

Säteily- ja ydin- turvallisuus

1 2 3 4 5 6 7

Ultravioletti- ja lasersäteily

Toimittanut Riikka Pastila



Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarjan toimituskunta:

Riikka Pastila, Kari Jokela, Sisko Salomaa, T. K. Ikäheimonen, Roy Pöllänen,
Anne Weltner, Olavi Pukkila, Wendla Paile, Jorma Sandberg, Heidi Nyberg,
Olli J. Marttila, Jarmo Lehtinen ja Hilikka Karvinen

Julkaisija

Säteilyturvakeskus

Toimittaja

Riikka Pastila

Kirjasarjan visuaalinen suunnittelu

Hilikka Karvinen

Taitto, toimitussihteeri

Hilikka Karvinen

Kansi

Virma Oy

Grafiikka

Pirkko Linkola

Juha Järvinen

Copyright

Säteilyturvakeskus

ISBN

978-951-712-502-4 (sid.)

978-951-712-509-3 (pdf)

Paino

Kariston Kirjapaino Oy, Hämeenlinna 2009

Tätä julkaisua myy

Säteilyturvakeskus, (09) 759 881

Laippatie 4, 00880 Helsinki

www.stuk.fi

ESIPUHE

Tärkein optisen säteilyn lähde ihmiskunnan historian aikana on aina ollut aurinko, joka säteilee kaikkia optisen säteilyn aallonpituusalueita; ultraviolettisäteilyä, näkyvää valoa ja infrapuna- eli lämpösäteilyä. Nykypäivänä aurinko on vain yksi esimerkki optista säteilyä tuottavasta lähteestä. Sähkötekniikan kehityksen myötä 1800-luvun puolenvälin jälkeen käyttöön on tullut yhä enemmän optista säteilyä tuottavia tai hyväksikäytettäviä laitteita, kuten hehkulamppu ja laser. Laserit kehitettiin 1960-luvulla ja niissä voidaan käyttää hyväksi mitä tahansa optisen säteilyn aallonpituusaluetta. Käyttösovelluksia kehitetään lisää koko ajan.

Tämän kirjan tavoitteena on auttaa lukijaa ymmärtämään mitä optinen säteily on ja missä sille voi altistua niin arkielämässä kotona, työpaikoilla, ympäröivässä luonnossa kuin vaikkapa viihdetapahtuman yhteydessä. Kirjassa tarkastellaan myös miten optinen säteily vaikuttaa ihmisen terveyteen ja milloin altistumista olisi syytä rajoittaa. Pahimmillaan optisen säteilyn vaikutukset voivat johtaa vakaviin kudosisäilyihin, esimerkiksi näön heikkenemiseen tai jopa sokeutumiseen voimakkaan lasersäteilyn kohdistuessa silmään tai ihosyövän syntymiseen pitkäaikaisen UV-säteilyaltistuksen seurauksena. Tästä syystä optisen säteilyn terveysvaikutusten ymmärtäminen on tärkeää, jotta sitä voidaan käyttää hyväksi turvallisesti, kuten mitä tahansa muutakin säteilylajia. Kirjassa kuvataan myös säteilytoiminnan säännöksiä ja optisen säteilyn käytön valvontaa.

Kirjasta löytyy myös eri aihepiirien yksityiskohtaisempia tarkasteluja ja ne on erotettu varsinaisesta perustekstistä erillisiksi faktalaatikoiksi tai laskuesimerkeiksi. Nämä osat ovat tarkoitettu erityisesti alalla työskenteleville ja muille teoreettisista perusteista kiinnostuneille henkilöille. Kyseiset osat voi lukea ylimalkaisesti tai jättää ne kokonaan väliin asiakokonaisuuden tästä kärsimättä.

