

# Forskrift om vern mot kunstig optisk stråling på arbeidsplassen

*Fastsatt av Arbeidsdepartementet 27. april 2010 med hjemmel i lov 17. juni 2005 nr. 62 om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (arbeidsmiljøloven) §§ 3-1 tredje ledd, 3-2 fjerde ledd, 4-1 femte ledd og 4-4 femte ledd. Gjennomfører EØS-avtalen vedlegg XVIII nr. 16je (direktiv 2006/25/EF om minstekrav til helse og sikkerhet med hensyn til eksponering av arbeidstakere for risikoer i forbindelse med fysiske agenser (kunstig optisk stråling)).*

## Kapittel 1 Innledende bestemmelser

### § 1 Formål

Forskriften skal sikre at arbeidstakernes helse og sikkerhet beskyttes mot fare som oppstår eller kan oppstå når arbeidstakerne utsettes for kunstig optisk stråling.

### § 2 Virkeområde

Forskriften gjelder for virksomheter der arbeidstakere kan bli utsatt for kunstig optisk stråling i forbindelse med arbeidet.

### § 3 Hvem forskriften retter seg mot

Arbeidsgiveren skal sørge for at bestemmelsene i denne forskrift blir gjennomført.

### § 4 Definisjoner

I denne forskriften menes med:

- a) **grenseverdier for eksponering:** verdier for eksponering for kunstig optisk stråling, som er direkte basert på kjente helsevirkninger og biologiske vurderinger, og som ikke skal overskrides,
- b) **ikke-koherent optisk stråling:** kunstig optisk stråling, unntatt laserstråling,
- c) **irradians (E) eller innstrålingstetthet:** den innfallende strålingseffekt pr. flateenhet, uttrykt som W pr. kvadratmeter ( $\text{Wm}^{-2}$ ),
- d) **kunstig optisk stråling:**  
elektromagnetisk stråling i bølgelengdeområdet 100 nm – 1 mm som ikke emitteres fra solen. Det optiske strålingsspekteret inndeles i ultrafiolett stråling, synlig stråling (lys) og infrarød stråling.  
*Ultrafiolett stråling:* optisk stråling med bølgelengde i området 100 nm og 400 nm. Området oppdeles videre i UVA (315 – 400 nm), UVB (280 – 315 nm) og UVC (100 – 280 nm),  
*Synlig stråling:* optisk stråling med bølgelengde i området mellom 380 nm og 780 nm,  
*Infrarød stråling:* optisk stråling med bølgelengde i området mellom 780 nm og 1 mm. Området deles videre i IR-A (780 – 1400 nm), IR-B (1400 – 3000 nm) og IR-C (3000 nm – 1 mm),
- e) **laser:** ("light amplification by stimulated emission of radiation" – lysforsterkning ved hjelp av stimulert strålingsemisjon): enhver innretning som kan fås til å produsere eller forsterke elektromagnetisk stråling innenfor bølgelengdeområdet for optisk stråling gjennom prosessen med kontrollert, stimulert emisjon,

- f) **laserstråling**: optisk stråling fra laser,
- g) **nivå (eksponering)**: den samlede eksponeringen en arbeidstaker kan utsettes for (kombinasjonen av irradians, strålingseksponering og radians),
- h) **radians (L)**: strålingseffekt pr. romvinkelenhet pr. arealenheter, uttrykt i Watt pr. kvadratmeter pr. steradian ( $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}$ ),
- i) **strålingseksponering (H)**: den tidsintegrerte verdi av irradiansen, uttrykt i Joule pr. kvadratmeter ( $\text{Jm}^{-2}$ ).

## Kapittel 2 Risikovurdering og tiltak m.m.

### § 5 Systematisk forebygging av eksponering

Arbeidet skal planlegges og gjennomføres på en slik måte at arbeidstakerne ikke utsettes for risiko ved eksponering fra kunstig optisk stråling og at risiko søkes fjernet eller redusert til lavest mulig nivå. Tiltak skal gjøres ved kilden så langt det er mulig med hensyn til den tekniske utviklingen.

### § 6 Risikovurdering

Arbeidsgiveren skal kartlegge og dokumentere i hvilken utstrekning arbeidstakerne utsettes for kunstig optisk stråling og vurdere enhver risiko for deres helse og sikkerhet forbundet med kunstig optisk stråling. Vurdering, beregning og måling av eksponering i henhold til § 8, skal inngå som del av risikovurderingen.

