

# Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta

Vuosiraportti 2008

Erkki Rantanen (toim.)

# Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta

Vuosiraportti 2008

Erkki Rantanen (toim.)

Tämän raportin laadintaan ovat osallistuneet

Siiri-Maria Aallos

Timo Ansaranta

Ritva Havukainen

Kari Jokela

Hannu Järvinen

Eero Kettunen

Helinä Korpela

Antti Kosunen

Jorma Kuusisto

Maaret Lehtinen

Eero Oksanen

Eija Venelampi

Reijo Visuri

ISBN 978-952-478-455-9 (nid.) Edita Prima Oy, Helsinki 2009

ISBN 978-952-478-456-6 (pdf)

ISSN 0781-1713

*RANTANEN Erkki (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2008. STUK-B 102. Helsinki 2009. 32 s. + liitteet 13 s.*

**Avainsanat:** säteilyn käyttö, säteilytoiminta, turvallisuuslupa, luvasta vapautettu toiminta, säteilyn käytön tarkastukset, säteilylähteet, radioaktiiviset aineet, radioaktiiviset jätteet, työntekijöiden säteilyannokset, luonnonsäteily, ionisoimaton säteily, mittanormaalit, säännöstötyö, tutkimus, kotimainen ja kansainvälinen yhteistyö, viestintä, palvelut, poikkeavat tapahtumat

## Tiivistelmä

Vuoden 2008 lopussa säteilyn käyttöä varten oli voimassa 1 775 turvallisuuslupaa. Luvasta vapautettua, mutta ilmoitusvelvollisuuden alaista hammasröntgentoimintaa harjoitti 1 831 toiminnan harjoittajaa. Säteilyn käyttöä valvottiin käyttöpaikkoihin tehdyillä säännöllisillä tarkastuksilla, hammasröntgentoimipaikkoihin postitse lähetetyillä testipaketeilla ja annosrekisterin ylläpidolla. Lisäksi julkaistiin säteilyturvallisuusohjeita ja tehtiin valvontaa tukevaa tutkimusta.

Vuonna 2008 STUK teki 424 turvallisuusluvan alaisen toiminnan tarkastusta ja 18 ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastusta. Korjausmääräyksiä ja -suosituksia annettiin 209 kappaletta. Yksi laite asetettiin käyttökieltoon.

Annostarkkailussa oli vuonna 2008 yhteensä vähän yli 11 500 säteilytyötä tekevää työntekijää. Annoskirjauksia tehtiin STUKin ylläpitämään rekisteriin noin 140 000 kappaletta.

Luonnonsäteilyn valvonnassa keskityttiin työpaikkojen radonin valvontaan ja avaruussäteilystä lentohenkilöstölle aiheutuvan altistuksen valvontaan. Vuoden 2008 aikana radonvalvonnassa oli 89 työpaikkaa ja niissä yhteensä 201 työpistettä. Avaruussäteilystä aiheutuvan säteilyaltistuksen seurannassa oli yhteensä noin 3 700 lentäjää ja matkustamohenkilöstön jäsentä.

Mittanormaalityöinnässä jatkettiin kalibrointi- ja kehitystyötä edellisten vuosien tapaan.

Vuonna 2008 ionisoimattoman säteilyn käytön valvonta kohdistui erityisesti matkapuhelimiin, solariumeihin ja lasereihin. Langattomien päätelaitteiden markkinavalvonnassa testattiin 10 matkapuhelinta ja 5 itkuhälytintä. Solariumien käyttöpaikkoja tarkastettiin 25 kpl ja showlasertarkastuksia tehtiin 9 kpl.

Vuonna 2008 sattui 22 säteilyn käyttöön liittyvää poikkeavaa tapahtumaa. Tapahtumista 17 koski säteilyn käyttöä teollisuudessa, tutkimuksessa tai kuljetuksissa, 4 säteilyn käyttöä terveydenhuollossa ja yksi ionisoimattoman säteilyn käyttöä. Tapahtumista mikään ei johtanut vakaviin seurauksiin.

# Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
JOHTAJIEN ESIPUHE	6
1 YLEISTÄ	9
1.1 Tärkeimmät tunnusluvut	9
2 IONISOIVAN SÄTEILYN KÄYTÖN VALVONTA	11
2.1 Säteilyn käyttö terveydenhuollossa	11
2.2 Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa	11
2.3 Turvallisuusluvan alaisen säteilytoiminnan tarkastukset	12
2.4 Ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastukset	12
2.5 Radioaktiivisten aineiden tuonti, valmistus ja vienti	12
2.6 Työntekijöiden säteilyannokset	12
2.7 Hyväksyntäpäätökset ja pätevyyksien toteaminen	13
2.8 Radioaktiiviset jätteet	13
2.9 Poikkeavat tapahtumat	13
3 LUONNONSÄTEILYLLE ALTISTAVAN TOIMINNAN VALVONTA	17
3.1 Radon työpaikoilla	17
3.2 Muu maaperästä tuleva luonnonsäteily	18
3.3 Avaruussäteily	18
4 IONISOIMATTOMAN SÄTEILYN KÄYTÖN VALVONTA	19
4.1 Yleistä	19
4.2 Optinen säteily	19
4.3 Sähkömagneettiset kentät	20
4.4 Poikkeavat tapahtumat	20
5 SÄÄNNÖSTÖTYÖ	22
5.1 ST-ohjeet	22
5.2 Muu säännöstötyö	22
6 TUTKIMUS	23
6.1 Ionisoiva säteily	23
6.2 Ionisoimaton säteily	25
7 KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ	26
8 KOTIMAINEN YHTEISTYÖ	27
9 VIESTINTÄ	29
10 MITTANORMAALITOIMINTA	30
10.1 Ionisoiva säteily	30
10.2 Ionisoimaton säteily	31

---

11	PALVELUT	32
	11.1 Ionisoiva säteily	32
	11.2 Ionisoimaton säteily	32
	LIITE 1 TAULUKOT	33
	LIITE 2 JULKAISUT VUONNA 2008	41
	LIITE 3 ST-OHJEET	45

## Johtajien esipuhe

Eero Kettunen  
Johtaja  
Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO)

Kari Jokela  
Laboratorionjohtaja  
Ionisoimattoman säteilyn laboratorio (NIR)

Säteilyturvakeskuksen (STUK) Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO) toimii ionisoivan säteilyn valvontaviranomaisena, tekee säteilyn lääketieteelliseen käyttöön liittyvää tutkimusta ja ylläpitää ionisoivan säteilyn mittanormaaleja. Valvontaan kuuluvat turvallisuuslupa-, hyväksyntä- ja rekisteröintimenettelyt, säteilyn käyttöpaikoille tehtävät tarkastukset ja työntekijöiden säteilyannosvalvonta. Tutkimuskohteita ovat erityisesti runsaasti säteilyaltistusta aiheuttavat menetelmät kuten tietokone-tomografiatutkimukset ja toimenpideradiologia. Mittanormaalityöinnillä varmistetaan säteilymittausten tarkkuus ja jäljitettävyyden kansainvälisiin mittanormaaleihin. Mittanormaalityöintään liittyy myös Suomessa käytettävien säteilymittareiden kalibrointi, jolla varmistetaan, että Suomessa tehtävät säteilymittaukset ovat luotettavia.

Säteilyn käytössä on ollut käynnissä edelleen suuria muutoksia, mikä on näkynyt valvonnassa muutoksiin kohdistuvan työn lisääntymisenä. Sairaanhoidopiireissä on tehty organisaatiomuutoksia tuottavuustavoitteisiin liittyen, ja yksityisten terveydenhuollon yritysten toiminta on ollut aktiivisessa kasvu- ja muutostilassa kuluneen vuoden aikana. Teollisuudessa muutokset ovat liittyneet muun muassa suurten teollisuuslaitosten uudelleenjärjestelyihin, jolloin on poistettu käytöstä merkittäviä määriä säteilylähteitä sisältäviä mittalaitteita. Käytöstä poistetut säteilylähteet on toimitettu joko laitetoimittajalle tai STUKin pienjätevarastoon loppusijoitukseen toimitettavaksi. Näissä yhteyksissä STUK on joutunut kiinnittämään valvonnassaan erityistä huomiota säteilyn käyttöorganisaatioiden toimivuuteen, vastuukysymyksiin ja laadunhallintaan.

Kansainväliset järjestöt WHO ja IAEA eturintamassa ovat olleet huolestuneita terveydenhuollon säteilyn käytön oikeutusarvioinnista ja optimoinnista. Ruotsissa ja Suomessa tehdyt kartoitukset osoittavat, että esimerkiksi tietokone-tomografiatutkimusten oikeutusarvointiin tulee kiinnittää lähteitä tehtäessä entistä paremmin huomiota. Uudet tekniikat parantavat diagnostiikkaa ja hoitoa, mutta samalla asettavat käyttäjilleen entistä suuremmat tieto- ja taitovaatimukset. Tähän haasteeseen on vastattava tehokkaalla perus- ja täydennyskoulutuksella. STUK on pyrkinyt vastaamaan osaltaan tähän haasteeseen järjestämällä säteilyn käyttäjien ja säteilysuojelukoulukseen osallistuvien tahojen kanssa lukuisia koulutus- ja neuvottelupäiviä. Ratkaiseva rooli tietotaidon ylläpitämisessä on kuitenkin kullakin säteilyn käyttöön osallistuvalla henkilöllä, hänen työntajallaan ja koulutusta järjestävillä organisaatioilla.

Laadunhallinnan kehittämisessä säteilyn käytössä terveydenhuollon alueella on Suomessa tehty uraauurtavaa työtä. Kliiniset auditoinnit ovat vakiintuneet osaksi terveydenhuollon säteilyn käyttöä. STUKin johtaman ja EY:n komission rahoittaman projektin tuloksena syntyi ehdotus kliinisten auditointien käytännöistä Euroopassa. Projektiin osallistui Suomesta muun muassa Tampereen Yliopistollisen sairaalan asiantuntijoita ja joukko kansainvälisiä yhteistyökumppaneita useista eri maista.

Korkea-aktiivisten lähteiden käytön ja valvonnan uudet vaatimukset ovat astuneet voimaan. Lähteiden käytönaikaisia vakuuksia on nyt hankittu suurimmille lähteille. Lupien myöntämisten yhteydessä vaaditaan myös suunnitelmat korkea-aktiivisten säteilylähteiden käytöstä poistoa varten ennakoon.

Radioaktiivisia aineita sisältävien säteilylähteiden käyttöön ja hallussapitoon liittyvien turvajärjestelyjen merkitys on kasvanut tällä vuosikymmenellä. Vuoden 2008 aikana on STO hankkinut lisää osamista turvajärjestelyihin liittyvistä asioista ja ryhtynyt valmistelemaan ohjeistusta säteilyn käyttäjille.

Yhteistyötä on tehty myös poliisin edustajien kanssa määriteltäessä turvajärjestelyjen perusteita.

Hiukkaskiihdyttimiä on otettu käyttöön useissa eri käyttösovelluksissa. Rajavalvontaan otettiin käyttöön Vuosaaren satamassa uudenaikainen läpivalaisulaitteisto, ja lääketieteessä tarvittavien radioaktiivisten aineiden valmistukseen käytettävistä kiihdyttimistä ovat lupakäsittelyt olleet käynnissä.

Vuonna 2008 säteilytyötä tekevien työntekijöiden altistukset pysyivät asetettujen annosrajojen alapuolella. STUKin ylläpitämään työntekijöiden annosrekisteriin kirjattu kokonaisannos säteilyn käytössä oli 2 % pienempi kuin edellisellä vuonna. Vuodelta 2008 kirjattiin STUKin annosrekisteriin myös kuuden lentoyhtiön työntekijöiden annostiedot. Lentohenkilöstön kokonaisannoksessa oli lievä noin 6 %:n kasvu, joka johtui vilkkaasta kaukolentoliikenteestä.

Työpaikkojen radonaltistukseen liittyen STUKin aktiivisessa valvonnassa oli vuoden aikana 89 työpaikkaa ja näissä yhteensä 201 työpistettä. Pöytäkirjoissa vaadittiin tehtäväksi radonkorjaus tai työntekijöiden radonpitoisuuden selvitys 40 työpisteessä ja mittaus toisena vuodenaikana vuosikeskiarvon määrittämiseksi 21 työpisteessä. Onnistuneita radonkorjauksia tehtiin vuoden aikana 27 työpisteessä. Maanalaisten kaivosten ja louhintatyömaiden olosuhteet on tarkastuksissa radonin osalta todettu muutamaa pientä poikkeusta lukuun ottamatta hyviksi.

STUK osallistui IAEA/WHO:n ylläpitämään laboratorioverkostoon kuuluvien kalibrointilaboratorioiden kesken vuosittain järjestettävään absorboituneen annoksen TLD-mittausvertailuun <sup>60</sup>Co-gammasäteilyllä. Vertailun tulos täytti hyvin asetetut laatuvaatimukset. Mittanormaalityöintään liittyen on tehty tutkimusyhteistyötä IAEA:n kanssa ja valmisteltu kalibrointiin tarvittavien säteilylähteiden uusintaa. Uusilla lähteillä varmistetaan hyvän laadun jatkuvuus.

STUK julkaisi röntgendiagnostiikan laadunvalvontaoppaan, joka on tehty yhteistyössä kentän asiantuntijoiden kanssa. Oppaan valmistelutyö kesti usean vuoden ajan, ja samanlaista yhteistyömallia sovelletaan jatkossakin vastaavatyypisten oppaiden valmistelussa.

STO:n terveydenhuollon säteilyn käytön valvonnan ja mittanormaalityöintään henkilöstö on osallistunut kuluneen vuoden aikana Bulgarian säteilysuojeluviranomaisten kouluttamiseen ja maan terveydenhuollon säteilytoiminnan käytäntöjen kehittämiseen EY:n komission rahoittamassa ja STUKin johtamassa projektissa. Projekti on työllistänyt paljon STUKin asiantuntijoita Bulgarian käynnillä, mutta samalla on saatu näkemystä omien tehtävien hoitamiseen Suomessa.

STO:n säteilyn käytön valvonnan rekistereiden uudistamistyö saatiin valmiiksi vuoden lopussa, ja uuden järjestelmän koekäyttö alkoi vuoden 2009 alussa. Tavoitteena on ollut varmentaa rekisterien toimivuus seuraavien 10–15 vuoden ajalle ja poistaa vanhentuneeseen tekniikkaan liittyvät ylläpitoriskit. Samalla on kehitetty järjestelmää siten, että saadaan entistä paremmin haltuun säteilylähteiden elinkaaren aikainen historia. Valvonnan tuloksia saadaan myös hyödynnettyä kehittyneemmällä tiedon hallinnalla ja raportoinnilla.

Ionisoimattoman säteilyn laboratorio (NIR-laboratorio) toimii ionisoimattoman säteilyn valvontaviranomaisena sekä Lääkelaitosta ja työsuojeluviranomaisia avustavana asiantuntijana. Ionisoimattoman säteilyn valvontakohteina ovat olleet erityisesti solariumit, laserit ja matkapuhelimet. Keskeisiä tutkimuskohteita ovat viime vuosina olleet radio- ja pientaajuisten kenttien dosimetria, pulssimaiset magneettikentät sekä UV-säteilyn mittausmenetelmien kehittäminen ja mittaustarkkuuden parantaminen. Sähkömagneettisten kenttien ja optisen säteilyn turvallisuutta koskevaan viestintään on viime vuosina panostettu huomattavasti.



Solariumeja tarkastettiin 25 käyttöpaikassa. Vakavimmat puutteet löytyivät kahdesta eri itsepalvelu-solariumpaikan laitteesta, joiden säteily ylitti kaksin- ja nelinkertaisesti STM:n asetuksessa (294/2002) säädetyn enimmäisarvon. Voimakkaammalla laitteella kaksi solariumasiakasta poltti ihonsa rakoille.

Kuluttajatarvina markkinoitavien lasereiden valvonnan päälinjat sovittiin STM:n työsuojelu-osaston järjestämässä kokouksessa, johon STUKin ja STM:n lisäksi osallistuivat Kuluttajavirasto, Turvatekniikan keskus sekä Työterveyslaitos. STUK toimii kuluttajalaserien valvontaviranomaisena lukuun ottamatta leluja, joita valvoo Kuluttajavirasto.

Lasertekniikassa tapahtuneen kehityksen ansiosta kuluttajien saataville on ilmaantunut halpoja paristokäyttöisiä diodilasereita, jotka voivat vaurioittaa silmää (laserluokka 3B). Vuoden 2008 aikana STUKin tietoon tuli tapauksia, joissa osoitinlasereita oli käytetty vaatimustenvastaisesti ilkivalta- ja häirintätarkoituksessa. STUKin päätöksellä kiellettiin 30 mW:n tehoisen, luokan 3B vihreän osoitinlaserin internetmyynti kuluttajille. Laite ylittää silmälle turvallisen rajan noin kolmekymmenkertaisesti ja osuessaan silmään säde vaurioittaa verkkokalvoa. Myyjää vaadittiin informoimaan laserin ostajia silmävaarasta. Lisäksi keskeytettiin 1–5 mW:n tehoisten osoitinlaserien myynti, kunnes myyjä on osoittanut, että laitteet eivät ylitä valtioneuvoston asetuksessa (291/2008) säädettyä 1 mW:n tehorajaa.

Sähkömagneettisten kenttien valvonnassa langattomien päätelaitteiden markkinavalvonta on keskeisellä sijalla. Vuoden 2008 kuluessa testattiin 10 eri matkapuhelinmallia, joista 6 oli UMTS-puhelimia. Lisäksi testattiin 5 itkuhälytintä. Suurin mitattu SAR-arvo matkapuhelimille oli 1,2 W/kg ja itkuhälytimille 0,4 W/kg eikä siten STM:n asetuksessa (294/2002) esitetty enimmäisarvo 2 W/kg ylittynyt.