Kirja on syntynyt osittain tutkimusprofessori Kari Jokelan kurssin 'Sähkömagneettisten ja optisen säteilyn biologiset vaikutukset ja mittaukset' pohjalta, jota hän on luennoinut 1990-luvun alusta lähtien Teknillisen korkeakoulun sähkö- ja tietoliikennetekniikan osastolla. Ionisoimaton säteily, Ultravioletti- ja lasersäteily -kirja soveltuu kurssikirjaksi tai kurssimateriaaliksi korkeakouluille, yliopistoille ja ammattikorkeakouluille. Lisäksi siitä toivotaan olevan hyötyä niille henkilöille, jotka työssään joutuvat tekemi-

siin optisen säteilyn aiheuttamien turvallisuusnäkökulmien kanssa. Tähän kohderyhmään kuuluvat monet viranomaiset, terveydenhuollon henkilöstö, työsuojelun ammattilaiset, tutkijat sekä tiedotusalan ammattilaiset.

Tämä kirja on seitsemäs ja viimeinen osa Säteilyturvakeskuksen julkaisemassa Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarjassa. Kirjasarjan viisi ensimmäistä kirjaa käsittelee ionisoivaa säteilyä, sen ominaisuuksia, käyttöä ja terveysvaikutuksia, ja kaksi viimeistä osaa ionisoimatonta säteilyä. Kirjasarjan ensimmäisessä osassa esitellään säteilyfysiikan käsitteet sekä mitauksissa käytettävät suureet ja menetelmät. Toisessa osassa tarkastellaan radioaktiivisten aineiden käyttäytymistä ja ionisoivan säteilyn vaikutuksia ympäristössä ja ihmisessä. Kolmannessa osassa perehdytään säteilyn käyttöön teollisuudessa, lääketieteessä ja tutkimuksessa. Kirjasarjan neljännessä osassa, Säteilyn terveysvaikutukset, on aiheena säteilybiologia ja ionisoivan säteilyn vaikutukset soluihin ja kudoksiin. Viides osa käsittelee ydinturvallisuutta. Kuudennessa kirjassa perehdytään sähkömagneettisiin kenttiin ja miten ne vaikuttavat ihmisten terveyteen. Kirjoja voi tilata Säteilyturvakeskuksesta. Kirjat löytyvät myös pdf-muodossa STUKin internet-sivuilta osoitteesta www.stuk.fi.

Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja täydentää ja uudistaa vuonna 1988 ilmestynyttä Säteily ja turvallisuus -teosta, jonka toimittivat Harri Toivonen, Tapio Rytömaa ja Antti Vuorinen. Kiitämme edellisen teoksen toimittajia ja muita kirjoitustyöhön osallistuneita Säteilyturvakeskuksen asiantuntijoita uraa uurtavasta pohjatyöstä, joka on ollut hyvänä perustana uudelle kirjasarjalle.

Ionisoimaton säteily - Ultravioletti- ja lasersäteily -kirjan toteutuksesta kuuluu kiitos asiantunteville kirjoittajille ja muille toimitustyöhön osallistuneille henkilöille. Kirjoittamiseen ovat osallistuneet alan parhaat suomalaiset asiantuntijat, joille esitämme lämpimät kiitokset vaivannäöstä. Erityisesti Heidi Nybergin panos kirjan suunnittelu- ja käynnistysvaiheessa on ollut erityisen merkityksellinen. Säteilyturvakeskuksen ulkopuolisten kirjoittajien osuus on ollut keskeinen erityisesti käsiteltäessä UV-säteilyn terveydellisiä ja lääketieteellisiä vaikutuksia sekä laser- ja UV-säteilyn työntekijäaltistuksiin liittyvissä kysymyksissä. Kiitoksen ansaitsevat myös asiantuntijat, jotka ovat kommentoineet ja oikolukeneet kirjan sisältöä.

Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja

- 1 Säteily ja sen havaitseminen
- 2 Säteily ympäristössä
- 3 Säteilyn käyttö
- 4 Säteilyn terveysvaikutukset
- 5 Ydinturvallisuus
- 6 Ionisoimaton säteily – Sähkömagneettiset kentät
- 7 Ionisoimaton säteily – Ultravioletti- ja lasersäteily

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDATUS OPTISEEN SÄTEILYYN	11
	<i>Riikka Pastila, Heidi Nyberg, Kari Jokela</i>	
2	RADIOMETRIA	19
	<i>Lasse Ylianttila, Kari Jokela</i>	
2.1	Radiometrian perusteet	20
2.2	Lasersäteily	42
2.3	Optinen säteily ja silmä	50
2.4	Optisen säteilyn mittaaminen	58
3	LASERTURVALLISUUS	75
	<i>Kari Jokela, Lasse Ylianttila, Reijo Visuri, Maila Hietanen</i>	
3.1	Yleistä laserturvallisuudesta	76
3.2	Altistumisrajojen biologiset perusteet	77
3.3	Lasersäteilyn altistumisrajat	87
3.4	Lasersäteilyä koskevat turvallisuusstandardit	96
3.5	Lasereiden turvallisuusluokitus	97
3.6	Lasereiden yleinen käyttöturvallisuus työpaikoilla	107
4	LASERSÄTEILYLLE ALTISTUMINEN.....	115
	<i>Reijo Visuri, Maila Hietanen, Lasse Ylianttila</i>	
4.1	Lasereiden käyttö teollisuuden työstöprosesseissa	116
4.2	Laserin käyttö lääketieteessä	121
4.3	Laserin käyttö kosmetiikassa	125
4.4	Laserin käyttö tietoliikenteessä	127
4.5	Laserin käyttö kuluttajatuotteissa	130
4.6	Laserin käyttö opetuksessa	131
4.7	Laserin käyttö viihteessä	132
4.8	Laserin sotilaskäyttö	138
5	UV-SÄTEILYN BIOLOGISIA JA TERVEYDELLISIÄ VAIKUTUKSIA	143
	<i>Jarmo Laihia, Riikka Pastila, Leena Koulou, Anssi Auvinen, Taina Hasan, Erna Snellman, Katja Kojo, Kari Jokela</i>	
5.1	Ihon rakenne ja optiset ominaisuudet	144
5.2	Ihotyypit	147
5.3	Solutason muutosten mekanismit	148
5.4	UV-säteilyn näkyvät vaikutukset ihoon	151
5.5	D-vitamiini – auringonvalosta syntyvä hormoni	159

5.6	UV-säteilyn immunologiset vaikutukset	162
5.7	Ultravioletisäteily ja ihosyöpä.....	169
5.8	Valohottumat	176
5.9	Valohoidot.....	183
5.10	UV-säteilyn vaikutukset silmään	189
6	ALTISTUMINEN UV-SÄTEILYLLE	203
	<i>Lasse Ylianttila, Reijo Visuri, Maila Hietanen, Riikka Pastila</i>	
6.1	Aurinko	204
6.2	Solariumlaitteet	218
6.3	Valohoitolaitteet	223
6.4	UV-lamput	226
6.5	Hitsausprosessien aiheuttama UV-säteily	237
6.6	Suojautuminen UV-säteilyltä työympäristössä	239
6.7	UV-säteilyltä suojautumisen yleiset periaatteet	245
7	UV- SÄTEILYN ALTISTUMISRAJAT	255
	<i>Laura Huurto, Heidi Nyberg, Lasse Ylianttila</i>	
7.1	Johdatus UV-säteilyn altistumisrajiin	256
7.2	Väestön altistumisrajat	257
7.3	Työntekijöiden altistumisrajat	260
7.4	Solariumista saatavan UV-säteilyn altistumisrajat	260
8	MUU OPTINEN SÄTEILY	263
	<i>Maila Hietanen, Reijo Visuri, Heidi Nyberg</i>	
8.1	Näkyvä valo	264
8.2	Infrapunasäteily.....	271
8.3	Altistumisrajat näkyvälle valolle ja IR-säteilylle	273
9	OPTISEN SÄTEILYN VALVONTA JA SÄÄDÖKSET SUOMESSA	279
	<i>Antti Niittytylä ja Reijo Visuri</i>	
9.1	Johdanto	280
9.2	Väestön altistumisen rajoittaminen	281
9.3	Työperäisen altistumisen rajoittaminen	283
9.4	Säteilyturvakeskus viranomaisena ja asiantuntijana	283
9.5	Käytännön valvonta	285
	LIITTEET	295
	SANASTO	312
	HAKEMISTO	318



