

STUK-B 78 / SYYSKUU 2007

B

# Säteily- ja ydinturvallisuus

Neljännesvuosisraportti 1/2007

Risto Isaksson (toim.)

# Säteily- ja ydinturvallisuus

Neljännesvuosiraportti 1/2007

Risto Isaksson (toim.)

ISBN 952-478-240-1 (nid.) Edita Prima Oy, Helsinki 2007  
ISBN 952-478-241-8 (pdf)  
ISSN 0781-2884

ISAKSSON Risto (toim.). *Säteily- ja ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 1/2007.*  
STUK-B 78. Helsinki 2007. 31 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 ensimmäiseltä neljännekseltä. Raportissa kerrotaan Suomen ja sen lähialueiden ydinlaitosten käytöstä ja turvallisuuteen vaikuttaneista tapahtumista sekä Suomen uuden ydinvoimalaitoshankkeen etenemisestä ja kuinka STUK sitä valvoo. Lisäksi raportoidaan ydinjätehuollon ja ydinmateriaalivalvonnan tapahtumista.

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

Loviisa 1 ja 2 sekä Olkiluoto 1 ja 2 olivat tuotantokäytössä koko vuosineljänneksen. Laitosyksiköillä vuosineljänneksen aikana sattuneilla tapahtumilla ei ollut merkitystä ydin- eikä säteilyturvallisuuden kannalta. STUK jatkoi Olkiluoto 3:n järjestelmien, laitteiden ja rakenteiden yksityiskohtaisten suunnitelmien tarkastamista sekä pääkomponenttien valmistuksen ja rakennustöiden valvontaa.

Ydinjätteen loppusijoituslaitoksen maanalaisen tutkimustilan rakentaminen jatkui Olkiluodossa. STUK valvoo muun muassa tekemällä valvontakäyntejä rakennustyömaalla. Lisäksi STUK käynnisti tarkastustyön Posiva Oy:n julkaisemasta kolmivuotisesta ydinjätehuollon tutkimus- ja kehitystyön sekä teknisen suunnittelun ohjelmasta.

Vuoden 2007 ensimmäisellä vuosineljänneksellä ei ollut yhtään tilannetta, jossa olisi ollut aiheutta ryhtyä erityistoimiin väestön tai ympäristön suojelemiseksi. Säteilutilanne Suomessa oli normaali koko vuosineljänneksen ajan. Vuosineljänneksellä tehtiin kuitenkin kaksi normaalista poikkeava havaintoa ulkoilman radioaktiivisuudessa. Havaitsemisrajan ylitti koboltti-60 Kotkassa ja jodi-123 Helsingissä. Koboltin lähde on mitä ilmeisimmin joku lähialueen ydinvoimalaitos. Jodin lähteeksi selvisi tutkimusten jälkeen kiihdytinlaboratorio Jyväskylässä. Jodihavainnosta kerrotaan kappaleessa 6.3 ja tapahtumasta kiihdytinlaboratoriossa kappaleessa 5.1.

# Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	5
2 SUOMEN YDINVOIMALAITOKSET	6
2.1 Loviisa 1 ja 2	6
2.1.1 Käyttö ja käyttötapaukset	6
2.1.2 Ympäristön säteilyturvallisuus vuonna 2006	8
2.2 Olkiluoto 1 ja 2	10
2.2.1 Käyttö ja käyttötapaukset	10
2.2.2 Ympäristön säteilyturvallisuus vuonna 2006	12
2.3 Olkiluoto 3	14
3 YDINJÄTEHUOLTO	15
4 YDINMATERIAALIVALVONTA	16
5 SÄTEILYN KÄYTTÖ	18
5.1 Ionisoiva säteily	18
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 STUKIN VALMIUSTOIMINTA	24
7.1 Yhteydenotot STUKin päivystäjään	24
7.2 Poikkeavat tapahtumat ulkomailla	24
8 TUTKIMUS	25
8.1 Valmistuneet hankkeet	25
8.2 Ilmestyneet artikkelit ja raportit	29
9 LÄHIALUEEN YDINVOIMALAITOKSET	30
LIITE 1 YLEISTIEDOT SUOMEN YDINVOIMALAITOKSISTA	32
LIITE 2 VALTAKUNNALLINEN YMPÄRISTÖN SÄTEILYVALVONTA STUKISSA	33

# 1 Johdanto

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

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

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

## 2 Suomen ydinvoimalaitokset

*Tapani Eurasto, Erja Kainulainen, Janne Liuko, Lauri Pöllänen, Riku Mattila, Petteri Tiippana*

### 2.1 Loviisa 1 ja 2

#### 2.1.1 Käyttö ja käyttötapaukset

Loviisan kummatkin laitosyksiköt olivat tuotantokäytössä koko vuosineljänneksen. Loviisa 1:n energiakäyttökerroin vuosineljänneksellä oli 101,2 % ja Loviisa 2:n 102,1 %. Energiakäyttökerroin kuvaa tuotetun sähköenergian suhdetta energiaan, joka olisi voitu tuottaa, jos laitosyksikkö olisi toiminut koko tarkasteluajan nimellisteholla. Tuotetun sähköenergian määrä riippuu myös turbiinille johdetun höyryn lauhtuttamiseen käytetyn meriveden lämpötilasta. Mitä kylmempää merivesi on, sitä suurempi teho turbiinista saadaan. Tällöin energiakäyttökerroin voi ylittää arvon 100 %. Laitosyksiköiden reaktoreiden suurin sallittu lämpöteho on määritelty laitosyksiköiden käyttöluvis- sa. Sähköntuotantoa kuvaavat diagrammit esitetään kuvissa 1 ja 2.

#### **Dieselgeneraattorien tasasähkökeskusten välisen yhteyden virheellinen tila Loviisa 2:lla**

Loviisa 2 -laitosyksiköllä (LO2) havaittiin 26.3.2007, että kahden varavoimadieselgeneraattorin tasasähkökeskuksen välinen kaapeliyhteys oli virheellisesti käytössä. Lisäksi toisen keskuksen ja sitä varmentavan akuston välinen sähkökytkin oli virheellisesti auki-asennossa. Virheellinen kytkentätilanne korjattiin 27.3.2007. Kyseinen tilanne oli ollut voimassa edellisestä LO2-vuosihuollosta 1. syyskuusta 2006 lähtien. Tapahtuma ei aiheuttanut sähkönmenetystä turvallisuuden kannalta tärkeille sähkölaitteille, mutta havaittu kytken-

tätilanne oli laitosyksikön turvallisuusteknisten käyttöehtojen vastainen.

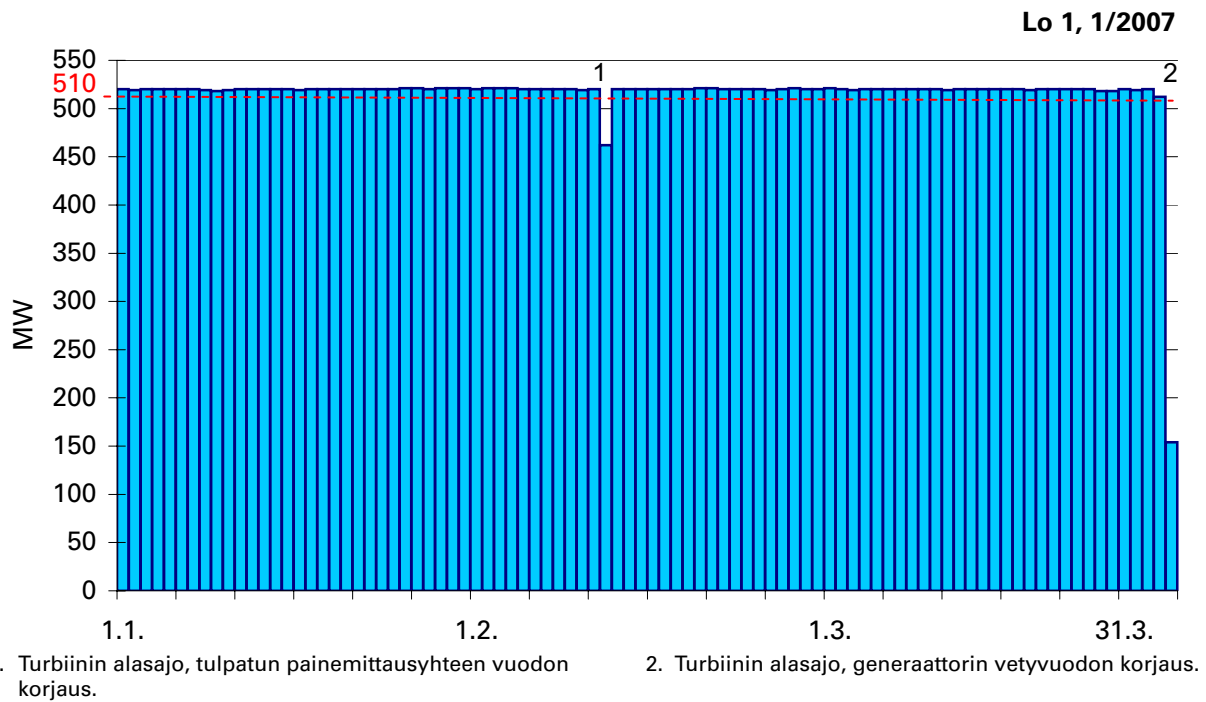
Varavoimadieselgeneraattorit – joita on yhteensä 4 kpl – ja niiden tasasähkökeskukset on normaali- tilanteessa erotettu toisistaan ja kukin keskus on kytketty omaan akustoon ja tasasuuntaajaan. Häiriötilanteessa keskukset voidaan tarvittaessa yhdistää tasasähkön saannin turvaamiseksi. Keskukset ovat tärkeitä mm. dieselgeneraattorien automaatiojärjestelmille. Keskuksen jännitteen menetys estää dieselgeneraattorin käytön.

Dieselgeneraattorien tasasähkökeskusten välistä sähkönsyöttöyhteyttä oli käytetty LO2-vuosihuollon 2006 aikana eri huolto-, koestus- ja muutostöiden yhteydessä. Töiden valmistumisen jälkeen kytkentöjen palautuksen yhteydessä valinnut epäselvyys koskien eri työryhmien välistä työnjakoa johti siihen, että virheellistä kytkentätilannetta ei havaittu vaan se jäi voimaan.

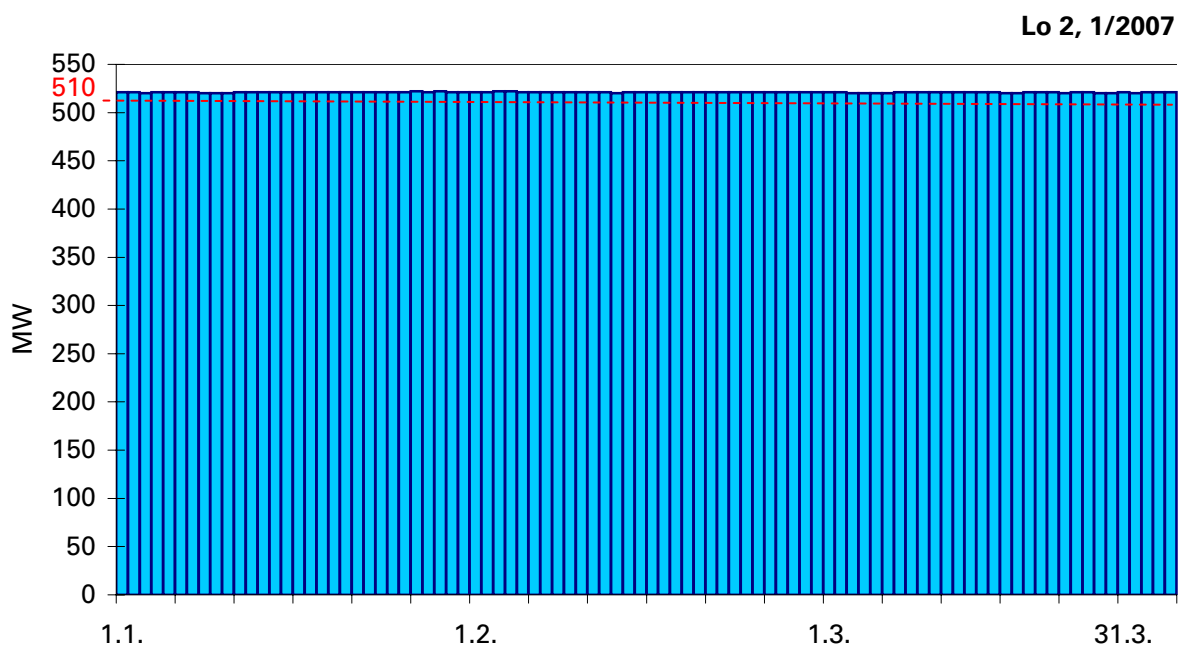
Virheellinen kytkentätilanne ei olisi tarvetilanteessa estänyt dieselgeneraattorien käynnistymistä ja kytkeytymistä.

Tapahtuman perussyynä voidaan pitää puutteita ja epäselvyyksiä vuosihuoltotöihin osallistuneiden työryhmien työnjaossa koskien kytkentätilanteen palauttamista normaaliksi. Lisäksi virheellisten kytkentöjen havaitsemista vaikeuttivat sähkökatkaisijoiden epäselvät rakenteet ja asento- osoitusten puuttuminen.

Korjaavina toimenpiteinä vastaavan tapahtuman estämiseksi voimayhtiö on päättänyt täsmentää töiden suunnittelua ja kunnossapito-ohjeistusta. Lisäksi tärkeiden sähkökatkaisijoiden merkintää ja asentovalvontaa parannetaan.



