatkuvat niin, että kaikki 250 asetettä on asennettu vuoden 2007 loppuun mennessä, mikäli rakennusvaiheessa olevat kolme pelastusasemaa ja yksi hätäkeskus valmistuvat.



**Kuva 7.** Ulkoisen säteilyn annosnopeus kolmella paikakunnalla vuoden 2007 kolmannella vuosineljänneksellä.

Vuoden 2007 kolmannella vuosineljänneksellä ei havaittu yhtään kohonnutta ulkoisen säteilyn tasoa Suomessa. Kuvassa 7 esitetään ulkoisen säteilyn annosnopeus (mikrosieverttiä tunnissa) Hangossa, Ylämaalla ja Vaasassa. Päivittäiset annosnopeudet eri valvonta-asetilla raportoidaan STUKin verkkosivuilla ([www.stuk.fi/sateilytieto/](http://www.stuk.fi/sateilytieto/) sateilytilanne tänään).

## 6.2 Ilman radioaktiivisuus

Ulkoilman radioaktiivisten aineiden määriä valvotaan yhdeksällä paikkakunnalla eri puolilla Suomea. Lisäksi molempien ydinvoimalaitospaikkokojen ympäristössä - Loviisassa ja Olkiluodossa - on neljä voimayhtiöiden omaa valvonta-asetmaa. STUK toteuttaa ilman radioaktiivisuuden valvontaa yhteistyössä Ilmatieteen laitoksen ja puolustusvoimien kanssa.

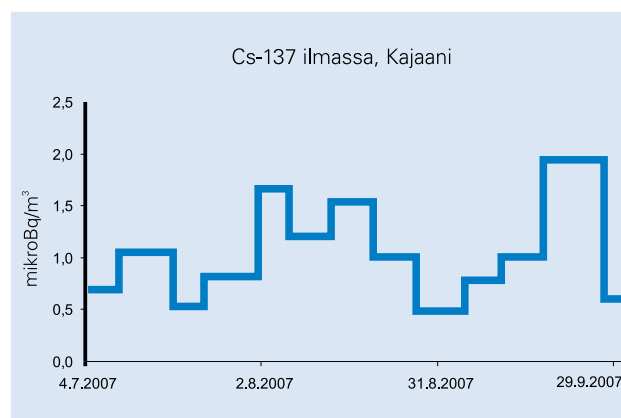
Ulkoilman sisältämiä radioaktiivisia aineita valvotaan pumpaamalla suuri määrä ilmaa suodattimien läpi, johon ilmassa olevat radioaktiiviset aineet jäävät. Lasikuitusuodatin kerää radioaktiivisia aineita sisältävät pienhiukkaset. Aktiivihiihluodatin puolestaan pidättää kaasumaisia aineita ja esim. radioaktiivista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

nen hajoaminen kuukaudessa, voidaan se yleensä havaita.

Kuva 8 esittää ulkoilman cesium-137 pitoisuudet Kajaanin valvonta-asetmalla vuoden 2007 kolmannella 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 toisella vuosineljänneksellä tehtiin yksi normaalista poikkeava havainto ulkoilman radioaktiivisuudessa. Helsingissä havaittiin elokuun 21.-24. 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. Helsingissä tehdyt havainnot liittyivät Porvoossa 20.-24. elokuuta tehtyihin virtauskokeisiin. Kyseisenä aikana tehtiin kaikkiaan 11 eri virtauskoetta, joissa käytetyn bromi-82:n kokonaisaktiivisuus oli 20 GBq. Tällaiset merkkiainetestit ovat STUKin hyväksymiä, eikä niillä ole vaikutusta väestön saamaan säteilyaltistukseen.



