

# SÄTEILYALTISTUKSEN ENIMMÄIS- ARVOJEN SOVELTAMINEN JA SÄTEILY- ANNOKSEN LASKEMISPERUSTEET

1	YLEISTÄ	3
2	ANNOSRAJAT SÄÄDETÄÄN ERIKSEEN TYÖNTEKIJÖILLE JA VÄESTÖLLE	3
2.1	Yleistä	3
2.2	Työntekijöiden, opiskelijoiden ja väestön annosrajat	4
2.3	Sikiön suojeleminen ja onnettomuustilanteet	4
2.4	Säteilyn lääketieteellinen käyttö	4
3	ANNOS MÄÄRITETÄÄN MITATTAVIEN JA LASKENNALLISTEN SUUREIDEN AVULLA	5
4	ANNOSRAJOJEN SOVELTAMINEN	5
4.1	Säteilyn käyttö	5
4.2	Luonnonsäteilylle altistava toiminta	6
5	VÄESTÖN ALTISTUSTA RAJOITETAAN LÄHDEKOHTAISIN ANNOSRAJOITUKSIN JA TOIMENPIDEARVOIN	6

LIITE A MÄÄRITELMIÄ

LIITE B EKVIVALENTTIANNOKSEN JA EFEKTIIVISEN ANNOKSEN LASKEMISESSA  
KÄYTETTÄVÄT KERTOIMET

Tämä ohje on voimassa 1.10.2014 alkaen toistaiseksi. Ohje korvaa 9.8.2007 annetun ohjeen ST 7.2, Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet.

Helsinki 2014  
ISSN 1456-8160

ISBN 978-952-478-982-0 (nid.)

Grano Oy 2014

ISBN 978-952-478-983-7 (pdf)

ISBN 978-952-478-984-4 (html)

# Valtuutusperuste

Säteilytoiminnan turvallisuudesta vastaa säteilylain mukaan säteilytoiminnan harjoittaja. Toiminnan harjoittaja on velvollinen huolehtimaan siitä, että ST-ohjeissa esitetyn mukainen turvallisuustaso toteutetaan ja ylläpidetään.

Säteilyturvakeskus antaa säteilyn käytön ja muun säteilytoiminnan turvallisuutta koskevat yleiset ohjeet, säteilyturvallisuusohjeet (ST-ohjeet), säteilylain (592/1991) 70 §:n 2 momentin nojalla.

## 1 Yleistä

Ionisoivalle säteilylle altistuminen voi aiheuttaa elimistölle haittavaikutuksia, jotka ovat jaettavissa kahteen ryhmään: suoriin ja satunnaisiin. Säteilyn suoria haittavaikutuksia ovat muun muassa säteily sairaus, harmaakaihi, sikiövauriot, hiusten tai ihokarvojen irtoaminen ja säteily palovammat. Säteilyn suoria haittavaikutuksia esiintyy potilaiden tyypillisinä sivuvaikutuksina sädehoidossa ja joskus myös toimenpideradiologiassa. Lisäksi suoria haittavaikutuksia voi aiheutua onnettomuustapauksissa aiheutuneista suurista säteilyannoksista. Säteilyn satunnaisiin haittavaikutuksiin kuuluvat syöpä sekä sukuelimissä tapahtuvat, jälkeläisille periytyvät vauriot (geneettinen haitta).

Säteilysuojelussa altistumisen arvioimiseen käytetään suuria ekvivalenttiansios ja efektiivinen annos. Näille suureille säädetään enimmäisarvot (annosrajat), joita altistus ei saa ylittää.

Tässä ohjeessa esitetään ekvivalenttiansios ja efektiivisen ansios määritelmät ja laskemisperusteet sekä annosrajojen soveltamisohjeet. Lisäksi esitetään sisäisestä säteilystä aiheutuvan altistuksen seuranta varten annosrajoista johdetut rajat (vuosisaantiraja ja ilman aktiivisuuspitoisuusraja). Ohjeessa ei käsitellä ionisoivalle säteilylle altistavista lääketieteellisistä tutkimuksista ja hoidoista potilaalle aiheutuvan säteilyansios laskemista.

*Säteilyaltistuksen enimmäisarvoista (vuosiannosrajoista) säädetään säteilyasetuksen (1512/1991) 2 luvussa. Säteilyturvakeskuksen oikeudesta antaa tarkemmat ohjeet enimmäisarvojen soveltamisesta ja säteilyansios laskemisesta säädetään säteilyasetuksen 7 §:ssä. Säteilyaltistuksen seuranta käsitellään ohjeessa ST 7.1 ja sisäisestä säteilystä aiheutuvan ansios laskemista ohjeessa ST 7.3. Säteilysuojelussa efektiivisen ansios ja ekvivalenttiansios lisäksi käytettäviä muita suureita ja säteilyn mittaamista käsitellään ohjeessa ST 1.9.*

## 2 Annosrajat säädetään erikseen työntekijöille ja väestölle

### 2.1 Yleistä

Annosrajat koskevat työntekijöiden ja väestön altistusta, joka aiheutuu

- ionisoivan säteilyn tai ydinenergian käytöstä
- luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta, jonka Säteilyturvakeskus on todennut säteilytoiminnaksi.

