

7

POIKKEUSTAPAHTUMAT SÄTEILYN KÄYTÖSSÄ

Olavi Pukkila

SISÄLLYSLUETTELO

7.1	Yleistä	334
7.2	Poikkeustapahtumat Suomessa	335
7.3	Poikkeustapahtumat ulkomailla	338
7.4	Poikkeustapahtumien merkitys	341

7.1 | Yleistä

Säteilytoimintaan voi joskus liittyä poikkeuksellisia tapahtumia, joista aiheutuu tai voisi aiheutua huomattavaa säteilyaltistusta ihmisille. Poikkeustapahtumiksi luokitellaan myös radioaktiivista ainetta sisältävän säteilylähteen katoaminen, varastaminen tai heitteillejätö. Tässä luvussa käsitellään vain säteilyn käyttöön liittyviä poikkeustapahtumia; ydinaseisiin ja -laitoksiin liittyviä asioita esitellään tämän kirjasarjan osassa 4 ”Säteilyn terveysvaikutukset”, luku 7 ja osassa 5, ”Ydinturvallisuus”, luku 5.

Poikkeustapahtumat ovat yleensä johtuneet tiedon puutteesta, välinpitämättömydestä, rikollisuudesta tai valvonnan puutteesta. Säteilyn käytön alkuaikoina tällaiset tapahtumat johtuivat käytännöllisesti katsoen aina tiedon puutteesta, koska säteilyn haittavaikutukset eivät olleet yleisesti tunnettuja - vahingot liittyivät yleensä radiumin ja röntgensäteilyn mitä erilaisimpiin käyttökokeiluihin terveyden- ja kauneudenhoidossa. Yrityksen ja erehdyksen kautta opittiin, etteivät radium ja röntgensäteily sovellu kauneudenhoitoon ja että niitä on käytettävä huolellisen hoitosuunnitelman mukaisesti, jotta välttyttäisiin aiheuttamasta vakavia säteilyvammoja.

Keinotekoisten radionuklidien tultua 1950- ja 1960-luvuilla markkinoille alkoi säteilylähteiden määrä ja poikkeustapahtumien riski uudestaan kasvaa. EU:n komissio on esittänyt arvion, että näitä säteilylähteitä oli hankittu silloisiin viiteentoista EU:n jäsenmaahan vuoteen 2002 mennessä noin 500 000 kappaletta. Niistä noin 110 000 on edelleen käytössä. Käytöstä poistetut lähteet aiheuttavat potentiaalisen uhkan, mikäli niiden asianmukaisesta loppusijoituksesta ei huolehdita.

Huolimattomuuden seuraamuksista mainittakoon 1950-luvulla esille tullut tapaus New Yorkista, jossa sädehoidossa käytettyjä, kullalla päällystettyjä radonkapseleita oli sulatettu korutuotantoa varten. Tällaisia radonin hajoamistuotteilla radioaktiivisesti saastuneita koruja on löytynyt kymmenittäin. Vielä niinkin myöhään kuin vuonna 1989 todettiin kolme tapaus, jossa sormus oli aiheuttanut syövän korunkäyttäjän sormeen. Yksi näistä tapauksista paljastui sairaalan työntekijän aiheuttamaksi. Hän oli sulattanut radonkapseleiden kulta-päällystettä ja valanut siitä vaimonsa vihkisormuksen. Omavaltainen toimeliaisuus johti tässä tapauksessa asian ilmituloon vaimon sormeaa amputoitaessa.

Radiumlähteestä emanoituneella radonilla täytettyjä kapseleita käytettiin sädehoitotarkoituksiin useissa maissa 1920–1970-luvuilla. STUKin tietojen mukaan Suomessa ei tällaisia käytetty. Suomessa on ollut sairaaloiden käytössä 1950-luvun alusta lukien noin viisi grammaa radiumia satoihin neuloihin, sauvoihin ja levyihin sijoitettuna. Nämä radiumlähteet siirrettiin 1990-luvun puolivälissä STUKin valvomaan varastoon.

