

Il presente testo è un semplice strumento di documentazione e non produce alcun effetto giuridico. Le istituzioni dell'Unione non assumono alcuna responsabilità per i suoi contenuti. Le versioni facenti fede degli atti pertinenti, compresi i loro preamboli, sono quelle pubblicate nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea e disponibili in EUR-Lex. Tali testi ufficiali sono direttamente accessibili attraverso i link inseriti nel presente documento

► **B** DIRETTIVA 2006/25/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 5 aprile 2006

sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (radiazioni ottiche artificiali) (diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)

(GU L 114 del 27.4.2006, pag. 38)

Modificata da:

		Gazzetta ufficiale		
		n.	pag.	data
► <b><u>M1</u></b>	Direttiva 2007/30/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 giugno 2007	L 165	21	27.6.2007
► <b><u>M2</u></b>	Regolamento (CE) n. 1137/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2008	L 311	1	21.11.2008
► <b><u>M3</u></b>	Direttiva 2013/64/UE del Consiglio del 17 dicembre 2013	L 353	8	28.12.2013
► <b><u>M4</u></b>	Regolamento (UE) 2019/1243 del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 giugno 2019	L 198	241	25.7.2019



**DIRETTIVA 2006/25/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL  
CONSIGLIO**

**del 5 aprile 2006**

**sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative  
all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici  
(radiazioni ottiche artificiali) (diciannovesima direttiva particolare  
ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)**

SEZIONE I

**DISPOSIZIONI GENERALI**

*Articolo 1*

**Oggetto e campo di applicazione**

1. La presente direttiva, che è la diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE, stabilisce prescrizioni minime di protezione dei lavoratori contro i rischi per la loro salute e la loro sicurezza che derivano, o possono derivare, dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali durante il lavoro.
2. La presente direttiva riguarda i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute derivanti dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali.
3. La direttiva 89/391/CEE si applica integralmente all'insieme del settore definito nel paragrafo 1, fatte salve disposizioni più rigorose e/o più specifiche contenute nella presente direttiva.

*Articolo 2*

**Definizioni**

Ai fini della presente direttiva si intende per:

- a) «radiazioni ottiche»: tutte le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezze d'onda comprese tra 100 nm e 1 mm. Lo spettro delle radiazioni ottiche si suddivide in radiazioni ultraviolette, radiazioni visibili e radiazioni infrarosse:
  - i) «radiazioni ultraviolette»: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 100 e 400 nm. La banda degli ultravioletti è suddivisa in UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) e UVC (100-280 nm);
  - ii) «radiazioni visibili»: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 380 e 780 nm;
  - iii) «radiazioni infrarosse»: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 780 nm e 1 mm. La regione degli infrarossi è suddivisa in IRA (780-1 400 nm), IRB (1 400-3 000 nm) e IRC (3 000 nm - 1 mm);
- b) «laser» (amplificazione di luce mediante emissione stimolata di radiazione): qualsiasi dispositivo al quale si possa far produrre o amplificare le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezze d'onda delle radiazioni ottiche, soprattutto mediante il processo di emissione stimolata controllata;

**▼B**

- c) «radiazione laser»: radiazione ottica da un laser;
- d) «radiazione non coerente»: qualsiasi radiazione ottica diversa dalla radiazione laser;
- e) «valori limite di esposizione»: limiti di esposizione alle radiazioni ottiche che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche siano protetti contro tutti gli effetti nocivi sulla salute conosciuti;
- f) «irradianza» (E) o «densità di potenza»: la potenza radiante incidente per unità di area su una superficie espressa in watt su metro quadrato ( $\text{W m}^{-2}$ );
- g) «esposizione radiante» (H): integrale nel tempo dell'irradianza espresso in joule su metro quadrato ( $\text{J m}^{-2}$ );
- h) «radianza» (L): il flusso radiante o la potenza per unità d'angolo solido per unità di superficie espressa in watt su metro quadrato su steradiano ( $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ );
- i) «livello»: la combinazione di irradianza, esposizione radiante e radianza alle quali è esposto un lavoratore.

*Articolo 3***Valori limite di esposizione**

1. I valori limite di esposizione per le radiazioni incoerenti diverse dalle radiazioni emesse da sorgenti naturali di radiazioni ottiche sono riportati nell'allegato I.
2. I valori limite di esposizione per le radiazioni laser sono riportati nell'allegato II.

## SEZIONE II

**OBBLIGHI DEI DATORI DI LAVORO***Articolo 4***Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi**

1. Nell'assolvere gli obblighi di cui all'articolo 6, paragrafo 3, e all'articolo 9, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE, il datore di lavoro, in caso di lavoratori esposti a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche, valuta e, se necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori, in modo da identificare e mettere in pratica le misure richieste per ridurre l'esposizione ai limiti applicabili. La metodologia seguita nella valutazione, nella misurazione e/o nel calcolo rispetta le norme della Commissione elettronica internazionale (CEI), per quanto riguarda le radiazioni laser, e le raccomandazioni della Commissione internazionale per l'illuminazione (CIE) e del Comitato europeo di normazione (CEN) per quanto riguarda le radiazioni incoerenti. Nelle situazioni di esposizione che esulano dalle suddette norme e raccomandazioni, e fino a quando non saranno disponibili norme e raccomandazioni adeguate dell'Unione europea, la valutazione, la misurazione e/o il calcolo sono effettuati in base alle linee guida nazionali o internazionali scientificamente fondate. In tutti i casi di esposizione, la valutazione può tenere conto dei dati indicati dai fabbricanti delle attrezzature, se contemplate da pertinenti direttive comunitarie.

**▼B**

2. La valutazione, la misurazione e/o il calcolo di cui al paragrafo 1 sono programmati ed effettuati da servizi o persone competenti a intervalli idonei, tenendo conto in particolare delle disposizioni relative alle competenze richieste (persone o servizi) e alla consultazione e alla partecipazione dei lavoratori di cui agli articoli 7 e 11 della direttiva 89/391/CEE. I dati ottenuti dalle valutazioni, così come i dati ottenuti dalla misurazione e/o dal calcolo del livello di esposizione di cui al paragrafo 1, sono conservati in forma idonea a consentirne la successiva consultazione.