# 1 Yleistä

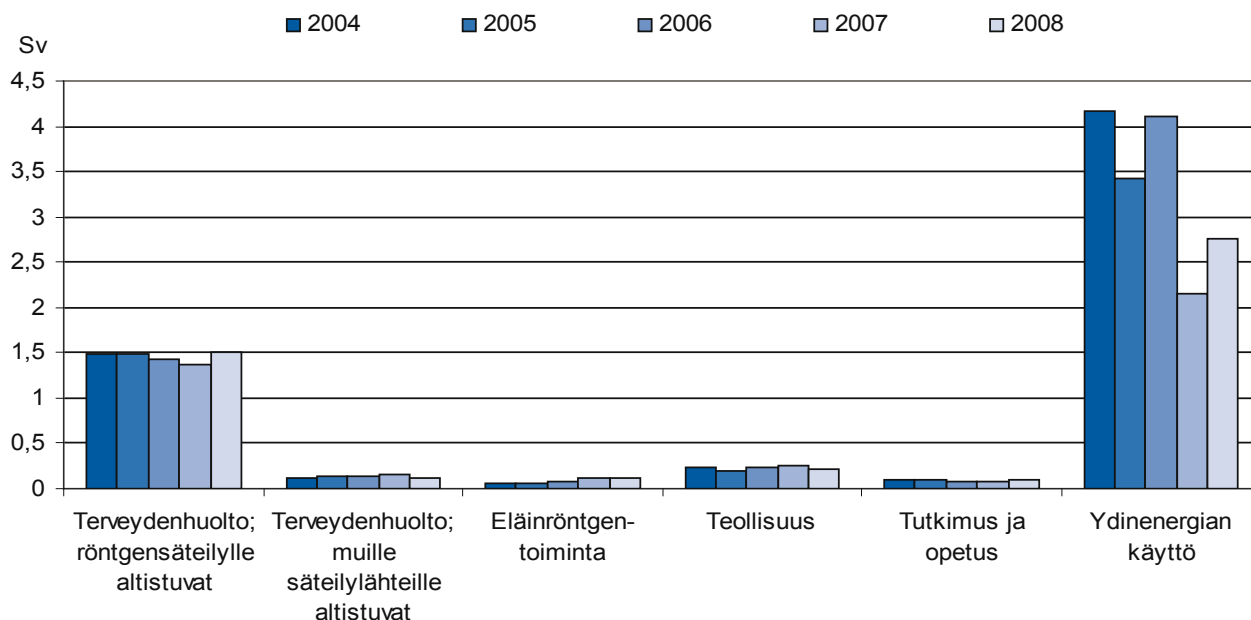
Säteilyn käytöllä tarkoitetaan säteilylaitteiden ja radioaktiivisten aineiden käyttöä, valmistusta ja kauppaa sekä näihin liittyviä toimintoja, kuten hallussapitoa, säilyttämistä, huoltoa, korjausta, asennusta, maahantuontia, maastavientiä, varastointia, kuljetusta ja radioaktiivisen jätteen vaarattomaksi tekemistä. Säteilytoiminnalla tarkoitetaan säteilyn käyttöä ja lisäksi sellaista toimintaa tai olosuhdetta, jossa luonnonsäteilystä ihmiseen kohdistuva säteilyaltistus aiheuttaa tai saattaa aiheuttaa terveydellistä haittaa.

Säteilyllä tarkoitetaan sekä ionisoivaa että ionisoimatonta säteilyä.

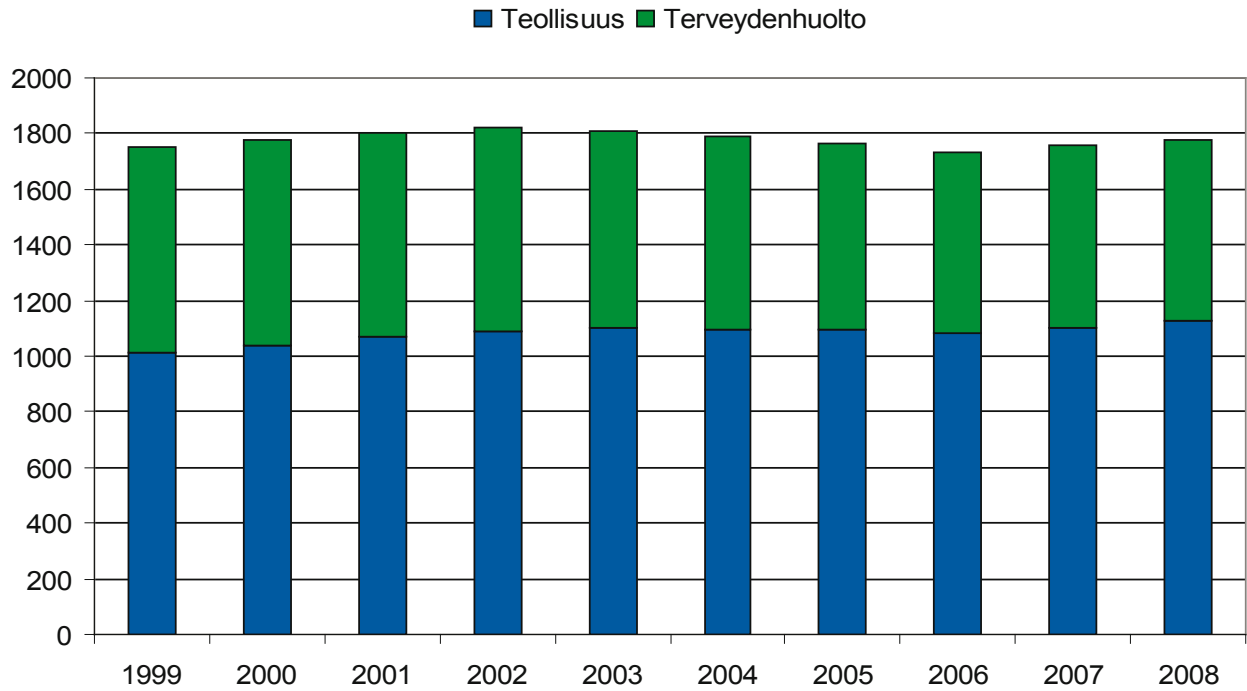
Säteilyn käytön ja muun säteilylle altistavan toiminnan valvonnasta vastaavat Suomessa STUKin Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO) ja Ionisoimattoman säteilyn laboratorio (NIR-laboratorio).

## 1.1 Tärkeimmät tunnusluvut

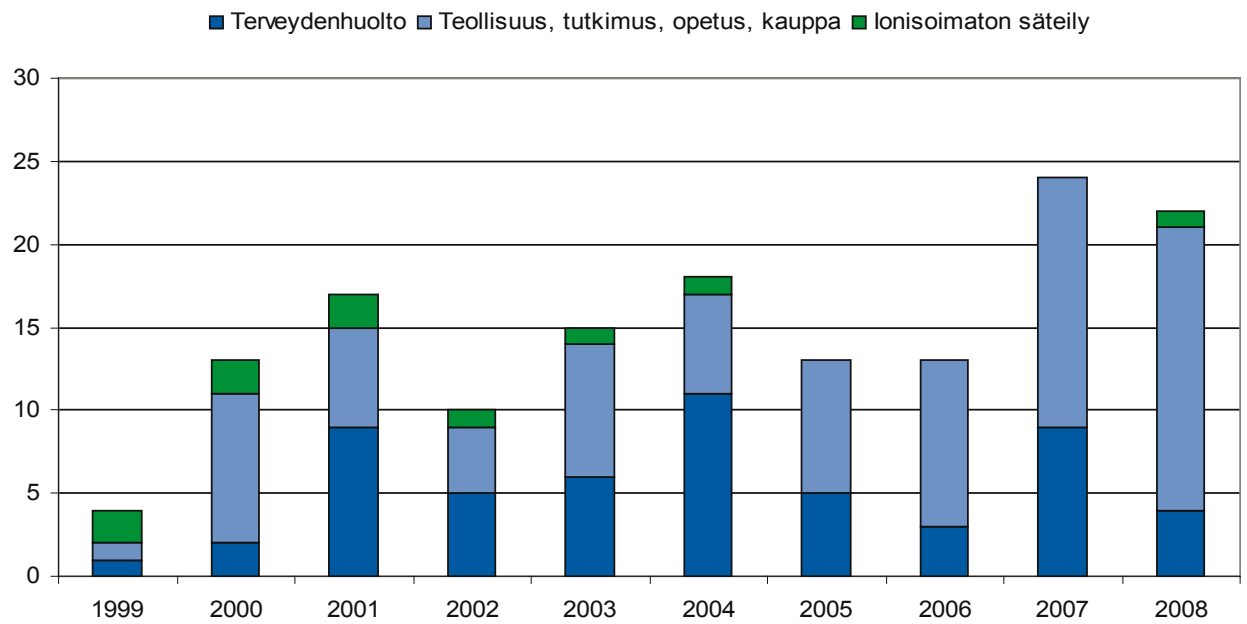
Säteilyn käytön ja muun säteilylle altistavan toiminnan tärkeimmät tunnusluvut esitetään oheisissa kuvissa 1–3.



**Kuva 1.** Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden yhteenlasketut annokset (syväannokset) toimialoittain vuosina 2004–2008 (Syväannokset ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena on röntgensäteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääkinnässä, jossa työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja jossa annos mitataan suojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin efektiivinen annos saadaan jakamalla syväannos tekijällä 10–60).



Kuva 2. Turvallisuuslupien lukumäärät vuosina 1999–2008.



Kuva 3. Poikkeavien tapahtumien lukumäärät vuosina 1999–2008.

## 2 Ionisoivan säteilyn käytön valvonta

### 2.1 Säteilyn käyttö terveydenhuollossa

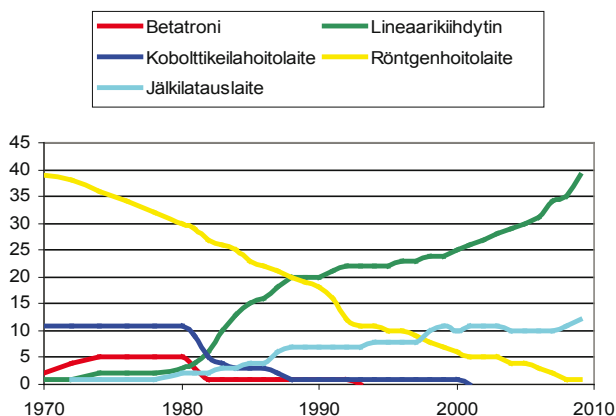
#### Turvallisuusluvut

Vuoden 2008 lopussa oli terveydenhuollon säteilyn käyttöä koskevia turvallisuuslupia 650 kappaletta (ks. myös kuva 2). Liitteen 1 taulukossa 1 on esitetty luvissa mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät. Turvallisuuslupien kokonaismäärässä ei ole tapahtunut merkittävää muutosta edellisestä vuodesta.

#### Säteilylaitteet ja -lähteet sekä laboratoriot

Liitteen 1 taulukossa 2 on yksityiskohtaisempia tietoja turvallisuusluparekisterissä vuoden 2008 lopussa olleista terveydenhuollon säteilyn käytön ja eläinröntgentoiminnan säteilylaitteista ja -lähteistä sekä radionuklidilaboratorioista.

Kuvassa 4 on esitetty erityyppisten sädehoitolaiteiden lukumäärien kehitys 1970-luvulta 2000-luvulle.



**Kuva 4.** Sädehoidon erityyppisten laitteiden määrät vuosina 1970–2008.

### 2.2 Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa

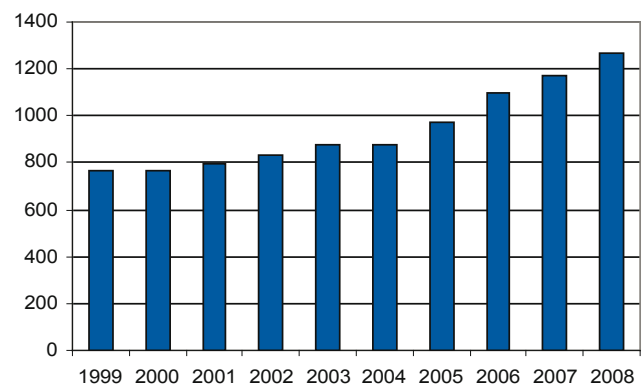
#### Turvallisuusluvut

Vuoden 2008 lopussa oli teollisuuden, tutkimuksen, opetuksen, kaupan ja huoltotoiminnan säteilyn käyttöä koskevia turvallisuuslupia 1 125 kappaletta (ks. myös kuva 2). Liitteen 1 taulukossa 3 on esitetty luvissa mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät.

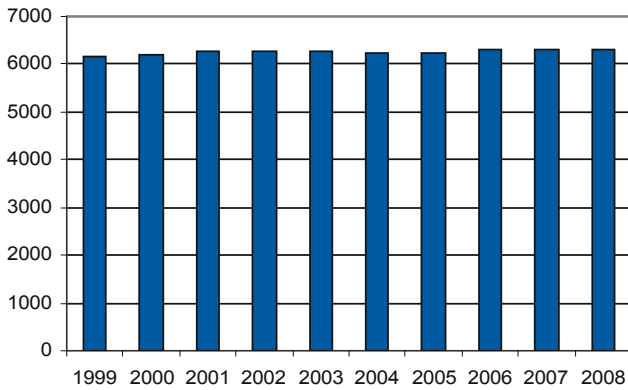
#### Säteilylaitteet ja -lähteet sekä laboratoriot

Kuvassa 5 on esitetty röntgenlaitteiden lukumäärä viimeisen kymmenen vuoden aikana. Vuodesta 2004 lähtien näiden laitteiden lukumäärä on lisääntynyt vuosittain noin sadalla. Uusia röntgenlaitteita on hankittu erityisesti läpivalaisu- ja analyysikäyttöön.

Kuvassa 6 on esitetty radioaktiivista ainetta sisältävien laitteiden lukumäärä kymmeneltä viime vuodelta. Toisin kuin röntgenlaitteiden, näiden laitteiden määrä on pysynyt lähes vakiona.



**Kuva 5.** Turvallisuuslupiin merkittyjen röntgenlaitteiden lukumäärä teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen käytössä vuosina 1999–2008.



**Kuva 6.** Turvallisuuslupiin merkittyjen radioaktiivista ainetta sisältävien laitteiden lukumäärä teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen käytössä vuosina 1999–2008.

Liitteen 1 taulukossa 4 on yksityiskohtaisempia tietoja turvallisuusluparekisterissä vuoden 2008 lopussa olleista teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytön säteilylaitteista ja -lähteistä sekä radionuklidilaboratorioista.

Liitteen 1 taulukossa 5 on tietoja umpilähteissä käytettävien radionuklidien lukumääristä ja kokonaisaktiivisuuksista.

## 2.3 Turvallisuusluvan alaisen säteilytoiminnan tarkastukset

Terveydenhuollon säteilyn käyttöä koskevia tarkastuksia tehtiin 274 kappaletta. Tarkastuksissa annettiin toiminnan harjoittajille 118 korjausmääräystä tai -suositusta. Yksi laite asetettiin käyttökieltoon.

Teollisuuden, tutkimuksen, opetuksen ja kauden säteilyn käyttöä koskevia tarkastuksia tehtiin 150 kappaletta. Tarkastuksissa annettiin 83 korjausmääräystä tai -suositusta.

Tarkastusten lukumäärät tarkastuksen tyyppin perusteella eriteltyinä on esitetty liitteen 1 taulukossa 6. Tarkastusten lukumäärät terveydenhuollossa toiminnan tyyppin mukaan eriteltyinä on esitetty liitteen 1 taulukossa 7.

## 2.4 Ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastukset

Hammasröntgentoimintaa harjoitti 1 831 toiminnan harjoittajaa. Hammasröntgenkuvauksista aiheutuvaa potilasaltistusta mitattiin 1 341 laitteelta. Keskimääräinen annos oli 2,1 mGy. Annos vastaa posken pinnan annosta (ESD) hammasta kuvattaessa. Vertailutaso 5 mGy ylittyi 34 kuvauslaitteella.

Ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastuksia tehtiin 18 kappaletta. Korjausmääräyksiä annettiin 5 ja korjaussuosituksia 3 kappaletta.

Hammasröntgentoiminnan tarkastukset tarkastuksen tyyppin perusteella eriteltyinä on myös esitetty liitteen 1 taulukossa 6.

## 2.5 Radioaktiivisten aineiden tuonti, valmistus ja vienti

Tiedot vuonna 2008 maahan tuoduista, maassa valmistetuista ja maasta viedyistä radionuklideista on esitetty liitteen 1 taulukoissa 8–10. Taulukoiden luvut perustuvat tuontia, vientiä tai valmistusta harjoittavilta turvallisuusluvan haltijoilta kerättyihin tietoihin. Tuonti- ja vientitilastoissa eivät ole mukana toiminnan harjoittajien EU:n sisältä omaan käyttöön tuodut ja EU:n sisälle omasta käytöstä viedyt radioaktiiviset aineet. Tilastot eivät myöskään sisällä radioaktiivisia aineita, joita on toimitettu Suomen kautta muihin maihin.

Liitteen 1 taulukossa 8 eivät ole mukana ameriikumia (<sup>241</sup>Am) sisältävät palovaroittimet ja paloilmoinjärjestelmien ioni-ilmaisimet. Niitä tuotiin maahan 160 000 kappaletta ja niiden yhteenlaskettu aktiivisuus oli noin 5,6 GBq.

## 2.6 Työntekijöiden säteilyannokset

Annostarkkailussa oli vuonna 2008 yhteensä vähän yli 11 500 säteilytyötä tekevää työntekijää. Annoskirjauksia kirjauskynnyksen alle jääneet annokset mukaan lukien tehtiin STUKin ylläpitämään rekisteriin noin 140 000 kappaletta.

Kenenkään työntekijän efektiivinen annos ei ylittänyt vuosiannosrajaa 50 mSv eikä viiden vuoden annosrajasta (100 mSv) laskettua vuosikeskiarvoa 20 mSv. Kenenkään työntekijän käsien annos ei ylittänyt vuosiannosrajaa 500 mSv.

Säteilyn käytössä kirjattu kokonaisannos oli 1,9 Sv ja ydinenergian käytössä 2,8 Sv. Kirjattu kokonaisannos oli säteilyn käytössä 2 % pienempi ja ydinenergian käytössä 28 % suurempi kuin edellisenä vuonna. Ydinenergian käytössä kokonaisannokset vaihtelevat vuosittain huomattavasti riippuen vuosihoitojen pituudesta ja tehtävistä huoltotöistä.

Suurin syväannos 45 mSv kirjattiin röntgen-tutkimuksia tekeväälle eläinlääkärille. Tämä vastaa noin 0,8–4,5 mSv:n efektiivistä annosta.

Terveydenhuollon toimialalla suurin syväannos 26 mSv kirjattiin kardiologille. Mitattu annos vastaa noin 0,4–2,6 mSv:n efektiivistä annosta. Suurin efektiivinen annos teollisuudessa oli merkkiainekokeita tekevän henkilön annos 15 mSv ja tutkimuksessa puolestaan avolähteitä käyttävän henkilön annos 8 mSv.

Suurin sormiannos 336 mSv kirjattiin avolähteitä terveydenhuollossa käyttäneelle henkilölle.

Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden lukumäärät toimialoittain viiden viimeisen vuoden ajalta esitetään liitteen 1 taulukossa 11. Työntekijöiden yhteenlasketut annokset toimialoittain esitetään kuvassa 1 (kohta 1.1) ja taulukossa 12. Taulukossa 13 on esitetty säteilylle paljon altistuvien tai lukumääräisesti isojen työntekijäryhmien annostietoja vuodelta 2008. Kuvissa ja taulukoissa esitetyt mittaustulokset (syväannokset) ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena on röntgensäteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääkinnässä, jossa työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja jossa annos mitataan säteilysuojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin arvio efektiivisestä annoksesta saadaan jakamalla mittaustulos (syväannos) tekijällä 10–60.