7.2 Poikkeustapahtumat Suomessa

Säteilyasetuksen mukaan STUKille on ilmoitettava viivytyksettä säteilyn käyttöön liittyvästä poikkeavasta tapahtumasta, jonka seurauksena turvallisuus vaarantuu merkittävästi säteilyn käyttöpaikalla tai sen ympäristössä. Samoin on ilmoitettava säteilylähteen katoamisesta, anastuksesta tai muulla tavoin joutumisesta pois turvallisuusluvan haltijan hallusta. Ilmoitus on tehtävä myös muista poikkeavista havainnoista ja tiedoista, joilla on olennaista merkitystä säteilyturvallisuuden kannalta.

Edellä mainittujen ilmoitusten systemaattinen dokumentointi alkoi vuonna 1990. Yhteenvedon ajalta 1990–2003 voidaan todeta, että STUKille ei ole tullut yhtään ilmoitusta vakavaa terveyshaittaa aiheuttaneesta säteilytapahtumasta. Tätä edeltävältä STUKin olemassaolon ajalta 1958–1989 ei myöskään tietävästi ole tullut yhtään tällaista ilmoitusta.

Sairaaloiden ja muiden terveydenhuollon yksiköiden velvollisuus on tehdä ilmoitus potilaan hoidossa tai tutkimuksessa käytetyn laitteen tai välineen aiheuttamasta vaaratilanteesta. Nämä ilmoitukset tehtiin aiemmin lääkintöhallitukselle ja nykyään vuodesta 1991 alkaen Lääkelaitokselle. Vaaratilanneilmoitusten joukossa ei ole ollut tietoja potilaiden tai henkilökunnan poikkeuksellisen suuresta säteilyaltistuksesta. Säteilylaitteiden osalta ne ovat yleensä koskeneet mekaanisiin liikkeisiin ja lukituksiin liittyviä vaaratilanteita, jotka ovat aiheuttaneet potilaille ruhjevammoja ja haavoja. Vuonna 1987 säädettiin potilasvahinkolaki. Sen perusteella tehtyjen, säteilyvahinkoja koskevien korvaushakemusten joukossa on ollut vain muutama vakava sädehoitoon liittyvä hoitovirhe, vaikka sädehoitoa on annettu vuoden 1987 jälkeen yli 200 000 potilaalle.

Teollisuus- ja tutkimustoimintaan liittyviä poikkeustapahtumia on vuosittain ilmoitettu STUKin tarkastajille muutamia tapauksia 1960-luvul-

ta alkaen. Näissä tapahtumissa altistuneiden henkilöiden efektiiviset annokset ovat olleet poikkeuksetta vuosiansarajoja pienempiä ja yleensä vain harvoin suurempia kuin annos, jonka saa taustasäteilystä muutamassa päivässä. Pahimmillaan näistä tapahtumista on aiheutunut muutamalle henkilölle sormien säteilypalovammoja (katso tämän kirjasarjan osa 4 ”Säteilyn terveysvaikutukset”, luku 4.2). Uhkavimmat tilanteet ovat aiheutuneet ohjausvaijerista irronneista tai kuvauskohteeseen kiinni juuttuneista teollisuusradiografian gammalähteistä. Tällaisissa tapauksissa laitteiden käyttäjät ovat hälyttäneet yleensä STUKin tarkastajan siirtämään gammalähteen takaisin säteilysuojuksen sisälle, jolloin suurilta altistuksilta on välttytty.

Laiminlyönneistä ja tietämättömyydestä aiheutunutta säteilyvaaratilannetta ei aina ymmärretä tai katsota tarpeelliseksi ilmoittaa viranomaisille. Niitä ei varmaankaan edes osata aina tunnistaa. Jokseenkin varmaa on kuitenkin, että terveyden kannalta merkittävät, akuutteja säteilyvammoja aiheuttaneet tapahtumat ovat olleet harvinaisia Suomessa. Yhtä varmaa on, että vuosittain tapahtuu useita ”läheltä piti”-tilanteita, joista muutamat ovat aiheuttaneet normaalista poikkeavaa, pientä säteilyaltistusta säteilyn käyttäjille tai säteilylähteen vaikutuspiiriin tulleille ulkopuolisille henkilöille.