3. A norma dell'articolo 6, paragrafo 3, della direttiva 89/391/CEE, il datore di lavoro, in occasione della valutazione dei rischi, presta particolare attenzione ai seguenti elementi:

- a) il livello, la gamma di lunghezze d'onda e la durata dell'esposizione a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche;
- b) i valori limite di esposizione di cui all'articolo 3 della presente direttiva;
- c) qualsiasi effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori appartenenti a gruppi a rischio particolarmente esposti;
- d) qualsiasi eventuale effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori risultante dalle interazioni sul posto di lavoro tra le radiazioni ottiche e le sostanze chimiche fotosensibilizzanti;
- e) qualsiasi effetto indiretto come l'accecamento temporaneo, le esplosioni o il fuoco;
- f) l'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali;
- g) per quanto possibile, informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni pubblicate;
- h) sorgenti multiple di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali;
- i) una classificazione dei laser stabilita conformemente alla pertinente norma IEC e, in relazione a tutte le sorgenti artificiali che possono arrecare danni simili a quelli di un laser della classe 3B o 4, tutte le classificazioni analoghe;
- j) le informazioni fornite dai fabbricanti delle sorgenti di radiazioni ottiche e delle relative attrezzature di lavoro in conformità delle pertinenti direttive comunitarie.

4. Il datore di lavoro è in possesso di una valutazione dei rischi a norma dell'articolo 9, paragrafo 1, lettera a), della direttiva 89/391/CEE e precisa quali misure devono essere adottate a norma degli articoli 5 e 6 della presente direttiva. La valutazione dei rischi è riportata su un supporto appropriato, conformemente alle legislazioni e alle prassi nazionali; essa può includere una giustificazione del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi connessi con le radiazioni ottiche non rendono necessaria un'ulteriore dettagliata valutazione dei rischi. La valutazione dei rischi è regolarmente aggiornata, in particolare se vi sono stati notevoli mutamenti che potrebbero averla resa superata, oppure quando i risultati della sorveglianza sanitaria la rendano necessaria.



#### Articolo 5

##### Disposizioni miranti ad eliminare o a ridurre i rischi

1. Tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, i rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo.

La riduzione dei rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali si basa sui principi generali di prevenzione della direttiva 89/391/CEE.

2. Se la valutazione dei rischi effettuata a norma dell'articolo 4, paragrafo 1, nel caso di lavoratori esposti a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche, mette in evidenza che i valori limite d'esposizione possono essere superati, il datore di lavoro definisce e attua un programma d'azione che comprenda misure tecniche e/o organizzative destinate ad evitare l'esposizione che superi i valori limite tenendo conto segnatamente:

- a) di altri metodi di lavoro che riducono i rischi derivanti dalle radiazioni ottiche;
- b) della scelta di attrezzature che emettano meno radiazioni ottiche, tenuto conto del lavoro da svolgere;
- c) delle misure tecniche per ridurre l'emissione delle radiazioni ottiche, incluso, se necessario, l'uso di dispositivi di sicurezza, schermatura o analoghi meccanismi di protezione della salute;
- d) degli opportuni programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- e) della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- f) della limitazione della durata e del livello dell'esposizione;
- g) della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale;
- h) delle istruzioni del fabbricante delle attrezzature, se sono incluse in una pertinente direttiva comunitaria.

3. In base alla valutazione dei rischi effettuata a norma dell'articolo 4, i luoghi di lavoro in cui i lavoratori potrebbero essere esposti a livelli di radiazioni ottiche provenienti da sorgenti artificiali che superino i valori limite di esposizione sono indicati con un'apposita segnaletica a norma della direttiva 92/58/CEE del Consiglio, del 24 giugno 1992, recante le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro (nona direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) <sup>(1)</sup>. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile e vi sia il rischio di un superamento dei valori limite di esposizione.

4. I lavoratori non sono esposti a valori che superano i valori limiti di esposizione. Allorché, nonostante i provvedimenti presi dal datore di lavoro in applicazione della presente direttiva per quanto riguarda le radiazioni ottiche provenienti da sorgenti artificiali, i valori limite di esposizione sono superati, il datore di lavoro adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione. Egli individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento.

<sup>(1)</sup> GU L 245 del 26.8.1992, pag. 23.

**▼B**

5. A norma dell'articolo 15 della direttiva 89/391/CEE, il datore di lavoro adatta le misure di cui al presente articolo alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi a rischio particolarmente esposti.

*Articolo 6***Informazione e formazione dei lavoratori**

Fatti salvi gli articoli 10 e 12 della direttiva 89/391/CEE, il datore di lavoro garantisce che i lavoratori esposti ai rischi derivanti dalle radiazioni ottiche artificiali sul luogo di lavoro e/o i loro rappresentanti ricevano le informazioni e la formazione necessarie in relazione al risultato della valutazione dei rischi di cui all'articolo 4 della presente direttiva, con particolare riguardo:

- a) alle misure adottate in applicazione della presente direttiva;
- b) ai valori limite di esposizione e ai potenziali rischi associati;
- c) ai risultati della valutazione, misurazione e/o calcolo dei livelli di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali effettuati a norma dell'articolo 4 della presente direttiva, corredati di una spiegazione del loro significato e dei potenziali rischi;
- d) alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute;
- e) alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria;
- f) alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione;
- g) all'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale.

*Articolo 7***Consultazione e partecipazione dei lavoratori**

La consultazione e la partecipazione dei lavoratori e/o dei loro rappresentanti hanno luogo a norma dell'articolo 11 della direttiva 89/391/CEE sulle materie oggetto della presente direttiva.