## 2.7 Hyväksyntäpäätökset ja pätevyysien toteaminen

### Vastaavien johtajien säteilysuojelukoulutusta antavat koulutusorganisaatiot

STUK on vahvistanut säteilyn käytön turvallisuudesta vastaavan johtajan pätevyysvaatimukset ohjeessa ST 1.8. Vastaavan johtajan koulutusta ja pätevyyskoulusteluja järjestävät koulutusorganisaatiot hakevat STUKilta oikeutta järjestää vastaavan johtajan koulusteluja. Vuonna 2008 ei käsiteltävänä ollut uusia hyväksyntähakemuksia. Voimassa olevia hyväksyntäpäätöksiä oli yhteensä 23 kpl. Hyväksynnän saaneet koulutusorganisaatiot on esitetty STUKin www-sivuilla.

### Terveystarkkailusta vastaavat lääkärit

STUK toteaa säteilytyöluokkaan A kuuluvien työntekijöiden terveystarkkailusta vastaavien lääkärin pätevyyden. Vuoden 2008 lopussa Suomessa oli kaikkiaan 266 terveystarkkailusta vastaavaa lääkäriä, joista 21 sai hyväksyntäpäätöksen vuoden 2008 aikana.

## 2.8 Radioaktiiviset jätteet

STUKin ylläpitämään radioaktiivisten jätteiden kansalliseen pienjätevarastoon on vuoden 2008 loppuun mennessä kuljetettu 203 jätepakkausta. Merkittävimpien varastossa olevien jätteiden aktiivisuus tai massa on esitetty liitteen 1 taulukossa 14.

Ennen jätteiden kuljettamista pienjätevarastoon ne toimitetaan välivarastoon, joka sijaitsee STUKin Helsingin toimitilojen yhteydessä. Vuonna 2008 STUKin välivarastoon otettiin vastaan 42 pienjätelähetystä, joissa oli yhteensä 78 kolia. Liitteen 1 taulukossa 15 on esitetty STUKiin vuonna 2008 toimitettujen jätteiden aktiivisuus.

## 2.9 Poikkeavat tapahtumat

Säteilyasetuksen (1512/1991) 17 §:n mukaan STUKille on ilmoitettava säteilyn käyttöön liittyvästä poikkeavasta tapahtumasta, jonka seurauksena turvallisuus säteilyn käyttöpaikalla tai sen ympäristössä merkittävästi vaarantuu. Samoin on ilmoitettava säteilylähteen katoamisesta tai anastuksesta tai lähteen joutumisesta muulla tavalla pois turvallisuusluvan haltijan hallusta. Ilmoitus on tehtävä myös muista poikkeavista havainnoista ja tiedoista, joilla on olennaista merkitystä työntekijöiden, muiden henkilöiden tai ympäristön säteilyturvallisuuden kannalta.

Vuonna 2008 sattui 21 tapausta, joihin liittyi tai epäiltiin liittyvän normaalista poikkeava tapahtuma tai tilanne ionisoivan säteilyn käytössä. Tapauksista 17 koski säteilyn käyttöä teollisuudessa, tutkimuksessa tai kuljetuksissa ja 4 säteilyn käyttöä terveydenhuollossa (ks. myös kohta 4.4 poikkeavista tapahtumista ionisoimattoman säteilyn käytössä). Poikkeavien tapahtumien lukumäärät vuosina 1999–2008 on esitetty kuvassa 3 (kohta 1.1).

Jäljempänä olevissa tapausselostuksissa on esitetty vuonna 2008 sattuneet poikkeavat tapahtumat ionisoivan säteilyn käytössä ja tapahtumien syyt sekä toimenpiteet, joihin kunkin tapahtuman johdosta on ryhdytty.

### *Tapahtuma 1*

Isotooppitutkimuksessa potilas sai väärää radioaktiivista lääkettä ja tutkimus jouduttiin uusimaan. Tapahtuma johtui inhimillisestä erehdyksestä. Sekaannus huomattiin välittömästi ja tapahtuma käytiin läpi potilaan ja häntä hoitaneen lääkärin

kanssa ja kirjattiin potilaan sairaskertomukseen. Tapahtuma käytiin läpi myös asiaan osallisena olleiden työntekijöiden kanssa. Potilaalle aiheutui noin 2 mSv:n suuruinen ylimääräinen annos.

### ***Tapahtuma 2***

Potilaalle oli pyydetty kaksi isotooppitutkimusta (tulehduspesäkkeen gammakuvaus ja luuston gammakuvaus). Tulehduspesäkkeen gammakuvaus tehtiin ensin (kuvaukset 1/2, 4 ja 24 tunnin kulluttua injektioista). Seuraavana aamuna aloitettiin luuston gammakuvaus dynaamisena ja potilaalle injektioitiin radioaktiivinen lääke luustokuvausta varten. Potilas vietiin kuitenkin leikattavaksi ennen varsinaista luustokuvausta. Myöskään tulehduspesäkkeen gammakuvauksen lausunto ei vielä ollut käytettävissä. Näin ollen pyydetty tutkimukset olivat tarpeettomia, koska leikkauspäätös tehtiin ilman niistä saatavaa informaatiota.

Potilaalle aiheutui tarpeettomista tutkimuksista noin 6 mSv:n efektiivinen annos. Leikkaukseen osallistuneille henkilöille tapahtuman johdosta aiheutunut säteilyannos ei ollut merkittävä.

### ***Tapahtuma 3***

Annettaessa potilaalle <sup>123</sup>I:lla leimattua radioaktiivista lääkettä injektiona ruisku irtosi kanyylista injektion loppuvaiheessa. Pieni osa radioaktiivisesta lääkkeestä roiskui potilaan päälle, hoitajan käsivarsille ja ympäröivään tilaan. Potilas pesi kasvonsa ja vaihtoi vaatteensa. Häntä kehoitettiin pesemään kontaminoituneet vaatteet. Kontaminoitunut tuoli ja hoitopöytä vietiin radioaktiivisten jätteiden varastoon ja aktiivisimmat alueet lattiasta peitettiin lyijylevyin. Tilat ja välineet otettiin taas normaaliin käyttöön, kun aktiivisuus oli niistä radioaktiivisen hajoamisen kautta hävinnyt.

### ***Tapahtuma 4***

Annettaessa potilaalle <sup>99m</sup>Tc:lla leimattua radioaktiivista lääkettä injektiona ruisku irtosi kanyylista injektion puolivälissä ja ruiskussa ollut aine roiskui hoitajan päälle ja lattialle. Hoitajalla oli silmälasit, joten ainetta ei päässyt silmiin. Hoitaja pesi kasvonsa ja hiuksensa ja vaihtoi vaatteensa ja kenkensä. Kontaminoitunut alue eristettiin. Tapahtuman vuoksi hoitajalle ei aiheutunut merkittävää säteilyannosta.

### ***Tapahtuma 5***

Yritys teki röntgenkuvauksia toiselle yritykselle kuuluvissa ulkotiloissa. Kuvattaessa ylöspäin aiheutui ilmasta sironneesta säteilystä läheisen teollisuushallin yhteen työpisteeseen annosnopeus 20 µSv/h. STUKin kehotuksesta työpistettä päätettiin siirtää kauemmaksi. Lisäksi kuvauspaikka päätettiin siirtää viikonlopun aikana sopivampaan paikkaan, jonka läheisyydessä ei ole työpisteitä. Altistuneiden työntekijöiden annos jäi pieneksi, vaikka hetkellisesti ylitettiin ST-ohjeiden antama raja-arvo (7,5 µSv/h). STUK kehotti lisäksi kuvauksia tekevää toiminnan harjoittajaa suunnittelemaan kuvaukset siten, että säädetyt annos- ja annosnopeusraja-arvoja ei missään olosuhteissa ylitetä.

### ***Tapahtuma 6***

Teollisuuslaitoksen tuotantokolonnin pinnankorkeus- ja tiheysmittariin kuuluvan säteilylähteen (<sup>137</sup>Cs, 18,5 GBq) kannatinvaijeri katkesi ja lähde putosi suojaputkensa pohjalle. Lähteen poistamiseksi suojaputkesta laadittiin tarkka suunnitelma. Lähde saatiin poistetuksi suunnitelman mukaisesti suojaputkesta ja kiinnitettiin ehjään vaijeriin. Tapahtuma ei aiheuttanut henkilöiden altistumista. Korjaustoimenpiteiden tarkalla suunnittelulla saatiin myös huoltohenkilöstön altistuminen minimoiduksi. Kaikkien vastaavanlaisten lähteiden kannatinvaijerit vaihdettiin myöhemmin prosessiolosuhteita kestäviksi.

### ***Tapahtuma 7***

Teollisuuslaitoksessa työntekijä löysi ritilätasolta suojuksestaan irronneen säteilylähteen siihen kuuluvine lukituslaitteineen (<sup>137</sup>Cs, 370 MBq). Lähde toimi turpeen kuljetinlinjojen tukosvahtina. Lähteen lukituslaitteen kiinnitysruuvit olivat kuljetinlinjojen tärinän takia menneet poikki ja lähde ja lukituslaite olivat pudonneet alapuolella olevalle ritilätasolle. Putoamisajankohdasta ei ole tietoa. Lähde on voinut olla ritilätasolla enintään kolme kuukautta. Tältä ajanjaksolta ei ole tietoa altistuneista henkilöistä. Ritilätasolla ei normaalisti liiku henkilöitä. Säteilylaittehuoltaja kääri laitteen lyijyvaippaan ja toimitti sen säteilylähdevarastoon. Huoltaja sai toimenpiteistään 5–10 µSv:n annoksen.

### ***Tapahtuma 8***

Ajoneuvoon asennettua liikkuvaa läpivalaisulaitetta käytettäessä tullin työntekijä joutui lyhyeksi aikaa laitteen säteilykeilan lähelle. Tapahtuma johtui siitä, että laitteen operaattori oli erehdyksessä käynnistänyt sekä läpivalaisulaiteajoneuvon palautuksen alkuasentoonsa että läpivalaisutoiminnan. Työntekijän henkilökohtaisen annosmittarin lukemasta todettiin, että tapahtumasta ei aiheutunut ylimääräistä säteilyannosta. Laitteiston käyttö- ja varojärjestelmät korjattiin siten, että vastaavien tapahtumien syntyminen on estetty.

### ***Tapahtuma 9***

Varuskunnassa koulutuskäytössä ollut <sup>226</sup>Ra-säteilylähde (aktiivisuus 2,22 MBq) katosi suojeluharjoitusten aikana. Etsinnöistä huolimatta lähde ei löytynyt. Lähde säilytettiin normaalisti lyijysuojuksen sisällä. Lähteen synnyttämä gamma-säteily on havaittavissa vain lähteen lähellä ilman suojusta. STUK kehotti toiminnan harjoittajaa tarkistamaan ja korjaamaan lähteiden käyttöön liittyvät menettelytavat, jotta vastaavat katoamiset voitaisiin estää.

### ***Tapahtuma 10***

<sup>241</sup>Am-säteilylähde joutui kierrätysmetallin mukana sulatukseen terästehtaalla. Suurin osa amerikumista kulkeutui sulatusprosessissa kuonaan ja pieneltä osin savukaasupölyihin. Tehtaalla tehtyjen mittausten perusteella työntekijöiden altistuminen tapahtuman aikana ja välittömästi sen jälkeen jäi merkityksettömäksi. Tehtaalta ei levinnyt amerikumia ympäristöön. Amerikumipitoinen kuona ja pöly varastoitiin erillisiin astioihin tehtaan alueelle.

### ***Tapahtuma 11***

Teollisuuslaitoksessa oli tulipalo. Laitoksen vastaava johtaja teki asiasta ilmoituksen STUKille ja pyysi tarkastuksen tekemistä säteilylaitteille, jotka olivat olleet tulipalon läheisyydessä. Tarkastuksessa laitteet todettiin ehjiksi, ja laitteiden sulkimet toimivat moitteettomasti yhtä lukuun ottamatta. Toiminnan harjoittaja korjasi viallisen laitteen välittömästi.

### ***Tapahtuma 12***

Kaksi ulkopuolisen yrityksen työntekijää teki hitsaussaumojen röntgenkuvauksia teollisuus-

laitoksen pihalla. He katkaisivat kuvauksen, kun näkivät teollisuuslaitoksen työntekijän kävelvän kuvauspaikan ohi. Työntekijä epäili kuitenkin altistuneensa säteilylle. Vastaavien tapausten välttämiseksi STUK kehotti käyttämään varoitusmerkkejä kuvauspaikan ympärillä.

### ***Tapahtuma 13***

Teollisuuslaitoksessa kaksi ulkopuolisen yrityksen työntekijää pinnoitti hakesäiliötä. Säiliön pinnankorkeusmittarina olevan säteilylähteen (<sup>137</sup>Cs, 370 MBq) suljin oli jäänyt auki, joten pinnoittajat altistuivat säteilylle, kumpikin noin 10 tunnin ajan. Kummankin efektiiviseksi annokseksi arvioitiin noin 100 µSv.

Koska kyseisessä teollisuuslaitoksessa oli jo noin vuotta aiemmin sattunut toinenkin työntekijöille säteilyaltistusta aiheuttanut tapahtuma, pyysi STUK laitokselta selvitystä säteilyn käytön organisoinnista, vastuuhenkilöiden vastuiden ja tehtävien jaosta sekä säteilyturvallisuustoimien laadunhallinnasta. Laitos antoi pyydetyt selvitykset ja ryhtyi säteilyturvallisuuden parantamistoimenpiteisiin muun muassa tehostamalla valvontaa ja selkiinnyttämällä vastuita.

### ***Tapahtuma 14***

Lentokentällä lapsi pääsi matkatavaran kuljetusjärjestelmään ja tuli läpivalaistuksi matkatavaroitten mukana. Operaattorien huomattua tapahtuman lapsi otettiin pois kuljetushihnalta. Lapsen saama säteilyannos oli melko pieni, noin 1,5 µSv. Tapahtuman johdosta toiminnan harjoittaja arvioi tapahtuman syitä ja keinoja, joilla vastaavat tilanteet voitaisiin tehokkaammin estää. Suunnitellut korjaavat toimet tähtäävät erityisesti fyysisen loukkaantumisen pienentämiseen, mutta niillä voidaan pienentää myös säteilylle altistumisen mahdollisuutta.

### ***Tapahtuma 15***

Puolustusvoimien varikolta tullut romumetallierä aiheutti säteilyhälytyksen metallinkeräyspaikan portilla. Hälytyksen aiheuttajaksi havaittiin romutettavaksi toimitettujen tykkien lukema- ja tasauskiekot, joissa oli käytetty radioaktiivista (<sup>226</sup>Ra) valoväriä. Tykkien romuttaminen keskeytettiin. Puolustusvoimat etsi ja irroitti tykeistä säteilevät osat ja sopi STUKin kanssa niiden hävittämisestä radioaktiivisena jätteenä.



***Tapahtuma 16***

Terästehtaalla joutui tehtaalle romumetallin joukossa tullut <sup>241</sup>Am-lähde vahingossa sulatukseen. Tapahtuma havaittiin, kun kuonapatoja tarkkailevat säteilyilmaisimet hälyttivät. Hälytyksen tultua ottivat tehtaan työntekijät käyttöön hengityssuojaimet liikkeussaan sulaton tiloissa.

Aiempien vastaavien tapahtumien perusteella tiedetään, että suurin osa amerikumista kulkeutuu sulatusprosessissa kuonaan ja pieni osa savukaasupölyihin. Tapaus ei aiheuttanut radioaktiivisten aineiden vapautumista ympäristöön. Työntekijöille aiheutunut säteilyannos oli merkityksetön.

***Tapahtuma 17***

Ranskasta saadun tiedon mukaan Suomeen oli toimitettu erä hissien painikkeita, joissa saattoi olla radioaktiivista kobolttia (<sup>60</sup>Co). STUK teki muutamassa hissien asennuskohteessa mittauksia, mutta säteileviä painikkeita ei löytynyt. Hissien valmistaja keräsi kuitenkin pois kaikki epäilyttävän erän painikkeet. Talteen kerätyt painikkeet mitattiin ja todettiin, etteivät ne sisällä kobolttia tai muita radioaktiivisia aineita. Kobolttia sisältävät hissien painikkeiden metalliosat ovat alun perin tulleet Intiasta. Säteileviä painikkeita löytyi myöhemmin muista Euroopan maista.

***Tapahtuma 18***

Paperitehtaalla tukkilajittelulinjan hihnavaa'an säteilylähteen (<sup>60</sup>Co, 370 MBq) suljinmekanismi oli vaurioitunut. Merkkilamppu näytti vihreää valoa ja ilmoitti, että säteilylähteen suojus olisi kiinni. Tarkastaja oli kierroksella tehtaalla ja havaitsi, että työntekijä oli hihvaa'an alla. Tarkastaja mittasi annosnopeudeksi työntekijän kohdalla 80–100 µSv/h ja pyysi työntekijää välittömästi poistumaan säteilylaitteen vierestä. Työntekijä ei ehtinyt olla primäärikeilan vaikutuspiirissä kahta

minuuttia pitempään, joten säteilyaltistus jäi vähäiseksi. Tehdas tarkisti kaikkien säteilylähteen sisältävien hihnavaakojen toiminnan.

***Tapahtuma 19***

Terästehtaan näytemittauksessa havaittiin tavanomaisesta poikkeava säteilymittaustulos. Asiasta ilmoitettiin STUKiin, joka pyysi tehdasta toimittamaan näytteet metallivalusta, savukaasupölyistä, kuonasta ja tehtaan sisätiloissa olevasta pölystä STUKiin mitattavaksi. STUKissa tehdyissä mittauksissa ei kuitenkaan havaittu mitään poikkeavaa. Tehtaan itse tekemissä varmistusmittauksissaakaan ei enää tehty poikkeavia havaintoja.

***Tapahtuma 20***

Lentorahtina Suomeen tullut <sup>123</sup>I-säteilylähde (aktiivisuus 185 MBq) katosi muutamaksi päiväksi. Lähde tuli Helsinkiin, mistä se oli tarkoitus toimittaa lentoteitse vastaanottajalle. Kun vastaanottaja ei saanut lähdettä määräaikaan mennessä, asiaa ryhdyttiin selvittämään ja lähdettä etsimään. Lähde löytyi muutaman päivän kuluttua vastaanottajan oman paikkakunnan lentoaseman lentorahdista, jossa se oli epähuomiossa lastattu väärään paikkaan. Tiedonkulku lentoyhtiön ja rahdista huolehtivien välillä ei ollut toiminut. Lentoyhtiö parantaa tiedonkulkua vastaavien tapahtumien estämiseksi. Kukaan ei tapahtumassa altistunut säteilylle.