**Kuva 8.** Cesium-137-pitoisuus ulkoilmassa Kajaanin valvonta-asetmalla vuoden 2007 kolmannella vuosineljänneksellä.



## 7 Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat

*Anne Weltner, Jorma Sandberg*

Säteilyturvakeskuksen toiminta säteilyvaaratilanteissa on etukäteen suunniteltu ja toimintaa harjoitellaan säännöllisesti. STUKin päivystäjä ottaa vastaan kaikki säteilyyn ja ydinturvallisuuteen liittyvät hälytykset ja toiminta käynnistyy 15 minuutin kuluessa kaikkina vuorokauden aikoina. Vuoden toisella neljänneksellä STUKin päivystäjään otettiin yhteyttä kaikkiaan 30 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:tä ilmoitettiin, että turvajärjestelmiin kuuluva ylivirtarele vikaantui vuosihuollon aikana. Releen vikaantuminen heikensi reaktorin jälkilämmönpoiston luotettavuutta, mutta tapahtumalla ei kuitenkaan ollut välitöntä merkitystä laitosten turvallisuuteen.

Pari päivää myöhemmin salamanisku aiheutti sähkökatkon kantaverkossa ja edelleen häiriöitä Loviisa 1:n ei-turvajärjestelmiä ohjaavassa keskuksessa. Kolmas Loviisa 1:n yhteydenotoista koski turbiinin pikasulkuun, josta aiheutui tehonalennus.

Loviisa 2:n päämerivesipumppu pysähtyi aiheuttaen tehonalennuksen.

Tapahtumat eivät vaarantaneet laitoksen, ympäristön tai ihmisten turvallisuutta.

#### Olkiluoto

Olkiluoto 2:lla sattui syyskuussa reaktoripikasulku. Reaktori pysähtyi automaattisesti suunnitelmien mukaan, mutta turvallisuuden varmistamisen kannalta merkityksellistä oli se, että reaktorin pikasulussa käytettävistä järjestelmistä yksi ei toiminut niin kuin olisi pitänyt. STUK luokitteli tapahtuman ydinlaitostapahtumien kansainvälisellä seitsenportaisella vakavuusasteikolla (INES) luokkaan yksi (poikkeuksellinen turvallisuuteen vaikuttava tapahtuma).

Tapahtuma ei vaarantanut laitoksen, ympäristön tai ihmisten turvallisuutta.

### 7.2 Säteilymittausilmoitukset johtuivat teknisistä vioista

Neljä päivystäjän vastaanottamaa ilmoitusta liittyi säteilyvalvontaan ulkoisen säteilyn mittaussasemilla Suomessa. Kaikki ilmoitukset johtuivat teknisistä ongelmista säteilyvalvontalaitteissa. Tietoja Suomen säteilyvalvonnasta on luvussa 6.

### 7.3 Säteilevä betonierä Nuijamaan tullissa

Säteilyturvakeskuksen päivystäjä sai 20.9.2007 tiedon Nuijamaan tullista, että Venäjä oli palauttanut takaisin Suomeen kontin, joka säteili liikaa. Kontti oli matkalla Kiinasta Kotkan kautta Venäjälle. Kontissa olleet graniittikappaleet sisälsivät mittausten perusteella normaalia enemmän luonnon radioaktiivisia aineita. Tapaus on kuvattu luvussa 4.

## 7.4 Kaksi ilmoitusta seismisistä havainnoista

Seismologian laitos ilmoitti elokuussa pienestä maanjäristyksestä Kuolan niemimaalla ja syyskuussa pienistä räjähdyksistä Suomenlahdella Kotkan edustalla Haapasaaren lähellä. Kummatkaan näistä eivät aiheuttaneet STUKissa lisätoimia. Seismologian laitos ilmoittaa STUKin päivystäjälle seismisistä havainnoista ydinvoimalaitosten tai entisten ydinkoealueiden lähellä.

## 7.5 Maanjäristys vaurioitti ydinvoimalaitosta Japanissa

Japanissa Honsun saarella sattui 16.7.2007 6,8 richterin maanjäristys, joka aiheutti Kashiwazaki-Kariwan ydinvoimalaitoksessa vaurioita. Laitoksen seitsemästä reaktoriyksiköstä kolme oli tapahtuman hetkellä pysähdyksissä huolto- ja tarkastus- ja seisokin takia. Neljä reaktoria pysähtyi automaattisesti turvalliseen tilaan järjestyksen alkusignaalista.

