

Udskriftsdato: 6. februar 2021

BEK nr 562 af 26/05/2010 (Gældende)

Bekendtgørelse om beskyttelse mod udsættelse for kunstig optisk stråling i forbindelse med arbejdet

Ministerium: Beskæftigelsesministeriet

Journalnummer: Beskæftigelsesmin.,
Arbejdstilsynet, j. nr. 20070017269



Lovtidende A

2010

Udgivet den 29. maj 2010

26. maj 2010.

Nr. 562.

Bekendtgørelse om beskyttelse mod udsættelse for kunstig optisk stråling i forbindelse med arbejdet¹⁾

I medfør af §§ 15 a, stk. 5, 39, 43, 46, 57, 63, 73 og 84 i lov om arbejdsmiljø samt efter bemyndigelse i henhold til lovens § 73, jf. lovbekendtgørelse nr. 268 af 18. marts 2005, som ændret ved lov nr. 508 af 19. maj 2010, fastsættes:

Kapitel 1

Område og definitioner

§ 1. Denne bekendtgørelse omfatter arbejde, som udføres for en arbejdsgiver, og hvor den ansatte udsættes eller kan udsættes for kunstig optisk stråling i forbindelse med arbejdet.
2)

Stk. 2. Dog gælder §§ 3 og 5, stk. 1, også for arbejde omfattet af § 2, stk. 2, i lov om arbejdsmiljø og arbejde, der ikke udføres for en arbejdsgiver.

Stk. 3. Bekendtgørelsen indeholder supplerende regler til bekendtgørelse om arbejdets udførelse, bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning, bekendtgørelse om anvendelse af tekniske hjælpemidler og bekendtgørelse om brug af personlige værnemidler.

§ 2. Ved anvendelse af bestemmelserne i denne bekendtgørelse skal følgende definitioner lægges til grund:

- 1) *Optisk stråling*: Elektromagnetisk stråling med bølgelængde mellem 100 nm og 1 mm.
- 2) *Ultraviolet stråling*: Optisk stråling med bølgelængde mellem 100-400 nm. Det ultraviolette område inddeles i UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) og UV-C (100-280 nm).
- 3) *Synlig stråling*: Lys, dvs. optisk stråling med bølgelængde mellem 380-780 nm.
- 4) *Infrarød stråling*: Optisk stråling med bølgelængde 780 nm-1 mm. Det infrarøde område inddeles i IR-A (780-1400 nm), IR-B (1400-3000 nm) og IR-C (3000 nm-1 mm).
- 5) *Laser*: En anordning som kan producere eller forstærke optisk stråling gennem kontrolleret stimuleret emission.
- 6) *Laserstråling*: Optisk stråling fra en laser.
- 7) *Ikke-kohærent optisk stråling*: Al anden optisk stråling end laserstråling.

- 8) *Grænseværdi*: Grænse for eksponering for kunstig optisk stråling, som under ingen omstændigheder må overskrides.
- 9) *Kunstig optisk stråling*: Al optisk stråling som ikke emitteres fra naturlige kilder.
- 10) *Irradians (E) eller effekttæthed*: Effekten af den indfaldende stråling på en flade pr. arealenhed udtrykt i watt pr. kvadratmeter ($W m^{-2}$).
- 11) *Strålingseksponering (H)*: Integralet af irradiansen over tiden udtrykt i joule pr. kvadratmeter ($J m^{-2}$).
- 12) *Radians (L)*: Den udsåttede effekt pr. rumvinkelenhed pr. arealenhed udtrykt i watt pr. kvadratmeter pr. steradian ($W m^{-2} sr^{-1}$).
- 13) *Niveau (eksponering)*: Den sammenlagte eksponering for kunstig optisk stråling som en arbejdstager udsættes for.

Kapitel 2

Almindelige bestemmelser

§ 3. I denne bekendtgørelse gælder de grænseværdier for kunstig optisk stråling, som fremgår af bilag II om ikke-kohærent optisk stråling og bilag III om optisk laserstråling.

Kapitel 3

Arbejdsgiverens pligter

§ 4. Arbejdet skal planlægges, tilrettelægges og udføres således, at risici som følge af kunstig optisk stråling fjernes eller begrænses til det lavest mulige niveau efter principperne for forebyggelse i bilag 1 i bekendtgørelse om arbejdets udførelse. Der skal i den forbindelse tages hensyn til den teknologiske udvikling og mulighederne for at minimere den kunstige optiske stråling.

§ 5. Den, der udfører arbejde, hvor der er risiko for udsættelse for kunstig optisk stråling, må under ingen omstændigheder udsættes for en eksponering, der overskrider grænseværdierne i henhold til § 3.

Stk. 2. Overskrides grænseværdierne skal arbejdsgiveren straks

¹⁾ Bekendtgørelsen indeholder bestemmelser, der gennemfører Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2006/25/EF af 5. april 2006 om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstagernes eksponering for risici på grund af fysiske agenser (kunstig optisk stråling), EF-Tidende L 114/38 af 27. april 2006, side 38.

- 1) træffe foranstaltninger, der bringer eksponeringen under grænseværdierne,
- 2) påvise årsagerne til, at grænseværdierne blev overskredet, og
- 3) tage organisatoriske og tekniske forholdsregler til sikring af, at overskridelsen ikke gentages.