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



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



## 2.1.2 Ympäristön säteilyturvallisuus vuonna 2006

### Radioaktiivisten aineiden päästöt

Ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöille ympäristöön on määrätty vuosittaiset raja-arvot laitoksen turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa. Päästöt Loviisan ydinvoimalaitokselta ympäristöön olivat vuonna 2006 huomattavasti alle asetettujen rajojen. Radioaktiivisten jalokaasujen päästöt ilmaan olivat noin 5,8 TBq, mikä on noin 0,03 % asetetusta rajasta. Jalokaasupäästöissä hallitsevana oli reaktoripaineastian ja pääsäteilysuojan välisessä ilmassa olevan argon-40:n aktivointituote argon-41. Jodipäästöt ilmaan olivat noin 0,3 MBq, mikä on noin 0,0001 % asetetusta rajasta. Hiukkasmaisten aineiden päästö ilmaan oli noin 0,1 GBq, tritiumpäästö ilmaan noin 0,2 TBq ja hiili-14 -päästö ilmaan noin 0,1 TBq.

Mereen päästettyjen vesien tritiumsisältö 17 TBq on noin 11 % päästörajasta. Muiden mereen päästettyjen nuklidien yhteenlaskettu aktiivisuus oli noin 0,6 GBq, mikä on noin 0,06 % päästörajasta.

Päästörajojen tarkoituksena on laitosten käytöstä aiheutuvan ympäristön väestön yksilöiden vuotuisen säteilyaltistuksen rajoittaminen selvästi alle valtioneuvoston päätöksessä (395/1991) määritellyn raja-arvon 100 mikroSv. Päästöjen perusteella laskettu säteilyannos ympäristön eniten altistuneelle yksilölle oli noin 0,06 mikroSv eli alle 0,1 % asetetusta rajasta.

Kuvassa 3 esitetään jalokaasu- ja jodipäästöt ilmaan vuosina 1997–2006 ja kuvassa 4 päästöt mereen vuosina 1997–2006. Laskennalliset säteilyannokset vuosilta 1997–2006 esitetään kuvassa 5.

### Ympäristön säteilyvalvonta

Ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyvalvonta käsittää ne laitosalueen ja sen ympäristön säteilyn mittaukset sekä radioaktiivisten aineiden määri-

tykset, jotka tehdään väestön säteilyaltistuksen ja ympäristössä esiintyvien radioaktiivisten aineiden selvittämiseksi.

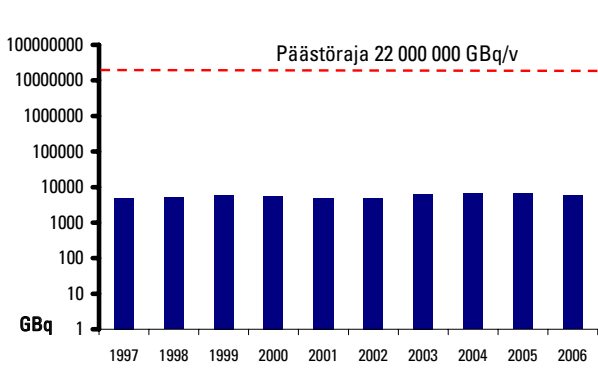
Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristöstä otettiin vuonna 2006 yhteensä 324 näytettä. Loviisan ydinvoimalaitokselta peräisin olevia radioaktiivisia aineita havaittiin kuudessa sedimentoituvan aineksen näytteessä, yhdeksässä vesikasvinäytteessä, kahdessa laskeumanäytteessä, kahdessa merivesinäytteessä, yhdessä ilmanäytteessä ja yhdessä pohjaeläinnäytteessä.

Yleisin voimalaitosperäinen radioaktiivinen aine oli koboltti-60, jota havaittiin 16 näytteessä. Näytteissä havaittiin lisäksi hopea-110m (10 havaintoa), koboltti-58 (8 havaintoa), antimoni-124 (6 havaintoa), tritium (2 havaintoa), mangaani-54 (5 havaintoa), niobium-95 (2 havaintoa), zirkonium-95 (2 havaintoa), telluuri-123m (2 havaintoa), kromi-51 (1 havainto) ja rauta-59 (1 havainto).

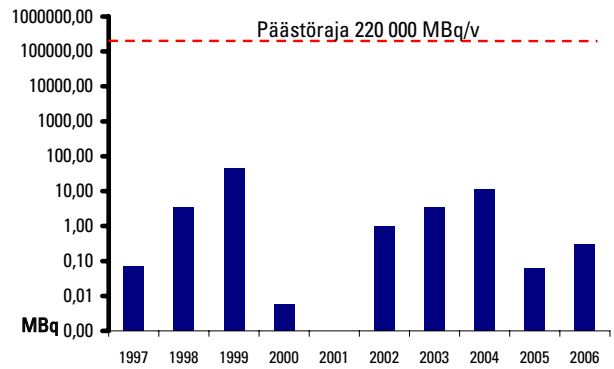
Kaikkien edellä mainittujen radioaktiivisten aineiden havaitut pitoisuudet olivat pieniä eikä niillä ollut merkitystä säteilyaltistuksen kannalta.

Ympäristönäytteissä havaitaan edelleen Tshernobylin onnettomuudesta ja ydinasekokeiden laskeumasta peräisin olevia radioaktiivisia strontium-, cesium- ja plutonium-isotooppeja. Lisäksi näytteissä esiintyy luonnon radioaktiivisia aineita (mm. beryllium-7, kalium-40 sekä uraani ja torium hajoamistuotteineen), joiden pitoisuudet ko. näytteissä ovat yleensä suurempia kuin voimalaitokselta tai laskeumasta peräisin olevien radioaktiivisten aineiden.

Ulkoisen säteilyn mittaamiseksi ydinvoimalaitoksen ympäristössä on 15 jatkuvatoimista mittausasemaa kahden ja viiden kilometrin etäisyyksillä laitoksista. Asemien mittaustiedot siirretään sekä voimalaitokselle että valtakunnan säteilyvalvontaverkkoon. Lisäksi ydinvoimalaitosten ympäristöön on sijoitettu erikseen luettavia annosmittareita kymmeneen pisteeseen. Ulkoisessa säteilyssä ei esiintynyt muutoksia, jotka olisivat ylittäneet luonnon taustasäteilyn normaalin vaihtelun.

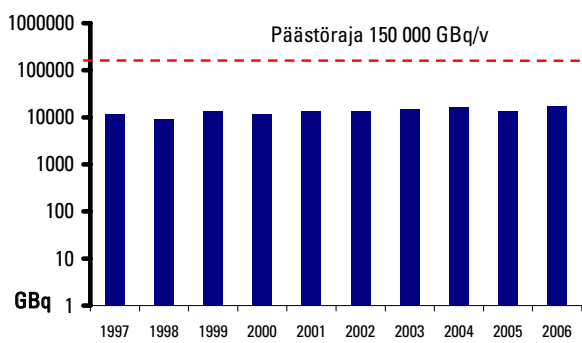


Jalokaasut krypton-87-ekvivalenteina

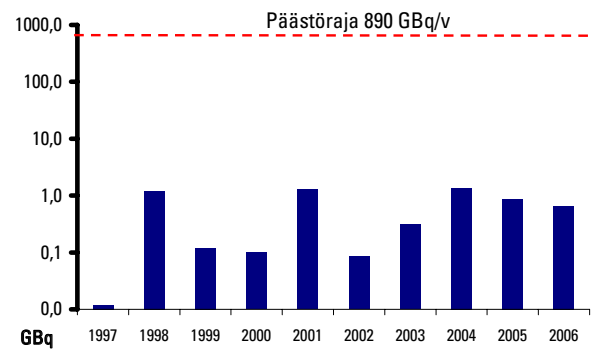


Jodipäästöt jodi-131-ekvivalenteina. Vuonna 2001 jodipäästöt ilmaan olivat alle havaitsemisrajan.

**Kuva 3.** Radioaktiivisten aineiden päästöt ilmaan Loviisan laitokselta.

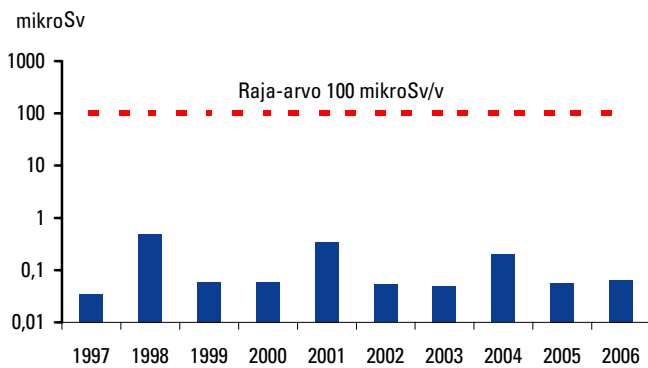


Tritium



Muut nuklidit kuin tritium

**Kuva 4.** Radioaktiivisten aineiden päästöt mereen Loviisan laitokselta.



**Kuva 5.** Altistuneimman väestön osan yksilölle laskemalla arvioidut säteilyannokset Loviisan laitoksen ympäristössä.

## 2.2 Olkiluoto 1 ja 2

### 2.2.1 Käyttö ja käyttötapahtumat

Olkiluodon laitosyksiköt 1 ja 2 olivat tuotanto-käytössä koko vuosineljänneksen. Olkiluoto 1:n energiakäyttökerroin vuosineljänneksellä oli 101,2 % ja Olkiluoto 2:n 101,0 %. Energiakäyttökerroin kuvaa tuotetun sähköenergian suhdetta energiaan, joka olisi voitu tuottaa, jos laitosyksikkö olisi toiminut koko tarkasteluajan nimellisteholla. Tuotetun sähköenergian määrä riippuu myös turbiinille johdetun höyryn lauhtuttamiseen käytetyn meriveden lämpötilasta. Mitä kylmempää merivesi on, sitä suurempi teho turbiinista saadaan. Tällöin energiakäyttökerroin voi ylittää arvon 100 %. Laitosyksiköiden reaktoreiden suurin sallittu lämpöteho on määritelty laitosyksiköiden käyttöluvuissa. Laitosyksiköiden sähköntuotantoa vuosineljänneksellä kuvaavat diagrammit ja tehonalennusten syyt esitetään kuvissa 6 ja 7.

#### Ohitus päästönäytteen keräyksessä Olkiluoto 1:llä

TVO havaitsi 31.1.2007, että Olkiluoto 1:n kaasumaisten radioaktiivisten päästöjen mittaukseen tarkoitettujen kahden rinnakkaisen näytteenkeräyslinjan aerosoli- ja jodimittaustulokset eroavat toisistaan noin 30 %. Olkiluoto 2:lla oleellista eroa linjojen välillä ei ole ollut. Eron todettiin johtuvan siitä, että toisessa linjassa (ykköslinja) näyteilmavirtaus ohitti osittain suodattimen, johon kerätään näyte voimalaitosyksikön poistoilmapiipun kautta ympäristön ilmaan pääsevistä hiukkasista (aerosoleista) ja jodista. TVO tarkasti tilanteen STUKin pyynnöstä, koska Ruotsissa oli kiinnitetty huomiota samantyyppiseen ohivirtaukseen Forsmark 1-ydinvoimalaitosyksiköllä.

Näytteenkeräyssuodattimien rakenne on mahdollistanut sen, että suodatinasetelma ei ole kiristynyt riittävästi suodatinpesään, jolloin tiivistepintaan on jäänyt rakoa. Ykköslinjan suodattimessa oli havaittu tiukkuutta työnnettäessä suodatinasetelmaa suodatinpesään. Korjaustyön yhteydessä sylinterimäisessä suodatinpesässä todettiin soikeutta, joka oli ilmeisesti aiheutunut suodatinpesän ja siihen liittyvän ulostuloputken yhteen hitsauksesta. Suodatinpesän soikeus poistettiin hiomalla ja suodatinasetelmaan asennettiin tiivisterengas (o-rengas), joka estää ohivirtauksen.

Sama muutos on tarkoitus tehdä muille samanlaisille suodattimille.

Selvää eroa näytteenkeräyslinjojen tulosten välillä on ollut vuosina 2005 ja 2006, enimmillään noin 30 %, edeltävinä vuosina alle 10 %. Päästöjen raportointiin on käytetty ykköslinjan tuloksia, joten aerosoli- ja jodipäästöt on raportoitu todellista vähän pienempinä. Alentunut näytteenkeräysteho ei ole tullut ilmi Olkiluodon voimalaitoksen laboratorion normaalissa toiminnassa. Suodattimia vaihdettaessa on tarkistettu suodattimen värin perusteella, onko suodatin kerännyt normaalisti poistoilman epäpuhtauksia, mutta ykkös- ja kaksoislinjan tuloksia ei ole verrattu.