Annosrajat eivät koske altistusta, joka aiheutuu asuntojen hengitysilman radonista, maan pinnan tasolla vallitsevasta avaruussäteilystä tai luonnontilassa olevan maankuoren sisältämien tai ihmiskehossa luonnostaan olevien radioaktiivisten aineiden lähettämästä säteilystä. Annosrajat eivät myöskään koske altistusta, joka aiheutuu kohdassa 2.4 luetelluista, säteilyn lääketieteelliseen käyttöön liittyvistä toimenpiteistä.

Ekvivalenttiansios ja efektiivisen ansios määritelmät on esitetty tämän ohjeen liitteessä A. Myös sisäiselle säteilylle altistuttaessa niitä vastaavien ekvivalenttiansios kertymän ja efektiivisen ansios kertymän määritelmät on esitetty liitteessä A.

Jos henkilö altistuu sekä ulkoiselle että sisäiselle säteilylle, ulkoisesta säteilystä aiheutuva ansios ja kehoon joutuneista radioaktiivisista aineista aiheutuva ansioskertymä lasketaan yhteen. Tällöin on erityisesti huolehdittava siitä, ettei kokonaisaltistuksesta aiheudu asetettujen annosrajojen ylitystä.

*Säteilyturvakeskuksen oikeudesta ratkaista yksittäistapauksissa, määritelläänkö toiminta säteilytoiminnaksi, säädetään säteilylain (592/1991) 11 §:ssä.*

## 2.2 Työntekijöiden, opiskelijoiden ja väestön annosrajat

Annosrajat säädetään seuraaville henkilöryhmille:

- säteilytyötä tekeville työntekijöille
- ammatillisen koulutuksensa vuoksi säteilylähteiden käyttöön osallistuville 16 vuotta täyttäneille mutta alle 18-vuotiaille opiskelijoille ja harjoittelijoille
- väestölle.

Säteilytyö on työtä, jossa työntekijän säteilyaltistus voi ylittää jonkin väestölle säädetyistä annosrajoista.

Eri henkilöryhmien annosrajat on esitetty taulukossa 1.

Säteilytyötä tekevien työntekijöiden annosrajat koskevat sekä säteilytyöluokkaan A että säteilytyöluokkaan B kuuluvia työntekijöitä. Myös opiskelijoita ja harjoittelijoita, jotka ovat 18-vuotiaita tai vanhempia, koskevat säteilytyötä tekevien työntekijöiden annosrajat.

Annosraja tarkoittaa altistuksen enimmäisarvoa kalenterivuotta kohti. Viiden vuoden jakso tarkoittaa viittä perättäistä kalenterivuotta.

Silmän mykiön ekvivalenttiannosta arvioitaessa valitaan tarkastelusyvydeksi 3 mm ja ihon ekvivalenttiannosta arvioitaessa 0,07 mm. Ihon ekvivalenttiannoksen annosraja tarkoittaa 1 cm<sup>2</sup>:n pinta-alaa kohti laskettua keskimääräistä annosta riippumatta siitä, mikä on altistuneen alueen pinta-ala.

*Säteilyaltistuksen enimmäisarvoista (vuosiannosrajoista) säädetään säteilyasetuksen 2 luvussa. Säteilytyö määritellään säteilyasetuksen 9 §:ssä. Säteilytyöluokat A ja B on määritellään säteilyasetuksen 10 §:ssä. Luokittelua selvitetään tarkemmin ohjeessa ST 1.6.*

## 2.3 Sikiön suojeleminen ja onnettomuustilanteet

### Sikiön suojeleminen

Sikiötä on suojeltava samalla tavalla kuin väestön yksilöä. Kun säteilytyötä tekevä nainen on ilmoittanut olevansa raskaana, hänen työnsä on järjestettävä siten, että sikiön ekvivalenttiannos pidetään niin pienenä kuin käytännössä on mah-

dollista ja ettei jäljellä olevana raskausaikana ekvivalenttiannos ylitä arvoa 1 mSv.

### Onnettomuustilanteet

Onnettomuustilanteissa, joissa ei ole kysymys ihmishenkien pelastamisesta, ei säteilyvaaran rajoittamiseksi ja säteilylähteen hallintaan saamiseksi tehtäviin välttämättömiin ja välittömiin toimenpiteisiin osallistuvan henkilön efektiivinen annos saa ylittää arvoa 0,5 Sv eikä ihon annos arvoa 5 Sv.