***Tapahtuma 21***

Suomen kautta ulkomaille matkalla olleen radioaktiivisen aineen kuljetuspakkauksen havaittiin suomalaisella lentoasemalla olevan vaurioitunut. Vaurio rajoittui vain pakkauksen uloimpaan osaan, joten radioaktiivisia aineita ei päässyt ympäristöön. STUKin ohjeen mukaan tämä varmistettiin myös mittauksella. Aine pakattiin Suomessa uudelleen ja lähetettiin eteenpäin.

## 3 Luonnonsäteilylle altistavan toiminnan valvonta

### 3.1 Radon työpaikoilla

Vuoden 2008 aikana STUK sai ilmoituksen yhteensä 197:stä radonmittauksen tuloksesta, jotka joko koskivat työpisteessä mitattua radonpitoisuuden toimenpidearvon 400 Bq/m<sup>3</sup> ylitystä tai olivat aiemmin todettuihin ylityksiin liittyviä lisäselvityksiä. Radonmittausten tulosten perusteella yrityksiin lähetettiin yhteensä 84 pöytäkirjaa. Pöytäkirjoissa vaadittiin tehtäväksi radonkorjaus tai työnaikaisen radonpitoisuuden selvitys 40 työpisteessä ja mitaus toisena vuodenaikana vuosikeskiarvon määrittämiseksi 21 työpisteessä. Onnistuneita radonkorjauksia tehtiin vuoden aikana 27 työpisteessä. Lisäselvitysten (työnaikainen mitaus tai vuosikeskiarvon määrittäminen) perusteella STUK lopetti valvonnan 9 työpisteessä. Muun syyn (esimerkiksi lyhyen työajan tai tilojen käytöstä poiston) vuoksi valvonta päätettiin yhteensä 99 työpisteessä. STUKin valvonnassa oli vuoden aikana 89 työpaikkaa ja näissä yhteensä 201 työpistettä.

Säännönmukainen radontarkastus tehtiin neljässä maanalaisessa kaivoksessa, joissa kaikissa radonpitoisuuden keskiarvo työpisteissä alitti toimenpidearvon 400 Bq/m<sup>3</sup> yhden kaivoksen muutamaa yksittäistä työpistettä lukuunottamatta. Näissä työpisteissä STUK edellytti toimenpiteitä radonpitoisuuden pienentämiseksi.

Maanalaisia louhintatyömaita tarkastettiin 11 kappaletta, joista yhdessä radonpitoisuus oli toimenpidearvoa suurempi. Kyseiselle työmaalle annettiin korjausmääräys radonpitoisuuden pienentämiseksi.

Työntekijöiden radonaltistusta seurattiin säännöllisten radonmittausten ja työaikaseurannan avulla kahdella tavanomaisella työpaikalla ja yhdellä louhintatyömaalla, joissa radonpitoisuus ylitti toimenpidearvon. Radonaltistuksen seurannassa oli vuoden 2008 aikana yhteensä 14 työntekijää.

Työntekijöiden säteilyaltistuksen määrittämiseen käytettävällä radonpitoisuuden mittalaitteella

tai mittausmenetelmällä on oltava STUKin hyväksyntä. Vuonna 2008 STUK vahvisti ohjeen ST 1.9, jossa tarkennettiin määräyksiä myös hengitysilman radonpitoisuuden mittaamiseksi. Ohjeen tultua voimaan STUK lähetti 55:lle STUKin hyväksynnän saajalle selvityspyynnön, jossa pyydettiin ilmoittamaan, aiottiinko radonpitoisuuden mittauksia edelleen jatkaa vai oliko mittaustoiminta jo lopetettu vai aiottiinko se lopettaa. Samoin pyydettiin ilmoittamaan, täyttävätkö käytössä olevat menetelmät ja laitteet ohjeen ST 1.9 vaatimukset ja miten ohjeen mukaiset mittaukset toteutetaan jatkossa. Menettelyllä STUK halusi varmistaa, että kaikki työpaikkojen radonmittaukset maassamme tehdään ohjeen ST 1.9 vaatimukset täyttävällä tavalla.

Selvityspyynnön seurauksena 16 hyväksynnän saajaa ilmoitti, etteivät enää jatka mittaustoimintaa. Toimintaa ilmoitti jatkavansa 8 hyväksynnän saajaa, mutta 28 ei reagoinut millään tavalla. Osaa hyväksynnän saajista ei tavoitettu. Niille, jotka halusivat jatkaa toimintaa, mutta joiden menetelmät tai laitteet eivät täyttäneet ohjeen ST 1.9 vaatimuksia, selvitettiin ohjeen mukaisia nykyvaatimuksia ja kyseisten laitteiden ominaisuuksia vaatimuksiin nähden, jolloin osa näistä hyväksynnän saajista päätti lopettaa mittaustoiminnan. Asian käsittely on kesken osassa näistä tapauksista. Niille, jotka eivät vastanneet selvityspyyntöön, lähetettiin kuulemiskirje, jossa ilmoitettiin, että mittalaitteen hyväksyntä lakkautetaan, ellei selvityspyynnössä pyydettyjä tietoja toimiteta STUKille määräaikaan mennessä. Vastausten käsittelyä ja hyväksynnän saajien yhteystietojen etsimistä jatketaan vuonna 2009.

Liitteen 1 taulukossa 16 on luetteloitu organisaatiot, joiden laitteet on hyväksytty vuonna 2008 ohjeen ST 1.9 uusien vaatimusten mukaisesti. Hyväksynnän edellytyksenä on, että laite on asianmukaisesti kalibroitu.

### 3.2 Muu maaperästä tuleva luonnonsäteily

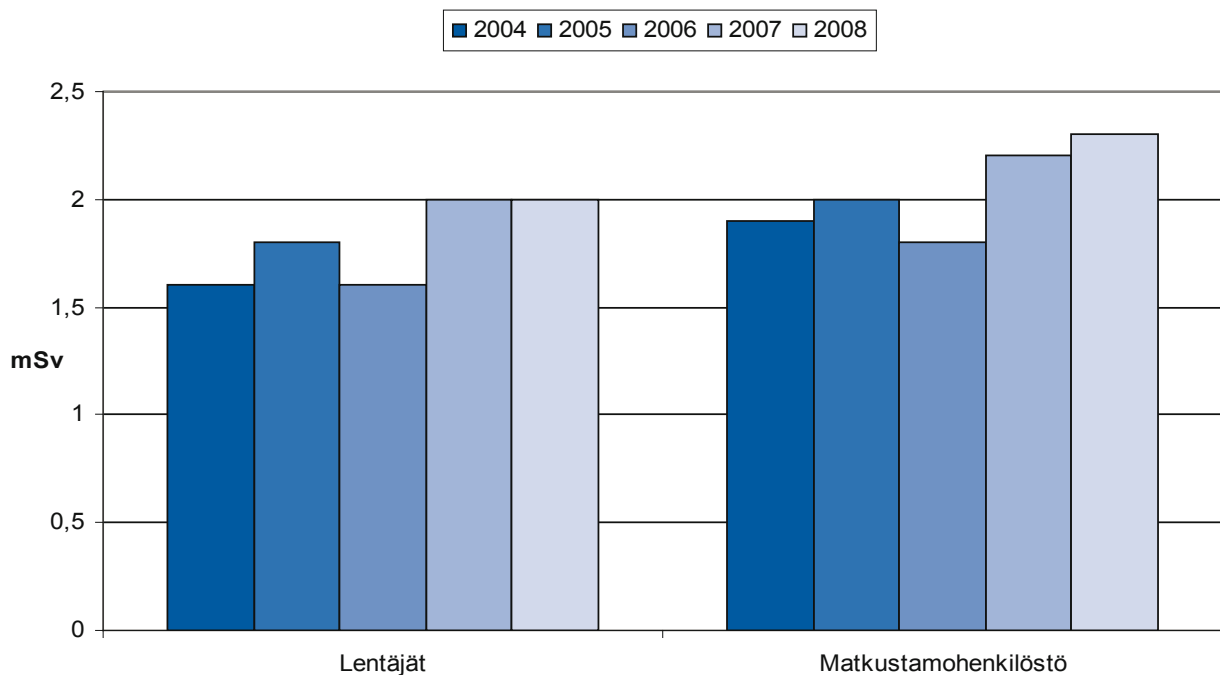
STUK valvoo talousveden, rakennusmateriaalien ja muiden materiaalien sisältämistä luonnon radioaktiivisista aineista aiheutuvaa altistusta. Vuonna 2008 valvonta päätettiin yhden talousveden käyttöpaikan osalta, jossa korjauksena oli vesijohtoverkostoon liittyminen. Vuoden aikana laadittiin 15 tarkastuspöytäkirjaa, jotka koskivat rakennusmateriaalien radioaktiivisuutta. Pöytäkirjoissa annettiin tarvittaessa rajoitukset materiaalien käytölle. Lisäksi laadittiin lausunto alueen käyttörajoituksesta paikassa, jonne on läjitetty turpeen poltossa syntynyttä, Tshernobylin laskeumasta peräisin olevaa radioaktiivista cesiumia ( $^{137}\text{Cs}$  ja  $^{134}\text{Cs}$ ) sisältävää tuhkaa.

### 3.3 Avaruussäteily

Vuonna 2008 yksi lentoyhtiö esitti suunnitelmansa säteilyaltistuksen määrittämismenetelmäksi. Menetelmä todettiin vaatimusten mukaiseksi.

Tammikuussa 2008 rekisteröitiin vuoden 2007 kokonaisannokseksi yhdelle lentäjälle 6,6 mSv. Tämä osoittautui kuitenkin lentoyhtiöltä saaduksi virheelliseksi annosilmoitukseksi, joka myöhemmin korjattiin. Korjattu annos jäi huomattavasti alle annosrajoituksen 6 mSv.

Vuodelta 2008 kirjattiin STUKin annosrekisteriin kuuden lentoyhtiön työntekijöiden annostiedot. Suurin avaruussäteilyä aiheutunut henkilökohtainen vuosiannos lentäjillä oli 4,3 mSv. Suurin vuosiannos matkustamohenkilöstöön kuuluvalla työntekijällä oli 5 mSv. Lentäjien vuosiannosten keskiarvo vuonna 2008 oli 2,0 mSv ja matkustamohenkilöstöön kuuluvien työntekijöiden 2,3 mSv. Keskimääräiset annokset vuosina 2004–2008 on esitetty kuvassa 7. Henkilökohtaisessa säteilyaltistuksen seurannassa olleiden työntekijöiden lukumäärät ja työntekijöiden yhteenlasketut efektiiviset annokset esitetään liitteen 1 taulukossa 17.



Kuva 7. Lentohenkilöstön keskimääräiset annokset vuosina 2004–2008.

## 4 Ionisoimattoman säteilyn käytön valvonta

### 4.1 Yleistä

Ionisoimattomalla säteilyllä tarkoitetaan ultra-violettsäteilyä, näkyvää valoa, infrapunasäteilyä, radiotaajuista säteilyä sekä pientaajuisia ja staattisia sähkö- ja magneettikenttiä. STUK valvoo ionisoimatonta säteilyä aiheuttavia toimintoja, joskaan valvonta ei ole suoraan rinnastettavissa ionisoivan säteilyn käytön valvontaan.

Keskeisin valvontakohde vuodesta 1995 lähtien ovat olleet solariumlaitteet ja niiden käyttöpaikat. Toinen tärkeä kohde ovat matkapuhelimet, joiden markkinavalvonta aloitettiin vuonna 2003. Yleisoesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteiden käyttö väheni huomattavasti 1990-luvun alkupuolella lamavuosien myötä. Aivan viime vuosina kiinnostus ”showlasereihin” on kuitenkin lisääntynyt kehittyneen laserteknologian (puolijohdelaserien käyttö) ja alentuneiden hintojen myötä. Samalla myös vaatimustenvastaisten ja silmävaarallisten osoitinlaserien käyttäminen häiritään on lisääntynyt.

Yleisradio- ja tutka-asemia on tarkastettu muutamia vuosittain.

NIR-laboratorion suoritteet ionisoimattoman säteilyn käytön valvonnassa vuosina 2000–2008 on esitetty liitteen 1 taulukossa 18. Viranomaistarkastuksista suurin osa on solariumien käyttöpaikkatarkastuksia ja matkapuhelimien markkinavalvontaa.

### 4.2 Optinen säteily

#### Solariumlaitteiden valvonta

Solariumien käyttöpaikkoihin kohdistuvia ensitarkastuksia tehtiin 21 paikassa, joista löytyi yhteensä 40 arkkutyypistä ja kaksi pystyssä olevaa, seisaltaan käytettävää laitetta. Ensitarkastuksissa havaittujen liian tehokkaiden lampujen takia uusintatarkastuksia tehtiin neljässä eri käyttöpaikassa yhteensä 5 kpl (liite 1, taulukko 19). Näistä

tarkastuksista kolme liittyi jo vuonna 2007 tehtyihin ensitarkastuksiin. Kaikista tarkastuspaikoista (25 kpl) itsepalvelusolariumpaikkoja oli 4 kpl.

Solariumin käyttäjän turvallisuuteen vaikuttavia puutteita löytyi lähes kaikilta käyttöpaikoilta. Vain yksi solarium selvisi ensitarkastuksessa ilman huomautuksia. Solariumlaitteista noin viidennes ei kuulunut Suomessa hyväksyttävään laiteluokkaan (UV-tyyppi 3). Määrä on samaa suuruusluokkaa kuin vuonna 2007. Tarkastuksissa yksi itsepalvelupaikan laite asetettiin käyttökieltoon, koska sen eryteemaefektiivinen irradianssi ylitti kaksinkertaisesti sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetuksessa (294/2002) säädetyn enimmäisarvon  $0,3 \text{ W/m}^2$ . Toisen itsepalvelupaikan laitteeseen, joka aiheutti ihon palamisen rakoille, oli jo ehditty vaihtaa lamput ennen ensitarkastusta (ks. kohta 4.4 Poikkeavat tapahtumat). Useimmilla laitteilla oli säteilyturvallisuusohjeet, mutta joka toisessa ohjeessa oli yleisesti vaatimusten vastaista informaatiota muun muassa solariumin terveysvaikutuksista tai puutteita tekniseen käyttöön liittyvissä ohjeissa. STM:n asetuksen (294/2002) mukainen solariumin vuosittaista käyttöä rajoittava määräys ( $5 \text{ kJ/m}^2$ , vastaa noin 20 käyttökertaa) sekä ohjeen ST 9.4 mukainen suositeltava aloitus-aika (5 minuuttia) solariumin käytölle oli vain joka neljännessä käyttöohjeessa. Asetuksessa annettu 18-vuoden ikärajasuusohje oli mainittu vain joka toisessa ohjeessa. Lähes puolella tarkastetuista solariumlaitteista ei ollut vaatimusten mukaista ajastinta, jolla asiakkaan tulee voida valita suositellut säteilytysajat ja joka katkaisee säteilyn asetetun ajan kuluttua.

Käyttöpaikkatarkastuksia tehtiin 7 paikkakunnalla, joista 4:ssä oli mukana myös paikallisia terveystarkastajia. Heitä opastettiin tarkastusten tekoon säteilyturvallisuusasioissa. Muu yhteistyö terveystarkastajien kanssa oli tarkastuksiin liittyvää yleistä neuvontaa, kuten esimerkiksi käytössä

olleiden UV-lamppujen säteilyominaisuuksien ja laitteiden vaatimustenmukaisuuden selvittämistä.

Syyskuussa käynnistyi EU:n solariumien markkinavalvontaprojekti. NIR-laboratorion edustaja osallistui projektin koulutustilaisuuteen Zwijndrechtissä Hollannissa, jossa keskityttiin projektiin kuuluvien solariumtarkastusten suunnitteluun. Osa vuoden 2009 solariumtarkastuksista Suomessa tehdään osana tätä EU-projektia ja niihin osallistuu myös projektia koordinoivan organisaation, Hollannin elintarvike- ja kuluttajaviraston tarkastaja.

### Muu valvonta

Yleisoesityksien laserasennuksia tarkastettiin 9 käyttöpaikalla. Joissakin tarkastuksissa vaadittiin lasersäteiden suuntauksen muuttamista.

STUK kielsi päätöksellään 30 mW:n tehoisen, 3B-luokan vihreän osoitinlaserin internetmyynnin kuluttajille. Laite ylittää silmälle turvallisen rajan noin kolmekymmenkertaisesti ja osuessaan silmään säde vaurioittaa verkkokalvoa. Myyjää vaadittiin informoimaan laserin ostajia silmävaarasta. Lisäksi keskeytettiin 1–5 mW:n tehoisten osoitinlasien myynti, kunnes myyjä on osoittanut, että laitteet eivät ylitä valtioneuvoston asetuksessa (291/2008) säädettyä 1 mW:n tehorajaa.

Tullia opastettiin pysäyttämään vaatimusten vastaisen 150 mW:n tehoisen osoitinlaserin maa-hantuonti.

STUKissa mitattiin koulussa häiriköintiin käytetyn osoitinlaserin teho, joka osoittautui alle 3 mW:ksi. Tuijottaminen laserin säteeseen voisi aiheuttaa verkkokalvovaurion.

## 4.3 Sähkömagneettiset kentät

### Langattomien päätelaitteiden markkinavalvonta

Matkapuhelimien markkinavalvonta käynnistettiin vuonna 2003. UMTS-puhelimien markkinavalvonta aloitettiin vuonna 2007. Säteilytestauksia on tähän mennessä tehty yhteensä 85 matkapuhelimelle (liitteen 1 taulukko 20). Vuonna 2008 testattiin 10 eri matkapuhelinmallia, joista 6 oli UMTS-puhelimia. Lisäksi testattiin 5 itkuhälytintä. Yksikään testatuista laitteista ei ylittänyt STM:n asetuksessa (294/2002) esitettyä enimmäisarvoa

2 W/kg. Suurin mitattu arvo matkapuhelimilla oli 1,2 W/kg ja vastaavasti itkuhälyttimillä 0,4 W/kg.

### Muu valvonta

STUK antoi Helsingin kaupungille lausunnon leikkipuiston sijoittamisesta Kulosaarissa sijaitsevaan Juliuksen puistoon noin 10 m:n etäisyydelle 110 kV:n voimajohdosta. Lausunnon mukaan magneettikentät eivät ole este leikkipuiston sijoittamiselle, koska johtimet ovat epätavallisen korkealla (magneettivuontiheys on alle 0,4  $\mu$ T leikkipuiston kohdalla). Lausunnossa tuotiin kuitenkin esiin se, että altistuminen sähkö- ja magneettikentälle olisi hyvä ottaa esille jo suunnittelun alkuvaiheessa, koska magneettikentät ovat herättäneet huolta lasten vanhemmissa. STUK antoi myös lausunnot Sokliin suunnitellusta voimajohdosta sekä Insoon Joddbölen voimajohdoista liittyen asemakaavamuutokseen. Kummassakaan tapauksessa ei joutojen sähkö- ja magneettikentistä katsottu aiheutuvan ongelmia asutukselle.

