ALLEGATO XXXVII RADIAZIONI OTTICHE

Parte 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 di radiazioni 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.

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

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

c), d) $L_B = \int_{\lambda=300\,nm}^{\lambda=700\,nm} L_\lambda(\lambda) \times B(\lambda) \times d\lambda$ *(LB è pertinente solo nell'intervallo da 300 a 700 nm)*

e), f) $E_B = \int_{\lambda=300\,nm}^{\lambda=700\,nm} E_\lambda(\lambda) \times B(\lambda) \times d\lambda$ *(EB è pertinente solo nell'intervallo da 300 a 700 nm)*

g)-l) $L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda(\lambda) \times R(\lambda) \times d\lambda$ *(Cfr. tabella 1.1 per i valori appropriati di λ1 e λ2)*

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

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

Phoca PDF

a) $E_{eff} = \sum_{\lambda=180\,nm}^{\lambda=400\,nm} E_\lambda \times S(\lambda) \times \Delta\lambda$ *e* $H_{eff} = E_{eff} \times \Delta t$

b) $E_{UVA} = \sum_{\lambda=315\,nm}^{\lambda=400\,nm} E_\lambda \times \Delta\lambda$ *e* $HUVA = EUVA \times \Delta t$

c), d) $L_B = \sum_{\lambda=300\,nm}^{\lambda=700\,nm} L_\lambda \times B(\lambda) \times \Delta\lambda$

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

g)-l) $L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda \times R(\lambda) \times \Delta\lambda$ *(Cfr. tabella 1.1 per i valori appropriati di λ1 e λ2)*

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

o) $E_{skin} = \sum_{\lambda=380\,nm}^{\lambda=3000\,nm} E_\lambda \times \Delta\lambda$ *e* $Hskin = Eskin \times \Delta t$

Note:

E_λ (λ, t), E_λ 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 [W m^{-2} nm^{-1}]; i valori di E_λ (λ, t) ed E_λ sono il risultato di misurazioni o possono essere forniti dal fabbricante delle attrezzature;

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

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

H_{eff} esposizione radiante efficace: esposizione radiante ponderata spettralmente con S(λ), espressa in joule su metro quadrato [j m^{-2}];

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

H_{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 [j m^{-2}];

S (λ) 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, Δt tempo, durata dell'esposizione, espressi in secondi [s];

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

Δλ lunghezza di banda, espressa in nanometri [nm], degli intervalli di calcolo o di misurazione

L_λ (λ), L_λ radianza spettrale della sorgente, espressa in watt su metro quadrato per steradiante per nanometro [W m^{-2} sr^{-1} nm^{-1}];

R (λ) 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 (λ), espressa in watt su

Phoca PDF

metro quadro per steradiante [W m^{-2} sr^{-1}];

B (λ) ponderazione spettrale: 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 radianza efficace (luce blu): radianza calcolata ponderata spettralmente con B (λ) espressa in watt su metro quadro per steradiante [W m^{-2} sr^{-1}];

E_B irradianza efficace (luce blu): radianza calcolata ponderata spettralmente con B (λ) espressa in watt su metro quadro [W m^{-2}];

E_{IR} irradianza totale (lesione termica): irradianza calcolata nell'intervallo di lunghezza d'onda dell'infrarosso da 780 nm a 3000 nm, espressa in watt su metro quadro [W m^{-2}];

E_{skin} irradianza totale (visibile, IRA e IRB): irradianza calcolata nell'intervallo di lunghezze d'onda visibile e dell'infrarosso da 380 nm a 3000 nm, espressa in watt su metro quadrato [W m^{-2}];

H_{skin} esposizione radiante: integrale o somma nel tempo e nella lunghezza d'onda dell'irradianza nell'intervallo di lunghezze d'inda visibile e dell'infrarosso da 380 nm a 3000 nm, espressa in joule su metro quadrato [j m^{-2}];

α angolo sotteso: angolo sotteso da una sorgente apparente, visto in un punto nello spazio, espresso in milliradianti (mrad). La sorgente apparente è l'oggetto reale o virtuale che forma l'immagine retinica più piccola possibile.