KUVA 7.1 Romukentältä löydetty säteilylähde

Kesellä kuvaa on pintakytkimen ^{60}Co -lähde suojuksineen. Se joutui vahingossa selluloosa-tehtaan keittimen mukana romuliikkeen romukentälle. Asian tultua ilmi säteilylähteen paikka pystyttiin jäljittämään, ja lähde löydettiin säteilymittausten avulla romukentältä. Säteilyonnettomuudelta välttyttiin, koska säteilylähteen sisältävää laitetta ei ollut sulatettu tai purettu.

Säteilyn käyttöön liittyvät huomionarvoiset poikkeustapahtumat on vuodesta 1990 alkaen vuosittain esitetty STUKin julkaisemissa, säteilyn käyttöä kuvaavissa raporteissa (STUK-B-STO-sarja). Niissä on esitetty myös poikkeustapahtumien syyt ja toimenpiteet, joihin kunkin tapahtuman johdosta on ryhdytty. Vuosien 1990–2002 aikana on raportoitu tällaisia tapahtumia yhteensä 100 kappaletta. Näistä 42 on tapahtunut terveydenhuollossa ja 58 muussa toiminnassa. Yhdessäkään tapauksessa ei ole ilmennyt säteilyasetuksessa annettujen annosrajojen ylityksiä. Altistuneita työntekijöitä, joiden annoksen on arvioitu ylittäneen yhden millisievertin, on ollut 16 kappaletta. Suurimman efektiivisen annoksen on arvioitu olleen 25 mSv. Potilaiden terveydentilaa uhkaavat tapaukset ovat yleisimmin liittyneet sädehoitoon. Näillä tapahtumilla ei yleensä kuitenkaan ole katsottu olleen oleellista merkitystä hoitotulokseen. Röntgen- ja isotooppitutkimuksissa on kummassakin joutunut kaksi potilasta vaara- tai poikkeustilanteeseen edellä mainitun ajanjakson aikana.

Taulukossa 7.1 on esitetty STUKin raportoimat poikkeustapahtumat säteilyn käytössä eri toimialoilla vuosina 1990–2002.

Vuosi	Terveydenhuolto			Muu kuin terveydenhuolto			
	Sädehoito	Isotooppi-lääketiede	Röntgen-diagnostiikka	Teollisuus-radio-grafia	Radio-metrinen laitteiden käyttö	Avolähteiden käyttö	Säteily-lähteiden kuljetus ja säilytys
1990		2		3	1	2	2
1991	1		3	2	3		1
1992	1		2		3		2
1993	1	1		1			1
1994	1	1		2	1		
1995	1	2		1	2		
1996	5			2	1		3
1997		2		1			
1998	1		1	1	4		
1999		1		1			
2000		1	1	1	3		4
2001	5	3	1	3	1	1	1
2002	1	4			2	1	1
Yht.	17	17	8	18	21	4	15

TAULUKKO 7.1 Säteilyn käyttöön liittyvät poikkeustapahtumat STUKille tehtyjen ilmoitusten mukaan 1990–2002

7.3 Poikkeustapahtumat ulkomailla

Säteilytoiminnan alkuaikojen poikkeustapahtumista on jäänyt jälkipolville hajanaista ja aiheutuneiden annosten osalta epämääräistä tietoa. On hyvin luultavaa, että vain vähäinen osa tapahtumista on dokumentoitu. Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA on 1990-luvulla alkanut kiinnittää jäsenmaittensa huomion poikkeustapahtumiin laatimalla niistä raportteja ja järjestämällä niiden ennaltaehkäisyä edistäviä kansainvälisiä kokouksia. Erityistä huolta ovat herättäneet radioaktiivisten aineiden varkaudet, salakuljetus ja heitteillejätö, jotka ovat lisääntyneet 1990-luvulla ja joista on muodostunut jopa globaalinen uhkatekijä. IAEA oli todennut, että yli sadasta maasta puuttuu säteilylähteiden ja radioaktiivisten aineiden tehokkaan valvonnan edellyttämä infrastruktuuri ja että noin kuusikymmentä maata ei ole liittynyt IAEA:n jäseneksi.