## SEZIONE III

**DISPOSIZIONI VARIE***Articolo 8***Sorveglianza sanitaria**

1. Gli Stati membri adottano le misure necessarie per garantire l'adeguata sorveglianza sanitaria dei lavoratori a norma dell'articolo 14 della direttiva 89/391/CEE, con l'obiettivo di prevenire e di scoprire tempestivamente effetti negativi sulla salute, nonché prevenire rischi a lungo termine per la salute e rischi di malattie croniche derivanti dall'esposizione a radiazioni ottiche.

2. Gli Stati membri assicurano che la sorveglianza sanitaria sia effettuata da un medico, da uno specialista di medicina del lavoro o da un'autorità medica competente per la sorveglianza sanitaria in conformità alla legislazione e alle prassi nazionali.

**▼B**

3. Gli Stati membri prendono le misure atte a garantire che, per ciascun lavoratore sottoposto a sorveglianza sanitaria a norma del paragrafo 1, sia tenuta e aggiornata una documentazione sanitaria individuale. La documentazione sanitaria contiene una sintesi dei risultati della sorveglianza sanitaria effettuata. Essa è conservata in una forma idonea, che ne consenta la successiva consultazione, nel rispetto della riservatezza necessaria. Su richiesta, è fornita alle autorità competenti copia della documentazione appropriata, tenendo conto della riservatezza necessaria. Il datore di lavoro adotta le misure idonee a garantire che il medico, lo specialista di medicina del lavoro o l'autorità medica responsabile per la sorveglianza sanitaria, determinati dagli Stati membri come appropriato, abbiano accesso ai risultati della valutazione dei rischi di cui all'articolo 4, qualora tali risultati possano essere pertinenti per la sorveglianza sanitaria. Il singolo lavoratore ha accesso, su richiesta, alla documentazione sanitaria che lo riguarda.

4. In ogni caso, qualora sia scoperta un'esposizione superiore ai valori limite, al lavoratore interessato è messa a disposizione una visita medica conformemente alla legislazione ed alla prassi nazionali. Tale visita medica è effettuata anche quando la sorveglianza sanitaria rivela che un lavoratore soffre di una malattia o effetto nocivo sulla salute identificabili, che un medico o uno specialista di medicina del lavoro attribuisce all'esposizione a radiazioni ottiche artificiali sul luogo di lavoro. In entrambi i casi, quando i valori limite sono superati o sono identificati effetti nocivi sulla salute (comprese malattie):

- a) il medico o altra persona debitamente qualificata comunica al lavoratore i risultati che lo riguardano. Il lavoratore riceve in particolare le informazioni e i pareri relativi al controllo sanitario cui dovrebbe sottoporsi dopo la fine dell'esposizione;
- b) il datore di lavoro è informato di tutti i dati significativi emersi dalla sorveglianza sanitaria tenendo conto del segreto medico;
- c) il datore di lavoro:
  - sottopone a revisione la valutazione dei rischi effettuata a norma dell'articolo 4,
  - sottopone a revisione le misure predisposte per eliminare o ridurre i rischi a norma dell'articolo 5,
  - tiene conto del parere dello specialista di medicina del lavoro o di altra persona adeguatamente qualificata, ovvero dell'autorità competente, nell'attuazione delle misure necessarie per eliminare o ridurre il rischio a norma dell'articolo 5, e
  - organizza una sorveglianza sanitaria continua e prende misure affinché sia riesaminato lo stato di salute di tutti gli altri lavoratori che hanno subito un'esposizione simile. In tali casi, il medico competente o lo specialista di medicina del lavoro, ovvero l'autorità competente, può proporre che i soggetti esposti siano sottoposti a esame medico.

**▼B***Articolo 9***Sanzioni**

Gli Stati membri prevedono l'applicazione di sanzioni adeguate in caso di violazione della normativa nazionale adottata ai termini della presente direttiva. Le sanzioni devono essere effettive, proporzionate e dissuasive.

**▼M4***Articolo 10***Modifiche degli allegati**

Alla Commissione è conferito il potere di adottare atti delegati conformemente all'articolo 10 *bis* al fine di apportare modifiche di carattere strettamente tecnico agli allegati per tener conto dell'armonizzazione tecnica e della normalizzazione riguardanti la progettazione, la costruzione, la fabbricazione o la realizzazione di attrezzature o luoghi di lavoro, del progresso tecnico, dell'evoluzione delle specifiche internazionali o delle normative europee armonizzate e delle nuove conoscenze scientifiche relative all'esposizione dei lavoratori alle radiazioni ottiche. Tali modifiche non devono comportare la modifica dei valori limite di esposizione indicati negli allegati.

Qualora, in casi debitamente giustificati ed eccezionali che comportino rischi imminenti, diretti e gravi per la salute e la sicurezza fisiche dei lavoratori e di altre persone, motivi imperativi d'urgenza richiedano di agire in tempi molto brevi, la procedura di cui all'articolo 10 *ter* si applica agli atti delegati adottati ai sensi del presente articolo.

*Articolo 10 bis***Esercizio della delega**

1. Il potere di adottare atti delegati è conferito alla Commissione alle condizioni stabilite nel presente articolo.
2. Il potere di adottare atti delegati di cui all'articolo 10 è conferito alla Commissione per un periodo di cinque anni a decorrere dal 26 luglio 2019. La Commissione elabora una relazione sulla delega di potere al più tardi nove mesi prima della scadenza del periodo di cinque anni. La delega di potere è tacitamente prorogata per periodi di identica durata, a meno che il Parlamento europeo o il Consiglio non si oppongano a tale proroga al più tardi tre mesi prima della scadenza di ciascun periodo.
3. La delega di potere di cui all'articolo 10 può essere revocata in qualsiasi momento dal Parlamento europeo o dal Consiglio. La decisione di revoca pone fine alla delega di potere ivi specificata. Gli effetti della decisione decorrono dal giorno successivo alla pubblicazione della decisione nella *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea* o da una data successiva ivi specificata. Essa non pregiudica la validità degli atti delegati già in vigore.
4. Prima dell'adozione dell'atto delegato la Commissione consulta gli esperti designati da ciascuno Stato membro nel rispetto dei principi stabiliti nell'accordo interistituzionale «Legiferare meglio» del 13 aprile 2016 <sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> GU L 123 del 12.5.2016, pag. 1.