Tabella 1.2

S (λ) [adimensionale], da 180 nm a 400 nm

λ in nm	S (λ)	λ in nm		S (λ)	λ in nm	S (λ)		λ in
180	0.0120	228		0.1737	276	0.9434		324
181	0.0126	229		0.1819	277	0.9272		325
182	0.0132	230		0.1900	278	0.9112		326
183	0.0138	231		0.1995	279	0.8954		327
184	0.0144	232		0.2089	280	0.8800		328
185	0.0151	233		0.2188	281	0.8568		329
186	0.0158	234		0.2292	282	0.8342		330
187	0.0166	235		0.2400	283	0.8122		331
188	0.0173	236		0.2510	284	0.7908		332
189	0.0181	237		0.2624	285	0.7700		333
190	0.0190	238		0.2744	286	0.7420		334
191	0.0199	239		0.2869	287	0.7151		335
192	0.0208	240		0.3000	288	0.6891		336
193	0.0218	241		0.3111	289	0.6641		337
194	0.0228	242		0.3227	290	0.6400		338
195	0.0239	243		0.3347	291	0.6186		339
196	0.0250	244		0.3471	292	0.5980		340
197	0.0262	245		0.3600	293	0.5780		341
198	0.0274	246		0.3730	294	0.5587		342
199	0.0287	247		0.3865	295	0.5400		343
200	0.0300	248		0.4005	296	0.4984		344
201	0.0334	249		0.4150	297	0.4600		345
202	0.0371	250		0.4300	298	0.3989		346
203	0.0412	251		0.4465	299	0.3459		347
204	0.0459	252		0.4637	300	0.3000		348
205	0.0510	253		0.4815	301	0.2210		349
206	0.0551	254		0.5000	302	0.1629		350

Phoca PDF

207	0.0595	255		0.5200	303	0.1200		351
208	0.0643	256		0.5437	304	0.0849		352
209	0.0694	257		0.5685	305	0.0600		353
210	0.0750	258		0.5945	306	0.0454		354
211	0.0786	259		0.6216	307	0.0344		355
212	0.0824	260		0.6500	308	0.0260		356
213	0.0864	261		0.6792	309	0.0197		357
214	0.0906	262		0.7098	310	0.0150		358
215	0.0950	263		0.7417	311	0.0111		359
216	0.0995	264		0.7751	312	0.0081		360
217	0.1043	265		0.8100	313	0.0060		361
218	0.1093	266		0.8449	314	0.0042		362
219	0.1145	267		0.8812	315	0.0030		363
220	0.1200	268		0.9192	316	0.0024		364
221	0.1257	269		0.9587	317	0.0020		365
222	0.1316	270		1.0000	318	0.0016		366
223	0.1378	271		0.9919	319	0.0012		367
224	0.1444	272		0.9838	320	0.0010		368
225	0.1500	273		0.9758	321	0.000819		369
226	0.1583	274		0.9679	322	0.000670		370
227	0.1658	275		0.9600	323	0.000540		371

Tabella 1.3

B (λ), R (λ) [adimensionale], da 380 nm a 1400 nm

λ in nm	B (λ)	
300 ≤ λ < 380	0.01	
380	0.01	
385	0.013	
390	0.025	
395	0.05	
400	0.1	
405	0.2	
410	0.4	
415	0.8	
420	0.9	
425	0.95	
430	0.98	
435	1	
440	1	
445	0.97	
450	0.94	
455	0.9	
460	0.8	
465	0.7	
470	0.62	
475	0.55	
480	0.45	
485	0.32	
490	0.22	
495	0.16	
500	0.1	
500 < λ ≤ 600	$10^{0.02 (450-λ)}$	
600 < λ ≤ 700	0.001	
700 < λ ≤ 1050	---	

Phoca PDF

1050 < λ ≤ 1150	---	
1150 < λ ≤ 1200	---	
1200 < λ ≤ 1400	---	

PARTE 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.

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

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

Note:

dP potenza, espresso in watt [W]

dA superficie, espressa in metri quadrati [m^2]

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-2]. 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-2];

t tempo, durata dell'esposizione 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 milliradianti [mrad]

γ_m campo di vista per la misurazione, espresso in milliradianti [mrad];

α angolo sotteso da una sorgente, espresso in milliradianti [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 steradiante [J m–2 sr–1].

Tabella 2.1

Rischi delle radiazioni

Lunghezza d'onda [nm] λ	Campo di radiazione	Organo interessato	Rischio	

Phoca PDF

da 180 a 400	UV	occhio	danno fotochimico e danno termic	
da 180 a 400	UV	cute	eritema	
da 400 a 700	visibile	occhio	danno alla retina	
da 400 a 600	visibile	occhio	danno fotochimico	
da 400 a 700	visibile	cute	danno termico	
da 700 a 1400	IRA	occhio	danno termico	
da 700 a 1400	IRA	cute	danno termico	
da 1400 a 2600	IRB	occhio	danno termico	
da 2600 a 10^6	IRC	occhio	danno termico	
da 1400 a 10^6	IRB, IRC	occhio	danno termico	
da 1400 a 10^6	IRB, IRC	cute	danno termico	