§ 6. Hvor der er risiko for overskridelse af grænseværdierne, skal arbejdsgiveren planlægge og træffe tekniske eller organisatoriske foranstaltninger eller en kombination heraf, som tager sigte på at forebygge overskridelse af grænseværdierne især ved:

- 1) Alternative arbejdsmetoder der reducerer risici forbundet med kunstig optisk stråling.
- 2) Arbejdsstedernes og arbejdspladsernes udformning og indretning.
- 3) Valg af arbejdsudstyr, der mindsker den kunstige optiske stråling, under hensyntagen til det arbejde, der skal udføres.
- 4) Anvende leverandørens brugsanvisninger til udstyret.
- 5) Begrænsning af eksponeringens varighed og niveau.
- 6) Tekniske foranstaltninger, som tager sigte på at reducere emissionen af kunstig optisk stråling, herunder brug af blokeringsanordninger, afskærmning eller lignende mekanismer til sundhedsbeskyttelse.
- 7) Forebyggende vedligeholdelse af arbejdsudstyr, arbejdssteder og arbejdspladser.
- 8) Brug af egnede personlige værnemidler.

§ 7. Hvis den ansatte kan udsættes for risici som følge af kunstig optisk stråling, skal arbejdsgiveren sørge for at arbejdspladsvurderingen, jf. kapitel 2a i bekendtgørelse om arbejdets udførelse, indeholder en vurdering af disse risici.

Stk. 2. Ved udarbejdelsen af arbejdspladsvurderingen vedrørende kunstig optisk stråling skal arbejdsgiveren særligt være opmærksom på følgende, når risikoen vurderes:

- 1) Eksponeringens niveau, bølgelængdeområde og varighed.
- 2) Grænseværdierne i henhold til § 3.
- 3) Enhver effekt af sikkerheds- og sundhedsmæssig art for arbejdstagere, der tilhører særligt følsomme risikogrupper.
- 4) Indvirkning på arbejdstagernes sikkerhed og sundhed som følge af reaktion mellem kunstig optisk stråling og kemiske stoffer, som påvirker lysfølsomheden.
- 5) Indirekte effekter som blænding, eksplosion eller ild.
- 6) Muligheden for at anvende alternativt udstyr, som er udformet med henblik på at begrænse niveauet af eksponering for kunstig optisk stråling.
- 7) Relevant information, der er indsamlet i forbindelse med helbreds kontrol, herunder offentliggjort, i det omfang det er muligt.
- 8) Eksponering for kunstig optisk stråling fra flere kilder.
- 9) Laserudstyr med en klassificering defineret i overensstemmelse med IEC's (International Electrotechnical Commission) standarder og kunstige kilder, som kan forårsage skader tilsvarende dem, der kan forårsages af lasere af klasse 3B eller 4 i enhver tilsvarende klassificering.

- 10) Information fra leverandørerne af optiske strålekilder og dermed tilhørende udstyr, som er i overensstemmelse med relevante direktiver.

Stk. 3. I det omfang, det er nødvendigt for at klarlægge risici, skal arbejdsgiveren foretage målinger eller beregninger.

Stk. 4. Ved vurdering og beregning skal den metode, som arbejdsgiveren anvender, følge IEC's standarder for laserstråling, respektive CIE's (International Commission on Illumination) og CEN's (European Committee for Standardization) anbefalinger for ikke-kohærent optisk stråling.

Stk. 5. Når det gælder eksponering, som ikke er omfattet af de i stk. 4 nævnte standarder, skal vurdering, måling og beregning gennemføres i overensstemmelse med tilgængelige, videnskabeligt begrundede retningslinjer. Ved vurdering af de niveauer af kunstig optisk stråling, som arbejdstagerne kan udsættes for, har arbejdsgiveren mulighed for at støtte sig til de oplysninger, som leverandørerne af udstyret har oplyst, når det er omfattet af de relevante direktiver.

Stk. 6. Arbejdsgiveren skal sikre, at læger, arbejdsmedicinske klinikker og sundhedsmyndigheder med ansvar for arbejdsmedicinske undersøgelser, har adgang til virksomhedens arbejdspladsvurdering, når det er relevant for helbreds kontrollen af de ansatte, jf. kapitel 4.

§ 8. De dele af arbejdsstedet, hvor der er risiko for, at den ansatte udsættes for kunstig optisk stråling, som overskrider grænseværdierne i henhold til § 3, skal markeres med passende skilte, jf. bekendtgørelse om sikkerhedsskiltning og anden signalgivning. De pågældende steder skal afgrænses og adgangen hertil begrænses, når det er teknisk muligt.

§ 9. Arbejdsgiveren skal sørge for, at de ansatte oplæres og instrueres i en sikkerheds- og sundhedsmæssig fuld forsvarlig udførelse af arbejde, hvor den ansatte kan udsættes for risici som følge af udsættelse for kunstig optisk stråling.

Stk. 2. Ved oplæring og instruktion af arbejdstageren skal der navnlig tages hensyn til følgende:

- 1) Foranstaltninger der træffes i henhold til denne bekendtgørelse for at fjerne risici i forbindelse med kunstig optisk stråling eller nedbringe risici til et minimum.
- 2) Grænseværdierne og de dermed forbundne risici.
- 3) Resultaterne af de gennemførte arbejdspladsvurderinger, jf. § 7.
- 4) Arbejdsmetoder som kan minimere eksponeringen for kunstig optisk stråling mest muligt.
- 5) Korrekt anvendelse af personlige værnemidler.
- 6) Hvordan symptomer på erhvervs sygdomme og arbejdsulykker skal opdages og anmeldes.
- 7) Under hvilke betingelser arbejdstageren har ret til arbejdsmedicinske undersøgelser.

Kapitel 4

Arbejdsmedicinske undersøgelser

§ 10. Ansatte, der har været udsat for kunstig optisk stråling, som overskrider grænseværdierne i henhold til § 3, skal have adgang til en arbejdsmedicinsk undersøgelse, hvis:

- 1) Påvirkningen er af en sådan art, at en identificerbar sygdom eller forringelse af helbredet kan sættes i forbindelse med udsættelsen,
- 2) det er sandsynligt, at sygdommen eller virkningen kan opstå under de særlige forhold, den ansatte arbejder under, og
- 3) der foreligger effektive teknikker til påvisning af indikationer på sygdommen eller virkningen.