**▼ M4**

5. Non appena adotta un atto delegato, la Commissione ne dà contestualmente notifica al Parlamento europeo e al Consiglio.

6. L'atto delegato adottato ai sensi dell'articolo 10 entra in vigore solo se né il Parlamento europeo né il Consiglio hanno sollevato obiezioni entro il termine di due mesi dalla data in cui esso è stato loro notificato o se, prima della scadenza di tale termine, sia il Parlamento europeo che il Consiglio hanno informato la Commissione che non intendono sollevare obiezioni. Tale termine è prorogato di due mesi su iniziativa del Parlamento europeo o del Consiglio.

*Articolo 10 ter***Procedura d'urgenza**

1. Gli atti delegati adottati ai sensi del presente articolo entrano in vigore immediatamente e si applicano finché non siano sollevate obiezioni conformemente al paragrafo 2. La notifica di un atto delegato al Parlamento europeo e al Consiglio illustra i motivi del ricorso alla procedura d'urgenza.

2. Il Parlamento europeo o il Consiglio possono sollevare obiezioni a un atto delegato secondo la procedura di cui all'articolo 10 *bis*, paragrafo 6. In tal caso, la Commissione abroga l'atto immediatamente a seguito della notifica della decisione con la quale il Parlamento europeo o il Consiglio hanno sollevato obiezioni.

**▼ B**

## SEZIONE IV

**DISPOSIZIONI FINALI****▼ M1****▼ B***Articolo 13***Guida pratica**

Per facilitare l'attuazione della presente direttiva, la Commissione redige una guida pratica per le disposizioni di cui agli articoli 4 e 5 e agli allegati I e II.

*Articolo 14***Recepimento**

1. Gli Stati membri mettono in vigore le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva anteriormente al/all' 27 aprile 2010. Essi ne informano immediatamente la Commissione.

Quando gli Stati membri adottano tali disposizioni, queste contengono un riferimento alla presente direttiva o sono corredate di un siffatto riferimento all'atto della pubblicazione ufficiale. Le modalità di tale riferimento sono decise dagli Stati membri.

**▼B**

2. Gli Stati membri comunicano alla Commissione il testo delle disposizioni di diritto interno già adottate o che essi adottano nel settore disciplinato dalla presente direttiva.

**▼M3***Articolo 14 bis*

1. Fatti salvi i principi generali di protezione e prevenzione in materia di salute e sicurezza dei lavoratori, fino al 31 dicembre 2017 la Francia può derogare all'applicazione delle disposizioni necessarie per conformarsi alla presente direttiva a Mayotte, in quanto regione ultraperiferica ai sensi dell'articolo 349 del trattato sul funzionamento dell'Unione europea («Mayotte»), a condizione che tale applicazione richieda strutture tecniche che non siano disponibili a Mayotte.

Il primo comma non si applica agli obblighi di cui all'articolo 5, paragrafo 1, della presente direttiva o alle disposizioni della presente direttiva che rispecchiano i principi generali stabiliti dalla direttiva 89/391/CEE.

2. Qualsiasi deroga alla presente direttiva che derivi dall'applicazione di misure in vigore il 1° gennaio 2014 o dall'adozione di nuovi provvedimenti è preceduta da una consultazione con le parti sociali conformemente alle legislazioni e alle prassi nazionali. Tali deroghe sono applicate in base a condizioni che, tenendo conto delle particolari circostanze esistenti a Mayotte, garantiscano che i relativi rischi per i lavoratori siano ridotti al minimo e che questi ultimi beneficino di una sorveglianza sanitaria accresciuta.

3. I provvedimenti nazionali in deroga sono oggetto di revisione annuale, previa consultazione con le parti sociali, e sono ritirati appena vengono meno le circostanze che li giustificano.

**▼B***Articolo 15***Entrata in vigore**

La presente direttiva entra in vigore il giorno della pubblicazione nella *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*.

*Articolo 16***Destinatari**

Gli Stati membri sono destinatari della presente direttiva.

▼ **B**

## ALLEGATO I

**Radiazioni ottiche non coerenti**

I valori limite di esposizione alle radiazioni ottiche, pertinenti dal punto di vista biofisico, possono essere determinati con le formule seguenti. Le formule da usare dipendono dal tipo della radiazione emessa dalla sorgente e i risultati devono essere comparati con i corrispondenti valori limite di esposizione indicati nella tabella 1.1. Per una determinata sorgente di radiazioni ottiche possono essere pertinenti più valori di esposizione e corrispondenti limiti di esposizione.

Le lettere da a) a o) si riferiscono alle corrispondenti righe della tabella 1.1.

$$\text{a)} \quad H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{eff}} \text{ è pertinente solo nell'intervallo da } 180 \text{ a } 400 \text{ nm})$$

$$\text{b)} \quad H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{UVA}} \text{ è pertinente solo nell'intervallo da } 315 \text{ a } 400 \text{ nm})$$

$$\text{c), d)} \quad L_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (L_{\text{B}} \text{ è pertinente solo nell'intervallo da } 300 \text{ a } 700 \text{ nm})$$

$$\text{e), f)} \quad E_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{\text{B}} \text{ è pertinente solo nell'intervallo da } 300 \text{ a } 700 \text{ nm})$$

$$\text{g)-l)} \quad L_{\text{R}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{Cfr. tabella 1.1 per i valori appropriati di } \lambda_1 \text{ e } \lambda_2)$$

$$\text{m), n)} \quad E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{\text{IR}} \text{ è pertinente solo nell'intervallo da } 780 \text{ a } 3000 \text{ nm})$$

$$\text{o)} \quad H_{\text{skin}} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{skin}} \text{ è pertinente solo nell'intervallo da } 380 \text{ a } 3000 \text{ nm})$$

Ai fini della direttiva, le formule di cui sopra possono essere sostituite dalle seguenti espressioni e dall'utilizzo dei valori discreti che figurano nelle tabelle successive:

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

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

$$\text{c), d)} \quad L_{\text{B}} = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