STM:lle laadittiin kaksi muistiota, jotka koskivat matkapuhelimien vaikutusta sydämen rytmihäiriötahdistimien käyttöön ja yleisemmin matkapuhelimien käytön turvallisuutta. Liikenne- ja viestintäministeriö oli pyytänyt tietoja näistä STM:ltä. STUKin muistioiden mukaisesti STM totesi, että merkittäviä muutoksia matkaviestintään liittyviin säteilyrajoihin ei ole näköpiirissä ja että sydämentahdistimien käyttäjät voivat huoletta käyttää puhelinta kunhan pitävät sitä ainakin 20 cm:n etäisyydellä tahdistimesta.

## 4.4 Poikkeavat tapahtumat

Poikkeavasta tapahtumasta ilmoittaminen, jota säteilyasetuksen 17 § edellyttää (ks. kohta 2.9), koskee myös tapahtumia ionisoimattoman säteilyn käytössä. Vuonna 2008 STUKin tietoon tuli yksi solariumtoimintaa koskeva poikkeava tapahtuma.

### Tapahtuma 1

Kaksi solariumasiakasta sai palovammoja (jopa rakkoja) ihoonsa itsepalveluperiaatteella toimivan solariumlaitteen yläosan UV-lampuista. Vahingon aiheuttanut UV-lampputyypin mitattiin jälkikäteen STUKissa. Mittausten perusteella arvioitiin laitteen UV-annosnopeuden ylittävän sallitun enimmäisarvon (0,3 W/m<sup>2</sup>) nelinkertaisesti.

Solariumin käyttäjä oli saanut iholleen eryteemapainotetun UV-annoksen, joka oli peräti 1,4 kJ/m<sup>2</sup>. Tämä on noin kolmasosa STUKin suosittelemasta vuosiannoksesta (5 kJ/m<sup>2</sup>) ja noin seitsemänkertainen herkän ihon punekynnysarvoon (0,2 kJ/m<sup>2</sup>) verrattuna. Ihon palamisen aiheutti liian voimakkaiden lamppujen lisäksi se, että laitteen ajastimella ei pystynyt säätämään lyhyitä säteilytysaikoja, vaan sillä sai vain 20 minuutin mittaisen vakioajan.

Itsepalvelusolariumpaikan laitteen haltija oli ehtinyt omatoimisesti vaihtaa uudet heikommat UV-lamput, mutta nekään eivät täyttäneet STM:n asetuksessa (294/2002) annettuja säteilyrajoja. STUK määräsi laitteen haltijan vaihtamaan lamput määräysten mukaisiksi ja korjaamaan laitteen ajastimen.

Poikkeavien tapahtumien lukumäärät vuosina 1999–2008 on esitetty kuvassa 3 (kohta 1.1).

## 5 Säännöstötyö

### 5.1 ST-ohjeet

Säteilylainsäädännön mukaisen turvallisuustason toteuttamista varten STUK julkaisee säteilyn käyttäjille ja luonnonsäteilylle altistavan toiminnan harjoittajille tarkoitettuja ST-ohjeita.

Vuonna 2008 julkaistiin seuraavat ohjeet:

- ST 1.9 Säteilytoiminta ja säteilymittaukset
- ST 5.2 Tarkastus- ja analyysiröntgenlaitteiden käyttö
- ST 5.4 Säteilylähteiden kauppa
- ST 6.1 Säteilyturvallisuus avolähteiden käytössä
- ST 7.4 Annosrekisteri ja tietojen ilmoittaminen.

Ohjeet käännetään myös ruotsiksi ja englanniksi.

### 5.2 Muu säännöstötyö

Vuonna 2008 tehtiin säteilylain 52 a §:ään lisäys, jolla pantiin toimeen neuvoston direktiivi (2006/117/Euratom, ns. jätesiirtodirektiivi) radioaktiivisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen siirtojen valvonnasta ja tarkkailusta. Lisäyksessä todetaan, että käytöstä poistettua säteilylähdettä, joka on valmistettu muualla kuin Suomessa, ei saa tuoda Suomeen radioaktiivisena jätteenä. Radioaktiivisen jätteen siirrot on toimeenpantava jätesiirtodirektiivissä säädettyjä menettelyjä noudattaen. Muutoksessa valtuutetaan STUK julkaisemaan direktiivin 17 artiklassa tarkoitettua vakioasiakirjan toisinto määräyskokoelmassaan. Vakioasiakirja julkaistaan ST-ohjeessa, joka valmistellaan vuoden 2009 aikana.

## 6 Tutkimus

STUKin tutkimustoiminnan tavoitteena on tuottaa tietoa, joka kehittää asiantuntemusta ja tukee viranomaistoimintaa ja onnettomuusvalmiuden ylläpitoa.

### 6.1 Ionisoiva säteily

Ionisoivaan säteilyyn liittyvä tutkimus- ja kehitystyö tehtiin seuraavassa esitetyissä projekteissa.

#### Lasten röntgentutkimusten säteilyannosten määrittäminen

Lapsipotilaat ovat säteilysuojelussa erityisessä asemassa aikuisia suuremman säteilyriskinsä vuoksi. Projektin tavoitteena oli potilasannoksen vertailutasojen asettaminen yleisimmille lasten röntgentutkimuksille sekä elinannosten ja efektiivisten annosten määrittäminen lasten kuvauksissa. Samalla selvitettiin hyvän käytännön menetelmäkuvausarvoja ja potilasannoksia vertaamalla. Projektin tulokset on julkaistu kolmessa tieteellisessä artikkelissa ja tuloksia on käytetty STUKissa tehdyssä väitöskirjassa (ks. kohta Opinnäytetyöt). Tuloksiin perustuvat lasten röntgentutkimusten vertailutasot annettiin STUKin päätöksellä, joka on nähtävillä STUKin www-sivuilla. Saatuja tietoja käytettiin myös kahden lasten röntgenkuvauksia käsittelevien STUK tiedottaa -oppaan valmisteluissa.

#### Henkilökunnan tutkimuskohtaiset säteilyannokset toimenpideradiologiassa

Tutkimusprojektin tarkoituksena oli:

- selvittää henkilökunnan säteilyannoksia tutkimuskohtaisesti sekä henkilökunnan annosten ja vastaavista tutkimuksista potilaille aiheutuvien annosten välistä riippuvuutta
- selvittää toimenpideradiologin/kardiologin annoksia kehon eri osissa (kädet, jalat, silmät ja koko keho).

Mittauksia tehtiin kardiologisten tutkimusten

osalta neljässä sairaalassa. Sairaaloiden ohella mukana projektissa olivat Kuopion yliopisto, Savonia ammattikorkeakoulu, Doseco Oy ja Rados Technology Oy. Henkilökunnan säteilyaltistus määritettiin toimenpidekohtaisten annosmittausten avulla ennalta valituissa toimenpidetyypeissä. Annoksen mittausmenetelmät osoittautuivat käytökelpoisiksi ja niiden käytännön toimivuudesta saatiin tutkittua tietoa. Projektin tuloksista on julkaistu yhteenveto Sädeturvapäivillä 2008 sekä STUKin www-sivulla. Tuloksista on myös valmis- teilla yksityiskohtaisempi STUK-A-raportti.

#### IAEA-dosimetriaohjeisto röntgendiagnostiikkaan

Vuoden 2006 aikana käynnistyi IAEA:n tutkimushanke diagnostiikan dosimetriaohjeiston testauksesta (Coordinated Research Project 2006-2007: Testing of the Implementation of the Code of Practice on Dosimetry in X-ray Diagnostic Radiology). Projekti jatkui vielä vuonna 2008. Projektissa STUK osallistui erityisesti pinta-alaannosmittarien testaustoimintaan, tietokonetomografian annosmittauksissa käytettävien mittarien kalibrointi- ja mittausmenetelmien testaukseen sekä mammografian dosimetriaan. Arviointi ja testaus tehtiin sekä STO:n DOS-laboratoriossa käytetyille kalibrointimenetelmille että sairaaloissa käytetyille klinisen dosimetrian menetelmille. STUKissa ja Suomessa käytettyjä mittausmenetelmiä verrattiin IAEA:n dosimetriaohjeessa esitettyihin menetelmiin. Tulosten perusteella on päätetty uudistaa STUKin mittausmenetelmä mammografiassa sekä päivitetty joitakin kalibrointimenetelmiä. Yhteenveto kansainvälisistä tuloksista julkaistaan IAEA:n TECDOC-raportissa vuonna 2009. Mammografian dosimetrian osalta on tehty STO:n sisäinen raportti tuloksista. DAP-mittareiden kalibrointimenetelmästä on valmistunut kaksi tieteellistä artikkelia. kVp-mittareiden käytöstä on tullut yksi AMK-päätötyö.



## Mammografian annosmittausten vertailu ja kehitys

Projektin tavoitteena oli mammografian annosmittausten luotettavuuden arviointi ja parantaminen. Projektissa testattiin ja arvioitiin mammografiassa käytettävien mittarityyppien ominaisuuksia mammografian energia-alueella ja selvitettiin mittareiden kalibrointitarvetta ja kalibroinnissa käytettäviä säteilylaatuja. Tulosten perusteella uudistetaan asteittain annosmittauskäytäntö mammografialaitteiden tarkastuksissa. Mittauksissa siirrytään käyttämään erityisesti mammografiaan suunniteltuja ionisaatiokammioita ja mittaussuureiden arvojen lisäksi raportoidaan rauhaskudoksen annos. DOS-laboratorion mammografia-alueen säteilylaatuja uudistetaan korvaamalla lähivuosi-<sup>na</sup> Al-suodatetut säteilylaadut Mo- ja Rh- suodatuksilla.

## Eurooppalainen metrologiaohjelma EMPR (European Metrology Research Programme)

Vuonna 2008 käynnistyi kaksi metrologiaan liittyvää yhteisrahoitteista eurooppalaista tutkimushanketta: JRP6-Brachytherapy ja JRP7-External Beam Cancer Therapy. Hankkeet kuuluvat European Metrology Research Programme (EMPR) -ohjelman Terveys-osioon ja ne kumpikin liittyvät sädehoidon dosimetriaan. Tavoitteena hankkeissa on metrologian ja dosimetrian kehittäminen nykyisin käytettäviä tykösädehoidon ja ulkoisen sädehoidon tekniikoita varten. STUKin osuutena projektissa on:

- dosimetrian ja annosjakaumien verifointimenetelmien kehittäminen <sup>191</sup>Ir- ja <sup>125</sup>I-tyköhoidon lähteille radiokromi- ja tuikeilmaisimia käyttäen sekä <sup>125</sup>I-silmäaplikaattoreille puolijohdeilmaisimia käyttäen
- dosimetrian ja annosjakaumien verifointimenetelmien kehittäminen intensiteetti-moduloitua (IMRT) eturauhasen syövän sädehoitoa varten.

Hankkeet käynnistyivät ilmaisinten testausohjelman valmistelulla ja tarvittavien mittaustantomien esisuunnittelulla.

## Sädehoidon tasolevyionisaatiokammioiden kalibrointi <sup>60</sup>Co-gammasäteilykeilassa

Vuoden 2008 alusta käynnistyi selvitys sädehoidon lineaarikiihdytinten elektronisäteilykeiloissa käytettävien tasolevyionisaatiokammioiden ka-

libroinnin tarkkuudesta ja luotettavuudesta <sup>60</sup>Co-gammasäteilykeilassa. Projektissa selvitetään mahdollisuus siirtyä tasolevyionisaatiokammioiden kalibroinneissa sädehoitoklinikoiden lineaarikiihdytinten elektronisäteilykeiloista STO:n DOS-laboratorion <sup>60</sup>Co-gammasäteilykeilaan. Projektiin liittyy DOS-laboratorion kalibrointifantomien uudistus ja kammioiden asemoinnissa käytettävän laseretäisyysmittarin testaus- ja vastaanottomittaukset sekä Suomen sädehoitoklinikoissa käytössä olevien tasolevyionisaatiokammioiden kalibrointivertailu <sup>60</sup>Co-gammasäteilykeilassa ja lineaarikiihdyttimien elektronisäteilykeiloissa. Vuoden 2008 aikana DOS-laboratorion kalibrointifantomi uudistettiin laseretäisyysmittarin käyttöön soveltuvaan. Laseretäisyysmittaria testattiin STUKin omien sylinteri- ja tasolevyionisaatiokammioiden koekalibroinneissa <sup>60</sup>Co-gammasäteilykeilassa. Koekalibrointien toistettavuudessa hajonta oli < 0,2 %. Projekti jatkuu vuonna 2009 sädehoitoklinikoiden tasolevyionisaatiokammioiden kalibrointivertailulla DOS-laboratorion <sup>60</sup>Co-gammasäteilykeilassa ja klinikoiden lineaarikiihdyttimien elektronisäteilykeiloissa.

## Protonien ja raskaiden ionien energianmenetys vedessä

Projektissa mitataan veden jarrutuskyky protoni- ja raskasionisuihkuille sädehoidon ja kosmisen säteilyn dosimetrian kannalta kiinnostavalla energia-alueella (noin 1–30 MeV/nukleoni). Jarrutuskykymittaukset tehdään Jyväskylän yliopiston (JY) kiihdytinlaboratoriossa. Tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi sädehoidon ja kosmisen säteilyn dosimetriassa. Veden jarrutuskyky on perustietoa monessa muussakin dosimetrian sovelluksessa kuten neutronisäteilystä aiheutuvan säteilyannoksen arvioinnissa. Vuoden 2008 aikana suunniteltiin ja rakennettiin vesikohtion prototyyppi ja tehtiin ensimmäinen testimittausarja protonisuihkulla. Testimittausten perusteella varmistui, että ohuen nestekohtion rakentaminen on mahdollista ja että kohtion paksuus voidaan riittävällä tarkkuudella määrittää. Lopullinen kohtio rakennetaan ja protonimittaus tehdään vuoden 2009 aikana testimittausten kokemuksiin pohjautuen. Aikatauluun saattavat vaikuttaa JY:n kiihdytinlaboratorion laajennustyöt.

### Stakeholder involvement processes in radioactive scrap metal (Sidosryhmien osallistuminen radioaktiivista kierrätysmetallia koskevaan päätöksentekoon)

Tutkimus tehdään yhteistyössä Manchesterin yliopiston kanssa. Tutkimus kohdistuu viranomaisvalvonnasta vapautettujen aktivoituneiden ja kontaminoitujen kierrätysmetallien käsittelyyn. Tavoitteena on arvioida muualla käytössä olevien, sidosryhmien osallistumista kierrätysmetallin käsittelyyn tukevien menetelmien käyttökelpoisuutta. Arviointi tehdään sekä kirjallisuustutkimuksena että testaamalla menetelmiä käytännössä. Tavoitteena on myös parantaa STUKin päätöksenteon avoimuutta radioaktiivisen kierrätysmetallin valvonnassa ja valmistella pitkän ajanjakson toimintasuunnitelma valvontaa varten.

### Opinnäytetyöt

Opinnäytetöiden tuloksia voidaan hyödyntää STUKin toiminnassa tai tulokset vaikuttavat säteilyturvallisuuden paranemiseen Suomessa.

### Patient doses in CT, dental cone beam CT and projection radiography in Finland, with emphasis on paediatric patients

Tämän väitöskirjatutkimuksen tarkoituksena oli kehittää ja vertailla eri annosmittausjärjestelmiä tietokonetomografiatutkimuksissa (TT) ja lasten natiiviröntgentutkimuksissa, edistää lasten vertailutasojen käyttöönottoa sekä tuottaa uutta potilasannostietoa röntgentutkimusten optimointia varten.

## 6.2 Ionisoimaton säteily

Pääosa ionisoimattomaan säteilyyn liittyvästä tutkimus- ja kehitystyöstä tehtiin seuraavassa esitettyjen yhteisrahoitteisten (YHR) tutkimusprojektien puitteissa.

Aloitettiin EURAMETin (European Collaboration in Measurement Standards) YHR-tutkimusprojekti ”Traceable measurement of field strength and SAR for the physical agents directive”. Aiemmin kehitetyn TEM-kalibraattorin karakterisointia parannettiin simuloimalla numeerisesti kalibraattoria 380 MHz:n taajuudella. SAR-kalibroinnissa keskeisellä sijalla olevan ominais-

lämpökapasiteetin mittaussjärjestelmän kalibrointi määritettiin uudestaan ja kalibrointia verrattiin Englannin NPL:n (National Physical Laboratoryn) kalibroimiin kudosekvivalenttisiin nesteisiin (tulokset saadaan myöhemmin). TEM-kalibraattori testattiin 380 MHz:n taajuudella. Kalibraattoria koskevan tieteellisen lehtiartikkelin kirjoitus aloitettiin. Suunniteltiin raajoissa kulkevaa RF-virtaa 10–50 MHz:n taajuudella mittaavan virtamuuntajan kalibraattori.

Suoritettiin menestyksellisesti STUKin osuus TEKESin osittain rahoittamassa MF Safety -tutkimusprojektissa, joka käsittelee magneettikenttien riskejä sähkönjakeluverkon keskuksissa. STUKin tehtävänä oli laskea sähkönjakokaapin läheisyydessä työskentelevään asentajaan indusoituvan virran tiheys ja verrata sitä sähkömagneettisia kenttiä koskevassa direktiivissä esitettyyn altistumisen enimmäisarvoon. Laskentaa varten otettiin käyttöön ja testattiin uusi kaupallinen ohjelmisto (SEMCADX ELF solver). Testauksen kuluessa valmistaja joutui parantelemaan ohjelmaa STUKin vaatimuksesta. Muutokset tekivät mahdolliseksi kolmivaiheisen virran syötön magneettikentän lähteessä. Virrantiheydet laskettiin aikuista miestä kuvaavassa heterogeenisista kudoksista muodostuvassa anatomisesti realistisessa ihmismallissa (Virtual Family male Duke). Projektin päätulos on se, että STUKilla on nyt dosimetrinen laskenta- valmius pientaajuusalueella.

### Muu tutkimustoiminta

Ionisoimattoman säteilyn YHR-tutkimusprojektien lisäksi tutkimusta ja teknistä kehitystyötä suoritettiin osana NIR-laboratorion perustoimintaa.

Philips Medical Systems Oy:n tiloissa suoritettiin 1 T:n avomagneettilaitteen sekä 3 T:n suljetun laitteen pientaajuisten ja staattisten magneettikenttien työsuojelumittaukset. Mittauksissa käytettiin STUKissa kehitettyä 3-dimensioista magneettikentän anturia, jolla voidaan mitata samanaikaisesti kehon liikkumisesta aiheutuva ekvivalenttinen  $dB/dt$  sekä gradienttikenttien  $dB/dt$ . Mittauksista sekä niihin perustuvasta altistumisarviosta laadittiin artikkeli, joka lähetettiin *Physics in medicine and biology* -lehteen.