*Sikiön suojelemisesta säädetään säteilyasetuksen 5 §:ssä ja toimenpiteistä ja annosrajoista onnettomuustilanteissa 8 §:ssä.*

## 2.4 Säteilyn lääketieteellinen käyttö

Annosrajat eivät koske sellaista altistusta, joka säteilyn lääketieteelliseen käyttöön liittyvissä toimenpiteissä aiheutuu

- toimenpiteen kohteena olevalle henkilölle (potilaalle)
- toimenpiteen kohteena olevaa henkilöä vapaaehtoisesti muuten kuin ammattinsa vuoksi auttavalle henkilölle, esimerkiksi lapsen tai iäkkään henkilön saattajalle
- henkilölle, johon kohdistetaan säteilyä muussa tarkoituksessa kuin sairauden tutkimiseksi tai hoitamiseksi, muun muassa tieteellisiin tutkimuksiin osallistuville ja oikeuslääketieteellisissä toimenpiteissä altistuville henkilöille.

*Siitä, että annosrajoja ei säteilyn lääketieteellisessä käytössä sovelleta potilaaseen ja vapaaehtoiseen auttajaan, säädetään säteilyasetuksen 7 a §:ssä. Vapaaehtoisen auttajan ja radioaktiivisen lääkeaineen käytön yhteydessä potilaan kanssa tekemisissä olevien henkilöiden suojelemisesta säädetään sosiaali- ja terveysministeriön säteilyn lääketieteellisestä käytöstä antaman asetuksen (423/2000, myöhemmin STM:n asetus) 10 ja 11 §:ssä. Potilaan auttajan, perheenjäsenen, läheisten ja muiden ihmisten annoksen rajoittamista käsitellään lisäksi ohjeissa ST 3.3 ja ST 6.3. STM:n asetuksen 6–8 §:ssä säädetään myös niiden henkilöiden annosten rajoittamisesta, joihin kohdistetaan säteilyä muuten kuin sairauden tutkimiseksi tai hoitamiseksi.*

**Taulukko 1.** Annosrajat työntekijöille, opiskelijoille ja väestölle.

Annosraja	Säteilytyötä tekevät työntekijät	16 vuotta täyttäneet, mutta alle 18-vuotiaat opiskelijat ja harjoittelijat	Väestö
Efektiivinen annos (mSv/vuosi)			
• keskiarvo viiden vuoden aikana	20	-	-
• yhden vuoden aikana	50	6	1
Ekvivalenttiannos (mSv/vuosi)			
• silmän mykiö	150	50	15
• iho	500	150	50
• kädet ja jalat <sup>*)</sup>	500	150	- <sup>**)</sup>
<sup>*)</sup> Kämmenet, kämmenselät, sormet, ranteet ja kyynärvarret sekä jalkaterät ja nilkat. <sup>**)</sup> Annosrajaa ei ole erikseen säädetty, mutta ihon ekvivalenttiannoksien annosraja koskee myös käsien ja jalkojen ihoa.			

### 3 Annos määritetään mitattavien ja laskennallisten suureiden avulla

Efektiivistä annosta ja ekvivalenttiannosta ei voida suoraan mitata. Niiden arvioimiseksi on käytettävä mitattavia tai laskennallisia suureita.

Kun henkilö altistuu ulkoiselle säteilylle, efektiivisen annoksen ja ekvivalenttiannoksen arvioimiseksi käytetään mitattavia suureita syväannos ja pinta-annos.

Kun henkilö altistuu sisäiselle säteilylle, voidaan efektiivisen annoksen kertymä laskea ihmisen kehoon joutuneiden radioaktiivisten aineiden aktiivisuuksien ja annosmuuntokertoimien avulla.

*Syväannosta ja pinta-annosta käsitellään ohjeessa ST 1.9 ja annosmuuntokertoimia ohjeessa ST 7.3.*

### 4 Annosrajojen soveltaminen

#### 4.1 Säteilyn käyttö

##### Ulkoinen säteily

Efektiivisen annoksen annosraja ei ylity, jos mitattu syväannos ei ylitä annosrajan arvoa.

Röntgendiagnostiikassa, jossa käytetään henkilökohtaisia säteilysuojaimia, syväannos mitataan yleensä suojaimien päälle sijoitetulla annosmittarilla. Mitattu syväannos ei tällöin anna luotettavaa kuvaa efektiivisestä annoksesta, koska tärkeät kehon osat on suojattu. Efektiivisen annoksen määrittäminen syväannoksen perusteella on tehtävä aina tapauskohtaisesti.

