

SEMINARIO
Carmagnola, 23 febbraio 2010

RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI

CHE FARE?

Valutazione del rischio e
programma delle misure di prevenzione e protezione

A cura di P.I. Marco Antonielli

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

OBIETTIVI

Ottemperare all'obbligo di valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, ai sensi dell'articolo 28, comma 1



Valutare anche tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici, ai sensi dell'articolo 181 (ci troviamo nel Titolo VIII, capo I)



Valutare i rischi per la sicurezza e la salute che possono derivare dalla esposizione alle radiazioni ottiche artificiali durante il lavoro, con particolare riguardo ai rischi dovuti agli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute.

(ci troviamo nel Titolo VIII, capo V, che recepisce, in Italia, la Direttiva 2006/25/CE sulla protezione dalle radiazioni ottiche artificiali)



Sono escluse, dal presente Capo, le radiazioni ottiche naturali (come quelle emesse dal sole).

Resta quindi esclusa tutta la categoria dei lavoratori "out door".

Valutazione mirata esclusivamente alle radiazioni ottiche artificiali, nella gamma di lunghezze d'onda comprese tra 100 nm (100×10^{-9} m) e 1 mm, il cui spettro si suddivide in:

- ➔ radiazioni ultraviolette 100 – 400 nm
- ➔ radiazioni visibili 380 – 780 nm
- ➔ radiazioni infrarosse 780 nm – 1 mm

- ➔ Questo intervallo riguarda sia le sorgenti incoerenti, come le lampade, i materiali incandescenti ed altro, sia le sorgenti laser, dette coerenti.

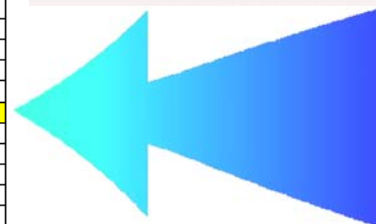


NO radiazioni ionizzanti ($\lambda < 100$ nm)

NO CEM ($\lambda > 1$ mm) (micro onde, onde radio, etc.).

Il quadro finale, riepilogativo di tutti i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori di una data mansione, dovrà contenere anche l'indice di rischio da esposizione a ROA

MANSIONE xx: addetto					
Individuazione del fattore di rischio	Presente SI/NO	Valutazione del rischio			
		1 Basso	2 Medio	3 Alto	4 Molto alto
<i>Fattori di rischio per la sicurezza dei lavoratori</i>					
Scivolamento, caduta a livello					
Caduta dall'alto					
Lavori in quota (H > 2m)					
Caduta di materiale dall'alto					
Urti, colpi, impatti, compressioni					
Punture, tagli, abrasioni, ustioni					
Cesoiamento, stritolamento					
Getti e schizzi / proiezioni di materiali					
Seppellimento					
Annegamento					
Investimento / incidente stradale					
Incendio					
Esplosione (rischio ATEX)					
Scoppio					
Elettrocuzione					
Chimico per la sicurezza					
<i>Fattori di rischio per la salute, di tipo fisico</i>					
Rumore					
Vibrazioni mano braccio					
Vibrazioni corpo intero					
CEM (radiazioni non ionizzanti)					
Radiazioni ottiche artificiali (ROA)	SI/NO	?	??	???	????
Radiazioni ionizzanti / radon					
Microclima termico					
<i>Fattori di rischio per la salute, di tipo chimico</i>					
Agenti chimici (rischio stimato)					
Agenti chimici (rischio misurato)					
Agenti cancerogeni e mutageni					
Amianto					
<i>Fattori di rischio per la salute, di tipo biologico</i>					
Agenti biologici					
<i>Fattori di rischio per la salute, di tipo organizzativo</i>					
Movimentazione manuale dei carichi					
Movimenti ripetuti (CTD)					
Attrezzature munite di videoterminale					
Stress lavoro-correlato					



OGGETTO DELLA VALUTAZIONE – Art. 216

Nella valutazione dei rischi occorre prestare particolare attenzione ai seguenti elementi:

- Livello, gamma di lunghezza d'onda, durata della esposizione;
(questi dati sono necessari già ai fini della corretta effettuazione delle misurazioni strumentali)
- Valori limite di esposizione (VLE)
(costituiscono limiti di esposizione alle ROA 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 conosciuti, sugli occhi e sulla cute. Il valore limite viene considerato ai fini della determinazione dell'entità del rischio specifico).

c) Gruppi particolarmente sensibili al rischio;

donne in gravidanza

lavoratori minorenni

albinosi ed individui di fototipo 1; soggetti iperfotosensibili

portatori di malattie del collagene

soggetti in trattamento cronico o clinico con farmaci fotosensibilizzanti

soggetti affetti da alterazione dell'iride o della pupilla

lavoratori che abbiano lesioni cutanee maligne o pre-maligne

lavoratori affetti da patologie cutanee fotoindotte o foto aggravate

soggetti epilettici per esposizione a luce visibile di tipo intermittente

soggetti portatori di apparecchi elettrici o ferromagnetici impiantati

...

La valutazione del rischio per questi soggetti andrà effettuata in strettissimo collegamento con il Medico competente

7

d) Interazioni tra le ROA e le sostanze chimiche foto-sensibilizzanti

(L'attivazione della sostanza chimica foto-sensibilizzante mediante la radiazione ottica artificiale determina l'avvio della reazione foto-tossica. Tale reazione porta al danneggiamento delle parti esposte)

e) Effetti indiretti, come l'accecamento temporaneo, le esplosioni o il fuoco;

(vengono considerati i potenziali rischi per la sicurezza)

f) Esistenza di attrezzature di lavoro alternative, progettate per ridurre i livelli di esposizione alle ROA;

(questo elemento rientra nell'ambito delle misure di prevenzione)

g) Disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare i livelli di esposizione alle ROA;

(questo elemento rientra nell'ambito delle misure di protezione)

h) Informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni pubblicate;

8

- i) Sorgenti multiple di esposizione alle ROA
(contemporaneità di fonti di ROA, che possono contribuire ad elevare i valori di esposizione)
- l) 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;
(a questo proposito occorre acquisire informazioni attraverso la consultazione dei manuali di uso e manutenzione e delle specifiche tecniche disponibili presso l'azienda)
- m) Informazioni fornite dai fabbricanti delle sorgenti di radiazioni ottiche e delle relative attrezzature di lavoro in conformità alle pertinenti direttive comunitarie.



9

IL PERCORSO VERSO LA VALUTAZIONE

Devono essere considerate tutte le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali presenti nell'ambito aziendale e del ciclo produttivo *(laser, UV, visibili, infrarossi)*.

La misurazione e/o il calcolo dei livelli delle ROA vengono effettuati in conformità a:



Norme della Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC)
per quanto riguarda i laser



Raccomandazioni della Commissione Internazionale per l'Illuminazione (CIE) e del Comitato Europeo di Normazione (CEN)
per quanto riguarda le radiazioni incoerenti (NON Laser).

La Direttiva 2006/25/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative alla esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (ROA), recepisce i criteri dell'ICNIRP (Commissione Internazionale sulla Protezione da Radiazioni Non Ionizzanti)



10

In tutti i casi di esposizione, la valutazione tiene conto dei dati indicati dai fabbricanti delle attrezzature, se contemplati da pertinenti direttive comunitarie di prodotto.

I rilievi vengono effettuati presso le postazioni di lavoro occupate dagli addetti, ovvero nei punti ritenuti idonei a ricostruire la situazione espositiva di occhi, mani o altre parti del corpo.

Al termine della campagna di misura, si provvederà alla stesura del documento di valutazione particolareggiata del rischio che, basandosi sui dati contenuti nella specifica **“relazione tecnica di misura”** (elaborato da considerare quale allegato indispensabile ai fini valutativi), effettuerà il confronto con i limiti normativi attualmente vigenti e definirà l'eventuale necessità di adozione di specifiche misure di prevenzione e protezione.

La valutazione ROA è da considerare quale elemento integrante del documento generale di valutazione dei rischi, predisposto ai sensi dell'articolo 28 del D.Lgs. 81/2008.

11

All'azienda viene richiesta la disponibilità a fornire tutte le informazioni ritenute necessarie ai fini della valutazione, con particolare riguardo all'acquisizione dei dati necessari alla effettuazione delle misure, alla identificazione delle categorie di lavoratori esposti ed alla stima del tempo di esposizione:

Acquisizione dei dati



Identificazione delle categorie esposte



Stima del tempo di esposizione

Effettuazione delle misure



... Valutazione del rischio



12

I VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE

VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE: limiti di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche.



Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti a ROA siano protetti contro tutti gli effetti nocivi conosciuti, sugli occhi e sulla cute.

Nel metodo di valutazione proposto, al fine di una maggior tutela dei lavoratori potenzialmente esposti al rischio specifico, si è deciso di adottare un criterio maggiormente restrittivo, comunque rispettoso del concetto di valore limite di esposizione.

13

VALORI LIMITE PER RADIAZIONI INCOERENTI (NON LASER)

I valori limite di esposizione per le radiazioni incoerenti sono riportati nell'allegato XXXVII, parte I, tabella 1.1.