Voimalaitoksen turvallisuudelle tärkeät rakennukset ja järjestelmät on suunniteltu maanjäristysten varalle. Niihin ei tullut vaurioita, vaikka maanjäristys oli voimakkaampi kuin mihin suunnittelussa oli varauduttu. Sen sijaan vaurioita tuli voimalaitoksen muihin rakennuksiin ja järjestelmiin, joita ei ollut suunniteltu maanjäristyksiksi.

Vauriot aiheuttivat muuntajapalon ja toisaalta estivät palonsammutusjärjestelmän toiminnan sekä vioittivat hätätilanteessa käytettäviä viestiyhteyksiä. Viestiyhteyksien vioittumisen sekä teiden vaurioitumisen seurauksena ulkopuolisen palokunnan saapuminen laitokselle ja muuntajapalon sammuttaminen viivästyivät.

Lievästi radioaktiivista vettä pääsi vuotamaan 6-yksikön reaktorirakennuksen sisätiloissa noin kuutiometrin verran. Vettä päätyi vähän myös mereen. Päästön suuruus alitti kuitenkin ydinvoimalaitoksille asetetut raja-arvot. Lisäksi käytetyn polttoaineen varastoaltaista pääsi loiskumaan vettä reaktorirakennuksiin. Kiinteän radioaktiivisen jätteen varastolla oli putoillut vähäaktiivisen jät-

teen tynnyreitä, joista osa oli auennut. Vaurioita oli tullut myös joihinkin laitosalueella sijaitseviin huoltorakennuksiin.

Kashiwazaki-Kariwan ydinvoimalaitosta kohdanneista tapahtumista vakavimmat eli vesivuodot on luokiteltu seitseenportaisella (luokat 1-7 ja luokka 0) ydinlaitostapahtumien kansainvälisellä vakavuusasteikolla INES-luokkaan 0 eli poikkeukselliseksi tapahtumaksi, jolla ei ole merkitystä ydin- eikä säteilyturvallisuuden kannalta. Muut maanjäristyksen aiheuttamat vauriot jäivät kokonaan asteikon ulkopuolelle. Kaikki seitsemän reaktoriyksikköä ovat edelleen pysähdyksissä ja yksityiskohtaiset selvitykset jatkuvat niissä kaikissa.

Lähellä 800 000 asukkaan Niigatan kaupunkia sijaitseva Kashiwazaki-Kariwan laitos on maailman suurin ydinvoimalaitos. Seitsemän reaktoriyksikön kapasiteetti on yhteensä 8,21 GWe (Olkiluoto 1 ja 2 yhteensä 1,75 GWe).

Maanjäristysalueilla on asetettu erityisiä vaatimuksia ydinvoimalaitosten kestävyys- ja turvallisuuteen. Tapahtuman jälkeen Japanissa selvitetään, ovatko ydinvoimalaitoksien maanjäristyksiin varautumista koskevat yleiset periaatteet ja suunnitteluperusteet riittäviä.

STUK oli tapahtuman johdosta yhteydessä Japanin ydinturvallisuusviranomaiseen. Lukuisat tiedotusvälineet olivat STUKiin yhteydessä. Maanjäristystä ja sen vaikutuksia ydinvoimalaitokseen uutisoitiin laajasti sekä Suomessa että ulkomailta. Tiedotusvälineiden mukaan järjitys aiheutti kahden henkilön kuoleman ja noin kahdensadan loukkaantumisen sekä useiden talojen sortumisen läheisessä kaupungissa.

Suomessa vaarallisen maanjäristyksen mahdollisuus on erittäin pieni, mutta ne on otettu huomioon ja vaikutuksia on selvitetty. Japanin tapahtuman jälkeen käytössä olevissa neljässä yksikössä on tehtiin uudet maanjäristysriskianalyytit. Olkiluoto 3 -yksikön suunnittelussa on maanjäristykset jo otettu huomioon.

## 7.6 Ydinsukellusvene vaurioitui Arkangelissa

Ydinsukellusveneessä sattui onnettomuus Zvjodzotskan kuivatelakalla Arkangelissa 26.7.2007. Uutisvälineiden yhteydenottojen takia STUK ryhtyi selvittämään tapausta ottamalla yhteyttä Venäjän ja Norjan säteily- ja ydinturvallisuusviranomaisiin. Venäjän Rosatomin kriisikeskus lähetti STUKille selvityksen tapahtumasta.