Jos pistemäiselle, ihokontaktissa olevalle beetälähteelle ei ole käytettävissä tarkkaa annosarviota, voidaan olettaa, ettei ihon ekvivalenttiannos ylitä säteilytyötä tekevän työntekijän käsien, jalkojen tai ihon minkään kohdan vuosiansosrajaa 500 mSv, jos kokonaisbeetaemissio ei altistus-

aikana ylitä  $10^9$ :ää beetahiukkasta. Esimerkiksi 0,28 MBq:n beetalähde aiheuttaa tämän suuruisen emission yhden tunnin aikana. Tehty oletus on varsin karkea. Pienienergisellä beetasäteilyllä altistus jää selvästi alle 500 mSv:n.

Silmän mykiön sekä käsien ja jalkojen vuotuinen ekvivalenttiannos arvioidaan syväannoksen ja pinta-annoksen tai tarvittaessa erillisten mitausten perusteella.

Jos ihminen on radioaktiivisen jalokaasun tai muun sellaisen radioaktiivisen kaasun ympäröimänä, jonka absorboituminen kehoon on vähäistä, on ulkoisesta säteilystä aiheutuva efektiivinen annos yleensä suurempi kuin kehoon hengityksen kautta joutuvasta radionuklidista aiheutuva efektiivisen annoksen kertymä. Jalokaasuista nuklidit  $^{39}\text{Ar}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{83\text{m}}\text{Kr}$  ja  $^{133}\text{Xe}$  ovat sellaisia, joilla annosrajan ylittymisen kannalta rajoittavana tekijänä on työntekijän ihon tai silmän mykiön vuotuinen ekvivalenttiannos.

Jos työntekijä työskentelee radioaktiivisen jalokaasun ympäröimänä, ulkoisesta säteilystä aiheutuva efektiivinen annos lasketaan kaasun aktiivisuuskonsentraatioista ohjeen ST 7.3 kohdassa 4.2 esitetyllä tavalla. Laskemisessa tarvittavat muuntokertoimien arvot jalokaasuille argon, krypton ja ksenon on annettu ohjeen ST 7.3 taulukossa H. Muille radionuklideille, kuten esimerkiksi  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$  ja  $^{18}\text{F}$ , lasketaan ulkoisesta säteilystä aiheutuva annos vastaavalla tavalla ja tarvittavat muuntokertoimien arvot saadaan raportin NCRP 123 I taulukosta A.1 (sarake Atmospheric Submersion).

Jos raskaana olevalle naiselle mitattu syväannos ei raskauden ilmoittamisen jälkeen jäljellä olevana raskausaikana ylitä arvoa 1 mSv, katsotaan, ettei myöskään sikiön ekvivalenttiannos ylitä 1 mSv:ä.

#### Sisäinen säteily

Kun kehoon joutuu radioaktiivisia aineita joko hengityksen tai suun kautta, ei efektiivisen annoksen vuosiannosraja 20 tai 50 mSv ylity, jos laskettu efektiivisen annoksen kertymä ei ylitä vuosiannosrajaa 20 tai 50 mSv.

*Efektiivisen annoksen kertymän laskemista käsitellään ohjeessa ST 7.3.*

## 4.2 Luonnonsäteilylle altistava toiminta

### Ulkoisen säteily

Avaruussäteilystä lentohenkilöstölle aiheutuva säteilyaltistus riippuu lentoajasta, -korkeudesta ja -reitistä sekä auringon aktiivisuudesta. Altistus määritetään nämä tekijät huomioon ottavilla laskentaohjelmilla.

Kun henkilö altistuu ulkoiselle säteilylle muussa luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa kuin lentotoiminnassa, sovelletaan annosrajoja kohdan 4.1 mukaisesti.

*Lentohenkilöstön altistuksen määrittämistä on käsitelty tarkemmin ohjeessa ST 12.4.*

### Sisäinen säteily

Kun henkilö altistuu hengitysilman radonille, efektiivinen annos lasketaan mittauksilla määritettävän radonpitoisuuden, tässä pitoisuudessa vietetyn ajan ja annosmuuntokertoimien avulla. Efektiivisen annoksen annosrajasta (viiden vuoden keskiarvo 20 mSv) johdettu työpaikan hengitysilman radonpitoisuuden enimmäisarvo säännöllisessä työssä on  $3\,000\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Kun henkilö altistuu muulle kuin radonista aiheutuvalla sisäisellä säteilyllä, sovelletaan annosrajoja kohdan 4.1 mukaisesti.

Raskaana olevan naisen keuhkoihin hengitysilman mukana joutuvasta radonista ei aiheudu sikiölle merkittävää annosta.