Stk. 2. Der henvises i øvrigt til bekendtgørelse om arbejdsmedicinske undersøgelser efter lov om arbejdsmiljø.

§ 11. Arbejdstilsynet gør virksomheden bekendt med, hvorvidt resultaterne af den arbejdsmedicinske undersøgelse giver anledning til nye foranstaltninger, herunder ajourføring af arbejdspladsvurderingen, løbende helbredsundersøgelse for de ansatte samt foranstaltninger i forbindelse med arbejdets planlægning og tilrettelæggelse.

Stk. 2. Der henvises i øvrigt til bekendtgørelse om arbejdsmedicinske undersøgelser efter lov om arbejdsmiljø.

Kapitel 5

Dispensation og klage

§ 12. Direktøren for Arbejdstilsynet kan, hvor særlige forhold foreligger, tillade afvigelser fra bestemmelserne i denne bekendtgørelse, når det skønnes rimeligt og fuldt forsvarligt, og i det omfang det er foreneligt med direktiv 2006/25/EF af 5. april 2006 om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstagernes eksponering for risici på grund af fysiske agenser (kunstig optisk stråling).

§ 13. Arbejdstilsynets afgørelser efter bekendtgørelsen kan påklages efter lov om arbejdsmiljø § 81.

Kapitel 6

Straf

§ 14. Medmindre højere straf er forskyldt efter lov om arbejdsmiljø eller anden lovgivning, straffes med bøde eller fængsel i indtil 2 år den, der

- 1) overtræder §§ 4-10,
- 2) ikke efterkommer påbud eller forbud, der er meddelt i henhold til bekendtgørelsen, eller
- 3) tilsidesætter vilkår for tilladelser i henhold til bekendtgørelsen.

Stk. 2. For overtrædelse af §§ 4-10 kan der pålægges en arbejdsgiver bødeansvar, selv om overtrædelsen ikke kan tilregnes pågældende som forsætlig eller uagtsom. Det er en betingelse for bødeansvaret, at overtrædelsen kan tilregnes en eller flere til virksomheden knyttede personer eller virksomheden som sådan. For bødeansvaret fastsættes ingen forvandlingsstraf.

Stk. 3. Der kan pålægges selskaber m.v. (juridiske personer) strafansvar efter reglerne i straffelovens 5. kapitel.

Kapitel 7

Ikrafttræden

§ 15. Denne bekendtgørelse træder i kraft den 30. maj 2010.

Arbejdstilsynet, den 26. maj 2010

JENS JENSEN

/ Bitten Højmark Døjholt

²⁾ Se bilag I for en ikke udtømmende liste med eksempler på, hvor kunstig optisk stråling kan forekomme i forbindelse med arbejde.

Bilag I**LISTE MED EKSEMPLER PÅ HVOR KUNSTIG OPTISK STRÅLING KAN FOREKOMME I FORBINDELSE MED ARBEJDE****LISTEN ER IKKE UDTØMMENDE**

På de fleste arbejdspladser findes der udelukkende såkaldte trivielle strålekilder for optisk stråling. Dette indebærer, at strålingen er så lav, at måling eller beregning af eksponeringen fra disse strålekilder ikke er påkrævet, og det kan forudsættes, at grænseværdierne, som er specificeret i bilag II og bilag III, er overholdt.

Eksempler på sådanne trivielle strålekilder, der normalt kan antages for sikre, er ifølge Kommissionens direktivvejledning:

- 1) Loftsmonterede lysarmaturer med diffusor
- 2) Billedskærme til computere og lignende
- 3) Loftsmonterede armaturer med kompaktlysrør
- 4) Kompaktlysrør til projektørbelysning
- 5) UVA-insektfælder
- 6) Loftsmonterede halogen spotlights
- 7) Glødelamper til bordbelysning
- 8) Loftsmonterede glødelamper
- 9) Fotokopimaskiner
- 10) Interaktive whiteboard præsentationsudstyr
- 11) Lysdioder anvendt som indikatorlamper
- 12) PDA'er (personal digital assistants)
- 13) Billygter som bremselygter, blinklygter, baklygter og tågelygter
- 14) Kamerablitz
- 15) Vejbelysning

Eksempler på trivielle strålekilder, der normalt kan antages for sikre, forudsat de er i normal stand og brug, er ifølge Kommissionens direktivvejledning, hvor forudsætningerne er specificeret nærmere:

- 1) Loftsmonterede lysarmaturer uden diffusor
- 2) Metal halogenid/Kviksølvs projektører
- 3) Skrivebords projektører
- 4) Lavtryks UVA blacklight
- 5) Ethvert "Class 1" laser udstyr (i henhold til EN 60825)
- 6) Ethvert "Exempt Group" produkt (i henhold til EN 62471)
- 7) Bilforlygter

Eksempler på strålekilder, hvor der normalt er behov for foranstaltninger:

- 1) Lysbue-svejsning
- 2) Kraftigere UV-lamper
- 3) Kraftigere lasere

Bilag II**IKKE-KOHÆRENT OPTISK STRÅLING**

De biofysiske relevante eksponeringsværdier for optisk stråling kan fastlægges ved hjælp af nedenstående formler. De formler, der skal anvendes, afhænger af den stråling, der udsendes af kilden, og resultaterne sammenlignes med de tilsvarende eksponeringsgrænseværdier (ELV), der er nævnt i tabel 2.1. Der kan være mere end en eksponeringsværdi og tilsvarende eksponeringsgrænse, der er relevant for en given kilde til optisk stråling.

a) - o) henviser til de tilsvarende rækker i tabel 2.1.