Essi sono espressi per mezzo delle seguenti grandezze fisiche:

VALORI

GRANDEZZA	DEFINIZIONE	UNITA' DI MISURA
H_{eff}	Esposizione radiante efficace (UVA): esposizione radiante ponderata spetttralmente con $S(\lambda)$	J/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	J/m^2
L_B	Radianza efficace (luce blu): radianza calcolata, ponderata spetttralmente con $B(\lambda)$	$\text{W/m}^2 \text{ sr}^{-1}$
E_B	Irradianza efficace (luce blu): irradianza calcolata, ponderata spetttralmente con $B(\lambda)$	W/m^2
L_R	Radianza efficace (lesione termica): radianza calcolata, ponderata spetttralmente con $R(\lambda)$	$\text{W/m}^2 \text{ sr}^{-1}$
E_{IR}	Irradianza totale (lesione termica): irradianza calcolata nell'intervallo di lunghezza d'onda dell'infrarosso, da 780 a 3000 nm	W/m^2
H_{skin}	Esposizione radiante: integrale o somma nel tempo e nella lunghezza d'onda dell'irradianza, nell'intervallo di lunghezza d'onda visibile e dell'infrarosso, da 380 a 3000 nm	J/m^2

14

Gli effetti sanitari delle ROA dipendono da:

lunghezza d'onda λ

durata dell'esposizione t

angolo α sotto il quale la sorgente viene osservata.

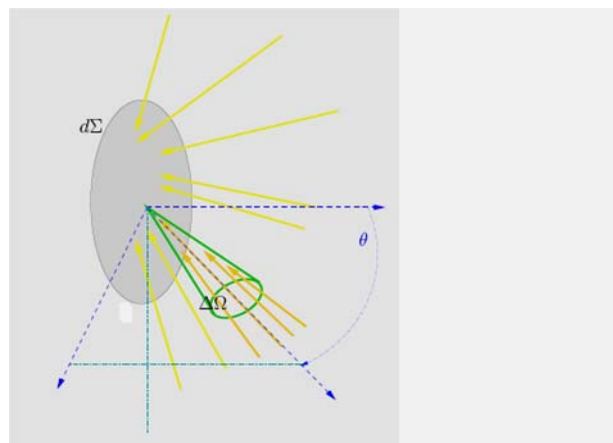
Pertanto, le grandezze che esprimono i VLE devono essere prese, di volta in volta, come riferimento ed assumono valori differenti in funzione dei parametri citati, ossia:

PARAMETRO	DEFINIZIONE	UNITA' DI MISURA
λ	Lunghezza d'onda	nm
t	Tempo di esposizione	sec.
α	Angolo sotteso: angolo sotteso da una sorgente apparente, visto in un punto nello spazio. La sorgente apparente è l'oggetto reale o virtuale che forma l'immagine retinica più piccola possibile	mrad

L'irradianza "E" viene adottata, quale VLE, quando gli effetti sono indipendenti dall'angolo di osservazione e dal tempo di esposizione;

L'esposizione radiante "H" viene adottata, quale VLE, quando si deve considerare l'effetto dell'energia assorbita in relazione al tempo di esposizione;

La radianza "L" viene adottata, quale VLE, quando è importante la dipendenza angolare.



Si tenga presente che per una determinata sorgente artificiale di radiazioni ottiche può presentarsi la necessità di determinare più valori di esposizione ed adottare, conseguentemente, differenti valori limite di esposizione.



I valori limite di esposizione sono fissati per i diversi intervalli di λ ed in relazione a t ed α , al fine di prevenire danni all'occhio ed alla cute.

17

TABELLA 1.1
VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE PER
RADIAZIONI OTTICHE NON COERENTI (NON LASER)

	Lunghezza d'onda [nm]	Valore Limite di Esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
a	180 – 400 (UVA, UVB e UVC)	$H_{\text{eff}} = 30$ Valore giornaliero 8 ore	[J/m ²]		• occhio: ➢ cornea ➢ congiuntive ➢ cristallino • cute	fotokerite congiuntivite catarattogenesi eritema elastosi tumore della cute
b	315 – 400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ Valore giornaliero 8 ore	[J/m ²]		• occhio: cristallino	catarattogenesi
c	300-700 (Luce blu) <i>Cfr. nota 1</i>	$L_B = 10^6/t$ Per $t \leq 10000$ s	L_B : [W/m ² sr] t : [secondi]	per $\alpha \geq 11$ mrad	• occhio: retina	fotoretinite
d	300-700 (Luce blu) <i>Cfr. nota 1</i>	$L_B = 100$ Per $t > 10000$ s	L_B : [W/m ² sr]			
e	300-700 (Luce blu) <i>Cfr. nota 1</i>	$E_B = 100/t$ Per $t \leq 10000$ s	E_B : [W/m ²] t : [secondi]	per $\alpha < 11$ mrad <i>Cfr. nota 2</i>		
f	300-700 (Luce blu) <i>Cfr. nota 1</i>	$E_B = 0,01$ Per $t > 10000$ s	[W/m ²]			

18

	Lunghezza d'onda [nm]	Valore Limite di Esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
g h	380 – 1400 (Visibile e IRA)	$L_R = 2,8 \cdot 10^7 / C_a$ per $t > 10$ s	[W/m ² sr]	$C_a = 1,7$ per $\alpha \leq 1,7$ mrad	• occhio: retina	ustione retina
	380 – 1400 (Visibile e IRA)	$L_R = 5 \cdot 10^7 / C_a \cdot t^{0,25}$ per $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	L_R : [W/ m ² sr] t: [secondi]	$C_a = \alpha$ per $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad		
i	380 – 1400 (Visibile e IRA)	$L_R = 8,89 \cdot 10^8 / C_a$ per $t < 10 \mu s$	[W/m ² sr]	$C_a = 100$ per $\alpha > 100$ mrad $\lambda_1 = 380$ $\lambda_2 = 1400$		
j	780 – 1400 (IRA)	$L_R = 6 \cdot 10^6 / C_a$ per $t > 10$ s	[W/m ² sr]	$C_a = 11$ per $\alpha \leq 11$ mrad	• occhio: retina	ustione retina
k	780 – 1400 (IRA)	$L_R = 5 \cdot 10^7 / C_a \cdot t^{0,25}$ per $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	L_R : [W/m ² sr] t: [secondi]	$C_a = \alpha$ per $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad		
l	780 – 1400 (IRA)	$L_R = 8,89 \cdot 10^8 / C_a$ per $t < 10 \mu s$	[W/m ² sr]	$C_a = 100$ per $\alpha > 100$ mrad (campo di vista per la misurazione: 11 mrad) $\lambda_1 = 780$ $\lambda_2 = 1400$		
m	780 – 3000 (IRA e IRB)	$E_{IR} = 18000 \cdot t^{-0,75}$ per $t < 1000$ s	E: [W/m ²] t: [secondi]		• occhio: ➤ cornea ➤ cristallino	ustione cornea catarattogenesi
n	780 – 3000 (IRA e IRB)	$E_{IR} = 100$ per $t > 1000$ s	[W/m ²]			
o	380 – 3000 (Visibile, IRA, IRB)	$H_{SKIN} = 20000 \cdot t^{0,25}$ per $t < 10$ s	H: [J/m ²] t: [secondi]		• cute	ustione

19

NOTE ALLA TABELLA 1.1

NOTA 1: l'intervallo di lunghezze d'onda 300 – 700 nm copre una parte degli 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 $t_{max} = 100/E_B$ dove E_B è espressa in Wm⁻². Considerati i movimenti dell'occhio durante i compiti visivi normali, questo valore non supera i 100 s.

20

I FATTORI DI CORREZIONE

Ove si debbano adottare, quali valori limite di riferimento, **grandezze “efficaci”** (H_{eff} , L_B , L_R), occorrerà tenere in considerazione anche i **fattori di peso/ponderazione spettrale**



$S(\lambda)$

$R(\lambda)$

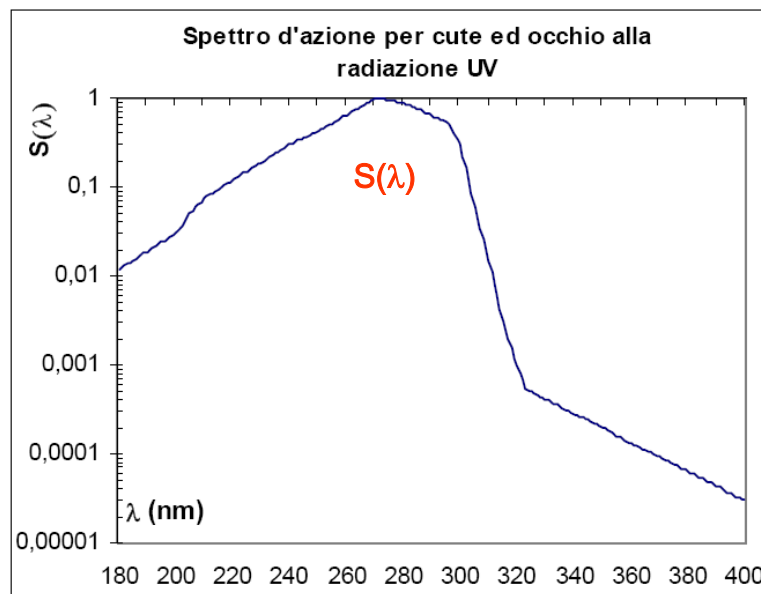
$B(\lambda)$

per mezzo dei quali si tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda degli effetti sulla salute delle radiazioni ottiche (**principali effetti noti agli occhi ed alla cute**).

I valori dei suddetti “fattori di ponderazione” vengono forniti dalle tabelle 1.2 ed 1.3.