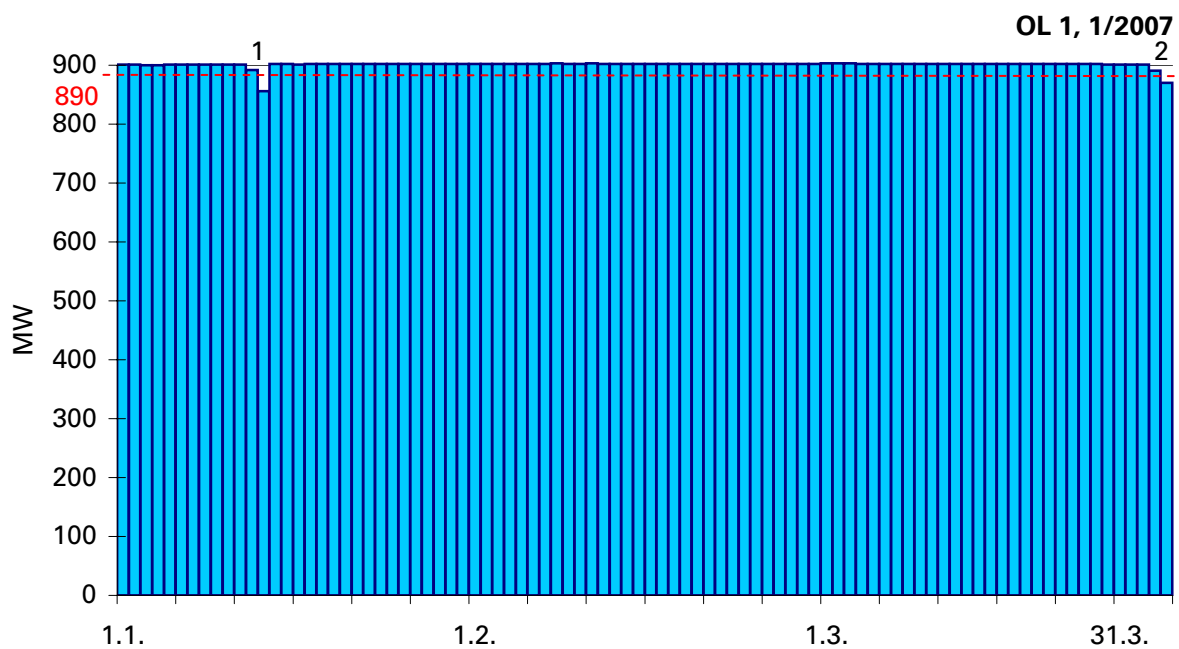
Tapahtumalla ei ollut merkitystä väestön säteilyturvallisuuden kannalta, koska Olkiluodon voimalaitoksen aerosoli- ja jodipäästöt ovat pienet ja mittausvirhe oli vähäinen. Tapahtuma paljasti puutteen voimalaitoksen toimintarutiineissa, kahden näytteenkeräyslinjan tuloksia ei ole vertailtu.

TVO on toimittanut tapahtumasta STUKille tapahtumaraportin sekä korjatut päästömittaustulokset.

#### Ohjelmointivirheen seurauksena tapahtunut dryout-rajojen alitus Olkiluoto 1:llä

Teollisuuden Voima Oy:n omissa tarkastuksissa tuli 27.2.2007 ilmi, että Olkiluoto 1:n reaktorisydämen valvontajärjestelmän ns. dryout-korrelaatio oli yhden polttoaineniipputyypin osalta ohjelmoitu käyttämään virheellisiä lähtötietoja. Kun polttoaineen jäähtymisen riittävyttä kuvaava dryout-korrelaatio ohjelmoitiin reaktorisydämen valvontajärjestelmään keväällä 2003, polttoaineniipun sisältämän veden poikkipinta-alalle oli käytetty nipun alapään arvoa, joka kyseessä olevalla polttoaineniipulla on n. 5 % suurempi kuin nipun keskitasolla oleva virtauspoikkipinta-ala. Tämän seurauksena nipussa oli todellisuudessa lasketua vähemmän kiehumatonta vettä, ja marginaali jäähtymistä heikentävien käyttöhäiriöiden varalta oli reaktorisydämen valvontajärjestelmän ilmoittamaa pienempi.

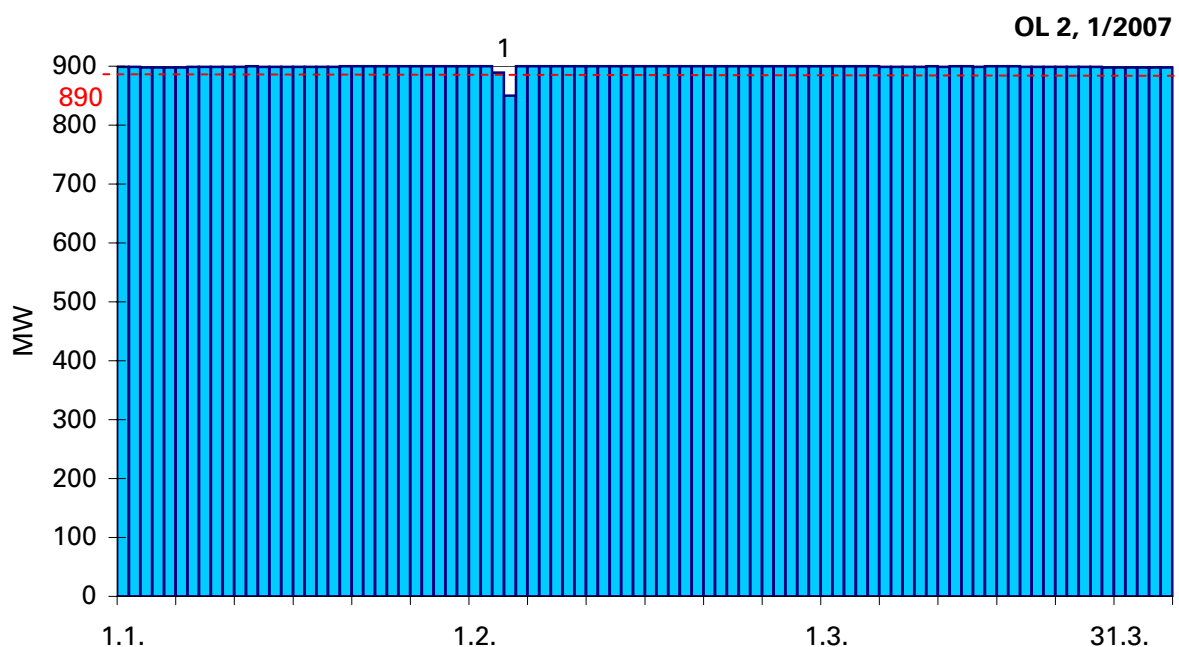
Virheen korjauksen jälkeen laskettiin edellisten käyttöjaksojen sydänsimuloinnit uudestaan. Tällöin havaittiin, että aikavälillä 26.9.2006–10.11.2006 dryout-kerroin oli alittanut pienimmän turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa (TTKE) sal-



1. Tehonalennusta vaatineita määräaikaiskoikeita.

2. Tehonalennusta vaatineita määräaikaiskoikeita.

**Kuva 6.** Olkiluoto 1:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2007.



1. Tehonalennusta vaatineita määräaikaiskoikeita.

**Kuva 7.** Olkiluoto 2:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2007.

litun rajan 1,30. Korjatulla korrelaatiolla laskettu dryout-kertoimen arvo oli pienimmillään n. 1,28. Arvo ei kuitenkaan alittanut TTKE-rajan perusteena olevien transienttialyysien edellyttämää minimiarvoa 1,263. TTKE-rajaa sisällytetty ylimääräinen pyöritys riitti kattamaan virheen niin, että polttoaineen eheys ei rajan alituksesta huolimatta olisi vaarantunut, vaikka samanaikaisesti olisi tapahtunut jäähtymisen riittävyyden kannalta rajoittava paineensäätäjän häiriö.

Voimayhtiö laati tapahtumasta erikoisraportin, jossa selvitettiin ohjelmointivirheeseen johtaneet syyt. Korjaavina toimenpiteinä voimayhtiö esitti mm. korrelaation oikeaa käyttötapaa koskevan tiedonkulun parantamista korrelaation toimittavan polttoainetoimittajan ja sen ohjelmoinnista vastaavan voimayhtiön välillä.

## 2.2.2 Ympäristön säteilyturvallisuus vuonna 2006

### Radioaktiivisten aineiden päästöt

Ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöille ympäristöön on määrätty vuosittaiset raja-arvot laitoksen turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa. Radioaktiivisten aineiden päästöt Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ympäristöön olivat vuonna 2006 huomattavasti alle asetettujen päästörajojen. Radioaktiivisten jalokaasujen päästöt ilmaan olivat noin 0,6 TBq, mikä on noin 0,004 % asetetusta rajasta. Jodipäästöt ilmaan olivat noin 0,2 GBq, mikä on noin 0,1 % asetetusta rajasta. Hiukkasmaisten aineiden päästö ilmaan oli noin 31 MBq, tritiumpäästö ilmaan noin 0,3 TBq ja hii-14-päästö ilmaan noin 0,8 TBq.

Mereen päästettyjen vesien tritiumsisältö 2,5 TBq on noin 14 % vuosipäästörajasta. Muiden mereen päästettyjen nuklidien yhteenlaskettu aktiivisuus oli 0,7 GBq, mikä on noin 0,2 % laitospaikkakohtaisesta päästörajasta.

Päästörajojen tarkoituksena on laitosten käytöstä aiheutuvan ympäristön väestön yksilöiden vuotuisen säteilyaltistuksen rajoittaminen selvästi alle valtioneuvoston päätöksessä (395/1991) määritellyn raja-arvon 100 mikroSv. Päästöjen perusteella laskettu säteilyannos ympäristön eniten

altistuneelle yksilölle oli noin 0,06 mikroSv eli alle 0,1 % valtioneuvoston päätöksessä asetetusta rajasta (100 mikroSv).

Kuvassa 8 esitetään jalokaasu- ja jodipäästöt ilmaan vuosina 1997–2006 ja kuvassa 9 päästöt mereen vuosina 1997–2006.

Päästöjen perusteella laskettu säteilyannos ympäristön eniten altistuneelle asukkaalle oli noin 0,06 mikroSv eli alle 0,1 % valtioneuvoston päätöksessä asetetusta rajasta (100 mikroSv). Laskennalliset säteilyannokset vuosilta 1997–2006 esitetään kuvassa 10.

### Ympäristön säteilyvalvonta

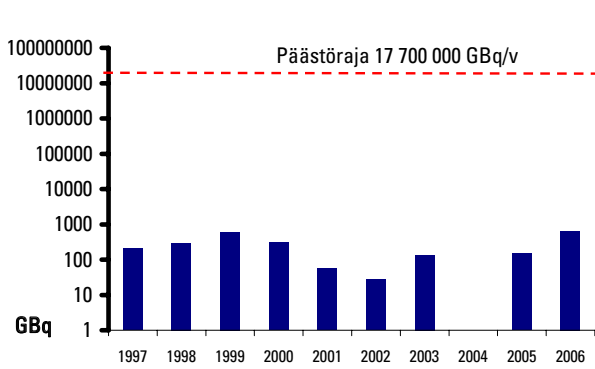
Ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyvalvonta käsittää ne laitosalueen ja sen ympäristön säteilyn mittaukset sekä radioaktiivisten aineiden määrittäykset, jotka tehdään väestön säteilyaltistuksen ja ympäristössä esiintyvien radioaktiivisten aineiden selvittämiseksi.

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ympäristöstä otettiin vuonna 2006 yhteensä 301 näytettä. Olkiluodon ydinvoimalaitokselta peräisin olevia radioaktiivisia aineita havaittiin yhdeksässä vesikasvinäytteessä, 11 sedimentoituvan aineksen näytteessä, kolmessa ilmanäytteessä, yhdessä pohjajaelännäytteessä ja yhdessä merivesinäytteessä.

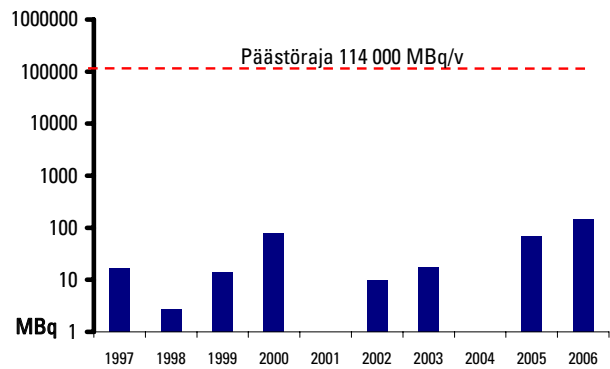
Yleisin voimalaitosperäinen radioaktiivinen aine oli koboltti-60, jota havaittiin 23 näytteessä. Kobolttin lisäksi havaittiin mangaani-54 (5 havaintoa), tritium (1 havainto), koboltti-58 (1 havainto) ja strontium-89 (1 havainto).

Kaikkien edellä mainittujen radioaktiivisten aineiden havaitut pitoisuudet olivat pieniä eikä niillä ollut merkitystä säteilyaltistuksen kannalta.

Ulkoisen säteilyn mittaamiseksi ydinvoimalaitosten ympäristössä on 10 jatkuvatoimista säteilyannosnopeuden mittausasemaa noin 5 km etäisyydellä laitoksista ja neljä vastaavaa mittausasemaa alle kilometrin etäisyydellä laitoksista. Asemien mittaustiedot siirretään sekä voimalaitokselle että valtakunnan säteilyvalvontaverkkoon. Lisäksi ympäristössä on 11 erikseen luettavaa annosmittaria. Ulkoisessa säteilyssä ei esiintynyt muutoksia, jotka olisivat ylittäneet luonnon taustasäteilyn normaalin vaihtelun.

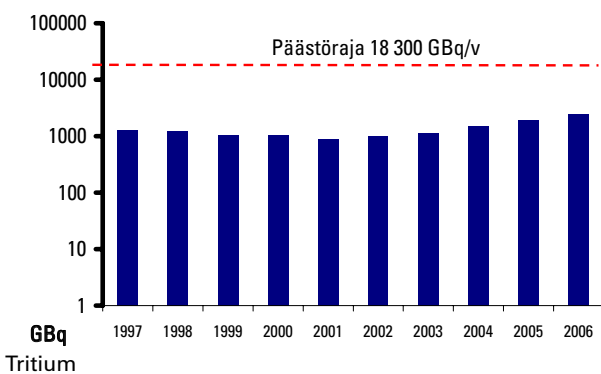


Jalokaasut krypton-87-ekvivalenteina. Vuonna 2004 jalokaasupäästöt ilmaan olivat alle havaitsemisrajan.

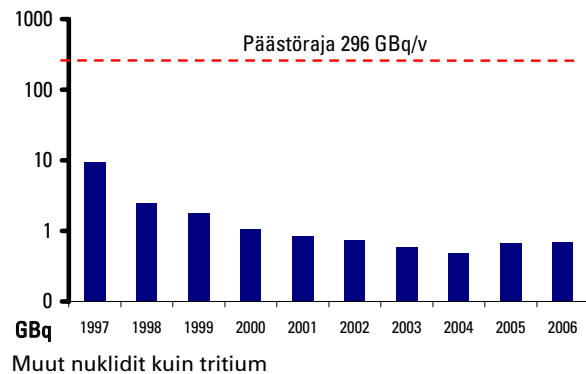


Jodipäästöt jodi-131-ekvivalenteina. Vuosina 2001 ja 2004 jodipäästöt ilmaan olivat alle havaitsemisrajan.

