

**3**

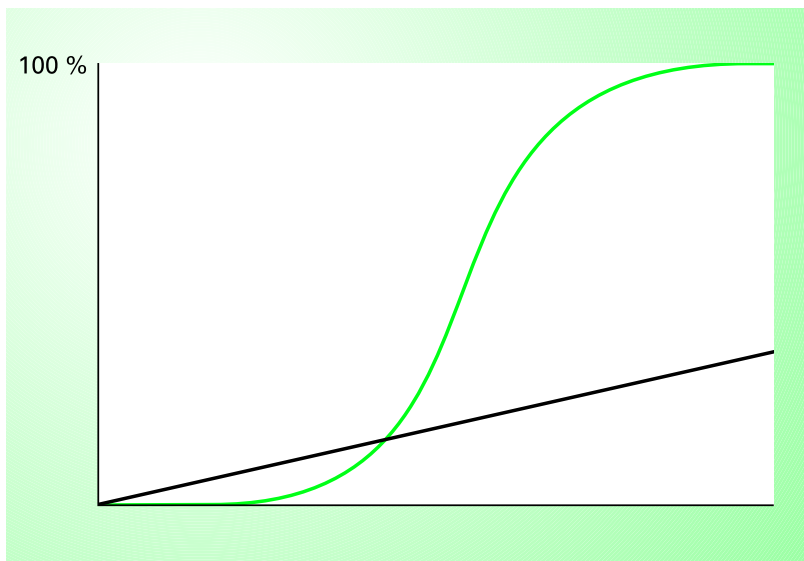
---

**SÄTEILYN  
HAITTAVAIKUTUSTEN  
LUOKITTELU**

**Wendla Paile**

Säteilyn vaikutukset ovat jaettavissa kahteen ryhmään: deterministisiin ja stokastisiin haittavaikutuksiin. Näiden välillä on olemassa useita tärkeitä, periaatteellisia eroja. Deterministiset eli suorat vaikutukset ovat varmoja haittavaikutuksia, jotka johtuvat laajasta solutuhosta. Stokastiset eli satunnaiset haitat ovat tilastollisia haittavaikutuksia, jotka johtuvat satunnaisesta geneettisestä muutoksesta yhdessä solussa.

**Deterministiset vaikutukset** liittyvät hyvin suuriin kerta-annoksiin. Tällaisia voi esiintyä vakavien onnettomuuksien tai sädehoidon yhteydessä. Deterministisiä vaikutuksia ovat säteilysairaus luuydin- ja suolistovaurioineen, säteilypalovamma, sädepneumoniitti, harmaakaihi ja sikiövaurio. Jos säteilyannos jää määrätyn kynnyksiarvon alapuolelle, tällaisia haittavaikutuksia ei synny ollenkaan. Annoksen ollessa tarpeeksi suuri haitta sen sijaan on varma (deterministinen). Yksilöllinen herkkyys vaikuttaa haitan ilmituloon vain rajoitetusti. Annoksen kasvaessa haitta-aste kasvaa jyrkästi. Annosnopeus vaikuttaa ratkaisevasti sekä kynnyksiarvoon että haitta-asteeseen. Jos suuri säteilyannos saadaan pitkän ajan kuluessa, kynnyksiarvo haitan kehittymiselle on korkeampi ja haitta jää pienemmäksi. Yksilön suojaaminen deterministisiltä vaikutuksilta on ehdottoman tärkeää.