1

JOHDATUS OPTISEEN SÄTEILYYN

Riikka Pastila, Heidi Nyberg, Kari Jokela

Optinen säteily on ollut läsnä ihmiskunnan kehityksessä aina, sillä ehdottomasti tärkein optisen säteilyn lähde on luonnon aurinko. Fysiikan ja sähkötekniikan kehitys on johtanut kuitenkin siihen, että 1800-luvun puolenvälin jälkeen käyttöön on tullut yhä enemmän keinotekoisia optisen säteilyn lähteitä, esimerkiksi hehkulamppu ja laser.

Optinen säteily on yleisnimitys sille sähkömagneettisen spektrin osaluueelle, joka muodostuu ultravioletti- eli UV-säteilystä, näkyvästä valosta ja infrapuna- eli IR-säteilystä (taulukko 1.1). Ihmisen silmä aistii vain pienen osan sähkömagneettisesta spektristä. Näkyvä valo ja sen sisältämät värit violetti, sininen, vihreä, keltainen, oranssi ja punainen ovat ainoat sähkömagneettisen spektrin aallonpituudet (400 nm – 780 nanometriä), jotka ihminen voi nähdä. Yli 780 nanometrin (nm) aallonpituuksilla yhteen millimetriin saakka säteily on silmälle näkymätöntä infrapunasäteilyä, joka tuntuu iholla lämpönä, ja tästä syystä siitä puhutaan toisinaan lämpösäteilynä. Säteilyn aallonpituuden ollessa 100–400 nanometriä, sitä kutsutaan ultraviolettisäteilyksi, jota ei myöskään pysty näkemään ihmissilmällä. Solariumlaitteen sininen kajastus onkin solariumlampujen tuottamaa violettiä ja sinistä näkyvää valoa, jota lamppuissa syntyy UV-säteilyn lisäksi.

Optisen säteily koostuu aaltoliikkeestä, jolla on samaan aikaan myös hiukkasluonne. Tämä ominaisuus tunnetaan valolle tyypillisenä niin sanottuna aalto-hiukkasdualismina. Optinen säteily etenee siis yhtäaikaaisesti sekä poikittaisena aaltoliikkeenä että hiukkasvirtana, jonka muodostavat valokvantit eli fotonit, joiden energia kasvaa kun aallonpituus pienenee. Aaltoluonteensa johdosta optinen säteily taittuu ja heijastuu linssissä ja peileissä. Taittumista tapahtuu esimerkiksi silmän kaarevalla sarveiskalvolla ja mykiössä sekä kameran ja mikroskooppien linssisysteemeissä. Toisaalta optisen säteilyn hiukkasluonteella voidaan selittää optisen säteilyn imeytyminen eli absorboituminen tiettyihin kemiallisiin ja biologisiin rakenteisiin. Mikäli fotonin absorptio aiheuttaa muutoksia niissä (bio)kemiallisissa molekyyliissä, johon se on osunut, puhutaan valo- eli fotokemiallisesta tai fotobiologisesta reaktiosta (valo on kreikaksi phos, englanniksi photo-). Esimerkkejä tällaisista tapahtumista ovat D-vitamiinin ja rusketuksen muodostuminen ihossa UV-B-säteilyn vaikutuksesta sekä näkyvän valon absorboituminen verkkokalvolla näköreseptorisoluihin, mikä on näkemisen perusedellytys.