Maailmanlaajuista poikkeustapahtumien tiedostoa ei ole olemassa, mutta IAEA on esimerkiksi julkaissut (IAEA BULLETIN, 41/3/1999) listan tietoonsa tulleista merkittävimmistä säteilyonnettomuuksista vuosilta 1945–1999. Maailman tullijärjestö WCO on vuosilta 1993–1998 raportoinut 234 varmistettua tullien tekemää radioaktiivista ainetta koskevaa takavarikointia. USA:ssa ydinaineiden viranomainen NRC (Nuclear Regulatory Commission) raportoi 1990-luvulla vuosittain noin kahdestasadasta kadonneesta, varastetusta tai hylätystä radioaktiivisesta säteilylähteestä, mutta sikäläiset viranomaiset arvioivat, että paljastumatta jääneet tapaukset ylittävät tämän luvun. NRC:n tiedostossa oli 1990-luvun lopulla yli 2 300 raporttia romutettavan metallin seasta löytyneistä radioaktiivisista säteilylähteistä. Euroopan unionissa on myös havahduttu radioaktiivista ainetta sisältävien umpilähteiden aiheuttamaan säteilyonnettomuusriskiin. Euroopan Unionissa onkin vuonna 2004 hyväksytty korkea-aktiivisten, radioaktiivista ainetta sisältävien umpilähteiden valvontaa koskeva direktiivi, jolla pyritään onnettomuuksien ehkäisemiseen.

Edellä mainitulla IAEA:n listalla on yhteensä 136 merkittäväksi luonnehdittua säteilyonnettomuutta. Niissä altistui suurille, annosrajat ylittävälle annoksille yhteensä ainakin 674 henkilöä, joista 104 kuoli akuutteihin säteilyvammoihin. Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuus vuonna 1986 on ollut toistaiseksi näistä pahin. Siinä kuoli säteilyvammoihin 28 henkilöä (katso tämän kirjasarjan osa 4 ”Säteilyn terveysvaikutukset”, jossa on kuvattu yksityiskohtaisesti Tshernobylin turman terveysvaikutuksia). Toiseksi ja kolmanneksi pahimmat onnettomuudet liitty-

vät sädehoitoon: Costa Ricassa 13 kuollutta vuonna 1996 ja Espanjassa 11 kuollutta vuonna 1990. Seuraavassa muutama esimerkki Tshernobylin jälkeen tapahtuneista vakavista poikkeustapahtumista.

Brasilian Goiانيassa syöpäklinikka muutti uusiin tiloihin vuonna 1985 jättäen jälkeensä sädehoidossa käytetyn ^{137}Cs -lähteen. Vuonna 1987 kaksi jätteiden keräilyä vei hylätyn säteilylähteen kotiinsa ja purkivat sitä ympäröiviä metalliosia. Tällöin he rikkoivat säteilylähdetta ympäröivän kapselin, jonka seurauksena he ja lähes 300 ihmistä kontaminoituvat. Cesiumsuolapulveria levisi ympäristöön ja joutui ruoan mukana elimistöön. Jotkut lapset ja aikuiset hieroivat sitä iholleen hohtavan värin vuoksi. Seurauksena oli neljä kuollutta, 54 henkilön sairaalahoido, kallis ympäristön puhdistusoperaatio ja yli sadantuhannen henkilön kontaminaatiomittauksen tekeminen.

El Salvadorin San Salvadorissa vuonna 1989, Soreqissa Israelissa vuonna 1990 ja Valko-Venäjän Nesvizissä vuonna 1991 säteilysterilointilaitoksen ^{60}Co -lähteiden kiinnitysteline jäi säteilytysasennossa jumiin. Työntekijät ohittivat varojärjestelmän tai eivät huomioineet varoitussignaalia ja menivät suojarakennuksen sisälle irrottamaan kiinni juuttuneet tuotteet. Seurauksena El Salvadorissa oli kolmesta altistuneesta työntekijästä yhden kuolema ja kahden jalkojen amputointi. Israelissa laitteiston käyttäjä meni itse purkamaan tukosta. Hän kuoli säteilyvammoihin kuukautta myöhemmin. Valko-Venäjällä altistunut työntekijä kuoli tehohoidoista huolimatta 16 viikon kuluttua tapahtumasta. Oppi ei ollut mennyt perille, vaikka vastaavanlainen kuolemantapa oli sattunut aiemmin Norjassa vuonna 1984.