**KUVA 3.1** Deterministinen haitta (vihreä) ja stokastinen haitta (musta) säteilyannoksen funktiona.

**Stokastiset vaikutukset** voivat periaatteessa saada alkunsa miten pienestä altistuksesta tahansa: niillä ei ole kynnyksarvoa. Haitta-aste ei riipu saadusta säteilyannoksesta; ainoastaan haitan todennäköisyys kasvaa annoksen kasvaessa. Annosnopeus ei vaikuta riskiin kovin paljon. Koko elinaikana kertynyt kumulatiivinen annos määrää kokonaisriskin. Näin esimerkiksi jokainen röntgenkuvaus tuo mukanaan mitättömän pienen lisäriskin, joka on sinänsä riippumaton aikaisemmista kuvauksista ja muusta säteilyaltistuksesta. Yksilön riski on suhteellisen pieni melko isonkin annoksen jälkeen. Väestötasolla sen sijaan kokonaisuuhaitta voi olla merkittävä, jos suuri joukko ihmisiä altistuu säteilylle, vaikka yksilöannokset eivät olisikaan suuria. Tämä laskennallinen haitta ei sinänsä riipu siitä, tulisiko esimerkiksi lisääntyneen syöpäriski koskaan näkyviin tilastollisesti. Stokastisten vaikutusten osalta huomioidaan säteilysuojelussa kokonaisia väestöryhmiä, jolloin koko ryhmän kollektiivinen annos on ratkaiseva (vertaa luku 11 sekä kirja 1, luku 2.4).

Joskus näkee, että säteilyn haittavaikutukset jaetaan välittömiin vaikutuksiin ja myöhäisvaikutuksiin. Tämä on kuitenkin harhaanjohtavaa, koska deterministisistä vaikutuksista mikään ei ole sanantarkasti välitön, ja osa niistä voi ilmetä tai pahentua vielä vuosien kuluttua. Stokastiset vaikutukset sen sijaan edellyttävät vähintään muutaman vuoden pituisen latenssiajan.

Viereisellä sivulla kuvassa 3.1. on esitetty kaavamaisesti determinististen ja stokastisten vaikutusten ilmitulon mahdollisuus säteilyannoksen funktiona.

Deterministisen vaikutuksen annosvaste muodostaa tyypillisesti sigma-muotoisen käyrän, joka alkaa vasta kynnyksarvon ylettyä, mutta nousee sitten jyrkästi kohti sata prosenttia. Käyrän kaltevuus riippuu yksilöllisistä herkkyyseroista. Nousu on sitä jyrkempi, mitä tarkemmin altistusolosuhteet on määritelty ja mitä homogeenisempi on altistunut ryhmä. Stokastisen vaikutuksen riski taas alkaa nousta jo nolla-annoksesta, mutta nousu ei ole kovin jyrkkä. Sadan prosentin vastetta ei äkillisellä annoksella saavuteta koskaan, sillä solukuolema tulee vastaan, eikä syöpä synny kuolleista soluista. Syöpäriskin annosvaste on käsitelty lähemmin tämän kirjan luvuissa 5 ja 7.

Seuraavalla sivulla taulukossa 3.1 esitetään yhteenveto determinististen ja stokastisten haittavaikutusten ominaispiirteistä.

### **Deterministiset hättavaikutukset**

(säteilysairaus, palovamma, harmaakahi, sikiövaurio)

Johtuvat solukuolemasta

Ilmenevät yleensä lyhyen ajan sisällä, mutta voivat ilmaantua myöhemmin

On olemassa säteilyannoksen kynnysarvo, jonka alapuolella vaikutusta ei ole

Kynnysarvo vaihtelee yksilötasolla vain vähän

Jos kynnysarvo ylittyy, haitta on varma

Haitan vaikeusaste nousee annoksen kasvaessa

Vaikutukset liittyvät suuriin äkillisiin annoksiin

Annosnopeuden merkitys on ratkaiseva: jos altistus on pitkittynyt, kynnysarvo on korkeampi ja haitta-aste jää pienemmäksi

Haitta voidaan aina yhdistää tiettyyn altistukseen

Säteilysuojelun kannalta yksilöannos on ratkaiseva

### **Stokastiset hättavaikutukset**

(syöpä, perinnöllinen haitta)

Syntyvät perimämuutoksesta yhdessä solussa

Eivät synny kuolleista soluista

Haitat tulevat ilmi vasta useiden vuosien kuluttua

Esiintyvät täysin satunnaisesti

Ei ole olemassa kynnysarvoa

Haitan todennäköisyys kasvaa kokonaisannoksen kasvaessa

Haitta-aste ei kasva annoksen mukana

Annosnopeus ei vaikuta riskiin kovin paljon

Yksilön riski on pieni, vaikka annos olisi melko korkea

Haittaa ei voida yleensä yhdistää tunnettuun altistukseen

Säteilysuojelun kannalta kollektiiviannos on tärkeämpi kuin yksilöannos

**TAULUKKO 3.1** Säteilyn suorat ja satunnaiset vaikutukset