Risikovurderingen skal særlig ta hensyn til:

- a) nivå, bølgelengdeområde og eksponeringstid i forbindelse med kunstig optisk stråling,
- b) grenseverdiene for eksponering gitt i § 7,
- c) informasjon fra produsenter av kunstig optiske strålekilder og tilhørende arbeidsutstyr,
- d) virkninger på helsen og sikkerheten til arbeidstakere som tilhører særlig følsomme risikogrupper,
- e) virkninger på arbeidstakernes helse og sikkerhet som skyldes vekselvirkninger på arbeidsplassen mellom kunstig optisk stråling og kjemiske stoffer som påvirker lysfølsomheten,
- f) indirekte virkninger, som for eksempel blinding og forbigående synsforstyrrelser, eksplosjon eller brann,
- g) tilgjengeligheten av alternativt utstyr som er konstruert for å redusere eksponeringsnivået for kunstig optisk stråling,
- h) relevant informasjon fra helseundersøkelser og annen offentlig informasjon,
- i) eksponering for kunstig optisk stråling fra flere kilder og,
- j) klassifiseringen av laserutstyr definert i samsvar med den relevante IEC-standarden, og kunstige optiske strålingskilder som kan forårsake skader lignende dem som forårsakes av laser i klasse 3B eller 4, risikoklassifisering av ikke-koherente optiske kilder eller annen tilsvarende klassifisering.

Arbeidsgiveren skal oppdatere risikovurderingen med jevne mellomrom, særlig med hensyn til endringer i produksjonsforhold eller organisering av arbeidet som kan innvirke på risikoen, eller dersom resultatene av helseundersøkelsene tilsier det.

Risikovurderingen skal oppbevares slik at opplysningene kan anvendes på et senere tidspunkt.

## § 7 Grenseverdier

Grenseverdier for eksponering for kunstig optisk stråling, unntatt laserstråling, er fastsatt i vedlegg I. Grenseverdier for eksponering for laserstråling er fastsatt i vedlegg II.

## § 8 Vurdering, beregning og måling av eksponering

Arbeidsgiveren skal vurdere og om nødvendig måle og/eller beregne nivåene av den kunstige optiske strålingen som arbeidstakerne kan utsettes for.

Vurderingen, beregningen og/eller målingen skal planlegges og utføres av personell med relevant kompetanse og gjentas med passende intervall. Ny vurdering skal gjøres ved endringer som påvirker eksponeringen av de ansatte, om nødvendig må nye beregninger og/eller målinger utføres.

Ved vurdering, beregning og måling skal den metoden som velges være i henhold til standarder fra:

1. IECs (International Electrotechnical Commission) for laserstråling og
2. CIEs (International Commission on Illumination) og CENs (European Committee for Standardization) anbefalinger for kunstig optisk stråling, unntatt laserstråling.

Eksponeringssituasjoner som ikke omfattes av disse standardene og anbefalingene, skal vurderes, beregnes eller måles i henhold til vitenskapelig baserte internasjonale eller nasjonale retningslinjer.

Dataene som produsentene av utstyr har oppgitt kan tas hensyn til i vurderingen dersom utstyret omfattes av relevante EU-direktiv.

Resultatene fra vurderinger og eventuelle beregninger og målinger skal oppbevares slik at opplysningene kan brukes på et senere tidspunkt.

## § 9 Tiltak

Arbeidsgiver skal iverksette nødvendige tiltak på bakgrunn av de helse- og sikkerhetsrisikoer som fremkommer av risikovurderingen. Arbeidsgiveren skal sørge for at risiko som er forårsaket av kunstig optisk stråling fjernes eller reduseres til et lavest mulig nivå.

For å redusere eksponering skal det på bakgrunn av utarbeidet risikovurdering lages en handlingsplan som inneholder tekniske og/eller organisatoriske tiltak. Det skal særlig tas hensyn til:

- a) alternative arbeidsmetoder,
- b) valg av hensiktsmessig arbeidsutstyr som gir minst mulig kunstig optisk stråling,
- c) tekniske innretninger som reduserer kunstig optisk stråling, innbefattet bruk av avskjerming, innbygging eller liknende,
- d) systematisk vedlikehold av arbeidsutstyr, arbeidsplassen og arbeidslokaler,
- e) utforming og tilrettelegging av arbeidsplasser og arbeidslokalene,
- f) begrensnng av eksponeringstid og nivå,
- g) tilgjengelighet av hensiktsmessig personlig verneutstyr,
- h) bruksanvisninger fra produsenter av utstyr,
- i) spesielle tiltak rettet mot arbeidstakere som tilhører følsomme risikogrupper og,
- j) gjennomføring av helseundersøkelser i henhold til § 12.

Arbeidsgiveren skal tilpasse tiltakene for arbeidstakere som i særlig grad kan være utsatt for ulykkes- og helsefare.

## **§ 10 Særskilte tiltak ved overskridelse av grenseverdiene**

Dersom risikovurderingen viser at grenseverdiene for eksponering overskrides, skal arbeidsgiveren umiddelbart gjennomføre tiltak som bringer eksponeringsnivået under grenseverdiene. Arbeidsgiver skal fastsette årsaken til overskridelsen og iverksette tiltak som hindrer gjentakelse.

De arbeidsplasser og arbeidslokaler der risikovurderingen viser at eksponering for kunstig optisk stråling kan overskride grenseverdiene skal merkes med passende advarsel eller skilt i henhold til forskrift 6. oktober 1994 nr. 972 om sikkerhetsskilting og signalgivning på arbeidsplassen. Dersom det er teknisk mulig, skal arbeidsplassen ha begrenset adgang.