$$a) \quad H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{eff}} \text{ er kun relevant i området } 180\text{-}400 \text{ nm})$$

$$b) \quad H_{\text{UV\AA}} = \int_0^t \int_{\lambda = 315 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{UV\AA}} \text{ er kun relevant i området } 315\text{-}400 \text{ nm})$$

$$c), d) \quad L_B = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (L_B \text{ er kun relevant i området } 300\text{-}700 \text{ nm})$$

$$e), f) \quad E_B = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_B \text{ er kun relevant i området } 300\text{-}700 \text{ nm})$$

$$g)\text{-}l) \quad L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{Se tabel 2.1 for relevante værdier for } \lambda_1 \text{ og } \lambda_2)$$

$$m), n) \quad E_{\text{IR}} = \int_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{\text{IR}} \text{ er kun relevant i området } 780\text{-}3\,000 \text{ nm})$$

$$o) \quad H_{\text{skin}} = \int_0^t \int_{\lambda = 380 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{skin}} \text{ er kun relevant i området } 380\text{-}3\,000 \text{ nm})$$

Hvad angår dette direktiv, kan de ovennævnte formler erstattes af følgende udtryk og anvendelsen af diskrete værdier som fastsat i de følgende tabeller:

a)
$$E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
 og $H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$

b)
$$E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda = 315 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$
 og $H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$

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)
$$L_{\text{R}} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
 (Se tabel 2.1 for relevante værdier for λ_1 and λ_2)

m), n)
$$E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

o)
$$E_{\text{skin}} = \sum_{\lambda = 380 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$
 og $H_{\text{skin}} = E_{\text{skin}} \cdot \Delta t$

Noter:

| | |
|--|--|
| $E_{\lambda}(\lambda, t), E_{\lambda}$ | <i>spektral irradians eller spektral effekttæthed:</i> Effekten af den indfaldende stråling på en flade pr. arealenhed udtrykt i watt pr. kvadratmeter pr. nanometer [$\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$]; værdierne $E_{\lambda}(\lambda, t)$ og E_{λ} kommer fra målinger eller kan oplyses af fabrikanten af udstyret |
| E_{eff} | <i>effektiv irradians (UV område):</i> Beregnet irradians inden for UV bølglængdeområdet 180-400 nm spektralt vægtet med $S(\lambda)$, udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m^{-2}] |
| H | <i>strålingseksponering,</i> integralet af irradiansen over tiden udtrykt i joule pr. kvadratmeter [J m^{-2}] |
| H_{eff} | <i>effektiv strålingseksponering:</i> Strålingseksponering spektralt vægtet med $S(\lambda)$, udtrykt i joule pr. kvadratmeter [J m^{-2}] |
| E_{UVA} | <i>total irradians (UV-A):</i> Beregnet irradians inden for UV-A bølglængdeområdet 315-400 nm, udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m^{-2}] |
| H_{UVA} | <i>strålingseksponering,</i> integralet eller summen af irradiansen over tid og bølglængde for UV-A stråling indenfor bølglængdeområdet 315-400 nm, udtrykt i joule pr. kvadratmeter [J m^{-2}] |
| $S(\lambda)$ | <i>spektral vægtning,</i> der tager hensyn til, at sundhedsvirkningen af UV-stråling på øjne og hud afhænger af bølglængden (Tabel 2.2) [dimensionsløs] |
| $t, \Delta t$ | <i>tid, varighed af eksponeringen</i> udtrykt i sekunder [s] |
| λ | <i>bølglængde</i> udtrykt i nanometer [nm] |
| $\Delta \lambda$ | <i>båndbredde</i> udtrykt i nanometer [nm], intervaller benyttet til beregning eller måling |
| $L_{\lambda}(\lambda), L_{\lambda}$ | <i>spektral radians</i> fra kilden udtrykt i watt pr. kvadratmeter pr. steradian pr. nanometer [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$] |
| $R(\lambda)$ | <i>spektral vægtning,</i> der tager hensyn til, at skaden på øjet forårsaget af synlig stråling og IR-A-stråling afhænger af bølglængden (Tabel 2.3) [dimensionsløs] |
| L_{R} | <i>effektiv radians</i> (termisk skade) beregnet stråling spektralt vægtet med $R(\lambda)$ udtrykt i watt pr. kvadratmeter pr. steradian [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$] |

| | |
|-------------------|--|
| $B(\lambda)$ | <i>spektral vægtning</i> , der tager hensyn til, at den fotokemiske skade på øjet forårsaget af blå-lys-stråling afhænger af bølgelængden (Tabel 2.3) [dimensionsløs] |
| L_B | <i>effektiv radians (blåt-lys)</i> : Beregnet radians spektralt vægtet med $B(\lambda)$, udtrykt i watt pr. kvadratmeter pr. steradian [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$] |
| E_B | <i>effektiv irradians (blåt-lys)</i> : Beregnet irradians spektralt vægtet med $B(\lambda)$, udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m^{-2}] |
| E_{IR} | <i>total irradians (termisk skade)</i> : Beregnet irradians indenfor det infrarøde bølgelængdeområde på 780 nm-3 000 nm, udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m^{-2}] |
| E_{skin} | <i>total irradians (synlig, IR-A og IR-B)</i> : Beregnet irradians indenfor det synlige og infrarøde bølgelængdeområde på 380 nm-3 000 nm, udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m^{-2}] |
| H_{skin} | <i>strålingseksponering</i> , integralet eller summen over tid og bølgelængde af irradiansen indenfor det synlige og infrarøde bølgelængdeområde på 380 nm-3 000 nm, udtrykt i joule pr. kvadratmeter (J m^{-2}) |
| α | <i>vinkelmæssig udstrækning</i> : Den vinkelmæssige udstrækning af en tilsyneladende kilde set fra et givet sted i rummet, udtrykt i milliradianer (mrad). Den tilsyneladende kilde er den reelle eller virtuelle genstand, der danner det mindst mulige billede på nethinden. |