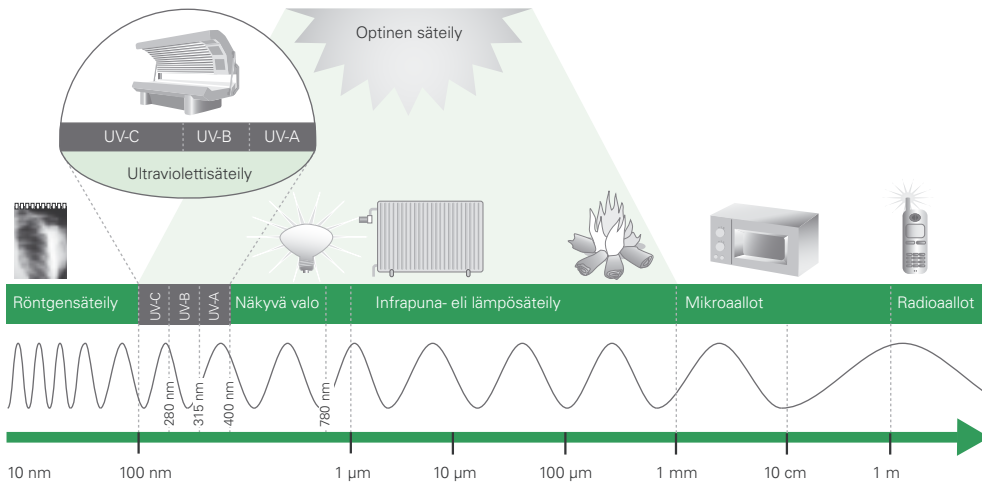
Raja ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn välillä kulkee ionisoivan röntgensäteilyn ja ionisoimattoman ultraviolettisäteilyn välissä (kuva 1.1). Sekä röntgen- että UV-säteily kykenevät vaurioittamaan solujen perimäainesta

Alueen nimi	Aallonpituus CIE/ICNIRP (nm)	Silmässä	Ihossa	Vaikutus- mekanismit
UV-C	100–280	sarveiskalvo	sarveiskerros	fotokemiallinen
UV-B	280–315	sarveiskalvo, mykiö	orvaskesi	fotokemiallinen
UV-A	315–400	sarveiskalvo, mykiö	verinahka	fotokemiallinen
Näkyvä valo	400–780	verkkokalvo	verinahka	fotokemiallinen, lämpö
IR-A	780–1 400	verkkokalvo	ihonalaiskudos	lämpö
IR-B	1 400–3 000	sarveiskalvo	verinahka	lämpö
IR-C	3 000–1 · 10 ⁶	sarveiskalvo	sarveiskerros	lämpö

Taulukko 1.1 Optisen säteilyn jaottelu aallonpituuden kansainvälisten asiantuntijajärjestöjen ICNIRPin (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) ja CIE:n (Commission Internationale de l'Éclairage) mukaan, sen tunkeutumissyvyys silmässä ja ihossa sekä vaikutusmekanismit. Aallonpituudet ilmoitetaan nanometreinä. Yksi nanometri on $1 \cdot 10^{-9}$ m.

UV-säteilyn jaottelussa on kahta erilaista käytäntöä koskien UV-A- ja UV-B-säteilyn välistä rajaa. Kansainvälinen valaistus- ja standardointijärjestö CIE on jaotellut tämän rajan 315 nm kohdalle, kun taas fotobiologiset oppisuunnat katsovat rajan kulkevan 320 nm kohdalla. Tässä kirjassa aallonpituusrajana käytetään 315 nm CIE:n virallisen kannan mukaan, paitsi luvussa 5, jossa käsitellään UV-säteilyn biologisia vaikutuksia biolääketieteellisestä katsantokannasta käsin ja tällöin rajana käytetään 320 nm. UV-A-säteily jaetaan lisäksi UV-A1- ja UV-A2-osa-alueisiin; UV-A2-säteily koostuu lyhytaaltoisesta UV-A-alueesta 320–340 nm ja UV-A1-säteily pitkäaalloisesta 340–400 nm osasta.