Tabella 2.2

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

Lunghezza d'onda[a] [nm]		**Apertura**	Durata [s]					
			10^{-13} - 10^{-11}	10^{-11} – 10^{-9}	10^{-9} - 10^{-7}	10^{-7} - 1.8 10^{-5}		1.
UVC	180 - 280	1 mm per t<0.3 s; 1.5 · $t^{0.375}$ per 0.3<t<10 s	$E = 3 \times 10^{10}$ [W m^{-2}] Cfr. nota [c]		H = 30 [J · m^{-2}]			
UVB	280 - 302				H = 30 [J · m^{-2}]			
	303				H = 40 [J m^{-2}]	se t < 2.6 · 1		
	304				H = 60 [J m^{-2}]	se t < 1.3 · 1		
	305				H = 100 [J m^{-2}]	se t < 1.0 · 1		
	306				H = 160 [J m^{-2}]	se t < 6.7 · 1		
	307				H = 250 [J m^{-2}]	se t < 4.0 · 1		
	308				H = 400 [J m^{-2}]	se t < 2.6 · 1		
	309				H = 630 [J m^{-2}]	se t < 1.6 · 1		
	310				H = 10^3 [J m^{-2}]	se t < 1.0 · 1		
	311				H = 1.6 · 10^3 [J m^{-2}]	se t < 6.7 · 1		
	312				H = 2.5 · 10^3 [J m^{-2}]	se t < 4.0 · 1		
	313				H = 4.0 · 10^3 [J m^{-2}]	se t < 2.6 · 1		
	314				H = 6.3 · 10^3 [J m^{-2}]	se t < 1.6 · 1		
UVA	315 - 400				H = 5.6 · 10^3 $t^{0.25}$ [J m^{-2}]			
Visibile e IRA	400 - 700	7 mm	H = 1.5 · 10^{-4} C_E [J m^{-2}]	H = 2.7 · 10^4 $t^{0.75}$ C_E [J m^{-2}]	H = 5 · 10^{-3} C_E [J m^{-2}]			H
	700 - 1050		H = 1.5 · 10^{-4} C_A C_E [J m^{-2}]	H=2.7 · 10^4 $t^{0.75}$ C_A C_E [J m^{-2}]	H = 5 · 10^{-3} C_A C_E [J m^{-2}]			H
	1050 - 1400		H = 1.5 · 10^{-3} C_C C_E [J m^{-2}]	H =2.7 · 10^5 $t^{0.75}$ C_C C_E [J m^{-2}]	H = 5 · 10^{-2} C_C C_E [J m^{-2}]			
IRB e IRC	1400 - 1500	Cfr. nota [b]	E = 10^{12} [W m^{-2}]	Cfr. nota [c]	H = 10^3 [J m^{-2}]			
	1500 - 1800		E = 10^{13} [W m^{-2}]	Cfr. nota [c]	H = 10^4 [J m^{-2}]			
	1800 - 2600		E = 10^{12} [W m^{-2}]	Cfr. nota [c]	H = 10^3 [J · m^{-2}]			
	2600 - 10^6		E = 10^{11} [W m^{-2}]	Cfr. nota [c]	H=100 [J m^{-2}]	H = 5.6 · 10^3 · $t^{0.25}$		

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

b Se 1400≤λ<10^5 nm : apertura diametro = 1 mm per t ≤ 0.3 s e 1.5 $t^{0.375}$ mm per 0.3 s < t < 10 s; se 10^5≤λ<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

Phoca PDF

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: $5.6\ 10^{3}t^{0.25}$

Tabella 2.3

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

Lunghezza d'onda[a] [nm]		Aperture	Durata [s]		
			10^{1} - 10^{2}	10^{2} - 10^{4}	
UVC	180 - 280	3.5 mm	H = 30 [J m^{-2}]		
	280 - 302				
	303		H = 40 [J m^{-2}]		
	304		H = 60 [J m^{-2}]		
	305		H = 100 [J m^{-2}]		
	306		H = 160 [J m^{-2}]		
	307		H = 250 [J m^{-2}]		
	308		H = 400 [J m^{-2}]		
	309		H = 630 [J m^{-2}]		
	310		H = 1.0 103 [J m^{-2}]		
	311		H = 1.6 103 [J m^{-2}]		
	312		H = 2.5 103 [J m^{-2}]		
	313		H = 4.0 103 [J m^{-2}]		
	314		H = 6.3 103 [J m^{-2}]		
UVB					
UVA	315 - 400		H = 10^{4} [J m^{-2}]		
Visibile 400 - 700	400 - 600 Danno fotochimico [b] Retinal damage	7 mm	H = 100 C_B [J · m^{-2}] (γ = 11 mrad)[d]	E = 1 C_B [W m^{-2}]; (γ = 1.1 $t^{0.5}$ mrad)[c]	
	400 - 700 Danno termico [b] Retinal damage		se α < 1.5 mrad allora E = 10 [W m^{-2}] se α > 1.5 mrad e t ≤ T_2 allora H = 18C_E $t^{0.75}$ [J m^{-2}] se α > 1.5 mrad e t > T_2 allora E = 18C_E $T_2^{-0.25}$ [W m^{-2}]		
IRA	700 - 1400	7mm	se α < 1.5 mrad allora E = 10 C_A C_C if α > 1,5 mrad e t ≤ T_2 allora H = 18 C_A C_C C_E $t^{-0,75}$ [J m^{-2}] if α > 1,5 mrad e t > T_2 allora E = 18 C_A C_C C_E $T_2^{-0,25}$ [Wm^{-2}] (not to ex 2		
IRB & IRC	1400 - 10^{6}	see[c]	E = 1000 [W m^{-2}]		