**Kuva 8.** Radioaktiivisten aineiden päästöt ilmaan Olkiluodon laitokselta.

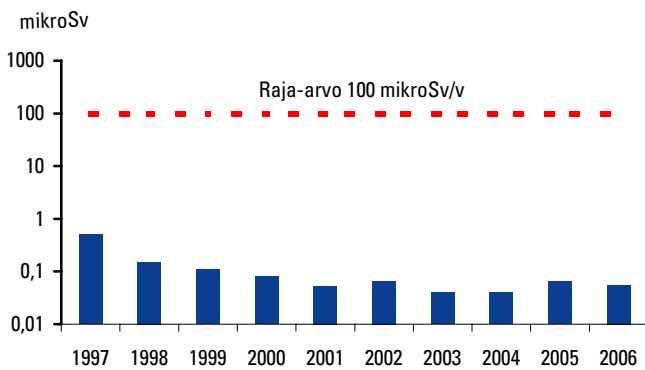


Tritium



Muut nuklidit kuin tritium

**Kuva 9.** Radioaktiivisten aineiden päästöt mereen Olkiluodon laitokselta.



**Kuva 10.** Altistuneimman väestön osan yksilölle laskemalla arvioidut säteilyannokset Olkiluodon laitoksen ympäristössä.

## 2.3 Olkiluoto 3

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

Rakentamisessa merkittävin työ oli suojarakennuksen seinän ja pohjalaatan välisen nurkka-alueen sekä polttoainerakennuksen ulkoseinän valut. Teräsvuorauksen sisäpuolella valettiin hätäjäähdytysvesisäiliön, sydänsulan jäähdytysalueen sekä reaktorin alapuolisia rakenteita. Valut onnistuivat hyvin. STUK hyväksyi syystuulen siirtämän teräsvuorauksen osan korjaussuunnitelman.

Pääkomponenttien valmistus jatkui Japanissa, Ranskassa ja Tsekeissä. Pääkiertopiirin ja reaktori-painesäiliön välisten yhdekappaleiden hitsa-

uksissa havaitut virheet korjattiin. Höyrystimien valmistus Chalonin tehtaalla on jatkunut suunnitellusti. Laitostoimittaja päätti hylätä pääkiertoputkiston ns. kylmän haaran takeet niiden suuren raekoon johdosta. STUK hyväksyi putkiston uuden valmistusohjelman, jolla pyritään pienempään raekokoon takeiden lämpökäsittelyä ja taontaa optimoimalla. Tuloksia uusien takeiden materiaaliominaisuuksista ei ole vielä saatu.

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

## 3 Ydinjätehuolto

*Jussi Heinonen*

Ydinjätehuollon valvonnassa tärkeimmät kohteet ovat käytetyn polttoaineen loppusijoitus ja ydinvoimalaitoksilla syntyvät matala- ja keskiaktiiviset jätteet (voimalaitosjätteet).

Tammikuussa STUK antoi ydinenergia-asetuksen edellyttämän vuosittaisen lausuntonsa KTM:lle voimayhtiöiden ydinjätehuollon ohjelmasta vuodelle 2007. Lisäksi STUK käynnisti tarkastustyön Posiva Oy:n julkaisemasta kolmivuotisesta ydinjätehuollon tutkimus- ja kehitystyön sekä teknisen suunnittelun ohjelmasta. Tästä valmistuu kattava arvio vuoden 2007 puoliväliin mennessä.

### **Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus**

Tammikuussa STUK päivitti käytetyn polttoaineen loppusijoituksen teknisten vapautumisesteiden avoimien kysymysten tietokantaan. Tietokannan avulla seurataan loppusijoituksen turvallisuuteen liittyvien kysymysten ratkaisemiseksi tehtävän tutkimus- ja kehitystyön edistymistä.

STUKissa järjestettiin tammikuussa STUKin ja Posivan välinen puolivuositainen kokous, jossa käsiteltiin käytetyn ydinpolttoaineen paikkatutkimuksia mm. kallioperän ja radionuklidikulkeutumisen mallintamista sekä STUKin suorittamia arviointeja. STUKin tukena kokoukseen osallistui myös kansainvälinen asiantuntijaryhmä.

Posiva Oy jatkoi Olkiluodon maanalaisen tutkimustilan rakentamista. Rakentamiseen kuuluu louhinnan lisäksi mm. pilottireiän kairauksia, tun-

nelin lävistämän kallion tiivistämistä sementti-injektoinnilla sekä kallion lujittamista teräspulteilla ja tarvittaessa teräsverkkovahvisteisella ruiskubetonoinnilla. Rakentaminen on edennyt aikataulussa ja louhittu tunneli lähestyi maaliskuun lopussa kahden kilometrin pituutta ja noin 190 metrin syvyyttä. STUK jatkoi työmaalle kohdistuvia säännöllisiä valvontakäyntejä, joita tehdään noin kaksi kertaa kuukaudessa rakentamisen tilanteen mukaan. Säännöllisten valvontakäyntien lisäksi tunnelin seinämien kalliopintojen kartoitustietojen riittävyyden varmistamiseksi tehtiin vuoden ensimmäisellä neljänneksellä kolme tarkastusta. Kartoitustietojen riittävyys tulee varmistaa ennen kalliopinnat peittävän ruiskubetonoinnin aloittamista. Työmaan tarkastukset toteutuivat suunnitelman mukaisesti.

### **Voimalaitosjätteiden huolto**

STUK sai tammikuussa päätökseen Loviisan voimalaitoksen matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuusperustelun päivityksen tarkastamisen. Loviisan toimittaman perustelun tarkastamisessa käytettiin apuna STUKin ulkopuolista asiantuntemusta. STUK antoi huomautukset jätteiden sisältämien radioaktiivisten aineiden inventaarin varmistamisesta, yhden analysoidun radionuklidien kulkeutumiskenaarion täydentämisestä ja laskentamalleissa käytettyjen parametrien oikeellisuudesta.



## 4 Ydinmateriaalivalvonta

*Marko Hämäläinen*

Vuoden ensimmäisellä neljänneksellä STUK teki sekä Olkiluodon että Loviisan voimalaitoksilla ydinmateriaaleja koskevat tarkastukset 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. Ydinmateriaaleihin liittyvät toimet voimalaitoksilla on hoidettu lakien ja säädösten mukaisesti. Myös Suomen sopimien kansainvälisten sopimusten velvoitteet on voitu täyttää.

### **Tarkastukset**

STUK tekee 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.

### **Loviisan voimalaitos**

STUK teki määräaikaistarkastuksen yhdessä IAEA:n ja Euroopan komission kanssa Loviisassa 6.3.2007. Tarkastuksessa ei ilmennyt huomautettavaa.

STUK myönsi Fortumille luvan Loviisan automaatiouudistukseen liittyvien laitteiden tuontiin Saksasta.

### **Olkiluodon voimalaitos**

STUK teki määräaikaistarkastuksen ja käytetyn polttoaineen varaston inventaarin todenuksen yhdessä IAEA:n ja Euroopan komission kanssa Olkiluodon voimalaitoksella 8.–9.3.2007.

Tarkastuksen kohteena olivat Olkiluoto 1, Olkiluoto 2 ja käytetyn polttoaineen varasto. Tarkastuksissa ei ilmennyt huomautettavaa.

STUK myönsi Teollisuuden Voima Oy:lle kolme lupaa säteilyttämättömän ydinpolttoaineen maahantuontiin Espanjasta ja Ruotsista sekä luvan polttoaineen kuljetuspakkauksen ja käsittelylaitteen testauksessa tarvittavien zirkoniumia sisältävien mallinippujen tuontiin Espanjasta ja vientiin Espanjaan. STUK hyväksyi myös kaksi tuoreen polttoaineen kuljetussuunnitelmaa ja yhden tuoreen polttoaineen kuljetuspakkauksen rakennetyypin. Olkiluoto 2:lle tuotiin helmikuussa 118 tuoretta polttoainenippua Ruotsista ja Olkiluoto 1:lle maaliskuussa 114 tuoretta polttoainenippua Espanjasta.

### **Loppusijoitustilan ydinsulkuvalvonta**

Posiva Oy:n loppusijoituslaitoksen maanalaisten tilojen rakentaminen Olkiluodossa eli ONKALOVaiheen tutkimustilojen louhiminen on ollut ydinmateriaalivalvonnan piirissä koko louhinnan ajan. STUK tarkastaa, että rakennetut tilat vastaavat Posivan ydinsulkuvalvontaa varten toimittamia raportteja. STUK tekee tarkastukset vuoden 2007 alusta systemaattisina määräaikaistarkastuksina. Vuoden 2006 raportoinnin tarkastus tehtiin 8.3.2007, jolloin myös ajotunnelin eteneminen todennettiin 1880 m tunnelipituuteen asti.

### **Valvontasopimuksen lisäpöytäkirjan mukaiset raportit ja ilmoitukset**

Fortum Nuclear Services Oy vei lokakuussa Suomesta autoklaavin osia Venäjälle. STUK toimitti helmikuussa IAEA:lle ja komissiolle valvontasopimuksen lisäpöytäkirjan mukaisen Suomen valtion vastuulla olevan ilmoituksen, että vuoden 2006 neljännellä neljänneksellä vietiin autoklaavin osia Venäjälle.

Olkiluodon ja Loviisan ydinlaitosten sekä VTT FIR-1:n ja Helsingin yliopiston radiokemian laitoksen yhteyshenkilöt toimittivat IAEA:n valvontasopimuksen lisäpöytäkirjan mukaisen laitosalueen kuvauksen päivitykset STUKiin helmi-maaliskuussa. STUK tarkasti toimitetut kuvaukset ja toimitti ne EU-komissiolle, joka toimittaa kyseiset ilmoitukset IAEA:lle.

**Muut asiat**

Pyydettyään lausunnot suurimmilta ydinaineiden haltijoilta STUK antoi kahdesta Euratomin uudesta tarkastajaehdokkaasta konsultaationa hyväksyvän lausunnon komissiolle toimitettavaksi.

## 5 Säteilyn käyttö

*Siiri-Maria Aallos, Ritva Bly, Ritva Havukainen, Maaret Lehtinen, Eero Oksanen, Reijo Visuri, Hilikka Karvinen*

### 5.1 Ionisoiva säteily

#### Säteilytoiminnan valvonta, turvallisuusluvut ja tarkastukset

##### *Terveysthuolto*

Säteilyn käyttöön terveydenhuollossa myönnettiin 7 uutta turvallisuuslupaa ja tehtiin 119 muuta päätöstä, joilla muutettiin olemassa olevia turvallisuuslupia. Muutokset koskivat uusien laitteiden ja toimintojen käyttöönottoa tai köytöstä poistamista sekä säteilyturvallisuudesta vastaavien johtajien vaihtamista. Lisäksi annettiin lausuntoja ja tehtiin muita päätöksiä yhteensä 11 kappaletta.

Säteilyn käyttöpaikoille tehtiin vuoden ensimmäisen neljänneksen aikana 127 tarkastusta.

Turvallisuusluvasta vapautettuja hammasröntgenlaitteita rekisteröitiin alkuvuonna 212. Hammasvalvonnan testipaketteja lähetettiin 500 kappaletta eli kolmannes koko vuodenaikana lähetettävistä.

##### *Teollisuus*

Säteilyn käyttöön teollisuudessa ja tutkimuksessa myönnettiin 18 uutta turvallisuuslupaa. Lähes kaikki uudet luvat koskevat röntgenlaitteiden käyttöä analyseissä tai tuoteturvallisuussovelluksissa. Röntgenlaitteiden määrä näillä käyttöaloilla on selvästi kasvanut viime vuosina.

Lisäksi tehtiin 90 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 34 määräaikaistarkastusta, ja lisäksi tarkastettiin neljän maanalaisen loughintatyömaan radonpitoisuudet.

#### Röntgendiagnostiikka

Röntgentutkimuksista ja -hoidoista aiheutuva säteilyaltistus voi olla suurta tietokonetomografia-tutkimuksissa (TT) ja toimenpideradiologiassa. Tammikuussa järjestetyillä Helsingin Lääkäripäivillä ja maaliskuun Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa -päivillä STUK toi ilmi uusimpien TT-laitteiden käytön aiheuttaman huomattavan säteilyaltistuksen kasvun Suomessa. Eri sairaaloiden välillä on moninkertaisia eroja. Säteilyaltistuksen kohtuullistamiseen voidaan vaikuttaa karsimalla turhia, päällekkäisiä tutkimuksia ja tarkentamalla lähetteitä. Myös tutkimustekniikoita voidaan arvioida uudelleen. STUK antoi maaliskuussa röntgentutkimuksia tekeville yksiköille uudet potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot yleisimmille aikuisten TT-tutkimuksille. Vertailutasolla tarkoitetaan etukäteen määriteltä röntgentutkimuksen säteilyannostasoa, jonka ei oleteta ylittyvän normaalikokoiselle potilaalle hyvän käytännön mukaan tehtävässä toimenpiteessä.

Toimenpideradiologisista tutkimuksista ja hoidoista voi aiheutua niin suuri säteilyaltistus, että siitä aiheutuu ihovaurio. IAEA:n arvion mukaan näin tapahtuu jatkuvasti kaikkialla maailmassa, vaikka vain muutamia satunnaisia tapauksia on raportoitu. Ihotautilääkärit eivät tunnista säteilyn aiheuttamia ihomuutoksia helposti eivätkä säteilylle altistavan toimenpiteen suorittavat lääkärit normaalisti kohtaa potilaitaan toimenpiteen jälkeen päivien tai viikkojen kuluttua, jolloin vaurio tulisi ilmi. IAEA aloitti tammikuussa valmistelut kansainvälisen raportointi- ja seurantamenettelyn luomiseksi. Pilottivaihe käynnistyy vuonna 2008. STUK on mukana asiantuntijana, koska STUKin raportointia poikkeavista tapahtumista sekä hyviä

suhteita säteilyn käyttäjiin terveydenhuollon alalla pidetään esimerkillisenä.