Tabel 2.1: Eksponeringsgrænseværdier for ikke-kohærent optisk stråling

| Index. | Bølgelængde nm | Eksponeringsgrænseværdi | Enheder | Bemærkning | Legemsdel | Risiko |
|--------|--|---|--|--|---|--|
| a. | 180-400 (UV-A, UV-B og UV-C) | $H_{\text{eff}} = 30$ Pr. dag 8 timer | $[\text{J m}^{-2}]$ | | øje hornhinde bindehinde linser hud | fotokeratitis konjunktivitis katarakt erytem elastosis hudkræft |
| b. | 315-400 (UV-A) | $H_{\text{UVA}} = 10^4$ Pr. dag 8 timer | $[\text{J m}^{-2}]$ | | øje linser | katarakt |
| c. | 300-700 (blåt-lys) <i>se note 1</i> | $L_B = \frac{10^6}{t}$ for $t \leq 10\,000$ s | $L_B: [\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ t: [sekunder] | for $\alpha \geq 11$ mrad | øje nethinde | fotoretinitis |
| d. | 300-700 (blåt-lys) <i>se note 1</i> | $L_B = 100$ for $t > 10\,000$ s | $[\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ | | | |
| e. | 300-700 (blåt-lys) <i>se note 1</i> | $E_B = \frac{100}{t}$ for $t \leq 10\,000$ s | $E_B: [\text{W m}^{-2}]$ t: [sekunder] | for $\alpha < 11$ mrad <i>se note 2</i> | | |
| f. | 300-700 (blåt-lys) <i>se note 1</i> | $E_B = 0.01$ $t > 10\,000$ s | $[\text{W m}^{-2}]$ | | | |
| g. | 380-1 400 (Synlig og IR-A) | $L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha}$ for $t > 10$ s | $[\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ | $C_\alpha = 1,7$ for $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_\alpha = \alpha$ for | øje nethinde | forbrænding af nethinden |
| h. | 380-1 400 (Synlig og IR-A) | $L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ for $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s | $L_R: [\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ t: [sekunder] | $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ for $\alpha > 100$ mrad | | |

| Index. | Bølgelængde nm | Eksponeeringsgrænseværdi | Enheder | Bemærkning | Legemsdel | Risiko |
|--------|-------------------------------------|--|--|---|---------------------------|---------------------------------------|
| i. | 380-1 400 (Synlig og IR-A) | $L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ for $t < 10 \mu\text{s}$ | [W m ⁻² sr ⁻¹] | $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1 400$ | | |
| j. | 780-1 400 (IR-A) | $L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha}$ for $t > 10 \text{s}$ | [W m ⁻² sr ⁻¹] | $C_\alpha = 11$ for $\alpha \leq 11 \text{ mrad}$ $C_\alpha = \alpha$ for $11 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ $C_\alpha = 100$ for $\alpha > 100 \text{ mrad}$ (målefelt: 11 mrad) | øje nethinde | forbrænding af nethinden |
| k. | 780-1 400 (IR-A) | $L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ for $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{s}$ | L_R : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [sekunder] | | | |
| l. | 780-1 400 (IR-A) | $L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ for $t < 10 \mu\text{s}$ | [W m ⁻² sr ⁻¹] | | | |
| m. | 780-3 000 (IR-A og IR-B) | $E_{IR} = 18 000 t^{-0,75}$ for $t \leq 1 000 \text{s}$ | E: [W m ⁻²] t: [sekunder] | | øje hornhinde linse | forbrænding af hornhinden katarakt |
| n. | 780-3 000 (IR-A og IR-B) | $E_{IR} = 100$ for $t > 1 000 \text{s}$ | [W m ⁻²] | | | |
| o. | 380-3 000 (Synlig, IR-A og IR-B) | $H_{\text{skin}} = 20 000 t^{0,25}$ for $t < 10 \text{s}$ | H: [J m ⁻²] t: [sekunder] | | hud | forbrænding |

Note 1: Området 300 til 700 nm omfatter dele af UV-B, alle UV-A og det meste af synlig stråling; den dermed forbundne risiko omtales normalt som "blåt-lys", selv om blåt-lys i snæver forstand kun omfatter området fra ca. 400 til 490 nm.

Note 2: Med henblik på vedholdende fiksering af meget små kilder med en sigtevinkel < 11 mrad, kan L_B konverteres til E_B . Dette gælder normalt kun for instrumenter til øjenundersøgelse eller et stabiliseret øje under bedøvelse. Den maksimale "stirretid" findes således: $t_{\text{max}} = 100/E_B$ med E_B udtrykt i W m⁻². Øjenbevægelserne under normale visuelle opgaver gør, at denne ikke overstiger 100 sekunder.

Tabel 2.2: S (λ) [dimensionsløs], 180 nm til 400 nm

| λ i nm | S (λ) | λ i nm | S (λ) | λ i nm | S (λ) | λ i nm | S (λ) | λ i 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 2.3: B (λ), R (λ) [dimensionsløs], 380 nm til 1 400 nm

| λ i 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 |
| $500 < \lambda \leq 600$ | $10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$ | 1 |
| $600 < \lambda \leq 700$ | 0.001 | 1 |
| $700 < \lambda \leq 1050$ | — | $10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$ |
| $1050 < \lambda \leq 1150$ | — | 0,2 |
| $1150 < \lambda \leq 1200$ | — | $0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150 - \lambda)}$ |
| $1200 < \lambda \leq 1400$ | — | 0,02 |

Bilag III**OPTISK LASERSTRÅLING**

De biofysisk relevante eksponeringsværdier for optisk stråling kan fastlægges ved hjælp af nedenstående formler. Hvilke formler, der skal anvendes, afhænger af bølgelængden og varigheden af strålingen fra kilden, og resultaterne sammenlignes med de tilsvarende eksponeringsgrænseværdier i tabellerne 3.2-3.4. Der kan være mere end en eksponeringsværdi og tilsvarende eksponeringsgrænse for en given kilde til optisk laserstråling.