## **§ 11 Informasjon og opplæring**

Arbeidsgiveren skal sørge for at arbeidstakere og verneombud får løpende informasjon og opplæring om:

- a) risikovurderingen som er foretatt og de tiltak som iverksettes,
- b) grenseverdiene for eksponering og mulig helsefare,
- c) vurdering, beregning og måling i henhold til § 8,
- d) hvordan helseskadelige virkninger av eksponering oppdages og rapporteres,
- e) når arbeidstakerne har rett til helseundersøkelse og formålet med undersøkelsen,
- f) sikre arbeidsrutiner og arbeidsmetoder som reduserer risikoen for eksponering og
- g) riktig bruk av hensiktsmessig personlig verneutstyr.

## **Kapittel 3 Helseundersøkelse**

### **§ 12 Krav om helseundersøkelse**

Arbeidsgiveren skal sørge for at arbeidstakere får tilbud om egnet helseundersøkelse dersom:

- a) eksponering for kunstig optisk stråling overskrider grenseverdiene i § 7, eller
- b) arbeidstakere har en kjent sykdom som skyldes eksponering for kunstig optisk stråling, eller
- c) risikovurderingen viser at det foreligger helserisiko,

Arbeidsgiver skal sørge for at risikovurderingen er tilgjengelig for den som utfører helseundersøkelsen.

Helseundersøkelsen skal kunne påvise negativ helseeffekt forårsaket av kunstig optisk stråling og gi grunnlag for forebyggende tiltak i virksomheten.

Helseundersøkelsen skal utføres av kompetent lege. Legen avgjør hyppigheten av og innholdet i undersøkelsen på bakgrunn av eksponeringens type, nivå og varighet, og på bakgrunn av arbeidstakerens helsetilstand.

Arbeidstakeren skal informeres om resultatet av helseundersøkelsen. Dersom det er behov for helseundersøkelser etter at eksponeringen er avsluttet, skal arbeidstakeren informeres om dette.

### **§ 13 Arbeidsgiverens oppfølging av helseundersøkelsen**

Dersom helseundersøkelsen påviser negative helseeffekter forårsaket av kunstig optisk stråling, skal arbeidsgiver:

- a) oppdatere risikovurderingen i henhold til § 6,
- b) iverksette tiltak som er nødvendige for å fjerne eller redusere risikoen i henhold til § 9, herunder ta hensyn til råd fra kompetent helsepersonale eller fra offentlig myndighet,

- c) omplassere arbeidstakere i henhold til § 14 og
- d) gi tilbud om egnet helseundersøkelse til andre arbeidstakere som har vært utsatt for liknende eksponering.

## § 14 Omplussing

Arbeidsgiveren skal så langt det er mulig sørge for at arbeidstakere blir omplassert til annet arbeid i virksomheten der de ikke blir utsatt for helsefarlig eksponering fra kunstig optisk stråling, når dette er nødvendig av hensyn til arbeidstakers helse.

## Kapittel 4 Straff

### § 15 Straff

Overtredelse av denne forskriften straffes etter arbeidsmiljøloven kapittel 19 og straffeloven §§ 48a og 48b.

## Kapittel 5 Avsluttende bestemmelser

### § 16 Ikrafttredelse

Forskriften trer i kraft straks.

## Vedlegg I Ikke-koherent optisk stråling

De biofysisk relevante eksponeringsverdiene for optisk stråling kan bestemmes ved hjelp av nedenstående formler. Formlene som skal benyttes, avhenger av området til strålingsemisjonen fra kilden, og resultatene bør sammenlignes med de tilsvarende grenseverdier for eksponering som er angitt i tabell 1.1. Det kan være relevant med mer enn en eksponeringsverdi og tilsvarende eksponeringsgrense for en gitt optisk strålingskilde. Bokstav a) til o) viser til de tilsvarende radene i tabell 1.1.

a)	$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$	( $H_{\text{eff}}$ er relevant bare i området 180 til 400 nm)
b)	$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda = 315 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$	( $H_{\text{UVA}}$ er relevant bare i området 315 til 400 nm)
c), d)	$L_{\text{R}} = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	( $L_{\text{R}}$ er relevant bare i området 300 til 700 nm)
e), f)	$E_{\text{B}} = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	( $E_{\text{B}}$ er relevant bare i området 300 til 700 nm)
g)-l)	$L_{\text{R}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$	(Se tabell 1.1 for egnede verdier av $\lambda_1$ og $\lambda_2$ )
m), n)	$E_{\text{IR}} = \int_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$	( $E_{\text{IR}}$ er relevant bare i området 780 til 3 000 nm)
o)	$H_{\text{skin}} = \int_0^t \int_{\lambda = 380 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$	( $H_{\text{skin}}$ er relevant bare i området 380 til 3 000 nm)

I denne forskriften kan formlene ovenfor erstattes med følgende uttrykk, samtidig som de diskrete verdiene fastsatt i nedenstående tabeller benyttes:

a) 
$$E_{\text{eff}} = \sum_{\substack{\lambda = 180 \text{ nm} \\ \lambda = 400 \text{ nm}}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
 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 tabell 1.1 for egnede verdier av  $\lambda_1$  og  $\lambda_2$ )