Espanjan Saragosassa vuonna 1990 sädehoitolaitteita valmistavan yrityksen huoltoteknikko teki sädehoitoklinikan lineaarikiihdyttimelle asiattoman ohituskytkennän, jotta hoitoja pystyttiin jatkamaan. Hoitohenkilökunta unohti ilmoittaa asiasta sairaalafyysikoille, jotka vasta kaksi viikkoa tapahtuman jälkeen totesivat lineaarikiihdyttimen annosnopeuden kasvaneen noin kymmenkertaiseksi virheellisen korjaustyön johdosta. Tänä aikana oli hoidettu 27 potilasta, joista ainakin 11 kuoli säteilyvammoihin.

Kiinassa 1992 ohikulkija löysi kadonneen, teollisuudessa käytetyn ^{60}Co -lähteen ja vei sen kotiinsa. Kahdeksasta eniten altistuneesta henkilöstä kolme kuoli. Vastaavanlaisia tapauksia on tapahtunut ennen ja jälkeen tämän löydön. Marokossa 1984 satunnainen kulkija löysi maasta teollisuusradiografialaitteen ohjausvaijerista irronneen ^{192}Ir -lähteen.

Hän vei sen kotiinsa aiheuttaen oman ja seitsemän sukulaisten kuoleman. Perussa vuonna 1999 asiaa ymmärtämätön työntekijä pisti taskuunsa samanlaisen lähteen, jonka hän oli irrotanut vartioimatta jääneestä kuvauslaitteesta. Altistunut henkilö sai paikallisesti noin 100 grayn annoksen. Hänen jalkansa amputoitiin ja hänet siirrettiin Ranskaan saamaan erikoishoitoa.

Läpivalaisuohjauksessa tehdyt radiologiset toimenpiteet aiheuttivat vuosina 1992–1994 USA:ssa viranomaiselle (Food and Drug Administration, FDA) tehtyjen ilmoitusten mukaan 25 potilaalle säteilyn aiheuttaman ihovamman. Ilmoittamatta jääneiden tapausten määrä saattaa olla huomattavan suuri. Toimenpideradiologia on jo monta vuotta ollut vahvassa kasvussa kaikissa taloudellisesti kehittyneissä maissa, joten nykyään tällaisia vammoja aiheutetaan maailmassa vuosittain todennäköisesti kymmenittäin.

Viron Tammikussa vuonna 1994 kolme veljestä anastivat vartioimattomasta radioaktiivisten aineiden varastosta ^{137}Cs -lähteen. Yksi heistä kuoli ja muut veljekset sekä kuolleen omaiset saivat säteilyvammoja. Kuolleen miehen reiden annokseksi arvioitiin 1 830 Gy. Asiasta lisää tämän kirjasarjan 4. osassa ”Säteilyn terveysvaikutukset”, luku 4.2.

Costa Rican San Joséssa vuonna 1996 sairaalafyysikko arvioi väärin sädehoitoon käytetyn kobolttikeilahoitolaitteen säteilylähteen uusinnan jälkeisen säteilytuoton. Annosnopeus oli 50–60 prosenttia hänen arviotiaan suurempi. Laitteella ehdittiin hoitaa 115 potilasta ennen tilanteen huomaamista. Näistä potilaista 42 kuoli yhdeksän kuukauden sisällä sädehoidosta. Henkiin jääneistä monilla oli ilmeisiä säteilyvammoja.