### Sädehoito

Suomessa otettiin käyttöön ensimmäinen kuvantaohjatun hengitystahdistetun sädehoidon mahdollistava lineaarikiihdytin HUSin sädehoitoklinikalla. Tämän kaltaiset laitteet yleistyvät jo tänä vuonna maassamme.

### Työntekijöiden säteilyannokset

STUK pitää yllä valtakunnallista työntekijöiden säteilyannosrekisteriä. Rekisteriin kirjataan ionisoivan säteilyn käyttöön osallistuneiden, annostarkkailussa olleiden työntekijöiden säteilyannokset. Annostarkkailussa on ollut kuluneen vuoden ensimmäisellä neljänneksellä yhteensä 8 335 henkilöä. Tänä aikana annosrekisteriin kirjattujen säteilyannosten summa 0,6 Sv oli edellisiä vuosia hieman suurempi. Kuvassa 11 esitetään työntekijöiden yhteenlasketut annokset (syväannokset) toimialoittain aikavälillä tammikuu–maaliskuu viideltä viimeiseltä vuodelta. Terveydenhuollossa röntgensäteilyä käytettäessä työntekijän säteilyannos mitataan suojaesiliinan päältä, jolloin mitattu annos on 10–60-kertainen työntekijän todelliseen annokseen verrattuna.

### Valvonnan kehittäminen

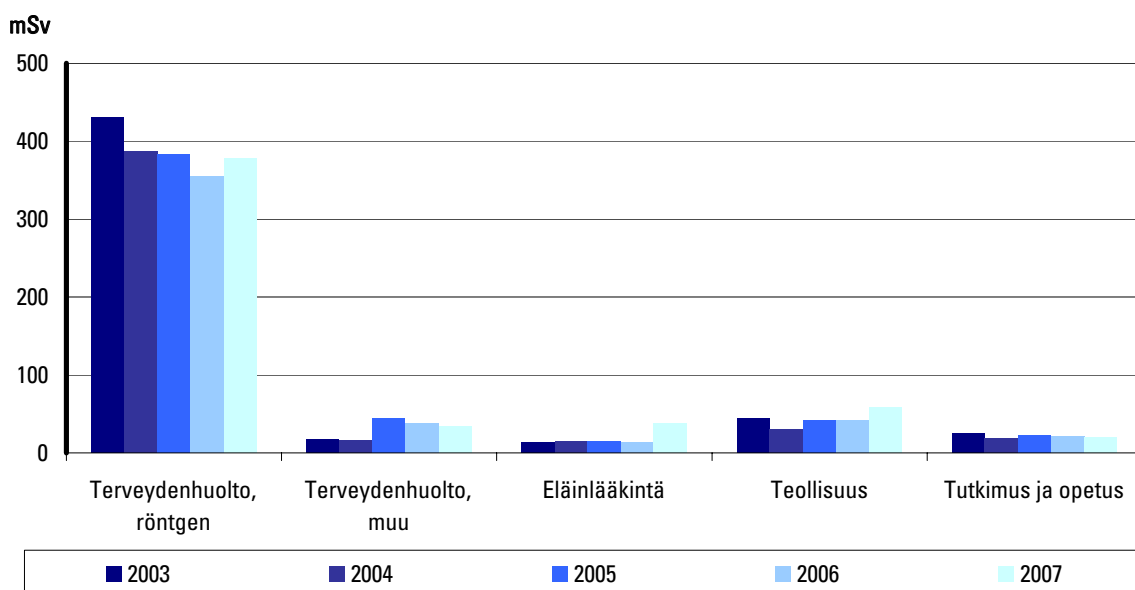
Säteilyn käytön turvallisuusosastolla käynnistyi monivuotinen kehittämishanke valvontarekistereiden

uudistamiseksi. Tavoitteena on yhdistää useat erilliset rekisterit yhdeksi valvontarekisteriksi, jolloin säteilyn käyttöön liittyviä tietoja, työntekijöiden säteilyaltistuksia ja valvonnan tuloksia voidaan yhdistää ja analysoida entistä paremmin. Tämä mahdollistaa valvonnan tehostamisen ja kohdentamisen säteilyriskiltään merkityksellisiin kohteisiin. Lisäksi rekistereihin voidaan koota säteilyn käyttöön liittyviä tilastotietoja, joita voivat hyödyntää myös STUKin ulkopuoliset tahot. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi terveydenhuollon säteilylle altistavien tutkimusten määrät ja potilasannokset.

### Poikkeavat tapahtumat ionisoivan säteilyn käytössä

#### Terveydenhuolto

Potilas sai väärän radiolääkkeen ja tutkimus jouduttiin uusimaan. Isotooppilaboratorioon oli tilattu dopamiinikuljettajaproteiinien gammakuvaukseen 185 MBq  $^{123}\text{I}$ - $\beta$ -CIT -radiolääkeainetta. Saatu radiolääkepakkaus oli varustettu tilauksen mukaisilla merkinnöillä. Potilaan kuvauksessa havaittiin poikkeuksellisen huono kuvan laatu. Selvittelyissä ilmeni, että radiolääke oli tehtaalla sattuneen virheen vuoksi serotoniinikuljettajakuvauksiin käytettävä  $^{123}\text{I}$ -nor- $\beta$ -CIT. Väärästä radiolääkkeestä aiheutunut arvioitu potilaan säteilyaltistus oli alle 5 mSv.



Kuva 11. Säteilyn käytöstä työntekijöille kirjatut yhteenlasketut annokset (syväannos) toimialoittain aikavälillä tammi–maaliskuu vuosina 2003–2007.

### Teollisuus

Metallirakenteiden kuvauspaikalla hitsaaja palasi tauon jälkeen työpisteeseensä ja joutui epähuomiossa lähelle röntgenlaitteen säteilykeilaa. Hitsaajan arvion mukaan hän oli röntgenlaitteen säteilykeilan läheisyydessä noin 10 s:n ajan etäisyyden ollessa 2–3 metriä. Hitsaajalle aiheutui tapahtumasta noin 10  $\mu$ Sv säteilyannos. Jatkossa vastaavanlaiset röntgenkuvaukset pyritään suorittamaan työajan ulkopuolella ja alue rajataan varoituskylteillä ja lippusiimalla nykyistä paremmin.

Kiihdytinlaboratoriossa sattui poikkeava tapahtuma jodi-123:n tuotannossa, kun kohtion ikkunakalvo rikkoontui noin tunnin säteilytyksen jälkeen. Tapahtuman seurauksena kohtion sisältämä stabiili ja radioaktiivinen kaasu levisi suihkulinjaan kohti kiihdytintä. Tämä laukaisi ns. nopean turventtiilin, joka ohjasi kaasun suihkulinjaan kohtion ja venttiilin välille. Suurin osa kaasuista pääsi ympäristöön tapahtumaa seuranneen ensimmäisen puolen tunnin aikana. Kokonaispäästöt olivat noin 8,2 GBq Xe-123 ja 2,9 GBq I-123 ja laboratorion vuosipäästörajat ylittyivät jonkin verran. Kiihdytinlaboratorion työntekijöille tai kenellekään laboratorion ulkopuolella ei aiheutunut altistusta.

Teollisuuslaitoksessa kaksi asentajaa altistui säteilylähteen irrotuksen yhteydessä. Kyseinen pinnankorkeuden mittaamiseen käytetty laite sisältää Cs-137 -lähteen (aktiivisuus 3,7 GBq) ja on rakenteeltaan sellainen, että lähde siirtyy käyttöasennossa siirtosauvan mukana suojuksestaan siilon sisälle. Irrotustyön aikana lähde ei ollut lukittuna ja se oli suojuksen ulkopuolella tai aivan suojuksen ulkoreunalla. Tapahtumasta olisi voinut aiheutua merkittävät säteilyannokset, mutta ne jäivät nyt vähäisiksi, koska altistumisen kestot olivat erittäin lyhyitä. Toiselle asentajista aiheutui tapahtumasta 0,19 mSv säteilyannos (efektiivinen) ja toiselle asentajista 0,06 mSv säteilyannos. Lisäksi toisen asentajan käteen aiheutui 60 mSv ekvivalenttiannos. Vuosiannosraja ihon ekvivalenttiannokselle on 500 mSv.

Terästehtaalle saapuneesta kierrätysmetallierästä löytyi säteilevä metallikappale, jonka tunnistettiin sisältävän köyhdytettyä uraania. Metallierä oli tullut ulkomailta, eikä löydöksen alkuperää voida jälkikäteen tunnistaa. Uraanikappale varastoitettiin erilleen, ja toimitettiin myöhemmin STUKin pienjätevarastoon.

## 5.2 Ionisoimaton säteily

### Pohjoismaiset säteilyturvaviranomaiset pyrkivät vähentämään solariumien käyttöä

Pohjoismaiset säteilyturvaviranomaiset esittivät maaliskuussa yhteisessä kannanotossaan eurooppalaisille standardointijärjestöille ja solariumilaittevalmistajille, että solariumin käytöstä aiheutuvaa UV-vuosiannosta tulee pienentää. Viranomaisten mukaan solariumien käyttöpaikoissa asiakkaita tulee ohjeistaa käyttämään laitteita entistä lyhyempiä aikoja kerralla. Henkilöt, joilla on UV-säteilyä kohtuullisesti kestävä, luonnostaan tummahko iho (ihotyyppi III ja IV), ruskettuvat nykyistä pienemminkin UV-annoksilla. Ohjeista tulee käydä myös ilmi, että auringolle herkkien (ihotyyppi I ja II) ja alle 18-vuotiaiden ei pidä käyttää solariumia lainkaan. UV-säteilylle herkkä ihotyyppi ei rusketu solariumissa yhtään sen paremmin kuin auringossakaan. Sen sijaan ylimääräisestä UV-säteilyannoksesta aiheutuvat terveystriskit voivat olla suuremmat kuin UV-säteilyä paremmin sietävillä ihotyypeillä.

Pohjoismaiset viranomaiset ovat samaa mieltä EU:n kuluttajatuotteita pohtivan tieteellisen komitean (SCCP) kanssa siitä, että solariumin käyttö lisää erilaisten ihosyöpien riskiä. Pohjoismaisen kannanotto korostaakin, että solariumin käyttöä rusketuksen hankkimiseen pitäisi välttää. Kannanotossa suositellaan, että asiakkaiden ohjeistamiseksi kaikissa solariumin käyttöpaikoissa tulisi olla juliste, joka kertoo selkeästi vuodessa sallittujen solariumkäyntien määrän sekä solariumin käyttöön liittyvät terveystriskit. Suomessa tällainen juliste on ollut käytössä jo vuodesta 2002. Lisäksi pohjoismaisten viranomaisten mielestä solariumlaitteiden tehoa tulisi pienentää koko Euroopassa pohjoismaiselle tasolle, sillä ei ole kohtuullista sallia sellaisen solariumin käyttöä, joka ylittää teholtaan trooppisissa maissa paistavan auringon säteilymäärän.

### Suurteholaserien käyttö yleisötilaisuuksissa

Säteilyturvakeskuksen tietoon tuli joulukuussa 2006 ja helmikuussa 2007 yleisötapahtumat, joissa lasersäteitä oli kohdistettu suoraan yleisöön. Kummassakin tapauksessa silmäaltistusrajat ovat voineet ilmeisesti ylittyä. STUK vaatii jatkossa voimassa olevien turvallisuusvaatimusten noudattamista. Erityisesti laserien käyttäjien tulee var-

mistaa, että lasersäteitä ei suunnata ihmisiin ja että säteet eivät voi tahattomasti osua ihmisiin.

STUK muistutti tiedotteessaan maaliskuussa, että suurteholaserien käyttö yleisötilaisuuksissa on luvanvaraista. Lisäksi varoitettiin siitä, että internetin kautta saa helposti hankittua tehokkai-

ta silmille vaarallisia lasereita, jotka eivät välttämättä täytä turvallisuusvaatimuksia. Tiedotteessa kerrottiin myös, että STUK on uudistanut yleisöesityksissä käytettäviä suuritehoisia laserlaitteita koskevan säteilyturvallisuusohjeen (ohje ST 9.4).

## 6 Valtakunnallinen ympäristön säteilyvalvonta

*Raimo Mustonen*

STUK valvoo jatkuvasti keinotekoisien säteilyn ja keinotekoisien radioaktiivisten aineiden esiintymistä elinympäristössä yhteistyössä useiden muiden viranomaisten ja yhteistyökumppaneiden kanssa. Ympäristön säteilyvalvontaohjelma sisältää ulkoisen annosnopeuden jatkuvan ja automaattisen monitoroinnin, ulkoilman radioaktiivisten aineiden ja kokonaisbeeta-aktiivisuuden monitoroinnin, radioaktiivisen laskeuman, pinta- ja juomaveden, maidon ja elintarvikkeiden radioaktiivisuuden säännöllisen monitoroinnin sekä ihmisen kehossa olevien radioaktiivisten aineiden monitoroinnin. Voimassa olevan säteilyvalvontaohjelman sisältö on kuvattu liitteessä 2.