▼ **B**

$$\text{e), f)} \quad E_B = \sum_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} E_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$\text{g)-l)} \quad L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (\text{Cfr. tabella 1.1 per i valori appropriati di } \lambda_1 \text{ e } \lambda_2)$$

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

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

*Note:*

$E_\lambda(\lambda, t)$ ,  $E_\lambda$  *irradianza spettrale o densità di potenza spettrale*: la potenza radiante incidente per unità di area su una superficie, espressa in watt su metro quadrato per nanometro [ $\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$ ]; i valori di  $E_\lambda(\lambda, t)$  ed  $E_\lambda$  sono il risultato di misurazioni o possono essere forniti dal fabbricante delle attrezzature;

$E_{\text{eff}}$  *irradianza efficace (gamma UV)*: irradianza calcolata nell'intervallo di lunghezza d'onda UV da 180 a 400 nm, ponderata spettralmente con  $S(\lambda)$ , espressa in watt su metro quadrato [ $\text{W m}^{-2}$ ];

$H$  *esposizione radiante*: integrale nel tempo dell'irradianza, espressa in joule su metro quadrato [ $\text{J m}^{-2}$ ];

$H_{\text{eff}}$  *esposizione radiante efficace*: esposizione radiante ponderata spettralmente con  $S(\lambda)$ , espressa in joule su metro quadrato [ $\text{J m}^{-2}$ ];

$E_{\text{UVA}}$  *irradianza totale (UVA)*: irradianza calcolata nell'intervallo di lunghezza d'onda UVA da 315 a 400 nm, espressa in watt su metro quadrato [ $\text{W m}^{-2}$ ];

$H_{\text{UVA}}$  *esposizione radiante*: integrale o somma nel tempo e nella lunghezza d'onda dell'irradianza nell'intervallo di lunghezza d'onda UVA da 315 a 400 nm, espressa in joule su metro quadrato [ $\text{J m}^{-2}$ ];

$S(\lambda)$  *fattore di peso spettrale*: tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda degli effetti sulla salute delle radiazioni UV sull'occhio e sulla cute (tabella 1.2) [adimensionale];

$t$ ,  $\Delta t$  *tempo, durata dell'esposizione*, espressi in secondi [s];

$\lambda$  *lunghezza d'onda*, espressa in nanometri [nm];

$\Delta\lambda$  *larghezza di banda*, espressa in nanometri [nm], degli intervalli di calcolo o di misurazione

$L_\lambda(\lambda)$ ,  $L_\lambda$  *radianza spettrale della sorgente*, espressa in watt su metro quadrato per steradiante per nanometro [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$ ];

$R(\lambda)$  *fattore di peso spettrale*: tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda delle lesioni termiche provocate sull'occhio dalle radiazioni visibili e IRA (tabella 1.3) [adimensionale];

$L_R$  *radianza efficace (lesione termica)*: radianza calcolata ponderata spettralmente con  $R(\lambda)$ , espressa in watt su metro quadrato per steradiante [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ];

**▼ B**

$B(\lambda)$	<i>ponderazione spettrale</i> : tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda della lesione fotochimica provocata all'occhio dalla radiazione di luce blu (Tabella 1.3) [adimensionale];
$L_B$	<i>radianza efficace (luce blu)</i> : radianza calcolata ponderata spettralmente con $B(\lambda)$ , espressa in watt su metro quadrato per steradiano [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ];
$E_B$	<i>irradianza efficace (luce blu)</i> : irradianza calcolata ponderata spettralmente con $B(\lambda)$ espressa in watt su metro quadrato [ $\text{W m}^{-2}$ ];
$E_{\text{IR}}$	<i>irradianza totale (lesione termica)</i> : irradianza calcolata nell'intervallo di lunghezze d'onda dell'infrarosso da 780 nm a 3 000 nm, espressa in watt su metro quadrato [ $\text{W m}^{-2}$ ];
$E_{\text{skin}}$	<i>irradianza totale (visibile, IRA e IRB)</i> : irradianza calcolata nell'intervallo di lunghezze d'onda visibile e dell'infrarosso da 380 nm a 3 000 nm, espressa in watt su metro quadrato [ $\text{W m}^{-2}$ ];
$H_{\text{skin}}$	<i>esposizione radiante</i> : integrale o somma nel tempo e nella lunghezza d'onda dell'irradianza nell'intervallo di lunghezze d'onda visibile e dell'infrarosso da 380 nm a 3 000 nm, espressa in joule su metro quadrato ( $\text{J m}^{-2}$ );
$\alpha$	<i>angolo sotteso</i> : angolo sotteso da una sorgente apparente, visto in un punto nello spazio, espresso in milliradiani (mrad). La sorgente apparente è l'oggetto reale o virtuale che forma l'immagine retinica più piccola possibile.

Tabella 1.1

## Valori limiti di esposizione per radiazioni ottiche non coerenti

Indice	Lunghezza d'onda nm	Valori limite di esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
a.	180-400 (UVA, UVB e UVC)	$H_{\text{eff}} = 30$ Valore giornaliero 8 ore	$[\text{J m}^{-2}]$		occhio: cornea cristallino cristallin  cute	fotocheratite congiuntivite catarattogenesi eritema elastosi tumore della cute
b.	315-400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ Valore giornaliero 8 ore	$[\text{J m}^{-2}]$		occhio: cristallino	catarattogenesi
c.	300-700 (Luce blu) <i>Cfr nota 1</i>	$L_B = \frac{10^6}{t}$ per $t \leq 10\,000$ s	$L_B: [\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ $t: [\text{secondi}]$	per $\alpha \geq 11$ mrad		
d.	300-700 (Luce blu) <i>Cfr. nota 1</i>	$L_B = 100$ per $t > 10\,000$ s	$[\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$			
e.	300-700 (Luce blu) <i>Cfr. nota 1</i>	$E_B = \frac{100}{t}$ per $t \leq 10\,000$ s	$E_B: [\text{W m}^{-2}]$ $t: [\text{secondi}]$	per $\alpha < 11$ mrad <i>Cfr. nota 2</i>	occhio: retina	fotoretinite
f.	300-700 (Luce blu) <i>Cfr. nota 1</i>	$E_B = 0,01$ $t > 10\,000$ s	$[\text{W m}^{-2}]$			

