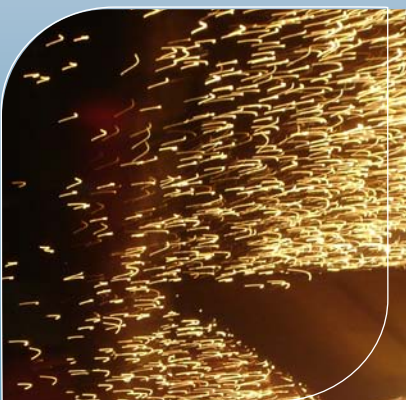


# Mittesiduv heade tavade juhend direktiivi 2006/25/EÜ (tehislik optiline kiirgus) rakendamiseks



Sotsiaalne Euroopa



Euroopa Komisjon

Seda trükist toetatakse Euroopa Liidu tööhõive ja sotsiaalse solidaarsuse programmi PROGRESS (2007–2013) raames.

Programmi viib ellu Euroopa Komisjon. Programm on loodud selleks, et toetada rahaliselt Euroopa tööhõive, sotsiaalpoliitika ja võrdsete võimaluste alaste eesmärkide rakendamist ning aidata seeläbi kaasa programmi Euroopa 2020 eesmärkide saavutamisele kõnealustes valdkondades.

Seitsmeaastane programm on suunatud kõikidele huvirühmadele, kes aitavad välja töötada asjakohaseid ja tõhusaid õigusakte ning kujundada tööhõive ja sotsiaalpoliitikat Euroopa Liidu 27 liikmesriigis, Euroopa Vabakaubanduse Assotsiatsiooni riikides ning Euroopa Liidu kandidaatriikides ja taotlejariikides.

Lisateave: <http://ec.europa.eu/progress>

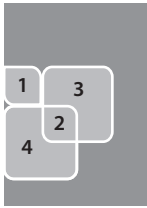
# Mittesiduv heade tavade juhend direktiivi 2006/25/EÜ (tehislik optiline kiirgus) rakendamiseks

**Euroopa Komisjon**

Tööhõive, sotsiaalküsimuste ja sotsiaalse kaasatuse peadirektoraat  
Üksus B.3

Käsikiri on valminud 2010. aasta juunis

Euroopa Komisjon ega ükski komisjoni nimel tegutsev isik ei vastuta käesolevas trükises sisalduva teabe kasutamise eest.



© Kaanefoto: 1, 3, 4: Euroopa Liit; 2: Istock

Et kasutada või reprodutseerida fotosid, mille autoriõigus ei kuulu Euroopa Liidule, tuleb taotleda luba otse autoriõiguse valdaja(te)lt.

Europe Direct on teenus, mis aitab leida vastused  
Euroopa Liiduga seotud küsimustele

Tasuta infotelefon: (\*)  
00 800 6 7 8 9 10 11

(\*) Mõned mobiilsideoperaatorid ei võimalda helistamist 00 800 numbritele  
või võtavad neile helistamise eest kõnetasu.

Lisateavet Euroopa Liidu kohta saate internetist Euroopa serverist (<http://europa.eu>).

Kataloogimisandmed ja kokkuvõte on väljaande lõpus.

Luxembourg: Euroopa Liidu Väljaannete Talitus, 2011

ISBN 978-92-79-19808-3

doi:10.2767/30517

© Euroopa Liit, 2011

Allikale viitamisel on reprodutseerimine lubatud.



# Sisukord

---

1.	Sissejuhatus.....	7
1.1	Juhendi kasutamine.....	7
1.2	Seos direktiiviga 2006/25/EÜ.....	9
1.3	Juhendi kohaldamisala.....	9
1.4	Asjakohased eeskirjad ja täpsem teave.....	10
1.5	Ametlikud ja mitteametlikud nõustamiskeskused.....	10
2.	Tehisliku optilise kiirguse allikad.....	11
2.1	Mittekoherentse kiirguse allikad.....	11
2.1.1.	Töoga seotud tegevused.....	11
2.1.2.	Rakendusala.....	12
2.2	Laserkiirguse allikad.....	13
2.3	Triviaalsed valgusallikad.....	14
3.	Optilise kiirguse toime tervisele.....	16
4.	Tehisliku optilise kiirguse direktiivi nõuded.....	17
4.1	Artikkel 4. Kokkupuute määratlemine ja riskide hindamine.....	17
4.2	Artikkel 5. Määrused, mille eesmärk on riskide vältimine või vähendamine.....	18
4.3	Artikkel 6. Töötaja teavitamine ja koolitus.....	18
4.4	Artikkel 7. Töötajatega konsulteerimine ja nende osalemine.....	18
4.5	Artikkel 8. Meditsiiniline järelevalve.....	19
4.6	Kokkuvõte.....	19
5.	Kokkupuute piirväärtuste kasutamine.....	20
5.1	Laseritega kokkupuute piirväärtused.....	20
5.2	Mittekoherentne optiline kiirgus.....	21
5.3	Viited.....	24
6.	Riskide hindamine direktiivi kontekstis.....	25
6.1	1. etapp: ohtude ja riskirühma määratlemine.....	25
6.2	2. etapp: riskide hindamine ja prioriseerimine.....	26
6.3	3. etapp: ennetavate meetmete valimine.....	26
6.4	4. etapp: tegutsemine.....	27
6.5	5. etapp: jälgimine ja ülevaatus.....	27
6.6	Viited.....	27
7.	Optilise kiirguse mõõtmine.....	28
7.1	Direktiivi nõuded.....	28
7.2	Lisaabi otsimine.....	28
8.	Tootja antud andmete kasutamine.....	29
8.1	Ohutusklassifikatsioon.....	29
8.1.1.	Laserite ohutusklassifikatsioon.....	29
8.1.2.	Mittekoherentsete optilise kiirguse allikate ohutusklassifikatsioon.....	32
8.1.3.	Masinate ohutusklassifikatsioon.....	33
8.2	Teave ohtliku kauguse ja ohuastme kohta.....	34
8.2.1.	Laserite minimaalne ohutu kaugus silmale.....	34
8.2.2.	Optilise kiirguse lairiba-allikate ohtlik kaugus ja ohuaste.....	34
8.3	Kasulik lisateave.....	35

9.	Ennetavad meetmed .....	36
9.1	Ennetavate meetmete hierarhia .....	36
9.2	Ohu kõrvaldamine .....	36
9.3	Asendamine vähem ohtliku protsessi või seadmega .....	37
9.4	Tehnilised meetmed .....	37
9.4.1.	Juurdepääsu takistamine .....	37
9.4.2.	Kaitse kasutamine piiramise abil .....	37
9.4.3.	Hädaseiskamisnupud .....	37
9.4.4.	Lukustus .....	37
9.4.5.	Filtrid ja vaateavad .....	38
9.4.6.	Joondamisvahendid .....	38
9.5	Administratiivmeetmed .....	39
9.5.1.	Kohalikud eeskirjad .....	39
9.5.2.	Kontrollitud piirkond .....	39
9.5.3.	Ohutusmärgid ja -teated .....	39
9.5.4.	Määratud isikud .....	40
9.5.5.	Koolitus ja konsultatsioon .....	41
9.5.5.1.	Koolitus .....	41
9.5.5.2.	Konsultatsioon .....	41
9.6	Isikukaitsevahendid .....	42
9.6.1.	Kaitse muude ohtude eest .....	43
9.6.2.	Silmakaitsevahendid .....	43
9.6.3.	Naha kaitsmine .....	44
9.7	Kasulik lisateave .....	44
9.7.1.	Põhistandardid .....	44
9.7.2.	Standardid tooteliigi järgi .....	44
9.7.3.	Keevitus .....	44
9.7.4.	Laser .....	44
9.7.5.	Intensiivsed valgusallikad .....	44
10.	Ohujuhtumite haldamine .....	45
11.	Meditsiiniline järelevalve .....	46
11.1	Kes peaks teostama meditsiinilist järelevalvet? .....	46
11.2	Andmete salvestamine .....	46
11.3	Arstlik läbivaatus .....	46
11.4	Tegevus kokkupuute piirtaseme ületamisel .....	46
LISA A.	Optilise kiirguse olemus .....	48
LISA B.	Optilise kiirguse bioloogiline toime silmadele ja nahale .....	49
B.1.	Silm .....	49
B.2.	Nahk .....	49
B.3.	Eri lainepikkuste bioloogiline toime silmadele ja nahale .....	50
B.3.1.	Ultraviolettkiirgus: UVC (100–280 nm); UVB (280–315 nm); UVA (315–400 nm) ..	50
B.3.2.	Nähtav kiirgus .....	51
B.3.3.	IRA .....	51
B.3.4.	IRB .....	52
B.3.5.	IRC .....	52
LISA C.	Tehisliku optilise kiirguse kogused ja ühikud .....	53
C.1.	Põhisuurused .....	53
C.1.1.	Lainepikkus .....	53
C.1.2.	Energia .....	53
C.1.3.	Muud kasulikud suurused .....	53

C.1.4.	Kokkupuute piirtasemeteh puhul kasutatavad suurused .....	54
C.1.5.	Spektraalsed suurused ja lairibasuurused .....	54
C.1.6.	Radiomeetrilised ja efektiivsed suurused .....	54
C.1.7.	Heledus .....	55
LISA D.	Uuritud näited .....	56
D.1.	Kontor .....	56
D.1.1.	Üldise meetodi kirjeldus .....	56
D.1.2.	Näidete vorming .....	61
D.1.3.	Lakke paigaldatud hajutiga luminofoorlambid .....	61
D.1.4.	Lakke paigaldatud hajutita luminofoorlamp .....	62
D.1.5.	Lakke paigaldatud hajutita luminofoorlampide rühm .....	63
D.1.6.	Katoodkiiretoru ekraan .....	64
D.1.7.	Sülearvuti ekraan .....	65
D.1.8.	Välitingimustes kasutatav metallist halogeniidlambiga üldvalgustav prožektor .....	66
D.1.9.	Välitingimustes kasutatav kompaktlambiga üldvalgustav prožektor .....	67
D.1.10.	Elektriline putukatapja .....	68
D.1.11.	Lakke paigaldatud laikvalgusti .....	69
D.1.12.	Laua-töövalgusti .....	70
D.1.13.	Päevavalguse spektriga laua-töövalgusti .....	71
D.1.14.	Paljundusmasin .....	72
D.1.15.	Digitaalne lauaprojektor .....	73
D.1.16.	Digitaalne kaasaskantav projektor .....	74
D.1.17.	Digitaalne interaktiivne tahvel .....	75
D.1.18.	Süvendis asuv kompaktilaelamp .....	76
D.1.19.	LED-indikaator .....	77
D.1.20.	Pihuarvuti .....	78
D.1.21.	UVA-lamp .....	79
D.1.22.	Metallist halogeniidlambiga tänavavalgusti .....	80
D.1.23.	Kokkuvõte näidete kohta esitatud andmetest .....	81
D.2.	Laseretendus .....	82
D.2.1.	Ohud ja ohustatud isikud .....	82
D.2.2.	Riskide hindamine ja prioriseerimine .....	82
D.2.3.	Ennetusmeetmete valimine ja tegutsemine .....	83
D.2.4.	Järelevalve ja läbivaatamine .....	83
D.2.5.	Kokkuvõte .....	83
D.3.	Optilise kiirguse meditsiinilised rakendusalaad .....	84
D.3.1.	Töövalgustus .....	84
D.3.2.	Diagnostiline valgustus .....	85
D.3.3.	Ravieesmärgil kasutatavad allikad .....	86
D.3.4.	Spetsiifilised katseallikad .....	89
D.4.	Autojuhtimine töö ajal .....	89
D.5.	Sõjavägi .....	92
D.6.	Gaasiga köetavad kõrgele paigaldatavad küttekehad .....	93
D.7.	Materjalide töötlemiseks kasutatav laser .....	94
D.7.1.	Ohtude ja riskirühma määratlemine .....	94
D.7.2.	Riskide hindamine ja prioriseerimine .....	94
D.7.3.	Ennetusmeetmete valimine .....	94
D.8.	Kuumtöötlemine .....	95
D.8.1.	Terase töötlemine .....	95
D.8.2.	Klaasi töötlemine .....	95
D.8.3.	Lisateave .....	96
D.9.	Välguga pildistamine .....	96

LISA E. Euroopa Liidu muude direktiivide nõuded .....	98
LISA F. ELi liikmesriikide eeskirjad, millega võetakse üle direktiiv 2006/25/EÜ (kuni 10. detsember 2010) ja juhised.....	102
LISA G. Euroopa ja rahvusvahelised standardid.....	108
G.1. Euronormid .....	108
G.2. Euroopa juhisdokument .....	110
G.3. ISO, IEC ja CIE dokumendid .....	110
LISA H. Valgustundlikkus .....	112
H.1. Mis on valgustundlikkus? .....	112
H.2. Kas see on tingimata seotud tööga?.....	112
H.3. Mida peaksite tööandjana ette võtma?.....	112
H.4. Mida teha, kui töökohal esineb kokkupuude tehniliku optilise kiirgusega koos valgustundlike ainetega? .....	113
LISA I. Allikad .....	114
I.1. Internet .....	114
I.2. Soovituslikud/normatiivsed .....	114
I.3. Standardid .....	115
I.4. Assotsiatsioonid/veebikataloogid.....	116
I.5. Ajakirjad .....	116
I.6. CD-d, DVD-d ja muud allikad .....	116
LISA J. Sõnastik .....	117
LISA K. Bibliograafia.....	120
K.1. Laserite ajalugu .....	120
K.2. Meditsiinilised laserid .....	120
K.3. Laserite ja optilise kiirgusega seotud ohutus .....	120
K.4. Lasertehnoloogia ja -teooria .....	120
K.5. Juhised ja avaldused .....	120
LISA L. Direktiiv 2006/25/EÜ .....	122

# 1. Sissejuhatus

---

Direktiiv 2006/25/EÜ (edaspidi direktiiv) käsitleb kõiki tehniliku optilise kiirguse allikaid. Enamik direktiivi nõuetest sarnanevad olemasolevatele nõuetele, nt raamdirektiivi 89/391/EMÜ nõuetele. Seetõttu ei tohiks direktiiv tööandjatele asetada suuremat koormust, kui teised direktiivid seda nõuavad. Kuna direktiiv on kõikehõlmav, on siiski vajalik määratleda tehniliku optilise kiirguse rakendusala, mis tervise seisukohalt on nii ebaolulised, et lisahindamine ei ole vajalik. Juhendi eesmärk on tuua näiteid triviaalsete rakendusala kohta, anda juhiseid mitmesuguste muude spetsiifiliste rakendusala kohta, esitada hindamismetoodikat ja mõnedel juhtudel anda soovitusi lisaabi otsimiseks.

Mitmesugused tööstusharud on loonud head juhised, mis katavad optilise kiirguse spetsiifilisi rakendusalasid, ning sellisel juhul viidatakse sellisele teabeallikale.

Tehislik optiline kiirgus katab väga laia valikut allikaid, millega töötajad võivad tööl olles ja mujal kokku puutuda. Selliste allikate hulka kuuluvad üld- ja kohtvalgustus, indikaatoritega seadmed, kuvarid ja muud sellised allikad, mis on töötajate heaolu seisukohalt olulised. Seetõttu ei ole mõistlik läheneda ühtemoodi teistele ohtudele, minimeerides tehniliku optilise kiirgusega seotud ohtusid. Vastasel juhul võivad suureneda töökoha muudest ohtudest või tegevustest tingitud riskid. Lihtne näide on see, kui tulede väljalülitamisel kontoriruumis on kõik pimeduses.

Mitmesuguseid tehniliku optilise kiirguse allikaid kasutatakse tootmisprotsesside, uurimise ja kommunikatsiooni sisendina. Optiline kiirgus võib olla ka juhuslik, näiteks kui materjal on kuum ja kiirgab optilise kiirguse energiat.

On olemas mitmesugused tehniliku optilise kiirguse rakendusala, millega töötajad peavad kokku puutuma tasemetel, mis ületavad direktiivis esitatud kokkupuute piirväärtused. Need rakendusala kuuluvad meelelahutus- ja meditsiinivaldkonda. Selliste rakendusala puhul on vaja kriitilist hindamist, mis tagab, et piirväärtuseid ei ületata.

Tehislik optiline kiirgus jaotatakse direktiivis laser- ja mittekoherentseks kiirguseks. Seda jaotust kasutatakse juhendis juhtudel, kus sellest on vaid selget kasu. Tavaliselt määratletakse laserkiirguse ühe lainepikkusega kiirguse voogu. Töötaja võib olla kiirgusrajale väga lähedal, ilma et tal tekiks mingeid tervisehäireid. Kui ta satub aga otse kiire tee, võidakse kokkupuute piirväärtused kiiresti ületada. Mittekoherentse kiirguse puhul on optiline kiirgus tõenäoliselt vähem kollimeeritud ja kui kiirgusallikale lähenetakse, siis kokkupuute ulatus suureneb. Võib väita, et laserkiire puhul on kokkupuute võimalus väike, kuid tagajärjed võivad olla tõsised; mittekoherentse kiirguse allika puhul on kokkupuute võimalus suur, kuid tagajärjed vähem tõsised. Optilise kiirguse tehnoloogia arenguga muutub traditsiooniline jaotus komplekssemaks.

Direktiiv võeti vastu vastavalt Euroopa Ühenduse asutamislepingu artiklile 137, mis ei takista liikmesriikidel otseselt lepingust karmimate kaitsemeetmete säilitamist ega sisseviimist.

## 1.1 Juhendi kasutamine

Enamikus töökohtades on olemas tehniliku optilise kiirguse allikad. Paljude valgusallikatega kaasneb väike vigastusrisk või see puudub üldse ning mõned võimaldavad ohutut töötamist.

Juhendit tuleb lugeda koos direktiiviga 2006/25/EÜ (direktiiv) ja raamdirektiiviga 89/391/EMÜ.

Direktiiv 2006/25/EÜ sätestab minimaalsed ohutusnõuded töötajatele, kes puutuvad kokku tehnilikust optilisest kiirgusest tulenevate riskidega. Direktiivi artikli 13 põhjal peab komisjon looma direktiivi jaoks praktilise juhendi.

Juhend on mõeldud peamiselt tööandjatele, eriti väikese ja keskmise suurusega ettevõtetele. See võib osutada

kasulikuks ka töötajate esindajatele ja liikmesriikide reguleerivatele asutustele.

Juhend jaguneb kolmeks osaks.

Kõik tööandjad peavad lugema juhendi lõikeid 1 ja 2.



Kui kõik töökohal olevad valgusallikad kuuluvad jaotises 2.3 loetletud triviaalsete valgusallikate hulka, ei ole rohkem vaja midagi ette võtta.

Kui töökohal on jaotises 2.3 mitteloetletud valgusallikaid, on riskide hindamine keerukam. Tööandja peab lisaks järgima juhendi lõike 3–9.



See võimaldab otsustada, kas teostada enesehindamine või otsida välist abi.

Lisades on teavet, mis võib osutada kasulikuks tööandjatele, kes hindavad riske ise.

Tootjalt pärinevad andmed võivad tööandjat riskide hindamisel aidata. Eelkõige tuleb teatud tüüpi tehniliku optilise kiirguse allikad liigitada juurdepääsetava optilise kiirguse ohuga allikateks. Tööandjatel soovitatakse tellida vajalik teave tehniliku optilise kiirguse allikate tootjalt. Paljud tooted jäävad Euroopa Ühenduse direktiivide, näiteks CE-märgise direktiivide haldusalasse ja sel juhul tehakse direktiivi preambula lõikes 12 spetsiaalne viide (vt lisa L). Juhendi 8. peatükis on toodud juhised tootja andmete kasutamise kohta.

Kõik töötajad puutuvad kokku tehniliku optilise kiirgusega. Valgusallikate näited on toodud 2. peatükis. Üheks väljakutseks on veenduda, et allikaid, mis on nendega kokku puutuvatele töötajatele riskantsed määral, mis ületab kokkupuute piirväärtust, hinnataks adekvaatselt, ilma et tuleks hinnata enamikku allikaid, millega ei kaasne riski mõistlikult ettenähtavate olukordade puhul – nn triviaalseid valgusallikaid.

Juhendi eesmärk on selgitada kasutajatele riskide hindamist tehniliku optilise kiirgusega kokkupuutuvate töötajate puhul.

Kui töötaja puutub kokku vaid triviaalse tehniliku optilise kiirguse allikaga, ei ole edasine tegevus vajalik. Mõned tööandjad soovivad võib-olla üles märkida, et nad on valgusallikad üle vaadanud ja sellise järelduse teinud.

Kui valgusallikad ei ole triviaalsed või kui risk pole teada, peavad tööandjad riski hindama ja vajaduse korral sobivaid ennetusmeetmeid rakendama.

Juhendi 3. peatükis on välja toodud võimalikud tervisetoided.

4. peatükis kirjeldatakse direktiivi nõudeid ja 5. peatükis esitatakse kokkupuute piirväärtused. Need kaks peatükki hõlmavad seadusest tulenevaid nõudeid.

6. peatükis on toodud riskide hindamise soovituslik meetoodika. On võimalik, et järeldus on riski puudumine, mis tähendab, et kogu protsess lõppeb siinkohal.

Kui riskide hindamiseks ei ole piisavalt teavet, võib rakendada vajalikke meetmeid (7. peatükk) või kasutada tootja antud andmeid (8. peatükk).

9. peatükk hõlmab ennetusmeetmeid juhul, kui on vaja riski vähendada.

Kui keegi puutub tehniliku optilise kiirgusega kokku määral, mis ületab piirväärtusi, saab teavet 10. peatükist, mis hõlmab situatsiooniplaane, ning 11. peatükist, mis hõlmab tervishoiuseiret.

Lisades on teave tööandjatele ja teistele, kes on seotud riskide hindamisega.

A – Optilise kiirguse olemus
B – Optilise kiirguse bioloogiline toime silmadele ja nahale
C – Tehisliku optilise kiirguse kogused ja ühikud
D – Uuritud näited. Mõned siin lisas toodud näidetest selgitavad, miks teatud valgusallikad on triviaalseks klassifitseeritud
E – Euroopa Liidu muude direktiivide nõuded
F – Liikmesriigi olemasolevad õigusaktid ja juhised
G – Euroopa Liidu ja rahvusvahelised standardid
H – Valgustundlikkus
I – Allikad
J – Sõnastik
K – Bibliograafia
L – Direktiivi 2006/25/EÜ tekst

## 1.2 Seos direktiiviga 2006/25/EÜ

Vastavalt Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2006/25/EÜ artiklile 13, mis käsitleb töötervishoiu ja tööohutuse miinimumnõudeid seoses töötajate kokkupuutega füüsilistest mõjuritest (tehislik optiline kiirgus)

tulenevate riskidega, on juhend seotud direktiivi (vt lisa L) artikliga 4 (kokkupuute ulatuse määramine ja riskide hindamine), artikliga 5 (sätted riskide vältimiseks või vähendamiseks) ning I ja II lisaga (kokkupuute piirväärtused mittekoherentse kiirguse ja laserkiirguse jaoks). Juhiseid on toodud ka direktiivi muudes artiklites.

Tabel 1.1. Seosed direktiivi artiklite ja juhendi lõikude vahel

Direktiivi 2006/25/EÜ artiklid	Pealkiri	Juhendi lõigud
Artikkel 2	Mõisted	Lisa J
Artikkel 3	Kokkupuute piirväärtused	Peatükid 6, 7, 8 ja 9
Artikkel 4	Kokkupuute määramine ja riskide hindamine	Peatükid 7, 8 ja 9
Artikkel 5	Sätted, mis on suunatud riskide vältimisele või vähendamisele	Peatükk 9
Artikkel 6	Töötajate teavitamine ja koolitus	Peatükk 9
Artikkel 7	Töötajatega konsulteerimine ja nende osalemine	Peatükk 9
Artikkel 8	Meditsiiniline järelevalve	Peatükk 11

## 1.3 Juhendi kohaldamisala

Juhend on mõeldud kõikidele ettevõtetele, kus töötajad võivad kokku puutuda tehisliku optilise kiirgusega. Direktiiv ei esita tehisliku optilise kiirguse definitsiooni. Selgelt on välja jäetud looduslikud valgusallikad, nt vulkaanipursked, Päike ja peegeldunud päikesevalgus (nt Kuu). Siiski võib olla allikaid, mida ei saa nii selgelt määratleda. Kas inimese süüdatud tuld tuleb pidada tehislikuks valgusallikaks, kuid piksenoole süüdatud tuld mitte?

Direktiiv ei jäta eraldi välja ühtegi tehisliku kiirguse allikat. Siiski on paljud neist, nt elektriseadmete indikaatorlambid, optilise kiirguse triviaalseteks allikateks. Juhendis on loetletud valgusallikad, mida saab üldiselt hinnata sellisteks, mis tõenäoliselt kokkupuute piirväärtusi ei ületa.

On võimalik, et töötaja puutub tehisliku optilise kiirgusega kokku keerukal viisil, mida juhend ei suuda ette näha. Tööandjad peavad keerukate kokkupuutestenaariumide korral lisaabi otsima.



## 1.4 Asjakohased eeskirjad ja täpsem teave

Juhendi kasutamine ei taga seadusjärgsete tehniliku optilise kiirguse kaitsenõuete järgimist kõigis ELi liikmesriikides. Kohustavateks instrumentideks on direktiivi 2006/25/EÜ põhjal tehtud seadused ja eeskirjad. Need võivad ette näha karmimad sätted kui direktiiv, millel see juhend põhineb.

Direktiivi nõuete paremaks rakendamiseks võivad tootjad valmistada seadmeid, mis emiteerivad Euroopa standardite kohast tehnilikku optilist kiirgust. Juhendis viidatakse vastavatele standarditele. Selliseid standardeid võib tasuta saada riiklikest standardiasutustest.

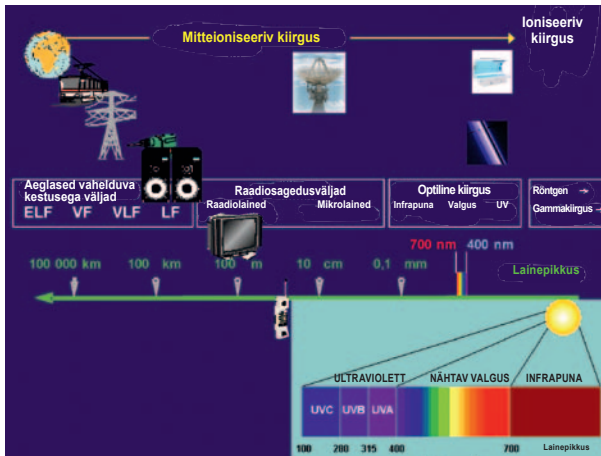
Lisateavet saab riiklikest eeskirjadest ja standarditest ning asjakohasest kirjandusest. Lisas F on toodud viited liikmesriikide pädevate asutuste üksiktrükistele. Siiski ei tähenda trükise olemasolu lisas, et kogu selle sisu on juhendiga kooskõlas.

## 1.5 Ametlikud ja mitteametlikud nõustamiskeskused

Kui juhend ei vasta kõigile küsimustele, mis on seotud tehniliku optilise kiirguse ohutusnõuete täitmisega, tuleb suhelda otse riiklike asutustega. Sinna kuuluvad tööinspeksioon, õnnetusjuhtumi kindlustust pakuvad ettevõtted või ühingud ning kommerts-, tööstus- ja käsitööseltsid.

## 2. Tehisliku optilise kiirguse allikad

### 2.1 Mittekoherentse kiirguse allikad



#### 2.1.1. Tööga seotud tegevused

Raske on leida ametikohta, kus töötaja kunagi tehisliku optilise kiirgusega kokku ei puutu. Kõik, kes töötavad siseruumides, puutuvad tõenäoliselt kokku valgustusest ja arvutiekraanidelt pärinevate optiliste emissioonidega. Õues töötavad töötajad võivad vajada kohtvalgustust, kui loomulik valgus on ebapiisav. Ka töö ajal reisivad inimesed puutuvad tõenäoliselt kokku tehisliku valgustusega, isegi kui see pärineb vaid teiste juhtide autotuledest. Kõik need on tehislikult tekitatud optilise kiirguse vormid ja võib juhtuda, et need jäävad direktiivi reguleerimisalasse.

Lisaks alati olemasolevatele allikatele, nagu valgustus ja arvutiekraanid, võivad töötajad tekitada tehislikku optilist kiirgust kas tahtlikult mõne tööprotsessi käigus või tekib see juhuslikult, st tahtmatu kõrvalproduktina. Näiteks selleks, et muuta esemesse tungivat värvainet fluorestsentseks, on vaja tekitada ultraviolettkiirgust ja sellega värvainet kiiritada. Teisest küljest ei ole suure hulga ultraviolettkiirguse tekitamine kaarkeevituse ajal keevitusprotsessi jaoks vajalik, kuid selle tekkimine on vältimatu.

Sõltumata sellest, kas optilist kiirgust tekitatakse tahtlikult või see tekib ise protsessi kõrvalproduktina, on endiselt vajalik piirata sellega kokkupuudet, vähemalt direktiiviga kehtestatud määral. Enamikus töökohtades on tehislikult tekitatud optiline kiirgus olemas, kuid kõige enam kasutatakse seda järgmistes tootmisharudes:

- kuumtööstlust kasutavad tööstusharud, nt klaasi- ja metallitööstus, kus ahjud tekitavad infrapuna-kiirgust;
- trükitööstus, kus tint ja värvained tahkuvad sageli valguse indutseeritud polümerisatsiooni abil;
- kunst ja meelelahutus, kus prožektorid, efektvalgus, efektlampid ja välklampid valgustavad otseselt esinejaid ja modelle;
- meelelahutus, kus saalis olevaid töötajaid võib valgustada üldvalgustus ja efektvalgus;
- mittepurustav katse, mille käigus võib fluorestseerivate värvainete tuvastamiseks vaja minna ultraviolettkiirgust;
- meditsiin, kus meedikud ja patsiendid võivad operatsioonisaalis kokku puutuda kohtvalgustusega ning optilise kiirguse terapeutiliste rakendustega;
- kosmeetika, kus kasutatakse lasereid ja välklampe, samuti ultraviolet- ja infrapunakiirguse allikaid;
- kaubandus- ja laotööstus, kus suured avatud ehitised on valgustatud võimsate üldvalgustitega;
- ravimitööstus ja ravimiuuringud, kus võidakse kasutada ultraviolettkiirguse abil steriliseerimist;
- kanalisatsioonivee töötlus, kus võidakse kasutada ultraviolettkiirguse abil steriliseerimist;
- teadusuuringud, kus võidakse kasutada lasereid ja kus ultraviolettkiirguse tekitatud fluorestsents on kasulik abivahend;
- metallitööstus, mille käigus keevitatakse;
- plastide töötlemine, kus kasutatakse laserseondamist.

Ülaltoodud loend ei ole lõplik.

## 2.1.2. Rakendusala

tegevusega kaasneb, sõltumata sellest, kas seda on protsessi jaoks vaja või mitte. Spektrialasid kirjeldab lisa A.

Allpool olev tabel annab ülevaate eri spektriga valguse kasutusvõimalustest. See näitab ka, milline spektriala

Lainepikkus	Kasutusala	Tekib juhuslikult protsessi käigus
UVC	Bakteritsiidne steriliseerimine Fluorestsents (laboris) Fotolitograafia	Tindi kuivatamine Teatud üld- ja kohtvalgustid Mõned projektsioonilambid Kaarkeevitus
UVB	Solaariumid Fototeraapia Fluorestsents (laboris) Fotolitograafia	Bakteritsiidsed lambid Tindi kuivatamine Teatud üld- ja kohtvalgustid Projektsioonilambid Kaarkeevitus
UVA	Fluorestsents (laborikasutused, mittepurustav katse, meelelahutusefektid, kriminalistika, võltsimise tuvastamine, omandi märgistamine) Fototeraapia Solaariumid Tindi kuivatamine Putukalõksud Fotolitograafia	Bakteritsiidsed lambid Üld- ja kohtvalgustid Projektsioonilambid Kaarkeevitus
Nähtav valgus	Üld- ja kohtvalgustid Indikaatorlambid Foorid Karvade ja juusveenide kõrvaldamine Tindi kuivatamine Putukalõksud Fotolitograafia Koopiamasinad Projektsioonitehnika Teleri- ja arvutiekraanid	Solaariumid Mõned kütte- ja kuivatusseadmed Keevitus
IRA	Valvevalgustus Kütmine Kuivatamine Karvade ja juusveenide kõrvaldamine Kommunikatsioonid	Teatud üld- ja kohtvalgustid Keevitus
IRB	Kütmine Kuivatamine Kommunikatsioonid	Teatud üld- ja kohtvalgustid Keevitus
IRC	Kütmine Kuivatamine	Teatud üld- ja kohtvalgustid Keevitus

Vahel võivad mõned spektrialad tekkida tahtmatult vaid seadme tõrke korral. Näiteks töötavad teatavat tüüpi tulvarid kõrgrõhu-elavhõbedalampidel. See tekitab kõiki-  
desse spektritüüpidesse kuuluvat kiirgust, kuid tavaliselt

ei välju see lambi kestast, mis takistab UVB ja UVC olulist emissiooni. Kui kest on katki ja lamp jätkab töötamist, eraldub ohtlikul määral UV-kiirgust.

## 2.2 Laserkiirguse allikad

Esimest laserit demonstreeriti edukalt 1960. aastal. Esmalt kasutati lasereid peamiselt teadusuuringutes ja sõjanduses. Tavaliselt kasutasid neid isikud, kes olid nende loojateks ja ehitajateks, laserkiirgusega puutusid kokku needsamad inimesed. Nüüd on laserite kasutamine aga üldlevinud. Neid kasutatakse mitmel moel töökohtades, vahel ka seadmetes, kus seade juhib tänu efektiivsele disainile laserkiirgust nii hästi, et kasutaja ei pruugi teada, et seade sisaldab laserit.

Laserkiirgust iseloomustatakse tavaliselt kui ühe lainepikkusega või väikese arvu eri lainepikkustega kiirgust; emissioonil on madal divergents, mistõttu kiir säilitab märkimisväärtes kaugustes teataval pindalal sama võimsuse või energia kui alguses; laserkiir on koherentne, st kiire

üksikud lained liiguvad korraka. Laserkiiri saab tavaliselt fokuseerida väikeseks punktiks, mistõttu on võimalik, et see põhjustab vigastusi ja kahjustab pindasid. See kõik on üldistus. On olemas laserid, mis tekitavad laserkiire, mis jääb laia lainepikkuste vahemikku; need on seadmed, mis tekitavad laialt divergeeruvaid kiiri. Mõned laserkiired ei ole suuremas osas oma pikkusest koherentsed. Laserkiirte emissioonid võivad olla pidevad – neid nimetatakse pidevalainega (*continuous wave*, CW) laseriteks – või pulseerivad.

Lasereid jaotatakse nn toimeaine järgi, mille põhjal laserkiir tekib. See aine võib olla tahke, vedel või gaasiline. Tahkel ainel põhinevad laserid jagatakse kristallilisel ainel põhinevateks laseriteks, mida nimetatakse tahkislaseriteks, ja pooljuhtlaseriteks. Järgmises tabelis on loetletud mõned tüüpilised laserid ja nende tekitatud lainepikkused.

Liik	Laser	Põhiline lainepikkus	Väljund
GAAS	Heelium-neoon (HeNe)	632,8 nm	CW kuni 100 mW
	Heelium-kaadmium (HeCd)	422 nm	CW kuni 100 mW
	Argooniioon (Ar)	488 514 nm, lisaks sinised jooned	CW kuni 20 W
	Krüptooniioon (Kr)	647 nm, lisaks UV, sinine ja kollane	CW kuni 10 W
	Süsinikdioksiid (CO <sub>2</sub> )	10 600 nm (10,6 µm)	Pulseeriv või CW kuni 50 kW
	Lämmastik (N)	337,1 nm	Pulseeriv > 40 mJ
	Ksenoonkloriid (XeCl) Krüptonfluoriid (KrF) Ksenoonfluoriid (XeF) Argoonfluoriid (ArF)	308 nm 248 nm 350 nm 193 nm	Pulseeriv kuni 1 J
TAHKE	Rubiinpunane	694,3 nm	Pulseeriv kuni 40 J
	Neodüüm:YAG (Nd:YAG)	1064 ja 1319 nm 532 ja 266 nm	Pulseeriv või CW kuni TW, 100 W keskmine CW
	Neodüüm:klaas (Nd:klaas)	1064 nm	Pulseeriv kuni 150 J
KIULINE	Üterbium (Yb)	1030–1120 nm	CW kuni 1 kW
ÕHUKE KETAS	Üterbium:YAG (Yb:YAG)	1030 nm	CW kuni 8000 W
PLOKK	Süsinikdioksiid (CO <sub>2</sub> ) Laserkristall	10 600 nm	CW kuni 8000 W
POOLJUHT	Erinevad materjalid – nt GaN GaAlAs InGaAsP	400–450 nm 600–900 nm 1100–1600 nm	CW (mõned pulseerivad) kuni 30 W
VEDEL (VÄRVAINE)	Värvaine – lasermeedias kasutatakse üle 100 erineva laservärvi	300–1800 nm 1100–1600 nm	Pulseeriv kuni 2,5 J CW kuni 5 W

Lisateavet laserite kohta leiate lisas K viidatud trükistes.

Järgnevalt on toodud kokkuvõte mõnest laseri rakendusala-

Kategooria	Näidisrakendusala
Materjalitöötlus	Lõikamine, keevitus, lasermärgimine, puurimine, fotolitograafia, kiirtootmine
Optilised mõõtmised	Kaugusmõõtmised, maamõõtmine, kiiruse mõõtmine laseriga, vibratsioonide mõõtmine laseriga, elektrooniline täppmuustriline interferomeetria, optiliste kiududega hüdrofonid, kiirpilditöötlus, osakeste suuruse mõõtmine
Meditsiin	Oftalmoloogia, refraktiivne kirurgia, fotodünaamiline teraapia, dermatoloogia, laserskalpell, vere-soontekirurgia, stomatoloogia, meditsiinidiagnostika
Kommunikatsioonid	Optilised kiud, avakosmos, satelliidid
Optiline infotalletus	CD-d, DVD-d, laserprinter
Spektroskoopia	Ainete tuvastamine
Holograafia	Meelelahutus, teabe talletamine
Meelelahutus	Laseretendused, laserviibad

## 2.3 Triviaalsed valgusallikad

Juhendi lisa D on toodud uuritud näited mõnest optilise kiirguse tehislikust allikast, mis võivad mõnes tööko-  
has, nt kauplustes ja kontorites, olla tavapärased. Kuna arvesse on võetud mitmesuguseid valgusallikaid, millest turul on loendamatu arv eri disainiga eksemplare, ei ole siin võimalik tuua laiahaardelist loendit, mis sisaldab kõiki olemasolevaid optilise kiirguse allikaid ja rakendusalasid. Valgusallika tekitatud optilise kiirguse omadusi mõjutavad märkimisväärselt erinevused näiteks reflektori kujus, klaaskatte paksuses, see sõltub ka fluorestsentslambi tootjast. Seetõttu on kõik näited otsesõnu kohaldatavad vaid uuritud valgusallika tüübile ja mudelile.

Kui aga väljatöötatud näite puhul

- valgusallikas võib tekitada kiirgust, mis on vaid väike fraktsioon ( $\approx < 20\%$ ) kokkupuute piirväärtustest või
  - valgusallikas võib tekitada kiirgust, mis ületab lubatud piire, kuid ainult äärmiselt ebatõenäolistes olukordades,
- siis võib seda tüüpi valgusallikate emiteeritud kiirgust lugeda triviaalse terviseriskiga kiirguseks, st valgusallika võib lugeda n-ö ohutuks.

Allpool olevad tabelid sisaldavad kahte rühma jagatud tavalisi valgusallikaid:

- triviaalsed (st ebaolulised juurdepääsetavad emissioonid),
- tavapärase kasutamise korral mitteohlikud (st liiga

pikaajaline kokkupuude võib tekkida vaid ebatavalistes olukordades).

Kui töökohal on vaid neis tabelites loetletud valgusallikad ja kui neid kasutatakse vaid kirjeldatud olukordades, võib arvestada, et edasine riskide hindamine ei ole vajalik. Kui need tingimused ei ole täidetud, peab ohutuse eest vastutav isik kaaluma juhendis esitatud teabe rakendamist: juhendil on ka põhjalikud lisad, mis sisaldavad rohkem üksikasju.

Valgusallikad, mis tõenäoliselt olulist kiirgust ei emiteeri ja mida võib n-ö ohutuks lugeda

Lakke kinnitatud fluorestsentsvalgustus, kui lampide kohal on hajutid
Arvutiekraaniga või muu sarnase ekraaniga varustus
Lakke kinnitatud kompaktno fluorestsentsvalgusti
Kompaktno fluorestsentsvalgusti
UVA-ga putukalõksud
Lakke kinnitatud volfram-halogen-kohtvalgusti
Volframil põhinev kohtvalgusti (milles kasutatakse päikesespektriga pirne)
Lakke kinnitatud volframlambid
Koopiamasinad
Interaktiivsed seinale projitseerivad esitlusseadmed
Valgusdiodindikaatorid
Pihuarvutid
Sõiduki indikaatorituled, pidurituled, tagurdamistuled ja udutuled
Fotograafias kasutatavad välklambid
Gaasiga köetavad kõrgele paigaldatavad küttekahad
Tänavavalgustus

Valgusallikad, millega teatud olukordades terviseriske ei kaasne	
Valgusallikas	Ohutu kasutamise olukord
Lakke kinnitatud fluorestsentsvalgustus, kui lampide kohal pole hajuteid	Ohutu normaalse valgustatuse korral ( $\approx 600$ luksi).
Metallhalogeniid-/kõrgrõhu-elavhõbeda-tulvarid	Ohutu, kui eesmine katteklaas on terve ja kui valgus pole nägemisulatuses.
Lauaprojektorid	Ohutu, kui valguskiire sisse ei vaadata.
Madalrõhu-UVA-mustlamp	Ohutu, kui see pole nägemisulatuses.
Kõik 1. klassi seadmed (vastavalt standardile EN 60825-1)	Ohutu, kui katted on terved. Katete eemaldamisel võib olla ohtlik.
Kõik nn vabastatud rühma tooted (vastavalt standardile EN 62471)	Ohutu, kui allikas pole nägemisulatuses. Katete eemaldamisel võib olla ohtlik.
Sõidukite esituled	Ohutu, kui välditakse pikaajalist kiire sisse vaatamist.

## 3. Optilise kiirguse toime tervisele

Optiline kiirgus neeldub keha välimistes kihtides ning seetõttu mõjutab see peamiselt nahka ja silmi, kuid esineb ka süsteemset toimet. Eri lainepikkusega optiline kiirgus põhjustab erinevaid toimeid sõltuvalt sellest, milline naha- või silmaosa kiirgust neelab ning milline on koostoime liik: ultraviolettkiirguse spektris domineerivad fotokeemilised ning infrapunakiirguse spektris termilised toimed. Laserkiirgus võib põhjustada lisatoimeid, mida iseloomustab energia väga kiire neeldumine kudedes; eriti ohtlik on see silmadele, kus läätis võib kiirt fokuseerida.

Bioloogilise toime saab üldiselt jagada ägedaks (kiirelt tekkiv) ja krooniliseks (tekib pikaajalise ja korduva kokkupuute tulemusena pika ajaperioodi järel). Tavaliselt tekib äge toime vaid juhul, kui kiirgus ületab teatud läve, mis tavaliselt on eri inimestel erinev. Enamik kokkupuute

piirväärtusi põhinevad ägeda toime läviväärtuste uurin-  
gutel ning on saadud läviväärtuste statistilistest arvu-  
tustest. Seetõttu ei pruugi piirtaseme ületamine tingi-  
mata toimet anda. Kõrvaltoimete tekkerisk suureneb, kui  
kokkupuute tase ületab piirväärtuse. Tervetel töötavatel  
täiskasvanutel tekib enamik allpool mainitud toimetest  
tasemetel, mis jäävad direktiivis määratletud piiridest kõr-  
gemale. Siiski võib suurema valgustundlikkusega isikutel  
tekkida toime ka kokkupuute piirtasemest allpool.

Kroonilisel toimel ei ole tavaliselt läve, millest allpool seda  
ei esine. Seetõttu ei saa sellise toime tekkeriski nullini  
vähendada. Riski saab vähendada – vähendades kokku-  
puute määra – ja lubatud piirväärtuste järgimine peaks  
vähendada tehisklik optilise kiirguse allikatest tingitud  
riske allapoole määra, mida ühiskond on loodusliku opti-  
lise kiirguse puhul aktsepteerinud.

Lainepikkus (nm)		Silm	Nahk
100–280	UVC	Fotokeratiit Fotokonjunktiviit	Erüteem Nahavähk
280–315	UVB	Fotokeratiit Fotokonjunktiviit Katarakt	Erüteem Elastoos (fotovananemine) Nahavähk
315–400	UVA	Fotokeratiit Fotokonjunktiviit Katarakt Võrkkesta fotokahjustus	Erüteem Elastoos (fotovananemine) Kiire päevitus Nahavähk
380–780	Nähtav valgus	Võrkkesta fotokahjustus (sinise valguse oht) Võrkkesta põletus	Põletus
780–1400	IRA	Katarakt Võrkkesta põletus	Põletus
1400–3000	IRB	Katarakt	Põletus
3000–10 <sup>6</sup>	IRC	Sarvkesta põletus	Põletus



## 4. Tehisliku optilise kiirguse direktiivi nõuded

Direktiivi täielik tekst on toodud juhendi lisa L. Peatükis on toodud kokkuvõtte põhilistest nõuetest.

Direktiiv sätestab minimaalsed nõuded, mis peaksid kaitsma töötajate tervist ja ohutust kokkupuute korral töökohal esineva tehisliku optilise kiirgusega. Seetõttu on võimalik, et liikmesriigid rakendavad rangemaid nõudeid või neil on sellised juba olemas.

### 4.1 Artikkel 4. Kokkupuute määratlemine ja riskide hindamine

Direktiiv rõhutab tööandjate kohustust tagada, et töötaja ei puutuks kokku tehisliku optilise kiirgusega, mis ületab direktiivi lisades mainitud kokkupuute piirväärtusi.

Tööandjad saavad seda näidata eri allikate kaudu edastatud teabe, nende endi või teiste isikute tehtud üldiste analüüside, teoreetiliste analüüside või mõõtmiste kaudu. Direktiiv ei määratle meetodikat, mis tähendab, et tööandja otsustab, kuidas eesmärk saavutatakse. Tööandjal palutakse toetuda olemasolevatele avaldatud standarditele ja, juhul kui need ei sobi, siis olemasolevatele riiklikele või rahvusvahelistele teaduspõhistele suunistele.

Paljud direktiivi nõuded sarnanevad direktiivi 89/391/EMÜ nõuetele ja kui tööandja juba täidab selle direktiivi nõudeid, on tõenäoline, et asjaomase direktiivi nõuete täitmiseks ei ole tõenäoliselt märkimisväärset lisatööd vaja teha. Riske analüüsides peab tööandja siiski tähelepanu osutama alltoodule (artikkel 4.3).

Kaalumist vajavad	Kommentaar
a) tehisliku optilise kiirguse allikatega kokkupuute kestus, määr ja lainepikkuse vahemik;	Tegemist on olulisima teabega kaalutava stsenaariumi puhul. Kui kokkupuute tase on märkimisväärselt madalamal piirväärtusest, mille puhul kokkupuude leiab aset kogu tööpäeva jooksul (eeldatavalt 8 tundi), ei ole lisaanalüüsi vaja, kui tegemist pole mitme allikaga korraga. Vt punkti h.
b) kokkupuute piirväärtused, millele viitab direktiivi artikkel 3;	Punktis a toodud teabe alusel peaks kehtivate kokkupuute piirväärtuste tuvastamine olema võimalik.
c) kõik eriti tundlikku riskirühma kuuluvate töötajate tervist ja ohutust puudutavad toimed;	Arvatakse, et lähenemine peaks olema pigem reaktiivne kui proaktiivne. On võimalik, et mõned töötajad oskavad öelda, et nad on tundlikud näiteks vilkuva valguse suhtes. Sellisel juhul peab tööandja kaaluma, kas on võimalik teha vajalikke muudatusi tööprotsessis.
d) kõik võimalikud toimed töötajate tervisele ja ohutusele, mis tulenevad töökohal kasutatava optilise kiirguse ja valgustundlike keemiliste ainete koostimest;	Töötajatel soovitatakse eriti kaaluda töökohal leiduvate keemiliste ainete valgustundlikkuse võimalust. Nagu punkti c puhul, peab tööandja reageerima, kui töötajad tõstatavad probleemi, mille kohaselt põhjustavad valgustundlikkust töökohast väljaspool asuvad keemilised ained.

Kaalumist vajavad	Kommentaar
e) kõik kaudsed toimed nagu ajutine pimestamine, plahvatus või põlemine;	Mõnes töökohas võib probleemiks olla silmade kokkupuude ereda valgusega. Tavaline reaktsioon peaks tagama kaitsetaseme tasemetel, mis jäävad allapoole lubatud piiväärtusi. Kuid tööandja peaks siiski arvesse võtma tehiskliku optilise kiirguse allikaid, mis häirivad nägemist, tekitavad sädemeid, kuma ja järelokujutisi, kui selline kokkupuude võib töötaja või teiste isikute ohutust vähendada. Teatud tehiskliku optilise kiirguse allikatest pärinev optiline kiirgus võib põhjustada plahvatuse või põlengu. See kehtib eriti 4. klassi laserite kohta, kuid seda ohtu tuleb kaaluda ka teiste allikate puhul, eriti keskkondades, kus esineb süttimis- või plahvatusohtlikke aineid.
f) asendusseadmete olemasolu tehiskliku optilise kiirguse määra vähendavate seadmete jaoks;	Seda tuleb arvestada kohtades, kus on võimalik töötajate kokkupuude piirväärtusi ületava tehiskliku optilise kiirgusega.
g) tervisekaitsest on hangitud kõikvõimalik sobiv teave, sh publikatsioonid;	See teave võib pärineda tööandja asutuselt, tööstusharu esindusrühmadelt või rahvusvahelistelt organisatsioonidelt, nagu Maailma Terviseorganisatsioon ja Mitteioniseeriva Kiirguse Vastase Kaitse Rahvusvaheline Komisjon (the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection).
h) kokkupuude tehiskliku optilise kiirguse mitme allikaga;	Punktides a ja b hangitud teabe puhul võib olla iga tehiskliku optilise kiirguse allika puhul võimalik kokkupuute piirväärtust proportsionaalselt määrata. Lihtsustatud lähenemise korral tuleb arvestada allikate arvu, millega töötajad kokku puutuvad, ja korrutada see proportsiooniga. Kui summa on väiksem kui üks, siis pole tõenäoline, et piirväärtusi ületataks. Kui summa on ühest suurem, on vaja üksikasjalikum hindamine.
i) laseri klassifikatsioon vastavalt standardile Cenelec ning kui tegemist on muu tehiskliku valgusallikaga, mis põhjustab 3B või 4. klassi laseriga sarnaseid kahjustusi, tuleb arvestada vastava seadme klassifikatsiooni;	3B ja 4. klassi lasertooted emiteerivad juurdepääsetavat laserkiirgust, mis võib põhjustada kokkupuute piirväärtuste ületamise. Siiski võib mõnes olukorras madalama ohuklassi laser samuti hindamist vajada. EN 62471 määratleb tehiskliku optilise kiirguse allikad, mis ei ole laserid, muu klassifikatsiooni järgi. 3. riskirühma seadmeid tuleb hinnata, kuid arvestada tuleb ka tõenäolisi kokkupuute viise madalama riskirühma seadmetega.
j) optilise kiirguse allikate ja nendega seotud töövahendite tootjate edastatud teave, mis vastab Euroopa Ühenduse direktiividele.	Selleks et teha direktiivis nõutud hindamisi, peavad tööandjad tehisklike optilise kiirguse allikate ja toodete tootjalt ning tarnijatelt nõudma piisavalt teavet. Sellise teabe kättesaadavus võiks olla soovitatavalt reguleeritud hankepoliitikatega.

## 4.2 Artikkel 5. Määrused, mille eesmärk on riskide vältimine või vähendamine

On oluline tunnistada, et erinevalt paljudest muudest ohtudest võib tehiskliku optilise kiirguse vähendamine teatud tasemest allapoole vigastusriski tegelikult suurendada. Ilmne näide sellest on üldvalgustus. Indikaatorlambid ja signaalid peavad oma otstarbe tõttu emiteerima piisaval määral optilist kiirgust. Seetõttu keskendub 5. artikkel riskide ennetusele või vähendamisele. Kõnealune lähenemisiis sarnaneb direktiivis 89/391/EMÜ kasutatuga ning neid põhimõtteid käsitletakse täpsemalt juhendi 9. peatükis.

## 4.3 Artikkel 6. Töötaja teavitamine ja koolitus

Artikli 6 nõuded sarnanevad direktiivi 89/391/EMÜ nõuetele. On oluline, et riske osataks ette näha. Töötajad peavad olema teadlikud, et mitu tehiskliku optilise kiirguse allikat töökohal ei ohusta nende tervist ning et paljud neist tagavad töötajate heaolu. Kui riskid on aga tuvastatud, tuleb tagada piisav teavitamine ja koolitus. Seda käsitletakse täpsemalt 9. peatükis.

## 4.4 Artikkel 7. Töötajatega konsulteerimine ja nende osalemine

See artikkel viitab direktiivi 89/391/EMÜ nõuetele.

## 4.5 Artikkel 8. Meditsiiniline järelvalve

Artikkel 8 põhineb direktiivi 89/391/EMÜ nõuetel. Paljud spetsiifilistest üksikasjadest sõltuvad tõenäoliselt liikmesriikides juba rajatud süsteemidest. Mõned meditsiinilise järelvalve juhised on esitatud juhendi 11. peatükis.

## 4.6. Kokkuvõte

Paljud direktiivi nõuetest on juba muude direktiividega kaetud, eriti direktiiviga 89/391/EMÜ (vt lisa E). Spetsiifilised juhised direktiivi artiklite järgimiseks on toodud juhendi peatükkides.