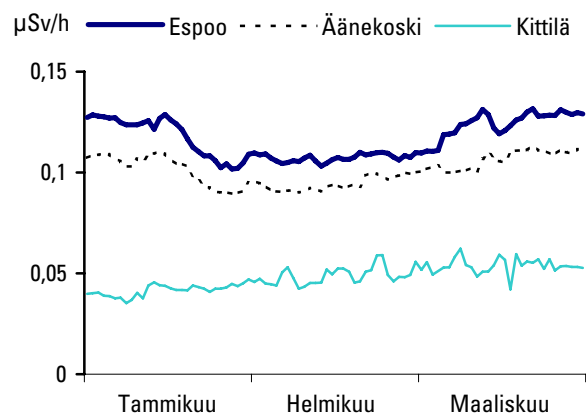
### 6.1 Ulkoinen säteily

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

Valvontaverkon uudistaminen on parhaillaan meneillään. Uudistuksen yhteydessä valvontaverkon kaikki mittausasemat ja niiden säteilyn mitausanturit vaihdetaan ja tiedonvälitys mittausasemilta STUKiin ja alueellisiin hätäkeskuksiin uusitaan. Vanhassa valvontaverkossa tiedonvälitys tapahtui lankapuhelimien kautta, mutta uusi

verkko käyttää viranomaisten yhteydenpitoon rakennettua VIRVE-radioverkkoa ja dataverkkoa. Uudistustyö aloitettiin vuoden 2005 alussa ja maaliskuun 2007 loppuun mennessä oli asennettuna kaikkiaan 131 uutta valvonta-asemaa Etelä-Suomessa. Asennustyöt jatkuvat Itä- ja Pohjois-Suomessa ja verkon uudistus saadaan valmiiksi vuoden 2007 loppuun mennessä.

Vuoden 2006 viimeisellä vuosineljänneksellä ei havaittu yhtään kohonnutta ulkoisen säteilyn tasoa Suomessa. Kuvassa 12 esitetään ulkoisen säteilyn annosnopeus (mikrosieverttiä tunnissa) Espoossa, Äänekoskella ja Kittilässä. Päivittäiset annosnopeudet eri valvonta-asemilla raportoidaan STUKin verkkosivuilla ([www.stuk.fi/sateilytietoa/sateilytilanne](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateilytilanne)).



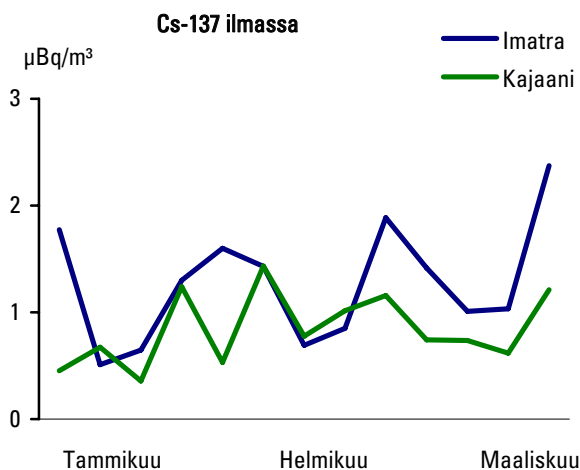
**Kuva 12.** Ulkoisen säteilyn annosnopeus kolmella paikkakunnalla vuoden 2007 ensimmäisellä vuosineljänneksellä.

## 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 13 esittää ulkoilman cesium-137 pitoisuudet Imatran ja Kajaanin valvonta-asemilla vuoden 2007 ensimmäisellä vuosineljänneksellä (mikrobecquerelliä kuutiometrissä ilmaa). Tänä päivänä cesium-137 on ainoa keinotekoinen radionuklidi, jota havaitaan säännönmukaisesti Suomen ilmatilassa. Se on jäämä vanhoista ilmakehässä tehdyistä ydinpommikokeista ja Tshernobylin onnettomuudesta.



**Kuva 13.** Cesium-137 pitoisuus ulkoilmassa Imatran ja Kajaanin valvonta-asemilla vuoden 2007 ensimmäisellä vuosineljänneksellä.

## 6.3 Poikkeavat säteilyhavainnot

Vuoden 2007 ensimmäisellä vuosineljänneksellä tehtiin kaksi normaalista poikkeava havaintoa ulkoilman radioaktiivisuudessa. Kotkassa havaittiin tammi-helmikuun vaihteessa ilmassa keinotekoisista koboltti-60:a hieman havaitsemisrajan ylittävä määrä (0,15 mikroBq/m<sup>3</sup>). Koboltti-60 on aktivointustuote ja havaittu koboltti oli mitä ilmeisimmin peräisin jostain lähialueen ydinlaitoksesta. Mitattu aktiivisuuden määrä oli erittäin pieni, eikä sillä ollut mitään terveydellisiä haittavaikutuksia lähiseudun asukkaisiin.

Helsingissä havaittiin 19.–20. helmikuuta erittäin harvinainen radioisotooppi ilmassa. Yhden vuorokauden keräysnäytteessä havaittiin harvinaista jodi-123 isotooppia. Sen keskipitoisuus keräysjakson aikana oli 24 mikroBq/m<sup>3</sup>. Koska jodi-123:n puoliintumisaika on vain 13,3 tuntia, voidaan se yleensä havaita vain lyhyen keräysjakson näytteen kerääjillä ja suodattimen nopealla mittauksella. STUKin Helsingissä sijaitseva automaattinen ilman radioaktiivisuuden kerääjä toimii yhden vuorokauden keräys- ja mittaussykliä. Jodi-123:a käytetään lääketieteessä ja sitä valmistetaan hiukkaskiihdyttimillä säteilyttämällä ksenon-kaasua. Havainnon johdosta aloitettiin selvitykset jodin alkuperästä ja pian selvisikin, että se oli peräisin Jyväskylän yliopiston kiihdytinlaboratoriosta, jossa oli 18. ja 19. helmikuuta välisenä yönä tapahtunut laiterikko, ja sen seurauksena noin 10 GBq jodi-123:a ja ksenon-123:a pääsi leviämään ympäristöön. Jyväskylän yliopisto oli tehnyt ilmoituksen tapahtumasta STUKiin, mutta tieto ei ollut jodihavainnon tehneiden STUKlaisten käytössä. Se, että päästö havaittiin Helsingissä asti, johtui suhteellisen voimakkaasta pohjoistuu- lta ja vähäisestä ilmassa sekoittumisesta. Päästöstä aiheutuneet säteilyannokset jäivät hyvin pieniksi. Tehdyt leviämisen- ja annosarviot osoittivat, että suurimmillaan päästö aiheutti noin 0,00001 milliSv yksilöannoksen noin kilometrin päässä kiihdytinlaboratoriosta päästön suuntaan. Päästö ei kulkenut Jyväskylän kaupungin yli.



## 7 STUKin valmiustoiminta

Anne Weltner

### 7.1 Yhteydenotot STUKin päivystäjään

STUKin päivystäjään otettiin yhteyttä kaikkiaan 29 kertaa.

#### Kotimaiset ydinvoimalaitokset

Loviisa 1:ltä otettiin kolme kertaa yhteyttä päivystäjään. Ensimmäinen yhteydenotto koski laimean natriumhydroksiliuoksen valumista lattiaviemärin kautta mereen. Toinen ilmoitus koski tehon alenusta, joka johtui höyryvuodosta ja kolmas koski pyyntöä poiketa turvallisuusteknisistä käyttöehdoista vian korjaamisen ajaksi.

Tapahtumilla ei ollut merkitystä laitoksen turvallisuuteen. Suomen ydinvoimalaitoksia koskevia tapahtumia on kuvattu luvussa 2.

#### Säteilymittaukset

Seitsemän päivystäjän vastaanottamaa ilmoitusta liittyi säteilyvalvontaan ulkoisen säteilyn mittausasemilla Suomessa. Kaikki ilmoitukset aiheutuivat teknisistä ongelmista alueellisten hätäkeskusten säteilyvalvontalaitteissa. Tietoja Suomen säteilyvalvonnasta on luvussa 6.

#### Tapahtumat ulkomailla

Kolme ilmoitusta liittyi poikkeaviin tapahtumiin ulkomailla. Kaksi yhteydenottoa koski tapahtumia Forsmarkin ydinvoimalaitoksella; yksi Forsmarkin 1-yksikön alasajoa kumitiivisteiden mahdollisen haurastumisen tai ikääntymisen takia ja toinen ilmoitusta pommiuhkasta Forsmarkin 1-yksiköllä.

Seismologian laitos ilmoitti seismisestä havainnosta, joka koski maanjäristystä Pohjois-Intiassa. Seismologian laitos ilmoitti STUKille seismisistä havainnoista ydinvoimalaitosten tai entisten ydinvoimalaueiden lähellä.

#### Muut yhteydenotot, harjoitukset ja yhteyskokeilut

Kymmenen ilmoitusta liittyi erilaisiin kotimaisiin ja kansainvälisiin tiedonantoihin, kyselyihin ja

vikasanomiin. Yksi kysely koski Suomen aluevesirajojen ulkopuolella tapahtunutta mahdollista ydinjättekuljetusta kohti Pietaria. Yksi yhteydenotto koski tammikuussa pidettyyn Ahvenanmaan sisäiseen valmiusharjoitukseen liittyviä ilmoituksia. Harjoitukseen ei liittynyt säteilytapahtumaa, joten STUK ei osallistunut harjoitukseen muuten kuin vastaanottamalla Ahvenanmaan viestejä. Kansainvälisiä yhteyskokeiluja STUKin päivystykseen tuli viisi.

### 7.2 Poikkeavat tapahtumat ulkomailla

#### Häiriö Forsmarkin ydinvoimalaitoksella Ruotsissa

Ruotsin säteily- ja ydinturvallisuusviranomaisen Statens Kärnkraftinspektion (SKI) ilmoitti 3.2.2007 kaikille Pohjoismaille, että Forsmarkin ydinvoimalaitoksen 1-yksikkö oli pysäytetty kumitiivisteessä havaitun mahdollisen heikkenemisen takia. Näyte kumitiivisteestä oli otettu jo kesäkuussa 2006, mutta tulos valmistui vasta 2.2.2007. Forsmarkin 1- ja 2-yksiköt pysäytettiin tiivisteille tehtävien lisätutkimusten ajaksi. Forsmark 2-yksikön tiivisteet todettiin vaatimukset täyttäväksi. Sen sijaan Forsmark 1-yksikön tiivisteet uusittiin. Olkiluodon ydinvoimalaitoksessa vastaava tilanne ei ole mahdollinen, koska 1- ja 2-yksikön kumitiivisteitä on parannettu kaksi ja kolme vuotta sitten.

#### Pommiuhka Forsmarkin ydinvoimalaitoksella Ruotsissa

Ruotsin SKI ilmoitti 21.3.2007 muille Pohjoismaille ja kansainväliselle atomienergiajärjestölle (IAEA), että Forsmarkin 1-yksikköön oli toimitettu kirje, jossa vaadittiin 1-yksikön pysäyttämistä. Muutoin siellä räjäytettäisiin pommi. Etsinöissä ei kuitenkaan löytynyt mitään pommia.

## 8 Tutkimus

Raimo Mustonen

### 8.1 Valmistuneet hankkeet

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

*Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, Gilbert E, Hakama M, Hill C, Howe G, Kaldor J, Muirhead CR, Schubauer-Berigan M, Yoshimura T, Bermann F, Cowper G, Fix J, Hacker C, Heinmiller B, Marshall M, Thierry-Chef I, Utterback D, Ahn Y-O, Amoros E, Ashmore P, Auvinen A, Bae J-M, Bernar JS, Biau A, Combalot E, Deboodt P, Diez Sacristan A, Eklof M, Engels H, Engholm G, Gulis G, Habib RR, Holan K, Hyvonen H, Kerekes A, Kurtinaitis J, Malker H, Martuzzi M, Mastauskas A, Monnet A, Moser M, Pearce MS, Richardson DB, Rodriguez-Artalejo F, Rogel A, Tardy H, Telle-Lamberton M, Turai I, Usel M, Veress K. The 15-Country Collaborative Study of Cancer Risk among Radiation Workers in the Nuclear Industry: Estimates of Radiation-Related Cancer Risks. *Radiation Research* 2007; 167: 396–416.*

*Vrijheid M, Cardis E, Blettner M, Gilbert E, Hakama M, Hill C, Howe G, Kaldor J, Muirhead CR, Schubauer-Berigan M, Yoshimura T, Ahn Y-O, Ashmore P, Auvinen A, Bae J-M, Engels H, Gulis G, Habib RR, Hosoda Y, Kurtinaitis J, Malker H, Moser M, Rodriguez-Artalejo F, Rogel A, Tardy H, Telle-Lamberton M, Turai I, Usel M, Veress K. The 15-Country Collaborative Study of Cancer Risk among Radiation Workers in the Nuclear Industry: Design, Epidemiological Methods and Descriptive Results. *Radiation Research* 2007; 167: 396–416.*

Kansainvälisen ydinlaitostyöntekijöitä koskevan tutkimuksen aineistoa, menetelmiä ja tuloksia koskevat artikkelit ovat ilmestyneet *Radiation Research* -lehdessä. Tutkimus oli yksi kaikkien aikojen suurimpia seurantatutkimuksia, sillä se kattoi yli 400 000 työntekijää 124 eri laitoksesta 15 maasta. Mukana oli yhdeksän Euroopan maata (Ruotsi, Liettua, Ranska, Iso-Britannia, Espanja, Belgia, Slovakia, Unkari ja Sveitsi) sekä Yhdysvallat, Kanada, Japani, Australia ja Etelä-Korea. Annoskertymä oli keskimäärin 19 mSv ja seuranta-aika 12 vuotta.

Yksittäisistä syöpätyypeistä vain keuhkosityöpä oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä säteilyannokseen. Tulosta on vaikea tulkita, sillä se saattaa olla myös sekoittuneisuuden aiheuttama löydös eli selittyä eniten altistuneiden muita yleisemmällä tupakoinnilla.

Tutkimuksen vahvuuksia olivat tarkat annostiedot ja pitkä seuranta-aika. Suurin heikkous oli tupakointia koskevien tietojen puuttuminen. Tupakka on tärkein syövän aiheuttaja ja se voi tutkimuksessa sotkea muiden tekijöiden vaikutuksen.

Samassa numerossa julkaistaan myös tutkimusasetelmaa ja aineistoa kuvaava artikkeli sekä annosarviointia koskeva työ.