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

o) 
$$E_{\text{skin}} = \sum_{\lambda = 380 \text{ nm}}^{\lambda = 660 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$
 og ( $H_{\text{skin}} = E_{\text{skin}} \cdot \Delta t$ )

**Merknader:**

- $E_{\lambda}(\lambda, t)$ ,  $E_{\lambda}$  *spektral irradians eller spektral innstrålingstetthet*: effekten av den innfallende stråling på en flate per arealenhed, uttrykt i watt per kvadratmeter [ $\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$ ]; verdiene for  $E_{\lambda}(\lambda, t)$  og  $E_{\lambda}$  er fra målinger eller kan fås fra produsenten av utstyret,
- $E_{\text{eff}}$  *effektiv irradians (UV-området)*: beregnet irradians i UV-bølgelengdeområdet 180 til 400 nm, spektralt veid med  $S(\lambda)$ , uttrykt i watt per kvadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ],
- $H$  *strålingseksponering*: tidsintegralet av irradiansen, uttrykt i joule per kvadratmeter ( $\text{J m}^{-2}$ ),
- $H_{\text{eff}}$  *effektiv strålingseksponering*: strålingseksponering, spektralt veid med  $S(\lambda)$ , uttrykt i joule per kvadratmeter [ $\text{J m}^{-2}$ ],
- $E_{\text{UVA}}$  *total irradians (UVA)*: beregnet irradians i UVA-bølgelengdeområdet 315 til 400 nm, uttrykt i watt per kvadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ],
- $H_{\text{UVA}}$  *strålingseksponering*: tids- og bølgelengdeintegralet av irradiansen, eller summen, i bølgelengdeområdet 315 til 400 nm, uttrykt i joule per kvadratmeter [ $\text{J m}^{-2}$ ],
- $S(\lambda)$  *spektral veiing*: det tas hensyn til at UV-strålingens helsevirkninger på øyne og hud avhenger av bølgelengden (tabell 1.2) [dimensjonsløs],
- $t, \Delta t$  *tid, eksponeringstid*, uttrykt i sekunder [s],
- $\lambda$  *bølgelengde*, uttrykt i nanometer [nm].
- $\Delta \lambda$  *båndbredde*: beregnings- eller målingsintervallene, uttrykt i nanometer [nm],
- $L_{\lambda}(\lambda), L_{\lambda}$  *kildens spektralradians*: uttrykt i watt per kvadratmeter per steradian per nanometer [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$ ],
- $R(\lambda)$  *spektral veiing*: det tas hensyn til at den termiske skaden på øyne forårsaket av synlig stråling og IR-A-stråling avhenger av bølgelengden (tabell 1.3) [dimensjonsløs],

$L_R$	<i>effektiv radians (termisk skade)</i> : beregnet radians, spektralt veid med $R(\lambda)$ , uttrykt i watt per kvadratmeter per steradian [ $W m^{-2} sr^{-1}$ ].
$B(\lambda)$	<i>spektral veiing</i> : det tas hensyn til at den fotokjemiske skaden på øyne som skyldes stråling fra blått lys, avhenger av bølgelengden (tabell 1.3) [dimensjonsløs],
$L_B$	<i>effektiv radians (blått lys)</i> : beregnet radians, spektralt veid med $B(\lambda)$ , uttrykt i watt per kvadratmeter per steradian [ $W m^{-2} sr^{-1}$ ],
$E_B$	<i>effektiv irradians (blått lys)</i> : beregnet irradians, spektralt veid ved $B(\lambda)$ , uttrykt i watt per kvadratmeter [ $W m^{-2}$ ],
$E_{IR}$	<i>total irradians (termisk skade)</i> : beregnet irradians i det infrarøde bølgelengdeområdet 780 til 3 000 nm, uttrykt i watt per kvadratmeter [ $W m^{-2}$ ],
$E_{skin}$	<i>total irradians (synlig, IR-A og IR-B)</i> : beregnet irradians i det synlige og infrarøde bølgelengdeområdet 380 til 3 000 nm, uttrykt i watt per kvadratmeter [ $W m^{-2}$ ],
$H_{skin}$	<i>strålingseksponering</i> : tids- og bølgelengdeintegralet av irradiansen, eller summen, i det synlige og infrarøde bølgelengdeområdet 380 til 3 000 nm, uttrykt i joule per kvadratmeter [ $J m^{-2}$ ],
$\alpha$	<i>vinkelmessig utstrekning</i> : den vinkel som dannes av en synlig kilde, sett fra et punkt i rommet, uttrykt i milliradianer (mrad). Med synlig kilde menes den virkelige eller virtuelle gjenstand som danner det minst mulige bildet på netthinnen.