## 5. Kokkupuute piirväärtuste kasutamine

Direktiivi I ja II lisa sisaldavad kokkupuute piirväärtusi mittekoherentse optilise kiirguse ja laserkiirguse jaoks. Piirväärtuste puhul arvestatakse optilise kiirguse bioloogilist mõju eri lainepikkustel, optilise kiirgusega kokkupuute kestust ja sihtkude. Kokkupuute piirväärtused põhinevad rahvusvahelise mitteioniseeriva kiirguse eest kaitsmise komisjoni (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) avaldatud juhenditel. Lisateavet piirväärtuste põhjenduste kohta leiab juhenditest, mis on saadaval veebilehel [www.icnirp.org](http://www.icnirp.org) (vt viiteid). Tuleb märkida, et ICNIRP võib neid juhendeid muuta: sellisel juhul võidakse muuta ka direktiivis käsitletud kokkupuute piirväärtusi.

Sarnased, kuid mitte identsed kokkupuute piirväärtused on avaldanud ka Ameerika Riiklik Tööstushügieenikute Konverents (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH).

Õige kokkupuute piirväärtuse valimiseks peab teadma optilise kiirguse lainepikkuste vahemikku. Tuleb märkida, et antud lainepikkuste vahemiku kohta võib kehtida rohkem kui üks piirväärtus. Laserkiirgusega kokkupuute piirväärtused on tavaliselt lihtsamalt määratletavad, kuna emissioon toimub vaid ühe lainepikkuse juures. Siiski võib rohkem kui ühe lainepikkusega laserkiirgust emiteerivate lasertoodete puhul vajalikuks osutuda lisaefektide arvestamine.

Töötaja kokkupuute ja piirväärtuste täielik analüüs võib olla keerukas ja ulatuda kaugemale selle juhendi käsituslusalast. Allpool toodud teave on mõeldud selleks, et tööandjad oskaksid otsustada, kas lisaabi on vaja otsida.

### 5.1 Laseritega kokkupuute piirväärtused

Laserite klassifikatsioon (vt ptk 8.1.1) võimaldab kasutajatel hinnata laseriirest lähtuva ohu ulatust, kui hindamine

toimub kindlates mõõtmistingimustes. 1. klassi lasertooded peaksid tavapärase kasutamise korral olema ohutud ning seetõttu ei pea neid rohkem hindama. Siiski on hindamine vajalik, kui 1. klassi lasertoodet hooldatakse ja kui selle koostisse kuulub kõrgema klassi laser. Kui vastupidist teavet ei ole edastatud, peavad tööandjad eeldama, et 3B ja 4. klassi laseritest pärinev kiirgus võib silmi kahjustada. 4. klassi laserid võivad põhjustada nahakahjustusi.

Kompetentne isik, näiteks laseritele spetsialiseerunud ohutusametnik, peab teadma, kus 3B ja 4. klassi lasereid kasutatakse.

Kui lasertood on määratud 2. klassi, määratakse kokkupuute piirväärtused eeldusel, et juhuslik kokkupuute ei kesta üle 0,25 sekundi. Kui toote kasutamine tähendab, et töötaja silmad puutuvad korduvalt laserkiirega kokku, tuleb teha täpsem hindamine piirväärtuste võimaliku ületamise suhtes.

1M, 2M ja 3R klassi lasereid tuleb hinnata tõenäoliste kokkupuutevõimaluste järgi.

Laserkiirgusega kokkupuute piirväärtused on toodud direktiivi II lisa, mis on lisatud ka juhendi lissasse L. Piirväärtusi väljendatakse kiiritustiheduse (vatti ruutmeetri kohta,  $W m^{-2}$ ) või kiirgussäritusega (džauli ruutmeetri kohta,  $J m^{-2}$ ).

Laserkiirguse kiiritustiheduse ja kiirgussärituse arvutamisel tuleb keskmistada nende väärtused, mis on mõõdetud seadme ava (nimetatakse piiravaks avaks) juures, nagu on täpsustatud direktiivi II lisa tabelites 2.2, 2.3 ja 2.4.

Tabel laseriga kokkupuute õige piirväärtuse leidmiseks

Kokkupuute silmaga – lühiajaline (< 10 s) – tabel 2.2

Kokkupuute silmaga – 10 s või kauem – tabel 2.3

Kokkupuute nahaga – tabel 2.4

Kokkupuuteaja leidmisel tuleb arvestada sellega, kas kokkupuude on juhuslik või sihilik. Juhuslikuks kokkupuuteks loetakse silma puhul 400–700 nm lainepikkusega laserkiirte korral üldiselt 0,25 sekundit ja kõigi teiste lainepikkustega laserkiirte korral 10 kuni 100 sekundit. Kui kokkupuude toimub vaid nahaga, on kõikide lainepikkuste puhul soovitatav arvestada 10 kuni 100 sekundiga.

Nende kokkupuute kestuste korral on võimalik arvutada ava läbiva kiire maksimaalne kiirgusvõimsus enne kokkupuute piirväärtuste ületamist. Allpool on esitatud selliste arvutuste tulemused silma kokkupuute korral pideva laserkiirgusega, mille allikas on väike.

Lainepikkuste vahemik (nm)	Piirav avaus (mm)	Kokkupuute kestus (s)	Kokkupuute piirväärtused (W m <sup>-2</sup> )	Maksimaalne kiirgusvõimsus ava läbimisel (W)	Maksimaalne kiirgusvõimsus ava läbimisel (mW)
180–302,5	1	10	3,0	0,0000024	0,0024
≥ 302,5–315	1	10	3,16–1000	0,0000025–0,00079	0,0025–0,79
305	1	10	10	0,0000079	0,0079
308	1	10	39,8	0,000031	0,031
310	1	10	100	0,000079	0,079
312	1	10	251	0,00020	0,20
≥ 315–400	1	10	1000	0,00079	0,79
≥ 400–450	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
≥ 450–500	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
≥ 500–700	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
≥ 700–1050	7	10	10–50	0,00039–0,0019	0,39–1,9
750	7	10	12,5	0,00049	0,49
800	7	10	15,8	0,00061	0,61
850	7	10	19,9	0,00077	0,77
900	7	10	25,1	0,00097	0,97
950	7	10	31,6	0,0012	1,2
1000	7	10	39,8	0,0015	1,5
≥ 1050–1400	7	10	50–400	0,0019–0,015	1,9–15
≥ 1050–1150	7	10	50	0,0019	1,9
1170	7	10	114	0,0044	4,4
1190	7	10	262	0,010	10
≥ 1200–1400	7	10	400	0,015	15
≥ 1400–1500	3,5	10	1000	0,0096	9,6
≥ 1500–1800	3,5	10	1000	0,0096	9,6
≥ 1800–2600	3,5	10	1000	0,0096	9,6
≥ 2600–10 <sup>5</sup>	3,5	10	1000	0,0096	9,6
≥ 10 <sup>5</sup> –10 <sup>6</sup>	11	10	1000	0,095	95

Lisateavet kokkupuute piirväärtuste hindamise kohta on esitatud standardis IEC TR 60825-14. Tuleb märkida, et dokumendis on kasutatud väljendi „kokkupuute piirväärtus” asemel väljendit „maksimaalne lubatud mõjutus”.

## 5.2 Mittekoherentne optiline kiirgus

Kokkupuute piirväärtuste kasutamine mittekoherentse optilise kiirguse puhul on üldiselt keerukam kui

laserkiirguse puhul. See on tingitud sellest, et töötaja puutub tõenäoliselt kokku teatud vahemikku jäävate mitmesuguste lainepikkustega kiirgusega, mitte ühe lainepikkusega kiirgusega. Siiski on võimalik teha mitu lihtsustust, halvimal juhul võib eeldada, et vajalik on täpsem hindamine.

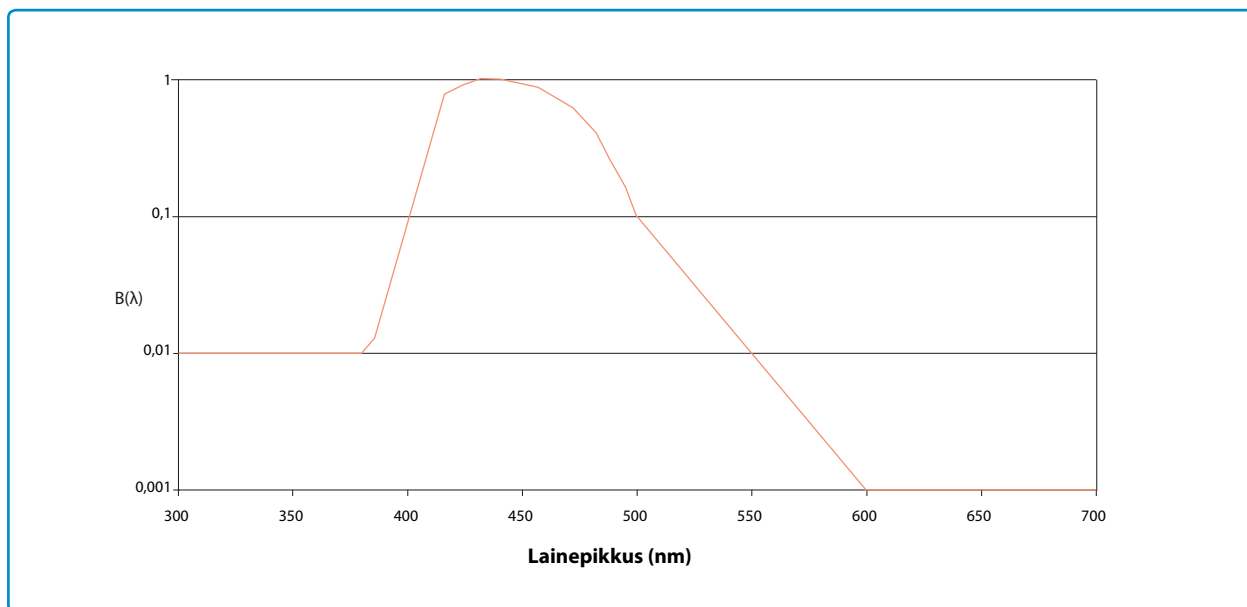
Direktiivi I lisa tabelites 1.2 ja 1.3 on toodud kolm ühikuteta muudatustegurit. Kaalumiskriteeriumi  $S(\lambda)$  kohaldatakse vahemikus 180–400 nm ja seda kasutatakse spektri kiiritustiheduse ja kiirgussärituse andmete muutmiseks, et



Faktorit  $B(\lambda)$  kohaldatakse lainepikkuste 300–700 nm juures, et võtta arvesse silma fotokeemilist kahjustust

põhjustavaid lainepikkusi. Sõltuvus lainepikkusest on välja toodud allpool.

**Joonis 5.2. Kaalumisfunktsioon  $B(\lambda)$**

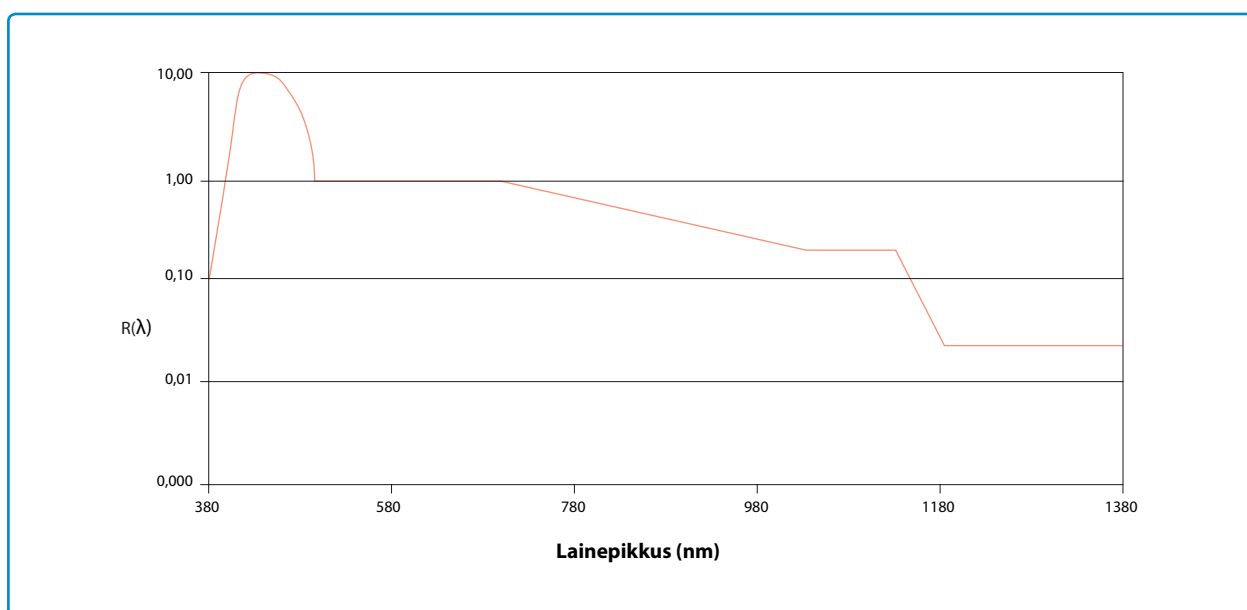


Kaalumisfaktori tippväärtus on lainepikkuste 435–440 nm juures 1,0. Kui kokkupuute piirväärtust ei ületata eeldusel, et kõik emissioonid vahemikus 300–700 nm toimuvad umbes 440 nm juures (kuna  $B(\lambda)$  funktsiooni maksimaalne väärtus on 1, on see kokkuvõttes samaväärne funktsiooni

mittekasutamisega), ei leita piirväärtuse ületamist ka üksikasjalikuma hinnangu teostamise korral.

Kaalumisfaktor  $R(\lambda)$  määratletakse vahemikus 380–1400 nm ja see on kokku võetud allpool.

**Joonis 5.3. Kaalumisfunktsioon  $R(\lambda)$**





$R(\lambda)$  tippväärtus tekib vahemikus 435–440 nm. Kui kokkupuute piirväärtust ei ületata eeldusel, et kõik emissioonid vahemikus 380–1400 nm toimuvad umbes 440 nm juures (kuna  $R(\lambda)$  funktsiooni maksimaalne väärtus on 10, on see kokkuvõttes samaväärne kõikide kaalumata väärtuste kümnekordse korrutisega), ei leita piirväärtuse ületamist ka üksikasjalikuma hinnangu teostamise korral.

Direktiivi I lisa tabelis 1.1 on toodud kokkupuute piirväärtused eri lainepikkuste korral. Mõne lainepikkusega piirkonnas kehtib rohkem kui üks piirväärtus. Ühtegi asjakohast piirväärtust ei tohi ületada.

### 5.3 Viited

Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). Health Physics 87 (2): 171-186; 2004

Revision of the Guidelines on Limits of Exposure to Laser radiation of wavelengths between 400nm and 1.4 $\mu$ m. Health Physics 79 (4): 431-440; 2000

Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3 $\mu$ m). Health Physics 73 (3): 539-554; 1997

Guidelines on UV Radiation Exposure Limits. Health Physics 71 (6): 978; 1996

Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 1 mm Health Physics 71 (5): 804-819; 1996

## 6. Riskide hindamine direktiivi kontekstis

Riskide hindamine on direktiivi 89/391/EMÜ üldnõue. Siin kirjeldatav lähenemisviis põhineb Euroopa Töötervishoiu- ja Tööohutusagentuuri (European Agency for Safety and Health at Work) etapiviisilisel riskide hindamisel.

Etapiviisiline riskide hindamine
1. etapp: ohtude ja riskirühma määramine
2. etapp: riskide hindamine ja prioriseerimine
3. etapp: ennetavate meetmete valimine
4. etapp: tegutsemine
5. etapp: jälgimine ja ülevaatus

Edasise riskide hindamise käigus tuleb arvestada kõiki tööga seotud tegevusest tulenevaid ohte. Direktiivi eesmärgi tõttu käsitletakse siiski vaid optilise kiirguse ohtu. Teatud rakenduste korral on tootja andnud piisavalt teavet, mille abil saab järeldada, kas riski on piisavalt käsitletud. Seetõttu ei pruugi riskide hindamine olla liiga koormav. Kui riiklikud õigusaktid seda ei nõua, ei tule triviaalsete valgusallikate puhul riskide hindamise tulemusi kirjalikult üles märkida. Tööandja võib siiski otsustada kirjaliku riskide hindamise kasuks, et näidata, et see on tehtud.

### 6.1 1. etapp: ohtude ja riskirühma määramine

Leida tuleb kõik optilise kiirguse allikad. Mõned allikad on seadmetesse nii paigutatud, et töötaja nendega normaaltingimustes kokku ei puutu. Siiski on vajalik arvestada, kuidas töötajad võivad kogu valgusallika elutsükli jooksul sellega kokku puutuda. Kui töötajad toodavad optilist kiirgust emiteerivad tooteid, võib kokkupuute risk nende puhul olla suurem kui tavakasutajatel. Optilist kiirgusallikat sisaldava toote tavapärane elutsükkel on järgmine.	<b>Toote elutsükkel</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tootmine</li> <li>2. Katsetamine</li> <li>3. Paigaldamine</li> <li>4. Projekteerimine ja kujundamine</li> <li>5. Käiklaskmine</li> <li>6. Normaalne töö</li> <li>7. Törkeseseisundid</li> <li>8. Regulaarne hooldus</li> <li>9. Teenindus</li> <li>10. Muudatused</li> <li>11. Kõrvaldamine</li> </ol>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Kokkupuude optilise kiirgusega tekib tavaliselt siis, kui toode on kasutusel. Punktid 1–3 võivad aset leida muu tööandja valdustes. Punktid 4–10 leiavad tavaliselt aset normaalses töökeskkonnas. Tuleb märkida ka seda, et mõned elutsükli osad on tõepoolest tsüklilised. Näiteks võib tööl kasutatav seade vajada iganädalast hooldust. Teenindusse tuleb see viia kord kuue kuu jooksul. Pärast iga teenindust võib olla vajalik olla teatud ulatuses käiklaskmine. Muudel aegadel on seade nn tavalises töökorras.

Tööandja peab arvestama, millised töötajate või lepingupartnerite rühmad elutsükli igas osas tootest pärineva optilise kiirgusega tõenäoliselt kokku puutuvad.

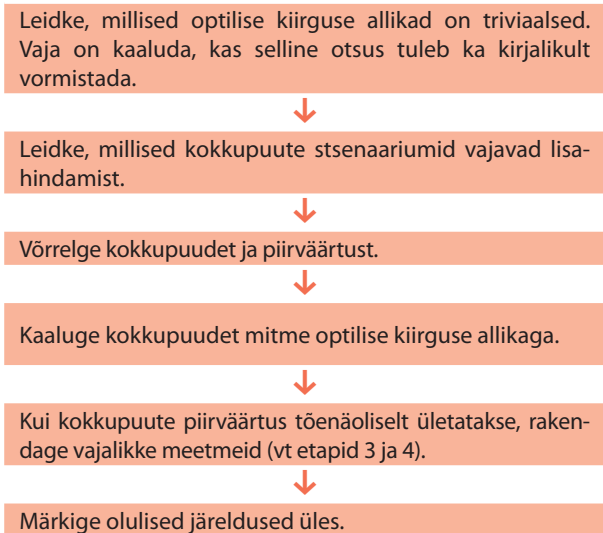
1. etapp
Märkige üles kõik tõenäolised tehniliku optilise kiirgusega kokkupuuteallikad ning mõelge, kes võiks sellega kokku puutuda.

## 6.2 2. etapp: riskide hindamine ja prioriseerimine

Direktiivi nõuete kohaselt peab töötajate kokkupuude optilise kiirgusega jääma allapoole direktiivi I ja II lisas määratletud kokkupuute piirväärtust. Paljud töökohal olevad optilise kiirguse allikad on triviaalsed. Juhendi lisas D on esitatud juhised teatud rakenduste kohta. Otsustamiseks, kas optilise kiirguse allikas on triviaalne või mitte, tuleb hinnata, mitme allikaga töötaja tõenäoliselt kokku puutub. Kui ühe allika puhul on töötaja kokkupuude vähem kui 20% kogu tööpäeva kokkupuute piirväärtusest, võib optilise kiirguse allika lugeda triviaalseks. Kui selliseid allikaid on aga 10, peab kokkupuude iga allika puhul olema vähem kui 2%, et piirväärtust saaks lugeda triviaalseks.

On oluline rõhutada, et direktiiv nõuab riskide kõrvaldamist või miinimumini viimist. See ei tähenda tingimata, et optilise kiirguse hulk tuleks miinimumini viia. Kõikide tulede kustutamine võib näiteks ohutust vähendada ja vigastusriski suurendada.

Riskide hindamine peab toimuma järgmiselt.:



Kokkupuuteriski määramine (st kui tõenäoline on kokkupuude), ei pruugi olla alati ühesugune. Töökohal võib esineda kollimeeritud laserkiirgust ning kokkupuute tõenäosus laserkiirgusega võib olla väike. Siiski võivad tagajärjed kokkupuute korral olla tõsised. Seevastu võib kokkupuude mitmest mittekoherentsest tehisliku optilise kiirguse allikast pärineva kiirgusega olla palju tõenäolisem, kuid tagajärjed on kerged.

Enamikus töökohtades ei ole kokkupuute riski määramise nõue õigustatud ja riskid tuleb nn terve mõistuse seisukohalt määratleda kas kõrgeks, keskmiseks või madalaks.



Direktiiv ei määratle neid tõenäolistena, st sellisteks riskideks, mille kokkupuute tõenäosus on olemas. Seetõttu on nn terve mõistusel põhinev hinnang piisav, kui riiklikud nõuded ei näe ette vastupidist.

### 2. etapp

Kaaluge triviaalsete optilise kiirguse allikate ülesmärkimist.

Märkige üles optilise kiirguse allikad, mille puhul esineb kokkupuute piirväärtuse ületamise risk.

Hinnake riski suurust.

Leidke töötajad, kes võivad olla eriti valgustundlikud.

Seadke pingeritta meetmed, mis reguleerivad selliseid optilise kiirguse allikaid, mis võivad mõjutada töötajaid piirväärtusi ületavatel tasemetel.

Kuigi ultraviolettkiirgusega kokkupuute piirväärtusi saab kasutada töötajat tööpäeva kestel mõjutava maksimumise kiiritustiheduse määramiseks, pole korduv kokkupuude igal tööpäeval töötajale just sobivaim. Pigem tuleb kaaluda ultraviolettkiirgusega kokkupuute võimaluse vähendamist mõistlikul määral rakendatavatele väärtustele kui piirväärtuse enda leidmist.

## 6.3 3. etapp: ennetavate meetmete valimine

Juhendi 9. peatükis on antud juhised rakendatavate meetmete kohta, mida võib kasutada tehisliku optilise kiirgusega kokkupuute riski vähendamiseks. Isiklikule kaitsesele eelistatakse üldiselt kogu kollektiivi kaitsmist.

### 3. etapp

Leidke sobiv ennetav meede.

Märkige otsuse põhjendus üles.

## 6.4 4. etapp: tegutsemine

Vajalik on rakendada ennetusmeetmeid. Tehisliku optilise kiirgusega kokkupuute riski analüüs määrab, kas tööd tuleb jätkata ettevaatusega kuni ennetavate meetmete rakendamiseni või tuleb töö peatada.

4. etapp
Leidke, kas töö võib jätkuda.
Rakendage ennetavad meetmed.
Teavitage töötajaid ennetavatest meetmetest.

## 6.5 5. etapp: jälgimine ja ülevaatus

Oluline on leida, kas riskide hindamine oli efektiivne ning kas ennetavad meetmed on piisavad. Samuti on oluline riskihindamise tulemused üle vaadata, kui tehisliku optilise kiirguse allikad muutuvad või kui tööprotsess muutub.

Töötajad ei pruugi teada, et nad on valgustundlikud, samuti võib valgustundlikkus tekkida pärast riskide hindamist. Kõik kaebused tuleb üles märkida ja vajaduse korral tuleb rakendada meditsiinilist järelevalvet (vt juhendi 11. peatükki). Vajalikuks võib osutada tehisliku optilise kiirguse allika(te) väljavahetamine või tööprotsessi muutmine.

5. etapp
Leidke sobiv intervall rutiinseks ülevaatauseks – näiteks 12 kuud.
Veenduge, et ülevaatus teostataks ka olukorra muutumisel, näiteks uute optilise kiirguse allikate paigaldamisel, tööprotsessi muutumisel või ohujuhtumite korral.
Märkige ülevaatused ja järeldused üles.

## 6.6 Viited

Euroopa Töötervishoiu- ja Tööohutusagentuur:  
<http://osha.europa.eu/en/topics/riskassessment>.

## 7. Optilise kiirguse mõõtmine

### 7.1 Direktiivi nõuded

Optilise kiirguse mõõtmist saab teha riskide hindamise osana. Direktiiv sätestab 4. artiklis nõuded riskide hindamisele. Seal on kirjas:

„Kui töötajad puutuvad kokku tehnilike optilise kiirguse allikatega, peab tööandja [...] hindama ja vajaduse korral mõõtma ja/või arvutama optilise kiirgusega kokkupuute tasemeid, millega töötajad tõenäoliselt kokku puutuvad ...”

See fraas võimaldab tööandjal määratleda töötaja kokkupuute määra, kasutades muid meetodeid kui mõõtmine, nt arvutuslikult (kasutades kolmanda osapooli, nt tootja, antud andmeid).

Kui on võimalik hankida andmeid, mis sobivad riskide hindamise jaoks, pole mõõtmine vajalik. See on soovitatav, sest optilise kiirguse mõõtmine töökohal on keerukas ülesanne. Mõõtmiseadmed on tõenäoliselt suhteliselt kallid ning neid oskab õigesti kasutada vaid kompetentne isik. Kogenematu kasutaja võib teha vabalt vigu, mis põhjustavad väga ebatäpsete tulemuste saamise. Sageli on töökoha protseduuridele, mille riske hinnatakse, vajalik lisada ka kellaaja ja liikumise andmed.

### 7.2 Lisaabi otsimine

Kui tööandja pole nõus ostma optilise kiirguse mõõtmise seadmeid ja tal ei ole nende kasutamiseks eriteadmisi, vajab ta abi. Vajalikke mõõtmiseadmeid võite leida järgmistest kohtadest (kus on lisaks eriteadmised nende kasutamiseks):

- riiklikud tervise ja ohutusega tegelevad asutused;
- uurimisasutused (nt optikaosakonnaga ülikoolid);
- optiliste mõõtmiseadmete tootjad (ja tõenäoliselt nende esindajad);
- asjatundjatest tervise ja ohutuse erakonsultandid.

Kui pöördate mõne mainitud abiallika poole, tasub meeles pidada, et olemas peavad olema:

- teadmised kokkupuute piirväärtuste ja nende rakendamise kohta;
- seadmed, mis mõõdavad kõiki huvipakkuvat lainepikkusega piirkondi;
- kogemused seadmete kasutamisel;
- kalibreerimismeetod, mis võimaldab seadet mõne riikliku standardi järgi kohandada;
- võimalus hinnata kõikide tehtud mõõtmiste ebatäpsust.

Kui vastav asutus kõikidele mainitud kriteeriumidele ei vasta, on võimalik, et saadud riskide hindamise tulemused on vigased, kuna:

- õigeid piirväärtusi ei suudetud rakendada või ei suudetud rakendada õigesti;
- ei suudetud hankida andmeid, mida võrrelda kõikide kehtivate piirväärtuste suhtes;
- on suured vead andmete numbrilistes väärtustes;
- saadi andmed, mida ei saa võrrelda sobivate piirangutega, et järeldus oleks üheselt mõistetav.

## 8. Tootja antud andmete kasutamine

Kuna optilist kiirgust emiteerivaid allikaid on väga mitmesuguseid, on nendest tulenev risk samuti väga erinev. Optilist kiirgust emiteerivate seadmete tootjate antud andmed aitavad kasutajaid ohtude hindamisel ja vajalike ennetavate meetmete leidmisel. Eriti kasulikuks võivad riskide hindamisel osutada laserit sisaldavate ja laserit mittesisaldavate optilise kiirguse allikate klassifikatsioon ning andmed ohtliku kauguse kohta.

### 8.1 Ohutusklassifikatsioon

Laserit sisaldavate ja mittesisaldavate optilise kiirguse allikate klassifikatsioonid näitavad tervisemõjude võimalikku riski. Sõltuvalt kasutustingimustest, kokkupuuteajast ja keskkonnast võivad need tervisele mõju avaldada või mitte. Klassifikatsiooni abil saavad kasutajad valida sobivad ennetavad meetmed nende riskide vähendamiseks.

#### 8.1.1. Laserite ohutusklassifikatsioon

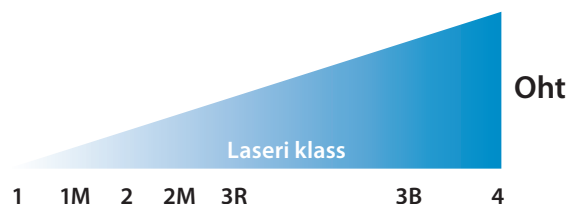
Laserite klassifikatsioon põhineb juurdepääsetavate emissioonide piirväärtuse põhimõttel. Need on iga laseriklassi puhul määratletud. Juurdepääsetavate emissioonide piirväärtuse puhul arvestatakse lisaks laseriseadme väljundile ka inimese juurdepääsuga laserkiirguse emissioonile. Laserid on jagatud 7 klassi: mida kõrgem klass, seda suurem on laseri võimalus kahjustusi tekitada. Riski vähendavad suuresti kasutaja rakendatud lisakaitsemeetmed, sh ka täiendavad tehnilised kontrollid (nt kaitsetase).

#### Kasulik teave meelespidamiseks

M-täht 1M ja 2M klassi seadmete tähistuses tuleneb sõnast „Magnifying“ (ee suurendama). Tegemist on suurendavate optiliste instrumentidega

R-täht 3R klassi seadmete tähistuses tuleneb sõnadest „Reduced“ või „Relaxed“ (ee vähendada või pingest vabastama). Tegemist on nõuetega seadmetele: vähendatud nõudmised nii tootjale (nt puudub lüliti, kiire peataja või neelaja ja vajalik vahepistmik) kui ka kasutajale

B-täht 3B klassi tähistuses on ajaloolise tähendusega



##### 8.1.1.1. 1. klass

Lasertooted, mida peetakse kasutamisel ohutuks, sh ka siis, kui pikka aega vaadatakse otse kiire sisse isegi optiliste vaatluseadmete puhul (monokulaarid või binoklid). 1. klassi lasertoodete kasutajad ei pea võtma normaaltöö korral optilisest kiirgusest tuleneva ohu ennetusmeetmeid. Kasutushoolduse või teeninduse ajal võib kiirgus olla suuremal määral juurdepääsetav.

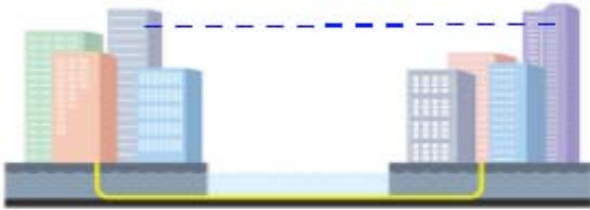


Sellesse klassi kuuluvad tooted, mis sisaldavad suure võimsusega lasereid, mis asuvad kestas, mis takistab inimese kokkupuudet kiirgusega ja mida ei saa avada ilma laserit välja lülitamata või mille puhul on laserkiire juurde pääsemiseks vaja tööriistu:

- laserprinterid,
- CD- ja DVD-mängijad ja salvestid,
- materjale töötlevad laserid.

### 8.1.1.2. 1M klass

Ohutud paljale silmale mõistlikult ettenähtavate kasutustingimuste juures, kuid võivad olla ohtlikud, kui kasutaja kasutab kiire teele jäävat optikat (nt luubid või teleskoobid).



Näide: lahtivõetud fiberoptiline kommunikatsioonisüsteem



1 ja 1M klassi kuuluvate lasertoodete kiire sisse vaatamine võib ikkagi põhjustada sädelust silme ees, eriti kui ümbritsev valgus on hämar.

### 8.1.1.3. 2. klass

Nähtavat kiirgust emiteerivad lasertooted, mis on lühiajalise kokkupuute puhul ohutud isegi optiliste vaatlusseadmete kasutamisel, kuid need tooted võivad olla ohtlikud, kui sihilikult laserkiire sisse vaadata. 2. klassi lasertooted ei ole silmadele oma olemuselt ohutud, kuid eeldatakse, et loomulikest reaktsioonidest, nt pea pööramisest või silmapilgutusest tulenev kaitse on piisav.



Näited: triipkoodilugejad

### 8.1.1.4. 2M klass

Lasertooted, mis emiteerivad nähtavaid laserkiiri ja on lühiajalisel kokkupuutel palja silmaga ohutud. Võimalik silmakahjustus võib tekkida luupide või teleskoopide kasutamisel. Silma kaitse on tavaliselt tagatud normaalse reaktsiooniga, nt silmapilgutusega.



Näited: nivelleerimis- ja joondamisseadmed ehitusrakenduste jaoks

### 8.1.1.5. 3R klass

Otsene kiire sisse vaatamine on potentsiaalselt ohtlik, kuid praktiliselt on vigastusrisk enamasti lühiajalise ja tahtmatu kokkupuute tõttu suhteliselt madal. Siiski võib seade olla ohtlik, kui ettevalmistuseta inimene kasutab seda valesi. Risk on piiratud loomuliku reaktsiooni tõttu ereda valguse käes, kui tegemist on nähtava kiirgusega, ja reaktsiooni tõttu sarvkesta kuumenemisel, kui tegemist on infrapunakiirgusega

3R klassi lasereid tuleb kasutada vaid juhtudel, kus otsene kiire sisse vaatamine on ebatõenäoline.



Näited: moodistusseadmed, suure võimsusega laserviivad, joondamislaserid

Loomulik reaktsioon ei leia alati aset.



2., 2M või nähtava kiirgusega 3R klassi lasertoodete kiire sisse vaatamine võib põhjustada sädelust silme ees, sähvatusest tingitud pimestust ja järelkujutisi, eriti ümbritseva hämara valguse korral. Ajutise nägemishäire või ehmumisreaktsiooni tõttu võib see kaudselt ohutust mõjutada. Nägemishäired võivad probleemiks osutuda toimingutel, kus ohutus on ülioluline, nt masinatega või kõrgustes või kõrgepingega töötamisel või auto juhtimisel.

### 8.1.1.6. 3B klass

Ohtlik silmadele, kui silmad puutuvad otsese kiirgusega kokku minimaalsel ohutul kaugusel silmale (*nominal ocular hazard distance*, NOHD – vt 8.2.1). Difuussete peegelduste vaatamine on tavaliselt ohutu, kui silm pole difundeerivale pinnale lähemal kui 13 cm ja kokkupuute kestus on vähem kui 10 s. 3B klassi laserid, mille omadused jäävad oma klassi ülemiste piirväärtuste juurde, võivad põhjustada kergeid nahakahjustusi ja esineda võib isegi risk süttimisohtlike materjalide süttimiseks.



Näited: füsioteraapialaserid; teadusuuringutes kasutatavad laboriseadmed



## 8.1.1.7. 4. klass

Näited: laserprojektorid, laserkirurgia ja metalli löikamine laseriga

Lasertooted, mille puhul otsene laserkiire sisse vaatamine ja kokkupuude nahaga on ohtlik teatud kaugusel. Samuti on ohtlik difuusete peegelduste vaatamine. Seda tüüpi laserid on ka süttimisohtlikud.



3B ja 4. klassi lasertooted ei tohi kasutada enne riskide hindamist, mille käigus määratletakse ohutut kasutamist tagavad ennetavad meetmed

Tabel 8.1. Kokkuvõte vajalikest meetmetest eri ohutusklassiga laserite puhul

	1. klass	1M klass	2. klass	2M klass	3R klass	3B klass	4. klass
Ohuklassi kirjeldus	Ohutu mõistlikult ettenähtavate tingimuste korral	Ohutu paljale silmale; võib olla ohtlik, kui kasutaja kasutab optikat	Ohutu lühiajalise kokkupuute korral; silmi kaitseb loomulik kaitse reaktsioon	Ohutu paljale silmale lühiajalise kokkupuute korral; võib olla ohtlik, kui kasutaja kasutab optikat	Vigastusrisk on suhteliselt madal, kuid seade võib osutuda ohtlikuks, kui ettevalmistuseta isik kasutab seda valesti	Otsene seadmesse vaatamine on ohtlik	Kahjustab silmi ja nahka; põlenguohut
Kontrollitud piirkond	Ei ole vajalik	Lokaliseeritud või suletud	Ei ole vajalik	Lokaliseeritud või suletud	Suletud	Suletud ja lukuga kaitstud	Suletud ja lukuga kaitstud
Võtmega avatav	Ei ole vajalik	Ei ole vajalik	Ei ole vajalik	Ei ole vajalik	Ei ole vajalik	Vajalik	Vajalik
Koolitus	Ohutuks kasutamiseks järgige tootja antud kasutusjuhiseid	Soovitav	Ohutuks kasutamiseks järgige tootja antud kasutusjuhiseid	Soovitav	Vajalik	Vajalik	Vajalik
Isikukaitsevahendid	Ei ole vajalik	Ei ole vajalik	Ei ole vajalik	Ei ole vajalik	Võib olla vajalik – sõltub riskide hindamise tulemustest	Vajalik	Vajalik
Kaitsvad meetmed	Tavalise kasutamise puhul ei ole vajalikud	Vältida suurendavaid, fokuseerivaid või kollimeerivaid optikaseadmeid	Ärge vaadake kiirt	Ärge vaadake kiirt. Vältida suurendavaid, fokuseerivaid või kollimeerivaid optikaseadmeid	Takistage otsest kontakti silmaga	Takistage silma ja naha kokkupuudet kiirega. Kaitse tahtmatute peegelduste eest	Takistage silma ja naha kokkupuudet kiirega ning kiire difuusse peegeldusega

### Laserite klassifikatsiooni piirangud

Laserite ohutusklassifikatsioon käsitleb juurdepääsetavat laserkiirgust – see klassifikatsioon ei arvesta lisaohte, nt elektrist, kollateraalkiirgusest, udust, mürast tingitud ohtusid

Laserite ohutusklassifikatsioon käsitleb toote normaalset kasutamist – see ei pruugi kehtida hoolduse või teeninduse korral või kui seade on osa keerukast seadmestikust

Laserite ohutusklassifikatsioon käsitleb ühte toodet – see ei arvesta mitmest allikast tingitud akumulatiivset kokkupuudet

## 8.1.2. Mittekoherentsete optilise kiirguse allikate ohutusklassifikatsioon

Mittekoherentsete optilise kiirguse (lairiba-)allikate ohutusklassifikatsioon on määratletud direktiivis EN 62471: 2008 ja see põhineb maksimaalsel juurdepääsetaval emissioonil toote kõigi funktsioonide ulatuses selle kasutamise ajal suvalisel hetkel pärast tootmist. Klassifikatsioon arvestab optilise kiirguse hulka, lainepikkuste jaotuvust ja inimese juurdepääsu optilisele kiirgusele. Optilised lairiba-allikad on jaotatud 4 riskirühma: mida kõrgem riskirühm, seda suurem on laseri võimalus kahjustusi tekitada.

Klassifikatsioon näitab võimalike tervisekahjustuste riske. Sõltuvalt kasutustingimustest, kokkupuuteajast ja keskkonnast võivad need riskid tervisele mõju avaldada või mitte. Klassifikatsiooni abil saavad kasutajad valida sobivad ennetavad meetmed nende riskide vähendamiseks.

Riski suurenemise järjekorras kasutatakse järgmist jaotust riskirühmadesse:

- erandrühm – ettenähtavate tingimuste korral fotobioloogilised ohud puuduvad;
- 1. riskirühm – madala riskiga rühm, riski piiratakse normaalse käitumusliku piiranguga kokkupuute korral;
- 2. riskirühm – mõõduka riskiga rühm, riski piirab kaitsereaktsioon väga ereda valgusega optilise kiirguse allikate suhtes; sellised reflektorsed reaktsioonid ei leia siiski alati aset;
- 3. riskirühm – kõrge riskiga rühm; risk võib esineda isegi hetkelise või lühiajalise kokkupuute korral.



Erand 1. riskirühm 2. riskirühm 3. riskirühm

Igas riskirühmas on eri ohtude puhul sätestatud eri ajakriteeriumid. Need kriteeriumid on valitud nii, et vastavat kokkupuute piirväärtust valitud aja puhul ei ületataks.

### 8.1.2.1. Erandrühm

Mõistlikult ettenähtavaid otseseid optilise kiirguse riske ei esine isegi pideva ja piiramatu kasutamise korral. Nende optilise kiirguse allikatega ei kaasne ühtegi järgmistest fotobioloogilistest ohtudest:

- aktiin-ultraviolettkiirgusest tulenev oht 8-tunnise kokkupuute korral;
- UV-kiirguse lähedane oht 1000 s jooksul;
- võrkkestale sinisest valgusest tingitud oht 10 000 s jooksul;
- võrkkestale temperatuurist tingitud oht 10 s jooksul;
- silmale infrapunakiirgusest tingitud oht 1000 s jooksul;
- infrapunakiirgusest tingitud oht ilma tugeva visuaalse stiimulita 1000 s jooksul.

Näited: kodune ja kontorivalgustus, arvutimonitorid, seadmete kuvarid, indikaatorlambid.



### 8.1.2.2. 1. riskirühm – madal risk

Need tooted on enamikus raketidest ohutud, v.a väga pikaajalise kokkupuute korral, kus võib oodata otsest kokkupuudet silmaga. Nende optilise kiirguse allikate kasutamisega ei kaasne tänu tavapärastele käitumuslikele piirangutele järgmisi ohtusid.



Näide: taskulamp

- aktiin-ultraviolettkiirgusest tulenev oht 10 000-sekundilise kokkupuute korral;
- UV-kiirguse lähedane oht 300 s jooksul;
- võrkkestale sinisest valgusest tingitud oht 100 s jooksul;

- silmale infrapunakiirgusest tingitud oht 100 s jooksul;
- infrapunakiirgusest tingitud oht ilma tugeva visuaalse stiimulita 100 s jooksul.

### 8.1.2.3. 2. riskirühm – mõõdukas risk

Allikad, mis ei põhjusta väga eredatest valgusallikatest tingitud vastureaktsiooni, normaalsest temperatuurist tingitud kaitsereaktsiooni või pikaajalise kokkupuute ebatõenäolisuse tõttu ühtegi järgmistest ohtudest:

- aktiin-ultraviolettkiirgusest tulenev oht 1000-sekundilise kokkupuute korral;
- UV-kiirguse lähedane oht 100 s jooksul;
- võrkkestale sinisest valgusest tingitud oht 0,25 s jooksul (kaitsereaktsioon);
- võrkkestale temperatuurist tingitud oht 0,25 s jooksul (kaitsereaktsioon);
- silmale infrapunakiirgusest tingitud oht 10 s jooksul;
- infrapunakiirgusest tingitud oht ilma tugeva visuaalse stiimulita 10 s jooksul.

### 8.1.2.4. 3. riskirühm – kõrge risk

Optilise kiirguse allikad, mille kasutamisega kaasneb risk isegi hetkelise või lühiajalise kokkupuute korral ohtlikus kauguses. Ohutusabinõud on hädavajalikud.



Soovimatu liigse optilise kiirguse (nt UV-kiirgus) filtreerimine, allika varjestamine, et takistada juurdepääsu optilisele kiirgusele, või kiirt hajutavate optiliste seadmete kasutamine võib viia seadme liigitamiseni madalamasse rühma ja vähendada optilisest kiirgusest tulenevat riski.

#### Optilise kiirguse lairiba-allikate klassifikatsiooni piirangud

Ohutusklassifikatsioon käsitleb juurdepääsetavat optilist kiirgust – see klassifikatsioon ei arvesta lisaohte, nt elektrist, kollateraalkiirgusest, udust, mürast tingitud ohtusid

Ohutusklassifikatsioon käsitleb toote normaalset kasutamist – see ei pruugi kehtida hoolduse või teeninduse korral või kui seade on osa keerukast seadmestikust

Ohutusklassifikatsioon käsitleb ühte toodet – see ei arvesta mitmest allikast tingitud akumulaatiivset kokkupuudet

Tooted jaotatakse selle järgi, millisel kaugusel tekitab toode valgustiheduse 500 luksi üldvalgustite korral ja muude rakenduste korral 200 mm kaugusel tootest – see ei pruugi kõiki tingimusi iseloomustada

## 8.1.3. Masinate ohutusklassifikatsioon

Optilist kiirgust tekitavad masinad võivad olla klassifitseeritud ka vastavalt standardile EN 12198. See standard käsitleb lisaks valguskiirgusele kõiki emissioone, nii tahtlikke kui ka tahtmatuid.

Masinad on sõltuvalt emissiooni juurdepääsetavusest jagatud kolme kategooriasse. Need kolm kategooriat on riski suurenemise järjekorras esitatud tabelis 8.2.

Tabel 8.2. Masinate ohutusklassifikatsioon standardi EN 12198 järgi

Kategooria	Piirangud ja ennetavad meetmed	Teave ja koolitus
0	Piirangud puuduvad	Teavet pole vaja
1	Piirangud: juurdepääsu piiramine, kaitsvad meetmed võivad olla vajalikud	Teabe ohtude, riskide ja sekundaarsete toimete kohta annab tootja.
2	Piirangud ja kaitsvad meetmed on hädavajalikud.	Teabe ohtude, riskide ja sekundaarsete toimete kohta annab tootja. Koolitus võib olla vajalik.

Masina lisamine ühte neist kategooriatest põhineb efektiivsetel radiomeetrilistel näitajatel, mis on toodud tabelis 8.3 allpool (mõõdetud 10 cm kauguselt).

Tabel 8.3. Emissioonide piirangud standardis EN 12198 ette nähtud masinate klassifikatsioonide kaupa

$E_{\text{eff}}$	$E_R$	$L_R$	$E_R$	Kategooria
	(kui $\alpha < 11$ mrad)	(kui $\alpha \geq 11$ mrad)		
$\leq 0,1 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$\leq 1 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$\leq 10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	$\leq 33 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	0
$\leq 1,0 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$\leq 10 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$\leq 100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	$\leq 100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	1
$> 1,0 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$> 10 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$> 100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	$> 100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	2

## 8.2 Teave ohtliku kauguse ja ohuastme kohta

Mõnede rakenduste korral on kasulik teada, kui kaugel optilisest kiirgusest tulenev oht ulatub.

Kaugust, mille puhul kokkupuute määr on langenud piirväärtuseni, nimetatakse ohtlikuks kauguseks: sellest kaugemal kahjustuste risk puudub. Vastav tootjapoolne teave võib olla kasulik riskide hindamise jaoks ning ohutu töökeskkonna tagamisel.

### 8.2.1. Laserite minimaalne ohutu kaugus silmale

Teatud kaugusel toimub laserkiire divergents ning kiirustihedus on võrdne silmade puhul kohaldatava kokkupuute piirväärtusega. Seda kaugust nimetatakse minimaalseks ohutuks kauguseks silmale (Nominal Ocular Hazard Distance, NOHD). Kaugemal kokkupuute piirväärtust ei ületata – laserkiirt peetakse alates sellest kaugusest ohutuks.

Toote tehniliste andmete seas on tootja sageli esitanud ka minimaalse ohutu kauguse silmale. Kui teave puudub, on võimalik minimaalne ohutu kaugus silmale arvutada tootja antud laserkiirguse järgmiste parameetrite abil:

- kiirgusvõimsus (W)
- kiire algne läbimõõt (m)
- divergents (radiaanides)
- kokkupuute piirväärtus ( $\text{W m}^{-2}$ )

Kuigi olukorra võib keeruliseks muuta see, et kaugus on suur või kiir pole ümar, on alljärgneva valemi abil võimalik minimaalset ohutu kaugust silmale tõhusalt arvutada.

$$NOHD = \sqrt{\frac{4 \times \text{kiirgusvõimsus}}{\pi \times ELV}} - \text{Esiplane diameeter}$$

*Divergents*

### 8.2.2. Optilise kiirguse lairiba-allikate ohtlik kaugus ja ohuaste

Kaugust, mille puhul kokkupuute määr on langenud piirväärtuseni, nimetatakse ohtlikuks kauguseks (Hazard Distance, HD): sellest kaugemal kahjustuste risk puudub. Ohtlikku kaugust tuleb arvestada, kui määratletakse piirkonda, milles tuleb juhtida optilist kiirgust ja personali tegevust, et töötajaid optilise kiirguse eest kaitsta. Ohtlikku kaugust võib määratleda silmade või nahaga kokkupuutumise järgi.

Optilisest kiirgusest tulenevaid ohutuid võib kirjeldada ka ohuastmega (Hazard Value, HV), mis on teatud kaugusel mõõdetud kokkupuute taseme ja samal kaugusel mõõdetud kokkupuute piirväärtuse suhe:

$$\text{Ohuaste (kaugus, kokkupuute aeg)} = \frac{\text{Kokkupuute tase (kaugus, kokkupuute aeg)}}{\text{Kokkupuute piirväärtus}}$$

Ohuastmel (HV) on praktikas väga oluline tähtsus. Kui ohuaste on suurem kui 1, tuleb võtta vajalikke ennetavaid meetmeid: kas piirata kokkupuute kestust või juurdepääsu optilise kiirguse allikale (neeldumiskaugus). Kui ohuaste on väiksem kui 1, siis sõltumata kokkupuute ajast ei ületata kokkupuute piirväärtust antud kohas.

Toote tehniliste andmete seas on tootja sageli esitanud ohtliku kauguse ja ohuastme väärtused. Teave aitab kasutajal hinnata riski ja valida sobivad ennetavad meetmed.

### 8.3 Kasulik lisateave

EN 60825-1: 2007. Safety of Laser Products. Part 1: Equipment Classification and Requirements

IEC TR 60825-14: 2004. Safety of Laser Products. Part 14: A user's guide

EN 62471: 2008, Photobiological safety of lamps and lamp systems

EN 12198 – 1: 2000. Safety of Machinery – Assessment and reduction of risks from radiation Emitted by machinery. Part 1: General Principles

EN 12198 – 2: 2002. Safety of Machinery – Assessment and reduction of risks from radiation Emitted by machinery. Part 2: Radiation Emission Measurement Procedure

EN 12198 – 3: 2000. Safety of Machinery – Assessment and reduction of risks from radiation Emitted by machinery. Part 3: Reduction of Radiation by Attenuation and Screening

## 9. Ennetavad meetmed

Ennetavate meetmete hierarhia aluseks on põhimõte, et ohu leidmisel tuleb seda vähendada juba seadme ülesehituse planeerimisel. Ainult juhtudel, kus see pole võimalik, tuleb kasutada alternatiivseid kaitsemeetmeid. Väga vähe on olukordi, kus on vaja toetuda isikukaitsevahenditele ja administratiivsetele lahendustele.

Sobivate meetmete valik peab põhinema riskide hindamise tulemustel. Kokku tuleb koguda kõik olemasolev teave optilise kiirguse allikate ja võimaliku kokkupuute kohta. Üldiselt võimaldab seadme tehniliste andmete hulgast saadud kiirgusega kokkupuute parameetrite võrdlemine mõõdetud andmetega koos kehtivate kokkupuute piirväärtus(t)ega hinnata isiku võimalikku kokkupuudet optilise kiirgusega töökohal. Eesmärgiks on saada üheselt mõistetavad tulemused, mis näitavad, kas kehtivaid piirväärtusi tõenäoliselt ületatakse või mitte.

Kui selgelt saab väita, et kokkupuude optilise kiirgusega on ebaoluline ja et kokkupuute piirväärtusi ei ületata, pole edasine tegevus vajalik.

Kui emissioonid on ebaolulised ja/või tööhõive suur, võib piirväärtuste ületamine olla võimalik ja tuleb rakendada mõningaid kaitsemeetmeid. Pärast kaitsemeetmete rakendamist tuleb riske uuesti hinnata.

Mõõtmiste ja hindamiste kordamine võib olla vajalik, kui:

- kiirgusallikas on muutunud (nt kui paigaldatud on muu allikas või kui allikat kasutatakse muudes tingimustes);
- töö iseloom on muutunud;
- kokkupuute kestus on muutunud;
- kaitsemeetmeid on rakendatud või need on tühistatud või neid on muudetud;
- viimasest mõõtmisest ja riskide hindamisest on möödunud palju aega, nii et tulemused ei pruugi enam kehtida;
- rakendada tuleb teistsuguseid kokkupuute piirväärtuseid.

Ennetavatel meetmetel, mida on rakendatud juba seadme loomise ja paigaldamise ajal, on ohutuse ja kasutamise seisukohalt märkimisväärsed eelised. Selliste ennetavate meetmete hilisem lisamine võib olla kulukas.

### 9.1 Ennetavate meetmete hierarhia

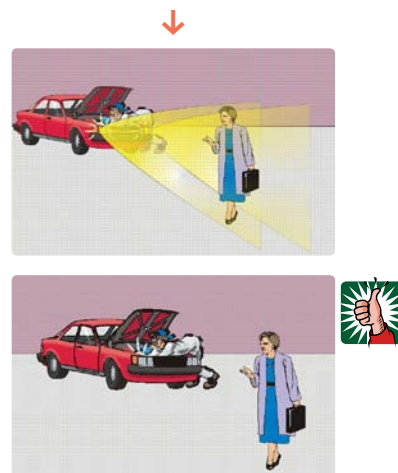
Kui kokkupuute piirväärtuste ületamine on tõenäoline, tuleb ohtusid vähendada, rakendades vajalike ennetavate meetmete kombinatsiooni. Need ennetavad prioriteedid on riskide juhtimisel üldkasutatavad.

Ohu kõrvaldamine
Asendamine vähem ohtliku protsessi või seadmega
Tehnilised meetmed
Administratiivsed meetmed
Isikukaitsevahendid

### 9.2 Ohu kõrvaldamine

Kas ohtliku optilise kiirguse allika kasutamine on tõesti vajalik?

Kas need tulede peavad tõesti põlema?

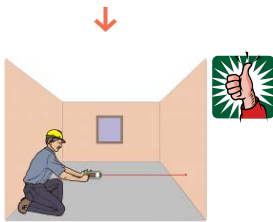


## 9.3 Asendamine vähem ohtliku protsessi või seadmega

Kas ohtlik optiline kiirgus on hädavajalik?



Kas need tuled peavad nii eredad olema?



## 9.4 Tehnilised meetmed

Kas seadmed tuleb ümber konstrueerida, et ohtlik optiline kiirgus kontrolli alla saada või seda vähendada juba selle tekkimisel (allikas)?

Kui kõrgema prioriteediga meetme (kõrvaldamine või asendamine) rakendamine ei ole võimalik, tuleb eelistada kokkupuudet vähendavaid meetmeid, mida võetakse juba seadme loomisel. Koos kõrgema taseme reguleerimismeetmetega võib kasutada administratiivset reguleerimist. Kui isiku kokkupuute vähendamine ei ole võimalik, on ebapraktiline või ebatäielik, tuleb viimase võimalusena kaaluda isikukaitsevahendite kasutamist.