*Ilus E. The Chernobyl accident and the Baltic Sea. *Boreal Environmental Research* 2007; 12: 1–10.*

Artikkelissa tarkastellaan Tshernobylin onnettomuuden (1986) aiheuttaman radioaktiivisen laskeuman vaikutuksia Itämeressä. Tshernobylin laskeuma jakautui hyvin epätasaisesti Itämeren valuma-alueelle; eniten laskeumaa tuli Selkämerta ja itäistä Suomenlahtea ympäröiville alueille. Tämä on näkynyt tärkeimpien laskeumanuklidien (erityisesti cesium-137:n) aktiivisuuspitoisuuksien

alueellisessa jakaumassa Itämeren merellisessä ympäristössä onnettomuuden jälkeen. Heti onnettomuuden jälkeen ympäristönäytteissä havaitut maksimipitoisuudet laskivat nopeasti, ja sen jälkeen Tshernobylistä peräisin olevan cesiumin alueelliseen jakautumaan ovat vaikuttaneet mm. jokivesien tuonti, vesimassojen sekoittuminen, merivirtaukset ja cesiumin varastoituminen pohjakerrostumiin. Merivirtaukset ovat kuljettaneet cesiumia Suomenlahdelta ja Pohjanlahdelta varsinaiselle Itämerelle, ja edelleen Itämerestä Tanskan salmien kautta Pohjanmerelle. Lisäksi merkittävä osa cesium-137:stä on laskeutunut pohjaan ja sitoutunut Itämeren pohjasedimentteihin. Sedimenteissä olevien keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät ovat kuitenkin pysyneet luonnon radioaktiivisten aineiden pitoisuuksien tasolla tai niiden alapuolella, eikä niiden odoteta aiheuttavan haittaa Itämeren eliöstölle. Itämeren kalojen syönnistä Tshernobyl-cesiumin vuoksi väestölle aiheutunut säteilyaltistus oli pienempi kuin kaloissa olevista luonnon radioaktiivisista aineista aiheutuva säteilyannos.

*Kostiainen E. <sup>137</sup>Cs in Finnish wild berries, mushrooms and game meat in 2000–2005. Boreal Environmental Research 2007; 12: 23–28.*

Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa metsän tuotteiden radioaktiivisen cesiumin tilanne. Vuosien 2000–2005 metsämarja-, sieni- ja riistanäyteaineistosta (kaikkiaan noin 1300 näytettä) määritettiin cesium-137:n pitoisuuksien lajikohtaiset keskitasot ja vaihteluvälit STUKissa tehdyn laskeumakartoituksen mukaisilla viiteen eri luokkaan kuuluvilla alueilla. Eri lajien sisältämät radioaktiivisen cesiumin keskitasot olivat näytteiden hankintapaikkojen laskeumatason mukaisesti pienimpiä vähiten Tshernobylin jälkeistä laskeumaa saaneilla alueilla ja eniten cesium-137:ää löytyi korkeimman laskeuman alueiden näytteissä, joskin siellä myös pitoisuuksien vaihtelu oli suurinta.

Sienten ja metsämarjojen cesium-137-pitoisuuksissa oli suuria paikallisia eroja johtuen kasvupaikan laskeumatason lisäksi myös erilaisista kasvuolosuhteista. Metsämarjojen cesium-137:n keskipitoisuudet vaihtelivat eri laskeumaluokkiin

kuuluvilla alueilla välillä 10–230 Bq/kg ja sienillä vastaavasti välillä 10–3000 Bq/kg. Sienillä lajikohtainen vaihtelu oli huomattavan suurta. Hirvenlihan cesium-137-pitoisuuksien vaihteluvälit alueittain olivat 20–240 Bq/kg. Tutkimusjakson aikana ei voitu havaita selvää muutosta cesium-137-pitoisuuksissa minkään lajin kohdalla, koska samoiltakin paikoilta hankittujen näytteiden pitoisuuksissa oli suurta vaihtelua johtuen mm. erilaisista kasvuolosuhteista peräkkäisinä vuosina.

Verrattaessa tutkimusaineiston tuloksia vuodelta 1986 raportoituihin tuloksiin, havaittiin, että metsämarjojen ja sienten cesium-137-pitoisuudet olivat pienentyneet noin kolmanneksen, mikä vastaa cesium-137:n radioaktiivisen hajoamisen nopeutta. Hirvenlihan pitoisuudet sen sijaan olivat pienentyneet noin puoleen verrattuna vuoden 1986 arvoihin. Tähän yhtenä syynä on asutusalueiden lähellä elävien hirvien ravinnossa mukana olevien viljelykasvien cesium-137-pitoisuuksien nopea pieneminen vuoden 1986 jälkeen. Tutkimuksessa määritettiin myös cesium-137:n siirtotehokkuutta laskeumasta eri lajeihin kuvaavien siirtotekijöiden lajikohtaiset keskitasot vaihteluväleinen. Metsämarjojen siirtotekijät olivat samansuuruisia kuin vuosina 1987–89, mikä osoittaa cesium-137:n pysymisen edelleen maassa kasvien juurikerroksen syvyydellä. Hirvenlihan siirtotekijät olivat pienentyneet kolmanneksen verrattuna vuoden 1986 arvoihin. Muutokset sienten siirtotekijöissä verrattuina vuosilta 1986–1988 raportoituihin arvoihin vaihtelivat lajikohtaisesti, mm. herkkutatin siirtotekijässä oli havaittavissa selvää suurenmista, mikä osittain johtuu cesium-137:n kulkeutumisesta maassa syvemmälle herkkutatin sienirihmaston tasolle. Muilla tutkituilla sienilajeilla siirtotekijät olivat joko samansuuruisia tai hieman pienempiä kuin 1986.

Metsän tuotteissa on edelleen v. 1986 tapahtuneen Tshernobylin onnettomuuden jäljiltä cesium-137:ää paikoin runsaastikin, etenkin muutamissa sienilajeissa. Cesium-137:n väheneminen metsän tuotteista on jatkossakin hyvin hidasta, lähinnä radioaktiivisen hajoamisen kautta (n. 2 prosenttia vuodessa) ja cesium-137:n kulkeutuessa hitaasti syvemmälle ja sitoutuessa maahan.

*Lahkola A, Auvinen A, Raitanen J, Schoemaker MJ, Collatz Christensen H, Feychting M, Johansen C, Klæboe L, Lönn S, Swerdlow AJ, Tynes T, Salminen T. Mobile phone use and risk of glioma in five North European countries. International Journal of Cancer 2007; 120: 1769–1775.*

Viidessä Pohjois-Euroopan maassa valmistuneen tutkimuksen mukaan matkapuhelimen käytön ja pahanlaatuisen aivokasvaimen välillä ei ole selvää yhteyttä. Tulokset julkaistiin *International Journal of Cancer* -verkkolehdessä 19. tammikuuta.

Tutkimus matkapuhelimen käytön yhteydestä pahanlaatuisen aivokasvaimen, glioman, riskiin tehtiin Tanskassa, Suomessa, Norjassa, Ruotsissa ja Englannissa. Tutkimuksen mukaan matkapuhelimen käyttäjillä ei ole suurentunutta vaaraa saada glioma.

Matkapuhelimen säännöllinen käyttö, käytön kesto tai puheluiden yhteenlaskettu määrä eivät vaikuttaneet sairastumisriskiin. Ainoa viite matkapuhelimen mahdollisesta vaikutuksesta todettiin niiden joukossa, jotka olivat käyttäneet matkapuhelinta ainakin 10 vuotta. Heillä oli hieman useammin kasvain samalla puolella päätä, jolla he olivat matkapuhelinta yleensä pitäneet. Tiedot puhelimen käytöstä kerättiin henkilökohtaisilla haastatteluilla. Muistamiseen liittyy aina virhemahdollisuus, mikä aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin. Eri maiden tutkimusaineisto analysoitiin Säteilyturvakeskuksessa (STUK). Tutkimukseen osallistui vuosina 2000–2004 yhteensä 1521 gliomaan sairastunutta ja 3301 tervettä vertailuhenkilöä. Yli 10 vuotta matkapuhelinta käyttäneitä oli enemmän (222) kuin aiemmissa tutkimuksissa.

Matkapuhelimen käytön ja aivokasvainten yhteydestä valmistuu lähiaikoina laaja, 14 maan aineistoon perustuva kansainvälinen tutkimus (INTERPHONE).

*Mustajoki J, Hämäläinen R P, Sinkko K. Interactive computer support in decision conferencing: Two cases on off-site nuclear emergency management. Decision Support Systems 2007; 42: 2247–2260.*

Työssä on tutkittu uuden vuorovaikutteisen monikriteerianalyysiohjelman antamia mahdollisuuksia päätösrühissä. Tämän lähestymistavan soveltuvuutta on analysoitu suunnittelemalla

myöhäisvaiheen säteilysuojelutoimenpiteitä kahden oletetun ydinvoimalaitosonnettomuuden avulla. Osallistujien omakohtainen ohjelman käyttö preferenssien asettamisessa oli tärkeä uusi piirre päätösrühissä. Se osoittautui toimivaksi ja kelpuutetuksi prosessiksi. Raportissa käsitellään tämän tyyppisen lähestymistavan asettamia vaatimuksia sekä päätösrühien helpottamiselle että analyysiohjelmien tarjoamalle tuelle.

Tapahtumatutkimuksista saatu kokemus vahvasti puoltaa vuorovaikutteisen arvoanalyysiohjelman käyttöä rühissä olettaen, että ne on huolellisesti suunniteltu etukäteen. Osallistujat olivat tyytyväisiä menetelmään, ja riihet osoittivat, että osallistujat kykenevät tekemään toimenpiteiden priorisoinnin omatoimisesti. Helppokäyttöiset ohjelmat ja selkeät mallit olivat oleellisia edellytyksiä omatoimiseen priorisointiin. Helppokäyttöisyyttä edellyttää myös se, että rihi toteutetaan yhden päivän aikana.

Osallistujilta saatu palaute tukee näkemystä, että menetelmä soveltuu ydinonnettomuuksien vaikutusten hallintaan, vaikka tällaiset onnettomuudet ovat tyypillisesti hyvin herkkä ja vaikea alue eikä uusia lähestymistapoja hyväksytä helposti ilman varauksia. Rihiin katsottiin soveltuvan erittäin hyvin parannettaessa valmiutta suunnitteleamalla suojelutoimenpiteitä etukäteen sekä harjoituksissa. Lähestymistavan elementtejä voidaan soveltaa myös todellisen tilanteen päätöksentekoprosessissa. Kuitenkin säännöllisiä rihiä tarvitaan jotta osaaminen ja menetelmän edut tulevat tutuiksi. Lisäksi tarvitaan kokeneita rühien vetäjiä (fasilitaattoreita), jotka ymmärtävät säteilysuojelua ja muitakin ympäristökysymyksiä, sekä kykyä koota relevantit sidosryhmät päätösrühisiin.

Internetistä on tullut osa jokapäiväistä elämää ja on johdonmukaista, että kiinnostus käyttää Internetiä myös ryhmäpäätösten tukemiseen on kasvanut. On olemassa kasvava tarve tukea ympäristöpäätöksiä ja tarve laajalle alueelliselle osallistumiselle, mitä on mahdoton toteuttaa ilman Internetiin perustuvia menetelmiä. Nämä haasteet voidaan kohdata tekemällä kokeellisia tapahtumatutkimuksia kuten raportissa on kuvattu. Ne tekevät päätösanalyttiset menetelmät ja Internetiin perustuvan osallistumisen tutuiksi.

Paatero J, Kulmala S, Jaakkola T, Saxén R, Buyukay M. *Deposition of <sup>125</sup>Sb, <sup>106</sup>Ru, <sup>144</sup>Ce, <sup>134</sup>Cs and*

<sup>137</sup>Cs in Finland after the Chernobyl accident. *Boreal Environmental Research* 2007; 12: 43–54.

Tutkimuksessa tarkasteltiin <sup>125</sup>Sb-, <sup>106</sup>Ru-, <sup>144</sup>Ce-, <sup>134</sup>Cs- ja <sup>137</sup>Cs-laskeumia 97:n jäkälä-, turve- ja pintamaanäytteen perusteella. Tavoitteena oli saada aikaan <sup>125</sup>Sb-, <sup>106</sup>Ru- ja <sup>144</sup>Ce-laskeumien alueelliset jakaumat Suomessa ja verrata <sup>137</sup>Cs:n jakaumaa aiemmin tuotettuun jakaumaan sekä tuottaa arviot näiden aineiden kokonaislaskeumille Suomessa. <sup>144</sup>Ce:n alueellinen jakauma muistutti muiden vaikeasti höyrystyvien nuklidien, kuten <sup>95</sup>Zr:n ja transuraanien jakaumaa, ja korkeimman laskeuman alue ulottui Lounais-Suomesta Kuhmon seudulle. Tässä tutkimuksessa saadut tulokset vahvistavat aikaisempia korkean <sup>137</sup>Cs-laskeuman havaintoja Varkaus-Kuopion, Kuhmon ja Kotka-Kouvolan alueilla, mutta sen sijaan yliarvioivat Oulun alueelle tulleen laskeuman liian pienestä näytemäärästä johtuen. Vaikka rutenium on vaikeasti höyrystyvä nuklidi, sen huomattiin muistuttavan höyrystyvien nuklidien käyttäytymistä. Tämä johtuu ilmeisesti haihtuvien ruteniumoksidien muodostumisesta. <sup>125</sup>Sb:n alueellinen jakautuminen muistuttaa <sup>137</sup>Cs:n jakautumista. Tutkimuksessa arvioitiin, että nuklidista riippuen 0,017 % – 1,5 % reaktorin ytimen inventaarista ja 0,6 % – 13 % ilmaan joutuneesta päästöstä tuli laskeumana Suomeen. Prosentit olivat suoraan verrannolliset nuklidien höyrystymiseen.