## 7 Kansainvälinen yhteistyö

STO:n ja NIRin edustajat ovat mukana monissa ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn käytön valvontaa sekä turvallisuusohjeiden ja mittausmenetelmien kehittämistä ja myös säteilyalan standardisointitoimintaa käsittelevissä kansainvälisissä järjestöissä, toimikunnissa ja asiantuntijaryhmissä (IAEA, NACP, EURADOS, EURAMET, ESTRO, ESOREX, ICRU, NEA, AAPM, NOG, IEC, ISO, CEN, CENELEC, ICNIRP, EAN, EUTERP).

### Kliinisen auditoinnin Eurooppalainen ohjeisto valmistui STUKin johdolla

Eurooppalainen suositus kliinisten auditointien sisällöstä ja toimeenpanosta valmistui STUKin johtamassa EU:n rahoittamassa projektissa. Suositus luovutettiin Euroopan Komissioon 1.12.2008 ja hyväksyttiin vuoden 2009 alussa. Suositusluonnos käsiteltiin STUKin järjestämässä kansainvälisessä kokouksessa Tampereella 8.–10.9.2008, jossa kerättiin kriittistä palautetta luonnoksen viimeistelyä varten ja esiteltiin samalla kliinisen auditoinnin toteutumista EU-maissa ja käytännön kokemuksia auditoinneista. Kokoukseen osallistui noin 130 asiantuntijaa kaikkiaan 29 eri maasta.

### Osallistuminen kansainvälisten työryhmien kokouksiin

Vuonna 2008 STUKin edustajat osallistuivat seuraavien kansainvälisten järjestöjen ja työryhmien kokouksiin:

- Pohjoismainen umpilähdetyöryhmä (NOR-GUSS)
- IEC:n TC61/MT16-solariumtyöryhmän kokous
- ICNIRPin (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) TG-ELF-työryhmä
- EURADOS (European Radiation Dosimetry Group)
- EURAMETin ionisoivan säteilyn työryhmä.

### Osallistuminen muihin kansainvälisiin kokouksiin

STO:n ja NIRin edustajat osallistuivat lukuisiin säteilyturvallisuusalan kansainvälisiin kokouksiin, kongresseihin ja koulutustilaisuuksiin ja pitivät niissä esitelmää ja luentoja (järjestäjinä muun muassa IAEA, EANM, ESTRO, EURAMET, CIPM, EY:n komissio).

### Muu kansainvälinen yhteistyö

NIR-laboratorion edustaja osallistui Tukholmassa lasereilla ja valopulssilaitteilla annettavaa ihon käsittelyä koskevaan pohjoismaiseen yhteistyökokoukseen. Toinen edustaja osallistui radiotaajuisten taustasäteilykenttien mittaamista käsitteleviin pohjoismaisiin yhteistyökokouksiin Boråsissa maaliskuussa ja Tukholmassa syyskuussa. Boråsissa suoritettiin tukiasemien vertailevia mittauksia ja tuloksia analysoitiin Tukholman kokouksessa (ks. kohta 10.2).

## 8 Kotimainen yhteistyö

STO:n ja NIRin edustajat ovat mukana monissa ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn käytön valvontaa ja tutkimusta sekä säteilyalan standardisointitoimintaa käsittelevissä kotimaisissa toimikunnissa ja asiantuntijaryhmissä (muun muassa Metrologian neuvottelukunta, Sädeturvapäivätoimikunta, Eurolab-Finland, SESKO).

### STUKin järjestämät kotimaiset kokoukset

Vuonna 2008 STUK järjesti seuraavat kokoukset:

- Kansainvälinen säteilysuojelutoimikunta (ICRP) julkaisi uudet perussuosituksensa (ICRP 103) vuonna 2008. STUK teki suosituksesta suomenkielisen raportin (STUK-A235) ja järjesti siitä koulutustilaisuuden terveydenhuollon ja teollisuuden säteilyn käyttäjille ja muille asiasta kiinnostuneille. Tilaisuus toistetaan vuonna 2009.
- Vastaavien johtajien ja säteilyn käyttäjien ammatilliseen koulutukseen sisältyvästä säteilysuojelukoulutuksesta järjestettiin suunnittelukokous ulkopuolisten asiantuntijoiden kanssa. Kysely koulutusorganisaatioiden järjestämästä vastaavan johtajan säteilysuojelukoulutuksesta tehtiin lokakuussa. Kyselyllä selvitettiin ohjeen ST 1.8 vaatimusten toteutumista ja eri koulutusorganisaatioiden järjestämän koulutuksen yhdenmukaisuutta. Tulokset raportoidaan vuonna 2009.
- Lentoyhtiöiden ja ilmailuviranomaisten edustajien kanssa järjestettiin ensimmäistä kertaa neuvottelupäivä. Tilaisuuden tarkoituksena oli yhteistyön parantaminen tutustumalla ja keskustelemalla ajankohtaisista aiheista. Tilaisuus toistetaan jatkossa noin kahden vuoden välein.
- Teollisuuden 6. säteilyturvallisuuspäivät järjestettiin 8.–10.4.2008 m/s Mariellalla. Tilaisuuteen osallistui 147 teollisuuden ja tutkimuksen säteilyn käyttäjää ja radioaktiivisten aineiden kauppiasta.
- Terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvonta -seminaari järjestettiin Hotelli Presidentissä Helsingissä 10.–11.4.2008. Seminaarissa käsiteltiin samannimisen oppaan luonnosta, johon kerättiin yleisöltä palautetta. Seminaariin osallistui 212 röntgendiagnostiikan ammattilaista.
- Yhdistetty sädehoidon dosimetrian peruskurssi ja sädehoitofysikoiden 25. neuvottelupäivät järjestettiin STUKissa 12.–13.5.2008.
- Röntgenfyysikoiden neuvottelupäivät järjestettiin Kehvonsalon kartanossa Siilinjärvellä 28.–29.8.2008. Neuvottelupäivillä käsiteltiin mm. tietokonetomografialaitteiden laadunvalvontaa.

### Osallistuminen kotimaisten työryhmien kokouksiin

STUKin edustajat osallistuivat seuraavien kotimaisten järjestöjen ja työryhmien kokouksiin:

- SESKO SK 61
- SESKO SK 106.

### Osallistuminen muihin kotimaisiin kokouksiin

STO:n ja NIRin edustajat osallistuivat lukuisiin säteilyturvallisuusalan kotimaisiin kokouksiin ja pitivät niissä esitelmiä ja luentoja.

### Muu kotimainen yhteistyö

STM on asettanut kliinisen auditoinnin asiantuntijaryhmän uudelleen toimikaudeksi 1.1.2007–31.12.2009. Ryhmän sihteeri on STUKista.

Kuluttajatarvina markkinoitavien lasereiden valvonnan päälinjat sovittiin STM:n työsuojeluosaston järjestämässä kokouksessa, johon STUKin ja STM:n lisäksi osallistuivat Kuluttajavirasto, TUKES sekä Työterveyslaitos. STUK toimii kuluttajalaserien valvontaviranomaisena lukuun ottamatta leluja, joita valvoo Kuluttajavirasto. Työsuojeluviranomaiset toimivat edelleen työssä käytettävien laserlaitteiden valvontaviranomai-

sena. Työterveyslaitos tyypitarkastaa edelleen paristokäyttöisiä laserlaitteita, jotka eivät kuulu pienjännitedirektiivin mukaan säädeltäviin laitteisiin. Tyypinhyväksyntämenettely poistui näiltä paristokäyttöisiltä laitteilta kesäkuussa 2008 voimaan tulleen uuden valtioneuvoston asetuksen (291/2008) myötä.

## 9 Viestintä

### Kirjat, tiedotteet, katsaukset

STUK julkaisee Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarjan, johon kuuluu yhteensä seitsemän kirjaa. Vuosina 2002–2006 on sarjasta julkaistu seuraavat osat:

- osa 1, Säteily ja sen havaitseminen
- osa 2, Säteily ympäristössä
- osa 3, Säteilyn käyttö
- osa 4, Säteilyn terveysvaikutukset
- osa 5, Ydinturvallisuus
- osa 6, Sähkömagneettiset kentät.

Teksti kirjasarjan seitsemänteen osaan, joka käsittelee ultraviolettia- ja lasersäteilyä, saatiin valmiiksi vuonna 2008 ja toimitettiin taitettavaksi.

STUK tiedottaa -sarjassa julkaistiin kaksi opasta:

- 1/2008 Lasten röntgentutkimuskriteerit
- 2/2008 Terveystieteiden röntgenlaitteiden laadunvalvontaopas.

Oppaat valmisteltiin yhteistyössä STUKin ulkopuolisten asiantuntijoiden kanssa.

### Ajankohtaistiedottaminen

Vuonna 2000 aloitettua UV-indeksin ylläpitoa jatkettiin STUKin www-sivuilla huhti-kesäkuun välisenä aikana.

Vuoden aikana NIR-laboratorioon tuli runsaasti kysymyksiä kansalaisilta, säteilyn käyttäjiltä, tiedotusvälineiltä ja muilta ionisoimattomasta säteilystä kiinnostuneilta tahoilta. Tiedotusvälineille annettiin useita haastatteluja. Päivittäin tuli kan-

salaisilta kyselyjä internetin kautta ja puhelinsoittoja mitä erilaisimmista säteilyhuolista.

Lehdistötiedotteita laadittiin seuraavista aiheista:

- Pienelle potilaalle mahdollisimman pieni säteilyannos
- Tutkimus matkapuhelimen säteilyn vaikutuksesta ihmiseen valmistui
- Kevätaurinko paistaa taas – nauti siitä maltilla
- Kolmannen sukupolven kännykät eivät säteile enempää kuin muut matkapuhelimet
- Alara-lehti: Avaruussäteily tavoittaa meidät miljoonien vuosien takaa
- Laajassa tutkimuksessa ei saatu viitteitä matkapuhelimen käytön vaikutuksesta aivokalvon kasvainten riskiin
- Radioaktiivinen jodipäästö Belgiassa
- Lääketieteellisen säteilyn käyttäjät kokoontuvat Tamperella: Tavoitteena parhaat tutkimus- ja hoitokäytännöt
- Säteilysuojeluun uudet kansainväliset suositukset
- Radioaktiivinen amerikkium-lähde joutui sula- tukseen Torniossa
- Myös Suomesta voi löytyä radioaktiivista kobolttia sisältäviä hissien nappuloita
- Suomesta ei löytynyt säteileviä hissien painikkeita
- Itkuhälyttimen säteily alittaa raja-arvon selvästi.

## 10 Mittanormaalityö

STUK toimii säteilysuureiden kansallisena mittanormaalityölaboratoriona ja pitää yllä mittanormaalityöjä Suomessa tehtävien säteilymittausten tarkkuuden ja jäljitettävyyden varmistamiseksi. STUK huolehtii omien mittanormaalityönsä kalibroinnista säännöllisin väliajoin Kansainvälisessä paino- ja mittatoimistossa (BIPM) tai muussa primäärilaboratoriossa. Säteilymetrologiaan liittyen STUK osallistuu Metrologian neuvottelukunnan toimintaan ja EURAMET-järjestön toimintaan.

Mittanormaalityöinnistä vastaavat STO:n Dosimetrialaboratorio (DOS-laboratorio) ionisoivan säteilyn osalta ja NIR-laboratorio ionisoimattoman säteilyn osalta. Ionisoivan säteilyn aktiivisuussuureiden mittanormaalityöinnistä vastaa STUKin Tutkimus- ja ympäristövalvonta -osasto (TKO).

### 10.1 Ionisoiva säteily

#### Mittanormaalityönsä ylläpito, säteilylaitteiden ja mittausten menetelmien kehitys

DOS-laboratoriossa valmisteltiin Revolver-säteilylaitteen säteilylähteiden ( $^{60}\text{Co}$ - ja  $^{137}\text{Cs}$ -lähteet) uusintaa. Uudet lähteen asennetaan laitteeseen vuoden 2009 aikana.

DOS-laboratorioon kohdistui yksi sen turvallisuusjärjestelyihin liittyvä sisäinen auditointi, jossa laboratorion säteilylähteiden turvallisuusjärjestelyt todettiin erinomaisiksi. Laboratorion mittanormaalityölaitteistoon suunniteltu auditointi siirrettiin vuodelle 2009.

Laboratorion toimintajärjestelmän ohjeistusta täydennettiin ja päivitettiin merkittävästi.

#### Mittari- ja mittausten vertailut

Vuoden 2008 aikana saatiin tulokset vuosina 2005–2006 järjestetyistä EURAMET-kalibrointivertailuista, joihin DOS-laboratorio on osallistunut:

- EURAMET 545, röntgensäteilyn ilmakehän vertailu

- EURAMET 738, röntgensäteilyn annosekvivalenssin vertailu
- EURAMET 739, beetasäteilyn ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ) kudokseen absorboituneen annoksen vertailu
- EURAMET 813,  $^{60}\text{Co}$ -gamma-säteilyn veteen absorboituneen annoksen vertailu.

Vertailussa 545 DOS-laboratorion tulos poikkesi vertailuarvosta enimmillään 2,8 %, joka ylittää arvioitua mittaustuloksen 2,46 % (kattavuuskerroin 2). Eron arvioitiin johtuvan röntgenlaitteen epästabiilisuudesta mittausten aikana eikä se johtanut korjaaviin toimenpiteisiin kalibrointimenetelyssä. Vertailussa 739 DOS-laboratorion tulos oli erinomainen ja poikkesi vain -0,8 % vertailuarvosta. Alustavat tulokset vertailuista 738 ja 813 osoittavat laboratorion tulosten olevan hyvin arvioitujen epävarmuuksien sisäpuolella.

Vuonna 2008 DOS-laboratorio osallistui IAEA/WHO:n ylläpitämään laboratorioverkostoon kuuluvien kalibrointilaboratorioiden kesken vuosittain järjestettävään absorboituneen annoksen TLD-mittausten vertailuun  $^{60}\text{Co}$ -gamma-säteilyllä. STUKin tulos poikkesi vertailuarvosta 1,9 %. Tulos oli reilusti hyväksyntärajan  $\pm 3,5$  % sisäpuolella. IAEA:n dosimetrialaboratorion ja DOS-laboratorion välillä tehtiin myös erillinen ionisaatiokammion kalibroinnin tarkistus, jolla varmennettiin poikkeaman johtuvan TLD-epätarkkuudesta.

Kuvassa 8 on esitetty STUKin mittaustulosten poikkeamat vertailuarvosta IAEA/WHO:n järjestämissä mittausten vertailuissa vuosina 1998–2008.

Aktiivisuussuureiden laadunvarmistuksena STUK osallistui myös useisiin laboratorioiden välisiin vertailumittauksiin. Vuoden 2008 aikana raportoitiin tulokset yhteensä seitsemästä radioaktiivisuuden vertailuanalyysistä, joissa monessa osallistuttiin usean radionuklidin määrittämiseen. Vertailuista kolme oli kansainvälistä, yksi kansallinen ja kolme STUKin sisäistä. Vertailumittausten

tulokset olivat yleisesti ottaen hyviä tai erittäin hyviä.

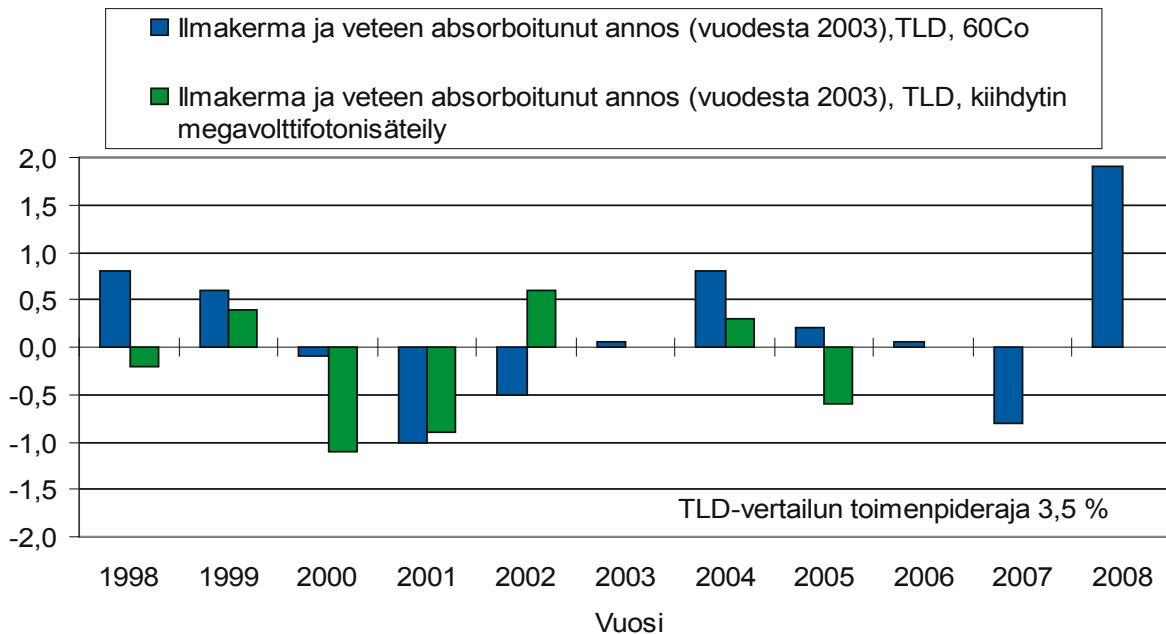
## 10.2 Ionisoimaton säteily

### Mittari- ja mittausvertailut

EURAMET 819 -kalibrointivertailussa kalibroitettiin pienikokoinen sähkökentän anturi kentänvoimakkuusmittauksiin erikoistuneissa laboratorioissa kymmenessä eri maassa. Kukaan laboratorio määrittä omilla kalibrointilaitteistoillaan 0,25 GHz:n välein taajuusalueelle 1–2,5 GHz sen sähkökentän voimakkuuden, jolla kierrätettävän anturin luke- ma oli 20 V/m. Vertailukalibroinnit alkoivat vuoden

2007 lopulla ja kestivät noin vuoden. STUK suoritti kalibroinnit ja laati maaliskuussa 2008 mittausraportin, jossa kuvattiin kalibrointimenetelmä ja -laitteistot sekä esitettiin kalibrointitulokset ja epävarmuusarviointi. Tsekkiläinen pilottilaboratorio laati kalibrointivertailun loppuraportin, joka valmistuu vuoden 2009 alkupuolella.