Koefficienter anvendt til beregninger i tabellerne 3.2-3.4 er angivet i tabel 3.5, og korrektioner for gentagen eksponering findes i tabel 3.6.

$$E = \frac{dP}{dA} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt \text{ [J m}^{-2}\text{]}$$

Noter:

| | |
|----------------|---|
| dP | <i>effekt</i> udtrykt i watt [W] |
| dA | <i>fladeareal</i> udtrykt i kvadratmeter [m ²] |
| E(t), E | <i>irradians eller effekttæthed</i> : Effekten af den indfaldende stråling på en flade pr. arealenhed sædvanligvis udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m ⁻²]. Værdier for E(t), E kommer fra målinger eller kan oplyses af fabrikanten af udstyret |
| H | <i>strålingseksponering</i> : Integralet af irradiansen over tiden udtrykt i joule pr. kvadratmeter [J m ⁻²] |
| t | <i>tid, varighed af eksponeringen</i> , udtrykt i sekunder [s] |
| λ | <i>bølgelængde</i> , udtrykt i nanometer [nm] |
| γ | <i>begrænsende keglevinkel for målefeltet</i> udtrykt i milliradianer [mrad] |
| γ _m | <i>målefeltet</i> udtrykt i milliradianer [mrad] |
| α | <i>vinkelmæssig udstrækning</i> af en kilde udtrykt i milliradianer [mrad] <i>begrænsende aperturåbning</i> : Det cirkulære område over hvilket irradians og strålingseksponering midles |
| G | <i>integreret radians</i> : Integralet af radiansen over en given eksponeringstid udtrykt som strålingsenergi pr. arealenhed af en udstrålende flade pr. rumvinkelenhed af emissionen udtrykt i joule pr. kvadratmeter pr. steradian [J m ⁻² sr ⁻¹]. |

Tabel 3.1: Strålingsrisici

| Bølgelængde [nm] λ | Strålings- område | Organ | Risiko | Eksponerings- grænseværditabel |
|-----------------------|----------------------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 180 til 400 | UV | øjne | fotokemisk skade og termisk skade | 3.2, 3.3 |
| 180 til 400 | UV | hud | erytema | 3.4 |
| 400 til 700 | synlig | øjne | beskadigelse af nethinden | 3.2 |
| 400 til 600 | synlig | øjne | fotokemisk skade | 3.3 |

| Bølgelængde [nm] λ | Strålings- område | Organ | Risiko | Ekspone- rings- grænseværditabel |
|-------------------------------|----------------------|-------|---------------|--|
| 400 til 700 | synlig | hud | termisk skade | 3.4 |
| 700 til 1 400 | IR-A | øje | termisk skade | 3.2, 3.3 |
| 700 til 1 400 | IR-A | hud | termisk skade | 3.4 |
| 1 400 til 2 600 | IR-B | øje | termisk skade | 3.2 |
| 2 600 til 10^6 | IR-C | øje | termisk skade | 3.2 |
| 1 400 til 10^6 | IR-B, IR-C | øje | termisk skade | 3.3 |
| 1 400 til 10^6 | IR-B, IR-C | hud | termisk skade | 3.4 |

Tabel 3.2 Lasereksponeringsgrænser for øjne - Kort eksponeringstid < 10 s

| Bølgelængde ^a [nm] | | Apertur | Varighed [s] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|--|--------------------------------------|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
| | | | 10 ⁻¹³ - 10 ⁻¹¹ | 10 ⁻¹¹ - 10 ⁻⁹ | 10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁷ - 1,8 · 10 ⁻⁵ | 1,8 · 10 ⁻⁵ - 5 · 10 ⁻⁵ | 5 · 10 ⁻⁵ - 10 ⁻³ | 10 ⁻³ - 10 ¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UV-C | 180 - 280 | 1 mm for t ≤ 0,3 s; 1,5 · t ^{0,375} mm for 0,3 s < t < 10 s | $E = 3 \cdot 10^{10} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ Jf. note ^c | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UV-B | 280 - 302 | | | | | | | | $H = 30 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 303 | | | | | | | | | | | | | | $H = 40 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; hvis $t < 2,6 \cdot 10^{-9}$ så $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ se note ^d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 304 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $H = 60 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; hvis $t < 1,3 \cdot 10^{-8}$ så $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ se note ^d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 305 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; hvis $t < 1,0 \cdot 10^{-7}$ så $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ se note ^d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 306 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $H = 160 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; hvis $t < 6,7 \cdot 10^{-7}$ så $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ se note ^d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 307 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $H = 250 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; hvis $t < 4,0 \cdot 10^{-6}$ så $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ se note ^d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 308 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $H = 400 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; hvis $t < 2,6 \cdot 10^{-5}$ så $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ se note ^d | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 309 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $H = 630 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; hvis $t < 1,6 \cdot 10^{-4}$ så $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ se note ^d | | | | | | | | | | | |
| | 310 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $H = 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; hvis $t < 1,0 \cdot 10^{-3}$ så $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ se note ^d | | | | | |
| | 311 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 312 | $H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; hvis $t < 4,0 \cdot 10^{-2}$ så $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ se note ^d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 313 | | | | | | | | | $H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; hvis $t < 2,6 \cdot 10^{-1}$ så $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ se note ^d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 314 | | | | | | | | | | | | | | | $H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; hvis $t < 1,6 \cdot 10^0$ så $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ se note ^d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UV-A | | | | | | | 315 - 400 | $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Synlig & IR-A | | | | | | | 400 - 700 | $H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | $H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 5 \cdot 10^{-3} C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 18 \cdot t^{0,75} C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 700 - 1 050 | $H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_A C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | $H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_A C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 5 \cdot 10^{-3} C_A C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 18 \cdot t^{0,75} C_A C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 1 050 - 1 400 | $H = 1,5 \cdot 10^{-3} C_C C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | $H = 2,7 \cdot 10^5 t^{0,75} C_C C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 5 \cdot 10^{-2} C_C C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | $H = 90 \cdot t^{0,75} C_C C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IR-B & IR-C | | | | | | | 1 400 - 1 500 | $E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ Jf. note ^c | | | | | | | | | | | | | $H = 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 1 500 - 1 800 | $E = 10^{13} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ Jf. note ^c | | | | | | | | | | | | | $H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 1 800 - 2 600 | $E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ Jf. note ^c | | | | | | | | | | | | | $H = 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 600 - 10 ⁶ | $E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ Jf. note ^c | | $H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