*Radonpitoisuuden toimenpide- ja enimmäisarvojen soveltamista ja annoksen laskemista on käsitelty tarkemmin ohjeessa ST 12.1.*

## 5 Väestön altistusta rajoitetaan lähdekohtaisin annosrajoituksin ja toimenpidearvoin

Väestön altistumista ei voida valvoa samalla tavalla mittauksin kuin työntekijöiden altistumista, koska mittausten käytännön toteuttaminen olisi hyvin hankalaa ja sama henkilö voi altistua eri toiminnoista peräisin olevalle säteilylle. Siksi

väestön altistumista rajoitetaan ensisijaisesti asettamalla lähdekohtaisia annosrajoituksia, joiden alittuminen voidaan todeta joko suorien mittauksin tai annosrajoituksesta johdettujen suureiden avulla. Tällaisia johdettuja suureita voivat olla esimerkiksi annosnopeus säteilylähteiden käyttötilan ulkopuolella tai toiminnosta ympäristöön vapautuvien radioaktiivisten aineiden aktiivisuus.

Säteilyturvakeskus asettaa lähdekohtaisia annosrajoituksia eri säteilylähteistä aiheutuvan altistuksen huomioon ottamiseksi. Annosrajoituksia on asetettu esimerkiksi säteilylähteiden käyttötilojen suunnitteluun. Väestön annosrajan ei katsota ylittyvän, jos lähdekohtainen annosrajoitus ei ylity.

Väestön annosrajoja ei yleensä sovelleta luonnonsäteilystä aiheutuvaan altistukseen, joskin eräissä tapauksissa säteilytoiminnasta aiheutuvaa väestön altistumista luonnonsäteilylle on kuitenkin syytä rajoittaa altistukselle asetettavien toimenpitearvoin. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi rakennusmateriaaleista, talousvesistä ja jätealueista aiheutuva altistus.

*Säteilyturvakeskuksen oikeudesta asettaa annosrajoituksia säädetään säteilyasetuksen 7 §:ssä.*

*Säteilylähteiden käyttötilojen suunnittelua käsittelee ohje ST 1.10. Toimenpidearvoja luonnonsäteilyaltistukselle annetaan ohjeissa ST 12.2 ja 12.3.*

## Kirjallisuutta

1. International Commission on Radiological Protection. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP 2007; 37 (2–4).
2. International Commission on Radiological Protection. 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Annals of the ICRP 1991; 21 (1–3).
3. International Commission on Radiological Protection. General principles for the radiation protection of workers. ICRP Publication 75. Annals of the ICRP 1997; 27 (1).
4. International Commission on Radiological Protection. Compendium of dose coefficients based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 119. Annals of the ICRP 2012; 41(s).

## LIITE A

### Määritelmät

#### Ekvivalenttiannos

Kudoksen tai elimen  $T$  ekvivalenttiannos  $H_{TR}$  on säteilyn painotuskertoimella  $w_R$  kerrottu kudoksen tai elimen keskimääräinen absorboitunut annos  $D_{TR}$ :

$$H_{T,R} = w_R D_{T,R}, \quad (\text{A1})$$

missä

$w_R$  on säteilyn painotuskerroin säteilylaadulle  $R$

$D_{TR}$  on säteilylaadusta  $R$  aiheutuva, kudoksen tai elimen  $T$  keskimääräinen absorboitunut annos.

Jos säteily koostuu useammasta kuin yhdestä,  $w_R$ -arvoltaan erilaisesta säteilylaadusta, ekvivalenttiannos  $H_T$  on:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}. \quad (\text{A2})$$

Ekvivalenttiannoksen yksikkö on sievert (Sv).

Jäljempänä kudoksella tarkoitetaan joko kudosta tai elintä.

#### Efektiivinen annos

Efektiivinen annos  $E$  on kudosten painotuskerroimilla  $w_T$  kerrottujen ekvivalenttiannosten  $H_T$  summa:

$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}. \quad (\text{A3})$$

Efektiivisen annoksen yksikkö on Sv.

Ekvivalenttiannoksen ja efektiivisen annoksen laskemisessa tarvittavat  $w_R$ - ja  $w_T$ -kerroimet on esitetty tämän ohjeen liitteessä B. Suureiden määritelmässä esiintyvän keskimääräisen absorboituneen annoksen määritelmä on annettu ohjeessa ST 1.9.

#### Ekvivalenttiannoksen kertymä

Kudoksen  $T$  ekvivalenttiannoksen kertymä  $H_T(\tau)$  on kehoon joutuneesta radioaktiivisesta aineesta tälle kudokselle aiheutuva ekvivalenttiannos:

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{H}_T(t) dt, \quad (\text{A4})$$

missä

$\dot{H}_T(t)$  on ekvivalenttiannosnopeus kudoksessa  $T$  hetkellä  $t$

$t_0$  on saantihetki.