Boråsissa suoritettiin Pohjoismaiden kesken tukiasemien vertailevia mittauksia ja tuloksia analysoitiin Tukholman kokouksessa (ks. luku 7). Eri mittaajien saamat tulokset vaihtelivat suurimmillaan  $\pm 7$  dB, mikä oli varsin odotettu tulos. Mittausvertailun toistaminen tarkemmalla ohjeistuksella jäi osanottajien harkittavaksi.



**Kuva 8.** STUKin mittaustuloksen poikkeama (%) vertailuarvosta IAEA/WHO:n mittausvertailuissa vuosina 1998–2008.



## 11 Palvelut

### 11.1 Ionisoiva säteily

#### Kalibroinnit, testaukset ja säteilytykset

DOS-laboratorio toteutti säteilymittarien kalibroinnit ja testaukset kysyntää vastaavasti. Säteilymittarien kalibrointi-, tarkastus- ja testautodistuksia annettiin 110 kappaletta ja säteilytystodistuksia 26 kappaletta. Kalibroinneista noin neljäsosa ja säteilytyksistä noin puolet tehtiin STUKin omille mittalaitteille ja näytteille.

#### Muut palvelut

STUKissa kehitettyä PCXMC-mittausohjelmaa röntgendiagnostiikan annoslaskentaan myytiin 83 kappaletta. Lisäksi palveluna tehtiin röntgenlaitteiden standardinmukaisuustestauksia.

### 11.2 Ionisoimaton säteily

#### Kalibroinnit, testaukset ja säteilytykset

NIR-laboratorio teki säteilymittarien kalibrointeja ja testauksia yhteensä 46 kpl sekä turvallisuusarviointeja ja säteilymittauksia yhteensä 24 kappaletta. NIR-laboratorion palvelusuoritteet vuosilta 2000–2008 on esitetty liitteen 1 taulukossa 18.

## LIITE 1

## TAULUKOT

**Taulukko 1.** Turvallisuusluvista mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät terveydenhuollon säteilyn käytössä vuoden 2008 lopussa.

Säteilyn käyttö	Toiminnot (kpl)
Röntgentutkimus	387
Hammasröntgentutkimus <sup>*)</sup>	16
Eläinröntgentutkimus	210
Avolähteiden käyttö	42
Umpilähteiden käyttö	26
Sädehoito	14
Muu säteilyn käyttö	18

<sup>\*)</sup> Lupa myönnetty hammasröntgenlaitteille, joita kuitenkin käytetään pääosin muuhun kuin hammasröntgentoimintaan.

**Taulukko 2.** Terveydenhuollon säteilyn käytössä ja eläinröntgentoiminnassa olleiden säteilylähteiden ja -laitteiden sekä radionuklidilaboratorioiden lukumäärät vuoden 2008 lopussa.

Laitteet/laboratoriot	Lukumäärä (kpl)
<b>Röntgentutkimuslaitteet (generaattorit) <sup>*)</sup></b>	<b>1 529</b>
<b>Röntgenputket</b>	<b>1 610</b>
• KV-TV-ketju	316
• mammografia (ei seulonta)	105
• seulontamammografia	91
• tietokonetomografia	95
• angiografia (ei DSA)	31
• digitaalinen subtraktioangiografia (DSA)	66
• luun mineraalipitoisuuden mittaaminen	83
• hammasröntgenkuvaus	51
<b>Hammasröntgenlaitteet</b>	<b>5 422</b>
• tavanomaiset hammasröntgenlaitteet	4 752
• panoraamaröntgenlaitteet	670
<b>Sädehoidon laitteet</b>	<b>98</b>
• kiihdyttimet	40
• jälkilataushoitolaitteet	11
• röntgenhoitolaitteet tai -kuvauslaitteet	17
• hoitolaitteen simulaattorit	9
• BNCT-hoitoasema	1
• muut laitteet	20
<b>Radioaktiivisia aineita sisältävät laitteet</b>	<b>174</b>
• vaimennuskorjausyksiköt	16
• tasolähteet	36
• kalibrointilähteet	22
• gammasäteilyttimet	6
• muut laitteet	94
<b>Eläinröntgenlaitteet</b>	<b>259</b>
<b>Radionuklidilaboratoriot</b>	<b>61</b>
• B-tyyppin laboratoriot	21
• C-tyyppin laboratoriot	39
• muut laboratoriot	1

<sup>\*)</sup> Röntgentutkimuslaitteen muodostaa suurjännitegeneraattori, yksi tai useampi röntgenputki sekä yksi tai useampi tutkimusteline.

**Taulukko 3.** Turvallisuusluvuissa mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä ja radioaktiivisten aineiden kaupassa vuoden 2008 lopussa.

Säteilyn käyttö	Toiminnot (kpl)
Umpilähteiden käyttö (muu kuin gammaradiografia)	628
Röntgensäteilyn käyttö (muu kuin radiografia)	287
Radioaktiivisten aineiden tuonti, vienti tai kauppa	129
Asennus, koekäyttö ja huolto	119
Avolähteiden käyttö	117
Röntgenradiografia	86
Gammaradiografia	7
Hiukkaskiihdyttimen käyttö	7
Radioaktiivisten aineiden valmistus	5
Muu säteilyn käyttö	26

**Taulukko 4.** Teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä olleiden säteilylaitteiden ja -lähteiden sekä radionuklidilaboratorioiden lukumäärät vuoden 2008 lopussa.

Laitteet/laboratoriot	Lukumäärä (kpl)
<b>Radioaktiivista ainetta sisältävät laitteet</b>	<b>6 319</b>
• pintakytkimet	2 284
• pinnankorkeusmittarit	1 174
• tiheysmittarit	1 017
• kuljetinväät	582
• pintapainomittarit	524
• kosteus- ja tiiveysmittarit	123
• fluoresenssianalysointilaitteet	103
• paksuusmittarit	69
• radiografialaitteet	20
• muut laitteet	423
<b>Röntgenlaitteet ja kiihdyttimet</b>	<b>1 266</b>
• läpivalaisulaitteet	432
• radiografialaitteet	379
• diffraktio- ja fluoresenssianalysointilaitteet	274
• paksuusmittarit	49
• tuhkamittarit	17
• hiukkaskiihdyttimet	18
• muut röntgenlaitteet	97
<b>Radionuklidilaboratoriot</b>	<b>154</b>
• A-tyyppin laboratoriot	2
• B-tyyppin laboratoriot	24
• C-tyyppin laboratoriot	115
• muut laboratoriot	13

**Taulukko 5.** Teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä umpilähteissä yleisimmin käytössä olevat radionuklidit sekä lähteiden lukumäärät ja aktiivisuudet vuoden 2008 lopussa.

Radionuklidi	Säteilylähteitä (kpl)	Kokonaisaktiivisuus <sup>*)</sup> (GBq)
<b>Muut kuin korkea-aktiiviset umpilähteet</b>		
Cs-137	4 023	9 052
Co-60	1 388	1 139
Kr-85	393	5 087
Am-241 (gammalähteet)	349	1 704
Pm-147	150	4 578
Am-241 (AmBe-neutronilähteet)	119	486
Fe-55	110	317
Cd-109	52	21
Sr-90	51	28
Ni-63	51	20
<b>Korkea-aktiiviset umpilähteet</b>		
Cs-137	54	229 496
Co-60	17	98 111
Ir-192	13	50 717
Am-241 (gammalähteet)	9	1 036
Sr-90	5	167
Am-241 (AmBe-neutronilähteet)	4	591

<sup>\*)</sup> Käyttöönottaessa ilmoitettujen nimellisaktiivisuuksien summa. Lyhytikäisille radionuklideille (esimerkiksi Ir-192) käytössä oleva aktiivisuus on huomattavasti pienempi kuin nimellisaktiivisuus.

**Taulukko 6.** Säteilyn käytön tarkastukset vuonna 2008.

Tarkastuksen tyyppi	Tarkastusten lukumäärä (kpl)		
	Teollisuus, tutkimus, opetus, kauppa, asennus, huolto	Terveystarkastus	
		Turvallisuusluvan alainen toiminta	Ilmoitusvelvollisuuden alainen hammasröntgentoiminta
Käyttöönottotarkastus	15	145	0
Määräaikaistarkastus	134	120	10
Uusintatarkastus	1	6	0
Muu tarkastus tai mittaus	0	3	8
<b>Tarkastuksia yhteensä</b>	<b>150</b>	<b>274</b>	<b>18</b>

**Taulukko 7.** Turvallisuusluvan alaisen toiminnan tarkastukset terveydenhuollossa vuonna 2008.

Toiminnan tyyppi	Tarkastusten lukumäärä (kpl)
• röntgentoiminta	177
• hammasröntgentoiminta	3
• eläinröntgentoiminta	47
• isotooppitoiminta	11
• sädehoito	36
• muu säteilyn käyttö	0
<b>Tarkastuksia yhteensä</b>	<b>274</b>

Taulukko 8. Umpilähteiden tuonti ja vienti vuonna 2008.

Radionuklidi	Tuonti		Vienti	
	Aktiivisuus (GBq)	Lukumäärä (kpl)	Aktiivisuus (GBq)	Lukumäärä (kpl)
Ir-192	60 680	14	4 208	11
Se-75	2 960	1	-*)	-
Kr-85	1 341	96	848	57
Cs-137	364	187	143	71
Fe-55	123	36	105	25
Sr-90	115	11	3	6
Pm-147	87	68	79	30
I-125	76	**)	-	-
Gd-153	48	13	2	34
Am-241	9	40	4	620
Co-60	6	19	-	-
Ni-63	5	10	2	4
Cd-109	5	9	4	8
Co-57	5	32	-	-
Am-241***)	3	2	-	-
Ge-68	1	10	2	8
muut yhteensä ****)	2	16	-	24
<b>Yhteensä</b>	<b>65 830</b>	<b>564</b>	<b>5 400</b>	<b>898</b>

\*) Merkintä "-" tarkoittaa, ettei vientiä ole ollut.  
 \*\*) Pienikokoisten I-125-lähteiden tarkka lukumäärä ei ole tiedossa.  
 \*\*\*) AmBe-neutronilähteet.  
 \*\*\*\*\*) Tuonti, nuklidit: Ba-133, Ba-133m, Cf-252, Eu-152, Ge-68, Mn-54, Na-22, Po-210.  
 Vienti, nuklidit: Ba-133, Eu-152.

Taulukko 9. Avolähteiden tuonti ja vienti vuonna 2008.

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq)	
	Tuonti	Vienti
Mo-99	37 022	37 021
I-131	5 278	1 113
Tc-99m	3 710	25
I-123	662	47
Sm-153	236	-*)
P-32	173	66
Tl-201	105	-
Y-90	61	-
In-111	48	-
I-125	45	4
H-3	31	22
S-35	21	-
C-14	9	-
Cr-51	6	-
Sn-117m	4	4
muut yhteensä **)	3	1 122
<b>Yhteensä</b>	<b>47 414</b>	<b>39 424</b>

\*) Merkintä "-" tarkoittaa, ettei tuontia/vientiä ole ollut.  
 \*\*) Tuonti, nuklidit: Ba-133, Bi-207, Ca-45, Co-57, Co-60, Cs-137, Eu-152, Ga-67, Ge-68, Na-22, P-33, Rb-86, Re-186, Se-75, Sn-113, Th-229, Zn-65.  
 Vienti, nuklidit: F-18.

**Taulukko 10.** Radioaktiivisten aineiden (avolähteiden) valmistus vuonna 2008.

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq)
F-18	40 722
O-15	16 900
C-11	12 524
Br-82	2 914
I-123	1 940
muut yhteensä*)	145
<b>Yhteensä</b>	<b>75 145</b>

\*) Mm. nuklidit: Cr-51, Cu-64, Ho-166, La-140.

**Taulukko 11.** Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden lukumäärät toimialoittain vuosina 2004–2008.

Vuosi	Työntekijöiden lukumäärä toimialoittain						
	Terveydenhuolto		Eläin-röntgen-toiminta	Teollisuus	Tutkimus ja opetus	Ydinenergian käyttö <sup>*)</sup>	Yhteensä <sup>**)</sup>
	Röntgen-säteilylle altistuvat	Muille säteilylähteille altistuvat					
2004	4 759	915	328	1 070	1 025	3 124	11 082
2005	4 837	896	355	1 172	995	3 584	11 698
2006	4 779	936	363	1 281	948	3 862	12 039
2007	4 767	961	368	1 275	927	3 257	11 441
2008	4 872	984	392	1 293	884	3 444	11 550

\*) Suomalaisilla ja ulkomaisilla ydinvoimalaitoksilla työskentelevät suomalaiset sekä suomalaisilla laitoksilla työskentelevät ulkomaiset työntekijät.

\*\*) Tässä sarakkeessa tietyllä rivillä oleva luku ei välttämättä ole sama kuin saman rivin muissa sarakkeissa olevien lukujen summa, koska terveydenhuollossa on henkilöitä, jotka altistuvat sekä röntgensäteilylle että muulle säteilylle ja teollisuudessa on henkilöitä, jotka työskentelevät myös ydinenergian käytön parissa.

**Taulukko 12.** Toimialakohtaiset kokonaisannokset (syväannosten summat) vuosina 2004–2008.

Vuosi	Kokonaisannos (Sv)						
	Terveydenhuolto		Eläin-röntgen-toiminta <sup>*)</sup>	Teollisuus	Tutkimus ja opetus	Ydinenergian käyttö <sup>**)</sup>	Yhteensä
	Röntgen-säteilylle altistuvat <sup>*)</sup>	Muille säteilylähteille altistuvat					
2004	1,48	0,12	0,06	0,23	0,09	4,16	6,15
2005	1,48	0,14	0,06	0,19	0,09	3,42	5,38
2006	1,43	0,14	0,08	0,24	0,08	4,11	6,08
2007	1,37	0,15	0,11	0,26	0,08	2,16	4,13
2008	1,51	0,12	0,11	0,22	0,09	2,76	4,69

\*) Syväannokset ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena on röntgensäteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääkinnässä, jossa työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja jossa annos mitataan suojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin efektiivinen annos saadaan jakamalla syväannos tekijällä 10–60.

\*\*) Suomalaisilla ja ulkomaisilla ydinvoimalaitoksilla työskentelevät suomalaiset sekä suomalaisilla laitoksilla työskentelevät ulkomaiset työntekijät.

**Taulukko 13.** Eräiden työntekijäryhmien annostietoja (syväannokset) vuodelta 2008.

Työntekijäryhmä	Työntekijöiden lukumäärä	Kokonaisannos (Sv)	Annosten keskiarvo (mSv)		Suurin annos (mSv)
			Kirjauskynnnyksen*) ylittäneet työntekijät	Kaikki annostarkkailussa olleet työntekijät	
Kardiologit**)	189	0,58	3,9	3,1	25,8
Radiologit**)	523	0,29	2,4	0,6	24,1
Toimenpideradiologit**)	23	0,21	10,2	9,3	25,3
Kirurgit**)	274	0,06	1,9	0,2	14,7
Röntgenhoitajat**)	2 555	0,12	0,6	0,0	5,8
Merkkiainekokeiden tekijät	25	0,07	3,0	2,8	14,8
Teollisuuskuvaajat	448	0,11	0,6	0,2	4,7
Tutkijat	670	0,08	1,9	0,1	8,3
Ydinvoimalaitoksissa työskentelevät					
• mekaaniset työt	692	0,79	1,7	1,1	12,4
• siivous	235	0,34	2,2	1,4	9,5
• aineenkoetus	197	0,26	1,7	1,3	9,5
• eristetyöt	58	0,21	4,5	3,7	13,5
• säteilysuojelu	78	0,20	3,1	2,5	12,8
• käyttöhenkilökunta	268	0,12	0,9	0,4	3,8

\*) Kirjauskynnys ydinvoimalaitoksissa työskenteleville on 0,1 mSv/kk ja muille 0,1 mSv/kk tai 0,3 mSv/3 kk mittausjakson pituudesta riippuen.

\*\*) Syväannokset ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena ovat näiden työntekijäryhmien annokset. Terveystieteiden ja eläinlääkinnän säteilyn käytössä (röntgensäteily) työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia, ja annos mitataan suojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin efektiivinen annos saadaan jakamalla syväannos tekijällä 10–60.

**Taulukko 14.** Merkittävimmät radioaktiiviset pienjätteet kansallisessa varastossa (joulukuu 2008).

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq) tai massa
H-3	14 182
Cs-137	2 392
Am-241	1 641
Kr-85	1 602
Pu-238	1 583
Sr-90	247
Ra-226	231
Co-60	146
Cm-244	101
U-238	1 089 kg

**Taulukko 15.** STUKiin vuonna 2008 vastaanotetut radioaktiiviset pienjätteet.

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq)
Kr-85	153
Cs-137	119
Am-241 *)	21
H-3	9,8
Fe-55	3,8
Co-60	3,0
Pm-147	1,9
C-14	1,5
Am-Be **)	1,4
Sr-90	1,3
Pu-Am	0,2
Co-57	0,02
Ra-226	0,06
Cd-109	0,002

\*) Gammalähteet  
\*\*) Neutronilähteet

**Taulukko 16.** Organisaatiot, joiden mittalaitteet on hyväksytty työntekijöiden radonaltistuksen määrittämiseen.

Organisaatio	Mittalaite	Kalibrointi voimassa	Huomautus
Gammadata Mättekniik AB/ Gammadata Finland Oy	Alfajälki- ilmaisimeen perustuva radonmittauspurkki	8.8.2009	Purkkimittausmenetelmällä voidaan määrittää radonpitoisuuden pitkän ajan keskiarvo. Menetelmä ei sovellu radonpitoisuuden ajallisten vaihteluiden selvittämiseen. Menetelmä on hyväksytty myös asuntojen radonmittauksiin.
Lahden kaupunki	Pylon AB-5	9.9.2010	Jatkuvatoimiset mittalaitteet, joilla voidaan rekisteröidä radonpitoisuuden ajalliset vaihtelut. Laitteet soveltuvat työnaikaisen radonpitoisuuden selvityksiin.
Tampereen ammattikorkeakoulu	AlphaGuard	9.9.2010	
Turun ammattikorkeakoulu	Pylon AB-5	2.4.2010	
Kuopion yliopisto	Pylon AB-5	4.7.2010	
Espoon kaupunki	Pylon AB-5	9.12.2010	
Fortum Power and Heat	AlphaGuard	9.6.2009	

**Taulukko 17.** Henkilökohtaisessa säteilyaltistuksen seurannassa olevan lentohenkilöstön määrä ja lentohenkilöstön kokonaisannos (efektiivisten annosten summa) vuosina 2004–2008.