Kaitsev korpus Kestad Lukud Viitlülitid	Hoiatustuled Helisignaamid	Neelavad katikud Vaateavad ja filtriga avad Peegelduste kõrvaldamine
	Kaugjuhtimis- puldid Joondamis- vahendid	

### 9.4.1. Juurdepääsu takistamine

Seda saab rakendada kas püsitõketega või lukustatavate liigutatavate tõketega. Püsitõkked rakendatakse tavaliselt seadmetele, mille puhul regulaarset juurdepääsu pole vaja ning mis on püsivalt kinnitatud.

Kui juurdepääs on vajalik, saab selle tagamiseks kasutada liigutatavat/avatavat lukuga tõket.

NB!

Tõkked peavad olema piisavalt tugevad.

Tõkked ei tohi lisariske põhjustada ega tohi väga palju ette jääda.

Tõketest möödamine või nende kõrvaldamine ei tohi olla lihtne – kui tegu on püsitõkkega.

Tõke peab asuma ohutsoonist piisavalt kaugel – kui tegu on püsitõkkega.

### 9.4.2. Kaitse kasutamine piiramise abil

Kui seadmele tuleb sageli füüsiliste tõkete kaudu juurde pääseda, peetakse neid enamasti liiga piiravaks, eriti kui kasutaja peab laadima/maha laadima või seadet kohandama. Sellisel juhul kasutatakse tavaliselt andureid, mis tuvastavad kasutaja juuresolekut või puudumist ning mis annavad vajaduse korral seiskamiskäsu. Neid võib lugeda turvaseadmeteks, mis ei takista juurdepääsu, vaid tuvastavad selle. Anduri asukoha või läheduse määrab aeg, mis masinal kulub ohutusse seisundisse lülitumiseks.

### 9.4.3. Hädaseiskamisnupud

Kui personalil on juurdepääs ohtlikku keskkonda, on oluline kavandada masinale hädaseiskamisnupp, juhaks kui mõni isik satub ohutsoonis hätta. Masin peab hädaseiskamisnupule kiiresti reageerima ning ohutsoonis kogu tegevuse peatama. Enamik inimesi tunneb punast seenekübarakujulist hädaseiskamisnuppu. Need peavad asuma kogu osakonnas sobivates kohtades ja neid peab olema piisavalt, et need oleksid vajaduse korral käeulatuses. Alternatiiviks on hädaseiskamisnupuga seotud traathaarats, mis on sageli mugavam viis ohupiirkonnas kaitset tagada. Liikuvate osade ümbrusse võib paigutada muud sarnased turvaseadmed, mis tuvastavad ootamatut kohalolu. Need võivad olla lülitid, ohutushoovad või -vardad.

### 9.4.4. Lukustus

Lukustuslülitid on erinevaid ning igaühel neist on eri omadused. On oluline, et rakenduse jaoks valitaks õige seade.



NB!

Lukustus tuleb hästi konstrueerida ja see peab olema usaldusväärne kõigis ettenähtavates äärmuslikes tingimustes.

Lukustussüsteem peab olema vea- ja löögikindel.

Lukustussüsteemi olek peab olema selgelt nähtav, nt suured tähised lülituselementidel ja olekuindikaatorid paneelidel.

Kuni turvaluuk ei ole täielikult suletud, peab lukustus kasutamist piirama.



*Vaatluspaneelid turvaalas*

#### Kasulik lisateave

- EN 953: 1997 The Safety of Machinery, Guards, General requirements for the Design and Construction of Fixed and Moveable Guards
- EN 13857: 2008 Safety of Machinery, safety distances to prevent danger zones being reached by upper and lower limbs
- EN 349: 1993 Masinate ohutus. Minimaalsed vahekaugused vältimaks inimese kehaosade muljumisohu
- EN 1088: 1995 Interlocking Devices Associated with Guards
- EN 60825-4: 2006 Laser Guards

#### 9.4.5. Filtrid ja vaateavad

Paljud tööstusprotsessid saab kas osaliselt või täielikult kesta katta. Seejärel on võimalik protsessi eemalt jälgida läbi sobiva vaateava või kaamera abil. Ohutuse saab tagada sobivate filtritega, mis blokeerivad optilise kiirguse edastamise ohtlikul tasemel. Sel juhul pole vaja kaitseprille ning töötaja ohutus ja töötingimused paranevad.

Need võivad olla väga erinevad: alates suurte mõõtmetega juhtimisruumidest kuni vaatlusakendeni, mis on sobitatud kiirguspiirkonna ümber ehitatud kesta.

NB!

Filtrimaterjal peab olema sobiv ja vastupidav.

Filtrimaterjal peab olema löögikindel.

Filtrimaterjal ei tohi vähendada kasutusohutust.

Ka optilise kiirguse edastamist akende ja muude optilise kiirguse suhtes läbipaistvate paneelide kaudu tuleb hinnata kui võimalikku riski. Kuigi optiline kiirgus ei pruugi võrreldes otseselt ohtlik olla, võivad lühiajalised sähvatused põhjustada sekundaarseid ohutusprobleeme muude läheduses olevate protseduuride tegemisel.

#### 9.4.6. Joondamisvahendid

Kui seadme rutiinse hoolduse käigus on vaja kasutada joondamisvahendiga komponente, peab rakendama mõnda ohutusmeetet. Need võivad olla järgmised:

- madalama võimsusega lasersihiku kasutamine, mis järgib suurema võimsusega kiirt;
- maskid või sihtmärgid.

NB!

Joondamisel ei tohi kunagi kasutada inimese silma või nahka.



## 9.5 Administratiivmeetmed

Administratiivmeetmed on riskikontrolli hierarhias teisel kohal. Sellistel juhtudel on tavaliselt vaja inimesi teavitajaks ja seetõttu on need meetmed just nii efektiivsed kui needsamad inimesed. Siiski on teatud olukordades võimalik ainult selliseid meetmeid kasutada ning need võivad osutada peamisteks meetmeteks: nt käikulaskmise ja hoolduse korral.

Sobivad administratiivmeetmed sõltuvad riskist ja nende hulka kuuluvad ohutust tagavate inimeste määramine, juurdepääsu piiramine, märgid ja pealdised ning vastavad tegevused.

Heaks tavaks on koostada ametlikud korraldused, et tagada mitmekülgne lähenemine optilise kiirguse riskijuhtimisele. Need korraldused tuleb dokumenteerida, et oleks kirjas, milliseid meetmeid rakendada ja miks. See dokumentatsioon võib osutada kasulikuks õnnetusjuhtumite uurimisel. Sinna võivad kuuluda järgmised dokumendid:

- optilise kiirguse ohutust tagava strateegia põhimõtted;
- kokkuvõtte põhilisest organisatoorsest korraldusest (määratud isikud ja mida selliselt isikult oodatakse);
- riskide hindamise dokumenteeritud koopia;
- tegevusplaani, kus on välja toodud kõik lisa-meetmed, mida riskide hindamise põhjal soovitakse koos nende rakendamise ajakavaga;
- rakendatud ennetusmeetmete kokkuvõtte koos lühikese põhjendusega;
- optilise kiirguse alas töötavat isikut puudutavate kirjalike kokkulepete või kohalike eeskirjade koopiaid;
- volitatud kasutajate register;
- ennetusmeetmete säilitamise plaan; see võib hõlmata tegevusplaani ennetusmeetmete säilitamiseks või katsetamiseks;
- formaalsete korralduste üksikasjad, mille abil hallatakse koostööd väliste töötajatega, nt hooldusinseneridega;
- situatsiooniplaanide üksikasjad;
- auditiplan;
- auditiaruannete koopiaid;
- olulise kirjavahetuse koopiaid.

Programm tuleb regulaarselt (nt kord aastas) auditiaruannete, õigusaktide ning standardite muudatuste alusel üle vaadata.

### 9.5.1. Kohalikud eeskirjad

Kui riskide hindamise käigus tuvastati ohtliku optilise kiirgusega kokkupuute võimalus, tuleb rakendada kirjalike ohutusjuhiste (või kohalike eeskirjade) süsteem, mis reguleerib optilise kiirguse tsoonis tehtavat tööd. Need peavad hõlmama piirkonna kirjeldust, optilise kiirguse ohutusega tegeleva töötaja kontaktandmeid (vt 9.5.4), üksikasju seadet kasutama volitatud isikute kohta, üksikasju vajalike kasutuseelsete katsete kohta, kasutusjuhiseid, ohtude kirjeldust ja tegevuskorralduse üksikasju.

Kohalikud eeskirjad peavad olema kättesaadavad kohtades, millele need rakenduvad, ning need tuleb väljastada kõigile vajalikele isikutele.

### 9.5.2. Kontrollitud piirkond

Kontrollitud piirkondades võib olla vaja määrata kindlaks, kus juurdepääsetav optiline kiirgus võib ületada kokkupuute piirväärtust. Kontrollitud piirkonnaks peab olema piiratud juurdepääsuga ala, kuhu võivad siseneda vaid volitatud isikud. Piirangud peavad eelistatult olema füüsilised, nt ruumi seinad ja uksed. Juurdepääsu saab piirata lukkude, klahvistike või barjääride abil.

Need korraldused peab tegema juhtkond, määrates kasutajate ametlikud volitused. Vaja on ametlikku protsessi, mille käigus hinnatakse personali sobivust enne volituste andmist, ning selle käigus tuleks hinnata nende koolitust, kompetentsust ja teadmisi kohalikest eeskirjadest. Selle hinnangu tulemused tuleb üles märkida ja kõikide volitatud kasutajate nimed tuleb lisada ametlikku registrisse.

### 9.5.3. Ohutusmärgid ja -teated

Ohutusmärgid ja -teated moodustavad olulise osa administratiivsest juhtimisest. Ohutusmärgid on efektiivsed vaid juhul, kui need on selged ja üheselt mõistetavad ning kui need on paigaldatud vaid siis, kui need on vajalikud – vastasel juhul neid sageli eiratakse.

Hoiatusmärgid võivad sisaldada teavet kasutatavate vahendite tüüpide kohta. Kui personal peab kandma isikukaitsevahendeid, tuleb see samuti ära märkida.

Hoiatusmärgid on efektiivsemad, kui need on nähtavad vaid seadme kasutamise ajal. Nähtavuse maksimeerimiseks tuleb kõik ohutusmärgid asetada silmade kõrgusele.



Tüüpilised märgid, mida kasutatakse töökeskkonnas ohtudest teavitamiseks ja isikukaitsevahendite soovitamiseks. Kõik ohutusmärgid peavad vastama ohutusmärkide direktiivile (92/58/EMÜ).

#### 9.5.4. Määratud isikud

Optilise kiirguse ohutusega peab tegelema sama juhtimisstruktuur, mis tegeleb teistegi tõenäoliselt ohtlike olukordadega. Organisatsioonilise korralduse üksikasjad võivad sõltuvalt organisatsiooni suurusest ja struktuurist olla erinevad.

Mitme rakendusala puhul ei pruugi optilise kiirguse ohutusega tegeleva eksperdi koolitamine olla õigustatud. Lisaks võib personalil osutada raskeks jälgida uuendusi optilise kiirguse ohutuse alal, kui nad tegelevad antud teemaga vaid harva. Seetõttu kasutavad mitu ettevõtet

optilise kiirguse ohutusele spetsialiseerunud väliste nõustajate abi. Nad võivad nõustada järgmistel juhtudel:

- tehnilise kontrolli lahendused;
- kirjalikud protseduurireeglid seadmete ohutuks kasutamiseks, kasutamise ja tööga seotud ohutusmeetmed;
- isikukaitsevahendite valimine;
- personali haridus ja koolitus.

Optilise kiirguse igapäevaste aspektide jälgijaks töökohal võib määrata piisavate teadmistega töötaja.

## 9.5.5. Koolitus ja konsultatsioon

### 9.5.5.1. Koolitus

Direktiiv (artikkel 6) nõuab selliste töötajate (ja/või nende esindajate) teavitamist ja koolitamist, kes puutuvad kokku tehiskust optilisest kiirgusest tulenevate riskidega. See on vajalik eriti järgmiste teemade osas.

Direktiivi rakendamiseks kasutatud meetmed
Kokkupuute piirväärtused ja nendega seotud võimalikud riskid
Direktiivi artikli 4 järgi teostatud tehiskust optilise kiirgusega kokkupuute taseme analüüsimise, mõõtmise ja/või arvutuste tulemused koos selgitusega nende olulisuse ning võimalike riskide kohta
Kuidas ära tunda kokkupuutest tingitud kõrvaltoimeid ja kuidas nendest teatada
Olukorrad, mille puhul töötajad peavad tervisekontrolli läbima
Ohutud töötavad kokkupuutest tingitud riskide minimeerimiseks
Sobivate isikukaitsevahendite õige kasutamine

Soovitav on hoida koolituse tase tasakaalus tehiskust optilisest kiirgusest tuleneva riskiga. Kui kõik valgusallikad on hinnatud triviaalseks, piisab sellest, kui töötajaid ja/või nende esindajaid sellest lihtsalt teavitada. Siiski tuleb töötajaid ja nende esindajaid teavitada eriti tundlikest riskirühmadest ning nendega tegelemise protsessist.

Kui on võimalik, et juurdepääsetav optiline kiirgus ületab töökohal kokkupuute piirväärtuse, tuleb kaaluda spetsiifilisi ülesandeid täitvate töötajate määramist ja koolitamist. Vajaliku koolitustaseme kindlakstegemiseks peab tööandja kaaluma järgmist:

personali kogemus ja teadlikkus tehiskust optilisest kiirgusest tulenevate riskide vallas;
olemasolevate riskide hindamised ja nende tulemused;
kas töötajad peavad abistama riskide hindamise või ülevaatuse ajal;
kas töökeskkond on stabiilne ja kas riske on sobival määral hinnatud või kas keskkond muutub sageli;
kas töötajal on riskide hindamisel juurdepääs välisele abile;
kas töötajad on töökohal uued või kas nad peavad töötama tehiskust optilise kiirgusega.

On oluline, et riske osataks ette näha. Näiteks ametlike koolituskursuste nõue 2. klassi laserviipade kasutamiseks ei ole õigustatud. Peaaegu alati nõutakse 3B ja 4. klassi laserite ja 3. riskirühma mittekoherentse kiirgusega valgusallikate kasutajate koolitamist. Siiski ei ole võimalik määratleda koolitusprogrammi pikkust ning seda, kuidas see peab välja nägema. Seetõttu on oluline riskide hindamine.

Idealis tuleb koolitusnõuded ja -viisid määratleda enne tehiskust optilise kiirguse kasutamist.

### 9.5.5.2. Konsultatsioon

Direktiivi artikkel 7 viitab üldnõuetele direktiivi 89/391/EMÜ artiklis 11.

#### Artikkel 11

##### Töötajatega konsulteerimine ja nende osalemine

1. Tööandjad annavad töötajatele ja/või nende esindajatele nõu ning võimaldavad neil osaleda kõikides diskussioonides, mis puudutavad ohutust ja tervist töökohal.

Ülalnimetatud eeldab järgmist:

- töötajatega konsulteerimist,
- töötajate ja/või nende esindajate õigust teha ettepanekuid,
- tasakaalustatud osalust vastavalt riiklikele seadustele ja/või tavadele.

2. Töötajad või töötajate ohutus- ja tervisealaste kohustustega esindajad osalevad tasakaalustatud moel ja kooskõlas riiklike seaduste ja/või tavadega või tööandja annab neile eelnevalt ja õigeaegselt järgmistest aspektidest nõu:

- a) kõik meetmed, mis võivad ohutust ja tervist mõjutada;
- b) artikli 7 lõikes 1 ja artikli 8 lõikes 2 ning artikli 7 lõikes 1 mainitud töötajate määramine;
- c) teave, millele viitavad artikli 9 lõige 1 ja artikkel 10;
- d) ettevõtteväliste kompetentsete teenuste või isikute loetelu (kui on vajalik), millele viitab artikli 7 lõige 3;
- e) artiklis 12 viidatud koolituse planeerimine ja organiseerimine.

3. Töötajate tervise ja ohutuse eest vastutavatel töötajate esindajatel peab olema õigus paluda tööandjal rakendada vajalikke meetmeid ning teha talle ettepanekuid, mis vähendaksid ja/või eemaldaksid töötajatele mõjuvaid ohtusid.

4. Lõigus 2 viidatud töötajad ja lõikudes 2 ja 3 viidatud töötajate esindajad ei või lõikudes 2 ja 3 viidatud tegevuste tõttu ebasoosingu sse sattuda.

5. Tööandjad peavad lubama töötajate ohutuse ja tervise eest vastutavatel töötajate esindajaid töölt ära ilma töötasu vähendamata ning tagama neile vajalikud vahendid, selleks et esindajad direktiivist tulenevaid õigusi ja tegevusi rakendada saaksid.

6. Töötajad ja/või nende esindajad võivad vastavalt riiklike seaduste ja/või tavadega töökoha ohutuse ja töötajate tervise eest vastutavatele asutustele kaebusi esitada, kui nad arvavad, et tööandja rakendatud meetmed ja vahendid on töökoha ohutuse ja töötajate tervise hoidmisel olnud ebapiisavad.

Töötajate esindajatele tuleb anda võimalus oma tähelepanekuid edasi anda, kui kompetentne asutus ülevaatus teeb.

IEC TR 60825-14: 2004 annab soovitusi minimaalsete koolitusnõuete kohta laserite kasutajate jaoks

EN 60825-2: 2004 määratleb lisanõuded kasutajatele, kes töötavad kiudoptiliste suhtlussüsteemidega

EN 60825-12: 2004 määratleb lisanõuded kasutajatele, kes töötavad vaba asetusega informatsiooni ülekandeks mõeldud kommunikatsioonisüsteemidega

CLC/TR 50448: 2005 annab juhised laserohutuses vajaliku kompetentsi kohta

## 9.6 Isikukaitsevahendid

Seadme projekteerimise lähteandmetesse tuleb lisada optilise kiirgusega tahtmatu kokkupuute vähendamise meetmed. Kokkupuudet optilise kiirgusega tuleb füüsiliste tõkete, nt tehniliste meetmete abil vähendada nii palju, kui seda on mõistlik teha. Isikukaitsevahendite kasutamisega tuleks arvestada vaid juhul, kui projekteerimisel loodavad ja administratiivsed meetmed ei ole praktilised või täielikud.

Isikukaitsevahendite eesmärgiks on vähendada optilist kiirgust määrani, mis ei põhjusta sellega kokku puutunud inimesel tervisekahjustusi. Optilise kiirguse põhjustatud

kehavigastused ei pruugi kokkupuute ajal nähtavad olla. Tuleb märkida, et kokkupuute piirväärtused sõltuvad lainepikkusest, mistõttu peab ka isikukaitsevahendite pakutav kaitse sõltuma lainepikkusest.

Kuigi optilisest kiirgusest tingitud nahakahjustus vähendab väikse tõenäosusega selle all kannatava isiku elukvaliteeti, tuleb tunnistada, et nahakahjustuse tõenäosus võib olla suur, eriti kätel ja näol. Eriti suureks probleemiks on naha kokkupuude optilise kiirgusega, mille lainepikkus on alla 400 nm ja mis võib põhjustada nahavähi tekkeriski.

NB!

Isikukaitsevahendid tuleb valida riske arvestades ja nii, et isikukaitsevahendid ise riske ei põhjustaks.

Isikukaitsevahendid peavad sobima töökoha tingimustega.

Isikukaitsevahendid peavad arvestama töötaja tervise- ja ergonoomiliste nõuetega.

### 9.6.1. Kaitse muude ohtude eest

Sobivate isikukaitsevahendite valimisel optilise kiirguse eest kaitsmiseks tuleb kaaluda ka järgmisi, optilise kiirgusega mitteseotud ohtusid.

- Löögid
- Kehasse tungimine
- Kompressioon
- Keemilised ohud
- Kuumus/külm
- Kahjulik tolmu
- Bioloogilised ohud
- Elektriolt

Näited on toodud allpool tabelis.

Isikukaitsevahendid	Funktsioon
Silmade kaitsevahendid: kaitseprillid, näokatted, visiirid	Silmade kaitsevahendid võimaldavad töötajal näha töökohal kõike, kuid piiravad optilist kiirgust kuni aktsepteeritava tasemeni. Sobivate kaitsevahendite valik sõltub mitmest faktorist, sh lainepikkusest, võimsusest/energiast, optilisest tihedusest, kontaktläätsete vajadusest, mugavusest jne.
Kaitseriietus ja kindad	Optilise kiirguse allikad võivad olla tuleohtlikud ning seetõttu võib olla vajalik kaitseriietus. UV-kiirgust tekitavad seadmed võivad olla nahale ohtlikud ning nahk tuleb katta sobivate kaitseriie ja kinnastega. Keemiliste või bioloogiliste ainetega töötamisel tuleb kanda kindaid. Kaitseriie või kinnaste nõue võib olla seadme tehnilistes andmetes.
Hingamisvarustus	Töötlemise ajal võib tekkida toksilisi ja kahjulikke aineid või tolmu. Erakorraliseks kasutamiseks võivad olla vajalikud hingamisseadmed.
Kuulmiskaitsevahendid	Mõnede tööstusrakenduste puhul võib ohuks olla müra.

### 9.6.2. Silmakaitsevahendid

Kui kokkupuude ületab piirväärtused, on oht, et optiline kiirgus kahjustab silma. Kui muud meetmed pole piirtaseid ületava kiirgusega kokkupuuteriski vähendamiseks piisavad, tuleb kanda seadme tootja või optilise kiirguse ohutusnõustaja soovitatud silmakaitsevahendit, mis on loodud vastava lainepikkuse ja väljundi jaoks.

Silmade kaitsevahenditele peab olema selgelt märgitud lainepikkuste vahemik ja vastav kaitsetase. See on eriti oluline, kui tegemist on mitmesuguste optilise kiirguse allikatega, mille puhul on vajalik kasutada silmade eri tüüpi kaitsevahendeid, näiteks eri lainepikkusega laserid, mille puhul on vaja silmade unikaalseid kaitsevahendeid. Lisaks on soovitatav rakendada silmade kaitsevahendite üheselt mõistetavat ja selget markeerimismeetodit, mis näitab selget seost seadmete ning vajalike isikukaitsevahendite vahel.

Silmade kaitsevahenditega tagatud optilise kiirguse neeldumise määr peab ohtliku spektriga piirkonnas olema piisav, et vähendada kokkupuute taset kehtivast piirväärtusest allapoole.

Helendav valgus ja keskkonna värv, mis paistavad läbi kaitseprillide, on kaitsevahendite puhul olulised, kuna need võivad mõjutada kasutaja võimet teha vajalikke tegevusi, ilma et see mõjutaks mitteoptilise kiirgusega seotud ohutust.

Silmade kaitsevahendeid tuleb õigesti säilitada, regulaarselt puhastada ning üle vaadata.

#### Mida kaaluda silmade kaitsevahenditevalimisel

K: Kaitsemäär



Valige prillid, mille neelamisvõime on suurem kui  $\frac{\text{kokkupuute määr}}{\text{piirväärtused}}$

K: Helendav valgus? Nägemise kvaliteet?



Valige kaitseprillid, mis vähendavad helendava valguse edastamist > 20% Kui need pole saadaval, suured ümbritsevad valgust Kontrollige filtreid kriimustuste ja hajuuse suhtes

K: Värvitaju töökeskkonnas?	→	Kontrollige, et seadmete juhtnupud ja hädaolukorra tähised oleksid läbi kaitsevahendi hästi näha
K: Liiga palju peegeldumist?	→	Vältige peegelduvat viimistlust või väga läikivaid filtreid ja raame
K: Kas silmade kaitsevahend saab toidet vooluvõrgust või akudelt ja kas olukord on ohtlik, kui toide katkeb?	→	Valige filter, mille neelamisvõime on voolukatkestuse korral maksimaalne

### 9.6.3. Naha kaitsmine

Kui töötaja puutub töökohal kokku optilise kiirgusega, on kõige suuremas ohus tavaliselt käed, nägu, pea ja kael, kuna tavaliselt on ülejäänud piirkonnad riietega kaetud. Käsi saab kaitsta kinnastega, mis lasevad ohtlikku optilist kiirgust vähe läbi. Nägu saab kaitsta absorbeeriva näo- katte või visiiriga, mis võib kaitsta ka silmi. Pead ja kaela kaitseb sobiv peakate.



## 9.7 Kasulik lisateave

Nõukogu direktiiv 89/656/EMÜ töötajate isikukaitsevahendite kasutamise seotud tervisekaitse ja ohutuse miinimumnõuete kohta

### 9.7.1. Põhistandardid

EN 165: 2005 – Isiklikud silmakaitsevahendid. Sõnastik  
EN 166: 2002 – Isiklikud silmakaitsevahendid. Spetsifikatsioonid  
EN 167: 2002 – Isiklikud silmakaitsevahendid. Optilised katsemeetodid  
EN 168: 2002 – Isiklikud silmakaitsevahendid. Mitte-optilised katsemeetodid

### 9.7.2. Standardid tooteliigi järgi

EN 169: 2002 – Isiklikud silmakaitsevahendid. Keevitamisel kasutatavad filtrid ja sellega seonduvad tehnikad. Läbistusvõimet ja kasutamist puudutavad soovitusel  
EN 170: 2002 – Isiklikud silmakaitsevahendid. Ultraviolettfiltrid. Läbistusvõime nõuded ja soovitatav kasutusvaldkond  
EN 171: 2002 – Isiklikud silmakaitsevahendid. Infra-punased filtrid. Läbistusvõime nõuded ja soovitatav kasutusvaldkond

### 9.7.3. Keevitus

EN 175: 1997 – Personal protection - Equipment for eye and face protection during welding and allied processes  
EN 379: 2003 – Personal eye-protection – Automatic welding filters  
EN 1598: 1997 Health and safety in welding and allied processes – Transparent welding curtains, strips and screens for arc welding processes

### 9.7.4. Laser

EN 207: 1998 – Filtrid ja silmakaitse (lasersilmakaitse) kaitseks laserkiirguse eest  
EN 208: 1998 – Laserite ja lasersüsteemide justeerimisel kasutatavad silmakaitsevahendid (laserite justeerimise silmakaitsevahendid)

### 9.7.5. Intensiivsed valgusallikad

BS 8497-1: 2008. Eyewear for protection against intense light sources used on humans and animals for cosmetic and medical applications. Part 1: Specification for products  
BS 8497-2: 2008. Eyewear for protection against intense light sources used on humans and animals for cosmetic and medical applications. Part 2: Guidance on use

# 10. Ohujuhtumite haldamine

Juhendi kontekstis on ohujuhtumid sellised, kus keegi saab vigastada või haigestub (õnnetused) või kiirgusele ohtlik lähenemine või soovimatud asjaolud (juhtumid).

Kollimeeritud laserkiirte kasutamisel on kiirega kokkupuutumise oht üldiselt väike, aga kokkupuute tagajärjed võivad olla tõsised. Teistpidi aga võib paljudest mittekoherentsetest tehiskeskkondade allikatest pärineva optilise kiirgusega kokkupuute oht olla suur, kuid kokkupuute tagajärjed võivad olla tühised.

Tehisliku optilise kiirguse osas soovitatakse ette valmistada situatsiooniplaanid, mis võtavad arvesse etteaimatavaid kõrvalnähte. Üksikasjalisus ja keerukus sõltuvad riskist. On tõenäoline, et tööandjal on olemas üldised käitumisjuhised ootamatuste puhuks, nii et sarnast lähene-misviisi saab kasutada ka optilise kiirguse puhul.

Soovitatakse ette valmistada üksikasjalikud situatsiooniplaanid tööolukordade jaoks, kus tõenäoliselt esineb kokkupuudet optilise kiirgusega järgmistest allikatest:

3B klassi laserid

4. klassi laserid

3. riskirühma mittekoherentsed allikad

Situatsiooniplaanid peaksid käsitlema tegevust ja kohustusi järgmistel juhtudel:

töötaja puutub tegelikult kokku piirväärtust ületavas ulatuses;

arvatakse, et töötaja puutub kokku piirväärtust ületavas ulatuses.



# 11. Meditsiiniline järelevalve

Direktiivi artiklis 8 kirjeldatakse meditsiinilisele järelevalvele esitatavaid nõudeid, viidates direktiivi 89/391/EMÜ üldnõuetele. Meditsiinilise järelevalve üksikasjad tuginevad tõenäoliselt riiklikele nõuetele. Seega on selles peatükis esitatud ettepanek väga üldine.

Artikli nõudeid tuleb kaaluda enam kui saja aasta jooksul toimunud töötajate tehisliku optilise kiirgusega kokkupuute kontekstis. Teatatud tervisekahjustuste hulk on väike ja neid on esinenud vähestes tööstusettevõtetes, kus intsidentide vähendamiseks on kasutusele võetud ennetavad meetmed.

Pärast laseri leiutamist avaldati soovitusel, mille kohaselt peavad laseriga töötajad käima regulaarselt silmakontrollis. Siiski on peaaegu 50 aasta kogemus näidanud, et sellistel kontrollidel ei ole meditsiinilise järelevalve programmi osana mingit väärtust ja on võimalik, et need kujutavad töötajale lisaohu.

Töökohas tehisliku optilise kiirgusega kokkupuutuv töötaja ei peaks käima silmakontrollis enne tööle asumist, töötamise ajal ja pärast töölt lahkumist ainult oma töö iseloomu tõttu. Sarnaselt võivad töötajatele kasulikuks osutada ka nahakontrollid, aga neid ei õigusta tavaliselt ainuüksi regulaarne kokkupuude tehisliku optilise kiirgusega.

## 11.1 Kes peaks teostama meditsiinilist järelevalvet?

Meditsiinilist järelevalvet peaks teostama:

- arst
- töötervishoiuspetsialist või
- meditsiinilise järelevalve eest vastutav meditsiini-asutus kooskõlas riiklike seaduste ja tavadega.

## 11.2 Andmete salvestamine

Liikmesriikide ülesandeks on teha korraldusi üksikisikute andmete salvestamiseks ja uuendamiseks. Andmed peaksid sisaldama tehtud tervisekontrollide tulemuste kokkuvõtet.

Andmed tuleks kirja panna nii, et neid oleks võimalik hiljem kasutada, võttes arvesse konfidentsiaalsuse nõuet.

Töötajatel peaks soovi korral olema võimalik oma andmeid näha.

## 11.3 Arstlik läbivaatus

Kui on põhjust arvata, et töötaja on kokku puutunud tehisliku optilise kiirgusega piirväärtust ületavas ulatuses, tuleb töötajale võimaldada arstlik läbivaatus.

Arstlik läbivaatus tuleb teostada juhul, kui töötajal on võimalik haigus või tervisekahjustused, mida arvatakse olevat tekkinud tehisliku optilise kiirgusega kokkupuute tagajärjel.

Selle nõude rakendamisel on probleemiks asjaolu, et paljud tervisekahjustused võivad tekkida loodusliku optilise kiirgusega kokkupuute tagajärjel. Seega on oluline, et arstlikku läbivaatust teostav isik oleks kursis tervisekahjustustega, mis võivad tekkida töökoha konkreetsetest tehisliku optilise kiirguse allikatest pärit kiirgusega kokkupuute tagajärjel.

## 11.4 Tegevus kokkupuute piirtaseme ületamisel

Kui arvatakse, et kokkupuute piirtase on ületatud või et tehislik optiline kiirgus on töökohas põhjustanud tervisekahjustuse või võimaliku haiguse, tuleb teha järgmist:

- töötajat tuleb tulemustest teavitada,
- töötaja peab saama teavet ja soovitusi järgneva meditsiinilise järelevalve asjus,



- tööandjat tuleb teavitada, pidades kinni meditsiinilisest konfidentsiaalsusest,
  - tööandja peaks läbi vaatama riskide hindamise tulemused,
  - tööandja peaks läbi vaatama kehtivad ennetus-
- meetmed (see võib hõlmata asjatundjalt abi otsimist),
  - tööandja peaks korraldama vajaliku edasise tervisekontrolli.

## LISA A. Optilise kiirguse olemus

Valgus on lihtne igapäevane näide optilisest kiirgusest – tehislikust optilisest kiirgusest, kui seda tekitab lamp. Mõistet „optiline kiirgus“ kasutatakse, kuna valgus on üks elektromagnetilise kiirguse vorme, mis avaldab mõju silmadele, st valgus siseneb silma, teravustatakse seal ja siis teeb silm selle kindlaks.

Valgus esineb paljudes eri värvitoonides lilladest ja sinistest roheliste ja kollaste ning oranžide ja punasteni. Värvid, mida meie valguses näeme, määratakse kindlaks valgusspektris esinevate lainepikkustega. Lühemad lainepikkused asuvad spektri sinises ja pikemad lainepikkused punases otsas. Lihtne on ette kujutada, et valgus koosneb footoniteks nimetatavate massita osakeste joast, millest kõigil on oma iseloomulik lainepikkus.

Elektromagnetilise kiirguse spekter ulatub palju kaugemale lainepikkustest, mis on meile nähtavad. Infrapuna-kiirgus, mikrolainekiirgus ja raadiolained on näited väga pikkade lainepikkustega elektromagnetilisest kiirgusest. Ultraviolettkiirguse, röntgeni- ja gammakiirte lainepikkused on väga lühikesed.

Elektromagnetilise kiirguse lainepikkust saab kasutada muu kasuliku teabe väljaselgitamiseks.

Kui elektromagnetiline kiirgus puutub kokku materjaliga, jätab see kokkupuute hetkel tõenäoliselt maha veidi energiat. See võib materjalile mõju avaldada – näiteks jätab võrkkesta jõudev nähtav valgus maha piisavalt energiat, et käivitada biokeemiline reaktsioon, mis väljastab signaali, mis saadetakse nägemisnärv kaudu ajju. Sellise koostoitme käigus saadaoleva energia hulk sõltub nii kiirguse kogusest kui ka kiirguse energiahulgast. Elektromagnetilises kiirguses leiduva energia kogus sõltub lainepikkusest. Mida väiksem lainepikkus, seda suurema energiaga on kiirgus. Seega sisaldab sinine valgus rohkem energiat kui roheline valgus, mis omakorda sisaldab rohkem energiat kui punane valgus. Ultraviolettkiirgus sisaldab rohkem energiat kui kõik nähtavad lainepikkused.

Kiirguse lainepikkusest sõltub, millises ulatuses kiirgus kehasse tungib ja milline on selle mõju. Näiteks ei kandu UVA-kiirgus võrkkesta nii tõhusalt kui roheline valgus.

Mõiste „optiline kiirgus“ hõlmab ka mõningaid elektromagnetilise spektri nähtamatuid osi, nagu ultraviolet- ja infrapunaspektri piirkonnad. Kuigi neid ei ole võimalik näha (võrkkestal ei ole nende lainepikkuste jaoks detektoreid), võib osa nendest spektripiirkondadest suuremal või vähemal määral silma tungida. Mugavuse mõttes on optilise kiirguse spekter lainepikkuste järgi jagatud järgmiselt:

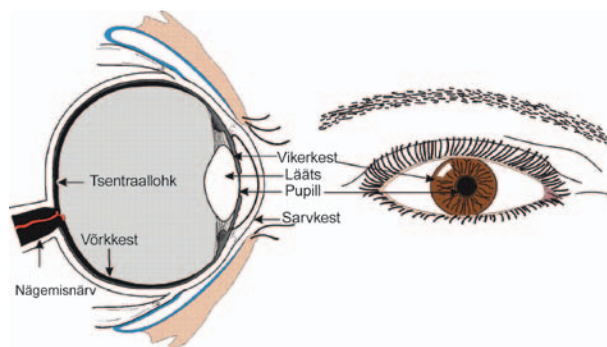
Ultraviolet-C (UVC):	100–280 nm
UVB	280–315 nm
UVA	315–400 nm
Nähtav valgus	380–780 nm
Infrapuna-A (IRA)	780–1400 nm
IRB	1400–3000 nm
IRC	3000–1 000 000 nm (3 µm – 1 mm)

Direktiiv sisaldab piirväärtusi, mis katavad mittekoherentse optilise kiirguse spektripiirkonda ulatuses 180–3000 nm ja laserkiirguse piirkonda ulatuses 180 nm kuni 1 mm.

# LISA B. Optilise kiirguse bioloogiline toime silmadele ja nahale

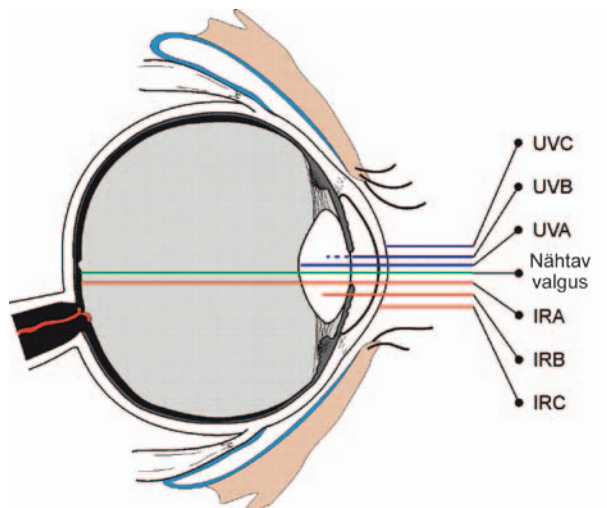
## B.1. Silm

### Joonis B.1.1. Silma ehitus



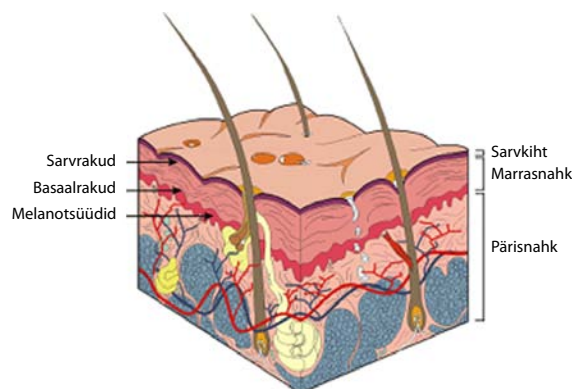
Silma sisenev valgus läbib sarvkesta, vesivedeliku, muutuva ava (pupilli) ning läätse ja klaaskeha, koondudes vörkkestale. Nägemisnärv edastab signaalid vörkkesta fotoretseptoritest ajule.

### Joonis B.1.2. Eri lainepikkuste silma tungimine



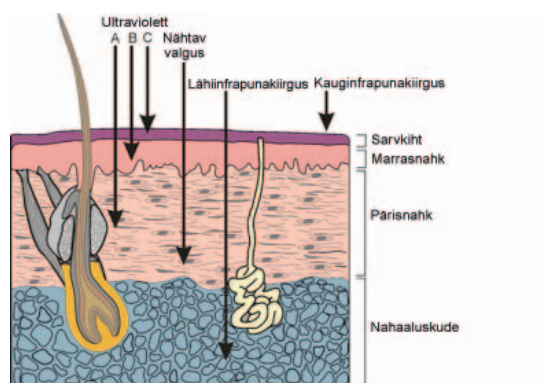
## B.2. Nahk

### Joonis B.2.1. Naha ehitus



Naha pealne kiht epidermis sisaldab palju keratotsüüte (sarvrakke), mida toodetakse basaalkihis ja mis liiguvad naha pinnale, kus need maha heidetakse. Pärisnahk koosneb peamiselt kollageenkiududest ja see sisaldab närvilõpmeid, higinäärmeid, karvanääpse ja veresoone.

### Joonis B.2.2. Eri lainepikkuste naha tungimine



## B.3. Eri lainepikkuste bioloogiline toime silmadele ja nahale

**B.3.1.** Ultraviolettkiirgus: UVC (100–280 nm); UVB (280–315 nm); UVA (315–400 nm)

### Toime nahale

Suur osa nahale sattuvast ultraviolettkiirgusest (UV) neeldub marrasnahas, kuigi kiirguse läbitungimine suureneb märkimisväärselt pikema lainepikkusega UVA puhul.

Liigne lühiajaline kokkupuude UV-kiirgusega põhjustab erüteemi – naha punetust ja turset. Sümptomid võivad olla tõsised ja kokkupuute suurim mõju ilmneb 8–24 tundi pärast kokkupuudet kiirgusega ning püsib 3–4 päeva. Nahk on sel ajal kuiv ning koorub maha. Sellele võib järgneda naha pigmenteerumine (hiline päevitumine). Kokkupuude UVA-kiirgusega võib põhjustada ka nahapigmenti kohest, aga lühiajalist muutumist (pigmenti kohene tumenemine).

Mõne inimese nahk reageerib UV-kiirgusele tavatult (valgustundlikkus) geneetiliste, ainevahetuslike või muude kõrvaltoimete tõttu või teatud ravimite või keemiliste ainete kasutamise tõttu.

Kõige tõsisem pikaajaline UV-kiirguse toime on nahavähi teke. Mittemelanoomsed nahavähid on basaarakuline ja lamerakuline nahavähk. Need esinevad valgetel inimestel üsna tihti ja on harva surmava lõpuga. Need esinevad kõige sagedamini enim päikesele paljastatud kehaosadel, nagu nägu ja käed, ning nende esinemissagedus kasvab vanusega. Epidemioloogiliste uuringute tulemused näitavad, et mõlema nimetatud nahavähi risk võib olla seotud UV-kiirguse kumulatiivse doosiga, kuigi tõendid on kindlamad lamerakulise nahavähi puhul. Maliigne melanoom põhjustab nahavähkidest surma kõige sagedamini, ehkki seda esineb harvem kui mittemelanoomset nahavähki. Seda esineb sagedamini inimestel, kellel on palju sünnimärke, hele nahk ning punased või blondid juuksed ja kellel tekivad tedretähnid ja päikesepõletus või kes päikesega kokkupuutel ei päevitu. Nii päikesega kokkupuutumisel tekkiv äge põletus kui ka krooniline kiirgusega kokkupuude tööl või puhkehetkedel võib soodustada maliigse melanoomi tekkeriski.

Krooniline kokkupuude UV-kiirgusega võib põhjustada ka naha fotovananemist, mida iseloomustavad naha kortsud ning elastsuse vähenemine: UVA-kiirgus on kõige tõhusam, kuna see suudab tungida läbi pärisnaha kollageen- ja elastiinkudude. On tõendeid ka selle kohta, et kokkupuude UV-kiirgusega võib mõjutada immuunreaktsioone.

UV-kiirgusega kokkupuutumise peamine kasutegur seisneb D-vitamiini tootmises, kuigi ka igapäevane lühiajaline kokkupuude päikesevalgusega toodab vajalikus koguses D-vitamiini, kui seda toidu kaudu piisavalt ei omastata.

### Toime silmadele

Silmadele langev UV-kiirgus neeldub sarvkestas ja läätstes. Sarvkest ja sidekest neelavad tugevalt kiirgust, mille lainepikkus on lühem kui 300 nm. UVC neeldub sarvkesta pindmistes kihtides ning UVB neeldub sarvkestas ja läätstes. UVA läbib sarvkesta ning neeldub läätstes.

Inimese silmas võib UV-kiirgusega ägedal liigkokkupuutel tekkida fotokeratiit ja fotokonjunktiviit (vastavalt sarvkesta ja sidekesta põletik), sagedamini nimetatakse seda lumepimeduseks või keevitajasilmaks. Sümptomid, mis ulatuvad kergest ärritusest ning valgustundlikkusest ja pisarate voolamisest tõsise valuni, ilmnevad 30 minuti kuni ühe päeva jooksul pärast kiirgusega kokkupuutumist ning kaovad tavaliselt mõne päeva jooksul.

Krooniline kokkupuude UVA- ja UVB-kiirgusega võib põhjustada katarakti moodustumist valkude muutumise tõttu silmaläätstes. Tavaliselt suudab võrkkestani tungida väga vähe UV-kiirgust (vähem kui 1% UVA-st), sest see neeldub silma esiosa kudedes. Leidub aga inimesi, kellel ei ole katarakti operatsiooni tulemusena enam loomulikku silmaläätse ja, kui tegemist ei ole just siirdatud tehisläätsega, mis kiirguse endasse neelab, võib UV-kiirgus silma sisenemisel kahjustada võrkkesta (nii lühikese (300 nm) lainepikkuse juures). See kahjustus leiab aset fotokeemiliselt toodetud ja võrkkestarakkude struktuuri ründavate vabade radikaalide tõttu. Võrkkesta kaitseb ägedate kahjustuste eest tavaliselt inimese tahtmatu, nähtava valgusega kokkupuudet vältiv reageering, aga UV-kiirgus sellist reaktsiooni ei põhjusta: UV-kiirgust endasse neelava läätseta isikul on seega suurem võimalus UV-kiirguse allikatega töötades oma silma võrkkesta kahjustada.

Krooniline kokkupuude UV-kiirgusega aitab oluliselt kaasa sarvkesta ja sidekoe häirete tekkimisele. Selliste häirete hulka kuuluvad klimatoloogiline tilk-keratopaatia (kollase/pruuni sette kogunemine sidekesta ja sarvkesta), tiibkile (kasvav kude võib katta sarvkesta) ja tõenäoliselt ka *pinguecula* (kollane eenduv haiguskolle sidekestal).

### B.3.2. Nähtav kiirgus

#### Toime nahale

Nähtav kiirgus (valgus) tungib nahka ja võib kokkupuutekohas tõsta temperatuuri nii palju, et see põhjustab põletuse. Keha kohandab end järk-järgult tõusva temperatuuriga, kiirendades verevoolu (kannab kuumuse eemale) ja higistamist. Kui kiirgus pole piisav, et põhjustada ägedat põletust (vähem kui 10 s jooksul), kaitseb kiirgusega kokkupuutunud isikut loomumane kuumusega kokkupuudet vältiv käitumine.

Kui kokkupuude on pikaajaline, on põhiliseks kahjustavaks mõjaks termilisest stressist (kehatemperatuuri tõus) tingitud kuumuse põhjustatud pinged. Kuigi direktiiv seda täpsemalt ei hõlma, tuleb arvesse võtta ümbritseva õhu temperatuuri ja töökoormust.

#### Toime silmadele

Kuna silmad koguvad ja koondavad nähtavat kiirgust, on oht võrkkestale suurem kui nahale. Eredasse valgusalikasse vaatamine võib kahjustada võrkkesta. Kui kahjustus asub tsentraallohus, st kui vaadatakse otse piki laserikiirt, võib tulemuseks olla raske nägemishäire. Loomuomaste kaitsemeetmete hulka kuuluvad ereda valgusega kokkupuute vältimine (kokkupuute vältimine toimib umbes 0,25 sekundi vältel; pupill tõmbub kokku ja võib võrkkesta kiiritustihedust vähendada umbkaudu 30 ühikut; inimene võib pea tahtmatult kõrvale pöörata).

Võrkkesta temperatuuri tõus 10–20 °C võib põhjustada pöördumatut kahjustust valkude denatureerumise tõttu. Kui kiirgusalikas katab suure osa nägemisväljast, nii et kujutis võrkkestal on suur, on kujutise keskosas asuvaltel võrkkesta rakkudel raske kiiresti kuumust tõrjuda.

Nähtav kiirgus võib põhjustada samalaadseid fotokeemilisi kahjustusi nagu UV-kiirgus (kuigi nähtaval lainepikkusel võib kokkupuudet vältiv käitumine toimida kaitsemehhanismina). See mõju on kõige märgatavam

vahemikku 435–440 nm jäävate lainepikkuste juures ja seetõttu kutsutakse seda mõnikord nn sinise valguse ohuks. Krooniline kokkupuude nähtava kiirgusega kõrgel tasemel võib põhjustada võrkkesta rakkudele fotokeemilisi kahjustusi, mille tulemuseks on kehv värvide eristamine ja pimedas nägemine.

Kui kiirgus siseneb silma põhiliselt paralleelkiirena (st kaugel asuva allika või laseri kõrvalekalle on väga väike), võidakse see võrkkestale kuvada väga väikese alana, aga seda kontsentreeritumalt, põhjustades tõsiseid kahjustusi. Selline teravustamine võib teoreetiliselt suurendada võrkkestale mõjuva kiiritustiheduse kuni 500 000 korda, võrreldes silmale langeva valgusega. Sellisel juhul võib ereduse ulatus ületada kõigi teadaolevate looduslike ja inimese ehitatud valgusalikate kiirguse. Suurem osa laserikahjustustest on põletused: ülivõimsad impulslaserid võivad põhjustada temperatuuri nii kiire tõusu, et rakud sõna otseses mõttes plahvatavad.

### B.3.3. IRA

#### Toime nahale

IRA-kiirgus tungib kudedes mitme millimeetri sügavusele, mis tähendab, et see ulatub pärisnahani. See võib avaldada samalaadset termilist mõju kui nähtav kiirgus.

#### Toime silmadele

Nagu nähtava kiirguse puhul, teravustavad sarvkest ja lääts ka IRA-kiirgust ning edastavad selle siis võrkkestale. Seal võib see põhjustada samasugust termilist kahjustust nagu nähtav kiirgus. Võrkkest ei suuda aga IRA-kiirgust tuvastada ning seega ei kaitse loomumane kokkupuudet vältiv käitumine seda kiirguse eest. Spektrivahemikku 380–1400 nm (nähtav valgus ja IRA) kutsutakse mõnikord nn võrkkesta ohustavaks vahemikuks.

Krooniline kokkupuude IRA-kiirgusega võib põhjustada ka katarakti moodustumist.

IRA-kiirguse footonitel pole piisavalt energiat, et põhjustada fotokeemilisi kahjustusi.

### B.3.4. IRB

#### Toime nahale

IRB-kiirgus tungib kudedesse vähem kui 1 mm ulatuses. See võib avaldada samalaadset termilist mõju kui nähtav kiirgus ja IRA-kiirgus.

#### Toime silmadele

Lainepikkusel umbes 1400 nm juures on vesivedelik väga tugevaks kiirgusneelajaks: pikemad lainepikkused hajuvad klaaskehas ja võrkkest on sel moel kaitstud. Vesivedeliku ja võrkkesta kuumutamine võib tõsta ümbritsevate kudede temperatuuri, mõjutades sealhulgas ka läätse, milles ei asu veresooni ja mis ei saa ise oma temperatuuri reguleerida. See koos asjaoluga, et lääts neelab IRB-kiirgust, põhjustab katarakti moodustumist. Katarakt on teatud inimrühmades, näiteks klaasipuhujate ja kettide valmistajate hulgas, oluline kutsehaigus.

### B.3.5. IRC

#### Toime nahale

IRC-kiirgus tungib surnud naharakkude pealmisse kihti (sarvkihti). Võimsad laserid, mis suudavad eemaldada sarvkihi ja kahjustada selle all asuvaid kudesid, on IRC-lainepikkuse juures tõsiseim akuutne oht. Kahjustus on peamiselt termiline, aga ülivõimsad laserid võivad põhjustada ka mehaanilist/akustilist kahju.

Nähtavate, IRA- ja IRB-kiirguse lainepikkuste osas tuleb arvesse võtta termilisest stressist tingitud kuumuse põhjustatud pinget.

#### Toime silmadele

IRC-kiirgus neeldub sarvkestas ja seepärast on siin kõige suuremaks ohuks sarvkesta põletus. Sarvkesta ümbritsevate kudede temperatuur võib soojusjuhtivuse tõttu tõusta, aga seda protsessi mõjutavad kuumuse vähene mine (aurustumise ja pilgutamise teel) ning suurenemine (tänu kehatemperatuurile).

# LISA C. Tehisliku optilise kiirguse kogused ja ühikud

Nagu märgitud lisa A „Optilise kiirguse olemus”, sõltub optilise kiirguse toime kiirguse energia- ja kiirgushulgast. Optilise kiirguse koguse määramiseks on mitu viisi: direktiivis kasutatavaid viise kirjeldatakse lühidalt allpool.

## C.1. Põhisuurused

### C.1.1. Lainepikkus

See viitab optilisele kiirgusele omasele lainepikkusele. Seda mõõdetakse meetri väiksemates alajaotustes – tavaliselt nanomeetrites (nm), mis võrdub ühe miljondikuga ühest millimeetrist. Pikemate lainepikkuste korral on mõnikord mugavam ühikuna kasutada mikromeetrit ( $\mu\text{m}$ ). Üks mikromeeter on 1000 nanomeetrit.

Paljudel juhtudel emiteerib uuritav optilise kiirguse allikas footoneid paljudel lainepikkustel.

Valemite kirjutamisel tähistatakse lainepikkus sümboliga  $\lambda$  (lambda).

### C.1.2. Energia

Energiaid mõõdetakse džaulides (J). See võib viidata iga footoni energiale (mis on seotud footoni lainepikkusega). Lisaks võib see viidata ka antud footonite koguse energiale, näiteks laseri impulsile.

Energia tähistamiseks kasutatakse sümbolit Q.

### C.1.3. Muud kasulikud suurused

#### Tasanurk

See on eseme (tavaliselt optilise kiirguse allika) nähtav laius teatud kauguselt (tavaliselt mõõtmise läbiviimise punktis). Selle arvutamiseks jagatakse eseme tegelik laius kaugusega esemest. Oluline on jälgida, et mõlemad väärtused oleksid esitatud samades ühikutes. Olenemata nende väärtuste puhul kasutatud ühikutest, esitatakse saadav tulemus radiaanides (r).

Kui ese asub vaataja suhtes nurga all, tuleb tasanurk korrutada nurga koosinusega.

Tasanurka tähistatakse direktiivis sümboliga  $\alpha$  (alfa).

#### Ruuminurk

See on tasanurga kolmemõõtmeline ekvivalent. Eseme pindala jagatakse kauguse ruuduga. Ka siin võib telje kõrvalt vaatamise korrigeerimiseks kasutada vaatenurga koosinust. Ühikuks on steradiaan (sr) ja sümboliks  $\omega$  (oomega).

#### Kiire kõrvalekalle

See on nurk, mille ulatuses optilise kiirguse kiir allikast kaugemale liikudes kõrvale kaldub. Selle arvutamiseks mõõdetakse kiire laius kahes punktis ja jagatakse laiuse erinevus punktidevahelise kaugusega. Seda mõõdetakse radiaanides.



#### C.1.4. Kokkupuute piirteasemete puhul kasutatavad suurused

##### Kiirgusvõimsus

Võimsust defineeritakse siin kiirusena, millega energia liigub ruumis läbi teatud kohta. Seda mõõdetakse vattides ( $W$ ) – 1 vatt võrdub 1 džauliga sekundis. Seda tähistatakse sümboliga  $\Phi$  (fi).