▼B

Indice	Lunghezza d'onda nm	Valori limite di esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
g.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha}$ per $t > 10$ s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$C_\alpha = 1,7$ per $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_\alpha = a$ per $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ per $\alpha > 100$ mrad $\lambda_1 = 380$ ; $\lambda_2 = 1\ 400$	occhio: retina	ustione retina
h.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ per $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	L <sub>R</sub> : [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [secondi]			
i.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ per $t < 10 \mu\text{s}$	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]			
j.	780-1 400 (IRA)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha}$ per $t > 10$ s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$C_\alpha = 11$ per $\alpha \leq 11$ mrad $C_\alpha = a$ per $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ per $\alpha > 100$ mrad (campo di vista per la misurazione: 11 mrad) $\lambda_1 = 780$ ; $\lambda_2 = 1\ 400$	occhio: retina	ustione retina
k.	780-1 400 (IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ per $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	L <sub>R</sub> : [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [secondi]			
l.	780-1 400 (IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ per $t < 10 \mu\text{s}$	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]			
m.	780-3 000 (IRA e IRB)	$E_{IR} = 18\ 000 t^{-0,75}$ per $t \leq 1\ 000$ s	E: [W m <sup>-2</sup> ] t: [secondi]		occhio: cornea cristallino	ustione cornea catarattogenesi
n.	780-3 000 (IRAe IRB)	$E_{IR} = 100$ per $t > 1\ 000$ s	[W m <sup>-2</sup> ]			

▼ **B**

Indice	Lunghezza d'onda nm	Valori limite di esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
o.	380-3 000 (Visibile, IRA e IRB)	$H_{\text{skin}} = 20\,000 t^{0,25}$ per $t < 10$ s	H: [J m <sup>-2</sup> ] t: [secondi]		cute	ustione

*Nota 1:* L'intervallo di lunghezze d'onda 300-700 nm copre in parte gli UVB, tutti gli UVA e la maggior parte delle radiazioni visibili; tuttavia il rischio associato è normalmente denominato rischio da «luce blu». In senso stretto la luce blu riguarda soltanto approssimativamente l'intervallo 400-490 nm.

*Nota 2:* Per la fissazione costante di sorgenti piccolissime che sottendono angoli < 11 mrad,  $L_B$  può essere convertito in  $E_B$ . Ciò si applica di solito solo agli strumenti oftalmici o all'occhio stabilizzato sotto anestesia. Il «tempo di fissazione» massimo è dato da  $t_{\text{max}} = 100/E_B$  dove  $E_B$  è espressa in W m<sup>-2</sup>. Considerati i movimenti dell'occhio durante compiti visivi normali, questo valore non supera i 100s.





Tabella 1.2

S ( $\lambda$ ) [adimensionale], da 180 nm a 400 nm

$\lambda$ in nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ in nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ in nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ in nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ in 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	0,8656	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		

## ▼B

$\lambda$ in nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ in nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ in nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ in nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ in nm	S ( $\lambda$ )
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		

Tabella 1.3

**B ( $\lambda$ ), R ( $\lambda$ ) [adimensionale], da 380 nm a 1 400 nm**

$\lambda$ in nm	B ( $\lambda$ )	R ( $\lambda$ )
$300 \leq \lambda < 380$	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
$700 < \lambda \leq 1\ 050$	—	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 150$	—	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

▼ **B**

## ALLEGATO II

**Radiazioni laser**

I valori di esposizione alle radiazioni ottiche, pertinenti dal punto di vista biofisico, possono essere determinati con le formule seguenti. La formula da usare dipende dalla lunghezza d'onda e dalla durata delle radiazioni emesse dalla sorgente e i risultati devono essere comparati con i corrispondenti valori limite di esposizione di cui alle tabelle da 2.2 a 2.4. Per una determinata sorgente di radiazione laser possono essere pertinenti più valori di esposizione e corrispondenti limiti di esposizione.

I coefficienti usati come fattori di calcolo nelle tabelle da 2.2 a 2.4 sono riportati nella tabella 2.5 e i fattori di correzione per l'esposizione ripetuta nella tabella 2.6.

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

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

Note:

dP      *potenza*, espressa in watt [W];

dA      *superficie*, espressa in metri quadrati [m<sup>2</sup>];

E(t), E    *irradianza o densità di potenza*: la potenza radiante incidente per unità di area su una superficie generalmente espressa in watt su metro quadrato [W m<sup>-2</sup>]. I valori E(t) ed E sono il risultato di misurazioni o possono essere indicati dal fabbricante delle attrezzature;

H      *esposizione radiante*: integrale nel tempo dell'irradianza, espressa in joule su metro quadrato [J m<sup>-2</sup>];

t      *tempo, durata dell'esposizione*, espressa in secondi [s];

λ      *lunghezza d'onda*, espressa in nanometri [nm];

γ      *angolo del cono che limita il campo di vista per la misurazione*, espresso in milliradiani [mrad];

γ<sub>m</sub>      *campo di vista per la misurazione*, espresso in milliradiani [mrad];

α      *angolo sotteso da una sorgente*, espresso in milliradiani [mrad];

*apertura limite*: superficie circolare su cui si basa la media dell'irradianza e dell'esposizione radiante;

G      *radianza integrata*: integrale della radianza su un determinato tempo di esposizione, espresso come energia radiante per unità di area di una superficie radiante per unità dell'angolo solido di emissione, espressa in joule su metro quadrato per steradiano [J m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>].