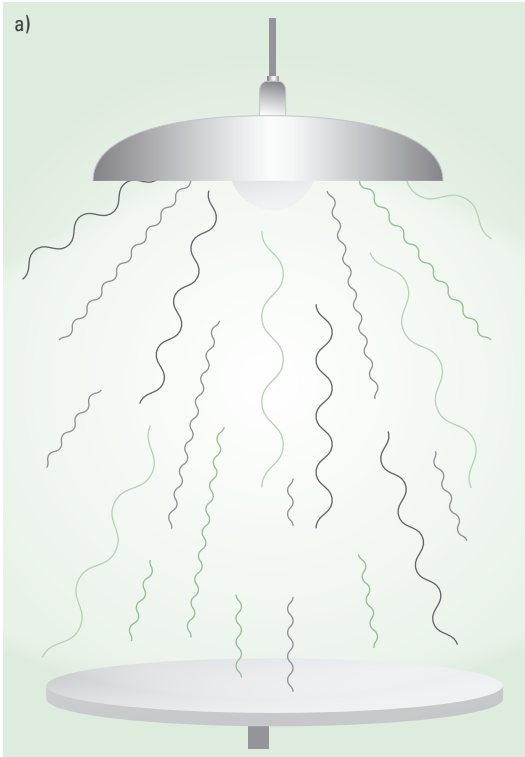
eli DNA:ta, joka saattaa johtaa terveen solun muuttumiseen pitkän ajan kuluessa syöpäsoluksi. Erona näiden kahden säteilylajin välillä on se, että suurienerginen röntgensäteily kykenee tunkeutumaan sisäelimiin ja luihin asti, kun taas UV-säteilyn biologiset vaikutukset muun optisen säteilyn tavoin kohdistuvat silmiin ja ihoon enintään muutaman millimetrin syvyydelle. Optisen säteilyn biologiset vaikutukset ovat seurausta joko fotonien suoraan aiheuttamista fotokemiallisista reaktioista, esimerkiksi solun DNA:ssa, tai kudoksen lämpenemisestä johtuvia muutoksia. UV-säteilylle ja näkyvälle valolle on ominaista, että fotokemiallisten vaikutusten sietokynnys ylittyy ennen kuin lämpövaikutus pääsee alkamaan. Esimerkiksi ihon ruskettuminen ja punoitus auringossa ovat fotokemiallisia ilmiöitä eivätkä aiheudu kudoksen liiallisesta lämpenemisestä, vaikka arkikielessä usein puhutaankin ihon palamisesta. Kudoksen vaurioitumista lämmön vaikutuksesta tapahtuu esimerkiksi äärimmäisen voimakkaiden laserpulssien aiheuttamana.



Kuva 1.1 Optisen säteilyn sijoittuminen sähkömagneettiseen spektriin

Optinen säteily on luonteeltaan ionisoimatonta sähkömagneettista aaltoliikettä, jonka aallonpituus on 100 nm – 1 mm. Ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn raja kulkee röntgensäteilyn ja UV-C-säteilyn välissä noin sadan nanometrin kohdalla. Ionisoivan säteilyn on energiaa niin suurta, että sen vuorovaikutus materian kanssa synnyttää väliaineen atomin ionisoitumista. Ionisoituminen aiheuttaa kemiallisten sidosten katkoksia molekyyleissä, kuten esimerkiksi DNA:ssa. Riittävän suurille aallonpituuksille (taajuuksille) tultaessa fotonin energia pienenee ja kemiallisen sidoksen ionisoituminen ei enää ole mahdollista. Tästä alkaa ionisoimaton säteily, jolla fotonin energian suhteellisesta pienyydestä huolimatta on erilaisia vaikutuksia elävään kudokseen.