**Tabell 1.1**

**Grenseverdier for eksponering for ikke-koherent optisk stråling**

<b>Indeks</b>	<b>Bølgelengde nm</b>	<b>Grenseverdi for eksponering</b>	<b>Enhet</b>	<b>Merknad</b>	<b>Kroppsdel</b>	<b>Risiko</b>
a.	180-400 (UVA, UVB og UVC)	$H_{\text{eff}} = 30$ Daglig verdi 8 timer	$[\text{J m}^{-2}]$		Øye: hornhinne bindehinne linse Hud:	fotokeratitt konjunktivitt kataraktgenese rødme av huden elastose hudkreft
b.	315-400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ Daglig verdi 8 timer	$[\text{J m}^{-2}]$		Øye: linse	Kataraktgenese
c.	300-700 (Blått lys) <i>se merknad 1</i>	$(L_B = (10^6)/(t))$ for $t \leq 10\ 000$ s	$L_B : [\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}]$ t: [sekunder]	for $\alpha \geq 11$ mrad	Øye: netthinne	fotoretinitt
d.	300-700 (Blått lys) <i>se merknad 1</i>	$L_B = 100$ for $t > 10\ 000$ s	$[\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}]$			
e.	300-700 (Blått lys) <i>se merknad 1</i>	$(E_B = (100)/(t))$ for $t \leq 10\ 000$ s	$E_B: [\text{W m}^{-2}]$ t: [sekunder]	for $\alpha < 11$ mrad <i>se merknad 2</i>		



Indeks	Bølgelengde nm	Grenseverdi for eksponering	Enhet	Merknad	Kroppsdel	Risiko
f.	300-700 (Blått lys) <i>se merknad 1</i>	$E_B = 0,01$ $t > 10\ 000\ s$	[W m <sup>-2</sup> ]			
g.	380-1400 (Synlig og IR-A)	$L_R = (2,8 \cdot 10^7)/(C_a)$ for $t > 10\ s$	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$C_a = 1,7$ for $\alpha \leq 1,7\ mrad$	Øyet: netthinne	forbrenning av netthinnen
h.	380-1400 (Synlig og IR-A)	$L_R = (5 \cdot 10^7)/(C_a t^{0,25})$ for $10\ \mu s \leq t \leq 10\ s$	$L_R$ : [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [sekunder]	$C_a = \alpha$ for $1,7 \leq \alpha \leq 100\ mrad$		
i.	380-1 400 (Synlig og IR-A)	$L_R = (8,89 \cdot 10^8)/(C_a)$ for $t < 10\ \mu s$	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$C_a = 100$ for $\alpha > 100\ mrad$ $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1400$		
j.	780-1400 (IR-A)	$L_R = (6 \cdot 10^6)/(C_a)$ for $t > 10\ s$	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$C_a = 11$ for $\alpha \leq 11\ mrad$	Øye: netthinne	forbrenning av netthinnen
k.	780-1400 (IR-A)	$L_R = (5 \cdot 10^7)/(C_a t^{0,25})$ for $10\ \mu s \leq t \leq 10\ s$	$L_R$ : [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [sekunder]	$C_a = \alpha$ for $11 \leq \alpha \leq 100\ mrad$		
l.	780-1 400 (IR-A)	$L_R = (8,89 \cdot 10^8)/(C_a)$ for $t < 10\ \mu s$	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$C_a = 100$ for $\alpha > 100\ mrad$ (målesynsfelt: 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 =$		

Indeks	Bølgelengde nm	Grenseverdi for eksponering	Enhet	Merknad	Kroppsdel	Risiko
				1 400		
m.	780-3 000 (IR-A og IR-B)	$E_{IR} = 18\,000\ t^{-0,75}$ for $t \leq 1\,000\ s$	E: [W m <sup>-2</sup> ] t: [sekunder]		Øye: hornhinne Linse	forbrenning av hornhinnen kataraktgenese
n.	780-3 000 (IR-A og IR-B)	$E_{IR} = 100$ for $t > 1\,000\ s$	[W m <sup>-2</sup> ]			
o.	380-3 000 (Synlig, IR-A og IR-B)	$H_{skin} = 20\,000\ t^{0,25}$ for $t < 10\ s$	H: [J m <sup>-2</sup> ] t: [sekunder]		Hud:	forbrenning

*Merknad 1:* Området 300 til 700 nm omfatter deler av UVB-strålingen, hele UVA-strålingen og mesteparten av den synlige strålingen; den tilknyttede risikoen omtales imidlertid vanligvis som «risiko ved *blått lys*». Blått lys omfatter strengt tatt bare området fra ca. 400 til 490 nm.

*Merknad 2:* For konstant fiksering av svært små kilder med en vinkelmessig utstrekning på  $< 11\ mrad$ , kan  $L_B$  konverteres til  $E_B$ . Dette er tilfelle vanligvis bare for øyeinstrumenter eller for et stabilisert øye under anestesi. Lengste «stirretid» finnes ved:  $t_{max} = 100/E_B$ , der  $E_B$  er uttrykt i W m<sup>-2</sup>. På grunn av øyets bevegelser ved normal synsvirksomhet vil denne ikke overskride 100 s.