Tabella 2.1

**Rischi delle radiazioni**

Lunghezza d'onda [nm] $\lambda$	Campo di radiazione	Organo interessato	Rischio	Tabella dei valori limite di esposizione
da 180 a 400	UV	occhio	danno fotochimico e danno termico	2.2, 2.3
da 180 a 400	UV	cute	eritema	2.4
da 400 a 700	visibile	occhio	danno alla retina	2.2
da 400 a 600	visibile	occhio	danno fotochimico	2.3
da 400 a 700	visibile	cute	danno termico	2.4
da 700 a 1 400	IRA	occhio	danno termico	2.2, 2.3
da 700 a 1 400	IRA	cute	danno termico	2.4
da 1 400 a 2 600	IRB	occhio	danno termico	2.2
da 2 600 a $10^6$	IRC	occhio	danno termico	2.2
da 1 400 a $10^6$	IRB, IRC	occhio	danno termico	2.3
da 1 400 a $10^6$	IRB, IRC	cute	danno termico	2.4

Tabella 2.2

Valori limite di esposizione dell'occhio a radiazioni laser — Durata di esposizione breve < 10 s

Lunghezza d'onda $\lambda$ [nm]		Apertura	Durata [s]							
			$10^{13} - 10^{11}$	$10^{11} - 10^9$	$10^9 - 10^7$	$10^7 - 1.8 \cdot 10^5$	$1.8 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5 - 10^3$	$10^3 - 10^1$	
UVC	180 - 280	1 mm per $t < 0,3$ s; $1,5 \cdot t^{0,375}$ mm per $0,3 < t < 10$ s	$E = 3 \cdot 10^{10} \cdot [W m^{-2}]$ Cfr. nota <sup>c</sup>							
UVB	280 - 302								H = 30 [J m <sup>-2</sup> ]	
	303								H = 40 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 2,6 \cdot 10^{-9}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	304								H = 60 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 1,3 \cdot 10^{-8}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	305								H = 100 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 1,0 \cdot 10^{-7}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	306								H = 160 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 6,7 \cdot 10^{-7}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	307								H = 250 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 4,0 \cdot 10^{-6}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	308								H = 400 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 2,6 \cdot 10^{-5}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	309								H = 630 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 1,6 \cdot 10^{-4}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	310								H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 1,0 \cdot 10^{-3}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	311								H = 1,6 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 6,7 \cdot 10^{-3}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
312	H = 2,5 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]								se $t < 4,0 \cdot 10^{-2}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>	
313	H = 4,0 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]								se $t < 2,6 \cdot 10^{-1}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>	
314	H = 6,3 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]								se $t < 1,6 \cdot 10^0$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>	
UVA	315 - 400								H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	
Visibile e IRA	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>5</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 e IRC	1 400 - 1 500	E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	Cfr. nota <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> ]	Cfr. nota <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> ]	Cfr. nota <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> ]	Cfr. nota <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 Se la lunghezza d'onda del laser è coperta da due limiti, si applica il più restrittivo.  
 b Se  $1400 \leq \lambda < 10^5$  nm: apertura diametro = 1 mm per  $t \leq 0,3$  s e  $1,5 t^{0,375}$  mm per  $0,3 < t < 10$  s; se  $10^5 \leq \lambda < 10^6$  nm: apertura diametro = 11 mm.  
 c Per mancanza di dati a queste lunghezze di impulso, l'ICNIRP raccomanda di usare i limiti di irradianza per 1 ns.  
 d La tabella riporta i valori di singoli impulsi laser. In caso di impulsi multipli, le durate degli impulsi che rientrano in un intervallo  $T_{min}$  (elencate nella tabella 2.6) devono essere sommate e il valore di tempo risultante deve essere usato per t nella formula:  $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$

Tabella 2.3

Valori limite di esposizione dell'occhio a radiazioni laser — Durata di esposizione lunga ≥ 10 s

Lunghezza d'onda <sup>a</sup> [nm]		Apertura	Durata [s]		
			10 <sup>1</sup> - 10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> - 3 · 10 <sup>4</sup>
UVC	180 - 280	3,5 mm	H = 30 [J m <sup>-2</sup> ]		
UVB	280 - 302		H = 40 [J m <sup>-2</sup> ]		
	303		H = 60 [J m <sup>-2</sup> ]		
	304		H = 100 [J m <sup>-2</sup> ]		
	305		H = 160 [J m <sup>-2</sup> ]		
	306		H = 250 [J m <sup>-2</sup> ]		
	307		H = 400 [J m <sup>-2</sup> ]		
	308		H = 630 [J m <sup>-2</sup> ]		
	309		H = 1,0 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
	310		H = 1,6 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
	311		H = 2,5 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
	312		H = 4,0 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
313	H = 6,3 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]				
314	H = 10 <sup>4</sup> [J m <sup>-2</sup> ]				
UVA	315 - 400	H = 10 <sup>4</sup> [J m <sup>-2</sup> ]			
Visibile 400 - 700	400 - 600 Danno fotochimico <sup>b</sup> Danno alla retina	7 mm	H = 100 C <sub>B</sub> [J m <sup>-2</sup> ] (γ = 11 mrad) <sup>d</sup>	E = 1 C <sub>B</sub> [W m <sup>-2</sup> ]; (γ = 1,1 t <sup>0,5</sup> mrad) <sup>d</sup>	
	400 - 700 Danno termico <sup>b</sup> Danno alla retina		se α < 1,5 mrad se α > 1,5 mrad e t ≤ T <sub>2</sub> se α > 1,5 mrad e t > T <sub>2</sub>	allora E = 10 [W m <sup>-2</sup> ] allora H = 18 C <sub>A</sub> C <sub>C</sub> t <sup>0,75</sup> [J m <sup>-2</sup> ] allora E = 18 C <sub>A</sub> C <sub>C</sub> T <sub>2</sub> <sup>-0,25</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	
IRA	700 - 1 400	7 mm	se α < 1,5 mrad se α > 1,5 mrad e t ≤ T <sub>2</sub> se α > 1,5 mrad e t > T <sub>2</sub>	allora E = 10 C <sub>A</sub> C <sub>C</sub> [W m <sup>-2</sup> ] allora H = 18 C <sub>A</sub> C <sub>C</sub> t <sup>0,75</sup> [J m <sup>-2</sup> ] allora E = 18 C <sub>A</sub> C <sub>C</sub> T <sub>2</sub> <sup>-0,25</sup> [W m <sup>-2</sup> ] (non superare 1 000 W m <sup>-2</sup> )	
IRB e IRC	1 400 - 10 <sup>6</sup>	cf. <sup>c</sup>	E = 1 000 [W m <sup>-2</sup> ]		

a Se la lunghezza d'onda o un'altra caratteristica del laser è coperto da due limiti, si applica il più restrittivo.