Optisen säteilyn lähteiden joukossa laser on erikoistapaus. Lasersäteen voimakkuus voi olla vaarallisen suurta hyvinkin kaukana lähteestä, kun taas tavallinen valon lähde levittää voimakkaasti säteilyä eri suuntiin, jolloin sen energia pienenee etäisyyden kasvaessa (kuva 1.2). Lasersäteilylle on ominaista, että se voi vähimmillään sisältää vain yhtä aallonpituutta eli se on monokromaattista, säteily on samanvaiheista eli koherenttia, säteilyn lähtöaukko on hyvin pieni ja säteen kirkkaus eli radianssi on hyvin suuri. Lisäksi lasersäde voidaan koota kapeaksi säteilykeilaksi eli kollimoida, jonka seurauksena säteilystä tulee lähes yhdensuuntaista. Laserin vaarallisuus johtuu siitä, että lasersäteilyä synnyttävillä laitteilla on mahdollista kohdistaa suuria säteilyenergioita hyvin pieneen kudostilavuuteen erittäin lyhyessä ajassa, jolloin lasersäteen energia saattaa ylittää kudoksen vaurio-kynnyksen helpostikin. Lasersäteilyn tehottiheys ei myöskään vaimene nopeasti turvalliselle tasolle etäisyyden kasvaessa, vaan sillä voidaan kohdistaa hyvinkin kaukaa, esimerkiksi kilometrien päästä, suuria tehoja haluttuun kohteeseen. Lasersäteily ei tunkeudu syvälle ihmiskehoon, minkä vuoksi sen aiheuttamat biologiset vaikutukset kohdistuvat lähes yksinomaan ihon ja silmän eri osiin. Silmään osuessaan pienitehoisenkin



Kuva 1.2 Lampun valon ja lasersäteilyn ero

a) Lampun valo koostuu epäkoherentista optisesta säteilystä, joka sisältää eri aallonpituuksia ja täten myös eri värejä. Valo leviää laajalle alueelle ja sen teho- tiheys laskee nopeasti etäisyyden kasvaessa.



b) Lasersäteily on yhtä aallonpituutta tai vain muutamia aallonpituuksia sisältävää koherenttia säteilyä. Säteen teho etenee kapeassa keilassa, jonka tehotiheys voi olla vaarallinen hyvinkin kaukana laitteesta. Lisäksi teho voidaan keskittää optisesti hyvin pienelle alalle, kuten silmän verkkokalvolla tapahtuu.

säde voi olla kuitenkin hyvin vaarallinen, koska se pystyy aallonpituudesta riippuen fokusoitumaan jopa verkkokalvolle asti vaurioittaen sitä. Laserlaitteiden turvallisen käytön edellytyksenä onkin aina, että käyttäjiin ja mahdollisiin sivullisiin kohdistuvan säteilyaltistuksen määrä tunnetaan hyvin eikä koskaan ylitä turvarajoja. Pienikin ylialtistus voi olla vaarallista.

Tämän kirjan tarkoitus on antaa lukijalle kokonaiskuva optisen säteily-suojelun keskeisistä osa-alueista. Yksityiskohtaisempaa tietoa janoava löytää hakemansa erillisistä faktalaatikoista, jotka voi kuitenkin halutesaan ohittaa ilman, että asian ymmärrettävyys kärsii.

Luvussa 2 käydään läpi radiometrian perusasioita, joita tulee ottaa huomioon arvioitaessa ja laskettaessa altistumista optiselle säteilylle. Huomion kohteena ovat erityisesti peruskäsitteet, suureet ja yksiköt.

Luvuissa 3 ja 4 käsitellään lasersäteilyä. Luvussa 3 esitellään lasersäteilyn keskeiset terveyshaitat niin, että lukijalla olisi niiden perusteella mahdollisimman selvä kuva lasersäteilyä koskevien altistumisrajojen vakiintuneista perusteista. Tämän lisäksi luvussa selvitetään kuinka altistumisrajataulu-

koita sovelletaan enimmäisarvojen laskemiseksi sekä kuvataan yleiset laserin käyttöön liittyvät käyttöturvallisuusohjeet, jotka koskevat pääasiassa työpaikkoja.