Paineilmajärjestelmän huoltotöiden yhteydessä yksi pääpainolastisäiliöistä rikkoutui ylipaineen vuoksi, kun paineilmajärjestelmälle oltiin suorittamassa suunnitelman mukaisia huoltotöitä. Reaktoriosasto ei vaurioitunut eikä tapahtuma aiheuttanut säteilyvaaraa ihmisille tai ympäristölle. Kukaan ei myöskään loukkaantunut onnettomuudessa.

## 7.7 Leningradin ydinvoimalaitoksen valmiusharjoitus

STUK osallistui Leningradin ydinvoimalaitoksen valmiusharjoitukseen 19.-20.9.2007. Venäjän ydinvoimakonserni Rosenergoatom järjestää vuosittain suuren valmiusharjoituksen. Yleensä joka kymmenes vuosi on Leningradin ydinvoimalaitoksen vuoro harjoitella koko Venäjän valmiusjärjestelmän kanssa. Ensimmäisenä harjoituspäivänä keskityttiin laitostilanteeseen ja ensivaiheen toimenpiteisiin. Toisena päivänä pääpaino oli jälkivaiheen suojelutoimenpiteillä.

STUKin tavoitteena oli harjoitella tilannekuvan muodostamista ja ylläpitoa sekä tiedonkulkua Venäjän ja Suomen välillä. STUK vastaanotti Venäjän ulkomaisen yhteysorganisaation eli Rosatomin tilanne- ja kriisikeskuksen lähettämiä tiedonantoja ja teki lisäkysymyksiä. Leningradissa ja Moskovassa olleet STUKin edustajat lähettivät aktiivisesti tilannetietoa STUKiin. Venäläiset harjoittelivat yleisölle tiedottamista myös verkkosivujen avulla. Sivuja oli mahdollista seurata harjoituksen aikana myös Suomessa.

STUKissa harjoitukseen osallistui yhteensä noin kymmenen henkilöä. Lisäksi STUKilla oli yksi tarkkailija Moskovassa Rosenergoatomin kriisikeskuksessa ja Suomesta useita tarkkailijoita Leningradin voimalaitoksella.

STUK osallistui vastaavaan Kuolan ydinvoimalaitoksen harjoitukseen vuonna 2005 (Neljännesvuosisiraportti 3/2005, STUK-B-YTO 244).

## 7.8 Muut yhteydenotot päivystäjään ja yhteyskokeilut

Kahdeksan ilmoitusta liittyi erilaisiin kotimaisiin ja kansainvälisiin tiedonantoihin, kyselyihin ja viikasanomiin. Esimerkiksi yksi ilmoitus koski yksityishenkilön ilmoitusta asiattomista säteilyvaarakylteistä Simossa. Lisäksi kansainvälisiä yhteyskokeiluja STUKin päivystykseen tuli neljä.

## 8 Tutkimus

*Sisko Salomaa*

### 8.1 Valmistuneet hankkeet

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

*Lahtinen J, Toivonen H, Hänninen R. Effective use of radiation monitoring data and dispersion calculations in an emergency. International Journal of Emergency Management 2007; 4 (3): 468–480.*

Säteilytilanteiden hallinta edellyttää, että asiantuntijoiden ja päätöksentekijöiden käytettävissä on mahdollisimman luotettavia ja tarkkoja säteilymittaustuloksia ja leviämislaskentaennusteita. Artikkelissa kerrotaan erilaisista onnettomuustilanteiden säteilymittauksista ja leviämislaskuista ja pohditaan niiden tulosten laatuun vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi korostetaan etukäteisvalmisteluiden (mm. skenaariokohtaiset uhka-analyysit, mittaustilanteiden harjoitukset ja koulutus) merkitystä.