Mõiste „võimsus“ võib viidata määratletud optilise kiirguse kiirgusvõimsusele, sellisel juhul nimetatakse seda sageli CW võimsuseks. Näiteks väljastab kiirgusvõimsusega 1 mW CW laser igas sekundis footoneid kogumiseks 1 mJ.

Võimsust võidakse kasutada ka impulss- või optilise kiirguse kirjeldamiseks. Kui näiteks laser väljastab eraldi seisvat impulssi, mis sisaldab 1 mJ energiat 1 ms kohta, on impulsi võimsus 1 W. Kui impulsi väljastamine toimub lühema aja, nt  $\mu$ s jooksul, oleks võimsus olnud 1000 W.

##### Kiiritustihedus

Kiiritustihedus on kiirus, millega energia kindlasse kohta jõuab (ühe pindalaühiku kohta). See sõltub optilise kiirguse võimsusest ning kiire pindalast pinnal. Selle arvutamiseks jagatakse võimsus pindalaga, saades tulemuseks ühiku, mis on teatud arv vatte ruutmeetri kohta ( $W m^{-2}$ ). Seda tähistatakse sümboliga  $E$ .

##### Kiirgussäritus

Kiirgussäritus on kohalejõudnud energiahulk pindalaühiku kohta kindlas kohas. Selle arvutamiseks korrutatakse kiirgustihedus ( $W m^{-2}$ ) särituse kestusega sekundites. Selle ühikuks on džauli ruutmeetri kohta ( $J m^{-2}$ ). Seda tähistatakse sümboliga  $H$ .

##### Kirkus

Kirkus on hulk, mida kasutatakse optilise kiirguse kontsentreerituse kirjeldamiseks. Selle arvutamiseks jagatakse kiiritustihedus antud kohas valgusallika ruuminurgaga (vaadeldud antud kohast). Selle ühikuteks on vatti ruutmeetri ja steradiaani kohta ( $W m^{-2} sr^{-1}$ ). Seda tähistatakse sümboliga  $L$ .

#### C.1.5. Spektraalsed suurused ja lairibasuurused

Kui optilise kiirguse allikas, nt laser, emiteerib ainult ühe lainepikkusega (nt 633 nm) kiirgust, kirjeldavad kõik nimetatud suurused vaid selle lainepikkuse juures tehtud emissioone. Näiteks  $\Phi = 5 mW$ .

Kui kiirgusel on mitu lainepikkust, on igal eraldi lainepikkusel oma suurus. Näiteks võib laser emiteerida 3 mW 633 nm juures ja 1 mW 1523 nm juures. See kirjeldab spektri võimsuse jaotust, mida sageli tähistatakse kui allika  $\Phi_\lambda$ . Samuti on õige väita, et laseri  $\Phi = 4 mW$ , kuna see on kogu kiirgusvõimsus: tegemist on lairiba väärtusega.

Lairiba andmete arvutamiseks liidetakse kokku kõik spektraalsed andmed huvipakkuval lainepikkusel.

#### C.1.6. Radiomeetrilised ja efektiivsed suurused

Kõik siiani mainitud suurused on radiomeetrilised suurused. Radiomeetrilised andmed kvantifitseerivad ja kirjeldavad kiirgusvaldkonna teatud aspekte. Need ei osuta tingimata kiirguse mõjule bioloogilistest seisukohast. Näiteks on kiiritustihedus  $1 W m^{-2}$  270 nm juures sarvkestale ohtlikum kui  $1 W m^{-2}$  400 nm juures. Kui on vaja bioloogilise mõjuga seonduvaid andmeid, tuleb kasutada efektiivseid suurusi. Paljusid piirväärtusi väljendatakse efektiivsetes suurustes, kuna nende eesmärgiks on bioloogilise toime vältimine.

Efektiivsed suurused on olemas vaid juhul, kui teadlastel on aimu, kuidas antud toime tugevus sõltub lainepikkusest. Näiteks suureneb kiirguse mõju fotokeratiidi põhjustamisel 250 nm-lt 270 nm-le ja langeb siis kiiresti 400 nm-le. Kui on teada suhteline spektraalne efektiivsus, määratakse sellele sageli sümbol, nt  $S_\lambda$ ,  $B_\lambda$ ,  $R_\lambda$ . Need on vastavalt suhteline spektraalne efektiivsus fotokeratiidi/erüteemi, võrkkesta fotokeemilise kahjustuse ja võrkkesta termilise kahjustuse põhjustamisel.

Suhtelise spektraalse efektiivsuse väärtusi võib kasutada spektraalsete radiomeetriliste andmete mitmekordistamiseks ja spektraalsete efektiivsete andmete leidmiseks. Need efektiivsed andmed võib seejärel kokku liita efektiivse lairibasuuruse saamiseks, millele sageli lisatakse kasutatud spektraalse efektiivsuse väärtusele viitav alaindeks. Näiteks tähistab sümbol  $L_B$  lairiba kiiritustihedust ( $L$ ),



mis on spektraalselt kaalutud, kasutades  $B_\lambda$  spektraalse kaalumise väärtusi.

### C.1.7. Heledus

Üks siiani mainimata bioloogiliselt mõjuv suurus on heledus. Kuigi seda ei kasutata ühegi kokkupuute piirtaseme puhul, on see väga kasulik, et eelhindata valge valguse lairiba-allikate silma võrkkesta kahjustamise potentsiaali.

Heleduse sümbol on  $L_v$  ja selle mõõtühik on kandelat ruutmeetri kohta ( $\text{cd m}^{-2}$ ). Seda kirjeldatav bioloogiline mõju on valgustus, nagu seda näeb päevavalgusega kohanevad silm, ja see on seotud valgustiheduse suurusega ( $E_v$ ,

möödetakse luksides), mis on tuttav paljudele valgustusega tegelevatele inseneridele.

Suhet võib kirjeldada kui  $L_v = E_v/\omega$ . Heledust on võimalik lihtsalt välja arvutada, võttes arvesse valgustiheduse allikast pinnale, kauguse allikani ja allika suuruse.

# LISA D. Uuritud näited

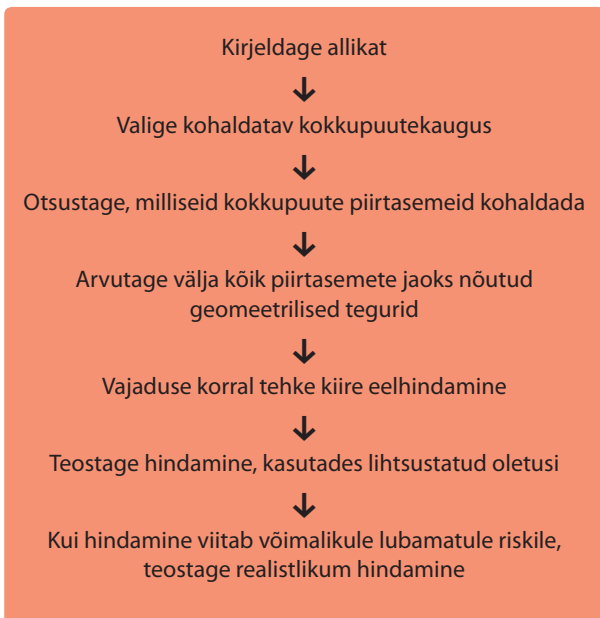
## D.1. Kontor

Allpool kirjeldatud näited hõlmavad mitut üldlevinud optilise kiirguse allikat, mida leiab enamikust või vähemalt paljudest töökeskkondadest.

Nende lihtsate allikate riski hindamiseks kasutatakse ühesugust lähenemisviisi. Seda kirjeldatakse üksikasjalikumalt allpool ja seda on ülevaatlilikult järgitud kõigi järgnevalt esitatud näidete puhul.

### D.1.1. Üldise meetodi kirjeldus

Üldine meetod tugineb standardile EN 62471 (2008), aga teeb igaks juhuks igal võimalikul juhul võrkkestaotude puhul lihtsustavaid oletusi. Allpool esitatud kirjeldus on üsna täielik, kuna see peab hõlmama kõiki edaspidi esitatud näiteid. Riskide hindamine toimub astmeliselt:



Esmalt kirjeldatakse allikat ja esitatakse selle mõõdud. Neid mõõte läheb vaja, kui allikas väljastab kiirgust IRA-spektri nähtavates piirkondades.

Tuleb otsustada, millisel kaugusel riske hinnatakse: valitud mõõtekaugus on tavaliselt realistlikult, kuigi veidi pessimistlikult, valitud lähim punkt, kust inimene allikaga kokku võib puutuda – see ei tähenda, et valitakse allikale kõige lähemal asuv punkti.

### Kokkupuute piirtasemete valik

Millised piirtasemed on sobivad? Kui võtta arvesse halvimat kokkupuutetsenaariumi, mille järgi keegi vaatab allikasse kaheksa tundi järjest, ja viidata direktiivi tabelile 1.1, siis:

Register	Lainepikkus (nm)	Ühikud	Kehaos	Oht	Sobivus	
a	180–400 (UVA, UVB, UVC)	$J m^{-2}$	silma sarvkest sidekest lääts nahk	fotokeratiit fotokonjunktiviit katarakti teke erüteem elastoos nahavähk	Jah, kui allikas emiteerib UV-kiirgust	
b	315–400 (UVA)	$J m^{-2}$	silmalääts	katarakti teke	Jah, kui allikas emiteerib UV-kiirgust	
c	300–700 (sinine valgus) (kus $\alpha \geq 11$ mrad ja $t \leq 10\,000$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$	silma võrkkest	fotoretiniit	Ei, halvim variant on pika- ajaline kokkupuude	
d	300–700 (sinine valgus) (kus $\alpha \geq 11$ mrad ja $t > 10\,000$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$			Jah, kui allikas emiteerib nähtavat valgust. See piir katab halvimal juhul kaheksatunnise kokkupuute	
e	300–700 (sinine valgus) (kus $\alpha < 11$ mrad ja $t \leq 10\,000$ s)	$W m^{-2}$			Mitte sageli, kuna tavaliselt on allikad üsna suured	
f	300–700 (sinine valgus) (kus $\alpha < 11$ mrad ja $t > 10\,000$ s)	$W m^{-2}$				
g	380–1400 (nähtav valgus ja IRA) ( $t > 10$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$	silma võrkkest	võrkkesta põletus	Jah, kui allikas emiteerib nähtavat valgust. See piir katab halvimal juhul kaheksatunnise kokkupuute	
h	380–1400 (nähtav valgus ja IRA) ( $t 10 \mu s$ kuni $10$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$			Ei, halvim variant on pika- ajaline kokkupuude	
i	380–1400 (nähtav valgus ja IRA) ( $t < 10 \mu s$ )	$W m^{-2} sr^{-1}$				
j	780–1400 (IRA) ( $t > 10$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$	silma võrkkest	võrkkesta põletus	Harva, kuna tavaliselt emiteerivad valgusallikad nähtavat valgust, mis muudab piirtasemed <b>g</b> , <b>h</b> ja <b>i</b> sobivamaks	
k	780–1400 (IRA) ( $t 10 \mu s$ kuni $10$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$				
l	780–1400 (IRA) ( $t < 10 \mu s$ )	$W m^{-2} sr^{-1}$				
m	780–1400 (IRA, IRB) ( $t \leq 1000$ s)	$W m^{-2}$	silma sarvkest lääts	sarvkesta põletus		
n	780–3000 (IRA, IRB) ( $t > 1000$ s)	$W m^{-2}$				
o	380–3000 (nähtav valgus, IRA, IRB)	$J m^{-2}$	nahk	põletus	Harva, kuna see on probleem vaid võimsate soojust tekitavate tööstus- like allikate puhul	

Seega näib, et tavaliselt kohaldame piirväärtusi **a** ja **b** (kui allikas emiteerib UV-kiirgust) ja/või väärtusi **d** ja **g** (kui allikas emiteerib nähtavat kiirgust ja IRA-kiirgust).

Erandjuhtudel võivad sobida ka teised kokkupuute piirtasemed, näiteks kasutatakse piirväärtust **c**, kui väärtus **d** tõenäoliselt ületatakse, ja piirväärtust **h**, kui väärtus **g** tõenäoliselt ületatakse. Sellised asjaolud ilmnevad ainult riskide hindamise edenedes.

Nende piirväärtustega on seotud spektraalsete kaalumiskõverate  $S(\lambda)$ ,  $B(\lambda)$  ja  $R(\lambda)$  kasutamine. Neid tegureid käsitletakse täpsemalt jaotises 5.2. Nende kasutamine viitab spektraalsete andmete vajadusele.

## Geomeetrilised tegurid

Kui valgusallikas emiteerib nähtavat valgust ja/või infrapunakiirgust, sõltuvad sobivad kokkupuute piirtasemed ja radiomeetrilised suurused geomeetristest teguritest, mis tuleb välja arvutada. Mõned nimetatud teguritest on määratletud direktiivis, teisi on kirjeldatud standardis EN 62471 (2008). Kui allikas emiteerib ainult UV-kiirgust, on kõik need tegurid ebaolulised.

Geomeetrilised tegurid on:

$\theta$	(nurk, mis jääb allika pinnaga risti oleva joone ja mõõtmiseks kasutatava vaatevälja vahele), (vt paremal esitatud diagramm)	
$Z$	(allika keskmine suurus)	
$\alpha$	(allika tekitatav tasanurk)	
$C\alpha$	( $\alpha$ -st sõltuv tegur)	
$\omega$	(allika tekitatav ruuminurk)	

Enne nimetatud tegurite väljaarvutamist on oluline kindlaks teha, kas allikas emiteerib suhteliselt ruumiliselt homogeense välja või mitte. Kui allikas on homogeenne, tuleb eeldada, et kõik mõõtmised (pikkus, laius jne) viitavad kogu allika pindalale. Kui on ilmne, et allikas ei ole homogeenne (näiteks ere lamp nõrga reflektori ees), tuleks neid mõõtmised pidada ainult kõige eredama ala kohta kehtivaks. Kui allikas koosneb kahest või enamast identsest kiirgusallikast, võib neid käsitada eraldi allikatena, panustades mõõdetud kiirguse proportsionaalsesse kogusesse.

### Z arvutamiseks

allika nähtav pikkus  $l = \text{tegelik pikkus} \times \cos \theta$

allika nähtav laius  $w = \text{tegelik laius} \times \cos \theta$

$Z$  on  $l$  ja  $w$  keskmine

Märkus:

- kui allikat vaadeldakse selle pinna suhtes risti, siis  $\cos \theta = 1$
- kui allikas on ringikujuline ja seda vaadatakse  $90^\circ$  nurga all, on  $Z$  võrdne läbimõõduga

Allika nähtav pindala  $A$  võrdub:

tegelik pindala  $\times \cos \theta$  (ringikujulise allika puhul) või

$l \times w$  teiste allikate puhul

Kui kaugus allikast =  $r$  ja kui kõik mõõdetud on mõõdetud samades ühikutes, siis:

$$\alpha = Z / r, \text{ radiaanides (rad)}$$

$$\omega = A/r^2, \text{ steradianides (sr)}$$

$C\alpha$  põhineb  $\alpha$ -l ja seda kasutatakse ainult võrkkesta termilise ohuga kokkupuute piirtaseme arvutamiseks. Kuna kõik siintoodud hinnangud põhinevad allpool selgitatud lihtsustatud oletustel, siis  $C\alpha$  ei arvutata.

## Eelhindamine

Piirtasemed väljatöötanud asutuse ICNIRP järgi ei ole mingit vajadust teostada spektri täielikku hindamist seoses võrkkestale avalduvate ohtudega üldvalgusallika puhul, mis emiteerib valget valgust heledusega  $< 10^4 \text{ cd m}^{-2}$ . Seda väidetakse filtrita hõõglampide, luminofoorlampide ja kvartslampide puhul.

Seda suunavat piirväärtust ei kasutata ultraviolettkiirguse riskide hindamiseks. Küll võib seda aga kasutada, et otsustada, kas on vaja täielikult hinnata nähtavast valgusest ja infrapunakiirgusest tulenevaid riske.

Selle suunava piirväärtuse kohaldamiseks võib spektraalset kiirgusintensiivsust vahemikus 380–760 nm kasutada CIE fotoopilise spektraaltõhususe kõveraga  $V(\lambda)$  ja liita siis kokku fotoopilise efektiivse kiirgusintensiivsuse  $E_v$  arvutamiseks. Seda tähistatakse  $W \text{ m}^{-2}$  ja see korrutatakse standardse valgusefektiivsuse teguriga  $683 \text{ lm W}^{-1}$ , mis annab tulemuseks valgustustiheduse luksides. Heleduse leidmiseks jagatakse valgustustihedus  $\omega$ -ga.

Siiski ei ole spektraalsed mõõtmised valgusti valgustustiheduse leidmiseks vajalikud – selle väärtuse määramisega peaks toime tulema kõik hästi kavandatud ja kalibreeritud nn luksmeetrid. See muudab eelhindamise kiireks ja lihtsaks.

## Vajalikud andmed

Üldiselt on vaja leida andmed, mis katavad kõigi kohaldatavate piirtasemete täieliku spektraalse piirkonna. Äärmisel juhul on selleks vaja andmeid vahemikus 180–1400 nm.

Spektraalset piirkonda, mille ulatuses andmeid vajatakse, võib vähendada. See on ilmne, kui teatud piirtaset ei kohaldata: kui allikas ei emiteeri UV-kiirgust, on vaja vaid vahemikust 300–1400 nm pärinevaid andmeid.

Samuti on võimalik, et allikas ei emiteeri teatud spektraalses piirkonnas üldse kiirgust. Näiteks:

- LED-lambid emiteerivad sageli kiirgust ainult üsna kitsas lainepikkuste vahemikus. Rohelist LED-lampi hinnates võib osutada piisavaks ainult umbkaudse vahemiku 400–600 nm möötmine ja sellest välja poole jäävad andmed loetakse nulliks;
- allikad, mis emiteerivad kiirgust lainepikkusega alla 254 nm, on väga harvaesinevad ja neid enamikus töökohtades tõenäoliselt pole;
- paljudel valgustitel on klaasist katted, mis takistavad alla 350 nm lainepikkusega kiirguse emiteerimist;
- kui välja arvata hõõglambid, on enamiku levinud allikate infrapunakiirgus ebaoluline.

Igal juhul peab pärast andmete spektraalpiirkonna kindlaksmääramist andmed kokku koguma (mõõtes või muude meetoditega). Kõige kasulikud on andmed spektraalse kiirgustiheduse kohta. Neid andmeid võib kaaluda funktsioonide ( $S(\lambda)$ ,  $B(\lambda)$ ,  $R(\lambda)$ ) ja tõenäoliselt  $V(\lambda)$ ) abil, eeldusel, et need sobivad kohaldatavate piirväärtustega. Seejärel tuleks kaalutud andmed kokku liita.

## Oletuste lihtsustamine

Neid oletusi on kasutatud mõõtmis- ja hindamisprotsessi lihtsustamiseks spektri nähtavas piirkonnas. Neid ei ole vaja kasutada, kui ainus arvessevõetav oht pärineb UV-kiirgusest.

Kõik spektri kiirgustiheduse mõõtmised tuleb teha kohaste instrumentidega: võrkkestaga seotud piirväärtuste puhul peab instrumendi vaateväli olema piiritletud  $g$  eriväärtustega olenevalt kokkupuute eeldatavast kestusest. Kokkupuute piirtaseme  $d$  juures on kokkupuute

eeldatav kestus kaheksa tundi. Piirtaseme  $g$  puhul on suurim arvessevõetav kokkupuute kestus kümme sekundit, kuna piirang on selle kestuse ajal püsiv.

Direktiivi tabelis 2.5 esitatakse  $\gamma$  asjakohased väärtused:

- $\gamma = 110$  mrad võrkkesta fotokeemilise ohu piirväärtuste korral (st väärtus  $d$  10 000 s kokkupuute puhul)
- $\gamma = 11$  mrad võrkkesta termilise ohu piirväärtuste korral (st väärtus  $g$  10 s kokkupuute puhul)

Nende vaatevälja kohta esitatavate nõuete puhul võib jääda mulje, nagu oleks vaja eri mõõtmisandmete komplekte. Kui tegelik allikas tekitab nurga, mis on suurem kui  $g$ , kogub piiritlemata vaatevälja möötmine kiirgusintensiivsuse kohta ja toimib nii igaks juhuks riskide hindamise eesmärgil. See võimaldab teha kõik arvutused üheainsa piiritlemata vaatevälja abil koostatud mõõtmisandmete komplekti põhjal.

Kirkuse arvutamiseks kiiritustiheduse põhjal tuleb kiiritustihedus jagada ruuminurgaga. See ruuminurk peaks olema kas  $\omega$  tegelik väärtus või  $\gamma$ -l põhinev väärtus, olenevalt sellest, kumb on suurem.

- Piirtaseme  $d$  puhul oleks vaateväli pidanud olema  $\gamma = 110$  mrad, mis vastab ruuminurgale 0,01 sr.
- Piirtaseme  $g$  puhul oleks vaateväli pidanud olema  $\gamma = 11$  mrad, mis vastab ruuminurgale 0,0001 sr.

Allpool toodud näidetes viidatakse nimetatud väärtustele järgmiselt:

$\omega =$  allika tekitatav tegelik ruuminurk

$\omega_B = 0,01$  sr või  $\omega$ , olenevalt sellest, kumb on suurem

$\omega_R = 0,0001$  sr või  $\omega$ , olenevalt sellest, kumb on suurem

Need lihtsustavad oletused võivad anda tehiskult kõrgeid tulemusi mittehomoogeensete valgusallikate puhul, mis on suuremad kui  $g$ . Kui sellist allikat hinnatakse ja kokkupuute piirväärtus näib olevat ületatud, võib olla soovitatav mõõtmist korrata, piiritledes vaatevälja sobiva väärtusega  $g$ .

## Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a
Kokkupuute piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$
Kui efektiivse kiiritustiheduse $E_{\text{eff}}$ ühikuks on $\text{W m}^{-2}$ , on maksimaalse lubatava kokkupuute aeg sekundites $= 30 \text{ J m}^{-2} / E_{\text{eff}}$ .
Kui see on > 8 tundi, ei ole ohtu, et piirtaset kaugusel r ületataks
Väärtus b
Kokkupuute piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$
Kui efektiivse kiiritustiheduse $E_{\text{UVA}}$ ühikuks on $\text{W m}^{-2}$ , on maksimaalse lubatava kokkupuute aeg sekundites $= 104 \text{ J m}^{-2} / E_{\text{UVA}}$ .
Kui see on > 8 tundi, ei ole ohtu, et piirtaset kaugusel r ületataks
Väärtus d
Kokkupuute piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\text{sr}^{-1}$
Kui efektiivne kirkus $L_b$ on piirtasemest väiksem, siis puudub piirtaseme ületamise oht. See kehtib kõikide kauguste kohta, kuni $\theta$ jääb samaks.
Väärtus g
Kokkupuute piirtase on $2,8 \times 10^7 / C_a$ Sellisel juhul sõltub $C_a$ $\alpha$ -st. Kõige piiravam piirtase saadakse, kui $\alpha \geq 100 \text{ mrad}$ . Sellisel juhul on $C_a = 100 \text{ mrad}$ ja piirtase on $280\,000 \text{ W m}^{-2}\text{sr}^{-1}$
Kui efektiivne kirkus $L_R$ on piirtasemest väiksem, siis piirtaseme ületamise oht puudub. See kehtib kõikide kauguste kohta, kuni $\theta$ jääb samaks.

## Kui kokkupuute piirtase ületatakse

ICNIRP heleduse piirang
Kui valgusallika heledus ületab $10^4 \text{ cd m}^{-2}$ , tuleb hinnangut korrata piisavate andmetega, et võimaldada võrdlust piirtasemetega d ja g.
Väärtus a
Kui maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg < 8 tundi, on vaja näidata, et personali tegelik viibimine r juures on väiksem kui maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg.
Väärtus b
Kui maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg < 8 tundi, on vaja näidata, et personali tegelik viibimine r juures on väiksem kui maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg. Sellisel juhul ei pea kasutus hõlmama aega, mil nägu oli allikast eemale pööratud.
Kui allikas on väga ere, võib eeldada, et kokkupuudet vältiva käitumise tagajärjel piirdub ühe kokkupuute kestus 0,25 sekundiga.
Väärtus d
Kui $L_b$ on suurem kui kokkupuute piirtase, tuleb arvutada maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg. See põhineb piirtasemel c.
Piirtase c on $L_b \leq 10^6/t$ . Seetõttu on maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg (sekundites) $t_{\text{max}} \leq 10^6/L_b$ . Seejärel tuleb näidata, et tegelik isiklik kasutus otsenähtavuse $\theta$ korral on väiksem kui $t_{\text{max}}$ . Sellisel juhul ei pea kasutus hõlmama aega, mil nägu on allikast eemale pööratud.
Kui allikas on väga ere, võib eeldada, et kokkupuudet vältiva käitumise tagajärjel piirdub ühe kokkupuute kestus 0,25 sekundiga.
Kasutada võib ka piirtaset e: suhteid $\alpha = Z/r$ ja $L_b = E_b/\omega$ tuleks kasutada kauguse arvutamiseks, kus $\alpha = 11 \text{ mrad}$ . Kui siin või suurema kauguse puhul on $E_b \leq 10 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ , siis piirtaset enam ei ületata.
Väärtus g
Kui $L_R$ on suurem kui kokkupuute piirtase, võis tase olla liialt piirav: Kui allika tegelikult tekitatav $\alpha < 100 \text{ mrad}$ , arvutage piirtase uuesti.
Kui $L_R$ on suurem kui uus kokkupuute piirtase, tuleb arvutada maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg. See põhineb piirtasemel h.
Piirtase h on $L_R \leq 5 \times 10^7 / c_a t^{0.25}$ . Seetõttu on maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg (sekundites), $t_{\text{max}} \leq (5 \times 10^7 / c_a L_R)^4$ . Kasutage võrdust $c_a = \alpha$ . Seejärel tuleb näidata, et tegelik isiklik kasutus otsenähtavuse $\theta$ korral on väiksem kui $t_{\text{max}}$ . Sellisel juhul ei pea kasutus hõlmama aega, mil nägu oli allikast eemale pööratud.
Kui allikas on väga ere, võib eeldada, et kokkupuudet vältiva käitumise tagajärjel piirdub ühe kokkupuute kestus 0,25 sekundiga.

### D.1.2. Näidete vorming

Alltoodud näited esitatakse sarnaselt eespool kasutatud analüüsile. Lihtsustatud oletuse tegemise korral on näide siiski lõpuni läbi töötatud, aga sammud, mida oletuste kinnitamise korral vaja ei lähe, on märgitud hallina, võimaldades nii näidata kõigi algsete oletuste sobilikkust.

Kokkuvõtte siintoodud näidete tulemustest on lisa lõpus.

### D.1.3. Lakke paigaldatud hajutiga luminofoorlambid



3 × 36 W üldvalgustavad luminofoorlambid on paigaldatud laevalgustisse, mille suurus on 57,5 × 117,5 cm. Lampe katab täielikult plastist hajuti. Seetõttu on allikas üpris homogeneenne.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Seda tüüpi lamp ei emiteeri märkimisväärses koguses infrapunakiirgust. Oht tekib vaid kokkupuutel nähtava valguse või ultraviolettkiirguse lainepikkustega. Plastist hajuti summutab ka ultraviolettkiirguse lainepikkusi. Kohaldatakse ainult väärtust **d**.

#### Geomeetrilised tegurid

Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse lambist 100 cm kaugusel otse lampi vaadates.

Allika keskmine suurus on 87,5 cm.

Seega  $\alpha = 0,875$  rad.

Allika pindala on 6756 cm<sup>2</sup>.

Seega  $\omega = 0,68$  sr.

Seega  $\omega_b = 0,68$  sr ja  $\omega_r = 0,68$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on 1477 mW·m<sup>-2</sup>, mis võrdub valgustustihedusega 1009 luksi.

Selle allika heledus on seega 1009/0,68 = 1484 cd m<sup>-2</sup>.

**Edasine hindamine ei ole vajalik.**

#### Radiomeetrilised andmed

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:

efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 17 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),  $E_b = 338 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),  $E_R = 5424 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  $L_b = 338 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,68 \text{ sr} = 0,5 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  $L_R = 5424 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,68 \text{ sr} = 8 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a			
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	→ Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b			
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 17 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	→ Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d			
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 0,5 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Piirtaset ei ületata
Väärtus g			
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 8 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Piirtaset ei ületata

#### D.1.4. Lakke paigaldatud hajutita luminofoorlamp

58 W üldvalgustav luminofoorlamp suurusega  $153 \times 2$  cm on paigaldatud laevalgustisse, mille suurus on  $153 \times 13$  cm. Lambi taga on peegeldi ja valgusti on eest lahtine. Valgusti ei ole homogeenne ja lamp on selle eredaim osa.



Vt ka näidet D.1.5.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Seda tüüpi lamp ei emiteeri märkimisväärses koguses infrapunakiirgust. Oht tekib vaid kokkupuutel nähtava valguse või ultraviolettkiirguse lainepikkustega. Kasutatakse väärtusi **a**, **b** ja **d**.

#### Geomeetrilised tegurid

Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse lambist 100 cm kaugusel otse lampi vaadates.

Lambi keskmine suurus on 77,5 cm.

Seega  $\alpha = 0,775$  rad.

Lambi pindala on  $306 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,03$  sr.

$\omega_b = 0,03$  sr ja  $\omega_r = 0,03$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on  $1640 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 1120 luksi.

Selle allika heledus on seega  $1120/0,03 = 37\,333 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Näib, et ohtu võrkkestale on vaja täpsemalt hinnata. Hinnata tuleb ka UV-kiirgust.

#### Radiomeetrilised andmed

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:

efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} = 600 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 120 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),

$E_b = 561 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),

$E_r = 7843 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),

$L_b = 561 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,03 \text{ sr} = 19 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

Efektiivne kirkus (termokahjustus),

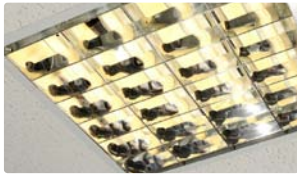
$L_r = 7843 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,03 \text{ sr} = 261 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 600 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 120 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 19 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 261 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata



### D.1.5. Lakke paigaldatud hajutita luminofoorlampide rühm



18 W üldvalgustavad luminofoorlampid suurusega  $57 \times 2$  cm on paigaldatud laevalgustisse, mille suurus on  $57 \times 57$  cm.

Lampide taga on peegeldi ja valgusti on eest lahtine. See valgusti on väga sarnane näites D.1.4 toodud valgustiga, ainsaks erandiks on teine lampide tootja. Allikas ei ole homogeenne ja valgusti neli lampi on kõige eredamad kiirgusallikad.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Seda tüüpi lamp ei emiteeri märkimisväärses koguses infrapunakiirgust. Oht tekib vaid kokkupuutel nähtava valguse või ultraviolettkiirguse lainepikkustega. Kasutatakse väärtusi **a**, **b** ja **d**.

#### Geomeetriselised tegurid

Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse lambist 100 cm kaugusel otse lampi vaadates.

Iga lambi keskmine suurus on 29,5 cm.

Seega  $\alpha = 0,295$  rad.

Iga lambi pindala on  $114 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,011$  sr.

$\omega_b = 0,011$  sr ja  $\omega_r = 0,011$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on  $1788 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See pärineb neljast lambist. Kuna iga lamp on eraldi valgusallikas, annab igaüks  $447 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See annab valgustustiheduseks lambi kohta 305 luksit.

Iga lambi heledus on seega  $305/0,011 = 28\,000 \text{ cd m}^{-2}$ .

Ohtu võrkketale on vaja täpsemalt hinnata. Hinnata tuleb ka UV-kiirgust.

#### Radiomeetriselised andmed

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:

efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} = 1,04 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 115 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),  $E_b = 555 \text{ mW m}^{-2}$ , mis on iga lambi kohta  $139 \text{ mW m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),  $E_r = 8035 \text{ mW m}^{-2}$ , mis on iga lambi kohta  $2009 \text{ mW m}^{-2}$ .

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  $L_b = 139 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,011 \text{ sr} = 13 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  $L_r = 2009 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,011 \text{ sr} = 183 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

#### Väärtus a

Piirtase on  $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$  →  $E_{\text{eff}} = 1,04 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$  → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg on 8 tundi. See on piirtaseme ületamisele lähedal.

Kuigi praktikas on pidev kokkupuude 100 cm kaugusel ebatõenäoline, tuleb seda meeles pidada, kui keskkonnas on veel UV-kiirguse allikaid.

#### Väärtus b

Piirtase on  $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$  →  $E_{\text{UVA}} = 115 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$  → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi

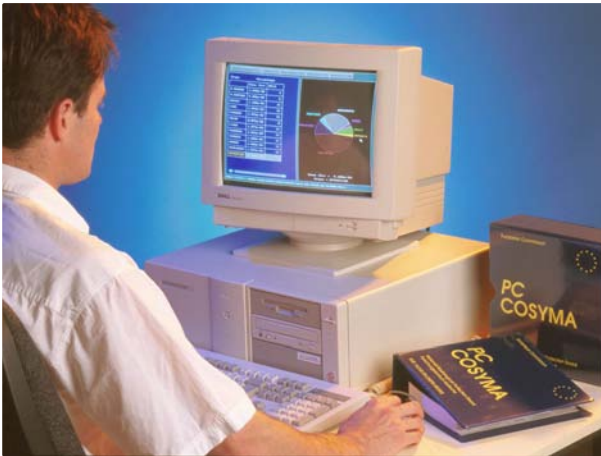
#### Väärtus d

Piirtase on  $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$  →  $L_b = 13 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$  → Piirtaset ei ületata

#### Väärtus g

Piirtase on  $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$  →  $L_r = 183 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$  → Piirtaset ei ületata

### D.1.6. Katoodkiiretoru ekraan



Lauaarvutil on katoodkiiretoruga ekraan.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Katoodkiiretorud ei emiteeri märkimisväärses koguses ultraviolet- või infrapunakiirgust. Oht tekib vaid kokkupuutel nähtava valguse lainepikkustega. Kasutatakse väärtust **d**.

#### Geomeetrilised tegurid

Ekraan segab värvilise pildi edastamiseks kokku kolm põhivärvi. Kõige raskem on olukord siis, kui esinevad kõik kolm põhivärvi – valge ekraan. Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse homogeensest valgust riskkülikust 10 cm kaugusel otse sellesse vaadates.

Allika keskmine suurus on 17 cm.

Seega  $\alpha = 1,7$  rad.

Allika pindala on  $250 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 2,5$  sr.

Seega  $\omega_b = 2,5$  sr ja  $\omega_r = 2,5$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on  $64 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 43 luksi.

Selle allika heledus on seega  $43/2,5 = 17 \text{ cd m}^{-2}$ .

Edasine hindamine ei ole vajalik.

#### Radiomeetriselised andmed

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:

efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} = 130 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 8 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),  $E_b = 61 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),  $E_r = 716 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_b = 61 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 2,5 \text{ sr} = 24 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_r = 716 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 2,5 \text{ sr} = 286 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 130 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 8 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 24 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 286 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata

### D.1.7. Sülearvuti ekraan



Sülearvutil on vedelkristallekraan.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Vedelkristallekraanid ei emiteeri märkimisväärset koguses ultraviolett- või infrapunakiirgust. Oht tekib vaid kokkupuutel nähtava valguse lainepikkustega. Kasutatakse väärtust  $d$ .

#### Geomeetriselised tegurid

Vedelkristallekraan segab värvilise pildi edastamiseks kokku kolm põhivärvi. Kõige raskem on olukord siis, kui esinevad kõik kolm põhivärvi – valge ekraan. Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse homogeenselt valgest ristkülikust 10 cm kaugusel otse sellesse vaadates.

Allika keskmine suurus on 13 cm.

Seega  $\alpha = 1,3$  rad.

Allika pindala on  $173 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 1,7$  sr.

Seega  $\omega_b = 1,7$  sr ja  $\omega_R = 1,7$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on  $134 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 92 luksit.

Selle allika heledus on seega  $92/1,7 = 54 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ .

**Edasine hindamine ei ole vajalik.**

#### Radiomeetriselised andmed

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:

efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} = 70 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 4 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),  $E_b = 62 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),  
 $E_R = 794 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_b = 62 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 1,7 \text{ sr} = 36 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_R = 794 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 1,7 \text{ sr} = 467 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	→ $E_{\text{eff}} = 70 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	→ Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	→ $E_{\text{UVA}} = 4 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	→ Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ $L_b = 36 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ $L_R = 467 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Piirtaset ei ületata

### D.1.8. Väliitingimustes kasutatav metallist halogeniidlampiga üldvalgustav prožektor



70 W metallist halogeniidlamp on paigaldatud valgustisse, millel on olemas ka tagumine peegeldi mõõtmetega  $18 \times 18$  cm ja läbipaistev kate. See on mõeldud paigaldamiseks hoonete rinnatistele, et valgustada lambi alla jäävat ala. Valgusallikas ei ole homogeenne – selle eredaim osa on kaar ise, mis on oletatavalt enam-vähem ümmargune ja umbes 5 mm laiune.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Oht tekib vaid kokkupuutel nähtava valguse või tõenäolise ultraviolettkiirguse lainepikkustega. Metallhalogeniidlampid toodavad suures koguses ultraviolettkiirgust: lambil on väline kest, mis võib kiirgust vähendada, ja valgustil on kate, mis kindlasti kiirgust vähendab, aga lamp emiteerib siiski murettekitavas koguses UVA-kiirgust. Kasutatakse väärtusi **b**, **d** ja **g**.

#### Geomeetrilised tegurid

Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse lambist 100 cm kaugusel otse lampi vaadates. Kaare keskmine suurus on 0,5 cm. Seega  $\alpha = 0,005$  rad. See on  $< 11$  mrad ja seega võib väärtuse **d** asendada väärtusega **f**, kui kavas on valgusallikat ainiti vaadata. Nii see antud juhul ei ole ja seetõttu kasu-

tatakse hindamiseks väärtust **d**. Vt märkust 2 direktiivi tabelis 1.1.

Allika pindala on  $0,2 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,00002$  sr.

Seega  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,0001$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on  $4369 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 2984 luksit.

Selle allika heledus on seega  $2984/0,00002 = 149\,000\,000 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Ohtu võrkkestale on vaja täpsemalt hinnata ja hinnata tuleb ka võimalikku UV-kiirgusest tulenevat ohtu.

#### Radiomeetriselised andmed

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:

efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 915 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),

$E_B = 2329 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),

$E_R = 30172 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),

$L_B = 2329 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 233 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

Efektiivne kirkus (termokahjustus),

$L_R = 30172 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,0001 \text{ sr} = 302 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

##### Väärtus a

Piirtase on  $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$  →  $E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg  $> 8$  tundi

##### Väärtus b

Piirtase on  $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$  →  $E_{\text{UVA}} = 915 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$  → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg on 3 tundi

Siiski on tõenäoline, et intensiivse heledusega lamp piirab iga kokkupuute 0,25 sekundile.

##### Väärtus d

Piirtase on  $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$  →  $L_B = 233 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$  → Piirtase ületatakse

Seetõttu tuleb maksimaalse lubatud kokkupuuteaja arvutamiseks kasutada väärtust c.

##### Väärtus c

Piirtase on  $L_B < 10^6/t \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  →  $t_{\text{max}} = 10^6/L_B$  → Selle valgusallika maksimaalne lubatud kokkupuute on umbes 70 minutit

Siiski on tõenäoline, et intensiivse heledusega lamp piirab iga kokkupuute 0,25 sekundile.

Fikseeritud vaatamise korral põhineb  $t_{\text{max}}$  väärtusel  $e = 100/E_B$  või on u 40 sekundit.

##### Väärtus g

Piirtase on  $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$  →  $L_R = 302 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$  → Piirtase ületatakse, aluseks on lihtsustatud oletus, et  $\alpha > 0,1$  rad

Kui me arvutame kokkupuute piirtaseme uuesti tegeliku  $\alpha$  ( $= 5$  mrad) põhjal, oleks realistlikum piirtase  $5600 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ . Sellisel juhul piirtaset ei ületata.

### D.1.9. Väliingimustes kasutatav kompaktlambiga üldvalgustav prožektor.



26 W kompaktlamp suurusega  $3 \times 13$  cm on paigaldatud valgustisse, mille juurde kuuluvad ka optiliselt töötlemata tagapeegeldi ja läbipaistev kate. See on mõeldud paigaldamiseks hoonete rinnatistele, et valgustada lambi alla jäävat ala. Lamp on selle mittehomoogeense allika tugevaim kiirgusallikas.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Seda tüüpi lamp ei emiteeri märkimisväärses koguses infrapunakiirgust. Oht tekib vaid kokkupuutel nähtava valguse või ultraviolettkiirguse lainepikkustega. Plastist hajuti summutab ka ultraviolettkiirguse lainepikkusi. Kasutatakse väärtust **d**.

#### Geomeetriselised tegurid

Spektraalset kiirgustihedust mõõdetakse lambist 100 cm kaugusel otse lampi vaadates.

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \text{ } \mu\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
	→	Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 2 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$
	→	Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{b}} = 15 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	→	Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{r}} = 503 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	→	Piirtaset ei ületata

Allika keskmine suurus on 8 cm.

Seega  $\alpha = 0,08$  rad.

Allika pindala on  $39 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,0039$  sr.

Seega  $\omega_{\text{b}} = 0,01$  sr ja  $\omega_{\text{r}} = 0,0039$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiirgustihedus on  $366 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 250 luksi.

Selle allika heledus on seega  $250/0,0039 = 64\,000 \text{ cd m}^{-2}$ .

Ohtu võrkkestale on vaja täpsemalt hinnata.

#### Radiomeetriselised andmed

Mõõdetud efektiivse kiirgustiheduse väärtused on:

efektiivne kiirgustihedus,  $E_{\text{eff}} = 10 \text{ } \mu\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

UVA-kiirgustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 2 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$

efektiivne kiirgustihedus (sinine valgus),  
 $E_{\text{b}} = 149 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$

efektiivne kiirgustihedus (termokahjustus),  
 $E_{\text{r}} = 1962 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),

$L_{\text{b}} = 149 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 15 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),

$L_{\text{r}} = 1962 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2} / 0,0039 \text{ sr} = 503 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

### D.1.10. Elektriline putukatapja



Elektrilistes putukatapjates kasutatakse sageli madalrõhu-elavhõbedalampe, mis emiteerivad kiirgust spektri UVA ja sinises osas, et meelitada lendavaid putukaid kõrgepingeresti juurde. See allikas tarbib 25 W ja selles on kaks lampi, kumbki  $26 \times 1$  cm, mis on paigaldatud horisontaalselt üksteisest 10 cm kaugusele.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Elektrilised putukatapjad peaksid olema kooskõlas tootestandardiga EN 60335-2-59, mis täpsustab, et  $UVR_{\text{eff}}$  kiirgustihedus 1 m juures peaks olema  $\leq 1$  mW·m<sup>-2</sup>. Seetõttu ei ole vaja kaaluda väärtuse **a** kasutamist. Kasutatakse jätkuvalt väärtust **b**. Kuna tegemist ei ole valge valguse allikaga, ei ole kohane heleduse kasutamine ennetusmeetmena. Elektriliste putukatapjate põhjustatud visuaalne stiimul on tavaliselt väga väike, seega ei pea arvesse võtma ohtu võrkkestale.

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \text{ } \mu\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
	→	Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 34 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$
	→	Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{b}} = 0,85 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	→	Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{r}} = 33 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	→	Piirtaset ei ületata

#### Geomeetrised tegurid

Spektraalsed kiirustihedust mõõdetakse elektrilisest putukatõrjevahendist 100 cm kaugusel otse sellesse vaadates. Kuna allikas on paigaldatud seinale, mõõdetakse kiirustihedust umbes pea kõrgusel. Seetõttu on andur suunatud üles putukatapja poole horisontaalselt umbes 30° nurga all. Kuna elektrilise putukatapja lambid on läbilõikelt ringikujulised, võib oletada, et neid vaadeldakse nende pinna suhtes 90° nurga all.

Iga lambi keskmine suurus on 13,5 cm.  
Seega  $\alpha = 0,135$  rad.  
Iga lambi nähtav pindala on 26 cm<sup>2</sup>.  
Seega  $\omega = 0,0026$  sr.  
Seega  $\omega_{\text{b}} = 0,01$  sr ja  $\omega_{\text{r}} = 0,0026$  sr.

#### Radiomeetrised andmed

Mõõdetud efektiivse kiirustiheduse väärtused on:

efektiivne kiirustihedus,  $E_{\text{eff}} = 10 \text{ } \mu\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

UVA-kiirustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 34 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (sinine valgus),  
 $E_{\text{b}} = 17 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ , mis on iga lambi kohta 8,5 mW·m<sup>-2</sup>

efektiivne kiirustihedus (termokahjustus),  
 $E_{\text{r}} = 172 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ , mis on iga lambi kohta 86 mW·m<sup>-2</sup>

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_{\text{b}} = 8,5 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 0,85 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$   
Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_{\text{r}} = 86 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2} / 0,0026 \text{ sr} = 33 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$



**D.1.11.** Lakke paigaldatud laikvalgusti

Lakke paigaldatud laikvalgustil on suletud valgustis 50 W volframhalogeenlamp, kahevärviline peegeldi ja klaasist esikülje kate. Suletud valgusti läbimõõt on 4 cm. Valgustatuna näib allikas homogeenne.

**Kokkupuute piirtasemete valik**

Oht tekib vaid kokkupuutest nähtavate lainepikkustega (volframhalogeenlambid toodavad veidi ultraviolettkiirgust, aga sellel allikal on esikülje kate, mis vähendab kiirgust). Kasutatakse väärtuseid **d** ja **g**.

**Geomeetrilised tegurid**

Spektraalset kiirustihedust mõõdetakse lambist 100 cm kaugusel otse lampi vaadates.

Allika keskmine suurus on 4 cm.

Seega  $\alpha = 0,04$  rad.

Allika pindala on  $13 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,001$  sr.

Seega  $\omega_B = 0,01$  sr ja  $\omega_R = 0,001$  sr.

**Eelhindamine**

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiirustihedus on  $484 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 331 luksi.

Selle allika heledus on seega  $331/0,001 = 331\,000 \text{ cd m}^{-2}$ .

Ohtu võrkkestale on vaja täpsemalt hinnata.

**Radiomeetrilised andmed**

Mõõdetud efektiivse kiirustiheduse väärtused on:

efektiivne kiirustihedus,  $E_{\text{eff}} = 30 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiirustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 12 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (sinine valgus),  
 $E_B = 129 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (termokahjustus),  
 $E_R = 2998 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

**Oletuste lihtsustamine**

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_B = 129 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 12,9 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_R = 2998 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,001 \text{ sr} = 2998 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

**Võrdlus kokkupuute piirtasemega**

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 12 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 12,9 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 2998 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata

### D.1.12. Laua-töövalgusti



Lual asuval töövalgustil on eest avatud valgustis tavaline volframlamp. Valgusti läbimõõt on 17 cm. Hajutiga 60 W lambi läbimõõt on 5,5 cm. Allikas ei ole homogeenne ja lamp on tugevam kiirgusallikas kui peegeldi.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Oht tekib vaid kokkupuutest nähtavate lainepikkustega (volframkiud toodavad veidi ultraviolettkiirgust, kuid nende klaasümbris toimib filtrina). Kasutatakse väärtuseid **d** ja **g**.

#### Geomeetrilised tegurid

Spektraalset kiirustihedust mõõdetakse lambist 50 cm kaugusel otse lampi vaadates.

Allika keskmine suurus on 5,5 cm.

Seega  $\alpha = 0,11$  rad.

Allika pindala on 24 cm<sup>2</sup>.

Seega  $\omega = 0,0096$  sr.

Seega  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,0096$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiirustihedus on 522 mW·m<sup>-2</sup>. See võrdub valgustustihedusega 357 luksi.

Selle allika heledus on seega  $357/0,006 = 37\,188$  cd m<sup>-2</sup>.

Ohtu võrkkestale on vaja täpsemalt hinnata.

#### Radiomeetrilised andmed

Mõõdetud efektiivse kiirustiheduse väärtused on:

efektiivne kiirustihedus,  $E_{\text{eff}} = 50 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiirustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 18 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (sinine valgus),  
 $E_b = 92 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (termokahjustus),  
 $E_r = 4815 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_b = 92 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,1 \text{ sr} = 0,92 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_r = 4815 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,0096 \text{ sr} = 501 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 50 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 18 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 0,92 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 501 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata



**D.1.13.** Päevavalguse spektriga  
laua-töövalgusti

Laul asuval töövalgustil on eest avatud valgustis 60 W volframlamp. Lamp on päevavalguse imiteerimiseks toonitatud, aga selle pind ei edasta valgust hajutatult. Valgusti läbimõõt on 14 cm. Allikas ei ole homogeenne. Kui valgus on sündatud, on hõõgniiti selgelt näha. Hõõgniidi mõõtmeid on keeruline kirjeldada, aga

selle pikkus on umbkaudu 3 cm ja läbimõõt 0,5 mm.

**Kokkupuute piirtasemete valik**

Oht tekib vaid kokkupuutest nähtavate lainepikkustega (volframkiud toodavad veidi ultraviolettkiirgust, kuid nende klaasümbris toimib filtrina). Kasutatakse väärtuseid **d** ja **g**.

**Geomeetrilised tegurid**

Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse lambist 50 cm kaugusel otse lampi vaadates.

Hõõgniidi keskmine suurus on 1,5 cm.

Seega  $\alpha = 0,03$  rad.

Hõõgniidi pindala on  $0,15 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,00006$  sr.

Seega  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,0001$  sr.

**Eelhindamine**

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on  $559 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 383 luksi.

Selle allika heledus on seega  $382/0,00006 = 6\,000\,000 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Ohtu võrkkestale on vaja täpsemalt hinnata.

**Radiomeetrilised andmed**

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:

efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} = 110 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 26 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),  
 $E_b = 138 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),  
 $E_r = 5172 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

**Oletuste lihtsustamine**

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_b = 138 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 14 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_r = 5172 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,0001 \text{ sr} = 52 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

**Võrdlus kokkupuute piirtasemega**

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 110 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 26 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 14 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 52 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata

### D.1.14. Paljundusmasin



Paljundusmasin sisaldab skaneerimistuld kahe valgustatud riba kujul. Need ribad on 21 cm pikkused ja asuvad üksteisest 1,5 cm kaugusel. Parempoolsel pildil asuvad need paljundusmasina klaasakna vasakpoolses servas. Kumbki valgustatud riba on umbes 3 mm laiune.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Oht tekib vaid kokkupuutest nähtava valguse lainepikkustega (katteklaas peaks UV-kiirgust vähendama). Kasutatakse väärtuseid **d** ja **g**.

#### Geomeetrilised tegurid

Spektraalset kiirustihedust mõõdetakse paljundusmasinast 30 cm kaugusel otse sellesse vaadates. Katteklaasi ja optilise kiirguse allika vaheline kaugus on ebaoluline. Mõõtmine toimub otse allikasse vaadates: selline lähene misviis on pessimistlik, kuna inimese kokkupuude kiirgusega leiab tõenäoliselt aset nurga all.

Mõlema valgusallika keskmine suurus on 10,7 cm.

Seega  $\alpha = 0,36$  rad.

Mõlema allika pindala on  $6,3 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,007$  sr.

Seega  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,007$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiirustihedus on  $197 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See pärineb kahest ribast; kuna iga riba on eraldi valgusallikas, annab igaüks  $98,5 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See annab valgustustiheduseks lambi kohta 67 luksit.

Selle allika heledus on seega  $67/0,007 = 9643 \text{ cd m}^{-2}$ .

Edasine hindamine ei ole vajalik.

#### Radiomeetriselised andmed

Mõõdetud efektiivse kiirustiheduse väärtused on:

efektiivne kiirustihedus,  $E_{\text{eff}} = 10 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiirustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 22 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (sinine valgus),  
 $E_b = 124 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ , mis on iga riba kohta  $62 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (termokahjustus),  
 $E_r = 1606 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ , mis on iga riba kohta  $803 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ .

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_b = 62 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 6,2 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_r = 803 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,007 \text{ sr} = 115 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 22 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 6,2 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 115 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata

### D.1.15. Digitaalne lauaprojektor



150 W projektori esiosas asub lääts läbimõõduga 4,7 cm.  
Vt ka näidet D.1.16.

Projektor loob kujundeid kolme põhivärvi segamise teel. Kõige raskem on olukord siis, kui esinevad kõik kolm põhivärvi – selle tulemusena edastatakse valge kujutis. Tühja valge kujutise loomiseks võib kasutada graafikatarkvara paketti. Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse projektorist 200 cm kaugusel, kui projektor on seadistatud edastama väikseimat võimalikku teravustatud kujutist nimeetatud kaugusele. Projektori lääts nähtav läbimõõt on 4,7 cm. Peamise valgustatud ala läbimõõt on 3 cm.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Seda tüüpi allikas ei väljasta mõõdetavas koguses ultraviolet- või infrapunakiirgust ja nii tekib oht vaid kokkupuutest nähtava lainepikkusega valgusega. Kasutatakse väärtuseid **d** ja **g**.

#### Geomeetriselised tegurid

Värvilise pildi edastamiseks segatakse kolm põhivärvi. Kõige raskem on olukord siis, kui esinevad kõik kolm

põhivärvi – valge ekraan. Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse lambist 200 cm kaugusel otse lampi vaadates.

Allika keskmine suurus on 3 cm.

Seega  $\alpha = 0,02$  rad.

Allika pindala on  $7 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,0001$  sr.

Seega  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_R = 0,0001$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on  $2984 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 2038 luksit. Selle allika heledus on seega  $2038/0,0001 = 20\,000\,000 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Ohtu võrkkestale on vaja täpsemalt hinnata.

#### Radiomeetriselised andmed

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:

efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} = 30 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 1,0 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),  $E_b = 2237 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),  $E_R = 24\,988 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_b = 2237 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,01 \text{ msr} = 224 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_R = 24988 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,0001 \text{ msr} = 250 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 1 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 224 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtase ületatakse
Seetõttu tuleb maksimaalse lubatud kokkupuuteaja arvutamiseks kasutada väärtust c.		
Väärtus c		
Piirtase on $L_b < 10^6/t \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	→	$t_{\text{max}} = 10^6/L_b$ → Selle valgusallika maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg on umbes 70 minutit
Siiski on tõenäoline, et intensiivse heledusega valgusallikas piirab iga kokkupuute 0,25 sekundile.		
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 250 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata

### D.1.16. Digitaalne kaasaskantav projektor



180 W projektori esiosas asub lääts läbimõõduga 3,5 cm. Vt ka näidet D.1.15.

Projektor loob kujundeid kolme põhivärvi segamise teel. Kõige raskem on olukord siis, kui esinevad kõik kolm põhivärvi – selle tulemusena edastatakse valge kujutis. Tühja valge kujutise loomiseks võib kasutada graafikatarkvara paketti. Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse projektorist 200 cm kaugusel, kui projektor on seadistatud edastama väikseimat võimalikku teravustatud kujutist nimetatud kaugusele. Projektori lääts läbimõõt on 3,5 cm ja see on kasutamisel homogeenne.