Ekvivalenttiannoksen kertymän yksikkö on Sv.

Saantihetkestä laskettava integrointiaika  $\tau$  ilmaistaan vuosina. Jos integrointiaikaa ei ole erikseen mainittu, sen oletetaan olevan aikuisille 50 vuotta ja lapsille (70-n) vuotta, missä  $n$  on lapsen ikä.

#### Efektiivisen annoksen kertymä

Efektiivisen annoksen kertymä  $E(\tau)$  on kudosten painotuskertoimilla  $w_T$  kerrottujen ekvivalenttiannosten kertymien  $H_T(\tau)$  summa:

$$E(\tau) = \sum_T w_T H_T(\tau). \quad (\text{A5})$$

Efektiivisen annoksen kertymän yksikkö on Sv.

Ekvivalenttiannoksen kertymä ja efektiivisen annoksen kertymä ovat suureita, joilla arvioidaan kehoon joutuneista radioaktiivisista aineista aiheutuvaa ekvivalenttiannosta ja efektiivistä annosta. Kehoon joutuneesta radioaktiivisesta aineesta voi aiheutua altistusta pitkään saannin jälkeen. Pitkänäkin ajanjaksona aiheutuva annos katsotaan kuitenkin saaduksi kokonaan sinä vuonna, jona saanti tapahtuu.

#### Kirjallisuutta

1. International Commission on Radiological Protection. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP 2007; 37 (2–4).
2. International Commission on Radiological Protection. 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Annals of the ICRP 1991; 21 (1–3).
3. International Commission on Radiological Protection. Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. ICRP Publication 74. Annals of the ICRP 1996; 26 (3–4).



4. International Commission on Radiation Units and Measurements. Measurement of dose equivalents from external photon and electron radiations. ICRU Report 47. Bethesda, MD: ICRU; 1992.
5. National Council on Radiation Protection and Measurements. Screening models for releases of radionuclides to atmosphere, surface water, and ground. NCRP Report 123 I. Bethesda, MD: NCRP; 1996.

## LIITE B

### Ekvivalenttiannoksen ja efektiivisen annoksen laskemisessa käytettävät kertoimet

Jäljempänä kudoksella tarkoitetaan joko kudosta tai elintä.

#### 1 Yleistä

Säteilystä kudokselle aiheutuvien satunnaisten haittavaikutusten ilmaantumistodennäköisyyteen vaikuttavat muun muassa kudoksen keskimääräinen absorboitunut annos ja säteilylaatu (säteilylaji ja -energia). Kudoksen ekvivalenttiannosta laskettaessa säteilylaadun vaikutus pyritään ottamaan huomioon säteilyn painotuskertoimilla ( $w_R$ ). Säteilyn painotuskerroin tietyllä säteilylaadulle on pyritty valitsemaan siten, että se on pienillä annoksilla verrannollinen säteilyn biologiseen vaikutukseen.

Säteilystä aiheutuva satunnainen haittavaikutus riippuu myös siitä, mihin kudokseen tai kudoksiin säteily on kohdistunut. Todennäköisyyttä säteilyä aiheutuvan haitan syntymiselle on erilainen eri kudoksissa. Tämä pyritään efektiivistä annosta laskettaessa ottamaan huomioon kudosten painotuskertoimilla ( $w_T$ ).

#### 2 Ekvivalenttiannoksen laskemisessa tarvittavat säteilyn painotuskertoimet

Ekvivalenttiannoksen laskemisessa käytetään taulukossa B1 esitettyjä säteilyn painotuskertoimia  $w_R$ .

Muille kuin taulukossa esitetyille säteilylaaduille saadaan  $w_R$ :n likiarvo laskemalla efektiivinen laatukerroin  $\bar{Q}$  10 mm:n syvyydellä ICRU-pallossa (ks. ohje ST 1.9).

Neutronisäteilyä aiheutuvan ekvivalenttiannoksen laskemisessa voidaan taulukon BI arvojen ohella käyttää jatkuvaa funktiota, jota kuvaa seuraava matemaattinen lauseke:

$$w_R = 5 + 17e^{-\ln(2E)^2/6}, \quad (\text{B1})$$

missä  $E$  on neutronienergia (MeV).

Kuvassa B1 on esitetty neutronisäteilyn painotuskertoimet. Lausekkeesta (B1) laskettua, katkoviivalla piirrettyä kuvaajaa voidaan pitää taulukon BI arvojen mukaan piirretyn porraskäyrän likiarvona.

#### 3 Efektiivisen annoksen laskemisessa tarvittavat kudosten painotuskertoimet

Efektiivisen annoksen avulla voidaan arvioida säteilystä ihmiselle aiheutuvia satunnaisia haittavaikutuksia riippumatta siitä, onko säteilystä aiheutuva annosjakauma kehossa tasainen vai epätasainen.