Luvussa 4 käsitellään käytännön altistumista lasersäteilylle ja lasertekniikkaa hyödyntäviä sovelluksia. Luvussa on myös laskuesimerkkejä siitä, kuinka lasersäteilyaltistusta voidaan arvioida laskennallisesti. Yksinkertaistettujen laskentamenetelmien avulla lukija voi soveltaa tietoa vastaaviin tilanteisiin.

UV-säteilyn biologisia ja terveydellisiä vaikutuksia ihoon ja silmiin käsitellään laaja-alaisesti luvussa 5. UV-säteily saa aikaan ihossa erilaisia valokemiallisia ja -biologisia reaktioita, jotka liittyvät muun muassa ruskettumiseen, palamiseen, D-vitamiinin tuotantoon ja pitkällä aikavälillä tarkasteltuna ihosyvän ja harmaakaihien kehittymiseen. Toisaalta UV-säteilyä käytetään hyödyksi myös tiettyjen ihosairauksien, kuten psoriasiksen, lääketieteellisissä valohoidoissa.

Luvussa 6 esitellään keskeisimpiä UV-säteilylähteitä. Vaikka tärkein UV-säteilylle altistava lähde väestötasolla on aurinko, muutamia prosentteja UV-altistumisesta tulee myös keinotekoisista lähteistä, kuten solariumeista ja hitsauslaitteista.

Lainsäädännössä määritellyt UV-säteilyn altistumisrajat väestölle ja työntekijöille esitellään luvussa 7. Altistumisrajoja noudattamalla varmistetaan se, ettei väestötasolla tai työaikana tapahtuva UV-altistuminen nosta riskiä sairastua UV-säteilystä johtuviin sairauksiin, kuten ihosyöpään tai harmaakaihiin.

Lasersäteilyn ja UV-säteilyn lisäksi optiseksi säteilyksi luetaan näkyvä valo ja infrapunasäteily. Näkyvän valon ja IR-säteilyn altistumisrajoja ja käytännön sovelluksia käsitellään luvussa 8, Muu optinen säteily. Näkyvän valon tai infrapunasäteilyn aallonpituuksista ei ole yleensä haittaa ihmiselle. Poikkeuksen muodostaa usein työolosuhteissa tapahtuva altistuminen kirkkaalle valolle, esimerkiksi hitsauksen yhteydessä.

Terveydellisten haittojen torjumiseksi altistumista optiselle säteilylle on tarpeen rajoittaa erilaisin suosituksin, teknisin standardein ja lakiperusteisin säädöksin. Luvussa 9 käsitellään optisen säteilyn valvontaa ja säädöksiä Suomessa yleisellä tasolla. Säädösten biologiset perusteet käsitellään yksityiskohtaisemmin luvussa 3 (Lasersäteily) ja luvussa 7 (UV-säteily). Näissä luvuissa on myös esitetty säädösten pohjana olevia keskeisimpiä kansainvälisiä suosituksia, standardeja ja EU:n direktiivejä. Tällaista tietoa

tarvitsevat erityisesti viranomaiset, laitesuunnittelijat, tutkijat ja optisen säteilyn turvallisuudesta vastaavat henkilöt. On kuitenkin muistettava, että altistumisrajat ja niihin perustuvat muut turvallisuusstandardit eivät ole lopullisia, muuttumattomia dokumentteja, vaan niitä kehitetään sitä mukaa, kun saadaan uutta tietoa optisen säteilyn vaikutuksista.

Kirjan lopusta löytyvät laskuesimerkit sotalasaserin turvaetäisyyden laskemiselle (liite 1) sekä kasvoille ja silmille tulevan UV-säteilyn määrän laskemiselle (liite 2). Liitteessä 3 on taulukoitu lasersäteilyn enimmäisarvot silmään ja iholle. Liitteessä 4 on kooste Euroopan parlamentin ja neuvoston optista säteilyä koskevasta direktiivistä (2006/25/EY). Liitteiden jälkeen on sanasto.