#### Kokkuapte piirtasemete valik

Seda tüüpi allikas ei väljasta mõõdetavas koguses ultraviolet- või infrapunakiirgust ja nii tekib oht vaid kokku puutest nähtava lainepikkusega valgusega. Kasutatakse väärtuseid **d** ja **g**.

#### Geomeetrilised tegurid

Värvilise pildi edastamiseks segatakse kolm põhivärvi. Kõige raskem on olukord siis, kui esinevad kõik kolm põhivärvi – valge ekraan. Spektraalset kiiritustihedust

mõõdetakse lambist 200 cm kaugusel otse lampi vaadates.

Allika keskmine suurus on 3,5 cm.

Seega  $\alpha = 0,02$  rad.

Allika pindala on  $9,6 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,0002$  sr.

Seega  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,0002$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on  $681 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 465 luksit.

Selle allika heledus on seega  $465/0,0002 = 2\,325\,000 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Ohtu võrkkestale on vaja täpsemalt hinnata.

#### Radiomeetrilised andmed

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:

efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} = > 10 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 0,5 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),  
 $E_b = 440 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),  
 $E_r = 5333 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),

$$L_b = 440 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,01 \text{ msr} = 44 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),

$$L_r = 5333 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,0002 \text{ msr} = 27 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$$

#### Võrdlus kokkuapte piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkuapteage > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 1 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkuapteage > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 44 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 27 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata

**D.1.17.** Digitaalne interaktiivne tahvel

Seinale kinnitatud digitaalse interaktiivse tahvli suurus on  $113 \times 65$  cm.

**Kokkupuute piirtasemete valik**

Seda tüüpi allikas ei väljasta mõõdetavas koguses ultraviolet- või infrapunakiirgust ja nii tekib oht vaid kokkupuutest nähtava lainepikkusega valgusega. Kasutatakse väärtust **d**.

**Geomeetrised tegurid**

Interaktiivne tahvel segab värvilise pildi edastamiseks kolm põhivärvi. Kõige raskem on olukord siis, kui esinevad kõik kolm põhivärvi – valge ekraan. Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse allikast 200 cm kaugusel otse lampi vaadates.

Allika keskmine suurus on 89 cm.  
Seega  $\alpha = 0,45$  rad.

**Võrdlus kokkupuute piirtasemega**

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 250 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 56 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 0,6 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata

Allika pindala on  $7345 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,18$  sr.

Seega  $\omega_b = 0,18$  sr ja  $\omega_R = 0,18$  sr.

**Eelhindamine**

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on  $11 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 8 luksit.

Selle allika heledus on seega  $8/0,18 = 44 \text{ cd m}^{-2}$ .

**Edasine hindamine ei ole vajalik.**

**Radiomeetrised andmed**

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:  
efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 250 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),  
 $E_b = 10 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),  
 $E_B = 10 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),  
 $E_R = 112 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

**Oletuste lihtsustamine**

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_b = 10 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,18 \text{ sr} = 56 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_R = 112 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,18 \text{ sr} = 0,6 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

### D.1.18. Süvendis asuv kompaktlamp



Kaks 26 W kompaktlampi suurusega  $2 \times 13$  cm on paigaldatud laesüvendis asuvasse eest lahtisesse valgustisse. Valgustil on tagumine peegeldi ja tema läbimõõt on 17 cm. Peegeldi on kvaliteetne

ja allikas näib olevat peaaegu homogeenne. Seda hinnatakse aga igaks juhuks kui mittehomoogeenset allikat.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Seda tüüpi lamp ei emiteeri märkimisväärses koguses infrapunakiirgust. Oht tekib vaid kokkupuutel nähtava valguse või ultraviolettkiirguse lainepikkustega. Kasutatakse väärtuseid **a**, **b** ja **d**.

#### Geomeetrilised tegurid

Spektraalset kiirustihedust mõõdetakse lambist 100 cm kaugusel otse lampi vaadates.

Iga lambi keskmine suurus on 7,5 cm.

Seega  $\alpha = 0,075$  rad.

Iga lambi pindala on  $26 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,0026$  sr.

Seega  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,0026$  sr.

#### Eelhindamine

Möödetud fotoopiline efektiivne kiirustihedus on  $1558 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See pärineb kahest lambist. Kuna iga lamp on eraldi valgusallikas, annab igaüks  $779 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See annab valgustustiheduseks lambi kohta 532 luksit.

Iga lambi heledus on seega  $532/0,0026 = 204\,615 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ . Ohtu võrkkestale on vaja täpsemalt hinnata. Hinnata tuleb siiski ka UV-kiirgust.

#### Radiomeetriselised andmed

Möödetud efektiivse kiirustiheduse väärtused on:

efektiivne kiirustihedus,  $E_{\text{eff}} = 40 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiirustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 55 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (sinine valgus),  
 $E_B = 321 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ , mis on iga lambi kohta  $161 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (termokahjustus),  
 $E_R = 5580 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ , mis on iga lambi kohta  $2790 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_B = 161 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 16 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_R = 2790 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,0026 \text{ sr} = 1073 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 40 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 55 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 16 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 1073 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata



### D.1.19. LED-indikaator

Rohelisi LED-lampe kasutatakse arvutiklaviatuuril signaallampidena. Iga LED-lamp on eraldiseisev allikas suurusega  $1 \times 4$  mm.



#### Kokkupuute piirtasemete valik

LED-lambid emiteerivad kitsa lainepikkuste vahemikuga kiirgust: kuna kiirgus on roheline, puuduvad ultraviolet- ja infrapunakiirguse emissioonid. Kasutatakse ainult väärtust **d**.

#### Geomeetrised tegurid

Spektraalset kiirustihedust mõõdetakse LED-lambist 5 mm kaugusel otse lampi vaadates.

Valgusti keskmine suurus on 2,5 mm.

Seega  $\alpha = 0,5$  rad.

Valgusti pindala on  $4 \text{ mm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,16$  sr.

Seega  $\omega_b = 0,16$  sr ja  $\omega_r = 0,16$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiirustihedus on  $30 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 20 luksit. Selle allika heledus on seega  $20/0,16 = 125 \text{ cd m}^{-2}$ .

**Edasine hindamine ei ole vajalik.**

#### Vajalikud andmed

Mõõdetud efektiivse kiirustiheduse väärtused on:

efektiivne kiirustihedus,  $E_{\text{eff}} < 10 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiirustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 40 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (sinine valgus),  
 $E_B = 190 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (termokahjustus),  
 $E_R = 35 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_B = 190 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2} / 0,16 \text{ sr} = 1,2 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_R = 35 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,16 \text{ sr} = 0,22 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 40 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 1,2 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 0,22 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata

### D.1.20. Pihuarvuti

Pihuarvuti ekraani suurus on  $5 \times 3,5$  cm.



#### Kokkuuute piirtasemete valik

Pihuarvuti ekraan ei emiteeri märkimisväärset koguses ultravioletti ega infrapunakiirgust. Oht tekib vaid kokkuuutel nähtava valguse lainepikkustega. Kasutatakse väärtust **d**.

#### Geomeetriselised tegurid

Ekraan segab värvilise pildi edastamiseks kolm põhivärvi. Kõige raskem on olukord siis, kui esinevad kõik kolm põhivärvi – valge ekraan. Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse võimalikult valgust ekraanist 2 cm kaugusel otse sellesse vaadates.

Allika keskmine suurus on 4,25 cm.

Seega  $\alpha = 2,1$  rad.

Allika pindala on 17,5 cm<sup>2</sup>.

Seega  $\omega = 4,4$  sr.

Seega  $\omega_b = 4,4$  sr ja  $\omega_r = 4,4$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on 47 mW·m<sup>-2</sup>. See võrdub valgustustihedusega 32 luksit.

Selle allika heledus on seega  $32/4,4 = 7,3$  cd m<sup>-2</sup>.

Edasine hindamine ei ole vajalik.

#### Radiomeetriselised andmed

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:

efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 30 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),  
 $E_B = 27 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),  
 $E_R = 330 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_B = 27 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 4,4 \text{ sr} = 6 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_R = 330 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 4,4 \text{ sr} = 75 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

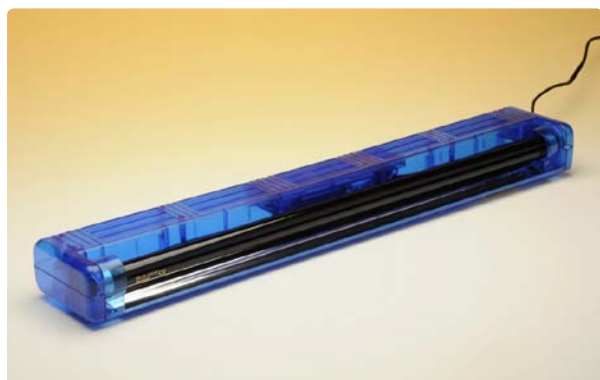
#### Võrdlus kokkuuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkuuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 30 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkuuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 6 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 75 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata



### D.1.21. UVA-lamp

UVA-lambid on sageli madalrõhu-elavhõbedalambid, mis emiteerivad UVA-kiirgust väga väikeses nähtavas ulatuses. Neid kasutatakse fluorestsentsi tekitamiseks paljudel eri kasutuseladel (kontroll pakendit avamata, võltsingu kindlakstegemine, vara märgistamine, meelelahutuslikud efektid). Allikas sisaldab üht 20 W lampi suurusega  $55 \times 2,5$  cm. Lamp on paigaldatud avatud kandurliistule (st lampi ei kata klaasist ega plastist kate).



#### Kokkupuute piirtasemete valik

See allikas sarnaneb luminofoorlambile, aga selle nähtavaks väljundiks on UVA-kiirgus. Seega ei ole vaja arvestada ohtu võrkkestale ja kasutatakse väärtuseid **a** ja **b**. Kuna tegemist ei ole valge valguse allikaga, ei ole kohane heleduse hindamine.

#### Geomeetrised tegurid

Spektraalset kiirustihedust mõõdetakse lambist 50 cm kaugusel otse sellesse vaadates.

Lambi keskmine suurus on 29 cm.

Seega  $\alpha = 0,575$  rad.

Iga lambi nähtav pindala on  $138 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,055$  sr.

Seega  $\omega_B = 0,055$  sr ja  $\omega_R = 0,055$  sr.

#### Radiomeetriselised andmed

Mõõdetud efektiivse kiirustiheduse väärtused on:

efektiivne kiirustihedus,  $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiirustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 176 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (sinine valgus),  
 $E_B = 3 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiirustihedus (termokahjustus),  
 $E_R = 14 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_B = 3 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,055 \text{ sr} = 55 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_R = 14 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,055 \text{ sr} = 255 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 176 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 55 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 255 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata

### D.1.22. Metallist halogeniidlampiga tänavavalgusti



Tänavalambis on 150 W metallhalogeniidlamp, mis asub hõbetatud metallkestas, milles on avauseid. Avauseid on suunatud allapoole ja asuvad üksteisest 2,5 cm kaugusel. Lambi enda suurus on umbes  $1 \times 2$  cm ja see asub lisakesta sees,

mille suurus on  $8 \times 5$  cm. Tervet valgustit ümbritseb lisaks veel ilmastikukindel silinderjas plastümbris. Allikas ei ole homogeenne – selle eredaim osa on sisemine lambipirn. Võimalik on vaadata otse lampi, selleks tuleb sobiva nurga all vaadata läbi avauste üles.

#### Kokkupuute piirtasemete valik

Oht tekib vaid kokkupuutel nähtava valguse või tõenäolise ultraviolettkiirguse lainepikkustega. Metallhalogeniidlampid toodavad suures koguses ultraviolettkiirgust: lambil on väline kest, mis võib kiirgust vähendada, ja valgustil on kate, mis kindlasti kiirgust vähendab, aga lamp emiteerib siiski murettekitavas koguses UVA-kiirgust. Kasutatakse väärtuseid **b**, **d** ja **g**.

#### Geomeetrilised tegurid

Kuna lambiümbris on mõeldud kasutamiseks lambiposti otsas, on kõige halvem kiirgusega kokkupuute stsenaarium (st otse läbi avauste vaatamine) võimalik ainult 7 m kaugusel.

selt. Spektraalset kiiritustihedust mõõdetakse aga lambist 100 cm kaugusel, vaadates läbi selle avauste ülespoole.

Kaare keskmine suurus on 1,5 cm.

Seega  $\alpha = 0,015$  rad.

Allika pindala on  $2 \text{ cm}^2$ .

Seega  $\omega = 0,0002$  sr.

Seega  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,0002$  sr.

#### Eelhindamine

Mõõdetud fotoopiline efektiivne kiiritustihedus on  $327 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . See võrdub valgustustihedusega 223 luksi.

Selle allika heledus on seega  $223/0,0002 = 1\,115\,000 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Ohtu võrkkestale on vaja täpsemalt hinnata ja hinnata tuleb ka võimalikku UV-kiirgusest tulenevat ohtu.

#### Radiomeetrilised andmed

Mõõdetud efektiivse kiiritustiheduse väärtused on:

efektiivne kiiritustihedus,  $E_{\text{eff}} = 7 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

UVA-kiiritustihedus,  $E_{\text{UVA}} = 29 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (sinine valgus),  
 $E_b = 86 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

efektiivne kiiritustihedus (termokahjustus),  
 $E_r = 1323 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$

#### Oletuste lihtsustamine

Efektiivne kirkus (sinine valgus),  
 $L_b = 86 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 8,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Efektiivne kirkus (termokahjustus),  
 $L_r = 1323 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2} / 0,0002 \text{ sr} = 6,7 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Võrdlus kokkupuute piirtasemega

Väärtus a		
Piirtase on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 7 \text{ }\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus b		
Piirtase on $H_{\text{UVA}} = 104 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 29 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ → Maksimaalne lubatud kokkupuuteaeg > 8 tundi
Väärtus d		
Piirtase on $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 8,6 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata
Väärtus g		
Piirtase on $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 6,7 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Piirtaset ei ületata

**D.1.23.** Kokkuvõtte näidete kohta esitatud andmetest

Ülaltoodud 18 näite kohta esitatud andmeid võib võrrelda kokkupuute piirtasemetega, jagades efektiivse

kiiritustiheduse või kaheksatunnise kiirgussärituse vastava piirtasemega. Need väärtused on toodud tabelis allpool: väärtusi, mis olid piirtasemest < 1%, üksikasjalikult ei käsitleta. Väärtused, mis on > 1, on tehtud punaseks.

Valgusallikas	Kaugus	Ohu tugevus (emissioonide suhe kokkupuute piirtasemesse)				
		Heledus	Efektiivne UVR (väärtus a)	UVA (väärtus b)	Sinisest valgusest tulenev oht (väärtus d)	Võrkkesta kahjustuse oht (väärtus g)
Luminofoorlampid (hajutiga)	100 cm	0,15	< 0,01	0,05	0,01	< 0,01
Luminofoorlamp (hajutita)	100 cm	3,7	0,58	0,35	0,19	< 0,01
Neli luminofoorlampi (hajutita)	100 cm	2,8	1,0	0,33	0,13	< 0,01
CRT-kuvar	10 cm	< 0,01	0,12	0,02	< 0,01	< 0,1
Sülearvuti kuvar	10 cm	< 0,01	0,07	0,01	< 0,01	< 0,01
Metallhalogeniidprojektor	100 cm	15 000	0,1	2,6	2,3	1,08
Kompaktne fluorestsentslamp	100 cm	6,4	0,01	< 0,01	0,15	< 0,01
Putukatapja	100 cm	–	0,01	0,10	< 0,01	< 0,1
Volfram-halogen-kohtvalgusti	100 cm	33,1	0,03	0,04	0,13	0,01
Töövalgusti	50 cm	3,7	0,05	0,05	< 0,01	< 0,01
Töövalgusti (päikesespektriga)	50 cm	600	0,11	0,08	0,14	0,19
Koopiamasin	30 cm	0,96	0,01	0,06	0,06	< 0,01
Lauaprojektor	200 cm	2000	0,03	< 0,01	2,2	0,89
Kaasaskantav projektor	200 cm	233	< 0,01	< 0,01	0,44	0,10
Interaktiivne tahvel	200 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Üldvalgustavad kompaktlampid	100 cm	20	0,04	0,16	0,16	< 0,01
LED-indikaatorituli	0,5 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pihuarvuti	2 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
UVA-lamp	50 cm	–	0,03	0,51	< 0,01	< 0,01
Tänavvalgusti	100 cm	112	< 0,01	0,08	0,09	0,02

Tabelist selgub, et kõigil juhtudel, kui heledus oli < 10<sup>4</sup> cd·m<sup>-2</sup>, ei ületatud kumbagi võrkkesta puhul kohaldatavat piirtaset (**d** ja **g**). Isegi kui allika heledus oli suurem kui 10<sup>4</sup> cd m<sup>-2</sup>, ei avaldanud suurem osa allikatest võrkkestale kahjulikku mõju.

Uuritud näidetest võisid ainult metallhalogeniidlampiga projektor ja lauaprojektor piirtasemeid ületada. Enamasti oli tegemist võrkkesta kaitsmiseks kehtestatud kokkupuute piirtasemega: järgnevad arvutused (vt üksiknäiteid) viitavad sellele, et piirväärtuste ületamine ei ole tegelikult tõenäoline kokkupuudet vältiva käitumise ja alghindamise väga konservatiivsete tingimuste tõttu. See ei tähenda sugugi, et kõnealuseid allikaid ei peaks ettevaatlikult käsitlema, kuna on võimalik, et kokkupuudet vältivast käitumisest ei piisa. Kui allikas asub vaateulatuse äärealal, ei pruugi kokkupuudet vältiv käitumine toimida. Selle tulemuseks võib olla piirväärtuse ületamine.

Siin uuriti kaht väga sarnast eest lahtist luminofoorlampidega laevalgustit. Tuleb märkida, et 1100–1200 luksini ulatava valgustustaseme juures jõudis üks valgusti väga lähedale efektiivsele UV-kiirgusele ja teine mitte. See erinevus on tingitud asjaolust, et luminofoorlampidel on eri tootjad, ning see näitab, et pealtnäha sarnaste lampide tahtmatu kiirguse tase on väga erinev.

Sarnaste allikate erinev kiirguse tase on näha ka kahe uuritud projektori võrdlemisel. Kuigi lauaprojektori võimsus on väiksem, näib see olevat ohtlikum kui kaasaskantav projektor (seda allika piirkonna osas tehtud ole-tuste põhjal).

## D.2. Laseretendus



Lasereid on meelelahutuses otse esitatava ja salvestatud muusika ettekandmisel kasutatud alates 1970. aastatest. Põhimureks on olnud üldsuse kokkupuude laserikiirgusega ulatuses, mis ületab piirväärtuseid. Direktiiv nõuab aga ainult töötajatega arvestamist. Selles näites arvestatakse laseretenduse paigaldamist ja esitamist konkreetse sündmuse raames. Põhimõtteid tuleks aga kohaldada kõigile laseretendustele.

### D.2.1. Ohud ja ohustatud isikud

Ainsaks arvestatavaks ohuks on siin laserikiir. Muud ohud võivad põhjustada tõsisemaid riske või isegi surma.

Paljudel laseretendustel kasutatakse 4. klassi lasereid. Määratluse järgi ületab kiirgusvõimsus 500 mW. Võttes arvesse silma ühekordset juhuslikku kokkupuudet laserikiiriga, on võimalik direktiivi II lisas toodud tabeli 2.2 põhjal määratleda kokkupuute piirväärtus.

Lainepikkuste vahemikus 400–700 nm on kokkupuute piirväärtus  $18 t^{0.75} \text{ J m}^{-2}$ . Asendades  $t = 0,25 \text{ s}$ , on piirväärtus  $6,36 \text{ J m}^{-2}$ . Kuna laserikiirt emiteeritakse tõenäoliselt pideva kiirena, on kasulik teisendada kiirgussäritus kiiritustiheduseks, jagades selle kokkupuute kestusega (0,25 s). See annab piirväärtuseks kiiritustiheduse osas  $25,4 \text{ W m}^{-2}$ .

Nähtavate laserikiirte kokkupuutel silmaga on piirav ava 7 mm. Seega on võimalik kindlaks määrata seda 7 mm ava läbiv suurim võimsus, mis tagab kokkupuute piirväärtuse järgimise. Selle arvutamiseks korrutatakse piirväärtus 7 mm ava pindalaga. Eeldatavalt on ava ringikujuline, mis tähendab, et pindala on  $3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ . Kui korrutada  $25,4 \text{ W m}^{-2}$  väärtusega  $3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ , on tulemuseks umbes 0,001 W ehk 1 mW.



Kui laserikiire läbimõõt on 7 mm või vähem, ületatakse kokkupuute piirtase vähemalt 500 võrra, st selle mW hulga võrra, mis jääb üle 1 mW.

See hindamine näitab, et kiirt ei tohi suunata otse töötajate silma, enne kui kiir on piisavalt hajunud ja selle kiiritustihedus on langenud alla  $25,4 \text{ W m}^{-2}$ .

Allpool on toodud nimekiri töötajatest, keda võib laseriinstallatsiooni elutsükli teatud osade jooksul oht ähvardada. Arvesse võetakse vaid elutsükli neid etappe, mille jooksul emiteeritakse laserikiirgust.

Kiire joondamine
Laseri paigaldustehnik
Laseri käitaja
Muud paigaldustehnikud
Turvatöötajad
Etenduspaiga töötajad
Laseretendus
Laseri käitaja
Valgus- ja helitehnikud
Esinejad
Turvatöötajad
Etenduspaiga töötajad
Müüjad

Laseretenduste ajal kasutatakse staatilisi laserikiiri harva. Kiire liikumise muster pannakse paika laserikiirt liigutades, tavaliselt arvutiga juhitud ortogonaalsete peeglite abil, mis on paigaldatud galvanomeetrile. Paljude mustrite puhul tuleb aga sama asukohta mitu korda skaneerida, nii et kui muster liigub üle inimese näo, võib tema silm vastu võtta laserimpulsside voo.

Kui kasutatakse impulsslaserit, tuleks hindamisel arvestada asjaolu, kas laserikiirgusele juurdepääsetavates kohtades ületatakse kokkupuute piirväärtust tõenäoliselt ühe laserimpulsiga kokkupuute tagajärjel või tekib seal hoopis impulsside jada.

### D.2.2. Riskide hindamine ja prioriseerimine

Võimaliku kokkupuute hindamine piirväärtuse suhtes näitab, et selle väärtuse ületamine on tõenäoline. 500 mW laseri puhul on võimalik kindlaks määrata ka aeg, mis on vajalik ennetusmeetme tõhusaks toimimiseks. IEC TR 60825-3 soovib arvesse võtta aega rikkehetkest ennetusmeetme tõhusa toimimiseni.

Eeldagem, et kiire kiiritustihedus on  $0,5 \text{ W}/3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  või umbes  $13\,000 \text{ W m}^{-2}$ . Kuna kokkupuute piirväärtused on väljendatud kiirgussäritusena ( $\text{J m}^{-2}$ ) vähem kui 10 s kestva kokkupuute korral, saab kiiritustiheduse

teisendada kiirgussärituseks, kui kiiritustihedus korrutada kokkupuute kestusega:  $13\,000 \times t \text{ J m}^{-2}$ .

Teguri  $t$  väärtus määratakse kõigi piirväärtuste lahendamise teel aja funktsioonina, kuni  $t$  jääb piirväärtuse kehtivasse piirkonda. See määratletakse järgmiselt:  $3,8 \times 10^{-7} \text{ s}$ , kasutades kokkupuute piirväärtust  $5 \times 10^{-3} \text{ J m}^{-2}$  ajavahe-  
mikus  $10^{-9}$  kuni  $1,8 \times 10^{-5} \text{ s}$ .



400 mW pidevlainega laseri puhul peaks iga silmadega kokkupuute piirväärtuse mitteületamist tagav ennetusmeede olema efektiivne 38  $\mu\text{s}$  vältel.

See järeldus viitab sellele, et laserikiirega kokkupuute vältimine peab olema esmase tähtsusega.

### D.2.3. Ennetusmeetmete valimine ja tegutsemine

Kuna laserikiire vigastusrisk on suur, on oluline vähendada silma kokkupuudet laserikiirgusega. Soovitud meelelahutuslike efektide saamiseks peab laserikiir aga olema nähtav kas õhus või ekraanilt peegelduvana. Seega tuleb riski hallata kontrollides, et töötajad ei asu laserikiirte teel. Allpool on toodud mõned soovitusel riski haldamiseks.

Laseri käitajad ja abitöötajad peavad olema piisavalt koolitatud.

Laseri joondamise juures peaks viibima võimalikult vähe inimesi.

Kõik kiired tuleb suunata asustamata aladele.

Laserid ja abiseadmed, kaasa arvatud kiirt tagasipeegeldavad peeglid, peavad olema kohaselt kinnitatud, et ennetada sobimatut liikumist etenduse käigus.

Kiire tee tuleb füüsiliselt tõkestada, et tagada hõivatud alade puutumatus. Tarkvaralist tõkestamist tuleks kasutada ainult juhul, kui seda tõendavad asjakohased ohutusnormid.

Laseri käitajad peavad asuma paigas, kust nad saavad jälgida kõikide kiirte teed ja on vajaduse korral võimelised emiteerimise peatama.

Välitingimustes tuleks arvesse võtta lennuliikluse ohutust. Siin võidakse kohaldada riigisiseseid nõudeid.

### D.2.4. Järelevalve ja läbivaatamine

Töötajad peavad joondamise ja etenduse ajal pidevalt jälgima laserikiirte teed ja olema vajaduse korral valmis rakendama õigeaegseid parandusmeetmeid. Kui laser on püsivalt paigaldatud, tuleb hindamine regulaarselt läbi vaadata ja tõenäoliselt kasutada etenduse-eelseid kontrollnimekirju.

### D.2.5. Kokkuvõte

Etenduse kavandamine nii, et ükski töötaja ei puutuks kokku laserikiiriga, tähendab seda, et ei ole vaja kohaldada tavalist üksikasjalikku ja aeganõudvat kokkupuute piirväärtuste hindamist. Käitajate koolitamine ja konkreetsed kontrollmeetmed peaksid tagama piirväärtuste püsivuse ettenähtud piirides.

## D.3. Optilise kiirguse meditsiinilised rakendusala

Meditsiinis kasutatakse tehislikku optilist kiirgust väga paljudel eri eesmärkidel. Teatud allikaid võib kohata igapäevaselt teistes keskkondades ja neid käsitletakse juhendi teistes osades. Sellised allikad on üldvalgustus, kuvamiseseadmed (vt fotot), märgutuled, fotograafia, laborianalüüs ja söidukituled. Eeldusel, et allikaid ei ole muudetud ja et neid ei kasutata täiesti erineval moel, ei leidu nende allikate puhul mingit põhjust, miks kokkupuude peaks oluliselt erinema üldisemas keskkonnas esinevast kokkupuutest.



Kuvarite kasutamine röntgenoloogias

On aga mitu konkreetset meditsiiniliseks kasutamiseks väljatöötatud erialast kasutusvõimalust. Sealhulgas:

Töövalgustus	Ravieesmärgil kasutatavad allikad
Operatsioonisaali valgustid	Fototeraapias kasutatavad ultraviolettkiirguse allikad
Sünnituse ajal kasutatavad valgustid	Fototeraapias kasutatavad sinise valguse allikad
Laikvalgustid	Fotodünaamilise ravi allikad
Negatoskoobid	Füsioteraapias kasutatavad laserid
Diagnostiline valgustus	Kirurgilised laserid
Looteuuringuteks kasutatav läbivalgusti	Oftalmilised laserid
Pilulambid ja muud oftalmilised instrumendid	Intensiivse impulssvalguse allikad
Diagnostilised laserseadmed nagu võrkkesta skaneerijad	Spetsiifilised katseallikad
Woodi lambid	Päikesesimulaatorid

### D.3.1. Töövalgustus

Kõige võimsamaid valgusteid töövalgustite seas kasutatakse üldiselt operatsioonisaalis. Tabelis D.3.1 tuuakse näitena eri operatsioonisaali lampide hindamised ja siit on näha, et üks hinnatud valgustitest võib otse allikasse vaatamisel põhjustada sinise valguse ohu.



Näited operatsioonisaali valgustusest

Tabel D.3.1. Saali valgustuse hindamine otse valgusallikasse vaatamisel\*

Valgusallikas	Aktiivse UV-kiirguse oht	UVA-kiirguse oht	Sinisest valgusest tulenev oht	Muu optilise kiirguse oht
Hanalux 3210	Puuduvad	Puuduvad	Otse valgusallikasse vaatamisel võidakse ületada ~ 30 minuti jooksul	Puuduvad
Hanalux Oslo	Puuduvad	8-tunnise kokkupuute puhul allpool kokkupuute piirtaset	Otse valgusallikasse vaatamisel võidakse ületada ~ 30 minuti jooksul	Puuduvad
Hanalux 3004	Puuduvad	Puuduvad	< 20% kokkupuute piirväärtusest	Puuduvad
Martin ML702HX	Puuduvad	Puuduvad	< 20% kokkupuute piirväärtusest	Puuduvad
Martin ML 1001	Puuduvad	Puuduvad	< 20% kokkupuute piirväärtusest	Puuduvad

\* Hindamisandmete allikas: Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, London



Tuleb märkida, et lampe kasutatakse valgustamiseks ülevalt ja seega ei ole tõenäoline, et keegi lähedalt otse valgusallikasse vaataks. Lisaks on tuled heledad ja pikka aega otse valgusse vaatamine oleks ebamugav. Seetõttu on tegelikkuses kiirgusega kokkupuude tabelis D.3.1 toodust palju väiksem ja kokkupuude ei ole ohtlik.

Teine meditsiinisektorile omane töövalgustus hõlmab läbivaatuste ajal kohalikuks valgustamiseks kasutatavaid laikvalgusteid ja sünnitusel kasutatavaid lampe. Mõlema valgusallika tüübi puhul tekivad operatsioonisaali valgustuse probleemidega sarnased probleemid kokkupuute piirnormi võimaliku ületamise osas. Mõlemad valgustid on suunatud allikad, mida kasutatakse kohaliku valgustuse tagamiseks ja on ebatõenäoline, et keegi pika aja jooksul üksisilmi neisse vaataks. Üldiselt on laikvalgustid ja sünnitusel kasutatavad lambid nõrgemad kui operatsioonisaali lambid ja sellele tuginedes ei peeta neid ohtlikeks.



Näiteid sünnituse ajal kasutatavatest valgustitest

Valgustatud luupe kasutatakse meditsiinis ulatuslikult ja peamiselt on need kohaliku valgustuse allikaks, millel on lisaks olemas veel suurendav lääts, nagu näha alltoodud fotol.



Näide valgustatud luubist, valgustist Luxo Wave Plus

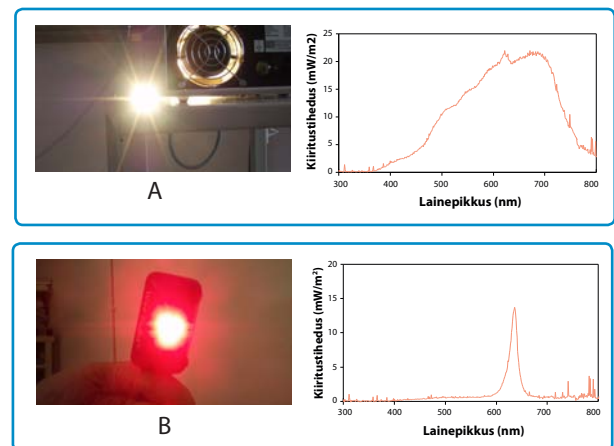
Guy's & Thomas' NHS Foundation Trusti meditsiinifüüsika osakonnas teostatud hindamine näitas, et Luxo Wave Plusi luubi valgustite kiirgus esines spektri ultraviolettkiirguse ja nähtava valguse piirkondades. Pidev kokkupuude valgusti läheduses viibides ei ületa aga aktiivse UV kokkupuute piirnormi väärtust. Kuigi oli märgata sinise valguse märkimisväärset emissiooni, ei ületa see 1%

kohaldatavast kokkupuute piirnormist. Märkimisväärne UVA-kiirguse oht ja termiline oht puudus. On tõenäoline, et muude sarnaste seadmete risk on sama madal.

Negatoskoobid tekitavad suhteliselt madala intensiivsusega difuusse valguse. Guy's & Thomas' NHS Foundation Trusti meditsiinifüüsika osakonnas teostatud hindamine näitas, et allika lähedal otse allikasse vaatamine, mis on selle seadme kasutamist starbe puhul tõenäoline, annab tulemuseks kokkupuute sinise valgusega, mis moodustab vähem kui 5% kokkupuute piirnormist. Puudus märkimisväärne aktiivse UV-kiirguse, UVA-kiirguse või termiliste mehhanismide põhjustatud oht.

### D.3.2. Diagnostiline valgustus

Looteuringutel kasutatavaid läbivalgusteid kasutatakse üldiselt loote tervise eest hoolitsevates osakondades ja neid võib kasutada organismi sisemiste struktuuride visualiseerimiseks abivahendina diagnoosimisel või veresoonte leidmisel. Seetõttu peavad need allikad tavaliselt valgustama väikest ala, kuid peavad olema piisavalt intensiivsed, et läbida kudesid ning olla väljumisel nähtavad.



Fotod looteuringuteks kasutatavatest läbivalgustitest koos mõõdetud väljundi spektritega. (A) Neonate 100. (B) Wee Sight™

Neonate 100 läbivalgusti väljundkiirguse spektris esinevad ulatuslikud emissioonid kogu nähtava valguse spektris, lisaks toimub mõningane emissioon UVA- ja IRA-spektrivahemikes. Hindamine näitab, et isegi allika lähedal toimuv kokkupuude UV-kiirgusega ei kujuta endast ohtu (tabel D.3.2). Sinise valguse kiirgus on aga märkimisväärne ja see kujutab endast ohtu kokkupuute korral, mis kestab kauem kui 10 minutit. Nagu ülaltoodud fotolt näha, on allikas väga ere ja võib eeldada, et kokkupuudet vältiva käitumise tagajärjel piirdub ühe

kokkupuute kestus 0,25 sekundiga. Need kumuleeruvad ühe tööpäeva jooksul, aga seadet kasutatakse suhteliselt vähe, nii et isegi pessimistlike oletuste puhul moodustavad eeldatavad kumuleerunud kokkupuuted alla 5% kokkupuute piirnormist. Kuna kiirgus on tugev üle kogu nähtava piirkonna ja ulatub ka lähiiinfrapunakiirguse piirkonda, on vaja hinnata ka võrkkestale põhjustatavat

termilist ohtu. Seda piirab aga kokkupuudet vältiv käitumine ning see ei ületaks 2% kokkupuute piirnormist isegi juhul, kui kiirgusallikasse vaadatakse pikka aega järjest, ja see oleks äärmiselt ebamugav. Seade Wee Sight™ väljastab kiirgust suhteliselt kitsaste LED-allikate kaudu ega kujuta endast eeldatavalt mingit optilist ohtu.

Tabel D.3.2. Looteuringuks kasutatavate läbivalgustite hindamine\*

Valgusallikas	Aktiinse UV-kiirguse oht	UVA-kiirguse oht	Sinisest valgusest tulenev oht	Termiline oht
Neonate 100	Puuduvad	Puuduvad	< 5% kokkupuute piirväärtusest	~ 2% kokkupuute piirväärtusest
Wee Sight™	Puuduvad	Puuduvad	Puuduvad	Puuduvad
* Mõõtmiste allikas: Radiation Protection Department, Royal Berkshire NHS Foundation Trust, Reading				

Pilulambid ja muud oftalmilised instrumendid sisaldavad pilulampe, kuid on mõeldud kasutamiseks oftalmilise läbivaatuse käigus ja peaksid seega kujutama endast minimaalset ohtu. Lisaks on neid võimalik konkreetselt suunata ja seetõttu on nende puhul soovimatu kiirgusega kokkupuude töökohal suhteliselt ebatõenäoline. Samuti võivad laserirallikaid sisaldada uuemad diagnostilised oftalmilised instrumendid, nagu võrkkesta skaneerijad, kuid neid on hinnatud tahtliku kokkupuute suhtes ja nende puhul on üldiselt tegemist 1. klassi seadmetega. Seepärast peaks ka töötajate kiirgusega kokkupuude olema minimaalne.

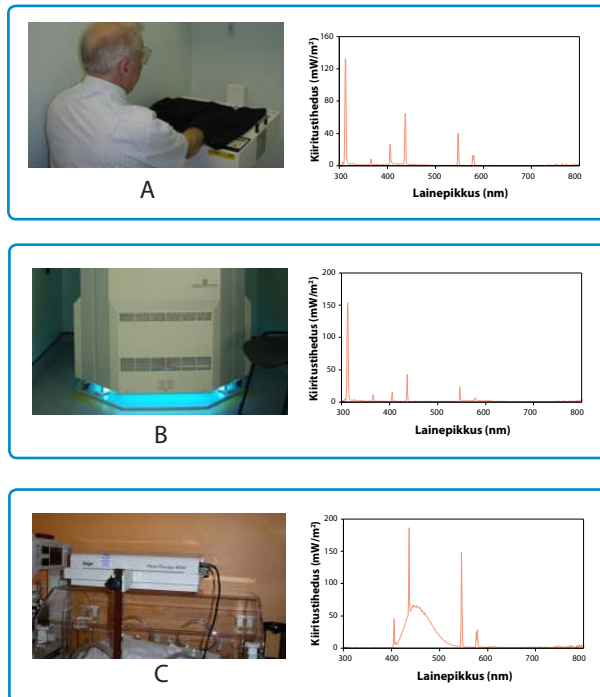
Diagnostilistel eesmärkidel võib kasutada Woodi lampe, mis on olemuselt elavhõbelambid, mis sisaldavad Woodi klaasifiltrit, mis kõrvaldab nii lühikese lainepikkuse UV-kiirguse kui ka nähtava kiirguse. Seepärast võib arvata, et nende lampide puhul on võimalik UVA-kiirguse oht ning sõltuvalt filtreerimise tõhususest on võimalik ka aktiinse UV-kiirguse oht. Guy's & Thomas' NHS Foundation Trusti meditsiinifüüsika osakonnas teostatud hindamisest selgus, et otsene kokkupuude Woodi lambi kiirgusega enam kui

50 minuti jooksul tooks kaasa UVA-kiirguse kokkupuute piirnormi ületamise. Sama hindamine näitas, et aktiinse UV-kiirguse puhul kuluks kokkupuute piirväärtuse ületamiseks 7,5 tundi, samas kui muud optilisest kiirgusest tulenevad ohud olid ebaolulised. Woodi lampe kasutatakse läbivaatuste käigus ning kasutaja väljaõpe ja silmakaitsevahendite kasutamine peaks piirama nii otsest kokkupuudet allikaga kui ka kokkupuudet hajunud UVA-kiirgusega. Võttes arvesse, et kokkupuute piirnorm ületatakse aktiinse UV-kiirguse puhul alles pärast pikka aega kestnud otsest kokkupuudet kiirgusallikaga, on ebatõenäoline, et hajunud aktiinne UV-kiirgus kujutaks endast märkimisväärset ohtu.

### D.3.3. Ravieesmärgil kasutatavad allikad

Fototeraapias kasutatakse mitut eri optilise kiirguse allikat. Ultraviolettkiirgusega fototeraapilisi allikaid kasutatakse nahakahjustuste ravimiseks ning sinise valgusega allikaid üldiselt vastsündinute hüperbilirubineemia ravimiseks; hüperbilirubineemia võib esineda kuni 60%-l vastsündinutest.





Ülalmainitud spektritest nähtub, et ultraviolettkiirgusega fototeraapilised allikad (näited A ja B) emiteerivad üldiselt tugevat kiirgust spektri UV-kiirguse piirkonnas ja võivad kiirgust emiteerida ka nähtava valguse, eriti selle sinise osa piirkonnas. Oodatult selgub ohu hindamisel (tabel D.3.3), et nimetatud üksustest tulenevad peamised ohud on seotud kas aktiivse UV-kiirgusega või UVA-kiirgusega. Näites C on esitatud sinise valgusega fototeraapilise allika spekter ja oodatult emiteerib see tugevat kiirgust nähtava valguse spektri sinises piirkonnas, aga väga vähe või üldse mitte ultraviolet- või lähiinfrapunakiirguse piirkonnas.

Fotod fototeraapiaseadmetest koos mõõdetud väljundi spektritega. (A) Waldmann UV 7001 UVB. (B) Waldmann UV 181 BL. (C) Dräger PhotoTherapy 4000

Tabel D.3.3. Fototeraapiaseadme optilise kiirguse allikate hindamine

Valgusallikas	Aktiivse UV-kiirguse oht	UVA-kiirguse oht	Sinisest valgusest tulenev oht	Muu optilise kiirguse oht
Waldmann UV 7001 UVB*	Võimalik ületamine ~ 5 h jooksul	Kokkupuute piirtasemest allpool	Kokkupuute piirtasemest allpool	Puuduvad
Waldmann TL01 UV5000†	Võimalik ületamine ~ 7,5 h jooksul	Kokkupuute piirtasemest allpool	Puuduvad	Puuduvad
Waldmann UV6 UV5001BL†	Võimalik ületamine ~ 4 h jooksul	Kokkupuute piirtasemest allpool	Puuduvad	Puuduvad
Waldmann UV 181 BL*	Kokkupuute piirtasemest allpool	Kokkupuute piirtasemest allpool	Kokkupuute piirtasemest allpool	Puuduvad
Waldmann UV 7001 UVA†	Puuduvad	Võimalik ületamine ~ 5 h jooksul	Kokkupuute piirtasemest allpool	Puuduvad
Sellamed UVA1 24 000†	Puuduvad	Võimalik ületamine ~ 45 min jooksul	Kokkupuute piirtasemest allpool	Puuduvad
Draeger 4000*†	Puuduvad	Kokkupuute piirtasemest allpool	Kokkupuute piirtasemest allpool	Puuduvad

\* Mõõtmiste allikas: Radiation Protection Department, Royal Berkshire NHS Foundation Trust, Reading  
 † Hindamisandmete allikas: Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, London

Enimkasutatavad ultraviolettkiirgusega fototeraapia kabinetid ei luba seadmete kasutamise ajal juurdepääsu otsele kiirgusele. Võib aga esineda lekete (vt näidet A eespool), mis võib töötajatele muret valmistada. Et ruumi õhutada ja vältida suletud ruumis tekkida võivat klaustrofoobiat, jäetakse kabineti ülemine osa sageli lahti. See võib põhjustada märkimisväärses ulatuses UV-kiirguse hajumist laest.

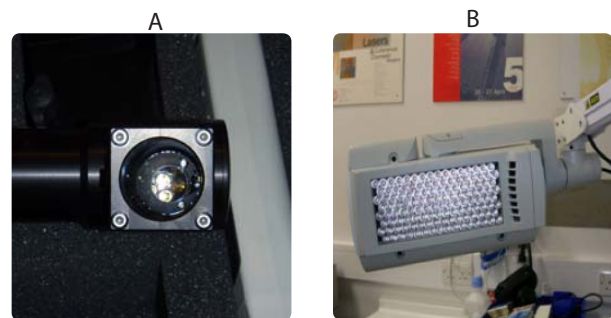
Üldiselt on kiirgusohu suhteliselt madal, kuna ei ole tõenäoline, et töötajad kogu kabineti töötamise aja selle lähedal seisavad. Siiski on olemas pikaajaliste kahjustuste oht, mida põhjustab kumulatiivne kokkupuude UV-kiirgusega, ning seda saab vähendada konkreetsete projekteerimismeetmetega, mille hulka kuuluvad: konkreetsete ravitoad, kabinetti ümbritsevad kardinaid ja tööjaamade jälgimine

kaugemalt. Ülaltoodud näite (A) puhul suurendas kabineti ümber paigaldatud kardin aktiivse UV-kiirgusega kokkupuute piirväärtuse ületamiseks kulunud aega 5 tunnist peaaegu 13 tunnini. Mõne teise fototeraapiaseadme puhul, nagu näites (B) toodud seade kätel ja jalgadel kasutamiseks, on töötajate kiirgusega kokkupuute vähendamiseks vaja kasutusele võtta ulatuslikke protseduurimeetmeid. Sel juhul asetavad töötajad seadet kasutades sellele mustad käterätikud, et vähendada keskkonda sattuvat UV-kiirgust. Seda meedet saab hõlpsasti täiendada, paigutades seadmed kardinatega piiratud boksi. Aeg-ajalt on haigla töötajatel vaja viibida töötava seadme lähedal kvaliteedi tagamise kontrolliks. Ohuennetus nõuab, et nad kannaksid UV-kiirguse eest kaitsvat näokaitset, sobivaid kindaid ja riietust. Kui sõltutakse olulisel määral protseduurimeetmetest, tuleks need selgelt dokumenteerida.

Sinise valgusega fototeraapilised seadmed paigaldatakse vastsündinute voodite kohale umbes 0,3 m kõrgusele. Üldiselt ennetab see otse kiirgusallikasse vaatamist ja töötajad kontrollivad imikuid regulaarselt igas tunnis umbes 10 minuti jooksul, nii et kokkupuude on seetõttu veelgi vähem tõenäoline. Isegi kui võtta arvesse mõne üksuse 12-tunni-

seid vahetusi, annaks see ikkagi tulemuseks kokkupuute, mis moodustab vähem kui 1% kokkupuute piirnormist.

Fotodünaamiline ravi hõlmab optilise kiirguse kasutamist fotokeemiliste reageeringute tekitamise eesmärgil ning sageli tehakse keemilist eelravi valgustundliku ainega. Üldiselt on ultraviolettkiirguse lainepikkused väga tõhusad valgustundlike ainete stimuleerimisel, aga need ei ole laialdaselt kasutusel, kuna need tungivad kudedest läbi halvasti. Võib eeldada, et valgustundlikul ainel on väiksem mõju töötajale, kel ei ole varem sellist kokkupuudet olnud, kuigi selle kinnitamiseks oleks vaja rakendada vastavaid meetmeid.



Fotodünaamilise raviseadme valgusallikad: (A) UV-X, (B) Aktelite CL128

#### Tabel D.3.4. Fotodünaamilise raviseadme valgusallikate hindamine

Valgusallikas	Aktiivse UV-kiirguse oht	UVA-kiirguse oht	Sinisest valgusest tulenev oht	Termiline oht
UV-X	Kokkupuute piirtasemest allpool	Kokkupuute piirtasemest allpool	Puuduvad	Puuduvad
Aktelite CL128 lamp*	Puuduvad	Puuduvad	< 3% kokkupuute piirväärtusest	Puuduvad

\* Hindamisandmete allikas: Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, London

Tabelis D.3.4 esitatud hindamistest nähtub, et oodatult ei kujuta fotodünaamilise ravi allikad endast valgustundlike ainete puudumisel peaaegu üldse mingit ohtu.

3B klassi lasereid võidakse füsioteraapias kasutada energia suunamiseks otse kahjustatud kudedesse. Sellised laserid ohustavad silmi (tavaliselt esineb termiline oht võrkkestale), kuid on üldiselt väga divergentsed ja seetõttu ohtlikud suhteliselt lühikese vahemaa tagant. Riski juhitakse tavaliselt protseduurimeetmete abil (kardinatega ümbritsetud bokside ja märgistuse kasutamine ning töötajate väljaõpe) ja silmi laseri eest kaitsvaid vahendeid kasutades.

Kirurgilisi lasereid kasutatakse laialdaselt paljudeks eri protseduurideks ja tavaliselt on siin tegemist 4. klassi seadmetega, mis ohustavad tõsiselt silmi ja nahka. Ka siin juhitakse

riske tavaliselt protseduurimeetmete abil ja laseri eest kaitsvaid vahendeid kasutades. Mõnikord juhitakse laseri kiir kehasse endoskoopi sisestatud kiu abil. Sellisel juhul on risk palju väiksem, eeldusel, et kiud ei lähe katki. Lasereid kasutatakse palju ka oftalmoloogias ja seal on tavaliselt tegu 3B või 4. klassi seadmetega. Laserite muude meditsiiniliste kasutusvaldkondade puhul juhitakse silmade ja vajaduse korral ka nahaga kokkupuute riski protseduurimeetmete ja silmi laseri eest kaitsvate vahendite kasutamise abil.

Kuna kujutised võivad endoskoobi kiule tagasi peegelduda, tuleb kasutada sobivaid filtreid ja/või tuleks endoskoopi vaadelda läbi kaamera.

Naharavis on laialdaselt kasutusel intensiivse valgusega impulssallikad. Need seadmed põhinevad tavaliselt

kseenoonvälklambil, millele on lisatud filter lühikeste lainepikkuste kõrvaldamiseks spektri ultraviolettkiirguse piirkonnast. Kuna need seadmed on ülivõimsad, võivad need põhjustada silmadele ja nahale termilisi kahjustusi. Seda riski juhitakse tavaliselt protseduurimeetmete abil, et vältida töötajate otsest kokkupuudet kiirgusega, ja silmi laseri eest kaitsvate vahendite kasutamise abil. Filtri kvaliteedist olenevalt võib nimetatud seadmete puhul esineda ka sinise valguse oht.

### D.3.4. Spetsiifilised katseallikad



Päikesesimulaator

Teatud meditsiinivaldkondades võidakse diagnoosimiseks ja uuringuteks kasutada spetsiifilisemaid allikaid. Üldiselt on tõenäoline, et neid hinnatakse ükshaaval. Tabelis D.3.5 toodud näitest nähtub, et lairibaallikate, näiteks päikesesimulaatori puhul võib olla vaja hinnata eri võimalikke optilistest kiirgusest tekkivaid ohte.

Tabel D.3.5. Päikesesimulaatori hindamine\*

Valgusallikas	Aktiinse UV-kiirguse oht	UVA-kiirguse oht	Sinisest valgusest tulenev oht	Termiline oht
Oriel 81292 Solar Simulator: otsene kokkupuude	Võimalik ületamine ~ 6 min jooksul	Võimalik ületamine ~ 3 min jooksul	Kokkupuute piirtasemest allpool	Puuduvad
Oriel 81292 Solar Simulator: peegeldub kehalt	Kokkupuute piirtasemest allpool	Kokkupuute piirtasemest allpool	Kokkupuute piirtasemest allpool	Puuduvad

\* Hindamisandmete allikas: Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, London

Üldiselt ei kujuta meditsiinis kasutatav koht- ja diagnostiline valgustus endast normaalsel kasutamisel märkimisväärset ohtu.

Ravieesmärgil kasutatavad allikad võivad teatud asjaoludel olla ohtlikud. Paljude selliste allikate puhul võivad kokkupuuted ultraviolettkiirguse ja sinise valguse ohu piirkondades kumuleeruda tööpäeva jooksul ja põhjustada pikaajalisi tervisekahjustusi. Seepärast on kokkupuute hindamisel oluline hinnata tegelikke juhtumeid ning sellele lisaks võtta kokkupuute koguhulga hindamiseks arvesse töögraafikuid. Märkimisväärsete riskide tuvastamisel tuleks neid juhtida, piirates võimaluse korral kokkupuudet kiirgusega. Tuleb toetuda protseduurimeetmetele, mis peavad olema jõulised ja kirjalikult üles tähendatud.

## D.4. Autojuhtimine töö ajal

Inimesed võivad tööl autodest tuleneva optilise kiirgusega kokku puutuda, kui nad:

- sõidavad autoga;
- töötavad teepeenral, näiteks liikluspolitseinikud ja teetöölised;
- hooldavad ja remondivad töökodades autosid.



Nagu allpool selgub, esindavad kaks esimest näidet kiirgusega kokkupuute igapäevast taset: kokkupuute vähendamiseks ei ole vajalik ohustada nähtavust ega liiklusohutust. Autode hoolduse ja teeninduse käigus esineva võimaliku optilise kiirgusega kokkupuute piirtaseme ületamise haldamiseks tuleks kohaldada sobivat töökorda ja kohalikke eeskirju.

Optilise kiirgusega kokkupuute taseme kindlaksmääramiseks hinnati nelja autot:



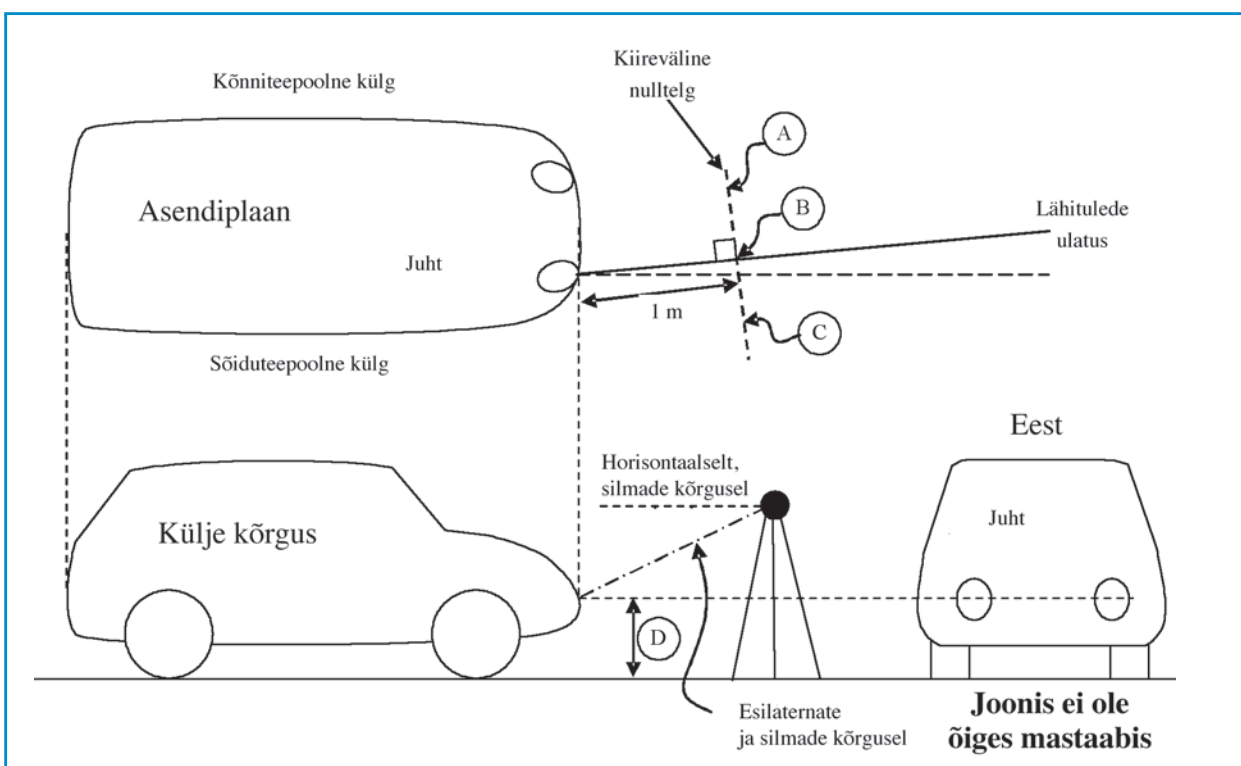
- kõrgjõudlusega Mazda RX8 (kseenoonesituledega),
- keskmise suurusega pereauto Mercedes A180,
- kompaktne Fiat 500,
- väikebuss.