21

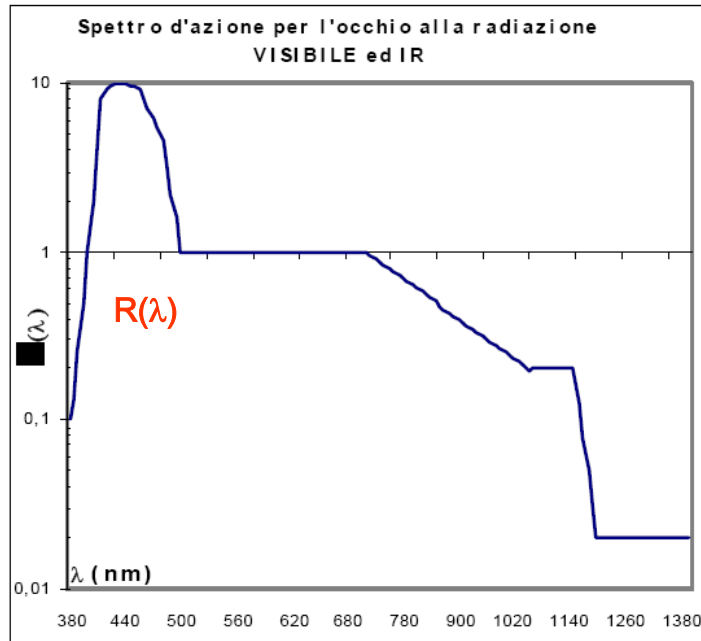
FATTORE DI PESO SPETTRALE $S(\lambda)$ - da 180 a 400 nm



Tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda dell'effetto biologico rappresentato dall'**eritema cutaneo**, nonché **fotokeratite**, **congiuntivite** e **catarattogenesi**

22

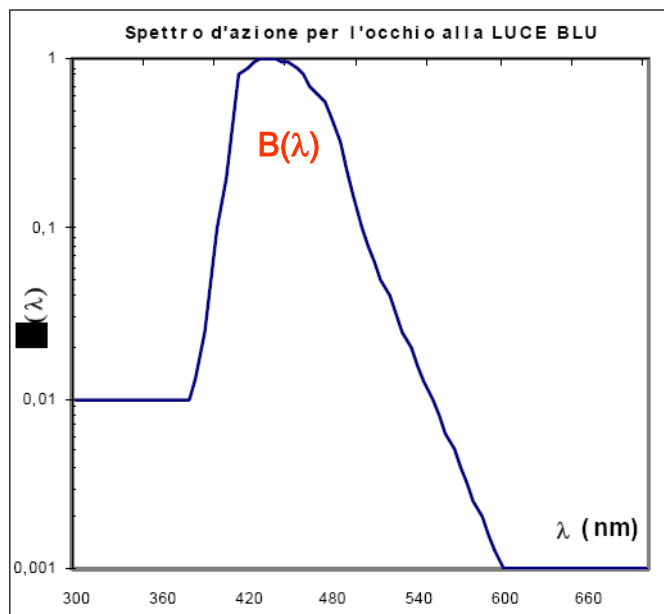
FATTORE DI PESO SPETTRALE $R(\lambda)$ - da 380 a 1400 nm



Tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda delle **lesioni termiche** provocate sull'occhio (danno termico retinico)

23

FATTORE DI PONDERAZIONE SPETTRALE $B(\lambda)$ - da 380 a 700 nm



Tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda della **lesione fotochimica** provocata all'occhio dalla luce blu

24

TABELLA 1.2
FATTORE DI PESO SPETTRALE $S(\lambda)$
PER λ COMPRESA FRA 180 E 400 nm

λ (nm)	$S(\lambda)$	λ (nm)	$S(\lambda)$	λ (nm)	$S(\lambda)$	λ (nm)	$S(\lambda)$	λ (nm)	$S(\lambda)$
180	0,0120	203	0,0412	228	0,1737	251	0,4465	276	0,9434
181	0,0126	204	0,0459	229	0,1819	252	0,4637	277	0,9272
182	0,0132	205	0,0510	230	0,1900	253	0,4815	278	0,9112
183	0,0138	206	0,0551	231	0,1995	254	0,5000	279	0,8954
184	0,0144	207	0,0595	232	0,2089	255	0,5200	280	0,8800
185	0,0151	208	0,0643	233	0,2188	256	0,5437	281	0,8568
186	0,0158	209	0,0694	234	0,2292	257	0,5685	282	0,8342
187	0,0166	210	0,0750	235	0,2400	258	0,5945	283	0,8122
188	0,0173	211	0,0786	236	0,2510	259	0,6216	284	0,7908
189	0,0181	212	0,0824	237	0,2624	260	0,6500	285	0,7700
190	0,0190	213	0,0864	238	0,2744	261	0,6792	286	0,7420
191	0,0199	214	0,0906	239	0,2869	262	0,7098	287	0,7151
192	0,0208	215	0,0950	240	0,3000	263	0,7417	288	0,6891
193	0,0218	216	0,0995	241	0,3111	264	0,7751	289	0,6641
194	0,0228	217	0,1043	242	0,3227	265	0,8100	290	0,6400
195	0,0239	218	0,1093	243	0,3347	266	0,8449	291	0,6186
196	0,0250	219	0,1145	244	0,3471	267	0,8812	292	0,5980
197	0,0262	220	0,1200	245	0,3600	268	0,9192	293	0,5780
198	0,0274	221	0,1257	246	0,3730	269	0,9587	294	0,5587
199	0,0287	222	0,1316	247	0,3865	270	1,0000	295	0,5400
200	0,0300	223	0,1378	248	0,4005	271	0,9919	296	0,4984
201	0,0334	224	0,1444	249	0,4150	272	0,9838	297	0,4600
202	0,0371	225	0,1500	250	0,4300	273	0,9758	298	0,3989
		226	0,1583			274	0,9679		
		227	0,1658			275	0,9600		

25

λ (nm)	$S(\lambda)$	λ (nm)	$S(\lambda)$	λ (nm)	$S(\lambda)$	λ (nm)	$S(\lambda)$	λ (nm)	$S(\lambda)$
299	0,3459	324	0,000520	347	0,000223	372	0,000086	395	0,000036
300	0,3000	325	0,000500	348	0,000215	373	0,000083	396	0,000035
301	0,2210	326	0,000479	349	0,000207	374	0,000080	397	0,000033
302	0,1629	327	0,000459	350	0,000200	375	0,000077	398	0,000032
303	0,1200	328	0,000440	351	0,000191	376	0,000074	399	0,000031
304	0,0849	329	0,000425	352	0,000183	377	0,000072	400	0,000030
305	0,0600	330	0,000410	353	0,000175	378	0,000069		
306	0,0454	331	0,000396	354	0,000167	379	0,000066		
307	0,0344	332	0,000383	355	0,000160	380	0,000064		
308	0,0260	333	0,000370	356	0,000153	381	0,000062		
309	0,0197	334	0,000355	357	0,000147	382	0,000059		
310	0,0150	335	0,000340	358	0,000141	383	0,000057		
311	0,0111	336	0,000327	359	0,000136	384	0,000055		
312	0,0081	337	0,000315	360	0,000130	385	0,000053		
313	0,0060	338	0,000303	361	0,000126	386	0,000051		
314	0,0042	339	0,000291	362	0,000122	387	0,000049		
315	0,0030	340	0,000280	363	0,000118	388	0,000047		
316	0,0024	341	0,000271	364	0,000114	389	0,000046		
317	0,0020	342	0,000263	365	0,000110	390	0,000044		
318	0,0016	343	0,000255	366	0,000106	391	0,000042		
319	0,0012	344	0,000248	367	0,000103	392	0,000041		
320	0,0010	345	0,000240	368	0,000099	393	0,000039		
321	0,000819	346	0,000231	369	0,000096	394	0,000037		
322	0,000670			370	0,000093				
323	0,000540			371	0,000090				

Vengono forniti valori differenti di $S(\lambda)$, ad intervalli regolari, corrispondenti a $\Delta\lambda = 1$

26

TABELLA 1.3
FATTORI DI PESO SPETTRALE $B(\lambda)$ E $R(\lambda)$
PER λ COMPRESA FRA 380 E 1400 nm

λ in nm	B (λ)	R (λ)
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	—
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9

27

λ in nm	B (λ)	R (λ)
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

28

Vengono forniti valori differenti di $B(\lambda)$ ed $R(\lambda)$, ad intervalli variabili, corrispondenti a:

$\Delta\lambda = 80$	per $300 \leq \lambda < 380$
$\Delta\lambda = 5$	per $380 \leq \lambda \leq 500$
$\Delta\lambda = 100$	per $500 < \lambda \leq 700$ e per $1050 < \lambda \leq 1150$
$\Delta\lambda = 350$	per $700 < \lambda \leq 1050$
$\Delta\lambda = 50$	per $1150 < \lambda \leq 1200$
$\Delta\lambda = 200$	per $1200 < \lambda \leq 1400$

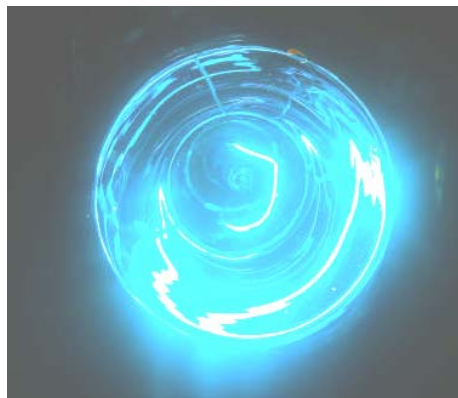


29

IL RIFERIMENTO ALLA LUCE BLU

Consideriamo la gamma di λ da 300 a 700 nm, che copre in parte gli UVB, tutti gli UVA e la maggior parte dalla luce visibile.