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_1 e ai limiti per rischi fotochimici per periodi superiori. Per T_1 e T_2 cfr. tabella 2.5. Il limite di rischio fotochimico per la retina può anche essere espresso come radianza integrata nel tempo G = 10^{6} C_B [Jm^{-2} sr^{-1}] per t > 10s fino a t = 10 000 s e L = 100 C_B [W $m^{-2}sr^{-1}$] per t > 10 000 s. Per la misurazione di G e L γ_m 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

Phoca PDF

scopo di fornire un inquadramento migliore all'utente. (Il simbolo G è usato dal CEN; il simbolo L_t dalla CIE, il simbolo L_p dall'IEC e dal CENELEC).

c Per lunghezze d'onda 1400 - 10^5 nm : apertura diametro = 3.5 mm; per lunghezze d'onda 10^5 - 10^6 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_m 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_m 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[a] [nm]		**Aperture**	Durata [s]			
			< 10^{-9}	10^{-9} - 10^{-7}	10^{-7} - 10^{-3}	10^{3} – 10^{1}
UV (A, B, C)	180-400	3. 5mm	E = 3 x 1010 [W m^{-2}]	Come i limiti di esposizione per l'occhio		
Visibile & IRA	400-700	3. 5mm	E = 2 x 10^{11} [W m^{-2}]	H=200 CA [J m^{-2}]	H = 1.1 · 104 CA t 0.25 [m^{-2}]	
	700 -1400		E = 2 x 1011 CA [W m-2]			
IRB & IRC	1400-1500		E = 1012 [W m-2]	Come i limiti di esposizione per l'occhio		
	1500-1800		E = 1013 [W m^{-2}]			
	1800-2600		E = 1012 [W m^{-2}]			
	2600-106		E = 1011 [W m^{-2}]			

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 ICNIRP	Regione spettrale valida (nm)	Valore o descrizione
C_A	λ < 700	C_A = 1.0
	700 - 1050	CA = $10^{0.002(\lambda - 700)}$
	1050 - 1400	C_A = 5.0
C_B	400 - 450	C_B = 1.0
	450 - 700	CB = $10^{0.02(\lambda - 450)}$
C_C	700 - 1150	C_C = 1.0
	1150 - 1200	CC = $10^{0.018(\lambda - 1150)}$
	1200 - 1400	C_C = 8.0
T_1	λ < 450	T_1 = 10 s
	450 - 500	T1 = 10 x [$10^{0.02 (\lambda - 450)}$] s
	λ > 500	T_1 = 100 s
Parametri elencati da ICNIRP	Valido per effetto biologico	Valore o descrizione
αmin	tutti gli effetti ter:mici	α_{min} = 1.5 mrad
Parametri elencati da	Intervallo angolare valido (mrad)	Valore o descrizione

Phoca PDF

ICNIRP		
C_E	$\alpha < \alpha_{min}$	$C_E = 1.0$
	$\alpha_{min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{min} \cdot \alpha_{max})$ mrad with $\alpha_{max} = 100$ mrad
T_2	$\alpha < 1.5$	$T_2 = 10$ s
	$1.5 < \alpha < 100$	$T2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1.5) / 98.5}]$ s
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100$ s
Parametri elencati da ICNIRP	Intervallo temporale valido per l'esposizione (s)	Valore o descrizione
γ	$t \leq 100$	$\gamma = 11$ [mrad]
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1.1\ t^{0.5}$ [mrad]
	$t > 10^4$	$\gamma = 110$ [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 verifica 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 Cp=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 verificano in meno di Tmin sono trattati come singoli impulsi.

Parametri	Regione spettrale valida (nm)	Valore o descrizione
Tmin	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{min} = 10^{-9}$ s (= 1 ns)
	$400 < \lambda \leq 1050$	$T_{min} = 18 \times 10^{-6}$ s (= 18 µs)
	$1050 < \lambda \leq 1400$	$T_{min} = 50 \times 10^{-6}$ s (= 50 µs)
	$1400 < \lambda \leq 1500$	$T_{min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$1500 < \lambda \leq 1800$	$T_{min} = 10$ s
	$1800 < \lambda \leq 2600$	$T_{min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$2600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{min} = 10^{-7}$ s (= 100 ns)

Phoca PDF