b Per sorgenti piccole che sottendono un angolo di 1,5 mrad o inferiore, i doppi valori limiti nel visibile da 400 nm a 600 nm si riducono ai limiti per rischi termici per 10 s, ≤ t < T<sub>1</sub> e ai limiti per rischi fotochimici per periodi superiori. Per T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> cfr. tabella 2.5. Il limite di rischio fotochimico per la retina può anche essere espresso come radianza integrata nel tempo G = 10<sup>6</sup> C<sub>B</sub> [J m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>] per t > 10s fino a t = 10 000 s e L = 100 C<sub>B</sub> [W m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>] per t > 10 000 s. Per la misurazione di G e L γ<sub>m</sub> deve essere usato come campo di vista medio. Il confine ufficiale tra visibile e infrarosso è 780 nm come stabilito dalla CIE. La colonna con le denominazioni della lunghezza d'onda ha il solo scopo di fornire un inquadramento migliore all'utente. (Il simbolo G è usato dal CEN; il simbolo L<sub>r</sub> dalla CIE, il simbolo L<sub>p</sub> dall'IEC e dal CENELEC).

c Per lunghezze d'onda 1 400 - 10<sup>6</sup> nm: apertura diametro = 3,5 mm; per lunghezze d'onda 10<sup>3</sup> - 10<sup>6</sup> nm: apertura diametro = 11 mm.

d Per la misurazione del valore di esposizione γ è così definita: se α (angolo sotteso da una sorgente) > γ (angolo del cono di limitazione, indicato tra parentesi nella colonna corrispondente) allora il campo di vista di misurazione di γ<sub>m</sub> dovrebbe essere il valore dato di γ (se si utilizza un valore superiore del campo di vista il rischio risulta sovrastimato). Se α < γ il valore del campo di vista di misurazione γ<sub>m</sub> deve essere sufficientemente grande da includere completamente la sorgente, altrimenti non è limitato e può essere superiore a γ.

Tabella 2.4

## Valori limite di esposizione della cute a radiazioni laser

Lunghezza d'onda <sup>a</sup> [nm]		Apertura	Durata [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	3,5 mm	E = 3 · 10 <sup>10</sup> [Wm <sup>-2</sup> ]	Come i limiti di esposizione per l'occhio				
Visibile e IRA	400 - 700	3,5 mm	E = 2 · 10 <sup>11</sup> [Wm <sup>-2</sup> ]	H = 200 C <sub>A</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 1,1 · 10 <sup>4</sup> CA 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> CA [W · m <sup>-2</sup> ]					
IRB e IRC	1 400 - 1 500		E = 10 <sup>12</sup> [Wm <sup>-2</sup> ]	Come i limiti di esposizione per l'occhio				
	1 500 - 1 800		E = 10 <sup>13</sup> [Wm <sup>-2</sup> ]					
	1 800 - 2 600		E = 10 <sup>12</sup> [Wm <sup>-2</sup> ]					
	2 600 - 10 <sup>6</sup>		E = 10 <sup>11</sup> [Wm <sup>-2</sup> ]					

a Se la lunghezza d'onda o un'altra condizione del laser è coperta da due limiti, si applica il più restrittivo.



Tabella 2.5

## Fattori di correzione applicati e altri parametri di calcolo

Parametri elencati da IC-NIRP	Regione spettrale valida (nm)	Valore o descrizione
$C_A$	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	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	$T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
Parametri elencati da IC-NIRP	Valido per effetto biologico	Valore o descrizione
$\alpha_{\min}$	tutti gli effetti termici	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parametri elencati da IC-NIRP	Intervallo angolare valido (mrad)	Valore o descrizione
$C_E$	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha/\alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2/(\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad con } \alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$
$T_2$	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$
Parametri elencati da IC-NIRP	Intervallo temporale valido per l'esposizione (s)	Valore o descrizione
$\gamma$	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$





Tabella 2.6

### Correzione per esposizioni ripetute

Per tutte le esposizioni ripetute, derivanti da sistemi laser a impulsi ripetitivi o a scansione, dovrebbero essere applicate le tre norme generali seguenti:

1. L'esposizione derivante da un singolo impulso di un treno di impulsi non supera il valore limite di esposizione per un singolo impulso della durata di quell'impulso.
2. L'esposizione derivante da qualsiasi gruppo di impulsi (o sottogruppi di un treno di impulsi) che si verseica in un tempo  $t$  non supera il valore limite di esposizione per il tempo  $t$ .
3. L'esposizione derivante da un singolo impulso in un gruppo di impulsi non supera il valore limite di esposizione del singolo impulso moltiplicato per un fattore di correzione termica cumulativa  $C_p = N^{-0,25}$ , dove  $N$  è il numero di impulsi. Questa norma si applica soltanto a limiti di esposizione per la protezione da lesione termica, laddove tutti gli impulsi che si verseicano in meno di  $T_{\min}$  sono trattati come singoli impulsi.

Parametri	Regione spettrale valida (nm)	Valore o descrizione
$T_{\min}$	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{\min} = 10^{-9} \text{ s} (= 1 \text{ ns})$
	$400 < \lambda \leq 1\ 050$	$T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ s} (= 18 \text{ }\mu\text{s})$
	$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ s} (= 50 \text{ }\mu\text{s})$
	$1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$	$T_{\min} = 10^{-3} \text{ s} (= 1 \text{ ms})$
	$1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$	$T_{\min} = 10 \text{ s}$
	$1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$	$T_{\min} = 10^{-3} \text{ s} (= 1 \text{ ms})$
	$2\ 600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{\min} = 10^{-7} \text{ s} (= 100 \text{ ns})$