Hindamistingimused valiti nii, et need kajastaksid tööajal etteaimatava kiirgusega kokkupuutumise halvimat stsenaariumi: vt tabelit D.4.6 ja joonist D.4.1.

Tabel D.4.1. Autovalgustuse hindamistingimused

	Asukoht lambi suhtes	Kaugus	Millal on inimestel kokkupuute oht
Esilatern: lähituli ja kaugtuli	Lambi tasand: otse valgusvihku vaadates	0,5 m, 1 m, 2 m ja 3 m	Hooldus ja remont: auto on tõstetud platvormil Sõitmise ajal
	Silma tasand	Lambi vaadates Horisontaalselt vaadates	1 m Hooldus ja remont: auto on põranda tasandil Teetöölised, liikluspolitsei
Suuna-, piduri-, tagur- dus- ja udutuled	Lambi tasand: otse valgusvihku vaadates	0,5 m	Sõitmise ajal Hooldus ja remont Teetöölised, liikluspolitsei

Joonis D.4.1. Autotulede mõõtmise skeem



Optilise kiirgusega seotud ohutuse hindamiseks ja selle võrdlemiseks kokkupuute piirväärtustega kasutati spektraalset kiiritustihedust ja autotulede konkreetset konfiguratsiooni.

Tabel D.4.2. Kokkuvõtte autotuledest pärineva optilise kiirguse ohust

Oht	RX8	A180	F500	Väikebuss
Aktiin-UV	Puuduvad	Puuduvad	Puuduvad	Puuduvad
UVA	Puuduvad	Puuduvad	Puuduvad	Puuduvad
Sinine valgus	Võidakse ületada Täpsemalt vt tabel D.4.8	Võidakse ületada Täpsemalt vt tabel D.4.9	Võidakse ületada Täpsemalt vt tabel D.4.8	Võidakse ületada Täpsemalt vt tabel D.4.8
Võrkkesta põletus	< 30% kokkupuute piirväärtusest	< 10% kokkupuute piirväärtusest	< 3% kokkupuute piirväärtusest	< 2% kokkupuute piirväärtusest

Tabel D.4.3. Auto esitulede põhjustatud sinise valguse oht

Sinise valgusega kokkupuute piirväärtuse ületamiseks kuluv aeg	RX8	A180	F500	Väikebuss
Lambi tasand: otse valgusvihku vaadates	~ 3 min	~ 5 min	~ 30 min	~ 1 h
Silmade kõrgusel: valgusvihku vaadates	~ 2 h	~ 8 h	> 8 h	> 8 h
Silmade kõrgusel: horisontaalselt vaadates	> 8 h	> 8 h	> 8 h	> 8 h

Tabel D.4.4. Mercedes A180 tulede põhjustatud sinise valguse ohu tase

Autotuled	Sinise valgusega kokkupuute piirväärtuse ületamiseks kuluv aeg		Liigse kokkupuute risk
Esilatern, lambi kõrgus 1 m, otse valgusvihku vaadates – joonisel D.4.1 asend B	lähituli	~ 45 min	Vähetoenäoline. Otse kiire sisse vaatamist peaks takistama väga ereda valgusega kokkupuudet vältiv käitumine. Soovimatu kokkupuute vähendamiseks tuleb kasutusele võtta töökord
	kaugtuli	~ 15 min	
Esilatern, lambi kõrgus 1 m, otse valgusvihku vaadates – joonisel D.4.1 asendid A ja C = 0,5 m	lähituli	> 8 h	Puuduvad
	kaugtuli	> 8 h	
Esilatern, silmade kõrgus 1 m, lampi vaadates	lähituli	> 8 h	Puuduvad
	kaugtuli	> 8 h	
Esilatern, silmade kõrgus 1 m, horisontaalselt vaadates	lähituli	> 8 h	Puuduvad
	kaugtuli	> 8 h	
Udutuli	> 8 h		Puuduvad
Pidurituli	> 8 h		Puuduvad
Suunatuli	> 8 h		Puuduvad
Tagurdustuli	> 8 h		Puuduvad

Esilaterna tasandil otse valgusvihku vaatamine võib kaasa tuua sinise valguse ohu ja kokkupuute piirtaseme ületamise ohtu. Siiski on piirtaseme ületamine ebatõenäoline, sest:

- otse kiire sisse vaatamist peaks takistama väga ereda valgusega kokkupuudet vältiv käitumine;
- ohu tase väheneb valguskiire keskpunktist eemaldumisel väga kiiresti;
- ohu tase väheneb silmade kõrgusel oluliselt.

**NB!**

Autotuled ei kujuta endast UV-kiirguse ohtu, kui lampide esiklaasid ja filtrid on terved. Esiklaasita või katkise esiklaasiga autolaternatega töötamine võib suurendada UV-kiirgusega kokkupuute riski. Katkise esiklaasiga autolaternate või filtritega töötamisel kokkupuute vältimiseks tuleb kehtestada töökord.

Esilaternate ja nende optika muutmine võib muuta ohu taset.

Kuigi otse auto esilaternatesse vaatamisest tulenev kokkupuute piirväärtuste ületamise oht on väike, tuleks soovimatu kokkupuute vältimiseks võimaluse korral kehtestada töökord.

Autotulede puhul ei esine teel liiklejatele, nende hulgas autojuhtidele, liikluspolitseinikele ja teetöölisele optilise kiirgusega kokkupuute piirtasemete ületamise ohtu. Kui konkreetse tegevuse tulemusel vaadatakse esilaternaid lampide tasandil pikemat aega, võib siiski esineda madal sinise valguse oht.

## D.5. Sõjavägi

Sõjaväes on tehisliku optilise kiirguse allikad laialdaselt kasutusel. Lahinguoperatsioonide käigus peavad ülemad langetama otsuseid tegevuse kasu/riski suhte osas ja võrdlema väikest tõelise vigastuse saamise ohtu kokkupuute piirtaseme ületamisel muude ohtude põhjustatud tõsise või surmava vigastusega. Seega käsitletakse siinkohal ainult lahinguväliseid juhiseid, sealhulgas väljaõpet.

Sõjaväes võidakse optilist kiirgust kasutada järgmistel eesmärkidel:

Laikvalgustid
Valgustus sõjaväelennuväljadel
Infrapunasidesüsteemid
Sihtmärgi valgustamine infrapunakiirguse abil
Lasersihikud
Relvade simulatsioonisüsteemid
Infrapuna vastumeetmed
Magneesiumist signaalraketid
Plahvatusesest tulenev optiline kiirgus



Suurem osa neist rakendustest kasutab tehislikku optilist kiirgust avatud keskkonnas ja tavaliselt välitingimustes. See tähendab, et tavapärane ohumeetmete rakendamise järjekord, mille kohaselt on primaarseks optilise kiirguse ennetusmeetmeks selle katmine kestaga, siin tõenäoliselt ei sobi. Suuresti toetutakse väljaõppele: sõjaväelased on koolitatud juhiste ja käskudele kuuletuma.

Direktiivi artikli 4 nõuete kohasel riskide hindamisel tuleb arvestada sõjaväes ja mujal töötavate isikutega. Alati ei pruugi olla võimalik piirväärtusest allapoole jääva

kokkupuutemäära tagamine. Seega on üheks selles sektoris kasutatavaks lähenemisviisiks riski tõenäosuslik hindamine, mida võib kasutada mõiste „tõenäoliselt“ kvantifitseerimiseks artikli 4 alusel. Riskide tõenäosusliku hindamise osana võidakse kehtestada eri väärtusi. Sündmust, mille tõenäosus on  $10^{-8}$ , loetakse aga vastuvõetavaks, isegi kui tegu on kahjuliku sündmusega, mille toimumise korral võivad tagajärjed olla katastroofilised.

Sündmust, mille toimumise tõenäosus on väiksem kui  $10^{-8}$ , ei peeta tõenäoliseks.

Riskide tõenäosusliku hindamise kasutamine on keeruline ja nõuab asjatundjate teadmisi. Sõjaväe kasuteguriks on aga see, et seal võidakse lubada tehisliku optilise kiirguse kasutamist olukordades, mida leebem analüüs ei lubaks.



## D.6. Gaasiga köetavad kõrgele paigaldatavad küttekehad

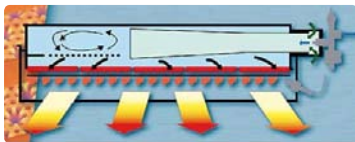
Hindamised toimusid tänu Euroopa ühingule ELVHIS.



Inimesed võivad kokku puutuda optilise kiirgusega, mis pärineb gaasiga köetavatest kõrgele paigaldatavatest küttekehadest, mida kasutatakse paljudes eri keskkondades järgmiste hoonete kütmiseks:

- tööstushooned
- üldkasutatavad hooned
- logistikahooned
- tuletõrjedepood
- näitusehallid
- sisetingimustes asuvad spordibaasid
- restoranide ja baaride ning muude ettevõtete terrassid

Toote valmistajate esitatud tehniliste andmete kohaselt paigaldatakse sellised küttekehad minimaalsele kõrgusele töötajate pea kohale, nii et need ei asuks töötajate otseses vaateväljas.



Gaasiga köetav kõrgele paigaldatav küttekeha (helendav)

Gaasküttega helendava küttekeha pindmine temperatuur on vahemikus 700–1000 °C ja see vastab lainepikkusele  $\lambda_{\max}$  vahemikus 2275–2980 nm. Wiener seaduse põhjal:

$$\lambda_{\max} = \frac{hc}{4,965 \cdot kT} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T} \text{ [m } ^\circ\text{K]}$$

Vastavalt AICVF-i soovitusel annab see tulemuseks järgmise emissiooni:

$$E_{\text{IR}} \text{ [W m}^{-2}\text{]} = 0,71 \times \alpha_k \times f_p \times \eta_r \times P_u / d^2,$$

kus:

$a_k$  – inimese neeldumistegur

$f_p$  – suunategur

$\eta_r$  – kiirgusviljakuse tegur

$P_u$  – küttekeha võimsus

$d$  – inimkeha ja küttekeha vaheline kaugus

Suurimad väärtused (tootjaettevõtte SBM antud halvima võimaluse väärtused):

$$a_k = 0,97$$

$$f_p = 0,10$$

$$\eta_r = 0,65$$

$$P_u = 27\,000 \text{ W}$$

Halvimat stsenaariumit inimkeha ja küttekeha vahelise kauguse  $d$ , küttekeha võimsuse  $P$  ja maksimaalse kalde-nurga  $I = 35^\circ$  puhul näitab järgmine arvutus:

$$d = h_i - 1, \text{ kus } h_i = \left[ \left( \sqrt{\frac{P_u}{540}} - 0,5 \right) \times \cos I \right] + 2$$

ja see võrdub väärtusega  $d = 6,4 \text{ m}$ .

Halvim kokkupuutestsenaarium on sel juhul:

$$E_{\text{IR max}} = 29,1 \approx 30 \text{ W m}^{-2}.$$

Lainepikkuste 780–3000 nm ja kokkupuuteaja  $t > 1000 \text{ s}$  juures on piirväärtused järgmised:

$$E_{\text{IR}} = 100 \text{ W m}^{-2}$$

Gaasküttega helendavad küttekehad ei kujuta endast optilise kiirgusega kokkupuute puhul ohtu ning neid võib pidada nn triviaalseteks allikateks: nendest küttekehadest pärinev suurim etteaimatav kiirgus on oluliselt väiksem kui vastavad kokkupuute piirväärtused.

### Lisateave

AICVF: Association des Ingénieurs en Climatologie, Ventilation et Froid – France

ELVHIS: Association Européenne Principale des Fabricants de Panneaux Radiants Lumineux a Gaz

Recommendation 01-2006; „CHAUFFAGE: déperditions de base“ based on the EN 12831 – March 2004: Heating systems in buildings; Methods for calculation of the design heat load

SBM International – 3 Cottages de la Norve – 21490 Clenay – France

## D.7. Materjalide töötlemiseks kasutatav laser

Lasereid kasutatakse paljudel eri eesmärkidel tegevusvaldkonnas, mida võib kokkuvõtlikult nimetada materjalide töötlemiseks. Siintoodud näide käsitleb metalli lõikamiseks kasutatavat laserit, kuid põhimõtted on samad nii laserkeevituse, -puurimise kui ka -mürgistamise korral.

Eeldatakse, et laseri kiirgusvõimsus või impulsi energia kuulub 4. klassi laserile. Sellisel juhul põhjustab silma või naha juhuslik kokkupuude laserikiirega tõenäoliselt raskeid vigastusi.



Euroopas kasutatakse igapäevaselt tuhandeid selliseid lasereid. Selle hindamise puhul arvestatakse vaid laserikiirt. Muud ohud võivad põhjustada tõsisemaid riske või surma.

### D.7.1. Ohtude ja riskirühma määratlemine

Töötajad võivad kiirgusega kokku puutuda materjalitööt-luses kasutatava laseri elutsükli jooksul mitmel korral:

käikulaskmine
tavaline töörežiim
tehniline hooldamine
teenindus

Elutsükli teatud hetkel võivad laserit kasutada teiste organisatsioonide töötajad, nt tarnija- või teenindustevõtte töötajad. Siiski tuleb kindlaks teha mainitud tegevustest tulenev risk töökohas viibivatele töötajatele.

Kasutatud laserikiirte omaduste tõttu ületatakse otsese laserikiire vahetus läheduses alati kokkupuute piirväärtus. Siiski võib vajalikuks osutuda ka hajunud kiire hindamine.

Kui töödeldav detail on väga suur, nt laevaehituses, võib minimaalne ohutu kaugus silmale olla töödeldavast detailist väiksem.

### D.7.2. Riskide hindamine ja prioriseerimine

Kõige lihtsam on eeldada, et laserikiir ületab alati kokkupuute piirväärtuse ja seetõttu tuleks juurdepääsu kiirele piirata. Ka muud protsessiga seotud ohud võivad tingida selle, et protsess peaks toimuma piiritletud alal. Mõned neist ohtudest võivad olla töötajatele suuremaks ohuks kui laserikiir.

Kaitsemeetmete kindlaksmääramisel võib vajalikuks osutuda laserikiire kiiritustiheduse ja kiirgussärituse hindamine. Kõige halvemal juhul eeldatakse, et kollimeeritud laserikiir langeb asjaomasesse piirkonda.

### D.7.3. Ennetusmeetmete valimine

Ennetusmeetmeid käsitlevate otsuste langetamisel tuleb arvesse võtta vajaliku kaitse ulatust ja nõudeid töötajatele eriomaseks tegevuseks. Tööd takistavad ennetusmeetmed ei ole tõhusad.

Lisaks tuleb mainida, et materjali töötlemise rajatise ümbritsemine piiretega ei ole kohustuslik. Nõuda võib vaid otsese töötlemisala ümbritsemist piiretega.

Eesmärgiks peaks olema kõigi tööalaste tegevuste, sealhulgas hoolduse ja teeninduse teostamine isikukaitsevahendeid kasutamata. Kui protsessi tuleb jälgida, võib kasutada sobiva filtriga vaatlusaknaid või abivahendeid eemalt vaatamiseks, nt kaameraid.

Kaitsemeetmete valimisel võib vajalikuks osutuda protsessi käigus tekitatud optilise kiirguse hindamine. See kiirgus võib esineda optilise spektri muus osas kui kasutatav laserikiir ja tõenäoliselt on see mittekoherentne.



## D.8. Kuumtöötlemine

Siinkohal edastame tänusõnad M. Brose'ile (Fachbereich Elektrotechnik, Referat Optische Strahlung, Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik, Saksamaa).

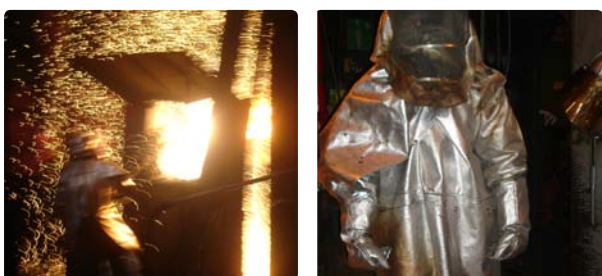
### D.8.1. Terasetöötlemine



(Saarstahl AG, Völklingen, Saksamaa)

Saarstahl AG on spetsialiseerunud valtstraatide, teraslatte ja eri töötlusastmega pooltoodete tootmisele. Völklingenis paiknevate rajatiste hulka kuuluvad terasetootmise tehased, valtspingid ja seal toimub kuni 200-tonnistest valuplokkidest sepiistamine.

Optilise kiirguse ohutus on ettevõtte ohutuse korraldamise oluline osa.



Kuigi terasetootmist ja töötlemist saadab alati optilise kiirguse (peamiselt infrapunakiirguse) väga kõrge tase, vähendavad rakendatud kontrollimeetmed inimeste juurdepääsu ohtlikule optilisele kiirgusele ja tagavad ohutu töökeskkonna. Nimetatud meetmed on järgmised:

- et vähendada inimeste juurdepääsu ohtlikule optilisele kiirgusele, juhitakse ja jälgitakse tootmisprotsessi kaugemalt;
- kehtestatud töökord piirab kuumade keskkonna tingimustes töötamise 15 minutile, misjärel on kohustuslik tegevust muuta;
- ülekuumenemise ennetamiseks plaanitakse töötajate kehatemperatuuri kaugjälgimist;
- töötajate ulatuslik töö- ja ohutusalane koolitus;
- kui tootmisprotsessi käigus on vajalik inimeste kokkupuude kiirgusega, nõutakse kogu keha katvate isikukaitsevahendite kasutamist;

- meditsiinilise järelevalve sisend riskide hindamisel;
- töötajate esindajate kaasamine töötervishoiu ja -ohutuse korraldamisse.

### D.8.2. Klaasitöötlemine



Klaasitöötlemisel ja vormimisel emiteeritakse ohtlikul tasemel optilist kiirgust, peamiselt spektri ultraviolet- ja infrapunakiirguse piirkondades. Manuaalne tegevus eeldab inimeste juurdepääsu ohtliku kiirguse allikale, nt põletile.

Kuna kiirguse tase, millega töötajad kokku puutuvad, ületab eeldatavalt kokkupuute piirväärtuse, tuleb optilise kiirguse ohtude sobivaks haldamise tagamiseks hinnata riske. Sel juhul võib piirväärtuse ületada rohkem kui ühe optilise kiirguse ohu korral ning kohaldada tuleb kõige karmimaid tingimusi.

Riskide hindamisel peab arvesse võtma järgmist:

- seadmete, ka lisapõletite emiteeritav kiirgus töötaja asukohas, nt kokkupuude näo ja kätega;
- ettenähtav kokkupuute kestus vahetuse ajal – UV-kiirguse piirväärtused kumuleeruvad 8 tunni jooksul;
- kiirguse neeldumine kaitsmetes ja isikukaitsevahendites.

UV-kiirgusega kokkupuute piirtasemed on kumulatiivsed. Kui need tõenäoliselt ületatakse, tuleb piirata inimeste juurdepääsu kiirgusallikale: kas kiirguse taseme (kaitsmed, ohutusprillid, käte kaitsmine) või kokkupuute kestuse (pikim lubatud kestus) vähendamise teel.

Kui silmakaitsevahend on seadmega kaasas, tuleks selle sobivust uuesti hinnata, kui kasutatakse lisapõleteid või kui kehtestatakse uus töökord.

Kui seadmed emiteerivad aktiivse UV-kiirguse ohupiirkonda (180–400 nm) jäävad optilist kiirgust, kus kokkupuute piirtasemeid kohaldatakse nii nahale kui ka silmale, tuleb hinnata ka käte kokkupuudet kiirgusega. Kui kaitsekinnaste kasutamine ei ole praktiline või kui need põhjustavad lisaprobleeme, tuleb kokkupuudet kiirgusega ajaliselt piirata.

### D.8.3. Lisateave

BGFE • Informationen für die Glasbearbeitung mit Brennern – SD 53

## D.9. Välguga pildistamine

Tehisliku optilise kiirguse allikad on professionaalse stuudiofotograafia lahutamatuks osaks. Neid kasutatakse üld- ja töövalgustuseks, tausta valgustamiseks ja välguna.

Siin tuleb arvesse võtta kaht inimrühma, kes võivad töökäigus kiirgusega kokku puutuda:

- fotograaf,
- pildistatav isik (nt modell).



Profistuudios võib kohata järgmist:

- valgust hajutav allikas,
- stuudiovõlk,
- profikaamera võlk,
- kodus kasutatava fotoaparaadi võlk.



Tabel D.9.1. Halvim võimalik kokku puutestsenaarium samaaegselt otse valguskiirde vaatamisel

	Valgust hajutav allikas	Stuudiovõlk	Profikaamera võlk	Kodus kasutatava fotoaparaadi võlk
Fotograaf	√	√	–	–
Modell	√	√	√	√

Halvima võimaliku kokkupuutetaseme hindamiseks ja selle võrdlemiseks kohaldatavate kokkupuute piirväärtustega kasutati iga allika puhul kauguse ulatuses spektraalset kiiritustihedust ja ajalisi andmeid (välgu kestus).

UV-kiirguse ja sinise valguse piirväärtuste puhul on halvim kokkupuutestsenaarium selline, mis koguneb 8-tunnise kokkupuuteperioodi ajal ja millele võivad lisanduda mitu allikat: neid väärtusi väljendatakse kohaldatavate kokkupuute piirväärtuste ületamiseks vajalike fotoülesvõtete (välk või valgustus) arvuga.

Võrkkestale põhjustatav termiline oht ei muutu, kui kokkupuude kestab kauem kui 10 sekundit ja on piiritletud 100 mrad suuruse vaateväljaga: sellise ohu hindamiseks võetakse arvesse ainult üht ülesvõtet ühest allikast.

Kõigi katsetatud allikate UV-, UVA- ja infrapunakiirguse ohutasemed olid ebaolulised.

Tabel D.9.2. Suurimad võimalikud välguga pildistamise tagajärjel tekkiva ohu tasemed

	Valgust hajutav allikas	Stuudiovälk	Profikaamera välk	Kodus kasutatava fotoaparaadi välk
Sinise valgusega kokkupuute piirväärtuse ületamiseks vajalike ülesvõtete arv	> 10 <sup>7</sup>	> 10 <sup>6</sup>	> 20 000	> 13 000
Võrkkestale termilist ohtu põhjustava kokkupuute piirväärtuse % ühe ülesvõtte ajal	< 0,03%	< 1%	< 1%	< 1%

Fotograafia ei kujuta endast tõsist liigse kokkupuute ohtu ei fotograafile ega pildistatavale isikule: halvima võimaliku kokkupuutestsenaariumi kohaselt peab välkude arv sinise valgusega kokkupuute piirväärtuste ületamiseks samaaegselt otse valguskiirde vaatamisel olema tuhandetes.

# LISA E. Euroopa Liidu muude direktiivide nõuded

---

Euroopa Liidu direktiivide aluseks on liikmesriikides tehtud mitmepoolsed siduvad otsused. Liikmesriike esindavad valitsuste ministrid (Euroopa Liidu Nõukogu) ja Euroopa Parlamendi liikmed. Mõlemad organid peavad ühesugustel tingimustel direktiivi teksti heaks kiitma. Direktiiv kehtestab liikmesriikidele eesmärgid, kuid on paindlik nende saavutamise vahendite osas. Kuidas iga liikmesriik direktiivi rakendab, sõltub selle riigi õigusstruktuurist, mis võib igas riigis olla erinev. Euroopa Liit adresseerib direktiivid kõikidele liikmesriikidele ning määrab kuupäeva, millal direktiiv peab olema liikmesriikides rakendatud.

1989. aastal avaldati direktiiv 89/391/EMÜ töötajate tervishoiu ja tööohutuse parandamist soodustavate meetmete kehtestamise kohta. See direktiiv käsitles tervishoidu ja tööohutust ning seadis kohustused, mis lähtuvad tervishoiu ja -ohutuse juhtimise põhimõtetest. Direktiivi laialdase rakendussala tõttu ei ole seda võimalik lühidalt kokku võtta, mistõttu tuleks soovitada tutvumist kogu direktiivi ja seda ülevõtvate liikmesriikide õigusaktidega. Direktiiv sätestas kohustuse riskide hindamiseks vastavalt teatud üldpõhimõtetele.

Direktiivile 89/391/EMÜ viidatakse sageli kui raamdirektiivile. See on tingitud asjaolust, et ühe selle artikli raames loodi mitu eri direktiivi, mis laiendavad teatud ohuvaldkondade tervise ja ohutuse juhtimist: need eraldiseisvad direktiivid järgivad raamdirektiivi põhimõtteid.

Direktiiv 2006/25/EÜ (tehisliku optilise kiirguse direktiiv) on üks direktiivi 89/391/EMÜ alusel koostatud direktiividest. Muud asjakohased direktiivid on 89/654/EMÜ, mis puudutab töökohale esitatavaid tööohutuse ja tervishoiu miinimumnõudeid (töökoha direktiiv), ja direktiiv 89/655/EMÜ töötajate poolt tööl kasutatavatele töövahenditele esitatavate ohutuse ning tervishoiu miinimumnõuete kohta (töövahendite direktiiv).

Töövahendite direktiivi on parandatud direktiiviga 95/63/EÜ (ka töövahendi kasutamise tervishoiu ja tööohutuse nõuded).

Et järgida tehisliku optilise kiirguse kohta sätestatud, peavad tööandjad järgima vähemalt nelja ülalmainitud direktiivi nõudeid. Siiski võivad liikmesriigi kohalikud seadused lisada kohustusi, mida nimetatud direktiivid ei sätesta.

Seega, kui tööandja soovib järgida tehisliku optilise kiirguse direktiivi, tuleb meeles pidada, et on olemas ka muid optilise kiirguse tervisemõjude ja ohutuse haldamist puudutavaid kohustusi.

Raamdirektiiv	Töökohta direktiiv	Töövahendite direktiiv (muudetud kujul)
<p>Võimaluse korral tuleb riske vältida.</p> <p>Vältimatuid riske tuleb analüüsida.</p> <p>Riske tuleb vähendada nende allikatest lähtuvalt.</p> <p>Töötavad peavad olema kohandatud üksikisiku järgi.</p> <p>Töötavad peavad olema kohandatud tehnika arengu järgi.</p> <p>Ohtlik tuleb asendada ohutu või vähem ohtliku alternatiiviga.</p> <p>Välja tuleb töötada üldine ennetusstrateegia, mis hõlmab tehnoloogiat, korraldust, töötingimusi ja sotsiaalseid suhteid.</p> <p>Kollektiivsed kaitsemeetmed on individuaalsete kaitsemeetmete suhtes ülimuslikud.</p> <p>Töötajaid tuleb õigesti juhendada.</p>	<p>Seadmeid tuleb tehniliselt hooldada ja tõrked võimalikult kiiresti kõrvaldada.</p> <p>Ohutusvarustust tuleb regulaarselt hooldada ja kontrollida.</p> <p>Töötajaid (või nende esindajaid) tuleb teavitada töökohal rakendatud töötervishoiu ja tööohutuse meetmetest.</p> <p>Töökoht peab olema töötaja tervise ja ohutuse tagamiseks piisavalt valgustatud, sõltumata sellest, kas töökoht on siseruumides või välitingimustes. Kui looduslik valgus pole piisav, tuleb kasutada tehislukku valgust.</p>	<p>Seadmeid, mille kasutamisega kaasnevad spetsiifilised terviseriskid, tohivad kasutada vaid isikud, kellele see on ülesandeks tehtud.</p> <p>Seadmete parandust, muutmist ja hooldust tohivad teostada vaid selleks ettenähtud isikud.</p> <p>Töötajad on seadmete kasutamise osas saanud piisava koolituse.</p> <p>Ohutust tagavad juhtnupud peavad olema selgelt nähtavad.</p> <p>Juhtnupud peavad asuma ohutsoonist väljaspool.</p> <p>Seadme kasutaja peab nägema, et ohutsoonis ei ole kedagi; kui seade hakkab ohtlikuks muutuma, tuleb anda ohusignaali.</p> <p>Juhtimissüsteemi tõrge ei tohi põhjustada ohtlikku olukorda.</p> <p>Seadmed peavad käivituma vaid juhtnupu tahtliku kasutamise tulemusena.</p> <p>Seadmed peavad taaskäivituma vaid juhtnupu tahtliku kasutamise tulemusena.</p> <p>Seadmel peab olema juhtnupp, mis selle täielikult ja ohutult peatab.</p> <p>Seadmetega töötamise piirkond peab olema sobivalt valgustatud.</p> <p>Hoiatused peavad olema ühemõttelised, selgelt tajutavad ja kergesti mõistetavad.</p> <p>Hoolduse teostamine peab olema ohutu.</p> <p>Seadmetel peavad olema hoiatused või märgised, mis tagavad töötajate ohutuse.</p> <p>Kui ohutu kasutamine sõltub paigaldustingimustest, tuleb seadmed pärast kokkupanekut ja enne kasutamist üle vaadata.</p> <p>Seadmed, mis töötavad kahjustusi tekitavates tingimustes, tuleb regulaarselt üle vaadata ja tulemused üles märkida.</p>

Lisaks on veel viis direktiivi, mis teatud määral käsitlevad ohutut töötamist tehislukku optilise kiirgusega. Need kõik käsitlevad seadmeid, mis võivad tekitada optilist kiirgust või imiteerida selle toimet. Seega puudutavad need peamiselt selliste seadmete tootjaid ja tarnijaid, mitte nende kasutajate tööandjaid.

Siiski peab tööandja olema teadlik nende direktiivide olemasolust ja kõik Euroopa turul olevad tööstus- või tootmiseseadmed või kaitsevahendid peavad neile direktiividele vastama. Kaks direktiividest kohustavad tarnijat andma kasutajale üksikasjalikku teavet kiirguse olemuse, kasutaja kaitsevahendite, väärkasutamise vältimise ja paigaldamisel eettulevate ohtude kõrvaldamise kohta.

Tarnijaid puudutavad direktiivid on:

- direktiiv 2006/42/EÜ masinate kohta (masinate direktiiv);
- direktiiv 2006/95/EÜ teatavates pingevahemikes kasutatavaid elektriseadmeid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta (madalpinge direktiiv);
- direktiiv 89/686/EMÜ isikukaitsevahendeid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta (isikukaitsevahendite direktiiv);
- direktiiv 93/42/EMÜ meditsiiniseadmete kohta (meditsiiniseadmete direktiiv);
- direktiiv 98/79/EÜ *in vitro* diagnostikas kasutatavate meditsiiniseadmete kohta (*in vitro* direktiiv).

Mõned nende direktiivide olulised sätted on kokku võetud allpool.

Masinate direktiiv	Madalpinge direktiiv	Isikukaitsevahendite direktiiv	Meditsiiniseadmete direktiiv, <i>in vitro</i> direktiiv
<p>Masinatele peab olema piisav sisseehitatud valgustus, mis võimaldab ohutut kasutamist.</p> <p>Soovimatud emissioonid tuleb kõrvaldada või neid tuleb vähendada tasemeni, mis inimest ei mõjuta.</p> <p>Seadmete paigaldamise, kasutamise ja puhastamise ajal tekkivad funktsionaalsed emissioonid tuleb piirata tasemeni, mis inimest ei kahjusta.</p> <p>Kui masin sisaldab lasereid, ei tohi tekkida juhuslikke emissioone.</p> <p>Laserid peavad olema paigaldatud nii, et peegelduse või difusiooni teel tekkinud emissioon või sekundaarne kiirgus inimese tervist ei kahjusta.</p> <p>Laserikiirte vaatamiseks või justeerimiseks kasutatavad optilised seadmed peavad olema loodud nii, et nendega ei kaasneks terviseriske.</p> <p>Kui masin on projekteeritud nii, et see vastab ülaltoodud, tuleb viidata vastavale standardile.</p>	<p>Madalpinge direktiiv kehtib kõikidele töökoha seadmetele, mis töötavad vahelduvpingega 50–1000 V või alalispingega 75–1500 V. Tegemist on normiga, mille kohaselt ükski selline seade ei tohi tekitada ohtlikku kiirgust.</p>	<p>Isikukaitsevahendid peavad kasutajat kaitsma nii, et need ei kahjustaks muude isikute tervist või ohutust.</p> <p>Enamik töönaoliselt ohtlikust kiirgusest peab neelduma või peegelduma, ilma et see kahjustaks kasutaja nägemist.</p> <p>Isikukaitsevahendid peavad olema valitud nii, et kasutaja silmad ei puutuks mingil juhul kokku kiirgusega, mis ületab maksimaalse lubatud kokkupuute piirtaseme.</p> <p>Isikukaitsevahendite optilised osad ei tohi ettenähtavate kasutustingimuste juures kahjustuda selle kiirgusega kokkupuute toimele, mille eest kaitsmiseks need on mõeldud.</p>	<p>Seadmed peavad olema loodud nii, et vähendatakse patsientide, kasutajate ja muude isikute kokkupuudet kiirgusega.</p> <p>Kasutajal peab olema võimalik kontrollida emissioonide taset.</p> <p>Seadmetel peavad olema nähtavad ja kuuldavad hoiatused emissioonide kohta.</p> <p>Kasutusjuhendid peavad sisaldama üksikasjalikku teavet kiirguse olemuse, kasutaja kaitsevahendite, väärkasutamise vältimise ja paigaldamisel ettetulevate ohtude kõrvaldamise kohta.</p>



# LISA F. ELi liikmesriikide eeskirjad, millega võetakse üle direktiiv 2006/25/EÜ (kuni 10. detsember 2010) ja juhised

Riik	Praegune õigusakt	Praegused juhised
Austria	<p>Oö. Landes- und Gemeinde-Dienstrechtsänderungsgesetz 2007 [Landesgesetzblatt (LGBI.), 25/07/2007, 56/2007].</p> <p>Verordnung der Landesregierung über den Schutz der Landes- und Gemeindebediensteten vor der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung [Landesgesetzblatt (LGBI.), 18/02/2010, 4/2010].</p> <p>Landesgesetz, mit dem das Oö. Gemeinde-Dienstrechts- und Gehaltsgesetz 2002, das Oö. Gemeindebedienstetengesetz 2001; das Oö. Statutgemeinden-Beamtenengesetz 2002, das Oö. Gemeindebediensteten-Schutzgesetz 1999, das Oö. Gemeinde-Gehaltsgesetz, das Oö. Landesbeamtenengesetz 1993 und das Oö. Landes-Vertragsbedienstetengesetz geändert werden (Oö. Gemeinde- und Landes-Dienstrechtsänderungsgesetz 2008) [Landesgesetzblatt (LGBI.), 29/08/2008, 73/2008].</p> <p>Verordnung der Wiener Landesregierung, mit der die Verordnung der Wiener Landesregierung über den Schutz der in Dienststellen der Gemeinde Wien beschäftigten Bediensteten vor der Einwirkung durch optische Strahlung erlassen und die Verordnung der Wiener Landesregierung über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz in Dienststellen der Gemeinde Wien geändert wird [Landesgesetzblatt (LGBI.), 51/2010, 24/09/2010].</p> <p>Verordnung der Oö. Landesregierung, mit der die Verordnung über den Schutz der Dienstnehmerinnen und Dienstnehmer in der Land- und Forstwirtschaft vor der Einwirkung durch künstliche optische Strahlung (Oö. VOPST-LF) erlassen wird und mit der die Verordnung über die Gesundheitsüberwachung in der Land- und Forstwirtschaft und die Verordnung über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche in land- und forstwirtschaftlichen Betrieben geändert werden [Landesgesetzblatt (LGBI.), 65/2010, 30/09/2010].</p> <p>Gesetz, mit dem die Dienstordnung 1994 (28. Novelle zur Dienstordnung 1994), die Besoldungsordnung 1994 (36. Novelle zur Besoldungsordnung 1994), die Vertragsbedienstetenordnung 1995 (32. Novelle zur Vertragsbedienstetenordnung 1995), die Pensionsordnung 1995 (20. Novelle zur Pensionsordnung 1995), das Ruhe- und Versorgungsgesetz 1995 (9. Novelle zum Ruhe- und Versorgungsgesetz 1995), das Unfallfürsorgegesetz 1967 (17. Novelle zum Unfallfürsorgegesetz 1967), das Wiener Bedienstetenschutzgesetz 1998 (5. Novelle zum Wiener Bedienstetenschutzgesetz 1998), das Wiener Personalvertretungsgesetz (16. Novelle zum Wiener Personalvertretungsgesetz), das Wiener Bezügegesetz 1995 (10. Novelle zum Wiener Bezügegesetz 1995), das Wiener Verwaltungenat-Dienstrechtsgesetz 1995 (11. Novelle zum Wiener Verwaltungenat-Dienstrechtsgesetz 1995) und das Gesetz über den Unabhängigen Verwaltungssenat Wien (8. Novelle zum Gesetz über den Unabhängigen Verwaltungssenat Wien) geändert werden und das Wiener Eltern-Karenzgeldzuschussgesetz aufgehoben wird [Landesgesetzblatt (LGBI.), 42/2010, 17/09/2010].</p> <p>Verordnung der Salzburger Landesregierung vom 1. Juli 2010 über Schutzvorschriften vor Gefährdung durch künstliche optische Strahlung (S.koS-V) [Landesgesetzblatt (LGBI.), 55/2010, 06/08/2010].</p> <p>Verordnung des Bundesministers für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz, mit der die Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor der Einwirkung durch optische Strahlung (Verordnung optische Strahlung – VOPST) erlassen wird und mit der die Verordnung über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz und die Verordnung über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche geändert werden [Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (BGBl.), II Nr. 221/2010, 08/07/2010].</p>	<p>Sicherheitsinformation der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt: Sicherheit Kompakt:</p> <p>M 014 UV-Strahlenbelastung am Arbeitsplatz</p> <p>M 080 Grundlagen der Lasersicherheit</p>
Belgia	<p>FEDERALE OVERHEIDSDIENST WERKGELEGENHEID, ARBEID EN SOCIAAL OVERLEG - 22 APRIL 2010. - Koninklijk besluit betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers tegen de risico's van kunstmatige optische straling op het werk [Moniteur Belge, 06/05/2010, 25349-25386].</p>	

Riik	Praegune õigusakt	Praegused juhised
Bulgaria	<p>Наредба № 5 от 11 юни 2010 г. за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на изкуствени оптични лъчения [Държавен вестник, 49, 29/06/2010, 00035-00048]</p> <p>Кодекс на труда [Държавен вестник, 15, 23/02/2010]</p> <p>Закон за здравословни и безопасни условия на труд [Държавен вестник, 12, 12/02/2010]</p> <p>Наредба № 7 от 23.09.1999 г. за минималните изисквания за здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното оборудване [Държавен вестник, 40, 18/04/2008]</p>	
Küpros	<p>Οι Περὶ Ασφάλειας καὶ Υγείας στὴν Ἐργασία (Τεχνιτὴ Ὀπτικὴ Ἀκτινοβολία) Κανονισμοὶ τοῦ 2010 [Cyprus Gazette, 4433, 11/06/2010, 01473-01493]</p>	
Tšehhi Vabariik	<p>Zákon č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů [Sbirka zákonů CR, 18/07/2002].</p> <p>Zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdravotní lidu [Sbirka zákonů CR, 30/03/1966].</p> <p>Zákon č. 111/2007 Sb., kterým se mění zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdravotní lidu, ve znění pozdějších předpisů a některé další zákony [Sbirka zákonů CR, 15/05/2007].</p> <p>Zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci) [Sbirka zákonů CR, 22/06/2006].</p> <p>Nařízení vlády č. 106/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením [Sbirka zákonů CR, 19/04/2010].</p> <p>Zákon č. 14/1997 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdravotní lidu, ve znění pozdějších předpisů, a zákon České národní rady č. 36/1975 Sb., o pokutách za porušování právních předpisů o vyvážení a ochraně zdravotních životních podmínek, ve znění zákona České národní rady č. 137/1982 Sb. [Sbirka zákonů CR, 24/02/1997].</p> <p>Zákon České národní rady č. 548/1991 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdravotní lidu, ve znění zákona České národní rady č. 210/1990 Sb. a zákona České národní rady č. 425/1990 Sb. [Sbirka zákonů CR, 30/12/1991].</p> <p>Nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením [Sbirka zákonů CR, 09/01/2008].</p> <p>Zákon č. 392/2005 Sb., kterým se mění zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony [Sbirka zákonů CR, 27/09/2005].</p> <p>Zákon č. 274/2003 Sb., kterým se mění některé zákony na úseku ochrany veřejného zdraví [Sbirka zákonů CR, 27/08/2003].</p> <p>Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů [Sbirka zákonů CR, 11/08/2000].</p> <p>Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce [Sbirka zákonů CR, 07/06/2006].</p> <p>Zákon č. 48/1997 Sb., o veřejném zdravotním pojištění a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů [Sbirka zákonů CR, 07/03/1997].</p> <p>Zákon č. 362/2007, kterým se mění zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony [Sbirka zákonů CR, 28/12/2007].</p>	<p>Guidance for work with lasers No. 61</p> <p>UV Zareni poster (warning of dangers of UV radiation)</p> <p>ICNIRP juhised</p>
Taani	<p>Bekendtgørelse om beskyttelse mod udsættelse for kunstig optisk stråling i forbindelse med arbejdet [Lovtidende A, 29/05/2010].</p> <p>Bekendtgørelse om beskyttelse mod risici ved udsættelse for kunstig optisk stråling på offshoreanlæg m.v. [Lovtidende A, 21/04/2010].</p>	<p>Taani Töökeskkonna seadus (Danish Working Environment Act) on mõeldud ohutu ja tervisliku töökeskonna tagamiseks. Seetõttu võetakse juhistena arvesse ICNIRP soovitusi optilise kiirguse kohta koos vastavate Euroopa Liidu normidega (nt EN 60825 ja EN 207/208).</p>
Eesti	<p>TÖÖTERVISHOIU JA TÖÖOHUTUSE SEADUSE MUUTMISE SEADUS [Elektroniline Riigi Teataja, RTI, 16.01.2007, 3, 11].</p> <p>Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded tehnikulist optilisest kiirgusest mõjutatud töökonnas, tehniliku optilise kiirguse piirnormid ja kiirguse mõõtmise kord [Elektroniline Riigi Teataja, RTI, 22.04.2010, 16, 84].</p>	

Riik	Praegune õigusakt	Praegused juhised
Soome	Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemiseksi optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuvalta vaaroilta / Statsrådets förordning om skydd av arbetstagare mot risker som uppstår vid exponering för optisk strålning [Suomen Saadoskokoelma (SK), 05/03/2010, 00703-00720, 146/2010]	
Prantsusmaa	Décret no 2010-750 du 2 juillet 2010 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels <i>Journal Officiel de la République Française</i> (JORF), 04/07/2010]	
Saksamaa	Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG zum Schutz der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung und zur Änderung von Arbeitsschutzverordnungen vom 19. Juli 2010 [Bundesgesetzblatt Teil 1 (BGBl.), 38, 26/07/2010, 00960-00967]	Information BGI 5006: „Exposure Limit Values for Artificial Optical Radiation“ Mittiteoniseeriva kiirguse juhised: „Laser Radiation“ Mittiteoniseeriva kiirguse juhised: „Ultraviolet Radiation from Artificial Sources“ Mittiteoniseeriva kiirguse juhised: „Visible and Infrared Radiation“ Tehisliiketest allikatest pärineva optilise kiirguse riskide hindamise meetodeid kirjeldatakse alljärgnevatel dokumentidel: Accident Prevention Regulation BGV/B2: „Laser Radiation“ DIN EN 60825-1: 2008: „Safety of Laser Products - Part 1: Equipment Classification, Requirements and User's Guide“ DIN EN 14255-1: 2005: „Measurement and Assessment of Personal Exposures to Incoherent Optical Radiation - Part 1: Ultraviolet Radiation Emitted by Artificial Sources in the Workplace“ IEC 62471: 2006: „Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems“ DIN EN 12198-1: 2000: „Safety of Machinery – Assessment and Reduction of Risks Arising from Radiation Emitted by Machinery – Part 1: General Principles“ Mittiteoniseeriva kiirguse juhised: „Ultraviolet Radiation from Artificial Sources“ BGR 107: Safety Rules for Dryers of Printing and Paper Processing Machines Tehisliiketest allikatest pärinevast optilisest kiirgusest tulenevate riskide vältimiseks kirjeldatakse alljärgnevatel dokumentidel: Accident Prevention Regulation BGV/B2: „Laser Radiation“ Information BGI 5006: „Exposure Limit Values for Artificial Optical Radiation“ Information BGI 5007: Laser Devices for Shows and Projections DIN EN 12198-3:2002: „Safety of Machinery - Assessment and Reduction of Risks arising from radiation emitted by machinery - Part 3: Reduction of Radiation by Attenuation or Screening“ Mittiteoniseeriva kiirguse juhised: „Laser Radiation“ Mittiteoniseeriva kiirguse juhised: „Ultraviolet Radiation from Artificial Sources“ Riskide vältimiseks meetodeid ka madalamal tasemel kirjeldatakse järgmistel dokumentidel: Accident Prevention Regulation BGV/D1: „Welding, Cutting and Related Methods“ „UV-Drying“, Professional Association Printing and Paper Conversion Merkblatt über Betrachtungsplätze für die fluoreszierende Prüfung mit dem Magnetpulver- und Eindringverfahren – Ausrüstung und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten mit UV-Strahlung Information BGI 5092: Auswahl von Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen Information BGI 5031: Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikations-Systemen (LWKS) Võidkuid ja infolehed: Leaflet of the Federal Institute for Occupational Safety and Health: „Damit nichts ins Auge geht... - Schutz vor Laserstrahlung“ Flyer of the Federal Institute for Occupational Safety and Health: „Dazzle: Blind for a Moment. Protection Against Optical Radiation“ Flyer of the Federal Institute for Occupational Safety and Health: „Hand-held Lasers to Work Materials“
Kreeka	Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους/προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (τεχνητή οπτική ακτινοβολία), σε συμμόρφωση με την οδηγία 2006/25/ΕΚ [Εφημερίς της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) (Τεύχος Α), 145, 01/09/2010, 03075-03094]	

Riik	Praegune õigusakt	Praegused juhised
Ungari	<p>1991. évi XI. törvény az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálatról [Magyar Közlöny, 00753-00759].</p> <p>2/1998. (I. 16.) MÜM rendelet a munkahelyen alkalmazandó biztonsági és egészségvédelmi jelzésekről [Magyar Közlöny, 16/01/1998, 174-192, 2].</p> <p>A. Kormány 218/1999. (XII. 28.) Korm. rendelete az egyes szabálysértésekről [Magyar Közlöny, 28/12/1999, 08942-08968, 1999/125].</p> <p>Az egészségügyi miniszter 22/2010. (V. 7.) EÜM rendelete a munkavállalókat érő mesterséges optikai sugárzás expozícióra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről [Magyar Közlöny, 14597-14614].</p> <p>1997. évi XLVII. Törvény az egészségügyi és a hozzájuk kapcsolódó személyes adatok kezeléséről és védelméről [Magyar Közlöny, 05/06/1997, 03518-03528, 1997/49].</p> <p>2009. évi CLIV. Törvény az egyes egészségügyi tárgyú törvények módosításáról [Magyar Közlöny, 47035-47090].</p> <p>1993. évi XCIII. tv. a munkavédelemről [Magyar Közlöny, 03/11/1993, 9942-9953, 160].</p> <p>33/1998. (VI. 24.) NM rendelet a munkaköri, szakmai, illetve személyi higiénés alkalmasság orvosi vizsgálatáról és véleményezéséről [Magyar Közlöny, 24/06/1998, 4489-4516, 54].</p>	<p>ICIRP juhised</p>
Itaalia	<p>S.I. No. 176 of 2010</p> <p>SAFETY, HEALTH AND WELFARE AT WORK (GENERAL APPLICATION) (AMENDMENT) REGULATIONS 2010</p> <p>[Iris Offigiul, 04/05/2010, 00628-00629, 176 of 2010]</p>	
Läti	<p>Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro [Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, 30/04/2008, S.O. N.108/L - G.U.N. 101].</p> <p>Ministru kabineta 2009. gada 30. jūnija noteikumi Nr. 731 "Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret mākslīgā optiskā starojuma radīto risku darba vidē" [Latvijas Vēstnesis, 07/07/2009, 105]</p>	<p>Läti standard: Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation – Part 2: Visible and infrared radiation emitted by artificial sources in the workplace</p>
Leedu	<p>LIETUVOS RESPUBLIKOS ADMINISTRACINIŲ TEISĖS PAŽEIDIMŲ KODEKSO 5, 41, 51(3), 51(12), 55, 58, 70, 76, 77, 77(1), 81, 82, 84(1), 87, 89(1), 91, 99(8), 183, 188(4), 188(9), 189(1), 214(3), 221, 224, 225, 232(1), 237, 242, 244, 246(2), 259(1), 262, 263, 268, 320 STRAIPSNIŲ PAKETIMO BEI PAPILDYMO IR KODEKSO PAPILDYMO 42(4), 51(18), 51(19), 51(20), 51(21), 51(22), 56(2), 58(1), 78(1), 89(2), 99(9), 101, 148, 173(20), 173(21) STRAIPSNIAIS [STATYMAS Nr. X-691 [Nouvelles de l'Etat, 30/06/2006, 73].</p> <p>Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. spalio 5 d. įsakymas Nr. A1-277/V-785 „Dėl 2007 m. birželio 20 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2007/30/EB, iš dalies keičiančios Tarybos direktyvą 89/391/EEB, jos atskiras direktyvas ir Tarybos direktyvas 83/477/EEB, 91/383/EEB, 92/29/EEB bei 94/33/EEB, siekiant supaprastinti ir racionalizuoti praktinio įgyvendinimo ataskaitas, įgyvendinimo“ 2007 m. spalio 5 d. Nr. A1-277/V-785 [Nouvelles de l'Etat, 11/10/2007, 105]</p> <p>Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. gruodžio 14 d. įsakymas Nr. A1-366/V-1025 „Dėl darbuotojų apsaugos nuo dirbtinės optinės spinduliuotės keliamos rizikos nuostatų patvirtinimo“ [Nouvelles de l'Etat, 22/12/2007, 136]</p> <p>Lietuvos Respublikos administracinių teisės pažeidimų kodekso pakeitimo ir papildymo įstatymas Nr. VIII-1543 [Nouvelles de l'Etat, 15/03/2000, 22]</p>	
Luksemburg	<p>Règlement grand-ducal du 26 juillet 20101, relatif aux prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des salariés aux risques dus aux agents physiques (rayonnements optiques artificiels et rayonnement solaire)2, portant modification du règlement grand-ducal modifié du 17 juin 1997 concernant la périodicité des examens médicaux en matière de médecine du travail [Mémorial Luxembourggeois A, 131, 12/08/2010, 027164-027182]</p>	

Riik	Praegune õigusakt	Praegused juhised
Malta	L.N. 250 of 2010 OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY AUTHORITY ACT (CAP. 424) Work Place (Minimum Health and Safety Requirements for the Protection of Workers from Risks resulting from Exposure to Artificial Optical Radiation) Regulations, 2010 [The Malta government gazette, 30/04/2010, 02403-02450, 18586]	
Madalmaad	Besluit van 1 februari 2010 tot wijziging van het Arbeidsomstandighedenbesluit, houdende regels met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van kunstmatige optische straling [Staatsblad (Bulletin des Lois et des Décrets royaux), 09/03/2010, 00001-00021, Stb. 2010, 103]	Optische straling in arbeidsituaties
Poola	Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 maja 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne [Dziennik Ustaw, 2010/100/643, 09/06/2010] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [Dziennik Ustaw, 2010/141/950, 06/08/2010]	On olemas mõned publikatsioonid, milles on esitatud optilist kiirgust hõlmavad tööohutuse riskide hindamise meetodid ja juhised. Need on: „Occupational risk assessment. Part 1: Methodological basis.“, ed. M.W Zawieska, CIOP-PIB, Warszawa 2004 (3-rd edition) „Occupational risk assessment. Part 2. STER-computer aided support.“, ed. M.W Zawieska, CIOP, Warszawa 2000 „Occupational risk. Methodological basis of evaluation“ ed. M.W. Zawieska, CIOP-PIB Warszawa, 2007.
Portugal	Assembleia da República-Estabelece as prescrições mínimas para protecção dos trabalhadores contra os riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações ópticas de fontes artificiais, transpondo a Directiva n.º 2006/25/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril [Diário da República, 168, 30/08/2010, 03770-03782]. Assembleia da República Rectifica a Lei n.º 25/2010, de 30 de Agosto, que estabelece as prescrições mínimas para protecção dos trabalhadores contra os riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações ópticas de fontes artificiais, transpondo a Directiva n.º 2006/25/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, publicada no Diário da República, 1.ª série, n.º 168, de 30 de Agosto de 2010 [Diário da República I, 209, 27/10/2010, 04849-04859].	
Rumeenia	Hotărârea Guvernului privind cerințele minime de securitate și sănătate în muncă referitoare la expunerea lucrătorilor la riscuri generate de radiațiile optice artificiale [Monitorul Oficial al României, 427, 25/06/2010, 00002-00015].	
Slovakkia	Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov [Zbierka zákonov SR, 31/07/2007, 154]. Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 410/2007 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou umelému optickému žiareniu [Zbierka zákonov SR, 01/09/2007, 178].	
Sloveenia	Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem [Uradni list RS, 34/2010, 30/04/2010, 04892-04909]	



Riik	Praegune õigusakt	Praegused juhised
Hispaania	<p>Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales [Boletín Oficial del Estado ( B.O.E), 24/04/2010, 36103-36120, 99/2010].</p> <p>Corrección de errores del Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales [Boletín Oficial del Estado ( B.O.E), 06/05/2010, 40171-40171, 110/2010].</p>	<p>STANDARDID</p> <p>UNE-CR 13464: 1999 „Guía para la selección, utilización y mantenimiento de los protectores oculares y faciales de uso profesional“.</p> <p>UNE EN 166: 2002 „Protección individual del ojo. Requisitos“.</p> <p>UNE EN 169: 2003 „Protección individual de los ojos. Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado“.</p> <p>UNE EN 170: 2003 „Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado“.</p> <p>UNE EN 207 „Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser (gafas de protección láser)“ (Esta norma tiene ampliaciones y modificaciones).</p> <p>UNE EN 208 „Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas láser (gafas de ajuste láser)“.</p> <p>Esta norma tiene ampliaciones y modificaciones).</p> <p>UNE-EN 60825 „Seguridad de los productos láser“ esta norma tiene varias partes y numerosas correcciones</p> <p>UNE-EN 14255 Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente. (Esta norma tiene varias partes)</p> <p>PLAKATID</p> <p>La Directiva 2006/25/CE sobre exposición laboral a radiaciones ópticas artificiales.</p> <p>Methodology to assess occupational exposure to optical radiation.</p> <p>Spectral limit: an Application to Assess the Occupational Exposure to UV &amp; Visible Radiation.</p> <p>MUUD INSHTI DOKUMENDID</p> <p>NTP 755: “Radiaciones ópticas: Metodología de evaluación de la exposición laboral“.</p> <p>NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1 /A2: 2002).</p> <p>NTP 261: Láseres: riesgos en su utilización.</p> <p>FDN-17: Selección de pantallas faciales y gafas de protección.</p> <p>FDN-23: Comercialización de las Pantallas de Protección para Soldadores.</p> <p>Guías orientativas para la selección y utilización de EPI – Protectores oculares y faciales.</p> <p>CD .R. Prevention of Labour Risks. Advanced training course for the performance of functions of Superior Level. Version 2.</p> <p>Algunas cuestiones sobre seguridad Láser. (Some topics about laser safety).</p> <p>Evaluación de las Condiciones de Trabajo en la pequeña y mediana empresa.</p> <p>Riesgos por radiaciones ópticas procedentes de fuentes luminosas.</p> <p>La exposición laboral a radiaciones ópticas.</p>
Rootsi	<p>Arbetsmiljöverkets föreskrifter om artificiell optisk strålning (AFS 2009:7).</p> <p>[Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS), 10/11/2009, 2009:7].</p>	
Ühendkuningriik	<p>The Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations 2010 [Her Majesty's Stationery Office (HMSO), 06/04/2010, GB SI 2010 No. 1140].</p> <p>The Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations (Northern Ireland) 2010 [Her Majesty's Stationery Office (HMSO), SR of NI 2010 No. 180].</p> <p>Factories (Protection of Workers from Physical Agents) (Artificial Optical Radiation) Regulations 2010 [Gibraltar Gazette, 3801, 29/07/2010].</p>	<p>MHRA DB2008(03) Guidance on the safe use of lasers, intense light source systems and LEDs in medical, surgical, dental and aesthetic practices.</p> <p>HSG95 The radiation safety of lasers used for display purposes.</p>

# LISA G. Euroopa ja rahvusvahelised standardid

On olemas mitmesugused Euroopa standardid, mis käsitlevad optilist kiirgust emiteerivaid tooteid, annavad teavet emissioonide ja kaitsemeetmete kohta. Lisaks on olemas mitmesugused rahvusvahelised ISO, IEC ja CIE standardid, mida pole Euroopa standarditena avaldatud. Kolmandaks on olemas juhised, mis on rahvusvahelisel tasemel avaldatud, kuid mida kõik liikmesriigid pole kasutusele võtnud.