Todellisessa säteilytilanteessa sekä mittaus- ja laskentatulosten että leviämislaskentatulosten hallintaa varten täytyy olla käytettävissä tehokkaat tietojärjestelmät, joiden tulee kyetä tuottamaan erilaisia koosteraportteja. Tärkeimpien vakioraporttien tuottaminen tulee automatisoida mahdollisimman pitkälle. Myös data-assimilaatorajapinta, eri lähteistä tulevien ennusteiden vertailu ja tarve esittää lopputulosten kokonaisepävarmuuksia yksinkertaisella tavalla on otettava huomioon. Työssä kuvataan lopuksi periaatetasolla eräs mahdollinen tietokantapohjainen järjestelmä leviämislaskentatulosten yleiseksi hallinnoimiseksi.

*Larjavaara S, Mäntylä R, Salminen T, Haapasalo H, Raitanen J, Jääskeläinen J, Auvinen A. Incidence of gliomas by anatomic location. Neuro-Oncology 2007; 9: 319–325.*

Tutkimuksessa kuvattiin pahanlaatuisten hermokudoskasvainten jakautumista aivojen eri osiin. Ensimmäisessä tarkastelussa vertailtiin kasvainten sijoittumista eri aivolohkoihin. Tutkimusaineiston muodostivat 267 gliomaa kaikista Suomen viidestä yliopistollisesta sairaalasta. Otsalohkossa ja ohimolohkossa oli kudostilavuuteen suhteutettuna yli nelinkertainen määrä gliomia takaraivolohkoon nähden.

Sijainnin yksityiskohtaisempi analyysi tehtiin suppeammalla 89 kasvaimen aineistolla, joka koostui Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) potilaista. Neuroradiologi merkitsi kasvaimen keskipisteen sijainnin tomografia- tai magneettikuvausten perusteella kolmiulotteisessa koordinaatistossa. Gliomien määrä vaihteli selvästi aivokudoksen eri osien välillä. Gliomat keskittyivät aivojen etuosiin ja kuorikerroksen alaisille alueille. Myös oikeassa aivopuoliskossa oli enemmän gliomia kuin vasemmassa.

Tulokset viittaavat siihen, että aivokudoksen ominaisuudet poikkeavat eri osissa. Yksi tällainen ero on kasvaimien alkuperänä olevan hermokudoksen määrä. Lisäksi on mahdollista, että syöpää synnyttävien tekijöiden vaikutus vaihtelee aivojen eri osissa. Tutkimus on osatulos laajemmassa aivokasvainten syytekijöitä selvittävässä hankkeessa, missä tutkitaan mm. matkapuhelimen käytön mahdollisia vaikutuksia aivokasvainten riskiin.

*Pastila R, Leszczynski D. Ultraviolet-A radiation induces changes in cyclin G gene expression in mouse melanoma B16-F1 cells. Cancer Cell International 2007; 7 (7). Epub 2007 May 2. doi:10.1186/1475-2867-7-7.*

Aiemmissä tutkimuksissamme on osoitettu, että UVA-säteily lisää hiiren melanoomasolujen kykyä muodostaa etäpesäkkeitä. Tässä työssä tarkasteltiin UVA-säteilyn vaikutusta melanoomasolujen geenien ja proteiinien ilmentymiseen sekä solunjakautumiseen. Neljä tuntia altistuksen jälkeen UVA-säteily (8 J/cm<sup>2</sup>) muutti yhdeksän geenin ilmentymisprofiilia. Näiden geenien koodaamat proteiinit osallistuvat soluissa mm. verisuonten uudismuodostukseen (VEGF), solusykliin (cyclin G), stressivasteeseen (HSPT) ja solun liikkuvuuteen (G-actin, cofilin).

UVA-säteilytyksen jälkeen kaikista voimakkaimmin nousi cyclin G -geenin ilmentyminen melanoomasoluissa verrattuna säteilyttämättömiin kontrollisoluihin. Koska UVA-säteilyn vaikutus cyclin G:n geeniekspressioon oli ilmeinen, määritettiin myös UVA-säteilyn aiheuttamat muutokset cyclin G - proteiinin määrässä heti säteilytyksen jälkeen sekä useina ajankohtina 1-48 tuntia säteilytyksen jälkeen. UVA-säteily nosti eniten cyclin G:n määrää 6 tuntia säteilytyksen jälkeen. Koska cyclin G:n tiedetään säätelevän solusyklin G2/M-vaihetta, määritettiin UVA-säteilyn vaikutus solusykliin virtausytometrisesti eri ajankohtina. UVA-säteily vaikutti melanoomasolujen solusykliin pysäyttämällä soluja jakautumista edeltävään vaiheeseen. Tässä työssä saadut tulokset tukevat

aiempien tutkimuksien näkemystä siitä, että UVA-säteilyllä on enemmän soluvaikutuksia ja täten myös mahdollisia terveystaivaikutuksia kuin aiemmin on osattu epäillä.