^a Hvis laserens bølgelængde er omfattet af to grænser, anvendes den mest restriktive.

^b Når $1400 \leq \lambda < 10^5$ nm: aperturdiameter = 1 mm for $t \leq 0,3$ s og $1,5 t^{0,375}$ mm for $0,3 \text{ s} < t < 10 \text{ s}$; når $10^5 \leq \lambda < 10^6$ nm: aperturdiameter = 11 mm.

^c Pga. manglende data for disse pulslængder, anbefaler ICNIRP anvendelse af 1 ns irradiansgrænser.

^d Figuren viser værdierne for enkeltlaserimpulser. I tilfælde af multiple laserimpulser skal laserimpulsvarigheder med impulser inden for et interval T_{\min} (jf. tabel 3.6)

lægges sammen, og den deraf følgende tidsværdi skal indsættes for t i formlen: $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$.

Tabel 3.3 Lasereksponeeringsgrænser for øjne - Lang eksponeringstid ≥ 10 s

| Bølgelængde ^a [nm] | | Apertur | Varighed [s] | | |
|-------------------------------|--|--|---|---|--|
| | | | 10 ¹ - 10 ² | 10 ² - 10 ⁴ | 10 ⁴ - 3 · 10 ⁴ |
| UV-C | 180 - 280 | 3,5 mm | H = 30 [J m ⁻²] | | |
| UV-B | 280 - 302 | | H = 40 [J m ⁻²] | | |
| | 303 | | H = 60 [J m ⁻²] | | |
| | 304 | | H = 100 [J m ⁻²] | | |
| | 305 | | H = 160 [J m ⁻²] | | |
| | 306 | | H = 250 [J m ⁻²] | | |
| | 307 | | H = 400 [J m ⁻²] | | |
| | 308 | | H = 630 [J m ⁻²] | | |
| | 309 | | H = 1,0 10 ³ [J m ⁻²] | | |
| | 310 | | H = 1,6 10 ³ [J m ⁻²] | | |
| | 311 | | H = 2,5 10 ³ [J m ⁻²] | | |
| | 312 | | H = 4,0 10 ³ [J m ⁻²] | | |
| | 313 | | H = 6,3 10 ³ [J m ⁻²] | | |
| | 314 | | H = 10 ⁴ [J m ⁻²] | | |
| UV-A | 315 - 400 | H = 10 ⁴ [J m ⁻²] | | | |
| Synlig 400 - 700 | 400 - 600 Fotokemisk ^b skade på nethinden | 7 mm | H = 100 C _B [J m ⁻²] (γ = 11 mrad) ^d | E = 1 C _B [W m ⁻²]; (γ = 1,1 t ^{0,5} mrad) ^d | E = 1 C _B [W m ⁻²] (γ = 110 mrad) ^d |
| | 400 - 700 Termisk ^b skade på nethinden | | hvis α < 1,5 mrad så E = 10 [W m ⁻²] hvis α > 1,5 mrad og t ≤ T ₂ så H = 18 C _E t ^{0,75} [J m ⁻²] hvis α > 1,5 mrad og t > T ₂ så E = 18 C _E T ₂ ^{-0,25} [W m ⁻²] | | |
| IR-A | 700 - 1 400 | 7 mm | hvis α < 1,5 mrad så E = 10 C _A C _C [W m ⁻²] hvis α > 1,5 mrad og t ≤ T ₂ så H = 18 C _A C _C C _E t ^{0,75} [J m ⁻²] hvis α > 1,5 mrad og t > T ₂ så E = 18 C _A C _C C _E T ₂ ^{-0,25} [W m ⁻²] (må ikke overskride 1000 W m ⁻²) | | |
| IR-B & IR-C | 1 400 - 10 ⁶ | jf. note ^c | E = 1000 [W m ⁻²] | | |

^a Hvis laserens bølgelængde eller andre givne forhold ved laseren er omfattet af to grænser, anvendes den mest restriktive.

^b For små kilder med en vinkelmæssig udstrækning på højst 1,5 mrad, reduceres de to grænseværdier E for synlig stråling fra 400 nm til 600 nm til termiske grænser for 10 s ≤ t < T₁ og til fotokemiske grænser for længere tidsrum. For T₁ og T₂ jf. tabel 3.5. Den fotokemiske risikogrænse for nethinden kan også udtrykkes som den integrerede radian G = 10⁶ C_B [J m⁻² sr⁻¹] for t > 10 s op til = 10 000 s og L = 100 C_B [W m⁻² sr⁻¹] for t > 10 000 s. Til måling af G og L skal γ_m anvendes til at midle over. Den officielle grænse mellem synlig og infrarød er 780 nm som defineret af CIE. Kolonnen med bølgelængder med benævnelser skal blot give brugeren et bedre overblik. (G anvendes af CEN; L₁ anvendes af CIE; L_p anvendes af IEC og CENELEC.)