Dokumendi mainimine käesolevas lisas ei tähenda tingimata seda, et tööandja peab vastava dokumendi hankima ja seda lugema. Siiski võivad mõned neist dokumentidest olla tööandjale abiks riskide hindamisel ja haldamisel.

## G.1. Euronormid

EN 165: 2005 Silmakaitsevahendid. Sõnastik

EN 166: 2002 Isiklikud silmakaitsevahendid. Spetsifikatsioonid

EN 167: 2002 Isiklikud silmakaitsevahendid. Optilised katsemeetodid

EN 168: 2002 Isiklikud silmakaitsevahendid. Mitteoptilised katsemeetodid

EN 169: 2002 Isiklikud silmakaitsevahendid. Filtrid keevitamisele ja sellega seotud meetoditele. Läbilaskvuse nõuded ja soovitatav kasutus

EN 170: 2002 Isiklikud silmakaitsevahendid. Ultraviolettfiltrid. Läbilaskvuse nõuded ja soovitatav kasutus

EN 171: 2002 Isiklikud silmakaitsevahendid. Infrapuna-kiirguse filtrid. Nõuded läbilaskvustegurile ja soovitatav kasutamine

EN 175: 1997 Isikukaitsevahend. Keevitamisel ja sellega seonduvatel töödel kasutatavad silmade ja näo kaitsevahendid

EN 207: 1998 Filtrid ja silmakaitse (lasersilmakaitse) kaitseks laserikiirguse eest

EN 208: 1998 Laserite ja lasersüsteemide justeerimisel kasutatavad silmakaitsevahendid (laserite justeerimise silmakaitsevahendid)

EN 349: 1993 Masinate ohutus. Minimaalsed vahekaugused vältimaks inimese kehaosade muljumisohtu

EN 379: 2003 Isiklikud silmakaitsevahendid. Automaatsed keevitusfiltrid

EN 953: 1997 The Safety of Machinery, Guards, General requirements for the Design and Construction of Fixed and Moveable Guards

EN 1088: 1995 Interlocking Devices Associated with Guards

EN 1598: 1997 Health and safety in welding and allied processes - Transparent welding curtains, strips and screens for arc welding processes

EN ISO 11145 2001 Optika ja optikamööteriistad. Laserid ja laseriga seonduvad seadmed. Sõnastik ja sümbolid

EN ISO 11146-1: 2005 Lasers and laser-related equipment. Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios. Stigmatic and simple astigmatic beams

EN ISO 11146-2: 2005 Lasers and laser-related equipment. Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios. General astigmatic beams



- EN ISO 11149: 1997 Optics and optical instruments. Lasers and laser-related equipment. Fibre optic connectors for non-telecommunication laser applications
- EN ISO 11151-1: 2000 Lasers and laser-related equipment. Standard optical components. Components for the UV, visible and near-infrared spectral ranges
- EN ISO 11151-2: 2000 Lasers and laser-related equipment. Standard optical components. Components for the infrared spectral range
- EN ISO 11252: 2004 Lasers and laser-related equipment. Laser device. Minimum requirements for documentation
- EN ISO 11254-3: 2006 Laserid ja laseriga seonduv sead-  
mestik. Laseri poolt optilistele pindadele põhjustatud  
kahjustuste piirmäärade kindlaksmääramine. Laserener-  
gia käsitlemise suutlikkuse hindamine
- EN ISO 11551: 2003 Optics and optical instruments. Lasers  
and laser-related equipment. Test method for absorp-  
tance of optical laser components
- EN ISO 11553-1: 2005 Masinate ohutus. Lasertöölus-  
seadmed. Üldised ohutusnõuded
- EN ISO 11553-2: 2007 Masinate ohutus. Lasertöölus-  
seadmed. Käeshoitavale lasertöölus-  
seadmete ohutus-  
nõuded
- EN ISO 11554: 2006 Optika ja optilised tööriistad. Laser  
ja laseriga seonduvad seadmed. Katsemeetodid laserikiire  
võimsuse, energia ja ajutiste parameetrite määramiseks
- EN ISO 11670: 2003 Lasers and laser-related equipment. Test  
methods for laser beam parameters. Beam positional stability
- EN ISO 11810-1: 2005 Lasers and laser-related equipment.  
Test method and classification for the laser resistance of  
surgical drapes and/or patient protective covers. Primary  
ignition and penetration
- EN ISO 11810-2: 2007 Laserid ja laseritega seotud sead-  
mestik. Laseriga kasutamiseks sobivad kirurgilised eesrii-  
ded ja/või patsiendi kaitsekatted. Teisene süttimine
- EN ISO 11990: 2003 Optika ja optilised instrumendid.  
Laserid ja laseritega seotud seadmed. Hingetoru tüve  
laserikindluse kindlaksmääramine
- EN ISO 12005: 2003 Lasers and laser-related equipment.  
Test methods for laser beam parameters. Polarization
- EN ISO 12100-1: 2003 Masinate ohutus. Põhimõisted,  
konstrueerimise üldpõhimõtted. Osa 1: Põhiterminoloogia,  
metoodika
- EN ISO 12100-2: 2003 Masinate ohutus. Põhimõisted,  
konstrueerimise üldpõhimõtted. Osa 2: Tehnilised põhi-  
mõtted
- EN 12254: 1998 Ekraanid laseriga töökohtades. Ohutus-  
nõuded ja katsetamine
- EN ISO 13694: 2001 Optics and optical instruments. Lasers  
and laser-related equipment. Test methods for laser beam  
power (energy) density distribution
- EN ISO 13695: 2004 Optics and photonics. Lasers and  
laser-related equipment. Test methods for the spectral  
characteristics of lasers
- EN ISO 13697: 2006 Optics and photonics. Lasers and  
laser-related equipment. Test methods for specular  
reflectance and regular transmittance of optical laser  
components
- EN 13857: 2008 Masinaohutus. Ohutusvahemikud, mis  
võivad käte ja jalgade sattumist ohtlikku alasse
- EN ISO 14121-1: 2007 Masinate ohutus. Riskide hinda-  
mine. Osa 1: Põhimõtted
- EN 14255-1: 2005 Measurement and assessment of  
personal exposures to incoherent optical radiation -  
Part 1: Ultraviolet radiation emitted by artificial sources in  
the workplace
- EN 14255-2: 2005 Measurement and assessment of per-  
sonal exposures to incoherent optical radiation - Part 2:  
Visible and infrared radiation emitted by artificial sources  
in the workplace

EN 14255-4: 2006 Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation - Part 4: Terminology and quantities used in UV-, visible and IR-exposure measurements

EN ISO 14408: 2005 Laserkirurgias kasutatavad trahheotoomiavoolikud. Nõuded märgistusele ja kaasnevale informatsioonile

EN ISO 15367-1: 2003 Lasers and laser-related equipment. Test methods for determination of the shape of a laser beam wavefront. Terminology and fundamental aspects

EN ISO 15367-2: 2005 Lasers and laser-related equipment. Test methods for determination of the shape of a laser beam wavefront. Shack-Hartmann sensors

EN ISO 17526: 2003 Optics and optical instruments. Lasers and laser-related equipment. Lifetime of lasers

EN ISO 22827-1: 2005 Acceptance tests for Nd:YAG laser beam welding machines. Machines with optical fibre delivery. Laser assembly

EN ISO 22827-2: 2005 Acceptance tests for Nd:YAG laser beam welding machines. Machines with optical fibre delivery. Moving mechanism

EN 60601-2-22: 1996 Medical electrical equipment Part 2. Particular Requirements for Safety. Section 2.22. Specification for diagnostic and therapeutic laser equipment

EN 60825-1: 2007 Lasertoodete ohutus. Osa 1: Seadmete klassifikatsioon ja nõuded

EN 60825-2: 2004 Lasertoodete ohutus. Osa 2: Kiudoptiliste sisesüsteemide ohutus

EN 60825-4: 2006 Lasertoodete ohutus. Osa 4: Laser-valveseadmed

EN 60825-12: 2004 Lasertoodete ohutus. Osa 12: Vaba asetusega informatsiooni ülekandeks mõeldud optiliste kommunikatsioonisüsteemide ohutus

EN 61040: 1993 Power and Energy Measuring Detectors, Instruments, and Equipment for Laser Radiation

## G.2. Euroopa juhisdokument

CLC/TR 50488: 2005 Guide to levels of competence required in laser safety

## G.3. ISO, IEC ja CIE dokumendid

ISO/TR 11146-3: 2004 Lasers and laser-related equipment. Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios. Intrinsic and geometrical laser beam classification, propagation and details of test methods

ISO TR 11991: 1995 Guidance on airway management during laser surgery of upper airway

ISO TR 22588: 2005 Optics and photonics. 2004 Lasers and laser-related equipment. Measurement and evaluation of absorption-induced effects in laser optical components

IEC TR 60825-3: 2008 Safety of Laser Products. Part 3: Guidance for laser displays and shows

IEC TR 60825-5: 2003 Safety of Laser Products. Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1

IEC TR 60825-8: 2006 Safety of Laser Products. Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans

IEC TR 60825-13: 2006 Safety of Laser Products. Part 13: Measurements for Classification of Laser Products

IEC TR 60825-14: 2004 Safety of Laser Products. Part 14: A user's guide

IEC 62471: 2006 Photobiological safety of lamps and lamp systems

CIE S 004-2001: Colours of Light Signals

ISO 16508/CIE S006.1/E-1999: Joint ISO/CIE Standard: Road Traffic Lights - Photometric Properties of 200 mm Roundel Signals

ISO 17166/CIE S007/E-1999: Joint ISO/CIE Standard: Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose

ISO 8995-1: 2002(E)/CIE S 008/E: 2001: Joint ISO/CIE Standard: Lighting of Work Places - Part 1: Indoor [incl. Technical Corrigendum ISO 8995:2002/Cor. 1:2005(E)]

CIE S 009/D: 2002: Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen

ISO 23539: 2005(E)/CIE S 010/E: 2004: Joint ISO/CIE Standard: Photometry - The CIE System of Physical Photometry

ISO 23603: 2005(E)/CIE S 012/E: 2004: Joint ISO/CIE Standard: Standard Method of Assessing the Spectral Quality of Daylight Simulators for Visual Appraisal and Measurement of Colour

CIE S 015: 2005: Lighting of Outdoor Work Places

ISO 8995-3:2006(E)/CIE S 016/E: 2005: Joint ISO/CIE Standard: Lighting of work places - Part 3: Lighting Requirements for Safety and Security of Outdoor Work Places

ISO 28077: 2006(E)/CIE S 019/E: 2006: Joint ISO/CIE Standard: Photocarcinogenesis Action Spectrum (Non-Melanoma Skin Cancers)

ISO 30061: 2007(E)/CIE S 020/E: 2007: Emergency Lighting

# LISA H. Valgustundlikkus

## H.1. Mis on valgustundlikkus?

Nähtava valguse või UV-kiirguse vallandatud keemilised reaktsioonid on loomulikud protsessid ja elusorganismide ellujäämise seisukohalt üliolulised. Neid nimetatakse ka fotokeemilisteks reaktsioonideks: rakk või molekul neelab energiat, mis seda stimuleerib, ja tulemuseks on reaktsioon.

Tavalises olukorras on toime positiivne ega kahjusta organismi (antud juhul nahka).

Siiski võib teatud ainete imendumine naha kaudu, allaneelamine või sissehingamine põhjustada tugeva või-mendusefekti ja tekitada reaalse ohu, mis sarnaneb ägeda päikesepõletusega. Neid aineid nimetatakse valgustundlikeks aineteks.

Mõnikord võib kahjustus (nagu päikesepõletus, villid, torkimistunne) tekkida peaaegu kohe.

Valgustundlike ainetega korduva kokkupuute pikaajalised tagajärjed võivad mõnel juhul suurendada krooniliste haiguste tekkeriski (nt naha kiirem vananemine või nahavähk).

Enamik valgustundlike aineid stimuleerivad UVA-kiirguse neeldumist ja vähemal määral UVB-kiirguse või nähtava valguse neeldumist. Neid esineb keskkonnas kõikjal.

Igapäeaelus: teatud ravimid, nt südame- või vererõhuvahendid, mõned köögiviljades leiduvad ained, puidukaitsevahendid, nagu karboniileum, aiataimed, parfüümid ja kosmeetika.

Töökamkkonnas: värvained, pestitsiidid, trükkimisel kasutatavad tindid, loomade toidulisandid.

Meditsiinis: valgusravi, antibakteriaalsed ained, rahustid, diureetikumid, infektsioonivastased ravimid.

Need loetelud ei ole lõplikud. Lisaks võivad igapäeaelus või meditsiinis kasutatavad valgustundlikud ained mõjutada inimese tundlikkust ainetega kokkupuutumisel töökohal.

Kahjustused sõltuvad neeldunud/allaneelatud/sissehingatud valgustundliku aine kogusest, kokkupuute intensiivsusest ja kestusest ning iga inimese pärilikest omadustest (nt nahatüüp).

## H.2. Kas see on tingimata seotud tööga?

Nagu näete, võib kokkupuude UV-kiirguse või nähtava valgusega, mis toimub valgustundlike ainetega juuresolekul, mõjutada igaüht ning see võib tuleneda nii tööga seotud kui ka mitteseotud tegevusest.

Lisaks tekitab loomulikku kiirgust peamiselt päike.

Kuna looduslikust kiirgusest põhjustatud toimeid antud direktiiv ei käsitle, on loodusliku kiirguse mõju siinkohal vaid informatsiooni mõttes mainitud.

## H.3. Mida peaksite tööandjana ette võtma?

Direktiivi kohaselt peab tööandja hindama riske, arvestades tehisklikust optilisest kiirgusest tulenevate ohtude ja riskidega.

Tööandja kohuseks on personali teavitamine kõigist võimalikest riskidest. Teadlikkuse tõstmine valgustundlike ainetega seotud võimalikest ohtudest ja riskidest on ülioluline.

#### H.4. Mida teha, kui töökohal esineb kokkupuude tehisliku optilise kiirgusega koos valgustundlike ainetega?

Kui tööandja hindab riske, ei saa ta olla teadlik eriolukordadest, nt töötajast, kes saab valgustundlikku ainet sisaldavat ravimit ja kasutab valgustundlikku ainet oma kodu remontimisel või kasutab selliseid aineid hobi-dega tegelemisel (värvid, tindid, liim) jne.

Kui inimene alustab ravi teatud valgustundlike ravimitega, hoiatab arst tavaliselt võimalikest kõrvaltoimetest päikesekiirgusega kokkupuutumisel. Kokkupuude päikesevalgusega võib mõnel juhul olla selgelt keelatud. Sellises olukorras on soovitatav vältida ka liigset kokkupuudet tehisliku (ja loodusliku) valguse või UV-kiirguse allikatega töökohal. Lugege alati etikette! On tungivalt soovitatav tööandjat sellest otse teavitada või kasutada muid teavituskanaleid, mida riigis kasutatakse.

Kui märkate nahal kõrvaltoimeid, pöörduge viivitamatult arsti poole. Kui kahtlustate, et tegu on kutsetegevusega seotud probleemiga, teavitage sellest arsti. Kui on põhjust kahtlustada kutsetegevusega seotud probleemi, on jällegi tungivalt soovitatav tööandjat sellest otse teavitada või kasutada muid teavituskanaleid, mida riigis kasutatakse. Vaid sellisel juhul on võimalik teie töötingimuste sobiv kohandamine.

# LISA I. Allikad

## I.1. Internet

Need loendid ei ole lõplikud; veebilehtede sisu suhtes ei anta soovitusi ega heakskiitu.

## I.2. Soovituslikud/normatiivsed

*Euroopa Liit*

Riik	Organisatsioon	Koduleht
Austria	AUVA	<a href="http://www.auva.at">www.auva.at</a>
Belgia	Institut pour la Prevention, la Protection et le Bien-Etre au Travail	<a href="http://www.prevent.be/net/net01.nsf">www.prevent.be/net/net01.nsf</a>
Küpros	Ημερίδα με θέμα: Ασφαλής Πρόσδεση Φορτίων	<a href="http://www.cyscha.org.cy">www.cyscha.org.cy</a>
Tšehhi Vabariik	National Institute of Public Health, Czech Republic	<a href="http://www.czu.cz">www.czu.cz</a>
	Centrum bezpečnosti práce a požární ochrany	<a href="http://www.civop.cz">www.civop.cz</a>
Taani	Danish Working Environment Authority	<a href="http://www.at.dk">www.at.dk</a>
Eesti	TÕÖINSPEKTSIOON	<a href="http://www.ti.ee">www.ti.ee</a>
Soome	Työterveyslaitos	<a href="http://www.occuphealth.fi">www.occuphealth.fi</a>
Prantsusmaa	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail	<a href="http://www.afsset.fr">www.afsset.fr</a>
Saksamaa	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	<a href="http://www.baua.de">www.baua.de</a>
	Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik	<a href="http://www.bgetf.de">www.bgetf.de</a>
Kreeka	Hellenic Institute for Occupational Health and Safety	<a href="http://www.elinyae.gr">www.elinyae.gr</a>
Ungari	Public Foundation for Research on Occupational Safety	<a href="http://www.mkk.org.hu">www.mkk.org.hu</a>
Iirimaa	Health and Safety Authority	<a href="http://www.HSA.ie">www.HSA.ie</a>
Itaalia	National Institute of Occupational Safety and Prevention	<a href="http://www.ispeslit">www.ispeslit</a>
Läti	Institute of Occupational and Environmental Health	<a href="http://home.parks.lv/ioeh">home.parks.lv/ioeh</a>
Luksemburg	Inspection du Travail et des Mines	<a href="http://www.itm.lu/itm">www.itm.lu/itm</a>
Malta	Occupational Health and Safety Authority	<a href="http://www.ohsa.org.mt">www.ohsa.org.mt</a>
Madalmaad	TNO Work and Employment	<a href="http://www.arbeid.tno.nl">www.arbeid.tno.nl</a>
Poola	Central Institute for Labour Protection	<a href="http://www.ciop.pl">http://www.ciop.pl</a>
Portugal	Autoridade para as Condições do Trabalho	<a href="http://www.act.gov.pt">www.act.gov.pt</a>
Rumeenia	Institute of Public Health	<a href="http://www.pub-health-iasi.ro">www.pub-health-iasi.ro</a>
Slovakkia	Public Health Authority of the Slovak Republic	<a href="http://www.uvzsr.sk">www.uvzsr.sk</a>
Sloveenia	Ministry of Labour, Family and Social Affairs	<a href="http://www.mddsz.gov.si">www.mddsz.gov.si</a>
Hispaania	National Institute of Safety and Hygiene at Work	<a href="http://www.insht.es/portal/site/Insht">www.insht.es/portal/site/Insht</a>
	Association for the Prevention of Accidents	<a href="http://www.apa.es">www.apa.es</a>
Rootsi	Swedish Radiation Protection Agency	<a href="http://www.ssi.se">www.ssi.se</a>
Ühendkuningriik	Health Protection Agency	<a href="http://www.hpa.org.uk">www.hpa.org.uk</a>
	Health and Safety Executive	<a href="http://www.hse.gov.uk">www.hse.gov.uk</a>

## Rahvusvahelised

Organisatsioon	Koduleht
Rahvusvaheline Mitteioniseeriva Kiirguse Eest Kaitsmise Komisjon (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection)	<a href="http://www.icnirp.de">www.icnirp.de</a>
Rahvusvaheline Valgustuskomisjon (International Commission on Illumination)	<a href="http://www.cie.co.at">www.cie.co.at</a>
Maailma Terviseorganisatsioon	<a href="http://www.who.int">www.who.int</a>
Ameerika Riiklik Tööstushügieenikute Konverents (American Conference on Governmental Industrial Hygienists)	<a href="http://www.acgih.org">www.acgih.org</a>
Euroopa Ametiühingute Konföderatsioon (European Trade Union Confederation)	<a href="http://www.etuc.org">www.etuc.org</a> <a href="http://hesa.etui-rehs.org">hesa.etui-rehs.org</a>
Euroopa Rahvatervise Liit (European Public Health Alliance)	<a href="http://www.ephra.org/r/64">www.ephra.org/r/64</a>
Euroopa Tööohutuse ja Töetervishoiu Agentuur (The European Agency for Safety and Health at Work)	<a href="http://osha.europa.eu/">osha.europa.eu/</a>
Rahvusvaheline Töetervishoiu Komisjon (International Commission on Occupational Health)	<a href="http://www.icohweb.org">www.icohweb.org</a>

## Ülejäänud maailm

Riik	Organisatsioon	Koduleht
USA	USA Toidu- ja Ravimiameti Seadmete ja Radioloogilise Tervise Keskus (US Food and Drug Administration Center for Devices and Radiological Health)	<a href="http://www.fda.gov/cdrh/">www.fda.gov/cdrh/</a>
USA	USA Toidu- ja Ravimiameti Meditsiiniõnnetuste Andmebaas (US Food and Drug Administration Medical Accident Database)	<a href="http://www.accessdata.fda.gov">www.accessdata.fda.gov</a>
USA	USA Armees Terviseedenduse ja Ennetava Meditsiini Keskus, laserite ja optilise kiirguse programm (United States Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine, Laser/Optical Radiation Program)	<a href="http://chppm-www.apgea.army.mil/laser/laser.html">chppm-www.apgea.army.mil/laser/laser.html</a>
Austraalia	Austraalia Kiirguskaitse ja Tuumaohutuse Agentuur (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency)	<a href="http://www.arpana.gov.au">www.arpana.gov.au</a>

## I.3. Standardid

Organisatsioon	Koduleht
Rahvusvaheline Elektrotehnikakomisjon (International Electrotechnical Commission)	<a href="http://www.iec.ch">www.iec.ch</a>
Euroopa Elektrotehnilise Standardimise Komitee (European Committee for Electrotechnical Standardization)	<a href="http://www.cenelec.eu">www.cenelec.eu</a>
Euroopa Standardimiskomitee (European Committee for Standardization)	<a href="http://www.cen.eu">www.cen.eu</a>
Rahvusvaheline Standardimisorganisatsioon (International Organization for Standardization)	<a href="http://www.iso.org">www.iso.org</a>
Ameerika Riiklik Standardiinstituut (American National Standards Institute)	<a href="http://www.ansi.org">www.ansi.org</a>
USA Laserohutuse Standardid (US Laser Safety Standards)	<a href="http://www.z136.org">www.z136.org</a>



## I.4. Assotsiatsioonid/veebikataloogid

Organisatsioon	Koduleht
Euroopa Optikaühing (European Optical Society)	<a href="http://www.myeos.org">www.myeos.org</a>
SPIE	<a href="http://www.spie.org">www.spie.org</a>
Ameerika Optikaühing (Optical Society of America)	<a href="http://www.osa.org">www.osa.org</a>
Ameerika Laseriinstituut (Laser Institute of America)	<a href="http://www.laserinstitute.org">www.laserinstitute.org</a>
Laserikasutajate Ühing (Association of Laser Users)	<a href="http://www.ailu.org.uk">www.ailu.org.uk</a>
Füüsikainstituut (Institute of Physics)	<a href="http://www.iop.org">www.iop.org</a>
Füüsika- ja Meditsiinitehnika Instituut (Institute of Physics and Engineering in Medicine)	<a href="http://www.ipem.org.uk">www.ipem.org.uk</a>
Briti Lasermeditsiini Assotsiatsioon (British Medical Laser Association)	<a href="http://www.bmla.co.uk">www.bmla.co.uk</a>
Euroopa Gaasküttekehade Tootjate Juhtiv Assotsiatsioon (European Leading Association of Luminous Radiant gas heaters Manufacturers)	<a href="http://www.elvhis.com">www.elvhis.com</a>

## I.5. Ajakirjad

[www.optics.org](http://www.optics.org)

Opto & Laser Europe

[www.health-physics.com](http://www.health-physics.com)

Ajakiri „Health Physics”

[www.oxfordjournals.org/our\\_journals/rpd/about.html](http://www.oxfordjournals.org/our_journals/rpd/about.html)

Otsige laseritega seotud publikatsioonide kokkuvõtteid ajakirjast „Radiation Protection Dosimetry”

[lfw.pennnet.com/home.cfm](http://fw.pennnet.com/home.cfm)

„Laser Focus World” – igakuine optikateemaline ajakiri USA-s

[www.photonics.com](http://www.photonics.com)

Ajakirjad „Photonics Spectra”, „Europhotonics” ja „BioPhotonics”

[scitation.aip.org/jla/](http://scitation.aip.org/jla/)

Ajakiri „Journal of Laser Applications”

[www.springerlink.com/content/1435-604X/](http://www.springerlink.com/content/1435-604X/)

Ajakiri „Lasers in Medical Science”

[fibers.org/fibresystems/schedule/fse.cfm](http://fibers.org/fibresystems/schedule/fse.cfm)

Ajakiri „Fibre Systems Europe”

[www.laserist.org/Laserist/](http://www.laserist.org/Laserist/)

Organisatsiooni International Laser Display Association ajakiri „Laserist”

[www.ledsmagazine.com](http://www.ledsmagazine.com)

Elektroonikaajakiri, mis käsitleb valgusdiodide (LED-ide) rakendusalasid

[www.ils-digital.com](http://www.ils-digital.com)

Ajakiri „Industrial Laser Solutions”

[www.rp-photonics.com/encyclopedia.html](http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html)

Lasereid ja optikat käsitlev veebientsüklopeedia

## I.6. CD-d, DVD-d ja muud allikad

Allikas	Tarnija	Märkused
Limits CD	Austrian Research Centers (Austria Uurimiskeskused)	Interaktiivne koolitussüsteem (inglise ja saksa keeles) laserohutusest tööstuses ja teadustöös. CD-l on 30-minutilise video, mis võtab kokku 9 peatükki. Peatükke saab vaadata ka eraldi. Lisaks on CD-l testide osa (valikvastustega küsimused) ja sõnastik.
LIA – Mastering Light – Laser Safety DVD	LIA	Käsitleb laserite rakendusalasid, laserite tüüpe, laserite seonduvaid ohtusid, kontrollmeetmeid, märke ja pealdisi, silmakaitsete hooldust jne. Sisaldab laserite endise klassifikatsiooni üksikasju.
Laser Safety in Higher Education on DVD	University of Southampton (Southamptoni Ülikool)	Käsitleb laserikiirguse toimet organismile, ohutusmeetmeid, neutraliseerivaid filtreid jne. Sisaldab laserite endise klassifikatsiooni üksikasju.
LIA – CLSOs’ Best Practices in Laser Safety on CD	LIA	Raamat + CD. CD-l on PowerPointi esitlus peatükkidest 5.2.1.1 ja 5.2.1.3. Raamat on mõeldud kasutamiseks vahendina laserohutuse programme arendamisel.
Prevention of Labour Risks on CD	INSHT	Koolituskursus laseri funktsioonide kohta edasijõudnutele. 2. versioon.
Guide to Laser Safety	Laservision	Brošüür (inglise ja saksa keeles). Brošüür keskendub peamiselt laserohutusega seotud kaitseprillidele ja filtritele.
Laser-Augenschutz Filter-Select	BGETF	ACCESSI laseritega kasutatavate silmakaitsete interaktiivne andmebaas.

# LISA J. Sõnastik

## Heledus

suurus on määratud valemiga

$$L_v = \frac{d\Phi_v}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

kus:

$d\Phi_v$  on elementaarkiirena edastatud valgusvoog, mis liigub läbi kindla punkti ja levib ruuminurgas  $d\Omega$ , mis sisaldab antud suunda;

$dA$  on selle kiire ristlõike pindala, mis sisaldab antud punkti;

$\theta$  on selle elementaarpinna normaali ja kiire suuna vaheline nurk

tähis:  $L_v$

ühik:  $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$

## Infrapunakiirgus (IR)

optiline kiirgus, mille lainepikkus on nähtava valguse lainepikkusest pikem

Infrapunakiirguse puhul jagatakse lainepikkus vahemikus 780–10<sup>6</sup> nm tavaliselt järgmiselt:

IRA (780–1400 nm)

IRB (1400–3000 nm)

IRC (3000–10<sup>6</sup> nm)

## Kaitsereaktsioon, tahtlik või tahtmatu

silma sulgemine, silma liigutamine, pupilli ahenemine või pea liigutamine, et vältida kokkupuudet optilise kiirgusega

## Kiirgussäritus

pinnaelemendile langeva kiirgusenergia  $dQ$  ja selle elemendi pindala  $dA$  jagatis antud ajaperioodil

$$H = \frac{dQ}{dA}$$

Samamoodi on kiirgustiheduse  $E$  integraal antud punktis antud ajaperioodi  $\Delta t$  jooksul

$$H = \int_{\Delta t} E \cdot dt$$

SI-süsteemi ühik:  $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$

## Kiiritustihedus (pinna teatud punktis)

pinnaelemendile langeva kiirgusvoo  $d\Phi$  ja elemendi pindala  $dA$  jagatis, st

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

SI-süsteemi ühik:  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

## Kirkus

(kindlas suunas tegeliku või kujuteldava pinna kindlas punktis)

suurus on määratud valemiga

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

kus:

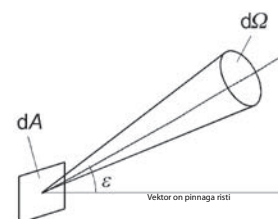
$d\Phi_v$  on elementaarkiirena edastatud kiirgusvõimsus (voog), mis liigub läbi teatud punkti ja levib ruuminurgas  $d\Omega$ , mis sisaldab antud suunda;

$dA$  on selle kiire ristlõike pindala, mis sisaldab antud punkti;

$\varepsilon$  on nurk selle elementaarpinna normaali ja kiire suuna vaheline nurk

tähis:  $L$

SI-süsteemi ühik:  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$



Kirkuse definitsiooni skeem  
Vektor on pinnaga risti

## Kokkupuute piirväärtus

silma või nahaga maksimaalne kokkupuute määr, mis eeldatavalt ei põhjusta bioloogilist kõrvaltoimet

## Mittekoherentne kiirgus

igasugune optiline kiirgus, v.a laserikiirgus

## Nähtav kiirgus

igasugune optiline kiirgus, mis tekitab otseselt nägemisaistingu

Märkus: nähtava kiirguse spektraalse vahemiku jaoks pole seatud täpseid piire, kuna need sõltuvad võrkkestale jõudvast kiirgusvõimsusest ja võrkkesta reageerivusest. Alumiseks piiriks loetakse tavaliselt lainepikkust vahemikus 360–400 nm, ülemiseks piiriks lainepikkust vahemikus 760–830 nm

## Ohtlik kaugus

minimaalne kaugus kiirgusallikast, mille juures kiiritustihedus/kirkus jääb allapoole kokkupuute piirväärtust

## Ohutu kaugus nahale

kaugus, mille puhul kiiritustihedus ületab naha kaheksatunnise kokkupuute piirtaseme  
ühik: m

## Ohutu kaugus silmale (OHD)

kaugus, mille juures kiire kiiritustihedus või kiirgussäritus võrdub silma vastava kokkupuute piirväärtusega

## Optiline kiirgus

elektromagnetikiirgus, mille lainepikkus jääb röntgenkiirguse (lainepikkus  $\leq 1$  nm) ja raadiolainete (lainepikkus  $\geq 10^6$  nm) vahele

## Sinisest valgusest tulenev oht

võrkkesta fotokeemilise kahjustuse tekke võimalus, mille põhjustajaks on kokkupuude optilise kiirgusega lainepikkuste vahemikus 300–700 nm

## Sinisest valgusest tuleneva ohu kaalumiskriteerium

spektraalne kaalumiskriteerium, mis näitab ultraviolettkiirguse ja nähtava valguse fotokeemilist toimet võrkkestal.

tähis:  $B(\lambda)$

SI-süsteemi ühik: puudub

## Ultraviolettkiirgus (UV)

optiline kiirgus, mille lainepikkus on nähtava valguse lainepikkusest lühem

Ultraviolettkiirguse puhul jagatakse lainepikkus vahemikus 100–400 nm tavaliselt järgmiselt:

UVA, 315–400 nm

UVB, 280–315 nm

UVC, 100–280 nm

Õhus leiduv hapnik neelab suure osa ultraviolettkiirgust, mille lainepikkus on alla 180 nm (vaakumi UV-kiirgus)

## Ultraviolettkiirgusega seotud oht

silma ja naha ägeda ning kroonilise kahjustuse tekke võimalus, mille põhjustajaks on kokkupuude optilise kiirgusega lainepikkuste vahemikus 180–400 nm

## Ultraviolettkiirgusega seotud ohu kaalumiskriteerium

spektraalne kaalumiskriteerium, mis on loodud tervisekaitse eesmärkidel ja mis kajastab ultraviolettkiirguse kombineeritud ägedat toimet silmale ja nahale

## Valgustustihedus ( $E_v$ )

(pinna teatud punktis)

pinnaelemendile langeva valgusvoo  $d\Phi_v$  ja selle elemendi pindala  $dA$  jagatis

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dA}$$

ühik: lux (lx)

### Võrkkesta termokahjustuse oht

võimalik silmakahjustus, mille põhjustab kokkupuude optilise kiirgusega lainepikkuste vahemikus 380–1400 nm

### Võrkkesta termokahjustuse ohu kaalumiskriteerium

spektraalne kaalumiskriteerium, mis näitab nähtava valguse ja infrapunakiirguse termilist toimet võrkkestale  
tähis: R(l)

SI-süsteemi ühik: puudub

### Võrkkestakahjustuse vahemik

spektrivahemik 380–1400 nm (nähtav valgus ja IR-A), mille piires silma tavapärase ehituse tõttu jõuab optiline kiirgus võrkkestani

# LISA K. Bibliograafia

## K.1. Laserite ajalugu

How the Laser Happened – Adventures of a Scientist. Charles H Townes. Oxford University Press, 1999.

The Laser Odyssey. Theodore Maiman. Laser Press, 2000.

The History of the Laser. M Bertolotti. Institute of Physics Publishing, 2005.

Beam: The Race to Make the Laser. Jeff Hecht. Oxford University Press, 2005.

Laser: The Inventor, the Nobel Laureate, and the Thirty-Year Patent War. Nick Taylor. iUniverse.com, 2007.

- Volume 1: Principles
- Volume 2: Laser Design and Laser Systems
- Volume 3: Applications

Colin Webb and Julian Jones, Editors. Institute of Physics Publishing, 2004.

Principles of Lasers and Optics. William S C Chang. Cambridge University Press, 2005.

Field Guide to Lasers. Rüdiger Paschotta. SPIE Press, 2008.

## K.2. Meditsiinilised laserid

Medical Lasers and their Safe Use. D Sliney and S Trokel. Springer-Verlag, New York, 1993.

Laser-Tissue Interactions - Fundamentals and Applications. Markolf H. Niemz. Springer, 2004.

## K.3. Laserite ja optilise kiirgusega seotud ohutus

Safety with Lasers and Other Optical Sources. D Sliney and M Wolbarsht. Plenum, New York, 1980.

Practical Laser Safety. D C Winburn. Marcel Dekker Inc. New York, 1985.

The Use of Lasers in the Workplace: A Practical Guide. International Labour Office, Geneva, 1993.

Laser Safety. Roy Henderson and Karl Schulmeister. Institute of Physics Publishing, 2003.

Laser Safety Management. Ken Barat. CRC Press/Taylor & Francis, 2006.

Schutz vor optischer Strahlung. Ernst Sutter. VDE Verlag GmbH, 2002.

## K.5. Juhised ja avaldused

Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). Health Physics 87 (2): 171-186; 2004.

Revision of the Guidelines on Limits of Exposure to Laser radiation of wavelengths between 400nm and 1.4µm. Health Physics 79 (4): 431-440; 2000.

Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3µm). Health Physics 73 (3): 539-554; 1997.

Guidelines on UV Radiation Exposure Limits. Health Physics 71 (6): 978; 1996.

Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 71 nm (Incoherent Optical Radiation). 804-819; 1996.

Proposed Change to the IRPA 1985 Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation. Health Physics 56 (6): 971-972; 1989.

Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). Health Physics 49 (2): 331-340; 1985.

ICNIRP Statement on Far Infrared Radiation Exposure. Health Physics 91 (6):

Adjustment of guidelines for exposure of the eye to optical radiation from ocular instruments: statement from a task group of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Sliney D, Aron-Rosa D, DeLori F, Fankhouser F, Landry R, Mainster M, Marshall J, Rasso B, Stuck B, Trokel S, West T, and Wolfe M. Applied Optics 44 (11): 2162-2176; 2005.

Introduction to Laser Technology. Breck Hitz, J J Ewing & Jeff Hecht. IEEE Press, 2001.

Handbook of Laser Technology and Applications

- Health Issues of Ultraviolet Tanning Appliances used for Cosmetic Purposes. *Health Physics* 84 (1): 119-127; 2004.
- Light-Emitting Diodes (LEDS) and Laser Diodes: Implications for Hazard Assessment. *Health Physics* 78 (6): 744-752; 2000.
- Laser Pointers. *Health Physics* 77 (2): 218-220; 1999.
- Health Issues of Ultraviolet Tanning Appliances used for Cosmetic Purposes. *Health Physics* 61 (2): 285-288; 1991.
- Fluorescent Lighting and Malignant Melanoma. *Health Physics* 58 (1): 111-112; 1990.
- UV exposure guidance: a balanced approach between health risks and health benefits of UV and Vitamin D. *Proceedings of an International Workshop. Progress in Biophysics and Molecular Biology, Vol 92, Number 1; September 2006 - ISSN 0079-6107.*
- Ultraviolet Radiation Exposure, Measurement and Protection. *Proceedings of an International Workshop, NRPB, Chilton, UK, 18-20 October, 1999.* AF McKinlay, MH Repacholi (eds.) Nuclear Technology Publishing, Radiation Protection Dosimetry, Vol 91, 1-3, 1999. ISBN 1870965655.
- Measurements of Optical Radiation Hazards. A reference book based on presentations given by health and safety experts on optical radiation hazards, Gaithersburg, Maryland, USA, September 1-3, 1998. Munich: ICNIRP / CIE-Publications; 1999. ISBN 978-3-9804789-5-3.
- Protecting Workers from UV Radiation. Munich: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, International Labour Organization, World Health Organization; 2007. ISBN 978-3-934994-07-2.
- Documents of the NRPB:  
Volume 13, No. 1, 2002. Health Effects from Ultraviolet Radiation: Report of an Advisory Group on Non-Ionising Radiation. Health Protection Agency. ISBN 0-85951-475-7  
Documents of the NRPB: Volume 13, No. 3, 2002. Advice on Protection Against Ultraviolet Radiation. Health Protection Agency. ISBN 0-85951-498-6.

# LISA L. Direktiiv 2006/25/EÜ

L 114/38

ET

Euroopa Liidu Teataja

27.4.2006

## EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2006/25/EÜ,

5. aprill 2006,

### töötervishoiu ja tööohutuse miinimumnõuete kohta seoses töötajate kokkupuutega füüsilistest mõjuritest (tehislik optiline kiirgus) tulenevate riskidega (üheteistkümnemes üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses)

EUROOPA PARLAMENT JA EUROOPA LIIDU NÕUKOGU,

võttes arvesse Euroopa Ühenduse asutamislepingut, eriti selle artikli 137 lõiget 2,

võttes arvesse komisjoni ettepanekut,<sup>(1)</sup> mis esitati pärast tööohutuse ja -tervishoiu nõuandekomiteega konsulteerimist,

võttes arvesse Euroopa Majandus- ja Sotsiaalkomitee arvamust,<sup>(2)</sup>

pärast konsulteerimist Regioonide Komiteega,

toimides asutamislepingu artiklis 251 sätestatud korras,<sup>(3)</sup> arvestades lepituskomitee poolt 31. jaanuaril 2006. aastal heaks kiidetud ühist teksti

ning arvestades järgmist:

(1) Asutamislepingu kohaselt võib nõukogu direktiividega vastu võtta miinimumnõuded, et soodustada eelkõige töökeskkonna parandamist töötajate tervise ja ohutuse paremaks kaitsmiseks. Sellised direktiivid hoiduvad haldus-, finants- ja õiguslike piirangute kehtestamisest viisil, mis pidurdaks väikeste ja keskmise suurusega ettevõtjate (VKEde) loomist ja arengut.

(<sup>1</sup>) EÜT C 77, 18.3.1993, lk 12 ja EÜT C 230, 19.8.1994, lk 3.

(<sup>2</sup>) EÜT C 249, 13.9.1993, lk 28.

(<sup>3</sup>) Euroopa Parlamendi 20. aprilli 1994. aasta arvamus (EÜT C 128, 9.5.1994, lk 146), kinnitatud 16. septembril 1999 (EÜT C 54, 25.2.2000, lk 75), nõukogu 18. aprilli 2005. aasta ühine seisukoht (ELT C 172 E, 12.7.2005, lk 26) ja Euroopa Parlamendi 16. novembri 2005. aasta seisukoht (*Euroopa Liidu Teatajas* seni avaldamata). Euroopa Parlamendi 14. veebruari 2006. aasta õigusloomega seotud resolutsioon (*Euroopa Liidu Teatajas* seni avaldamata) ja nõukogu 23. veebruari 2006. aasta otsus.

(2) Komisjoni teatis ühenduse töötajate sotsiaalsete põhiõiguste harta rakendamist käsitleva tegevusprogrammi kohta näeb ette töötervishoiu ja tööohutuse miinimumnõuete kehtestamise seoses töötajate kokkupuutega füüsilistest mõjuritest tulenevate riskidega. 1990. aasta septembris võttis Euroopa Parlament vastu seda tegevusprogrammi käsitleva resolutsiooni,<sup>(4)</sup> milles kutsutakse komisjoni üles eelkõige koostama eridirektiivi töökohal müra ja vibratsioonist ning muudest füüsilistest mõjuritest tulenevate riskide kohta.

(3) Esimese sammuna võtsid Euroopa Parlament ja nõukogu 25. juunil 2002. aastal vastu direktiivi 2002/44/EÜ töötervishoiu ja tööohutuse miinimumnõuete kohta seoses töötajate kokkupuutega füüsilistest mõjuritest (vibratsioon) tulenevate riskidega (kuueteistkümnemes üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses)<sup>(5)</sup>. Järgmisena võtsid Euroopa Parlament ja nõukogu 6. veebruaril 2003. aastal vastu direktiivi 2003/10/EÜ töötervishoiu ja tööohutuse miinimumnõuete kohta seoses töötajate kokkupuutega füüsilistest mõjuritest (müra) tulenevate riskidega (seitsmeteistkümnemes üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses)<sup>(6)</sup>. Seejärel võtsid Euroopa Parlament ja nõukogu 29. aprillil 2004. aastal vastu direktiivi 2004/40/EÜ töötervishoiu ja tööohutuse miinimumnõuete kohta seoses töötajate kokkupuutega füüsilistest mõjuritest (elektromagnetväli) tulenevate riskidega (kaheksateistkümnemes üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses)<sup>(7)</sup>.

(4) Nüüd peetakse vajalikuks kehtestada meetmed töötajate kaitseks optilise kiirgusega seotud riskide eest seoses nende mõjuga töötajate tervisele ja ohutusele ning eriti selle kahjustava toime tõttu silmadele ja nahale. Need meetmed ei ole mõeldud üksnes iga üksiku töötaja isikliku tervise ja ohutuse tagamiseks, vaid ka selleks, et luua kõikidele ühenduse töötajatele teatav minimaalne kaitsetase, hoidmaks ära võimalikke konkurentsimoonusi.

(5) Käesoleva direktiivi üheks eesmärgiks on õigeaegselt avastada optilise kiirgusega kokkupuutest tulenevaid kahjulikke tervisemõjusid.

(<sup>4</sup>) EÜT C 260, 15.10.1990, lk 167.

(<sup>5</sup>) EÜT L 177, 6.7.2002, lk 13.

(<sup>6</sup>) ELT L 42, 15.2.2003, lk 38.

(<sup>7</sup>) ELT L 159, 30.4.2004, lk 1.



- (6) Käesoleva direktiiviga sätestatakse miinimumnõuded, millega antakse liikmesriikidele võimalus säilitada või kehtestada töötajate kaitseks rangemaid sätteid, eelkõige määrata kindlaks madalamad kokkupuute piirväärtused. Käesoleva direktiivi rakendamine ei tohi õigustada liikmesriigis juba valitseva olukorra halvenemist.
- (7) Optilise kiirguse ohtude eest kaitsev süsteem peab piirduma taotletavate eesmärkide, järgitavate põhimõtete ning põhiväärtuste määratlusega, mis ei lasku liigselt üksikasjadesse, et liikmesriikidel oleks võimalik kõnealuseid miinimumnõudeid ühtselt kohaldada.
- (8) Optilise kiirgusega kokkupuutumise taset on võimalik tõhusalt vähendada, kui võtta juba töökohtade loomisel ennetusmeetmeid ning valida sellised töövahendid, -kord ja -meetodid, mille esmaseks eesmärgiks oleks riskide vähendamine nende tekkimisel. Seega aitavad töövahendeid ja -meetodeid käsitlevad sätted kaasa asjaomaste töötajate kaitsmisele. Vastavalt nõukogu 12. juuni 1989. aasta direktiivi 89/391/EMÜ töötajate tervishoiu ja tööohutuse parandamist soodustavate meetmete kehtestamise kohta<sup>(1)</sup> artikli 6 lõikes 2 sätestatud üldistele ennetuspõhimõtetele eelistatakse kollektiivseid kaitsemeetmeid üksikult võetavatele kaitsemeetmetele.
- (9) Tööandjad peaksid kooskõlas tehnika arenguga ja teaduslikult põhjendatud teadmistega optilise kiirgusega kokkupuutest tulenevate riskide kohta tegema ümberkorraldusi, et parandada töötajate ohutust ja tervisekaitset.
- (10) Kuna käesolev direktiiv on üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses, kohaldatakse nimetatud direktiivi töötajate kokkupuute puhul optilise kiirgusega, ilma et see piiraks käesolevas direktiivis sisalduvaid rangemaid ja/või spetsiifilisemaid sätteid.
- (11) Käesolev direktiiv on konkreetne samm siseturu sotsiaalse mõõtme väljaarendamisel.
- (12) Täiendavat lähenemisi, mis edendab parema reguleerimise põhimõtet ning tagab kaitstuse kõrge taseme, võib saavutada, kui optilise kiirguse allikate ja nendega seotud seadmete tootjate tooted vastavad ühtlustatud standarditele, mille eesmärk on kaitsta kasutajate tervist ja ohutust sellistest toodetest tulenevate ohtude eest; sellest tulenevalt pole tööandjatel vaja korrata mõõtmisi ega arvutusi,

mida tootja on juba teinud, et määrata, kas sellised seadmed vastavad kohaldatavate ühenduse direktiividega sätestatud olulistele ohutusnõuetele, tingimusel et seadmeid on nõuetekohaselt ja regulaarselt hooldatud.

- (13) Käesoleva direktiivi rakendamiseks vajalikud meetmed tuleks vastu võtta vastavalt nõukogu 28. juuni 1999. aasta otsusele 1999/468/EÜ, millega kehtestatakse komisjoni rakendusvolituste kasutamise menetlused<sup>(2)</sup>.
- (14) Kokkupuute piirväärtusest juhindumine peaks andma kõrge kaitsetaseme optilise kiirgusega kokkupuutest tulenevate võimalike terviseohude puhul.
- (15) Komisjon peaks koostama praktilise juhendi, et aidata tööandjatel, eelkõige VKEde juhtidel käesoleva direktiivi tehnilistest sätetest paremini aru saada. Komisjon peaks üritama juhendi võimalikult kiiresti valmis saada, et lihtsustada liikmesriikidel käesoleva direktiivi kohaldamiseks vajalike meetmete vastuvõtmist.
- (16) Kooskõlas paremat õigusloomet käsitleva institutsiooni-devahelise kokkuleppe<sup>(3)</sup> punktiga 34 julgustatakse liikmesriike koostama nende endi jaoks ja ühenduse huvides vastavustabeleid, kus on võimalikult suures ulatuses välja toodud vastavus käesoleva direktiivi ja ülevõtmismetmete vahel, ning need tabelid avalikustama,

ON VASTU VÕTNUD KÄESOLEVA DIREKTIIVI:

I JAGU

## ÜLDSÄTTED

### Artikkel 1

#### Eesmärk ja reguleerimisala

- Käesolev direktiiv, mis on üheksateistkümnnes üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses, sätestab miinimumnõuded töötajate kaitseks tehniliku optilise kiirgusega kokkupuutest tulenevate või tuleneda võivate riskide eest nende tervisele ja ohutusele töö ajal.
- Käesolev direktiiv osutab töötajate tervise- ja ohutusriskile, mis tuleneb tehniliku optilise kiirgusega kokkupuute kahjulikest mõjudest silmadele ja nahale.

<sup>(1)</sup> EÜT L 183, 29.6.1989, lk 1. Direktiivi on muudetud Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrusega (EÜ) nr 1882/2003 (ELT L 284, 31.10.2003, lk 1).

<sup>(2)</sup> EÜT L 184, 17.7.1999, lk 23.

<sup>(3)</sup> ELT C 321, 31.12.2003, lk 1.

3. Direktiivi 89/391/EMÜ sätteid kohaldatakse tervikuna kogu lõikes 1 nimetatud valdkonnas, ilma et see piiraks käesolevas direktiivis sisalduvate rangemate ja/või täpsemate sätete kohaldamist.

## Artikkel 2

### Mõisted

Käesolevas direktiivis kasutatakse järgmisi mõisteid:

a) *optiline kiirgus* – elektromagnetkiirgus, mille lainepikkus on vahemikus 100 nm kuni 1 mm. Optilise kiirguse spekter jaguneb ultraviolettkiirguseks, nähtavaks valguseks ja infrapunakiirguseks.

i) *ultraviolettkiirgus* – optiline kiirgus, mille lainepikkuse väärtus on vahemikus 100 nm kuni 400 nm. Ultraviolettpiirkond jaguneb: UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm) ja UV-C (100–280 nm);

ii) *nähtav valgus* – optiline kiirgus, mille lainepikkuse väärtus on vahemikus 380 kuni 780 nm;

iii) *infrapunakiirgus* – optiline kiirgus, mille lainepikkuse väärtus on vahemikus 780 nm kuni 1 mm. Infrapunapiirkond jaguneb: IR-A (780–1 400 nm), IR-B (1 400–3 000 nm) ja IR-C (3 000 nm–1 mm);

b) *laser (valguse võimendamine stimuleeritud kiirguse kaudu)* – seade, mida saab, peamiselt juhitava stimuleeritud emissiooni tõttu, kasutada optilise kiirguse lainepikkuse vahemikus oleva elektromagnetkiirguse tekitamiseks või võimendamiseks;

c) *laserkiirgus* – laserist lähtuv optiline kiirgus;

d) *mittekoherentne kiirgus* – optiline kiirgus mis ei ole laserkiirgus;

e) *kokkupuute piirväärtused* – optilise kiirgusega kokkupuute piirväärtused, mis põhinevad otseselt kindlaksmääratud tervisemõjule ja bioloogilistele kaalutlustele. Vastavus nimetatud piirväärtustele tagab, et optilise kiirguse tehisallikatega kokkupuutuvad töötajad on kaitstud kõikide teadaolevate kahjulike tervisemõjude eest;

f) *kiirgusintensiivsus (E) või võimsustihedus* – kiirguse võimsus pindalaühiku kohta, mida väljendatakse vattides ruutmeetri kohta ( $W m^{-2}$ );

g) *kokkupuude kiirgusega (H)* – kiirgusintensiivsuse ajaintegraal, mida väljendatakse džaulides ruutmeetri kohta ( $J m^{-2}$ );

h) *kiirgustihedus (L)* – kiirgusvoog või väljundvõimsus ruuminurgäühiku ja pindalaühiku kohta, mida väljendatakse vattides ruutmeetri ja steradiaani kohta ( $W m^{-2} sr^{-1}$ );

i) *tase* – kiirgusintensiivsuse, kiirguse ja kiirgustiheduse koostoime/koosmõju, millega töötaja kokku puutub.