*Virtanen A, Pukkala E, Auvinen A. Angiosarcoma after radiotherapy: a cohort study of 332, 163 Finnish cancer patients. British Journal of Cancer 2007; 97: 115-117.*

Tutkimuksessa tarkasteltiin verisuonisarkoomien ilmaantumista sädehoidolle altistumisen jälkeen. Tutkimusaineisto kerättiin Suomen Syöpärekisteristä, ja kohorttiin sisällytettiin kaikki vuosina 1953–2003 eturauhassyöpään, keuhkosityöpään, kohdunkaulan tai kohdunrunnon syöpään, munasarjasyöpään, peräsuolen syöpään, rintasyöpään tai lymfoomaan sairastuneet henkilöt. Seurannassa poimittiin henkilöille ilmaantuvat angiosarkoomat. Angiosarkoomat ovat harvinaisia pahanlaatuisia kasvaimia, jotka saavat alkunsa verisuonen seinämästä.

Seurannassa kertyi 1.8 miljoonaa henkilövuotta ja 19 angiosarkoomaa. Angiosarkoomia ilmaantui odotettua enemmän henkilöillä, jotka olivat saaneet sädehoitoa (havaittujen ja odotettujen tapahtumien suhdeluku SIR 6.0, 95 % luottamusväli CI 2.7-11), säde- ja sytostaattihoidon (SIR 100, 95% CI 12-360) tai muita hoitomuotoja (SIR 3.6, 95 % CI 1.6-7.1). Regressioanalyysissä riski ei eronnut merkittävästi hoitoryhmien välillä. Normaaliväestöön verrattuna angiosarkoomariski oli suurentunut sekä sädehoitoa saaneilla syöpäpotilailla että muita hoitomuotoja saaneilla syöpäpotilailla.

Tutkimuksessa todettiin, että syöpäpotilailla on suurentunut riski sairastua angiosarkoomaan. Sädehoitoa saaneiden riski ei ollut suurempi kuin muita hoitoja saaneilla.

Vrijheid M, Cardis E, Ashmore P, Auvinen A, Bae J-M, Engels H, Gilbert E, Gulis G, Habib RR, Howe G, Kurtinaitis J, Malke H, Muirhead CR, Richardson DB, Rodriguez-Artalejo, Rogel A, Schubauer-Berigan M, Tardy H, Telle-Lamberton M, Usel M, Veress K. Mortality from diseases other than cancer following low doses of ionizing radiation: results from the 15-Country Study of nuclear industry workers. *International Journal of Epidemiology* 2007. Epub 2007 Jul 31. doi:10.1093/ije/dym138. Sädehoidon on osoitettu suurentavan mm. sydänsairauksien vaaraa, mutta pienempien säteilyannoksien vaikutuksesta ei ole selvää näyttöä. Kansainvälisen 15 maan ydintyöntekijöiden seuranta-tutkimuksessa selvitettiin säteilyaltistuksen yhteyttä tautikohtaisen kuolleisuuteen. Yli neljännesmiljoonaa työntekijää seurattiin keskimäärin 8 vuoden ajan. Työntekijöiden keskimääräinen annos oli 21 mSv. Seuranta-aikana kuolemattauksia oli 11 255. Säteilyannos korreloi ei-merkittävästi kokonaiskuolleisuuteen (suhteellinen lisäriski ERR 0.24 per Sv, 95 % luottamusväli -0.23, 0.78). Yhteys verenkiertoelimistön sairauksiin oli heikompi (ERR 0.09, 95 % lv -0.43, 0.70). Vastaava ei-merkittävä yhteys havaittiin myös hengityselimistön ja ruoansulatuselimistön sairauksien aiheuttamassa kuolleisuudessa. Vaikka kyseessä on laajin pienten säteilyannosten vaikutuksia kos-

keva tutkimus, tulokset eivät osoita säteilyn vaikutuksia vaan saattavat johtua myös sattumasta tai sekoittuneisuudesta. Ne eivät kuitenkaan sulje pois samansuuruisista vaikutusta annosyksikköä kohti kuin on raportoitu sädehoitoa saaneilla potilailla.