In questo range tutti i valori limite di esposizione tengono conto del fattore di ponderazione spettrale $B(\lambda)$. Si noti che i valori maggiori di $B(\lambda)$ si hanno a cavallo dei 400 nm (max a 435/440 nm), in relazione alla maggiore sensibilità (e quindi ai potenziali maggiori danni), a queste lunghezze d'onda, dell'apparato retinico dell'occhio. Essendo, la luce blu, caratterizzata da λ approssimativamente comprese fra 400 e 490 nm, ne deriva la denominazione del cosiddetto "rischio da luce blu".



30

VALORI LIMITE PER RADIAZIONI LASER (ROA COERENTI)



I valori limite di esposizione per le radiazioni incoerenti sono riportati [nell'allegato XXXVII, parte II, tabelle 2.2, 2.3, 2.4](#)

Essi sono espressi per mezzo delle seguenti grandezze fisiche:

E
V
L
E

GRANDEZZA	DEFINIZIONE	UNITA' DI MISURA
E	Irradianza	W/m^2
H	Esposizione radiante	J/m^2

31

Le suddette grandezze devono essere prese, di volta in volta, come riferimento ed assumono valori differenti (adottati quale valore limite, appunto) in funzione dei seguenti parametri:

PARAMETRO	DEFINIZIONE	UNITA' DI MISURA
λ	Lunghezza d'onda	nm
t	Tempo di esposizione	sec.
Apertura	Diametro di apertura del fascio	mm
Angolo sotteso	α	mrad

32

Data la variabilità dei casi, viene preliminarmente identificata una tabella (la [tabella 2.1 dell'allegato XXXVII](#)) per la scelta delle tabelle dei valori limite di riferimento

TABELLA 2.1

Lunghezza d'onda [nm]	Campo di Radiazione	Organo interessato	Rischio	Tabella dei valori limite di esposizione
da 180 a 400	UV	Occhio	Danno fotochimica 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 fotochimica	2.3
da 400 a 700	Visibile	Cute	Danno termico	2.4
da 700 a 1400	IRA	Occhio	Danno termico	2.2, 2.4
da 700 a 1400	IRA	Cute	Danno termico	2.4
da 1400 a 2600	IRB	Occhio	Danno termico	2.2
da 2600 a 10 ⁶	IRC	Occhio	Danno termico	2.2
da 1400 a 10 ⁶	IRB,IRC	Occhio	Danno termico	2.3
da 1400 a 10 ⁶	IRB,IRC	cute	Danno termico	2.4

33

In relazione, poi, alla durata dell'esposizione (breve o lunga) ed alla parte del corpo interessata dall'esposizione medesima, vengono proposte differenti tabelle riportanti i valori limite, secondo la seguente suddivisione:

VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE DELL'OCCHIO A RADIAZIONI LASER

(ESPOSIZIONE BREVE < 10 secondi)

TABELLA 2.2

VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE DELL'OCCHIO A RADIAZIONI LASER

(ESPOSIZIONE LUNGA > 10 secondi)

TABELLA 2.3

VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE DELLA CUTE A RADIAZIONI LASER

TABELLA 2.4

34

TABELLA 2.2
VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE DELL'OCCHIO A RADIAZIONI
LASER - DURATA DI ESPOSIZIONE BREVE < 10 s

Lunghezza d'onda* [nm]	Apertura	Durata [s]					
		10 ⁻¹² - 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ - 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ - 1,8·10 ⁻⁵	1,8·10 ⁻⁵ - 5·10 ⁻⁴	5·10 ⁻⁴ - 10 ⁻²
UVC	180 - 280	$E = 3 \cdot 10^{-10} \text{ [W/m}^2\text{]}$ Cfr nota (c)					
UVB	280 - 302						
	303						
	304						
	305						
	306						
	307						
	308						
	309						
	310						
	311						
	312						
	313						
	314						
UVA	315 - 400						
Visibile e IRA	400 - 700	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot C_a \cdot C_e \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot C_a \cdot C_e \text{ [J/m}^2\text{]}$	$[W/m^2]$ $H = 2,7 \cdot 10^{-4} \cdot t^{0,75} \cdot C_a \cdot C_e \text{ [J/m}^2\text{]}$	$H = 5 \cdot 10^{-3} \cdot C_a \cdot C_e \text{ [J/m}^2\text{]}$	$H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_a \cdot C_e \text{ [J/m}^2\text{]}$	$H = 5,6 \cdot 10^{-3} \cdot t^{0,25} \text{ [J/m}^2\text{]}$	$H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_a \cdot C_e \text{ [J/m}^2\text{]}$
IRB e IRC	1400 - 1500	$E = 10^{12} \text{ [W/m}^2\text{]}$ $E = 10^{13} \text{ [W/m}^2\text{]}$ $E = 10^{12} \text{ [W/m}^2\text{]}$ $E = 10^{11} \text{ [W/m}^2\text{]}$	Cfr. nota (c) Cfr. nota (c) Cfr. nota (c) Cfr. nota (c)	$H = 10^3 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 10^4 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 10^3 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 100 \text{ [J/m}^2\text{]}$	$H = 10^4 \text{ [J/m}^2\text{]}$	$H = 5600 \cdot t^{0,25}$ $H = 5600 \cdot t^{0,25}$	

Note:

- Se la lunghezza d'onda del laser è coperta da due limiti, si applica il più restrittivo.
- Se $400 \leq \lambda < 10^3 \text{ nm}$: apertura del diametro = 1 mm per $t \leq 0,3 \text{ s}$ e $1,5 \cdot t^{0,375} \text{ mm}$ per $0,3 \text{ s} < t < 10 \text{ s}$; se $10^3 \leq \lambda < 10^6 \text{ nm}$: apertura diametro = 11 mm.
- Per mancanza di dati a queste lunghezze di impulso, l'ICNIRP raccomanda di usare i limiti di irradianza per 1 ns.
- La tabella riporta i valori di singoli impulsi laser. In caso di impulsi multipli, le durate degli impulsi che rientrano in un intervallo T_{rep} (si veda tabella 2.6) devono essere sommate e il valore di tempo risultante deve essere usato per t nella formula: $5,6 \cdot 10^{-3} \cdot t^{0,25}$.

35

TABELLA 2.3
VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE DELL'OCCHIO A RADIAZIONI
LASER - DURATA DI ESPOSIZIONE LUNGA $\geq 10 \text{ s}$

Lunghezza d'onda* [nm]	Apertura	Durata [s]		
		10 - 10 ²	10 ² - 10 ⁴	10 ⁴ - 3·10 ⁴
UVC	180 - 280	$H = 30 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 40 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 60 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 100 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 160 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 250 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 400 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 630 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 1000 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 1600 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 2500 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 4000 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 6300 \text{ [J/m}^2\text{]}$ $H = 10^4 \text{ [J/m}^2\text{]}$		
UVB	280 - 302			
	303			
	304			
	305			
	306			
	307			
	308			
	309			
	310			
	311			
	312			
	313			
	314			
UVA	315 - 400			
Visibile	400 - 600	$H = 100 \cdot C_a \cdot C_e \text{ [J/m}^2\text{]}$ $(\gamma = 11 \text{ mrad})$ - cfr. nota d	$E = 1 \cdot C_a \text{ [W/m}^2\text{]}$ $(\gamma = 1,1 \cdot t^{0,5} \text{ mrad})$ - cfr. nota d	$E = 1 \cdot C_a \text{ [W/m}^2\text{]}$ $(\gamma = 110 \text{ mrad})$ - cfr. nota d
IRA	400 - 700	Danno fotochimico (Cfr. Nota b) Danno alla retina	Se $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ allora $E = 10 \text{ [W/m}^2\text{]}$ Se $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ e $t \leq T_2$ allora $H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_a \cdot C_e \text{ [J/m}^2\text{]}$ Se $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ e $t > T_2$ allora $E = 18 \cdot t^{-0,25} \cdot C_a \cdot C_e \text{ [W/m}^2\text{]}$	
IRB e IRC	700 - 1400	Danno fotochimico (Cfr. Nota b) Danno alla retina	Se $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ allora $E = 10 \cdot C_a \cdot C_e \text{ [W/m}^2\text{]}$ Se $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ e $t \leq T_2$ allora $H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_a \cdot C_e \cdot C_e \text{ [J/m}^2\text{]}$ Se $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ e $t > T_2$ allora $E = 18 \cdot t^{-0,25} \cdot C_a \cdot C_e \cdot C_e \text{ [W/m}^2\text{]}$ (non superare 1000 W/m ²)	
	1400 - 10 ⁶	Cfr. nota (c)	$E = 1000 \text{ [W/m}^2\text{]}$	
	2600 - 10 ⁶	Cfr. nota (c)		

NOTE

- Se la lunghezza d'onda del laser è coperta da due limiti, si applica il più restrittivo.
- Per sorgenti che sottendono un angolo di 1,5 mrad o inferiore, i doppi valori limiti nella tabella 2.5. Il limite di rischio fotochimica per la retina può anche essere espressa come radianza integrata nel tempo $G = 10^5 C_a \text{ [J/m}^2 \text{ sr]}$ per $t > 10 \text{ s}$ fino a $t = 10000 \text{ s}$ e $L = 100 C_a \text{ [J/m}^2 \text{ sr]}$ per $t > 10000 \text{ s}$. Per la misurazione di G e di L , γ_n deve essere usato come campo di vista medio: il confine ufficiale tra visibile ed 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 dell'utente. (Il simbolo G è usato dal CEN; il simbolo L dalla CIE e il simbolo L_d dall'IEC e dal CENELEC)
- Per lunghezze d'onda 1400 - nm: apertura diametro = 3,5 mm; per lunghezze d'onda 10² - 10⁴: apertura diametro = 11 mm.
- Per la misurazione del valore di esposizione γ è così definita: se α (angolo sotteso da una sorgente) $> \gamma$ (angolo del cono di delimitazione, indicato tra parentesi nella colonna corrispondente) allora il campo di vista di misurazione γ_m dovrebbe essere il valore dato di γ (se si utilizza un valore superiore del campo di vista il rischio risulta sovrastimato). Se $\alpha < \gamma$ 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 .