**Tabell 1.2****S ( $\lambda$ ) [dimensjonsløs], 180 nm til 400 nm**

$\lambda$ i nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ i nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ i nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ i nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ i nm	S ( $\lambda$ )
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

$\lambda$ i nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ i nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ i nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ i nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ i nm	S ( $\lambda$ )
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		

**Tabell 1.3****B ( $\lambda$ ), R ( $\lambda$ ) [dimensjonsløs], 380 nm til 1400 nm**

<b><math>\lambda</math> i nm</b>	<b>B (<math>\lambda</math>)</b>	<b>R (<math>\lambda</math>)</b>
$300 \leq \lambda < 380$	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

$\lambda$ i nm	$B(\lambda)$	$R(\lambda)$
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
$700 < \lambda \leq 1\ 050$	—	$10^{0,002 \cdot (700-\lambda)}$
$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 150$	—	0,2
$1\ 150 < \lambda \leq 1\ 200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1\ 150-\lambda)}$
$1\ 200 < \lambda \leq 1\ 400$	—	0,02

## Vedlegg II Optisk stråling fra laser

De biofysiske relevante eksponeringsverdiene for optisk stråling kan bestemmes ved hjelp av nedenstående formler. Formlene som skal benyttes, avhenger av bølgelengden til og varigheten av strålingsemissjonen fra kilden, og resultatene bør sammenlignes med de tilsvarende grenseverdiene for eksponering som er angitt i tabell 2.2 til 2.4. Det kan være relevant med mer enn en eksponeringsverdi og tilsvarende eksponeringsgrense for en gitt kilde for optisk stråling fra laser.

Koeffisientene som benyttes som beregningsfaktorer i tabell 2.2 til 2.4 er angitt i tabell 2.5, og korrigeringer for gjentatt eksponering er angitt i tabell 2.6.

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

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

Merknader:

$dP$             *effekt*, uttrykt i watt [W],

$dA$             *flate*, uttrykt i kvadratmeter [m<sup>2</sup>],

$E(t)$ ,  $E$         *irradians eller innstrålingstetthet* effekten av den strålingen som treffer en flate per arealenhet, vanligvis uttrykt i watt per kvadratmeter (W m<sup>-2</sup>). Verdiene for  $E(t)$  og  $E$  er fra målinger eller kan fås fra produsenten av utstyret,

$H$                 *strålingseksponering* tidsintegralet av irradiansen, uttrykt i joule per kvadratmeter (J m<sup>-2</sup>),

$t$                 *tid, eksponeringstid*, uttrykt i sekunder [s],

$\lambda$                 *bølgelengde*, uttrykt i nanometer [nm],

$\gamma$                 *begrensende konusvinkel for målefeltet*, uttrykt i milliradianer [mrad],

$\gamma_m$               *målefelt*, uttrykt i milliradianer [mrad],

$\alpha$                 *en kildes vinkelmessige utstrekning*: uttrykt i milliradianer [mrad].

*begrensende blender* den sirkelformede flate der gjennomsnittlig irradians og strålingseksponering beregnes,

$G$                 *integrert radians* integralet av radiansen over en gitt eksponeringstid, uttrykt som strålingsenergi per arealenhet av en strålingsflate per romvinkelenhet av emisjonen, uttrykt i joule per kvadratmeter per steradian [J m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>],

**Tabell 2.1****Strålingsrisikoer**

<b>Bølgelengde nm <math>\lambda</math></b>	<b>Strålings- område</b>	<b>Berørt organ</b>	<b>Risiko</b>	<b>Tabell der grenseverdien for eksponering er angitt</b>
180 til 400	UV	Øye	fotokjemisk skade og termisk skade	2.2, 2.3
180 til 400	UV	Hud	rødme av huden	2.4
400 til 700	synlig	Øye	skade på netthinnen	2.2
400 til 600	synlig	Øye	fotokjemisk skade	2.3
400 til 700	synlig	Hud	termisk skade	2.4
700 til 1 400	IR-A	Øye	termisk skade	2.2, 2.3
700 til 1 400	IR-A	Hud	termisk skade	2.4
1 400 til 2 600	IR-B	Øye	termisk skade	2.2
2 600 til $10^6$	IR-C	Øye	termisk skade	2.2
1 400 til $10^6$	IR-B, IR-C	Øye	termisk skade	2.3
1 400 til $10^6$	I-RB, IR-C	Hud	termisk skade	2.4