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

Etelä-Suomessa on tutkittu kolmella paikakunnalla laskeumana tulneiden radionuklidien määrien vaihtelua palleroporonjäkälässä *Cladonia stellaris* (syn. *Cladonia alpestris*) ja sen alla olevassa maassa. Näytteet on otettu Padasjoelta, Loviisasta Hästholmenin saarelta sekä Eurajoelta Olkiluodosta vuosina 1986–2004. Jäkälä on jaettu vaakatasossa kolmeen osaan ja radionuklidien jakaantumista eri osien välillä on tutkittu. <sup>137</sup>Cs:n efektiivinen puoliintumisaika jäkälässä oli lähes sama kaikissa kolmessa osassa ja koko jäkäläs-

sä efektiivinen puoliintumisaika vaihteli 2,7:stä 3,4 vuoteen. Tshernobylin onnettomuudesta aiheutuneen laskeuman jälkeen 2–3 vuotta pääosa <sup>137</sup>Cs-aktiivisuudesta (Bq m<sup>-2</sup>) oli jäkälässä, tämän jälkeen suurin osa oli alla olevassa maassa.

Saxén R. *<sup>137</sup>Cs in freshwater fish and lake water in Finland after the Chernobyl deposition. Boreal Environmental Research* 2007; 12: 17–22.

Tutkimuksessa esitetään yhteenveto järvikalojen ja -vesien <sup>137</sup>Cs-pitoisuuksien alueellisista vaihteluista ja ajallisista muutoksista Tshernobylin onnettomuuden jälkeen Etelä- ja Keski-Suomen alueella. Työssä käytettiin STUKissa tuotetun järvikalojen ja -vesien <sup>137</sup>Cs-aineiston tuloksia vuosilta 1986–2005.

<sup>137</sup>Cs-laskeuma Tshernobylin ydinvoimalaitosonnettomuudesta levisi epätasaisesti järvi-Suomeen ja aiheutti kalojen ja järvivesien <sup>137</sup>Cs-pitoisuuksiin huomattavan nousun alueilla, joille tuli laskeumaa eniten. Järvivesien <sup>137</sup>Cs-pitoisuudet laskivat aluksi erittäin nopeasti, jonka jälkeen lasku hidastui. Jo onnettomuusvuoden loppuun mennessä pitoisuudet olivat laskeneet yli 90 % korkeimmista toukokuun 1986 arvoista. Vuonna 2002 järvivesien <sup>137</sup>Cs-pitoisuudet vaihtelivat välillä 4 – 330 Bq/m<sup>3</sup>. Kalojen <sup>137</sup>Cs-pitoisuudet olivat yleisesti ottaen korkeimmillaan 1987 tai 1988, ja olivat vuoteen 2005 mennessä laskeneet keskimäärin noin 70 % korkeimmista arvoista. Vaikka kalojen <sup>137</sup>Cs-pitoisuudet ovat laskeneet huomattavasti vuosien varrella, ne vaihtelevat edelleen paljon erityisesti alueilla, joille tuli runsaasti laskeumaa. Vuosien 2000–2004 näytteissä pitoisuusvaihtelu oli välillä 8 Bq/kg – 7800 Bq/kg. Laskeuman jälkeen useat ympäristössä tapahtuvat ilmiöt kuten veden virtaaminen, valuma, sedimentoituminen jne. ovat vuosien aikana muuttaneet Tshernobylistä peräisin olevan <sup>137</sup>Cs:n jakautumista vesiympäristön komponentteihin. Järviveden niukka kaliumin ja muiden ravinteiden pitoisuus taas aiheuttaa sen, että kalat ottavat tehokkaasti <sup>137</sup>Cs:a ravinnon mukana. Tulokset myös osoittavat, että eri järvet toipuvat eri nopeuksilla <sup>137</sup>Cs:ta. Joissakin järvissä kalojen <sup>137</sup>Cs-pitoisuudet ovat laskeneet keskimäärin aina kolmessa vuodessa puoleen, kun taas joissakin toisissa vastaava pitoisuuksien puolittuminen on vienyt yhdeksänkin vuotta.



*Schwartzbaum JA, Ahlbom A, Lonn S, Warholm M, Rannug A, Auvinen A, Christensen HC, Henriksson R, Johansen C, Lindholm C, Malmer B, Salminen T, Schoemaker MJ, Swerdlow AJ,*

*Feychting M. An international case-control study of glutathione transferase and functionally related polymorphisms and risk of primary adult brain tumors. Cancer Epidemiol Biomarkers & Prevention 2007 Mar;16 (3): 559–565.*

Glutathioni transferaasi (GST) toimii solutasolla ympäristöyhdisteiden detoksifikaatiossa. Kahden geneettistä vaihtelua ilmentävän GST proteiinin, GSTM1 ja GSTP1, tasot ovat korkeita aivoissa. Aikaisemmissa tutkimuksissa tulokset proteiinien ja aivosyövän riskin yhteydestä ovat olleet ristiriitaisia. Tässä tutkimuksessa selvitettiin useiden, mm. GSTM3- ja GSTP1-geenivarianttien assosiaatiota aikuisten aivosyöpäriskiin. Tutkimuksen kohteena oli yhteensä 725 glioomaa, 546 meningioomaa ja 1612 kontrollia, joiden DNA oli kerätty kansainvälisen tapaus-kontrolli hankkeen yhteydessä. Tapaukset ja kontrollit olivat Ruotsista, Kaakkois-Englannista, Tanskasta, ja Suomesta. Tulokset osoittivat, että GST-geenivariantit eivät ole yhteydessä aivosyöpäriskiin.

*Turtiainen T, Weltner A. Assessment of Dose During the Life Cycle of Natural Stone Production. Radiation Protection Dosimetry 2007. Epub. doi: 10.1093/rpd/ncm178.*

Tutkimuksessa arvioitiin luonnonkivituotannon elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia. Yksi tutkittavista asioista oli säteily. Luonnonkivinäytteitä kerättiin 23 louhimolta ja niiden radionuklidipitoisuudet määritettiin. Yksi louhimo valittiin tarkempiin tutkimuksiin, joissa arvioitiin louhimon työntekijöiden saamaa työnaikaista säteilyannosta. Arvioitiin myös säteilyannoksia, joita asukkaat saavat kun luonnonkiviä käytetään rakennuksissa. Tulosten perusteella louhimoiden työntekijöiden säteilyannokset eivät ylitä yhtä millisievertiä vuodessa. Luonnonkiveä voidaan turvallisesti käyttää kaikissa rakennustyypeissä pintamateriaalina.

## 8.2 Ilmestyneet artikkelit ja raportit

STUKin tutkimustoimintaan liittyvät julkaisut ja raportit löytyvät STUKin verkkosivuilta osoitteesta [www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/fi\\_FI](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI) (Kansainväliset julkaisut, Proceedings-julkaisut ja Tutkimusjulkaisut).

## 9 Lähialueen ydinvoimalaitokset

*Heikki Reponen*

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

### Leningradin ydinvoimalaitos

Helmikuun 7. päivänä Sosnovyi Borissa järjestettiin paikkakunnalle rakennettavaksi suunniteltujen uusien ydinvoimalaitosten ympäristövaikutusarviointia koskeva julkinen kuuleminen. Säteilyturvakeskuksen henkilöitä ei osallistunut tilaisuuteen, mutta STUKissa perehdyttiin etukäteen eri lähteistä saatuun aineistoon ja evästettiin paikalle matkustaneita ympäristöministeriön ja ulkoministeriön edustajia ydinteknisistä näkökohdista.

Helmikuun 14. päivänä Sosnovyi Borissa järjestetyssä ydinturvallisuusseminaarissa tarkasteltiin 15 vuotta jatkunutta Suomen ja Venäjän välistä kahdenvälistä yhteistyötä Leningradin ydinvoimalaitoksen turvallisuuden parantamiseksi. Seminaariin osallistui kuutisenkymmentä henkilöä. Venäläisistä suurin osa edusti Leningradin ydinvoimalaitosta, mutta edustettuina olivat myös ydinvoimakonserni Rosenergoatom,

Kuolan ydinvoimalaitos ja Venäjän ydinturvallisuusviranomaisen Rostechnadzor. Suomesta mukana oli runsaat 20 henkeä ulkoministeriöstä, Säteilyturvakeskuksesta ja suomalaisista yrityksistä, jotka ovat osallistuneet yhteistyöhankkeisiin. Yhteistyön vakuutettiin edelleen jatkuvan mm. rahoittajaa edustavan ulkoministeriön edustajan puheenvuorossa.

Maaliskuun 12.–15. päivinä Leningradin ydinvoimalaitoksella pidettiin kokous, jossa saatettiin päätökseen voimalaitoksen vesikemian valvontaa koskevan uudistuksen suunnittelu. Suunnittelutyön samoin kuin alkavan toteutuksen päärahoittaja on Ruotsin valtion lähialueyhteistyöohjelma Suomen ollessa mukana pienemmällä panoksella.

Maaliskuun 26.–27. päivinä järjestettiin STUKissa kokous Leningradin ydinvoimalaitoksen todennäköisyyspohjaiseen turvallisuustarkasteluun liittyvästä seisokkitila-analyysistä. Venäjältä osallistujia oli Leningradin voimalaitoksen lisäksi Moskovasta Kurtshatov-instituutista ja RBMK-aktoreiden suunnitteluinstituutista NIKIETista. Suomesta osallistujia oli STUKin lisäksi VTT:ltä ja Avaplan Oy:stä. Seisokkitila-analyysin valmistelu jatkuu kahdenvälisenä yhteistyönä.

Maaliskuun 30. päivänä STUKissa pidettiin kotimaisten toimijoiden kesken kokous, jossa käytiin läpi sekä Leningradin että Kuolan ydinvoimalaitokselle tarjottavaa käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön koulutusta. Koulutusta järjestävän TVO Nuclear Servicen edustaja esitteli suunnitelmia.

Vuoden 2007 yhteistyöohjelmaan sisältyviä laitehankintoja on valmisteltu. Suurin hanke on Leningradin voimalaitoksen kolmosyksikön merivesiputken sisäpuoliseen korroosiosuojauspinnoitteen toimittaminen ja asentaminen. Toimittajana on Aarsleff Oy. Myös paloturvallisuuden parantamiseen liittyvät laitehankinnat on saatettu liikkeelle.

### **Kuolan ydinvoimalaitos**

Kaksi isoa laitehankintaa, reaktoripaineastian tarkastuslaitteisto ja reaktoritilojen TV-monito- rointi, tehdään Ruotsin lähialueyhteistyöohjelman johdolla Suomen ollessa mukana pienemmällä pa- noksellalla. Edellisessä hankkeessa ruotsalainen pro- jektinjohto on aloittanut toimituskilpailutuksen ja jälkimmäisessä saattanut sen jo päätökseen.

Hitsausaumoissa esiintyvien vikojen tar- kastamiseen käytettävien uusien testikappalei- den valmistamiseen on varauduttu Suomessa. Testikappaleet valmistetaan Kuolan voimalaitok- selta tuotavista putkisto-osista.

### **Muu yhteistyö**

Helmikuun 7.–8. päivinä käsiteltiin Moskovassa STUKin ja Venäjän ydinturvallisuusviranomaisen Rostechnadzorin välistä yhteistyöohjelmaa vuo- delle 2007. Yhteistyötä tehdään ydinmateriaali- valvonnassa, ydinjätevalvonnassa, ei-ydinteknisen säteilyn käytön valvonnassa sekä ydinvoimalaitos- ten valvonnassa. Viimemainittu kohdistuu erityi- sestä Leningradin ja Kuolan ydinvoimalaitoksiin. Kirjattiin toimintaa koskevat suunnitelmat yhteis- työpöytäkirjaan.

Helmikuun 27.–28. päivinä Helsingissä järjes- tettiin kokous, jossa käsiteltiin Ukrainan avus- tamista ydinaseriisunnan lisäpöytäkirjan sovel- tamisessa. Kokouksessa oli Suomen ja Ukrainan edustajien lisäksi mukana ruotsalaisia. STUKin

edustaja osallistui myös aiheesta 27.–28. maaliskua Ukrainassa järjestettyyn konferenssiin.

Maaliskuun 6. päivänä järjestettiin STUKissa kokous Norjan säteily- ja ydinturvallisuusviran- omaisen Strålevernin edustajan kanssa lähi- alueyhteistyötä koskevista tulevaisuuden suunni- telmista. Strålevern on valmistelemaan vuosiksi 2007-2011 strategiaa lähialueilla sijaitseviin ve- näläisiin ydinvoimalaitoksiin kohdistuvasta yh- teistyöstä. Norjalaiset suunnittelevat strategian valmistelun tueksi seminaaria, johon kutsutaan mukaan myös Suomen ja Ruotsin kahdenvälisen ohjelmien edustajat.

Maaliskuun 13.–14. päivinä STUKin edustajat vierailivat Pietarin tulliakatemiassa valmistele- massa huhtikuun ohjelmassa olevaa Suomen ja Venäjän tullimiesten yhteistä kurssia radioaktii- visten aineiden tunnistamiseksi tavaraerien ylit- täessä rajan.

Pietarin Baltian telakalla valmistui 13 vuotta rakenteilla ollut maailman suurin ydinkäyttöinen jäänmurtaja ”50 vuotta voitosta”. Alus suoritti 1.–11.2. koepurjehduksia itäisellä Suomenlahdella. Venäjältä Suomeen asiasta toimitettu informaatio ei päätenyt STUKiin asti. Jäänmurtajan lähtiessä maaliskuun lopussa purjehdukselle määräsa- maansa Murmanskiin ilmoitus tuli 20.3. STUKiin sopimusten edellyttämällä tavalla Venäjän Helsingin suurlähetystön toimittamana.



## 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

toteuttavien laitosten tulosten kanssa. Tulokset viedään 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) Yhteenvedo Itämeren suojelusopimuksen edellyttämän valvonnan tuloksista (HELCOM/MORS).