## Artikkel 3

### Kokkupuute piirväärtused

1. Muudest, kui looduslikest optilise kiirguse allikatest pärineva mittekoherentse kiirgusega kokkupuute piirväärtused on sätestatud I lisas.

2. Laserkiirgusega kokkupuute piirväärtused on sätestatud II lisas.

## II JAGU

### TÖÖANDJATE KOHUSTUSED

## Artikkel 4

### Kokkupuute kindlaksmääramine ja riskianalüüs

1. Kui töötajad puutuvad kokku tehilike optilise kiirguse allikatega, peab tööandja direktiivi 89/391/EMÜ artikli 6 lõikes 3 ja artikli 9 lõikes 1 sätestatud kohustuste täitmisel hindama ja vajaduse korral mõõtma ja/või arvutama optilise kiirgusega kokkupuute tasemeid, millega töötajad tõenäoliselt kokku puutuvad, et oleks võimalik kindlaks määrata ja jõustada vajalikud meetmed kokkupuute piiramiseks kohaldatavate piirväärtusteni. Hindamise, mõtmise ja/või arvutamise meetodika järgib laserkiirguse osas Rahvusvahelise Elektrotehnika Komisjoni (IEC) standardeid ja mittekoherentse kiirguse osas Rahvusvahelise Valgustuskomisjoni (CIE) ja Euroopa Standardikomitee (CEN) soovitusi. Kokkupuutesituatsioonides, mis ei ole hõlmatud nimetatud standardite ja soovitustega ja kuni asjakohased EL standardid või soovitused muutuvad kättesaadavaks, kasutatakse hindamisel, mõotmisel ja/või arvutamisel kasutusel olevaid siseriiklikke või rahvusvahelisi teaduspõhiseid juhiseid. Mõlemas kokkupuutesituatsioonis võib hindamisel arvesse võtta seadme valmistaja poolt esitatud teavet, kui seade on hõlmatud asjakohaste ühenduse direktiividega.

2. Lõikes 1 osutatud hindamist, mõõtmist ja/või arvutusi kavandavad ja teostavad pädevad teenistused või isikud kohase tihedusega, arvestades eelkõige direktiivi 89/391/EMÜ artiklite 7 ja 11 sätteid pädevate teenistuste või isikute ning töötajatega konsulteerimise ja nende osalemise kohta. Lõikes 1 nimetatud kokkupuute taseme hindamisel saadud andmed, sealhulgas mõõtmisel ja/või arvutusel saadud andmeid, säilitatakse sobival kujul nii, et neid oleks hiljem võimalik kasutada.

3. Vastavalt direktiivi 89/391/EMÜ artikli 6 lõikele 3 pöörab tööandja riskianalüüsil erilist tähelepanu järgmisele:

- a) tehnilike optilise kiirguse allikatega kokkupuute tase, laine pikkuste vahemik ja kestus;
- b) käesoleva direktiivi artiklis 3 sätestatud kokkupuute piirväärtused;
- c) eriti tundlikesse riskirühmadesse kuuluvate töötajate tervisele ja ohutusele avalduv mõju;
- d) optilise kiirguse ja valgustundlike kemikaalide omavahealise koostoime poolt töökohal töötajate tervisele ja ohutusele avalduv mõju;
- e) kaudsed mõjud nagu ajutine pimestamine, plahvatus või tulekahju;
- f) tehniliku optilise kiirgusega kokkupuute taseme vähendamiseks kavandatud asendusseadmete olemasolu;
- g) tervisekontrolli käigus saadavad asjakohased andmed, sealhulgas avaldatud andmed, kuivõrd see on võimalik;
- h) kokkupuute mitme tehniliku optilise kiirguse allikaga;
- i) asjakohase IEC standardi kohane laserile kohaldatav klassifikatsioon ja kõik vastavad klassifikatsioonid kõikide tehnilike allikate kohta, mis võivad tekitada sarnast kahju kui 3b või 4 klassi laser;
- j) optilise kiirguse allikate ja nendega seotud töövahendite tootjate poolt antud andmed, mis vastavad asjaomastele ühenduse direktiividele.

4. Tööandja valduses peab olema riskianalüüs, mis vastab direktiivi 89/391/EMÜ artikli 9 lõike 1 punktile a, ning ta teeb kindlaks, milliseid meetmeid tuleb võtta kooskõlas käesoleva direktiivi artiklitega 5 ja 6. Riskianalüüs kantakse vastavalt siseriiklikule õigusele ja tavale sobivale andmekandjale; selles võib sisalduda tööandja põhjendus selle kohta, et optilise kiirgusega seotud riskide laad ja ulatus teeb edasise üksikasjaliku riskianalüüsi tarbetuks. Riskianalüüsi ajakohastatakse korrapäraselt, eriti siis kui on toimunud olulisi muutusi, mis põhjustavad selle vananemist, või kui tervisekontrolli tulemused näitavad, et see on vajalik.

#### Artikkel 5

#### Riskide vältimisele või vähendamisele suunatud sätted

1. Arvestades tehnika arengut ja meetmete kättesaadavust riski kontrollimiseks selle tekkimisel, kõrvaldatakse tehniliku optilise kiirgusega kokkupuutest tulenevad riskid või vähendatakse neid võimalikult madalale tasemele.

Tehniliku optilise kiirgusega kokkupuutest tulenevate riskide vähendamine toimub direktiivis 89/391/EMÜ sätestatud üldiste ennetuspõhimõtete alusel.

2. Kui artikli 4 lõikes 1 osutatud riskianalüüs näitab tehnilike optilise kiirguse allikatega kokku puutuvate töötajate osas võimalust, et kokkupuute piirväärtused võivad olla ületatud, loob ja rakendab tööandja piirväärtusi ületava kokkupuute vältimiseks mõeldud tehniliste ja/või korralduslike meetmete tegevuskava, võttes eelkõige arvesse järgmist:

- a) muud töömeetodid, mis vähendavad optilisest kiirgusest põhjustatud riske;
- b) vähem optilist kiirgust tekitavate seadmete valik, võttes arvesse tehtavat tööd;
- c) tehnilised meetmed optilise kiirguse vähendamiseks, sealhulgas vajaduse korral blokeerimiseseadmete, varjetusseadmete või nendega sarnaste tervisekaitse seadmete kasutamine;
- d) töövahendite, tööruumide ja töökohasüsteemide sobivad hooldusprogrammid;
- e) tööruumide ja töökohtade kujundus ja paigutus;
- f) kokkupuute kestuse ja taseme piiramine;
- g) asjakohaste isikukaitsevahendite kättesaadavus;
- h) seadme tootja juhendid, kui seade on hõlmatud asjakohaste ühenduse direktiividega.

3. Artikli 4 kohaselt tehtud riskianalüüsi alusel tähistatakse tööruumid, kus töötajad võivad kokku puutuda tehnilikest allikatest eralduvate optilise kiirguse tasemetega, mis ületavad kokkupuute piirväärtusi, asjakohaste märkidega vastavalt nõukogu 24. juuni 1992. aasta direktiivile 92/58/EMÜ töökohas kasutatavate ohutus- ja/või tervisekaitsemärkide miinimumnõuete kohta (ühendas üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses).<sup>(1)</sup> Asjaomased piirkonnad tähistatakse ning neile ligipääsu piiratakse kui see on tehniliselt teostatav ja kui on olemas kokkupuute piirväärtuste ületamise risk.

4. Töötajate kokkupuude ei tohi ületada kokkupuute piirväärtusi. Kui hoolimata tööandja poolt käesoleva direktiivi nõuete täitmiseks tehnilike optilise kiirguse allikate osas võetavatele meetmetele kokkupuute piirväärtusi ületatakse, võtab tööandja igal juhul kohe meetmeid, et vähendada kokkupuudet allapoole piirväärtusi. Tööandja teeb kindlaks kokkupuute piirväärtuste ületamise põhjused ja kohandab vastavalt kaitse- ja ennetusmeetmeid, et vältida piirväärtuste taasületamist.

5. Vastavalt direktiivi 89/391/EMÜ artiklile 15 kohandab tööandja käesolevas artiklis nimetatud meetmeid vastavalt eriti tundlikesse riskirühmadesse kuuluvate töötajate vajadustele.

#### Artikkel 6

### Töötajate teavitamine ja koolitus

Ilma et see piiraks direktiivi 89/391/EMÜ artikleid 10 ja 12, tagab tööandja, et tööalises tehniliku optilise kiirgusega kokkupuutuvad töötajad ja/või nende esindajad saavad vajalikku teavet ja koolitust, mis on seotud käesoleva direktiivi artiklis 4 sätestatud riskianalüüsi tulemustega, mis käsitleb eelkõige:

- a) käesoleva direktiivi rakendamiseks võetud meetmeid;
- b) kokkupuute piirväärtusi ja nendega seotud võimalikke riske;
- c) käesoleva direktiivi artikli 4 kohaselt tehtud tehniliku optilise kiirgusega kokkupuute tasemete hindamise, mõõtmise ja/või arvutuste tulemusi koos nende tähenduse ja võimalike riskide selgitusega;
- d) seda, kuidas avastada kokkupuute kahjulikke mõjusid tervisele ja kuidas neist teatada;

<sup>(1)</sup> EÜT L 245, 26.8.1992, lk 23.

- e) asjaolusid, mille korral on töötajatel õigus tervisekontrollile;
- f) ohutut töökorraldust kokkupuudest tingitud riskide vähendamiseks;
- g) asjakohaste isikukaitsevahendite nõuetekohast kasutamist.

#### Artikkel 7

### Töötajatega konsulteerimine ja nende osalemine

Töötajatega ja/või nende esindajatega konsulteerimine ja nende osalemine käesoleva direktiiviga reguleeritud küsimustes toimub direktiivi 89/391/EMÜ artikli 11 kohaselt.

#### III JAGU

### MUUD SÄTTED

#### Artikkel 8

### Tervisekontroll

1. Liikmesriigid võtavad direktiivi 89/391/EMÜ artikli 14 kohaselt vastu sätted töötajate asjakohase tervisekontrolli tagamiseks, eesmärgiga vältida ja õigeaegselt avastada optilise kiirgusega kokkupuutest tulenevaid kahjulikke tervisemõjusid, samuti vältida pikaajalisi tervise riske ja krooniliste haiguste riske.

2. Liikmesriigid tagavad, et tervisekontrolli teeb arst, töötervishoiuspetsialist või tervisekontrolli eest vastutav meditsiinasutus, kooskõlas siseriikliku õiguse ja tavaga.

3. Liikmesriigid loovad korra tagamaks, et iga töötaja kohta, kes läbib lõike 1 nõuete kohaselt tervisekontrolli, koostatakse individuaalne sanitaarraamat, mida hoitakse ajakohastatuna. Sanitaarraamat sisaldab läbitud tervisekontrollide kokkuvõtet. Neid peetakse sellisel kujul, et neid oleks võimalik kasutada ka hiljem, võttes arvesse konfidentsiaalsusnõuet. Pädevale asutusele antakse taotluse korral asjassepuutuvate sanitaarraamatute koopiad, võttes arvesse konfidentsiaalsusnõuet. Tööandja võtab asjakohaseid meetmeid, et arstil, töötervishoiuspetsialistil või tervisekontrolli eest vastutaval meditsiinasutusel, nagu liikmesriik on määranud, kui see on asjakohane, oleks juurdepääs artiklis 4 nimetatud riskianalüüsi tulemustele, kui need on tervisekontrolli tegemiseks vajalikud. Töötajal on taotluse korral õigus tutvuda oma sanitaarraamatuga.

4. Juhul kui avastatakse piirväärtusi ületav kokkupuude, võimaldatakse asjaomas(te)le töötaja(te)le arstlik läbivaatus kooskõlas siseriikliku õiguse ja tavaga. Tervisekontrolli tehakse ka siis, kui tervisekontrolli tulemusena leitakse töötajal kindlaksmääratav haigus või kahjulik tervisemõju, mis arsti või töötervishoiuspetsialisti arvates on tööl optilise kiirgusega kokkupuutumise tagajärg. Mõlemal juhul, kui piirväärtusi on ületatud või kui tehakse kindlaks kahjulik tervisemõju (sealhulgas haigus):

- a) teatab arst või mõni muu piisavalt kvalifitseeritud isik töötajale isiklikult temaga seotud tulemustest. Eelkõige peab ta saama teabe ja soovitusel tervisekontrolli kohta, mis tal tuleks pärast kokkupuute lõppemist läbida;
- b) tööandjat teavitatakse kõikidest tervisekontrolli olulistest tulemustest, kooskõlas arstisaladuse põhimõttega;
- c) tööandja:
  - vaatab läbi artikli 4 kohaselt tehtud riskianalüüsi,
  - vaatab läbi meetmed, mis on artikli 5 kohaselt ette nähtud riski kõrvaldamiseks või vähendamiseks,
  - võtab arvesse töötervishoiuspetsialisti või muu vastava kvalifikatsiooniga isiku või pädeva asutuse soovitusi, rakendades riski kõrvaldamiseks või vähendamiseks nõutavaid meetmeid kooskõlas artikliga 5, ja
  - korraldab tervisekontrolli jätkamist ja tagab teiste sarnases kokkupuutes viibinud töötajate tervisliku seisundi kindlakstegemise. Sellistel juhtudel võib pädev arst või töötervishoiuspetsialist või pädev asutus teha ettepaneku, et kokkupuutunud isik läbiks arstliku kontrolli.

#### Artikkel 9

#### Karistused

Liikmesriigid näevad ette piisavad karistused, mida tuleb kohaldada vastavalt käesolevale direktiivile vastu võetud siseriiklike õigusaktide rikkumise korral. Karistused peavad olema tõhusad, proportsionaalsed ja hoiatavad.

#### Artikkel 10

#### Tehnilised muudatused

1. Lisades sätestatud kokkupuute piirväärtuste muudatused võtavad Euroopa Parlament ja nõukogu vastu asutamislepingu artikli 137 lõikes 2 sätestatud korras.

2. Lisade rangelt tehnilist laadi muudatused, mis on kooskõlas:

- a) töövahendite ja/või tööruumide kavandamist, ehitamist, valmistamist või konstrueerimist käsitlevate direktiivide vastuvõtmisega tehnilise ühtlustamise ja standardiseerimise valdkonnas;
- b) tehnika arenguga, muudatustega kõige asjakohasemates ühtlustatud Euroopa standardites või rahvusvahelistes spetsifikatsioonides ning uute teaduslike avastustega optilise kiirgusega kokkupuute kohta töökeskkonnas,

võetakse vastu artikli 11 lõikes 2 sätestatud menetluse kohaselt.

#### Artikkel 11

#### Komitee

1. Komisjoni abistab direktiivi 89/391/EMÜ artiklis 17 osutatud komitee.

2. Kui viidatakse käesolevale lõikele, kohaldatakse otsuse 1999/468/EÜ artikleid 5 ja 7, võttes arvesse otsuse artiklis 8 sätestatud.

Otsuse 1999/468/EÜ artikli 5 lõikes 6 sätestatud tähtjaks kehtestatakse kolm kuud.

3. Komitee võtab vastu oma töökorra.

#### IV JAGU

#### LÕPPSÄTTED

#### Artikkel 12

#### Aruanded

Liikmesriigid esitavad komisjonile iga viie aasta järel aruande käesoleva direktiivi praktikas rakendamise kohta, näidates selles ära tööturu osapoolte arvamuse.

Komisjon teavitab iga viie aasta järel Euroopa Parlamenti, nõukogu, Euroopa Majandus- ja Sotsiaalkomiteed ning tööohutuse ja -tervishoiu nõuandekomiteed nimetatud aruannete sisust, oma hinnangust nimetatud aruannetele, kõnealuses valdkonnas toimunud arengust ja kõigist meetmetest, mis võivad olla õigustatud uusi teaduslikult põhjendatud teadmisi silmas pidades.

*Artikkel 13*

**Praktiline juhend**

Käesoleva direktiivi rakendamise lihtsustamiseks koostab komisjon artiklite 4 ja 5 ning I ja II lisa kohta praktilise juhendi.

*Artikkel 14*

**Ülevõtmine**

1. Liikmesriigid jõustavad käesoleva direktiivi täitmiseks vajalikud õigus- ja haldusnormid hiljemalt 27. aprill 2010. Nad edastavad kõnealuste sätete teksti viivitamata komisjonile.

Kui liikmesriigid need normid vastu võtavad, lisavad nad nendesse või nende ametliku avaldamise korral nende juurde viite käesolevale direktiivile. Viitamise viisi näevad ette liikmesriigid.

2. Liikmesriigid edastavad komisjonile käesoleva direktiiviga reguleeritavas valdkonnas nende poolt vastu võetavate või juba vastuvõetud siseriiklike õigusnormide teksti.

*Artikkel 15*

**Jõustumine**

Käesolev direktiiv jõustub selle *Euroopa Liidu Teatajas* avaldamise päeval.

*Artikkel 16*

**Adressaadid**

Käesolev direktiiv on adresseeritud liikmesriikidele.

Strasbourg, 5. aprill 2006

*Euroopa Parlamendi nimel*  
*president*

J. BORRELL FONTELLES

*Nõukogu nimel*  
*eesistuja*

H. WINKLER

I LISA

Mittekoherentne optiline kiirgus

Biofüüsikaliselt asjakohased optilise kiirgusega kokkupuute väärtused on võimalik määrata allpool toodud valemitega. Kasutatav valem sõltub kiirgusallikast eralduva kiirguse lainepiirkonnast ja tulemusi tuleks võrrelda tabelis 1.1. esitatud vastavate kokkupuute piirväärtustega. Ühe optilise kiirguse allika kohta võib olla rohkem for üks kokkupuute väärtus ja sellele vastav kokkupuute piirväärtus.

Numeratsioon a–o viitab vastavale reale tabelis 1.1.

- a) 
$$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $H_{\text{eff}}$  on asjassepuutuv ainult vahemikus 180 kuni 400 nm)
- b) 
$$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda = 315 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $H_{\text{UVA}}$  on asjassepuutuv ainult vahemikus 315 kuni 400 nm)
- c), d) 
$$L_{\text{B}} = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 ( $L_{\text{B}}$  on asjassepuutuv ainult vahemikus 300 kuni 700 nm)
- e), f) 
$$E_{\text{B}} = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 ( $E_{\text{B}}$  on asjassepuutuv ainult vahemikus 300 kuni 700 nm)
- g–l) 
$$L_{\text{R}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (Vaata tabelist 1.1 asjakohased  $\lambda_1$  ja  $\lambda_2$  väärtused)
- m), n) 
$$E_{\text{IR}} = \int_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$$
 ( $E_{\text{IR}}$  on asjassepuutuv ainult vahemikus 780 kuni 3 000 nm)
- o) 
$$H_{\text{skin}} = \int_0^t \int_{\lambda = 380 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $H_{\text{skin}}$  on asjassepuutuv ainult vahemikus 380 kuni 3 000 nm)

Käesoleva direktiivi eesmärkidel võib ülalpool esitatud valemid asendada järgmiste avaldistega ja kasutades järgmistes tabelites esitatud diskreetseid väärtusi:

- a) 
$$E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
 ja  $H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$
- b) 
$$E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda = 315 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$
 ja  $H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$
- c), d) 
$$L_{\text{B}} = \sum_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
- e), f) 
$$E_{\text{B}} = \sum_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
- g–l) 
$$L_{\text{R}} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
 (Vaata tabelist 1.1 asjakohased  $\lambda_1$  ja  $\lambda_2$  väärtused)
- m), n) 
$$E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$



$$o) \quad E_{\text{skin}} = \sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{ja} \quad H_{\text{skin}} = E_{\text{skin}} \cdot \Delta t$$

Märkused:

- $E_{\lambda}(\lambda, t)$ ,  $E_{\lambda}$  spektraalne kiirgusintensiivsus ehk võimsuse spektraaltihedus – teatud pinnale langeva kiirguse võimsus pindalaühiku kohta, mida väljendatakse vattides ruutmeetri kohta ja nanomeetri kohta [ $\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ ];  $E_{\lambda}(\lambda, t)$  ja  $E_{\lambda}$  väärtused saadakse mõõtmise teel või võib need anda seadme valmistaja;
- $E_{\text{eff}}$  efektiivne kiirgusintensiivsus (UV piirkond) –  $S(\lambda)$  järgi spektraalselt kaalutud arvutuslik kiirgustihedus UV lainepikkuste vahemikus 180 kuni 400 nm, mida väljendatakse vattides ruutmeetri kohta [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $H$  kokkupuude kiirgusega – kiirgustiheduse ajaintegraal, mida väljendatakse džaulides ruutmeetri kohta [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $H_{\text{eff}}$  efektiivne kokkupuude kiirgusega –  $S(\lambda)$  järgi spektraalselt kaalutud kokkupuude kiirgusega, mida väljendatakse džaulides ruutmeetri kohta [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $E_{\text{UVA}}$  kogukiirgusintensiivsus (UVA) – arvutuslik kiirgustihedus UV-A lainepikkuse vahemikus 315 kuni 400 nm, mida väljendatakse vattides ruutmeetri kohta [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $H_{\text{UVA}}$  kokkupuude kiirgusega – kiirgustiheduse integraal aja ja lainepikkuse järgi või kiirgustiheduse summa UV-A lainepikkuse vahemikus 315 kuni 400 nm, mida väljendatakse džaulides ruutmeetri kohta [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $S(\lambda)$  spektraalne kaalutegur, mis võtab arvesse silmadele ja nahale suunatud tervisemõju sõltuvuse UV kiirguse lainepikkusest, (tabel 1.2) [ühikuta suurus];
- $t$ ,  $\Delta t$  aeg, kokkupuute kestus, mida väljendatakse sekundites [s];
- $\lambda$  lainepikkus, mida väljendatakse nanomeetrites [nm];
- $\Delta \lambda$  ribalaius, mida väljendatakse nanomeetrites [nm], arvutus- või mõõteintervallid;
- $L_{\lambda}(\lambda)$ ,  $L_{\lambda}$  allika spektraalne kiirgustihedus, mida väljendatakse vattides ruutmeetri kohta, steradiaani kohta ja nanomeetri kohta [ $\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ nm}^{-1}$ ];
- $R(\lambda)$  spektraalne kaalutegur, mis võtab arvesse nähtava valguse ja IR-A kiirguse poolt silmadele põhjustatud termilise kahjustuse sõltuvuse lainepikkusest (tabel 1.3) [ühikuta suurus];
- $L_R$  efektiivne kiirgustihedus (termiline kahjustus) –  $R(\lambda)$  järgi spektraalselt kaalutud arvutuslik kiirgustihedus, mida väljendatakse vattides ruutmeetri kohta ja steradiaani kohta [ $\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ ];
- $B(\lambda)$  spektraalne kaalutegur, mis võtab arvesse sinise valguse poolt silmadele põhjustatud fotokeemilise kahjustuse sõltuvuse lainepikkusest (tabel 1.3) [ühikuta suurus];
- $L_B$  efektiivne kiirgustihedus (sinine valgus) –  $B(\lambda)$  järgi spektraalselt kaalutud arvutuslik kiirgustihedus, mida väljendatakse vattides ruutmeetri kohta ja steradiaani kohta [ $\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ ];
- $E_B$  efektiivne kiirgusintensiivsus (sinine valgus) –  $B(\lambda)$  järgi spektraalselt kaalutud arvutuslik kiirgusintensiivsus, mida väljendatakse vattides ruutmeetri kohta [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $E_{\text{IR}}$  kogukiirgusintensiivsus (termiline kahjustus) – arvutuslik kiirgustihedus infrapunakiirguse lainepikkuse vahemikus 780 kuni 3 000 nm, mida väljendatakse vattides ruutmeetri kohta [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $E_{\text{skin}}$  kogukiirgusintensiivsus (nähtav valgus, IR-A ja IR-B) – arvutuslik kiirgustihedus nähtava valguse ja infrapunakiirguse lainepikkuse vahemikus 380 kuni 3 000 nm, mida väljendatakse vattides ruutmeetri kohta [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $H_{\text{skin}}$  kokkupuude kiirgusega – kiirgustiheduse integraal aja ja lainepikkuse järgi või kiirgustiheduse summa nähtava valguse ja infrapunakiirguse lainepikkuse vahemikus 380 kuni 3 000 nm, mida väljendatakse džaulides ruutmeetri kohta [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $\alpha$  nägemisnurk – nurk, mille all paistab nähtav allikas vaatepunktist ümbristavas ruumis, mida väljendatakse milliradiaanides (mrad). Nähtav allikas on tõeline või virtuaalne objekt, mis moodustab võrkkestale väikseima võimaliku kujutise.

Tabel 1.1  
Kokkupuute piirväärtused mitrekoherentsele optilisele kiirgusele

Indeks	Lainepikkus nm	Kokkupuute piirväärtus	Ühikud	Märkused	Kehaosa	Ohut
a.	180-400 (UV-A, UV-B ja UV-C)	$H_{\text{eff}} = 30$ Päeva kestus 8 tundi	$[J\ m^{-2}]$		silma sarvkest silma sidekest läätis nahk	valgusest põhjustatud sarv- kestapõletik/fotokeratiit sidekestapõletik/konjunktiviit kae moodustumine/katarak- togenees erüteemia elastoos nahavähk
b.	315-400 (UV-A)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ Päeva kestus 8 tundi	$[J\ m^{-2}]$		silmaläätis	kaemoodustumine/katarakto- genees
c.	300-700 (sinine valgus) vt märkus 1	$L_B = \frac{10^6}{t}$ kui $t \leq 10\ 000\ s$	$L_B: [W\ m^{-2}\ sr^{-1}]$ t: [sekundit]	kui $\alpha \geq 11$ mraad		
d.	300-700 (sinine valgus) vt märkus 1	$L_B = 100$ kui $t > 10\ 000\ s$	$[W\ m^{-2}\ sr^{-1}]$		silma võrkkest	valgusest põhjustatud võrk- kesta põletik/fotoretiniit
e.	300-700 (sinine valgus) vt märkus 1	$E_B = \frac{100}{t}$ kui $t \leq 10\ 000\ s$	$E_B: [W\ m^{-2}]$ t: [sekundit]	kui $\alpha < 11$ mraad vt märkus 2		
f.	300-700 (sinine valgus) (vt märkus 1)	$E_B = 0,01$ $t > 10\ 000\ s$	$[W\ m^{-2}]$			

Indeks	Lainepikkus nm	Kokkupuute piirväärtus	Ühikud	Märkused	Kehaosas	Oht
g.	380-1 400 (nähtav valgus ja IR-A)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha}$ kui $t > 10$ s	$[W m^{-2} sr^{-1}]$	$C_\alpha = 1,7$ kui $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_\alpha = \alpha$ kui $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ kui $\alpha > 100$ mrad $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1 400$	silma võrkkest	võrkkesta põletus
h.	380-1 400 (nähtav valgus ja IR-A)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ kui $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	$L_R [W m^{-2} sr^{-1}]$ t: [sekundit]			
i.	380-1 400 (nähtav valgus ja IR-A)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ kui $t < 10 \mu s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
j.	780-1 400 (IR-A)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha}$ kui $t > 10$ s	$[W m^{-2} sr^{-1}]$	$C_\alpha = 11$ kui $\alpha \leq 11$ mrad $C_\alpha = \alpha$ kui $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ kui $\alpha > 100$ mrad (möötevaateväli 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1 400$	silma võrkkest	võrkkesta põletus
k.	780-1 400 (IR-A)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ kui $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	$L_R; [W m^{-2} sr^{-1}]$ t: [sekundit]			
l.	780-1 400 (IR-A)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ kui $t < 10 \mu s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
m.	780-3 000 (IR-A ja IR-B)	$E_{IR} = 18 000 t^{-0,75}$ kui $t \leq 1 000$ s	E: $[W m^{-2}]$ t: [sekundit]			
n.	780-3 000 (IR-A ja IR-B)	$E_{IR} = 100$ kui $t > 1 000$ s	$[W m^{-2}]$		silma sarvkest läätis	sarvkesta põletus kae moodustumine

Indeks	Lainepikkus nm	Kokkupuute piirväärtus	Ühikud	Märkused	Kehaosa	Oht
o.	380-3 000 (nähiav valgus, IR-A) ja IR-B)	$H_{skin} = 20\,000 t^{0.25}$ kui $t < 10$ s	H: $J m^{-2}$ t: [sekundit]		nahk	põletus

Märkus 1: Vaheмик 300 kuni 700 nm hõlmab osa UV-B kiirgusest, kogu UV-A kiirguse ja enamuse nähtavast valgusest; siiski viidatakse ülaljuhul nendega seotud ohtude korral "sinise valguse" ohule. Rangel võttes hõlmab sinine valgus ainult umbes vahemikku 400 kuni 490 nm.

Märkus 2: Eriti väikeste allikate fikseerimise korral (nägemisnurk  $\alpha < 11$  mrad), võib  $L_B$  ümber arvestada  $E_B$ -ks. Tavaliselt kohaldatakse seda vaid oftalmoloogiliste instrumentide puhul või liikumatu silma korral anesteesia ajal. Maksimaalne "vaatamise aeg" leitakse:  $t_{max} = 100 / E_B$  kus  $E_B$  väljendatakse tihkuga  $W m^{-2}$ . Tavaliste nägemisülesannete ajal ei ületa see silma liikumise tõttu 100 s.

Tabel 1.2

S (λ) [ühikuta suurus], 180 nm kuni 400 nm

λ (nm)	S (λ)	λ (nm)	S (λ)	λ (nm)	S (λ)	λ (nm)	S (λ)	λ (nm)	S (λ)
180	0,0120	228	0,1737	276	0,9434	324	0,000520	372	0,000086
181	0,0126	229	0,1819	277	0,9272	325	0,000500	373	0,000083
182	0,0132	230	0,1900	278	0,9112	326	0,000479	374	0,000080
183	0,0138	231	0,1995	279	0,8954	327	0,000459	375	0,000077
184	0,0144	232	0,2089	280	0,8800	328	0,000440	376	0,000074
185	0,0151	233	0,2188	281	0,8568	329	0,000425	377	0,000072
186	0,0158	234	0,2292	282	0,8342	330	0,000410	378	0,000069
187	0,0166	235	0,2400	283	0,8122	331	0,000396	379	0,000066
188	0,0173	236	0,2510	284	0,7908	332	0,000383	380	0,000064
189	0,0181	237	0,2624	285	0,7700	333	0,000370	381	0,000062
190	0,0190	238	0,2744	286	0,7420	334	0,000355	382	0,000059
191	0,0199	239	0,2869	287	0,7151	335	0,000340	383	0,000057
192	0,0208	240	0,3000	288	0,6891	336	0,000327	384	0,000055
193	0,0218	241	0,3111	289	0,6641	337	0,000315	385	0,000053
194	0,0228	242	0,3227	290	0,6400	338	0,000303	386	0,000051
195	0,0239	243	0,3347	291	0,6186	339	0,000291	387	0,000049
196	0,0250	244	0,3471	292	0,5980	340	0,000280	388	0,000047
197	0,0262	245	0,3600	293	0,5780	341	0,000271	389	0,000046
198	0,0274	246	0,3730	294	0,5587	342	0,000263	390	0,000044
199	0,0287	247	0,3865	295	0,5400	343	0,000255	391	0,000042
200	0,0300	248	0,4005	296	0,4984	344	0,000248	392	0,000041
201	0,0334	249	0,4150	297	0,4600	345	0,000240	393	0,000039
202	0,0371	250	0,4300	298	0,3989	346	0,000231	394	0,000037
203	0,0412	251	0,4465	299	0,3459	347	0,000223	395	0,000036
204	0,0459	252	0,4637	300	0,3000	348	0,000215	396	0,000035
205	0,0510	253	0,4815	301	0,2210	349	0,000207	397	0,000033
206	0,0551	254	0,5000	302	0,1629	350	0,000200	398	0,000032
207	0,0595	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000191	399	0,000031
208	0,0643	256	0,5437	304	0,0849	352	0,000183	400	0,000030
209	0,0694	257	0,5685	305	0,0600	353	0,000175		
210	0,0750	258	0,5945	306	0,0454	354	0,000167		
211	0,0786	259	0,6216	307	0,0344	355	0,000160		
212	0,0824	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000153		
213	0,0864	261	0,6792	309	0,0197	357	0,000147		
214	0,0906	262	0,7098	310	0,0150	358	0,000141		
215	0,0950	263	0,7417	311	0,0111	359	0,000136		
216	0,0995	264	0,7751	312	0,0081	360	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1093	266	0,8449	314	0,0042	362	0,000122		
219	0,1145	267	0,8812	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9192	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1257	269	0,9587	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1316	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000106		
223	0,1378	271	0,9919	319	0,0012	367	0,000103		
224	0,1444	272	0,9838	320	0,0010	368	0,000099		
225	0,1500	273	0,9758	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1583	274	0,9679	322	0,000670	370	0,000093		
227	0,1658	275	0,9600	323	0,000540	371	0,000090		

Tabel 1.3

**B (λ), R (λ) [ühikuta suurused], 380 nm kuni 1 400 nm**

λ (nm)	B (λ)	R (λ)
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	–
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9
460	0,8	8
465	0,7	7
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,1	1
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02(450-\lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1\ 050$	–	$10^{0,002(700-\lambda)}$
$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 150$	–	0,2
$1\ 150 < \lambda \leq 1\ 200$	–	$0,2 \cdot 10^{0,02(1\ 150-\lambda)}$
$1\ 200 < \lambda \leq 1\ 400$	–	0,02

II LISA

**Optiline laserkiirgus**

Optilise kiirgusega kokkupuute biofüüsikaliselt asjakohased väärtused võib määrata allpool esitatud valemite abil. Kasutatav valem sõltub allikast eralduva kiirguse lainepikkusest ja kestusest ja tulemusi tuleks võrrelda tabelites 2.2–2.4 esitatud vastavate kokkupuute piirväärtustega. Ühe optilise laserkiirguse allika kohta võib olla rohkem kui üks kokkupuute väärtus ja sellele vastav kokkupuute piirväärtus.

Koefitsiendid tabelites 2.2–2.4 osutatud summade arvutamiseks on loetletud tabelis 2.5 ja korduva kokkupuute parandustegurid on loetletud tabelis 2.6.

$$E = \frac{dP}{dA} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt \text{ [J m}^{-2}\text{]}$$

Märkused:

dP võimsus, mida väljendatakse vattides [W];

dA pindala, mida väljendatakse ruutmeetrites [m<sup>2</sup>];

E (t), E kiirgusintensiivsus või võimsustihedus – teatud pinnale langeva kiirguse võimsus pindalaühiku kohta, mida tavaliselt väljendatakse vattides ruutmeetri kohta [W m<sup>-2</sup>]. E(t), E väärtused saadakse mõõtmise teel või võib need anda seadme valmistaja;

H kokkupuude kiirgusega, kiirgustiheduse ajaintegraal, mida väljendatakse džaulides ruutmeetri kohta [J m<sup>-2</sup>];

t aeg, kokkupuute kestus, mida väljendatakse sekundites [s];

λ lainepikkus, mida väljendatakse nanomeetrites [nm];

γ mõõdetavat vaatevälja piirav koonusnurk, mida väljendatakse milliradiaanides [mrad];

γ<sub>m</sub> mõõdetav vaateväli, mida väljendatakse milliradiaanides [mrad];

α allika avanemisnurk, mida väljendatakse milliradiaanides [mrad];

piirav ava – ringikujuline ala, mille ulatuses arvutatakse kiirgusintensiivsuse ja kiirgusega kokkupuute keskmised;

G integraalne kiirgustihedus – kiirgustiheduse integraal antud kokkupuute aja jooksul, mida väljendatakse kiirgusenergia kiirgava pinna pindalaühiku kohta ja emissiooni ruuminurga ühiku kohta, džaulides ruutmeetri kohta ja steradiaani kohta [J m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>].



Tabel 2.1

**Kiirguse ohud**

Lainepikkus [nm] $\lambda$	Kiirguse vahemik	Mõjutatud elund	Oht	Kokkupuute piirväärtuse tabel
180 – 400	UV	silm	fotokeemiline kahjustus ja termiline kahjustus	2.2, 2.3
180 – 400	UV	nahk	erüteemia	2.4
400 – 700	nähtav	silm	võrkkesta kahjustus	2.2
400 – 600	nähtav	silm	fotokeemiline kahjustus	2.3
400 – 700	nähtav	nahk	termiline kahjustus	2.4
700 – 1 400	IR-A	silm	termiline kahjustus	2.2; 2.3
700 – 1 400	IR-A	nahk	termiline kahjustus	2.4
1 400 – 2 600	IR-B	silm	termiline kahjustus	2.2
2 600 – 10 <sup>6</sup>	IR-C	silm	termiline kahjustus	2.2
1 400 – 10 <sup>6</sup>	IR-B, IR-C	silm	termiline kahjustus	2.3
1 400 – 10 <sup>6</sup>	IR-B, IR-C	nahk	termiline kahjustus	2.4

Tabel 2.2

Silmade laseriga kokkupuute piirväärtused – Lühike kokkupuuteaeg < 10 s

Lainepikkus <sup>a</sup> [nm]	Ava	Kestus [s]			
		$10^{13} - 10^{11}$	$10^{11} - 10^9$	$10^9 - 10^7$	$10^7 - 1,8 \cdot 10^5$
UV-C				$1,8 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5 - 10^3$
180–280			$H = 30 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$		$10^3 - 10^1$
280–302			$H = 40 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 2,6 \cdot 10^{-9}$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
303			$H = 60 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 1,3 \cdot 10^{-8}$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
304			$H = 100 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 1,0 \cdot 10^{-7}$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
305			$H = 160 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 6,7 \cdot 10^{-9}$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
306			$H = 250 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 4,0 \cdot 10^{-9}$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
307			$H = 400 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 2,6 \cdot 10^{-7}$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
UV-B			$H = 630 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 1,6 \cdot 10^{-4}$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
309			$H = 10^3 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 1,0 \cdot 10^{-3}$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
310			$H = 1,6 \cdot 10^3 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 6,7 \cdot 10^{-3}$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
311			$H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 4,0 \cdot 10^{-3}$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
312			$H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 2,6 \cdot 10^{-3}$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
313			$H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ ; kui $t < 1,6 \cdot 10^0$ siis $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$ vaata märkus <sup>d</sup>		
314			$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$		
UV-A			$H = 5 \cdot 10^3 \cdot C_E \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_E \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	
nähtav valgus ja IR-A		$H = 1,5 \cdot 10^4 \cdot C_E \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^4 \cdot t^{0,75} \cdot C_E \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	
		$H = 1,5 \cdot 10^4 \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^4 \cdot t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	
		$H = 1,5 \cdot 10^3 \cdot C_C \cdot C_E \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^3 \cdot t^{0,75} \cdot C_C \cdot C_E \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 90 \cdot t^{0,75} \cdot C_C \cdot C_E \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	
IR-B & IR-C		$E = 10^{12} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2}]$ Vi märkus <sup>e</sup>	$H = 10^7 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 10^4 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$
		$E = 10^{13} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2}]$ Vi märkus <sup>e</sup>	$H = 10^8 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 10^4 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$
		$E = 10^{12} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2}]$ Vi märkus <sup>e</sup>	$H = 10^7 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 10^4 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$
		$E = 10^{11} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2}]$ Vi märkus <sup>e</sup>	$H = 100 \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$	$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$
2 600–10 <sup>6</sup>					

<sup>a</sup> Kui laseri lainepikkus on hõlmatud kahe piirväärtusega, kohaldatulese rangemat.

<sup>b</sup> Kui  $1,400 \text{ nm} < \lambda < 10^6 \text{ nm}$ : ava läbimõõt = 1 mm kui  $t \leq 0,3 \text{ s}$  ja  $1,5 \cdot 10^{0,375}$  mm kui  $0,3 \text{ s} < t < 10 \text{ s}$ ; kui  $10^5 \text{ nm} < \lambda < 10^6 \text{ nm}$ : ava läbimõõt = 11 mm.

<sup>c</sup> Kuna sellisel impulspikkuse kohal on teave puudulik, soovib ICNIRP kasutada kiirgusintensiivsuse piirväärtust 1 ns impulsi jaoks.

<sup>d</sup> Tabelis on üksikute laserimpulsside väärtused. Kui tegemist on mitme laserimpulssiga, peab vahemikku  $T_{\text{min}}$  (loetletud tabelis 2.6) toimumud impulssid kokku liita ja tulemus tuleb asetada valemisse  $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ .

Tabel 2.3

Silmade laseriga kokkupuute piirväärtused – Pikk kokkupuuteaeg  $\geq 10$  s

Lainepikkus <sup>a</sup> [nm]	Ava	Kestus [s]	
		$10^1 - 10^2$	$10^3 - 10^4$
UV-C	180 – 280	3,5 mm	$H = 30 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
	280 – 302		$H = 40 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
	303		$H = 60 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
	304		$H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
	305		$H = 160 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
	306		$H = 250 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
UV-B	307	$H = 400 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
	308	$H = 630 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
	309	$H = 1,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
	310	$H = 1,6 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
	311	$H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
	312	$H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
	313	$H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
	314	$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
UV-A	315 – 400		
Nähtav 400 – 700	400 – 600	7 mm	$E = 1 C_{\alpha} \text{ [W m}^{-2}\text{]}; (\gamma = 1,1 \text{ t}^{0,5} \text{ mrad})^d$
	Fotokeemiline <sup>b</sup> Võrkkestakahjustus		$H = 100 C_{\alpha} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ( $\gamma = 11 \text{ mrad})^d$
IR-A	400 – 700	7 mm	kui $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ kui $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t \leq T_2$ kui $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t > T_2$
	700 – 1 400		kui $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ kui $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t \leq T_2$ kui $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t > T_2$
IR-B & IR-C	1 400 – 10 <sup>6</sup>	see <sup>c</sup>	$E = 1 000 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$

<sup>a</sup> Kui laseri lainepikkus või muu omadus on hõlmatud kahe piirväärtusega, kohaldatakse rangemat.

<sup>b</sup> Vaikeste allikate puhul, millele vaatamata on 1,5 mrad või vähem, nähtava valguse kahekorde piirväärtused E alates 400 nm kuni 600 nm vahendada soovuskirguse piirväärtuseni, kui  $10s \leq t$ , ja kuni fotokeemilise kirguse piirväärtuseni kui kokkupuute aeg on suurem.  $T_1$  ja  $T_2$  jaoks vt Tabel 2.5. Fotokeemilise kirguse võrkkestale põhjustatavat ohtu võib vähendada ka kiirgustiheduse ajaintegraalina  $G = 10^6 C_{\alpha} \text{ [J m}^{-2} \text{ sr}^{-1}\text{]}$  kui  $t > 10$  s ja kuni  $t = 10 000$  s ja  $L = 100 C_{\alpha} \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}\text{]}$  kui  $t > 10 000$  s. G ja L mõõtmisel tuleb  $\gamma_{\text{in}}^{\text{a}}$  kasutada kui keskristand vaatevälja. Nähtava valguse ja infrapunakiirguse vaheline ametlik piir on CIE määratud, 780 nm.

<sup>c</sup> Veerg lainepikkuste ribade nimetustega on vaid kasutatavale parema ülevaate andmiseks. (CEN kasutab tähist G, CIE kasutab tähist  $L_1$  ning IEC ja CENELEC kasutavad tähist  $L_p$ .)

<sup>d</sup> Lainepikkusele 1 400 – 10<sup>6</sup> nm: ava läbimõõt = 3,5 mm; lainepikkusele 10<sup>6</sup> – 10<sup>7</sup> nm: ava läbimõõt = 11 mm.

Kokkupuute väärtuse mõõtmiseks võetakse  $\gamma$  arvesse järgmiselt: Kui  $\alpha$  (allika avanemisnurk)  $> \gamma$  (piirav avanemisnurk), esitatud vastavas veerus sulgudes, siis mõeldavale vaateväljale  $\gamma$  m tuletada y väärtus. (Kui kasutada laiemat mõõtmise vaatevälja, hinnatakse ohtu üle).

Kui  $\alpha < \gamma$  siis mõeldav vaateväli  $\gamma_{\text{in}}$  peab olema piisavalt avar, et katta allikas täielikult, samas ei piirata seda tselest poolt ja see võib olla suurem kui  $\gamma$ .

Tabel 2.4

Naha suhtes kohaldatavad laseriga kokkupuute piirväärtused

Lainepikkus <sup>a</sup> [nm]	Ava	Kestus [s]				
		$< 10^0$	$10^0 - 10^2$	$10^2 - 10^3$	$10^3 - 10^4$	$10^4 - 3 \cdot 10^4$
UV (A, B, C)	3,5 mm	$E = 3 \cdot 10^0$ [W m <sup>-2</sup> ]	Sama, mis silma kokkupuute piirnorm			
nähtav valgus ja IR-A	400 - 700	$E = 2 \cdot 10^{11}$ [W m <sup>-2</sup> ]	H = 200 C <sub>A</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = $1,1 \cdot 10^4$ C <sub>A</sub> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	E = $2 \cdot 10^5$ C <sub>A</sub> [W m <sup>-2</sup> ]	
	700 - 1 400	$E = 2 \cdot 10^{11}$ C <sub>A</sub> [W m <sup>-2</sup> ]				
IR-B & IR-C	1 400 - 1 500	$E = 10^{12}$ [W m <sup>-2</sup> ]	Sama, mis silma kokkupuute piirväärtus			
	1 500 - 1 800	$E = 10^{13}$ [W m <sup>-2</sup> ]				
	1 800 - 2 600	$E = 10^{12}$ [W m <sup>-2</sup> ]				
	2 600 - 10 <sup>6</sup>	$E = 10^{11}$ [W m <sup>-2</sup> ]				

<sup>a</sup> kui laseri lainepikkus või mõni muu omadus on hõlmatud kahe piirväärtusega, kohaldatakse rangemat.

Tabel 2.5

## Kohaldatavad parandustegurid ja teised arvutusparameetrid

ICNIRP-i loetelu kohane parameeter	Kehtiv spektrivahemik(nm)	Väärtus
$C_A$	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	700 – 1 050	$C_A = 10^{0,002(\lambda - 700)}$
	1 050 – 1 400	$C_A = 5,0$
$C_B$	400 – 450	$C_B = 1,0$
	450 – 700	$C_B = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
$C_C$	700 – 1 150	$C_C = 1,0$
	1 150 – 1 200	$C_C = 10^{0,018(\lambda - 1 150)}$
	1 200 – 1 400	$C_C = 8,0$
$T_1$	$\lambda < 450$	$T_1 = 10 \text{ s}$
	450 – 500	$T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
ICNIRP-i loetelu kohane parameeter	Kehtiv bioloogilise toime korral	Väärtus
$\alpha_{\min}$	kõik termilised mõjud	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
ICNIRP-i loetelu kohane parameeter	Kehtiv nurgavahemik (mrad)	Väärtus
$C_E$	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha/\alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2/(\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad}$ with $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$
$T_2$	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$

ICNIRP-i loetelu kohane parameeter	Kehtiv kokkupuuteaeg (s)	Väärtus
γ	$t \leq 100$	$\gamma = 11$ [mrad]
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5}$ [mrad]
	$t > 10^4$	$\gamma = 110$ [mrad]

Tabel 2.6

### Korduva kokkupuutumise parandustegurid

Kõiki kolme järgnevat üldreeglit tuleb kohaldada kõikide korduvate kokkupuudete korral, mis tekivad korduvate režiimis töötavate impulsslaserite või skaneerivate lasersüsteemide puhul.

1. Impulsside rea igast üksikust impulssist põhjustatud kokkupuude ei tohi ületada sellise impulsskestusega üksikimpulsi kokkupuute piirväärtust.
2. Igasuguse impulsside rea (või impulsside rea alarühma) tekitatud kokkupuude aja  $t$  jooksul ei tohi ületada kokkupuute piirväärtust aja  $t$  jaoks.
3. Impulsside rea igast üksikust impulssist põhjustatud kokkupuude ei tohi ületada üksikimpulsi kokkupuute piirväärtust, mis on korrutatud kumulatiivse termilise toime parandusteguriga  $C_p = N^{-0,25}$ , kus  $N$  on impulsside arv. See reegel kohaldub vaid kokkupuute termilise kahjustuse piirväärtuste suhtes, kusjuures kõik vähem kui  $T_{\min}$  jooksul antud impulsse käsitletakse ühe impulssina.

Parameeter	Kehtiv spektrivahemik (nm)	Väärtus
$T_{\min}$	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{\min} = 10^{-9}$ s (= 1 ns)
	$400 < \lambda \leq 1\ 050$	$T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6}$ s (= 18 μs)
	$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6}$ s (= 50 μs)
	$1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$	$T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$	$T_{\min} = 10$ s
	$1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$	$T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$2\ 600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{\min} = 10^{-7}$ s (= 100 ns)

**NÕUKOGU AVALDUS****Nõukogu avaldus sõna “penalties” kasutamise kohta Euroopa Ühenduse õigusaktide ingliskeelsetes tekstides**

Nõukogu on arvamusel, et Euroopa Ühenduse õigusaktide ingliskeelsetes tekstides kasutatakse sõna “penalties” neutraalses tähenduses ning see ei ole otseselt seotud kriminaalkaristustega, vaid võib samuti hõlmata rahalisi ja halduskaristusi ning muud liiki karistusi. Kui liikmesriigid kohustuvad vastavalt mõnele ühenduse õigusaktile karistusi (*penalties*) kehtestama, määravad nad kooskõlas Euroopa Ühenduste Kohtu praktikaga ise asjakohase karistuse liigi.

Ühenduse terminoloogiaandmebaasis on sõna “penalties” tõlgitud teistesse keeltesse järgmiselt:

tšehhi keeles “sankce”, hispaania keeles “sanciones”, taani keeles “sanktioner”, saksa keeles “Sanktionen”, eesti keeles “sanktsioonid”, prantsuse keeles “sanctions”, kreeka keeles “κυρώσεις”, ungari keeles “jogkövetkezmények”, itaalia keeles “sanzioni”, läti keeles “sankcijas”, leedu keeles “sankcijos”, malta keeles “penali”, hollandi keeles “sancties”, poola keeles “sankcje”, portugali keeles “sanções”, sloveeni keeles “kazni”, slovaki keeles “sankcie”, soome keeles “seuraamukset” ja rootsi keeles “sanktioner”.

Kui õigusaktide ingliskeelses muudetud tekstiversioonis on algselt kasutatud sõna “sanctions” asendatud sõnaga “penalties”, ei kujuta see endast sisulist muudatust.

---



Euroopa Komisjon

**Mittesiduv heade tavade juhend direktiivi 2006/25/EÜ (tehislik optiline kiirgus) rakendamiseks**

Luxembourg: Euroopa Liidu Väljaannete Talitus

2011 – 143 lk – 21 × 29,7 cm

ISBN 978-92-79-19808-3

doi:10.2767/30517

Enamik tööruume sisaldab tehisliku optilise kiirguse allikaid ning direktiiviga 2006/25/EÜ sätestatakse töötervishoiu ja tööohutuse miinimumnõuded seoses töötajate kokkupuutega selliste allikatega. Euroopa Komisjoni soovituslikus häid tavasid käsitlevas juhendis, mis on mõeldud direktiivi 2006/25/EÜ rakendamiseks, määratakse kindlaks vähimat riski kujutavad rakendused ning jagatakse nõuandeid muude rakenduste kohta. Juhendis kavandatakse hindamise meetoodika ning kirjeldatakse üldjoontes meetmeid, mille abil ohtusid vähendada ning kontrollida tervisele avalduvaid kahjulikke mõjusid.

Trükitud kujul on käesolev väljaanne saadaval inglise, prantsuse ja saksa keeles ning elektroonilisel kujul kõigis Euroopa Liidu ametlikes keeltes. Samuti on võimalik saada 22 keeles esitatud versioone CD-I (katalooginumber: KE-32-11-704-1X-Z, ISBN 978-92-79-19829-8).

## KUST SAAB ELI VÄLJAANDEID?

### **Tasuta väljaanded:**

- EU Bookshopi kaudu (<http://bookshop.europa.eu>);
- Euroopa Liidu esindustest või delegatsioonidest. Nende kontaktandmed saab veebisaidilt <http://ec.europa.eu> või saates faksi numbrile +352 2929-42758.

### **Tasulised väljaanded:**

- EU Bookshopi kaudu (<http://bookshop.europa.eu>).

### **Tasulised tellimused (nt Euroopa Liidu Teataja aastatellimused ja Euroopa Liidu Kohtu kohtulahendite kogumikud):**

- Euroopa Liidu Väljaannete Talituse edasimüüjate kaudu ([http://publications.europa.eu/others/agents/index\\_et.htm](http://publications.europa.eu/others/agents/index_et.htm)).

Kas olete huvitatud tööhõive, sotsiaalküsimuste ja sotsiaalse kaasatuse peadirektoraadi **väljaannetest**?

Kui olete, siis saate neid alla laadida või end tasuta tellijaks registreerida aadressil

***<http://ec.europa.eu/social/publications>***

Samuti võite end registreerida tellijaks Euroopa Komisjoni tasuta väljaandele Sotsiaalse Euroopa E-uudiskiri aadressil

***<http://ec.europa.eu/social/e-newsletter>***

**<http://ec.europa.eu/social>**



**[www.facebook.com/social europe](http://www.facebook.com/social europe)**



**Väljaannete talitus**

ISBN 978-92-79-19808-3



9 789279 198083