36

TABELLA 2.4
VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE DELLA CUTE A
RADIAZIONI LASER

Lunghezza d'onda ^a [nm]		Apertura	Durata [s]						
			<10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ -10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ -10 ⁻³	10 ⁻³ -10 ¹	10 ¹ -10 ³	10 ³ -3·10 ⁴	
UV (A,B,C)	180 – 400	3,5 mm	E = 3 · 10 ⁻¹⁰ [W/m ²]	Come i limiti di esposizione per l'occhio					
Visibile e IRA	400 - 700	3,5 mm	E = 3 · 10 ⁻¹⁰ [W/m ²]	H= 200·C _A [J/m ²]	H = 1,1 · 10 ⁴ · t ^{0,25} · C _A [J/m ²]		E = 2 · 10 ⁻³ · C _A [W/m ²]		
	700 - 1400		E = 2 · 10 ⁻¹¹ ·C _A [W/m ²]						
IRB E IRC	1400 - 1500		E = 10 ¹² [W/m ²]	Come i limiti di esposizione per l'occhio					
	1500 - 1800		E = 10 ¹³ [W/m ²]						
	1800 - 2600		E = 10 ¹² [W/m ²]						
	2600 – 10 ⁶		E = 10 ¹¹ [W/m ²]						

Note: Se la lunghezza d'onda del laser è coperta da due limiti, si applica il più restrittivo

37

Entrano in gioco, in tutte le tabelle precedenti, i seguenti fattori correttivi, corrispondenti a coefficienti numerici, quali parametri elencati da ICNIRP e variabili in funzione della lunghezza d'onda (λ) e dell'angolo sotteso (α):

TABELLA 2.5
FATTORI DI CORREZIONE APPLICATI
ED ALTRI PARAMETRI DI CALCOLO

Parametri elencati da ICNIRP	Regione spettrale valida (nm)	Valore o descrizione
C _A	$\lambda < 700$	C _A = 1,0
	700 - 1050	C _A = 10 ^{0,002(λ-700)}
	1050 - 1400	C _A = 5,0
C _B	400 - 450	C _B = 1,0
	450 - 700	C _B = 10 ^{0,02(λ-450)}
C _C	700 - 1150	C _C = 1,0
	1150 - 1200	C _C = 10 ^{0,018(λ-1150)}
	1200 - 1400	C _C = 8,0
T ₁	$\lambda < 450$	T ₁ = 10 s
	450 - 500	T ₁ = 10 · [10 ^{0,02(λ-450)}]
	$\lambda > 500$	T ₁ = 100 s

38

Parametri elencati da ICNIRP	Valido per effetto biologico	Valore o descrizione
α_{min}	tutti gli effetti termici	$\alpha_{min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parametri elencati da ICNIRP	Intervallo angolare valido (mrad)	Valore o descrizione
CE	$\alpha < \alpha_{min}$	$CE = 1,0$
	$\alpha_{min} < \alpha < 100$	$CE = \alpha / \alpha_{min}$
	$\alpha > 100$	$CE = \alpha^2 / (\alpha_{min} \cdot \alpha_{max})$ 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 ICNIRP	Intervallo angolare valido (mrad)	Valore o descrizione
γ	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$

39

TABELLA 2.6 CORREZIONE PER ESPOSIZIONI RIPETUTE

Ulteriori fattori di correzione vengono proposti ove si verifichino esposizioni ripetute derivanti da sistemi laser a impulsi ripetitivi o a scansione. In tal caso viene richiesto di applicare le seguenti norme generali:

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 sottogruppo di un treno di impulsi) che si verifica in un tempo t , non supera il valore limite di esposizione per il tempo t

40

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 verificano in meno di T_{min} sono trattati come singoli impulsi

Parametri elencati da ICNIRP	Regione spettrale valida (nm)	Valore o descrizione
T_{min}	$315 < \lambda < 450$	$T_{min} = 10^{-9} \text{ s } (=1 \text{ ns})$
	$400 < \lambda < 1050$	$T_{min} = 18 \cdot 10^{-9} \text{ s } (=18 \text{ } \mu\text{s})$
	$1050 < \lambda < 1400$	$T_{min} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ s } (=50 \text{ } \mu\text{s})$
	$1400 < \lambda < 1500$	$T_{min} = 10^{-3} \text{ s } (=1 \text{ ms})$
	$1500 < \lambda < 1800$	$T_{min} = 10 \text{ s}$
	$1800 < \lambda < 2600$	$T_{min} = 10^{-3} \text{ s } (=1 \text{ ms})$
	$2600 < \lambda < 10^6$	$T_{min} = 10^{-7} \text{ s } (=100 \text{ ns})$

41

INCERTEZZA DELLE MISURE

L'incertezza associata alle misure dipende:

- dalle componenti strumentali
- dalle incertezze nel posizionamento della sonda rispetto alla reale distanza di osservazione della sorgente.
- dalla presenza di componenti spettrali "spurie", ossia che non corrispondono allo spettro realmente misurato e devono pertanto essere eliminate dal calcolo (il problema delle componenti spurie è particolarmente rilevante, ad esempio, quando si vogliono misurare fenomeni, cosiddetti "transienti", come le scariche di saldatura, relativi a picchi di corrente elettrica di breve durata che si manifesta in un circuito al variare improvviso delle condizioni di funzionamento).

42

VALORE ATTRIBUITO ALL'INCERTEZZA

Complessivamente si può assumere un'incertezza del 15% sui risultati delle misure.

La norma UNI EN 14255 (parte 1 e 2) prevede che l'incertezza possa assumere i seguenti valori massimi:

Max 30% del valore misurato, ove il dato debba essere confrontato con valori limite di esposizione

Max 50% del valore misurato, nel caso si effettuino misure di controllo.

L'incertezza di un metodo di misura viene definita dalle norme UNI CEI EMV 13005

43

MODALITA' DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

In relazione ai valori di ROA, rilevati strumentalmente per ogni sorgente, nonché alla loro correlazione diretta (ovvero delle grandezze da essi derivate) con i rispettivi valori limite di esposizione (cfr. allegato XXXVII), si propone la seguente modalità di valutazione del rischio da esposizione a ROA.

I criteri utilizzati tengono conto di esigenze di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori, anche in considerazione del fatto che i valori misurati (ove disponibili) vengono comparati ai valori limite di esposizione e non già ai valori di azione (in tal caso non previsti dalla norma), come avviene per gli altri rischi fisici (rumore, vibrazioni, CEM).

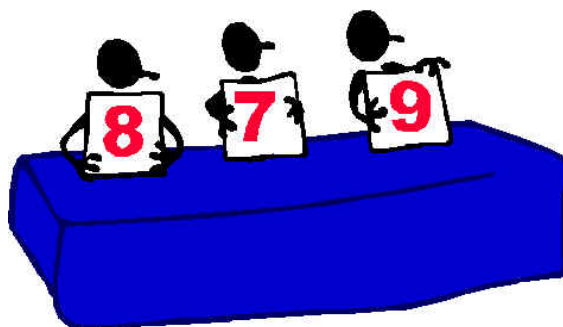
44

Vengono proposte le seguenti scale di valutazione, tutte a quattro classi di rischio:

Scala di valutazione del rischio ROA INCOERENTI – metodo “misurato” e “stimato”
(acquisizione di dati e valori comparabili con i VLE)

Scala di valutazione del rischio LASER – metodo “misurato”
(acquisizione di dati e valori comparabili con i VLE)

Scala di valutazione del rischio LASER – metodo “stimato”
(disponibilità della classificazione del LASER)



SCALA DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO ROA INCOERENTI		
ENTITA' DEL RISCHIO	% DEL VALORE LIMITE	CLASSE DI RISCHIO
Rischio Basso	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni) è $< 50\%$ del rispettivo valore limite di esposizione.	RISCHIO TRASCURABILE
Rischio Medio	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni) è $\geq 50\%$ e $< 100\%$ del rispettivo valore limite di esposizione.	
Rischio Alto	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni) è $\geq 100\%$ e $< 200\%$ del rispettivo valore limite di esposizione.	RISCHIO NON TRASCURABILE
Rischio Molto Alto	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni) è $\geq 200\%$ del rispettivo valore limite di esposizione.	

SCALA DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO LASER – METODO MISURATO		
ENTITA' DEL RISCHIO	% DEL VALORE LIMITE	CLASSE DI RISCHIO
Rischio Basso	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni) non supera il valore limite di esposizione.	RISCHIO TRASCURABILE
Rischio Medio	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni) supera non più di 2 volte il valore limite di esposizione per l'occhio.	
Rischio Alto	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni) supera di almeno 2 volte il valore limite di esposizione per l'occhio.	RISCHIO NON TRASCURABILE
Rischio Molto Alto	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni) supera il valore limite di esposizione per l'occhio e per la cute.	

47

SCALA DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO LASER – METODO STIMATO (BASATO SULLA CLASSIFICAZIONE DEI LASER)		
CLASSE DI APPARTENENZA DEL LASER	ENTITA' DEL RISCHIO	CLASSE DI RISCHIO
Classe 1	BASSO	RISCHIO TRASCURABILE
Classe 2 Classe 1M Classe 2M Classe 3A	MEDIO	
Classe 3R Classe 3B	ALTO	RISCHIO NON TRASCURABILE
Classe 4	MOLTO ALTO	

Si noti che se il raggio non intercetta mai (né occasionalmente, né accidentalmente) l'occhio o la cute, i valori limite sono rispettati anche in presenza di laser di classe 1M, 2M, 3A, 3R, 3B e 4.