^c For bølgelængde 1 400 - 10⁵ nm: aperturdiameter = 3,5 mm; for bølgelængde 10⁵ - 10⁶ nm: aperturdiameter = 11 mm.

^d Til måling af eksponeringen defineres γ som følger: Hvis α (den vinkelmæssige udstrækning af kilden) > γ (begrænsende keglvinkel, angivet i parentes i den tilsvarende kolonne) skal målefeltet γ_m have værdien γ. (Hvis der anvendes et større målefelt, bliver risikoen overvurderet).

Hvis α < γ skal målefeltet γ_m være stort nok til fuldt ud at medtage kilden, men er ellers ikke begrænset og kan være større end γ.

Tabel 3.4: Lasereksponeeringsgrænser for hud

| Bølgelængde ^a [nm] | | Apertur | Varighed [s] | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|---------|---|--|---|--|-----------------------------------|---------------------------------------|
| | | | < 10 ⁻⁹ | 10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁷ - 10 ⁻³ | 10 ⁻³ - 10 ¹ | 10 ¹ - 10 ³ | 10 ³ - 3 · 10 ⁴ |
| UV (A, B, C) | 180-400 | 3.5mm | $E = 3 \cdot 10^{10} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | De samme som eksponeeringsgrænser for øjne | | | | |
| Synlig & IR-A | 400-700 | 3.5mm | $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | $H=200 C_A$ [J m ⁻²] | $H = 1,1 \cdot 10^4 C_A t^{0,25}$ [J m ⁻²] | $E = 2 \cdot 10^3 C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | | |
| | 700-1 400 | | $E = 2 \cdot 10^{11} C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | | | | | |
| IR-B & IR-C | 1 400-1 500 | 3.5mm | $E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | De samme som eksponeeringsgrænser for øjne | | | | |
| | 1 500-1 800 | | $E = 10^{13} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | | | | | |
| | 1 800-2 600 | | $E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | | | | | |
| | 2 600-10 ⁶ | | $E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | | | | | |

^a Hvis bølgelængden eller andre forhold ved laseren er omfattet af to grænser, anvendes den mest restriktive

Tabel 3.5: Anvendte korrektionsfaktorer og andre beregningsparametre

| Parameter som angivet i ICNIRP | Gyldigt spektralområde (nm) | Værdi |
|--------------------------------|---------------------------------|---|
| 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 | $C_C = 10^{0,018(\lambda - 1150)}$ |
| | 1 200 - 1 400 | $C_C = 8,0$ |
| T_1 | $\lambda < 450$ | $T_1 = 10 \text{ s}$ |
| | 450 - 500 | $T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$ |
| | $\lambda > 500$ | $T_1 = 100 \text{ s}$ |
| Parameter som angivet i ICNIRP | Gyldig for biologisk effekt | Værdi |
| α_{\min} | alle termiske effekter | $\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$ |
| Parameter som angivet i ICNIRP | Gyldigt vinkelområde (mrad) | Værdi |
| C_E | $\alpha < \alpha_{\min}$ | $C_E = 1,0$ |
| | $\alpha_{\min} < \alpha < 100$ | $C_E = \alpha / \alpha_{\min}$ |
| | $\alpha > 100$ | $C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad}$ med $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$ |
| T_2 | $\alpha < 1,5$ | $T_2 = 10 \text{ s}$ |
| | $1,5 < \alpha < 100$ | $T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$ |
| | $\alpha > 100$ | $T_2 = 100 \text{ s}$ |
| Parameter som angivet i ICNIRP | Gyldigt eksponeringstidsrum (s) | Værdi |
| γ | $t \leq 100$ | $\gamma = 11 \text{ [mrad]}$ |
| | $100 < t < 10^4$ | $\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$ |
| | $t > 10^4$ | $\gamma = 110 \text{ [mrad]}$ |

Tabel 3.6: Korrektion for gentagen eksponering

Hver af følgende tre generelle regler anvendes på alle gentagne eksponeringer, som stammer fra pulslaser eller laser scanningssystemer:

- 1) Eksponeringen fra enhver enkeltpuls i et pulstog må ikke overskride eksponeringsgrænsen for en enkeltpuls med denne pulsvarighed.
- 2) Eksponeringen fra enhver pulsgruppe (eller undergruppe af pulser i et pulstog) afgivet i eksponeringstid t må ikke overskride eksponeringsgrænsen for eksponeringstiden t .
- 3) Eksponeringen fra enhver enkeltpuls inden for en pulsgruppe må ikke overskride eksponeringsgrænsen for enkeltpulsen ganget med en kumulativ termisk korrektionsfaktor $C_p = N^{-0,25}$, hvor N er antallet af pulser. Denne regel finder kun anvendelse på eksponeringsgrænser for at beskytte mod termiske skader, hvor alle afgivne pulser i tidsrum, der er kortere end T_{\min} behandles som en enkeltpuls.

| Parameter | Gyldigt spektralområde (nm) | Værdi |
|------------|--------------------------------|---|
| T_{\min} | $315 < \lambda \leq 400$ | $T_{\min} = 10^{-9} \text{ s} (= 1 \text{ ns})$ |
| | $400 < \lambda \leq 1\ 050$ | $T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ s} (= 18 \text{ } \mu\text{s})$ |
| | $1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$ | $T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ s} (= 50 \text{ } \mu\text{s})$ |
| | $1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$ | $T_{\min} = 10^{-3} \text{ s} (= 1 \text{ ms})$ |
| | $1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$ | $T_{\min} = 10 \text{ s}$ |
| | $1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$ | $T_{\min} = 10^{-3} \text{ s} (= 1 \text{ ms})$ |
| | $2\ 600 < \lambda \leq 10^6$ | $T_{\min} = 10^{-7} \text{ s} (= 100 \text{ ns})$ |