IAEA on listannut vuosilta 1990–1998 yhteensä 43 tapausta, jossa radioaktiivista materiaalia on joutunut sulatettavan metallin joukkoon. Vuonna 1998 esimerkiksi Espanjan Algecirasissa sulatettavan metallin joukkoon oli joutunut aktiivisuudeltaan 4 500 GBq ^{137}Cs -lähde, jonka alkuperä ja kulkeutumistie sulatettavan metallin sekaan jäivät tuntemattomiksi. Tässä tapauksessa sulatuksessa kontaminoitui 270 tonnia terästä ja ilmakehään tullut päästö oli cesiumlaskeumana havaittavissa monissa Euroopan maissa. Päästö huolestutti suhteellisen vähäisestä määrästäan huolimatta paikallisia asukkaita. Kuudesta henkilöstä löytyi hieman cesiumia, kun noin 400 henkilön mahdollinen sisäinen kontaminaatio mitattiin. Puhdistustoimet, tuotannon keskeytys, radioaktiivisen jätteen käsittely ja muut toimenpiteet aiheuttivat arviolta noin 26 miljoonan euron kustannukset.

Georgiassa Lilon kylässä Tbilisin lähellä havaittiin vuonna 1997 harjoitusleirillä olleilla yhdellätoista rajavartijalla oireita ja vammoja, jotka osoittautuivat säteilyperäiseksi. Asiaa selvitettäessä löydettiin hylättyjä säteilylähteitä rajavartijoiden käyttämistä entisen Neuvostoliiton armeijan parakeista. Heidät lähetettiin henkeä pelastavaan hoitoon Saksaan ja Ranskaan. Tuolloin IAEA käynnisti Georgiassa avustusohjelman säteilylähteiden löytämiseksi. Vuoden 2002 alkuun mennessä eri puolilta maata oli löytynyt yli 70 hylättyä säteilylähdettä. Näiden joukossa oli kuusi termosähköistä generaattoria, jotka kukin sisälsivät aktiivisuudeltaan 740–5 550 TBq ⁹⁰Sr-lähteen. Kaksi näistä löytyi traagisesti jouluna 2001, kun kolme polttopuiden keräilijää havaitsi ne metsässä ja päättivät yöpyä pitäen niitä lämmittiminään. Muutaman tunnin kulluttua he alkoivat voida pahoin ja muutaman päivän päästä heille tuli vakavia säteilyvammoja; kahdelle miehistä ne osoittautuivat hengenvaarallisiksi.

Termosähköisiä generaattoreita on yleensä käytetty ja käytetään edelleen radio- ja merimajakoiden virtalähteinä erityisesti entiseen Neuvostoliittoon kuuluvissa maissa. Tällaisia generaattoreita on valmistettu useita satoja kappaleita, joista tuntematon määrä on edelleen hylättyinä tuntemattomassa paikassa. Lehtitietojen (HS 16.4.2003) perusteella Suomenlahdella arvioidaan olevan satakunta ⁹⁰Sr-lähteen avulla toimivaa Riteg-majakkaa, joista ainakin kaksi on joutunut romumetallia etsineiden varkaiden purkamiksi ja aiheuttanut varkaille vakavia säteilyvammoja tai kuoleman. Vielä näitäkin huolestuttavampia ovat maataloustuotannon käytöstä poistetut, voimakkaat ¹³⁷Cs-lähteet (130 TBq), joita on löytynyt epämääräisistä varastoista. Toivoa sopii, ettei niitä kulkeudu esimerkiksi sulatettavan metalliromun joukkoon ja että mahdolliselta ympäristökatastrofilta vältytään. Yhden tällaisen säteilylähteen aktiivisuus on noin 30-kertainen edellä mainittuun, Algecirasissa sulatettuun lähteeseen verrattuna.

7.4 | Poikkeustapahtumien merkitys

Säteily on ollut hyötykäytössä yli sata vuotta, jonka kuluessa säteilylaitteiden käyttöturvallisuutta on jatkuvasti parannettu ja tieto sekä yleinen tietoisuus säteilyn haittavaikutuksista on tuntuvasti lisääntynyt. Tästä huolimatta säteilyn käytössä sattuu silloin tällöin sellaisia onnettomuuksia, joissa ihmisiä vammautuu tai menehtyy. Tällaisten tapahtumien sekä niissä vammautuneiden ja menehtyneiden ihmisten määrä on kuitenkin varsin pieni verrattaessa esimerkiksi tulipalojen, säh-

köiskujen ja kaivosonnettomuuksien seuraamuksiin, puhumattakaan liikenneonnettomuuksista.