Contrariamente, quando sono presenti laser di elevata potenza all'interno di sistemi laser classificati anche come non pericolosi, poiché racchiusi da barriere e sistemi di protezione adeguati, bisogna tenere presente che nel momento in cui si accede, superando le protezioni, alle aree prossime alla sorgente, ad es. per operazioni di manutenzione, pulitura, allineamento delle ottiche, il lavoratore si trova di fronte ad una sorgente di classe più elevata e la valutazione del rischio per tali lavoratori deve necessariamente tenere conto di tale evenienza.

Ai laser di classe 2 è stato attribuito un rischio medio in via cautelativa, nonostante la protezione dell'occhio sia normalmente garantita dalle reazioni di difesa, compreso il riflesso palpebrale. Questa reazione può essere prevista per fornire una protezione adeguata nelle condizioni di funzionamento prevedibili, compreso l'uso di strumenti ottici per la visione diretta del fascio.

48

Qualora sia necessario adottare, per una stessa sorgente, più valori limite di esposizione, si terrà conto, al fine della valutazione del rischio, del risultato peggiore (sia esso misurato, che calcolato a partire dai dati di misura).

Qualora si debbano effettuare, per una stessa sorgente, più misurazioni (in corrispondenza di differenti punti di osservazione), si adotterà, al fine della valutazione del rischio, la misurazione che ha fornito i valori peggiori (tenendo conto dell'osservazione precedente).

In taluni casi potrebbe essere necessario effettuare più misurazioni della stessa sorgente, in relazione alla esposizione di soggetti differenti alla sorgente medesima. In tal caso, il criterio espresso deve essere applicato e ripetuto per ogni singolo soggetto esposto.

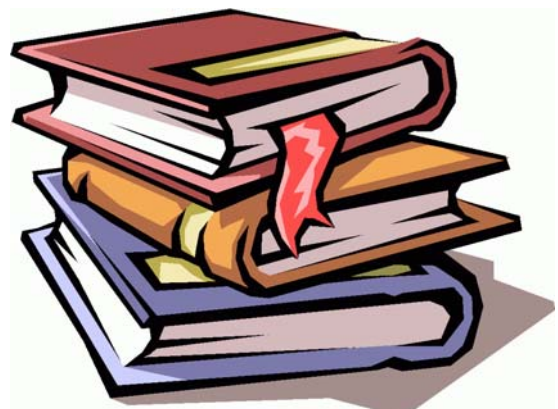
49

STRUTTURA DELLA VALUTAZIONE PARTICOLAREGGIATA DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE A ROA

Si propone, di seguito, un esempio di prospetto riepilogativo degli elementi costituenti una valutazione particolareggiata del rischio da esposizione a radiazioni ottiche artificiali.

1 - RELAZIONE TECNICA

contenuti minimi previsti dalla norma [UNI EN 14255-1](#) e [14255-2](#)



50

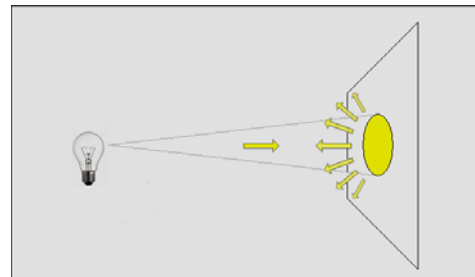
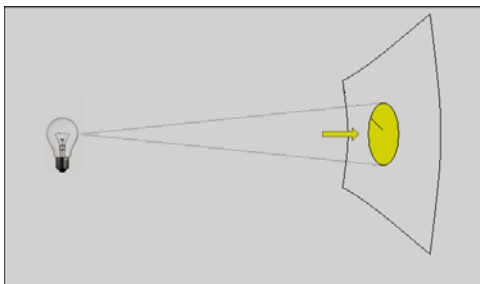
2 – VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE A ROA

- Algoritmi utilizzati per l'elaborazione dei dati
- Valori valutati (dichiarati dal fabbricante, calcolati, misurati)
- Incertezze associate ai valori valutati
- Eventuali risultati ed analisi relative ad ambienti/condizioni/presenza di rischi per la sicurezza
- Identificazione dei soggetti esposti
- Modalità di valutazione dei rischi
- Valori limite di esposizione adottati
- Definizione dei livelli di rischio
- Quadro riepilogativo delle mansioni e delle esposizioni, con identificazione delle specifiche situazioni ove si sia verificato il superamento del VLE
- Misure di prevenzione e protezione di carattere tecnico, organizzativo e procedurale
- Dispositivi di protezione individuale
- Segnaletica di sicurezza

51

CORRELAZIONE FRA IRRADIANZA "E" e RADIANZA "L"

Fra le grandezze utilizzate per la definizione dei valori limite di esposizione, si evidenzia la presenza del fattore "L", che esprime la **radianza**, vale a dire il flusso radiante, o potenza radiante, per unità di angolo solido, per unità di superficie ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$). Quindi, il fattore determinante attraverso il quale possono essere correlati "L" ed "E" (valore dato dallo strumento di misura) risulta essere l'**angolo solido** Ω , ossia l'angolo sotto il quale viene osservata la sorgente (espresso in **steradiani "sr"**).

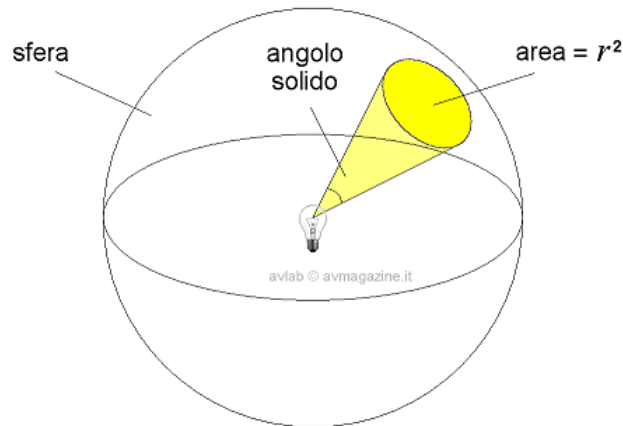


$$\Omega = S / r^2 \text{ (sr)}$$

52

Al fine della definizione dell'**angolo solido Ω** , occorre conoscere la **superficie (S)** di osservazione e la **distanza (r)** della stessa dalla sorgente, utilizzando poi la seguente formula:

$$\Omega = S / r^2 \text{ (sr)}$$



53

A questo punto è possibile esprimere la radianza "**L**" come rapporto fra l'irradianza "**E**" e l'angolo solido sotto il quale viene osservata la sorgente, mediante la relazione:

$$E_{\lambda}(\lambda, t) = L_{\lambda}(\lambda, t) \times \Omega$$

$$L_{\lambda}(\lambda, t) = E_{\lambda}(\lambda, t) / \Omega \quad (\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1})$$

In fase di effettuazione delle misure con spettro radiometro con sensori ad array, il cavo in fibra ottica utilizzato quale sensore ha una superficie nota (che, per comodità, si assume pari a 4 mm², corrispondenti a 4 10⁻⁶ m²).

Sostituendo questo valore (costante) nella formula, otteniamo:

$$\Omega = 4 \cdot 10^{-6} / r^2 \quad (\text{sr})$$

e, conseguentemente:

$$L_{\lambda}(\lambda, t) = E_{\lambda}(\lambda, t) / 4 \cdot 10^{-6} r^2 \quad (\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1})$$

54

1

**ESEMPIO PRATICO DI:
VAUTAZIONE DEL RISCHIO DA ROA INCOERENTI
CON IL SOLO ESAME PRELIMINARE**

55

ESAME PRELIMINARE

Da una accurata raccolta di tutte le informazioni disponibili sulla sorgente artificiale di radiazioni ottiche e sulla possibile esposizione del personale, può derivare la decisione di **non effettuare misure strumentali**.

In questa fase, se è noto che l'irradianza è trascurabile (sicuro rispetto dei valori limite = rischio basso), ovvero estremamente elevata (superamento del valore limite = rischio elevato), può essere evitata una valutazione particolareggiata con misurazioni strumentali.

1 - Nel caso in cui le sorgenti prese in esame possano essere definite "trascurabili", ovvero che l'esposizione del personale sia minima, può risultare impossibile, per un lavoratore, superare i limiti di esposizione.

2 - Al contrario, dove le emissioni sono significative e/o la permanenza è prolungata, è possibile che i limiti possano essere superati e che qualche forma di protezione debba essere adottata.

Rientrano nella casistica definita al punto 1, tutte le situazioni "giustificabili", per le quali non si rende necessaria una valutazione più dettagliata, come previsto nell'articolo 181, comma 3 del D.Lgs. 81/2008.

56

L'analisi preliminare richiede sempre il censimento di ogni sorgente di radiazioni ottiche artificiali.

Tutte le apparecchiature (macchine) che emettono ROA classificate nella categoria 0, sono giustificabili.

Sono equiparate alla categoria 0 le sorgenti classificate nel gruppo "esente" dalla norma CEI EN 62471:2009 per le lampade o i sistemi di lampade (illuminazione standard per uso domestico e di ufficio, monitor PC, display, fotocopiatrici, lampade e cartelli di segnalazione, etc.)