**Tabell 2.2**

**Grenseverdier for lasereksponering av øyet — Kort eksponeringstid < 10 s**

Bølgelengde <sup>a</sup> [nm]		Apertur	Varighet [s]						
			10 <sup>-13</sup> - 10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-11</sup> - 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup> - 10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> - 1,8 · 10 <sup>-5</sup>	1,8 · 10 <sup>-5</sup> - 5 · 10 <sup>-5</sup>	5 · 10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>1</sup>
UVC	180 - 280	1 mm for t ≤ 0,3 s; 1,5 · t <sup>0,375</sup> for 0,3 < t < 10 s	$E = 3 \cdot 10^{10} \cdot [W m^{-2}]$ Se merknad <sup>c</sup>						
UVB	280 - 302								H = 30 [J m <sup>-2</sup> ]
	303								H = 40 [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 2,6 · 10 <sup>-9</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	304								H = 60 [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 1,3 · 10 <sup>-8</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	305								H = 100 [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 1,0 · 10 <sup>-7</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	306								H = 160 [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 6,7 · 10 <sup>-7</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	307								H = 250 [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 4,0 · 10 <sup>-6</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	308								H = 400 [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 2,6 · 10 <sup>-5</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	309								H = 630 [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 1,6 · 10 <sup>-4</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	310								H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 1,0 · 10 <sup>-3</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	311								H = 1,6 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 6,7 · 10 <sup>-3</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	312								H = 2,5 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 4,0 · 10 <sup>-2</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	313								H = 4,0 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 2,6 · 10 <sup>-1</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	314								H = 6,3 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]; dersom t < 1,6 · 10 <sup>0</sup> så H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ] se merknad <sup>d</sup>
	UVA								315 - 400
Synlig og IR-A	400 - 700	H = 1,5 · 10 <sup>-4</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 2,7 · 10 <sup>4</sup> t <sup>0,75</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5 · 10 <sup>-3</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		H = 18 t <sup>0,75</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]			
	700 - 1 050	H = 1,5 · 10 <sup>-4</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 2,7 · 10 <sup>4</sup> t <sup>0,75</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5 · 10 <sup>-3</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		H = 18 t <sup>0,75</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]			
	1 050 - 1 400	H = 1,5 · 10 <sup>-3</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 2,7 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,75</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5 · 10 <sup>-2</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		H = 90 t <sup>0,75</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]			
IRB & IRC	1 400 - 1 500	Se merknad <sup>b</sup>	E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ] Se merknad <sup>c</sup>		H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
	1 500 - 1 800		E = 10 <sup>13</sup> [W m <sup>-2</sup> ] Se merknad <sup>c</sup>		H = 10 <sup>4</sup> [J m <sup>-2</sup> ]				
	1 800 - 2 600		E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ] Se merknad <sup>c</sup>		H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
	2 600 - 10 <sup>6</sup>		E = 10 <sup>11</sup> [W m <sup>-2</sup> ] Se merknad <sup>c</sup>		H = 100 [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]			

a Dersom laserens bølgelengde dekkes av to grenseverdier skal den mest restriktive brukes.

b Når 1 400 ≤ λ < 10<sup>5</sup> nm : aperturdiameter = 1 mm ved t ≤ 0,3 s og 1,5 t<sup>0,375</sup> mm ved 0,3 s < t < 10 s; når 10<sup>5</sup> ≤ λ < 10<sup>6</sup> nm : aperturdiameter = 11 mm.

c Pga. manglende data for disse impuls lengdene anbefaler ICNIRP bruk av 1 ns som grenseverdi for irradians.

d Tabellen viser verdiene for en enkelt laserimpuls. I tilfelle av flere laserimpulser skal varighetene av laserimpulser innenfor et intervall T<sub>mp</sub> (se tabell 2.6) legges sammen, og resultatet settes inn i formelen 5,6 · 10<sup>3</sup> t<sup>0,25</sup>.

**Tabell 2.3**

**Grenseverdier for lasereksponering av øyet — Lang eksponeringstid  $\geq 10$  s**

Bølglengde <sup>a</sup> [nm]		Apertur	Varighet [s]		
			$10^1 - 10^2$	$10^2 - 10^4$	$10^4 - 3 \cdot 10^4$
UVC	180 - 280	3,5 mm	$H = 30 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 40 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 60 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 160 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 250 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 400 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 630 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 1,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 1,6 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	280 - 302				
	303				
	304				
	305				
	306				
	307				
	308				
	309				
	310				
	311				
	312				
	313				
	314				
UVA	315 - 400		$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
E = I	400 - 600 Fotokjemisk <sup>b</sup> skade på netthinnen	7 mm	$H = 100 C_k \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ( $\gamma = 11 \text{ mrad}$ ) <sup>d</sup>	$E = 1 C_B \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ ; ( $\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ mrad}$ ) <sup>d</sup>	$E = 1 C_B \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ ( $\gamma = 110 \text{ mrad}$ ) <sup>d</sup>
	400 - 700 Termisk <sup>b</sup> skade på netthinnen		Dersom $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ Dersom $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ og $t \leq T_2$ Dersom $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ og $t > T_2$	så $E = 10 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ så $H = 18 C_F t^{0,75} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ så $F = 18 C_F T_2^{-0,25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	
IRA	700 - 1 400	7 mm	Dersom $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ Dersom $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ og $t \leq T_2$ Dersom $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ og $t > T_2$	så $E = 10 C_A C_C \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ så $H = 18 C_A C_C t^{0,75} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ så $E = 18 C_A C_C C_F T_2^{-0,25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ (må ikke overskide $1\,000 \text{ W m}^{-2}$ )	
IRB og IRC	$1\,400 - 10^6$	Jf merknad <sup>c</sup>	$E = 1\,000 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$		

a Dersom laserens bølglengde eller en annen laserparameter dekkes av to grenseverdier skal den mest restriktive brukes.