Efektiivisen annoksen laskemisessa käytetään taulukossa B2 esitettyjä kudosten painotuskertoimia  $w_T$ . Kertoimet perustuvat kumpaakin sukupuolta tasapuolisesti ja laajaa ikärakennetta edustavaan vertailuväestöön. Säteilyaltistuksen enimmäisarvoja sovellettaessa kertoimia käytetään työntekijöiden ja väestön sekä kummankin sukupuolen efektiivisen annoksen laskemisessa.

Kudosten painotuskertoimet on valittu siten, että kerroin ilmoittaa kyseisen kudoksen tai elimen suhteellisen osuuden kokonaisuudesta silloin, kun koko keho on tasaisesti altistunut säteilylle. Tämän vuoksi kertoimien summa on yksi.

Paksusuolen painotuskertoimella kerrotaan paksusuolen ylempään ja alemman osaan\*) ekvivalenttiannosten painotettu summa. Painotettua summaa laskettaessa käytetään painokertoimina paksusuolen ylempään ja alemman osan seinämien suhteellisia määriä. Painokertoimet (suhteelliset massat) ovat 0,57 (ylempi osa) ja 0,43 (alempi osa) [2].

Taulukossa B2 tarkoitetaan muilla kudoksilla seuraavia kymmentä kudosta: lisämunuaiset, aivot, rintakehän ulkopuoliset hengitystiet, ohutsuoli, munuaiset, lihakset, haima, perna, kateenkorva ja kohtu [2]. Näille kudoksille annettua yhteistä painotuskerrointa käytetään seuraavasti:

- Painotuskertoimella kerrotaan kudosten ekvivalenttiannosten painotettu keskiarvo, jossa painokertoimina ovat kudosten massat.
- Sellaisissa poikkeuksellisissa tapauksissa, joissa näistä kymmenestä kudoksesta yhden

\*) Ylempi osa (Upper Large Intestine) käsittää suolen alkuosan vasempaan mutkaan asti (mutka mukaan luettuna). Paksusuolen alempi osa (Lower Large Intestine) käsittää suolen loppuosan.

(ja vain yhden) ekvivalenttiannos on suurempi kuin suurin taulukossa B2 mainittujen kahdentoista kudoksen ekvivalenttiannoksista, annetaan tälle kudokselle painotuskerroin 0,025 ja jäljellä oleville muille yhdeksälle kudokselle yhteinen kerroin 0,025.

Taulukon B2 muiden kudosten luettelo sisältää sellaisia kudoksia ja elimiä, joiden tiedetään olevan syöpäherkkiä tai jotka joissakin altistus-tilanteissa (esimerkiksi radioaktiivisen aineen kertyessä kudokseen) voivat saada muita kehon kudoksia suuremman säteilyannoksen.

### Kirjallisuutta

1. International Commission on Radiological Protection. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP 2007; 37 (2–4).
2. International Commission on Radiological Protection. 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Annals of the ICRP 1991; 21 (1–3).

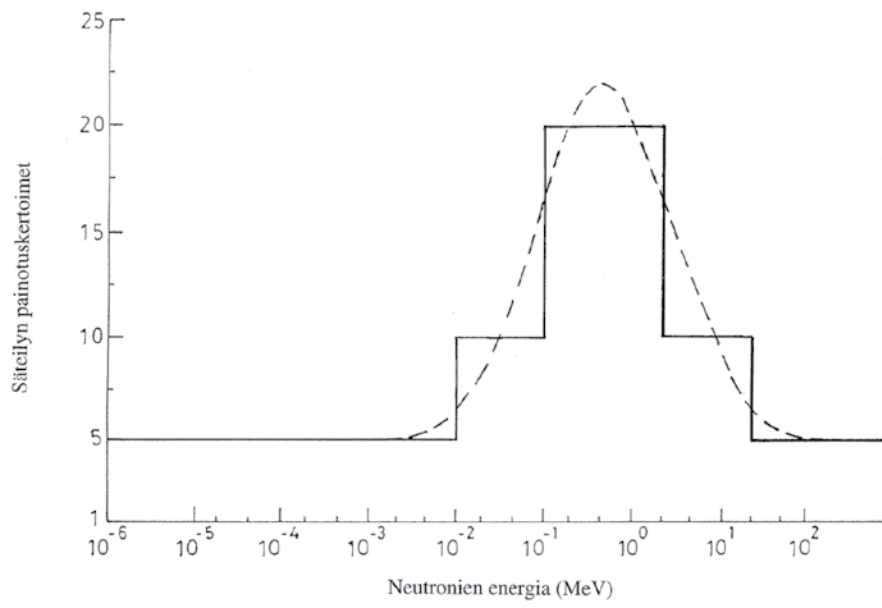
**Taulukko B1.** Säteilyn painotuskertoimet  $w_R$  eri säteilylaaduille [2].