SCALA DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER SORGENTI "GIUSTIFICABILI"		
CLASSIFICAZIONE DELLA SORGENTE ROA INCOERENTE	SORGENTE GIUSTIFICABILE	ENTITA' DEL RISCHIO
Classe 0	SI	RISCHIO BASSO
Gruppo Esente	SI	RISCHIO BASSO
Sorgenti analoghe alle precedenti, anche in assenza della classificazione, nelle corrette condizioni di impiego	SI	RISCHIO BASSO

57

Se le sorgenti **NON** sono giustificabili, la valutazione può essere approfondita, anche senza misurazioni, quando si è in possesso di dati tecnici forniti dal fabbricante (compresa la classificazione delle sorgenti o delle macchine secondo le norme tecniche pertinenti), o di dati di letteratura scientifica o di dati riferiti a situazioni espositive analoghe, che possano definire una possibilità molto alta di sovraesposizione.

Citiamo, a questo proposito, le saldatrici ad arco (escluse quelle a gas), dove è noto che, con qualsiasi corrente di saldatura e su

qualsiasi supporto, i tempi per cui si raggiunge una sovraesposizione (superamento del valore limite, per il danno termico retinico), per il lavoratore addetto, risultano dell'ordine delle decine di secondi, a distanza di circa un metro dall'arco. Anche le persone presenti e di passaggio potrebbero essere sovraesposte, in assenza di adeguate precauzioni tecnico organizzative.



58

2

**ESEMPIO PRATICO DI:
VAUTAZIONE DEL RISCHIO DA ROA INCOERENTI
SENZA EFFETTUAZIONE DI MISURE STRUMENTALI**

59

Si procede ad una valutazione **senza misure strumentali** che, attraverso calcoli matematici più o meno complessi, permette di stabilire se i valori limite sono rispettati o superati. Si ritiene che la “stima” del rischio possa essere maggiormente soggetta ad errore.

1 – DATI DISPONIBILI E CONDIZIONI OPERATIVE

Tipo di sorgente monitorata:	lampada a luce blu
Potenza della lampada:	$P = 60 \text{ W}$
Range di operatività della lampada:	λ compresa fra 315 e 400 nm
Diametro della sorgente:	$D = 2 \text{ cm}$
Distanza dell'osservatore dalla sorgente:	$r = 250 \text{ cm}$
Tempo di esposizione:	$t = 60 \text{ s}$ (la lampada non è entro il campo visivo dell'operatore e la sua intercettazione è pertanto estremamente limitata)
Angolo φ :	$\varphi = 0^\circ$ (corrispondente ad un irraggiamento a 360° e visione frontale)
Angolo sotteso (visione frontale):	$\alpha = D \cos \varphi / r = 0,02 \times 1 / 2,5 = 0,008 \text{ rad} = 8 \text{ mrad}$

60

La grandezza ricavabile dai dati tecnici risulta essere l'irradianza "E" (W/m²), attraverso la determinazione della superficie della ipotetica sfera di raggio r:

$$S = 4 \pi r^2 = 4 \pi 2,5^2 = 78,5 \text{ m}^2$$

da cui

$$E = P/S = 60 \text{ W} / 78,5 \text{ m}^2 = 0,76 \text{ W/m}^2$$

2 - DEFINIZIONE DEI VALORI LIMITE DA CONSIDERARE, IN RELAZIONE AI DATI DISPONIBILI

Non essendo disponibili altri dati di misura (utili, ad esempio, per la determinazione dell'angolo solido), l'unica grandezza utilizzabile quale valore limite di esposizione risulta essere l'irradianza efficace E_B (scelta peraltro giustificata da t<10000 s ed α<11 mrad), che in tali condizioni assume il seguente valore:

$$E_B = 100 / t = 100 / 60 = 1,66 \text{ W/m}^2$$

Non è tuttavia possibile tenere in considerazione il fattore di ponderazione spettrale B(λ), dato correlabile unicamente ai valori misurati di irradianza spettrale Eλ

61

3 – CONFRONTO DEI RISULTATI CON I VALORI LIMITE

λ DI RIFERIMENTO (nm)	GRANDEZZA	VALORE STIMATO	VALORE LIMITE	% RISPETTO AL VALORE LIMITE	ENTITA' DEL RISCHIO
300 - 700	E _B (W/m ²)	0,76	1,66	45,78%	BASSO

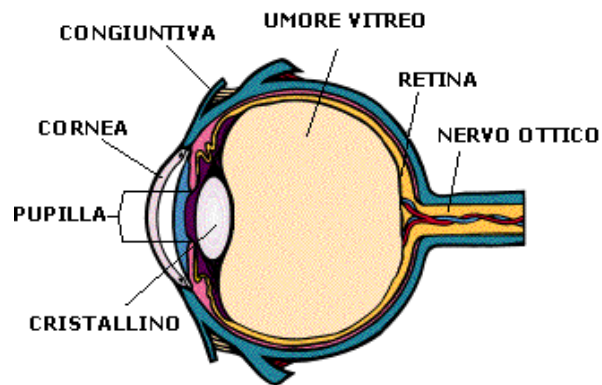
Si evidenzia che nel dato stimato non è possibile tenere in considerazione il fattore di ponderazione spettrale B(λ), dato correlabile unicamente ai valori misurati di irradianza spettrale Eλ.

Al suddetto dato stimato non è inoltre possibile attribuire alcuna incertezza.

62

4 – CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti si definisce un livello di rischio medio, per gli addetti esposti alle ROA emesse da lampada in esame, nelle condizioni operative indicate al punto 1. L'esposizione comporta prevalentemente rischi per la retina dell'occhio, da luce blu, con possibilità di fotoretinite a carico della stessa.



63

3

ESEMPIO PRATICO DI:

**VAUTAZIONE DEL RISCHIO DA ROA INCOERENTI
CON EFFETTUAZIONE DI MISURE STRUMENTALI**

64

DESCRIZIONE DELLA POSTAZIONE MONITORATA:

Esecuzione di prove non distruttive basate sulla fluorescenza. La situazione specifica prevede che l'addetto ricerchi difetti superficiali nei pezzi lavorati, illuminandoli con luce ultravioletta nella regione UVA (lampada di WOOD, con diametro della lampada pari a 10 cm), operante quindi in un range di lunghezze d'onda da 315 a 400 nm (dati forniti dal costruttore).

La misura viene effettuata nella condizione peggiore, vale a dire ipotizzando una distanza di 40 cm quale distanza di osservazione diretta della lampada e tempo di esposizione di 3 ore al giorno (quindi $t > 10000$ s).

La visione, da parte dell'operatore, è frontale.

65

1 – DATI DISPONIBILI E CONDIZIONI OPERATIVE

Range di operatività della lampada	λ compresa fra 315 e 400 nm
Diametro della sorgente	$D = 10$ cm
Distanza dell'osservatore dalla sorgente	$r = 40$ cm
Tempo di esposizione	$t = 10800$ s
Angolo φ	$\varphi = 0^\circ$
Angolo sotteso (visione frontale)	$\alpha = D \cos \varphi / r = 0,1 \times 1 / 0,4 = 0,25$ rad = 250 mrad

66

2 - DEFINIZIONE DEI VALORI LIMITE DA CONSIDERARE, IN RELAZIONE AI DATI DISPONIBILI

In relazione al range di operatività della lampada, i valori limite da considerare sono relativi ai seguenti intervalli di lunghezze d'onda, espressi in nm:

180 – 400 con valore limite di esposizione unico, fissato in $H_{eff} = 30 \text{ J/m}^2$
(come valore giornaliero su 8 ore).

315 – 400 (UVA) con valore limite di esposizione unico, fissato in $H_{UVA} = 104 \text{ J/m}^2$ (come valore giornaliero su 8 ore)

300 – 700 (luce blu) con valore limite di esposizione pari a $L_B = 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$
(condizionato da: $t > 10000 \text{ sec}$; $\alpha > 11 \text{ mrad}$)

380 – 1400 con valore limite di esposizione pari a:
 $L_R = 2,8 \cdot 10^7 / Ca \text{ (W m}^{-2} \text{ sr}^{-1})$
 $L_R = 2,8 \cdot 10^7 / 100 \text{ (W m}^{-2} \text{ sr}^{-1})$
 $L_R = 2,8 \cdot 10^5 \text{ (W m}^{-2} \text{ sr}^{-1})$
(condizionato da: $t > 10 \text{ sec}$; $\alpha > 100 \text{ mrad}$ e conseguentemente $Ca = 100$)

67

3 – DATI DERIVANTI DALLE MISURAZIONI EFFETTUATE

Lo strumento di misura ci fornirà una serie di irradianze spettrali E_λ , significative nell'intervallo di lunghezze d'onda corrispondente al range di operatività della lampada (315 – 400 nm)

$\lambda \text{ (nm)}$	$E_\lambda \text{ (W m}^{-2} \text{ nm}^{-1})$
315	0.1681E01
316	0.6316E01
317	0.8143E01
318	0.7048E01
319	0.3624E01
320	0.8679E01
321	1.3157E01
322	1.2969E01
323	1.1952E01
324	1.7822E01
325	1.8942E01
.....	
400	2.4532E01

68

4 – ELABORAZIONE MATEMATICA DEI DATI DI MISURA

Il passo successivo consiste nel selezionare gli intervalli rientranti entro le bande di lunghezze d'onda specifiche di ogni valore limite adottato e calcolare le grandezze richieste, comprensive, ove necessario, dei fattori di ponderazione (tabellati). Per mezzo delle seguenti formule si ottengono i risultati richiesti:

$$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=315}^{\lambda=400} E_{\lambda}(\lambda, t) S(\lambda) d\lambda dt = 9,3 \cdot 10^{-3} \text{ J/m}^2$$

$$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315}^{\lambda=400} E_{\lambda}(\lambda, t) d\lambda dt = 5,6 \text{ J/m}^2$$

$$L_B = \int_{\lambda=315}^{\lambda=400} L_{\lambda}(\lambda) B(\lambda) d\lambda = 32 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

$$L_R = \int_{\lambda=380}^{\lambda=400} L_{\lambda}(\lambda) R(\lambda) d\lambda = 439 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

69

5 – ATTRIBUZIONE DELLA INCERTEZZA DI MISURA

Ad ogni misura viene attribuita una incertezza pari al 15% del valore ottenuto.