b For små kilder med en vinkelmessig utstrekning på 1,5 mrad eller mindre reduseres begge grenseverdiene E for synlig straling fra 400 nm til 600 nm til termiske grenseverdier for  $10 \text{ s} \leq t < T_1$ , og til fotokjemiske grenseverdier for lengre utdrom. For  $T_1$  og  $T_2$  se tabell 2.5. Grenseverdiene for fotokjemisk skade på netthinnen kan også uttrykkes som tidsintegralen av radiansen  $G = 10^7 C_A \text{ [J m}^{-2}\text{sr}^{-1}\text{s}]$  der  $t > 10\text{s}$  opp til  $10\,000 \text{ s}$  og  $1 - 100 C_k \text{ [W m}^{-2}\text{sr}^{-1}\text{s}]$  ved  $t > 10\,000 \text{ s}$ . Ved måling av G og L skal man benytte  $\gamma_m$  som middelverdi for synsfelt. Den offisielle grense mellom synlig lys og infrarød stråling er 780 nm som definert av CIE. Kolonnen med bølglengdebetegnelser er ment bare å gi brukeren et bedre overblikk. (Betegnelsen G brukes av CIE, L, brukes av IEC og CENELEC).

c For bølglønder i  $400 - 10^6 \text{ nm}$ ; aperturdiameter = 3,5 mm, for bølglønder  $10^4 - 10^6 \text{ nm}$ ; aperturdiameter = 11 mm.

d Ved måling av eksponeringsverdien skal  $\gamma$  defineres slik: Dersom  $\alpha$  (en kildes vinkelmessige utstrekning)  $> \gamma$  (begrensede konusvinkel, angitt i parentes i tilsvarende kolonne) skal målefeltet  $\gamma_m$  ha verdien  $\gamma$ . Dersom det brukes et større målefelt blir risikoen overvurdert) Dersom  $\alpha < \gamma$  skal målsynsfeltet  $\gamma_m$  være stort nok til å omslutte kilden, men er ellers ikke begrenset og kan være større enn  $\gamma$ .

**Tabell 2.4**

**Grenseverdier for lasereksponering av huden**

Bølglengde <sup>a</sup> [nm]		Apertur	Varighet [s]					
			< 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup> - 10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> - 3 · 10 <sup>4</sup>
UV (A, B, C)	180-400	3. 5mm	E = 3 · 10 <sup>10</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	De samme verdier som grenseverdier for eksponering av øyne				
Synlig og IR-A	400-700	3. 5mm	E = 2 · 10 <sup>11</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	H=200 C <sub>A</sub>	H = 1,1 · 10 <sup>4</sup> C <sub>A</sub> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	E = 2 · 10 <sup>3</sup> C <sub>A</sub> [W m <sup>-2</sup> ]		
	700-1 400		E = 2 · 10 <sup>11</sup> C <sub>A</sub> [W m <sup>-2</sup> ]	[J m <sup>-2</sup> ]				
IR-B og IR-C	1 400-1 500	3. 5mm	E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	De samme verdier som grenseverdier for eksponering av øyne				
	1 500-1 800		E = 10 <sup>13</sup> [W m <sup>-2</sup> ]					
	1 800-2 600		E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ]					
	2 600-10 <sup>6</sup>		E = 10 <sup>11</sup> [W m <sup>-2</sup> ]					

a Dersom lasrens bølgelengde eller en annen laserparameter dekkes av to grenseverdier skal den mest restriktive brukes.

**Tabell 2.5****Anvendte korreksjonsfaktorer og andre beregningsparametrer**

Parameter i henhold til ICNIRP	Gyldig spektralområde (nm)	Verdi
$C_A$	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	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	$C_A = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
$C_C$	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 i henhold til ICNIRP	Gyldig for biologisk virkning	Verdi
$\alpha_{\min}$	alle varmevirkninger	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parameter i henhold til ICNIRP	Gyldig vinkelområde (mrad)	Verdi
$C_E$	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad}$ 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 i henhold til ICNIRP	Gyldig eksponeringstidsrom (s)	Verdi
$\Gamma$	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$

## Tabell 2.6

### Korreksjon for gjentatt eksponering

Hver av følgende tre generelle regler bør anvendes på alle gjentatte eksponeringer som skyldes gjentatte laserimpulser eller laserskanning:

1. Eksponeringen for enhver enkeltimpuls i et impulstog skal ikke overskride grenseverdien for eksponering for en enkeltimpuls av denne impulsvarigheten.
2. Eksponeringen for enhver impulsgruppe (eller undergruppe av impulser i et impulstog) innenfor et tidsrom  $t$  skal ikke overskride grenseverdien for eksponering for tidsrommet  $t$ .
3. Eksponeringen for enhver enkeltimpuls i en gruppe impulser skal ikke overskride grenseverdien for eksponering for en enkeltimpuls multiplisert med en korreksjonsfaktor for akkumulert varmeevirkning  $C_p=N^{-0,25}$ , der  $N$  er antallet impulser. Denne regelen gjelder bare eksponeringsgrenser som skal gi beskyttelse mot termisk skade der alle impulser avgitt i et kortere tidsrom enn  $T_{\min}$  anses som en enkeltimpuls.

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