Poikkeustapahtumissa ihmisiä vammauttavat, suuret säteilyannokset ovat harvinaisia. IAEA:n ja WHO:n esittämän tilastotiedon mukaan toisen maailmansodan jälkeen säteily on vammauttanut noin 3 000 henkilöä. Tällöin on ollut kyse yli yhden grayn annoksista. Alle yhden grayn annoksella ei ole välittömiä terveysvaikutuksia (katso tämän kirjasarjan osan 4 ”Säteilyn terveysvaikutukset” luku 4). Yleensä poikkeustapahtumissa altistuneiden henkilöiden annokset ovat pieniä, jolloin mahdollisena terveyttä uhkaavana tekijänä on suurentunut riski sairastua syöpään.

STUKin poikkeustapahtumia koskevan raportoinnin mukaan viimeksi kuluneiden kymmenen vuoden aikana efektiiviset annokset sädehoitoa lukuun ottamatta ovat olleet yleensä alle 1 mSv:n suuruisia. Yhden millisievertin efektiivinen annos (joka vastaa esimerkiksi maaperästä ja avaruudesta tulevan gammasäteilyn aiheuttamaa vuotuista annosta) lisää vain hieman yksittäisen henkilön syöpäkuoleman riskiä. Tällaisesta altistuksesta työikäiselle ihmiselle aiheutuva syöpäkuoleman riski olisi ICRP:n arvion mukaan noin 1:25 000. Muista syistä aiheutuva 20 prosentin suuruinen syöpäkuoleman riski nousisi tällaisen annoksen jälkeen noin 20,004 prosenttiin. Tällaisen pienen annoksen

Kuoleman aiheuttaja	Riski kuolla vuoden aikana (miehet)	Riski kuolla vuoden aikana (naiset)
Tapaturma	1 : 1 500	1 : 5 800
- Myrkytys	1 : 4 400	1 : 15 000
- Kaatuminen tai putoaminen	1 : 9 600	1 : 82 000
- Autoliikenne	1 : 11 000	1 : 29 000
- Hukkuminen	1 : 22 000	1 : 143 000
- Tukehtuminen ruokaan	1 : 53 000	1 : 143 000
- Polkupyöräily	1 : 67 000	1 : 215 000
Itsemurha	1 : 2 200	1 : 7 700
Murha, tappo tai pahoinpitely	1 : 18 000	1 : 44 000
Tartunta- tai loistauti	1 : 31 000	1 : 156 000

TAULUKKO 7.2 Eräitä työikäisten suomalaisten miesten ja naisten vuotuisia kuoleman riskejä (Tiedot poimittu lähteestä: Kuolemansyyt 2001, Terveys 2002:3, Tilastokeskus).

riskistä saa käsityksen myös vertaamalla sitä esimerkiksi taulukossa 7.2 esitettyihin joihinkin työikäisten suomalaisten eri syistä johtuviin vuotuisiin kuoleman riskeihin:

Suomessa tapahtuneiden säteilyvahinkojen vaikutus on ollut toistaiseksi vähäinen. Säteilyturvallisuudesta vastuussa olevien henkilöiden on kuitenkin syytä pitää aina mielessä vaikutukseltaan merkittävän poikkeustapahtuman uhka, sillä voimakkaista säteilylähteistä voi aiheutua vakavia vammoja yksittäisille ihmisille ja radioaktiivisten aineiden laajamittainen leviäminen elinympäristöön tahallisenä tai tahattomana tekona voi johtaa ennalta arvaamattoman suureen psykoekologiseen katastrofiin. Erityisesti suurten säteilylähteiden asiallisesta käytöstä, säilytyksestä ja loppusijoituksesta tulee huolehtia, jottei tällaisia katastrofeja pääse tapahtumaan.

KIRJALLISUUTTA

Mould R F. A Century of X-rays and Radioactivity in Medicine, Bristol: Institute of Physics Publishing, 1995.

González A J. Strengthening the Safety of radiation Sources & The Security of Radioactive Materials: Timely Action. IAEA Bulletin 41/3/1999. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1999.

International Atomic Energy Agency. Lessons learned from accidents in industrial radiography. IAEA Safety Report Series No. 7. Vienna: IAEA, 1998.