Vuosi	Työntekijöiden lukumäärä		Kokonaisannos (Sv)	
	Lentäjät	Matkustamohenkilöstö	Lentäjät	Matkustamohenkilöstö
2004	739	1 801	1,19	3,45
2005	739	1 861	1,31	3,80
2006	1 072	2 412	1,73	4,35
2007	1 125	2 583	2,30	5,61
2008	1 206	2 562	2,45	5,93



**Taulukko 18.** NIR-laboratorion suoritteet vuosina 2000–2008.

Vuosi	Viranomais-tarkastukset	Päätökset	Lausunnot	Kalibroinnit ja testaukset	Turvallisuus-arvioinnit ja säteilymittaukset	Yhteensä
2000	17	0	7	31	1	56
2001	23	2	16	27	9	77
2002	36	1	4	31	13	85
2003	49	0	3	23	11	86
2004	55	3	1	30	12	101
2005	66	1	1	25	31	124
2006	48	1	7	17	7	80
2007	64	3	3	33	17	120
2008	67	5	6	46	24	148

**Taulukko 19.** Solariumien käyttöpaikkatarkastukset vuosina 2000–2008.

Vuosi	Lukumäärä (kpl)
2000	14
2001	17
2002	36
2003	31
2004	30
2005	36
2006	25
2007	31
2008	26

**Taulukko 20.** Matkapuhelimien SAR-testaukset vuosina 2003–2008.

Vuosi	Testin lukumäärä (kpl)
2003	12
2004	18
2005	15
2006	15
2007	15
2008	10

Vuonna 2008 valmistuivat seuraavat julkaisut, joissa tekijänä tai tekijöinä oli STO:n tai NIRin työntekijöitä:

### Kansainväliset julkaisut

Aarnio PA, Ala-Heikkilä JJ, Isolankila A, Kuusi A, Moring M, Nikkinen M, Siiskonen T, Toivonen H, Ungar K, Zhang W. LINSSI: Database for gamma-ray spectrometry. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 2008; 276 (3): 631–637.

O'Connor U, Dowling A, Larkin A, Sheahan N, Gray L, Gallagher A, O'Reilly G, Kosunen A, Zdesar U, Malone JF. Development of training syllabi for radiation protection and quality assurance of dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) systems. *Radiation Protection Dosimetry* 2008; doi:10.1093/rpd/ncn088.

Hülsen G, Gröbner J, Bais A, Blumthaler M, Disterhoff P, Johnsen B, Lantz KO, Meleti C, Schreder J, Vilaplana Guerrero JM, Ylianttila L. Intercomparison of erythematous broadband radiometers calibrated by seven UV calibration facilities in Europe and the USA. *Atmos. Chem. Phys.* 2008; 8: 4865–4875.

Ilvonen S, Toivonen T, Toivo T, Uusitupa T, Laakso I. Numerical specific absorption rate analysis and measurement of a small indoor base station antenna. *Microwave and Optical Technology Letters* 2008; 50: 2516–2521.

Järvinen H, Buisson N, Clerinx P, Jansen J, Miljanic S, Nikodemová D, Ranogajec-Komor M, d'Errico F. Overview of double dosimetry procedures for the determination of the effective dose to the interventional radiology staff. *Radiation Protection Dosimetry* 2008; 129 (1-3): 333–339.

Kapanen M, Sipilä P, Bly R, Järvinen H, Tenhunen M. Accuracy of central axis dose calculations for photon external radiotherapy beams in Finland: The quality of local beam data and the use of averaged data. *Radiotherapy and Oncology* 2008; 86: 264–271.

Kojo K, Lahtinen T, Oikarinen A, Oivanen T, Aartama M, Pastila R. Reliability and validity of bioimpedance measurement device in the assessment of UVR damage to the skin. *Arch. Dermatol. Res.* 2008; 300: 253–261.

Keyriläinen J, Fernández M, Karjalainen-Lindsberg M-L, Virkkunen P, Leidenius M, von Smitten K, Sipilä P, Fiedler S, Suhonen S, Suortti P, Bravin A. Toward high-contrast breast CT at low radiation dose. *Radiology* 2008; 249: 321–327.

Kännälä S, Puranen L, Sihvonen A-P, Jokela K. Measured and computed induced body currents in front of an experimental RF dielectric heater. *Health Physics* 2008; 94: 161–169.

Malisan MR, Padovani R, Faulkner K, Malone JF, Vano E, Jankowski J, Kosunen A. Proposal for patient database on cardiac interventional exposures for epidemiological studies. *Radiation Protection Dosimetry* 2008; doi:10.1093/rpd/ncn036.

Meinander O, Kontu A, Lakkala K, Heikkilä A, Ylianttila L, Toikka M. Diurnal variations in the UV albedo of arctic snow. *Atmos. Chem. Phys.* 2008; 8: 6551–6563.

Niittymäki H, Hakanen A, Rautio S, Järvinen H. Portable TL dosimeter – ESD phantom combination for chest and lumbar spine radiography. *Radiation Protection Dosimetry* 2008; 130: 224–227; doi:10.1093/rpd/ncm492.

Pöllänen R, Siiskonen T. Direct high-resolution alpha spectrometry from nuclear fuel particles in an outdoor air sample. *Radiation Protection Dosimetry* 2008; 124: 454–463.

Siiskonen T, Pöllänen R, Karhunen T. A versatile simulation code for alpha spectrometry: development of the graphical user interface and applications. *Esarda Bulletin* 2008; 40: 26–30.

Siiskonen T, Tapiovaara M, Kosunen A, Lehtinen M, Vartiainen E. Occupational radiation doses in

interventional radiology: simulations. *Radiation Protection Dosimetry* 2008; 129: 36–38.

Smans K, Tapiovaara M, Cannie M, Struelens L, Vanhavere F, Smet M, Bosmans H. Calculation of organ doses in x-ray examinations of premature babies. *Med. Phys.* 2008; 35 (2): 556–568.

Smans K, Vaño E, Sanchez R, Schultz FW, Zoetelief J, Kiljunen T, Maccia C, Järvinen H, Bly R, Kosunen A, Faulkner K, Bosmans H. Results of a european survey on patient doses in paediatric radiology. *Radiation Protection Dosimetry* 2008; doi:10.1093/rpd/ncn031.

Tapiovaara MJ. Review of relationships between physical measurements and user evaluation of image quality. *Radiation Protection Dosimetry* 2008; 129 (1-3): 244–248; doi:10.1093/rpd/ncn009.

Toivonen T, Toivo T, Pitkäaho R, Puranen L, Silfverhuth M, Mennander A, Hannula M, Hyttinen J, Jokela K. Setup and dosimetry for exposing anaesthetised pigs *in vivo* to 900 MHz GSM mobile phone fields. *Bioelectromagnetics* 2008; 29: 363–370.

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

Toroi P, Komppa T, Kosunen A. A tandem calibration method for kerma-area product meters. *Phys. Med. Biol.* 2008; 53: 4941–4958.

Toroi P, Komppa T, Kosunen A, Tapiovaara M. Effects of radiation quality on the calibration of kerma-area product meters in x-ray beams. *Phys. Med. Biol.* 2008; 53: 5207–5221.

Vähävihu K, Ylianttila L, Salmelin R, Lamberg-Allardt C, Viljakainen H, Tuohimaa P, Reunala T, Snellman E. Heliotherapy improves vitamin D balance and atopic dermatitis. *British Journal of Dermatology* 2008; 158: 1323–1328.

## Proceedings-julkaisut

Bly R, Järvinen H, Almen A, Einarsson G, Friberg EG, Leitz W, Olerud H, Waltenburg H, Widmark A. Current activities of the Nordic Working Group on X-ray diagnostics [abstract]. In: Nordic Society for Radiation Protection – NSFS. Proceedings of the NSFS XV conference in Ålesund Norway, 26–30 of May 2008. *Strålevern Rapport 2008: 13*. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority; 2008. p. 29–30.

Godske Friberg E, Almen A, Einarsson G, Järvinen H, Leitz W, Waltenburg H, Bly R. Dose from pediatric CT examinations and level of optimization of the scan protocols in the Nordic countries. In: Nordic Society for Radiation Protection – NSFS. Proceedings of the NSFS XV conference in Ålesund Norway, 26–30 of May 2008. *Strålevern Rapport 2008:13*. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority; 2008. p. 41–50.

Korpela H, Niemelä J. Survey on quality control measurements for nuclear medicine imaging equipment in Finland in 2006. In: Proceedings. IRPA 12 – Strengthening Radiation Protection Worldwide. The 12<sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association. 2008 Oct 19–24; Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Radioprotección; 2008. [CD-ROM, TS III.3.3: 675 (9 pp.)]

Lehtinen M, Ansaranta T, Havukainen R. Trends and dose distributions for occupational radiation exposure in Finland. In: Proceedings. IRPA 12 – Strengthening Radiation Protection Worldwide. The 12<sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association. 2008 Oct 19–24; Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Radioprotección; 2008. [CD-ROM, TS II.2.3: 655 (10 pp.)]

Nieminen K. Extended abstract: A practical method for determination of patient doses in computed tomography. Tenth National Conference on Biomedical Physics and Engineering 16–18 October 2008, Sofia, Bulgaria.

Pöllänen R, Siiskonen T. Direct high-resolution alpha spectrometry for identifying transuranium elements in outdoor air. In: Proceedings of the International Conference on Monitoring, Assessments and Uncertainties for Nuclear and Radiological Emergency Response. 2005 Nov 21–25, Rio de Janeiro, Brazil. [CD-ROM]

Tenkanen-Rautakoski P, Järvinen H, Bly R. Estimation of the collective effective dose to the population from medical x-ray examinations in Finland. In: Proceedings. IRPA 12 – Strengthening Radiation Protection Worldwide. The 12<sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association. 2008 Oct 19–24; Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Radioprotección; 2008. [CD-ROM, TS III.3.1: 690 (6 pp.)]

### Tutkimusjulkaisut

Kiljunen T. Patient doses in CT, dental cone beam CT and projection radiography in Finland, with emphasis on paediatric patients. Academic dissertation. STUK-A232. Helsinki: STUK; 2008.

Siiskonen T. Syöpäriski säteilyhaittana: riskilaskentaohjelmisto. STUK-TR 6. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008.

Tapiovaara M, Siiskonen T. PCXMC 2.0, User's Guide. STUK-TR 7. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008.

Tapiovaara M, Siiskonen T. PCXMC, A Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations (2nd ed.). STUK-A231. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008.

Tapiovaara T, Tapiovaara M, Siiskonen T, Hakanen A. Säteilyturvakeskuksen Dosimetrialaboratorion röntgensäteilyn vakiolaatujen spektrit. STUK-TR 2. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008.

Tapiovaara M, Tapiovaara T. Spektripaja (2.0) -ohjelman käyttöohje ja validointi. STUK-TR 3. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008.

Toroi P, Komppa T, Kosunen A. Annoksen ja pinta-alan tulon mittaaminen. STUK-TR 4. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008.

### Valvontaraportit

Rantanen E (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2007. STUK-B 90. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008.

Korpela H. Radioaktiivisten lääkevalmisteiden käyttö Suomessa vuonna 2006. STUK-B 93. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008.

Rantanen E (ed.). Radiation Practices. Annual Report 2007. STUK-B 95. Helsinki: STUK; 2008.

### Viranomaisohjeet

#### Suomenkieliset

Säteilytoiminta ja säteilymittaukset. Ohje ST 1.9. Säteilyturvakeskus (17.3.2008).

Tarkastus- ja analyysiröntgenlaitteiden käyttö. Ohje ST 5.2. Säteilyturvakeskus (26.9.2008).

Säteilylähteiden kauppa. Ohje ST 5.4. Säteilyturvakeskus (19.12.2008).

Säteilyturvallisuus avolähteiden käytössä. Ohje ST 6.1. Säteilyturvakeskus (17.3.2008).

Annosrekisteri ja tietojen ilmoittaminen. Ohje ST 7.4. Säteilyturvakeskus (9.9.2008).

#### Ruotsinkieliset

Strålningsverksamhet och strålningsmätningar. Direktiv ST 1.9. Strålsäkerhetscentralen (17.3.2008).

Strålsäkerheten hos apparater med slutna källor. Direktiv ST 5.1. Strålsäkerhetscentralen (7.11.2007).

Användning av kontroll- och analysröntgenapparater. Direktiv ST 5.2. Strålsäkerhetscentralen (26.9.2008).

Strålsäkerhet vid användning av öppna källor. Direktiv ST 6.1. Strålsäkerhetscentralen (17.3.2008).

Dosregister och anmälan av uppgifter. Direktiv ST 7.4. Strålsäkerhetscentralen (9.9.2008).

Strålsäkerheten vid storeffektlasrar som används i underhållning. Direktiv ST 9.4. Strålsäkerhetscentralen (28.2.2007).

### Englanninkieliset käännökset

Radiation Practices and Radiation Measurements. Guide ST 1.9. STUK (17 Mar. 2008).

X-ray Examinations in Health Care. Guide ST 3.3. STUK (20 Mar. 2006).

The Use of Control and Analytical X-ray Apparatus. Guide ST 5.2. STUK (26 Sep. 2008).

Radiation Safety when Using Unsealed Sources. Guide ST 6.1. STUK (17 Mar. 2008).

Dose Register and Reporting of Data. Guide ST 7.4. STUK (9 Sep. 2008).

### Muut julkaisut

Bly R. Säteilysuojelun perussuositukses 2007. Kirjassa: Luennot. XXXII Sädeturvapäivät Tampere-talossa. Tampere 23.–24.10.2008. Tampere: Lege Artis Oy; 2008. s. 72–76.

Nieminen K. Uutta STUK:n ohjeista, päätöksistä ja oppaista 2008. Kirjassa: Luennot. XXXII Sädeturvapäivät Tampere-talossa. Tampere 23.–24.10.2008. Tampere: Lege Artis Oy; 2008. s. 77–82.

Parviainen T. Henkilökunnan annokset. Kirjassa: Luennot. XXXII Sädeturvapäivät Tampere-talossa. Tampere 23.–24.10.2008. Tampere: Lege Artis Oy; 2008. s. 37–41.

Pirinen M. Säteilysuojelun perusasiat: oikeutus, optimointi, vastuut, pätevyudet ja täydennyskoulutus. Kirjassa: Luennot. XXXII Sädeturvapäivät Tampere-talossa. Tampere 23.–24.10.2008. Tampere: Lege Artis Oy; 2008. s. 93–95.

Toroi P. Suodatuksen vaikutus röntgentutkimuksissa. Kirjassa: Luennot. XXXII Sädeturvapäivät Tampere-talossa. Tampere 23.–24.10.2008. Tampere: Lege Artis Oy; 2008. s. 83–86.

### Alara-lehti

Järvinen H. Kliinisellä auditoinnilla parempiin tutkimus- ja hoitokäytäntöihin. Alara 2008; 3: 8.

Venelampi E. Radioaktiivisella merkkiaineella parannetaan teollisuusprosessia. Alara 2008; 1: 21.

### Opinnäytteet

Ks. Tutkimusjulkaisut: Kiljunen T.

### Tiedotteet ja esitteet

Lasten röntgentutkimuskriteerit. STUK tiedottaa 1/2008. Helsinki; Säteilyturvakeskus: 2008.

Terveysthuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaopas. STUK tiedottaa 2/2008. Helsinki; Säteilyturvakeskus: 2008.

**LIITE 3****ST-OHJEET. TILANNE 31.12.2008****Yleiset ohjeet**

- ST 1.1 Säteilytoiminnan turvallisuusperusteet, 23.5.2005
- ST 1.3 Säteilylähteiden varoitusmerkinnät, 16.5.2006
- ST 1.4 Säteilyn käyttöorganisaatio, 16.4.2004
- ST 1.5 Säteilyn käytön vapauttaminen turvallisuusluvasta ja ilmoitusvelvollisuudesta, 1.7.1999
- ST 1.6 Säteilysuojelutoimet työpaikalla, 29.12.1999
- ST 1.7 Säteilysuojelukoulutus terveydenhuollossa, 17.2.2003
- ST 1.8 Säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivien henkilöiden pätevyys ja pätevyyden edellyttämä säteilysuojelukoulutus, 16.4.2004
- ST 1.9 Säteilytoiminta ja säteilymittaukset, 17.3.2008

**Sädehoito**

- ST 2.1 Sädehoidon laadunvarmistus, 22.5.2003
- ST 2.2 Sädehoitolaiteiden ja -tilojen säteilyturvallisuus, 2.2.2001

**Lääketieteellinen röntgentutkimus**

- ST 3.1 Hammasröntgenlaitteiden käyttö ja valvonta, 27.5.1999
- ST 3.2 Mammografialaitteet ja niiden käyttö, 13.8.2001
- ST 3.3 Röntgentutkimukset terveydenhuollossa, 20.3.2006
- ST 3.6 Röntgentilojen säteilyturvallisuus, 24.9.2001
- ST 3.7 Mammografiaan perustuva rintasyöpäseulonta, 28.3.2001

**Teollisuus, tutkimus, opetus ja kaupallinen toiminta**

- ST 5.1 Umpilähteiden ja niitä sisältävien laitteiden säteilyturvallisuus, 7.11.2007
- ST 5.2 Tarkastus- ja analyysiröntgenlaitteiden käyttö, 26.9.2008
- ST 5.3 Ionisoivan säteilyn käyttö fysiikan ja kemian opetuksessa, 4.5.2007
- ST 5.4 Säteilylähteiden kauppa, 19.12.2008

- ST 5.6 Säteilyturvallisuus teollisuusradiografiassa, 17.2.1999

- ST 5.8 Säteilylaitteiden asennus-, korjaus- ja huolto-työ, 4.10.2007

**Avolähteet ja radioaktiiviset jätteet**

- ST 6.1 Säteilyturvallisuus avolähteiden käytössä, 17.3.2008
- ST 6.2 Radioaktiiviset jätteet ja päästöt, 1.7.1999
- ST 6.3 Säteilyn käyttö isotooppilääketieteessä, 18.3.2003

**Säteilyannokset ja terveystarkkailu**

- ST 7.1 Säteilyaltistuksen seuranta, 2.8.2007
- ST 7.2 Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet, 9.8.2007
- ST 7.3 Sisäisestä säteilystä aiheutuvan annoksen laskeminen, 23.9.2007
- ST 7.4 Annosrekisteri ja tietojen ilmoittaminen, 9.9.2008
- ST 7.5 Säteilytyötä tekevien työntekijöiden terveystarkkailu, 4.5.2007

**Ionisoimaton säteily**

- ST 9.1 Solariumlaitteiden säteilyturvallisuusvaatimukset ja valvonta, 1.12.2003
- ST 9.2 Pulssitutkien säteilyturvallisuus, 2.9.2003
- ST 9.3 ULA- ja TV-asemien mastotöiden säteilyturvallisuus, 2.9.2003
- ST 9.4 Yleisöesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteistojen säteilyturvallisuus, 28.2.2007

**Luonnonsäteily**

- ST 12.1 Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa, 6.4.2000
- ST 12.2 Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus, 8.10.2003
- ST 12.3 Talousveden radioaktiivisuus, 9.8.1993
- ST 12.4 Säteilyturvallisuus lentotoiminnassa, 20.6.2005