Wigertz A, Lönn S, Schwartzbaum J, Hall P, Auvinen A, Johansen C, Klæboe L, Salminen T, Schoemaker MJ, Swerdlow AJ, Tynes T, Feychting M. Allergic conditions and brain tumor risk. *American Journal of Epidemiology* 2007; 166: 941–950.

Aivokasvainten syytekijöitä selvittävän kansainvälisen yhteistutkimuksen analyysissä havaittiin, että allergisia oireita raportoivilla on muuta väestöä alhaisempi gliooman riski. Tulokset olivat yhdenmukaisia eri oireiden kuten astman, heinänuhan ja ihottuman osalta. Todennäköinen selitys löydökselle on se, että allergiseen taipumukseen liittyy muita, kenties immunologisia tekijöitä jotka alentavat aivokasvainten vaaraa. Aivokalvon kasvaimiin allergisilla oireilla ei ollut yhteyttä. Aineisto koostui yli 1500 glioomasta, 120 meningioomasta ja 3300 verrokista ja se kerättiin Suomesta, Ruotsista, Norjasta, Tanskasta ja Englannista. Tutkimus on osatulos laajemmassa aivokasvainten syytekijöitä selvittävässä hankkeessa, missä tutkitaan mm. matkapuhelimen käytön mahdollisia vaikutuksia aivokasvainten riskiin.

## 9 Lähialueen ydinvoimalaitokset

*Heikki Reponen*

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

### 9.1 Leningradin ydinvoimalaitos

Kesäkuukausina työtä teettivät Leningradin laitokselle toimitettavien laitteiden tullaus- ja toimitusmuodollisuudet. Näitä laitteita olivat kulunvalvontajärjestelmien varaosat, palonsammutusjärjestelmien uudet ohjausjärjestelmät ja muut palonsammutuslaitteet.

21.–23. elokuuta Leningradin voimalaitoksella järjestettiin STUKin ja voimalaitoksen säännönmukainen puolivuositapaaminen, jossa keskusteltiin yhteisten hankkeiden edistymisestä. Samalla laituskäynnillä oli mukana konsultti, joka asensi laitokselle toimitetun satelliittiyhteyksillä toimi-

van hälytyslaitteiston uudelleen virhetoimintojen poistamiseksi. Keskusteltiin myös syyskuun alkuun Leningradin voimalaitokselle suunnitellusta kansainvälisestä konferenssista, jossa käydään läpi monivuotisen yhteisen turvallisuusanalyysin tuloksia.

27.–31. elokuuta järjestettiin Leningradin voimalaitoksen edustajille Olkiluodossa käyttöturvallisuusyhteistyöhön liittyvä koulutusseminaari aiheesta ”Tietokoneavusteiset kunnossapidon ja käytön henkilöstön koulutussimulaattorit”.

3.–14. syyskuuta jatkettiin Leningradin voimalaitoksella Suomessa VTT:lla alkukesästä aloitettua uusimman ultraäänitarkastustekniikan, Phased Arrayn, koulutusta VTT:n ja Polartestin asiantuntijoiden voimin.

19.–21. syyskuuta järjesti Leningradin voimalaitos suuren kansallisen onnettomuusharjoituksen. Tilanteen vaatimia toimenpiteitä harjoiteltiin samanaikaisesti STUKin valmiuskeskuksessa. Sen lisäksi venäläisten toimintaa tarkkailtiin paikan päällä neljän suomalaisen voimin: STUKin lisäksi mukana oli edustajat Loviisan voimalaitokselta sekä vakuutusyhtiö Pohjolasta. Yksi henkilö STUKista oli Moskovassa seuraamassa Rosenergoatom-konsernin valmiuskeskuksen toimintaa. Harjoituksesta kerrotaan myös kappaleessa 7.