Säteilylaatu	$w_R$
Fotonit, kaikki energiat	1
Elektronit <sup>*)</sup> ja myonit, kaikki energiat	1
Neutronit, energia	
• alle 10 keV	5
• vähintään 10 keV ja enintään 100 keV	10
• yli 100 keV ja enintään 2 MeV	20
• yli 2 MeV ja enintään 20 MeV	10
• yli 20 MeV	5
Protonit <sup>**)</sup> , energia yli 2 MeV	5
Alfahiukkaset, fissiofragmentit, raskaat ytimet	20

<sup>\*)</sup> Muut kuin DNA-molekyylisiin sitoutuneiden ydinten lähettämät Augerin elektronit.  
<sup>\*\*)</sup> Lukuunottamatta rekyyliprotoneita.

**Taulukko B2.** Kudosten painotuskertoimet  $w_T$  [2].

Kudos tai elin	$w_T$
Sukurauhaset	0,20
Punainen luuydin	0,12
Paksusuoli	0,12
Keuhkot	0,12
Mahalaukku	0,12
Virtsarakko	0,05
Rintarauhaset	0,05
Maksa	0,05
Ruokatorvi	0,05
Kilpirauhanen	0,05
Iho	0,01
Luun pinta	0,01
Muut kudokset	0,05



**Kuva B1.** Säteilyn painotuskertoimet neutroneille.

# ST-OHJEET (15.8.2014)

## Yleiset ohjeet

- ST 1.1 Säteilytoiminnan turvallisuus, 23.5.2013
- ST 1.3 Säteilylähteiden varoitusmerkit, 9.12.2013
- ST 1.4 Säteilyn käyttöorganisaatio, 2.11.2011
- ST 1.5 Säteilyn käytön vapauttaminen turvallisuusluvasta, 12.9.2013
- ST 1.6 Säteilyturvallisuus työpaikalla, 10.12.2009
- ST 1.7 Säteilysuojelukoulutus terveydenhuollossa, 10.12.2012
- ST 1.8 Säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivien henkilöiden pätevyys ja säteilysuojelukoulutus, 17.2.2012
- ST 1.9 Säteilytoiminta ja säteilymittaukset, 17.3.2008
- ST 1.10 Säteilylähteiden käyttötilojen suunnittelu, 14.7.2011
- ST 1.11 Säteilylähteiden turvajärjestelyt, 9.12.2013

## Sädehoito

- ST 2.1 Sädehoidon turvallisuus, 18.4.2011

## Lääketieteellinen röntgentutkimus

- ST 3.1 Hammasröntgentutkimukset terveydenhuollossa, 20.8.2011
- ST 3.3 Röntgentutkimukset terveydenhuollossa, 20.3.2006
- ST 3.8 Säteilyturvallisuus mammografiatutkimuksissa, 25.1.2013

## 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, 9.3.2012
- ST 5.7 Radioaktiivisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen siirrot, 6.6.2011
- ST 5.8 Säteilylaitteiden asennus-, korjaus- ja huoltotyö, 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 Säteilyturvallisuus isotooppilääketeessä, 14.1.2013

## Säteilyannokset ja terveystarkkailu

- ST 7.1 Säteilyaltistuksen seuranta, 14.8.2014
- ST 7.2 Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet, 8.8.2014
- ST 7.3 Sisäisestä säteilystä aiheutuvan annoksen laskeminen, 13.6.2014
- ST 7.4 Annosrekisteri ja tietojen ilmoittaminen, 9.9.2008
- ST 7.5 Säteilytyötä tekevien työntekijöiden terveystarkkailu, 13.6.2014

## Eläinlääketiede

- ST 8.1 Säteilyturvallisuus eläinröntgentutkimuksissa, 20.3.2012

## Ionisoimaton säteily

- ST 9.1 Solariumlaitteiden säteilyturvallisuusvaatimukset ja valvonta, 1.7.2013
- ST 9.2 Pulssitutkien säteilyturvallisuus, 2.9.2003
- ST 9.3 ULA- ja TV-asemien mastotöiden säteilyturvallisuus, 2.9.2003
- ST 9.4 Yleisoesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteistojen säteilyturvallisuus, 28.2.2007

## Luonnonsäteily

- ST 12.1 Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa, 2.2.2011
- ST 12.2 Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus, 17.12.2010
- ST 12.3 Talousveden radioaktiivisuus, 9.8.1993
- ST 12.4 Säteilyturvallisuus lentotoiminnassa, 1.11.2013