26.–28. syyskuuta avattiin Tukholmassa Leningradin voimalaitoksen vesikemian valvonnan parantamiseen tähtäävän hankkeen tarjoukset ja arvioitiin ne. Hanke toteutetaan voimalaitoksen, Ruotsin ja Suomen yhteisrahoituksella.

## 9.2 Kuolan ydinvoimalaitos

Heinäkuun 9.–11. päivinä STUKin edustaja vieraili Kuolan ydinvoimalaitoksella keskustelemassa menossa olevien hankkeiden tilanteesta. Mukana oli kaksi konsulttia tehtävänänsä Kuolan laitokselle toimitetun, satelliittiyhteyksillä toimivan hälytyslaitteiston huoltaminen käyttökuntoon.

Putkisto-osien hitsaussaumoissa esiintyvien vikojen tarkastamiseen tarkoitettuihin testikapaleisiin työstiin Suomessa asianmukaiset testiviatiat.

## 9.3 Muu yhteistyö

3.–4. heinäkuuta järjestettiin IAEA:n pääkonttorissa Wienissä Itämeren maiden operatiivista rajavalvontaa koskeva suunnittelukokous, jossa oli mukana STUKin lisäksi myös mukana tullihallituksen edustaja.

15.–17. elokuuta keskusteltiin Moskovassa Leningradin voimalaitokselle tehtävästä STUKin ja Venäjän ydinturvallisuusvalvontaviranomaisen

Rosteknadzorin yhteisestä käyttöturvallisuustarkastuksesta. Tarkastus ajoitettiin lokakuulle ja tehtäväksi määritettiin tarkistaa vuonna 1992 tehdyn aiemman tarkastuksen huomautusten huomioonottaminen sekä käyttöturvallisuuden yleinen kehitys voimalaitoksella.

23.–24. elokuuta Norjan säteily- ja ydinturvallisuudesta vastaava valvontaviranomainen Strålevern järjesti Oslossa kokouksen, jossa pohdittiin Norjan strategiaa turvallisuusyhteistyössä Venäjän ydinvoimalaitosten kanssa. Mukaan oli kutsuttu Ruotsin ja Suomen viranomaisten edustajat valottamaan omia kantojaan. Strålevern työstää lopullisen strategiansa vuoden loppuun mennessä.

29. elokuuta –1. syyskuuta keskusteltiin jälleen IAEA:n pääkonttorissa Wienissä Itämeren maiden operatiivista rajavalvonnasta.

4.–7. syyskuuta järjestettiin Belgian Bryggessä IAEA:n alaisen, Venäjän ydinjäteongelmia käsittelevän Contact Expert Groupin (CEG) kokous, johon STUKin edustaja osallistui.



## 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	Kiehutusvesireaktori (BWR), Asea Atom
Olkiluoto 2	18.2.1980	1.7.1982	890/860	Kiehutusvesireaktori (BWR), Asea Atom
Olkiluoto 3	Rakentamislupa myönnetty 17.2.2005		n. 1600 (netto)	Painevesireaktori (PWR), Areva NP

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

## LIITE 2

## VALTAKUNNALLINEN YMPÄRISTÖN SÄTEILYVALVONTA STUKISSA

Valtakunnallinen ympäristön säteilyvalvonta sisältää seuraavassa taulukossa esitettävät toiminnot. Valvontatulokset raportoidaan vuosittain seuraavan vuoden alkupuoliskolla suomeksi, ruotsiksi ja englanniksi yhdessä muiden säteilyvalvontaa 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 <sup>1)</sup> )	Gammasäteilijät, Sr-90	2 näytettä vuodessa + erityiselintarvikkeet
Ihmisen aktiivisuus	Helsinki, Tampere, Rovaniemi	Gammasäteilijät	Kerran vuodessa
Itämeren radioaktiivisuus <sup>2)</sup>	Useita valvontapaikkoja ja mitattavia kohteita		

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

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



Laippatie 4, 00880 Helsinki  
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500  
[www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

ISBN 978-952-478-309-5  
ISSN 0781-1713

Edita Prima Oy, Helsinki 2008