I dati assumono i seguenti valori finali:

$$H_{\text{eff}} = 9,3 \cdot 10^{-3} + 15\% = 10,7 \cdot 10^{-3} \text{ J/m}^2 \quad \text{esposizione radiante}$$

$$H_{\text{UVA}} = 5,6 + 15\% = 6,44 \text{ J/m}^2 \quad \text{esposizione radiante}$$

$$L_B = 32 + 15\% = 36,8 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \quad \text{radianza}$$

$$L_R = 439 + 15\% = 504,85 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \quad \text{radianza}$$

70

6 – CONFRONTO DEI RISULTATI CON I VALORI LIMITE

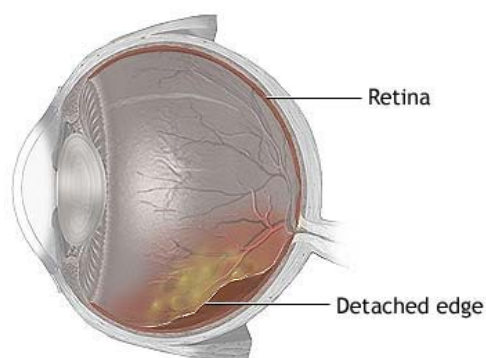
λ DI RIFERIMENTO (nm)	GRANDEZZA	VALORE MISURATO	VALORE LIMITE	% RISPETTO AL VALORE LIMITE	ENTITA' DEL RISCHIO
315 - 400	H_{ef} (J/m ²)	$10,7 \cdot 10^{-3}$	30	0,03%	BASSO
315 - 400	H_{UVA} (J/m ²)	6,44	10^4	0,06%	BASSO
315 - 400	L_B (W m ⁻² sr ⁻¹)	36,8	100	36,8%	BASSO
380 - 400	L_R (W m ⁻² sr ⁻¹)	504,85	280000	0,18	BASSO

71

7 – CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti si definisce un livello di rischio medio, per gli addetti esposti alle ROA emesse da lampada di Wood, nelle condizioni operative indicate al punto 1.

L'esposizione comporta prevalentemente rischi per la **retina dell'occhio**, da luce blu, con possibilità di **fotoretinite** a carico della stessa.



72

MANSIONE xx: addetto					
Individuazione del fattore di rischio	Presente SI/NO	Valutazione del rischio			
		1 Basso	2 Medio	3 Alto	4 Molto alto
Fattori di rischio per la sicurezza dei lavoratori					
Scivolamento, caduta a livello					
Caduta dall'alto					
Lavori in quota (H > 2m)					
Caduta di materiale dall'alto					
Urti, colpi, impatti, compressioni					
Punture, tagli, abrasioni, ustioni					
Cesoiamento, stritolamento					
Getti e schizzi / proiezioni di materiali					
Seppellimento					
Annegamento					
Investimento / incidente stradale					
Incendio					
Esplosione (rischio ATEX)					
Scoppio					
Elettrocuzione					
Chimico per la sicurezza					
Fattori di rischio per la salute, di tipo fisico					
Rumore					
Vibrazioni mano braccio					
Vibrazioni corpo intero					
CEM (radiazioni non ionizzanti)					
Radiazioni ottiche artificiali (ROA)	SI	X			
Radiazioni ionizzanti / radon					
Microclima termico					
Fattori di rischio per la salute, di tipo chimico					
Agenti chimici (rischio stimato)					
Agenti chimici (rischio misurato)					
Agenti cancerogeni e mutageni					
Amianto					
Fattori di rischio per la salute, di tipo biologico					
Agenti biologici					
Fattori di rischio per la salute, di tipo organizzativo					
Movimentazione manuale dei carichi					
Movimenti ripetuti (CTD)					
Attrezzature munite di videoterminale					
Stress lavoro-correlato					



73

IL PROGRAMMA DELLE MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

74



RISCHIO	AZIONE
Basso	Non sono strettamente necessarie misure di prevenzione e protezione al fine della riduzione del livello di rischio, poiché quelle in atto possono ritenersi sufficienti; la situazione è ritenuta accettabile.
Medio	Occorre programmare nel medio periodo misure di prevenzione e protezione di tipo organizzativo e procedurale al fine della riduzione del livello di rischio; nello specifico si ritiene opportuno intraprendere un'attività di informazione e formazione del personale, in particolare in merito alle attività di manutenzione delle apparecchiature individuate come sorgenti emissive di radiazioni ottiche.
Alto	Occorre programmare nel breve periodo misure di prevenzione e protezione di tipo tecnico, organizzativo e procedurale al fine della riduzione del livello di rischio; nello specifico occorre intraprendere un'attività di informazione e formazione di tutto il personale, con coinvolgimento diretto del medico competente.
Molto Alto	Occorre programmare in modo immediato misure di prevenzione e protezione di tipo tecnico, organizzativo e procedurale al fine della riduzione del livello di rischio. Nello specifico, il datore di lavoro elabora ed applica un programma d'azione che comprenda misure tecniche ed organizzative intese a prevenire esposizioni superiori al valore limite, tenendo conto in particolare di altri metodi di lavoro che implicino una minore esposizione a radiazioni ottiche artificiali, della scelta di attrezzature che emettano radiazioni ottiche di intensità inferiore, delle misure tecniche per ridurre l'emissione delle radiazioni ottiche, incluso, se necessario, l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o di analoghi meccanismi di protezione della salute, degli appropriati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro, della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro, della limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione, della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale. Occorre intraprendere un'attività di informazione e formazione di tutto il personale, con coinvolgimento diretto del medico competente. Occorre avviare l'attività di addestramento del personale esposto, in merito all'uso dei DPI.

75

PROGRAMMA DELLE MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

A seguito della valutazione dei rischi, qualora risulti che i VLE possano essere superati, il Datore di Lavoro definisce e attua un programma di azione che comprende misure tecniche e/o organizzative al fine di evitare che l'esposizione superi i VLE, tenendo conto in particolare (Art. 217):

- di altri metodi di lavoro che comportino una minore esposizione alle ROA
- della scelta di attrezzature che emettano meno radiazioni ottiche, tenuto conto del lavoro da svolgere
- delle misure tecniche per ridurre l'emissione delle radiazioni ottiche, incluso, quando necessario, l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o analoghi meccanismi di protezione della salute
- degli opportuni programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro
- della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro
- della limitazione della durata e del livello di esposizione
- della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale
- delle istruzioni del fabbricante delle attrezzature

76

I luoghi di lavoro dove i lavoratori, in base alla valutazione del rischio, potrebbero essere esposti a livelli di radiazioni ottiche che superino i valori limite di esposizione, devono essere indicati per mezzo di apposita segnaletica.



Emissione di ROA



Radiazioni UV di saldatura



Laser



Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, ove tecnicamente possibile.

77

MISURE TECNICHE ED ORGANIZZATIVE DA ADOTTARE ALL'ESITO DELLA VALUTAZIONE

Lo scopo di tali misure è quello di eliminare o ridurre al minimo tutti i rischi (diretti o indiretti) per la salute e la sicurezza da esposizione a ROA.

Per le **SORGENTI INCOERENTI**, si possono adottare le seguenti soluzioni tecniche e procedurali:



- Contenimento della sorgente all'interno di ulteriori idonei alloggiamenti schermanti completamente ciechi, oppure di attenuazione nota, in relazione alle lunghezze d'onda di interesse (ad es. la radiazione UV si può schermare con finestre di vetro o materiali plastici trasparenti nel visibile)
- Adozione di schermi ciechi a ridosso delle sorgenti (ad es. gli schermi che circondano le postazioni di saldatura)
- L'impiego di automatismi per disattivare le sorgenti ROA potenzialmente nocive sugli accessi ai locali ove queste operano
- La definizione di "zone di accesso limitato", contrassegnate da idonea segnaletica di sicurezza (soluzione particolarmente utile per limitare le esposizioni indebite)

78

MISURE DI PROTEZIONE CONTRO PERICOLI SECONDARI

Se i pericoli secondari sono identificati durante la valutazione del rischio, devono essere adottate misure di protezione appropriate. L'individuazione di quali misure di protezione siano applicabili dipende dalla natura del pericolo secondario, il quale deve essere specificato in ogni caso particolare.

ESEMPI DI RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE

La riduzione dell'esposizione dei lavoratori alle radiazioni può essere raggiunta sia mediante la riduzione delle emissioni di radiazioni, sia attraverso misure organizzative, quali:

- Riduzione del tempo di esposizione
- Posizionamento della sorgente in modo da evitare che la radiazione sia diretta verso persone o parti del corpo

79

ESEMPI DI RIDUZIONE DELL'EMISSIONE

Le misure per la riduzione dell'emissione di radiazioni potrebbero essere:

- sistemi chiusi di movimentazione materiali
- prevenzione delle perdite e del rilascio incontrollato di radiazioni
- schermatura; separazione; filtrazione
- messa a terra
- controllo del processo, come ad esempio, uso di dispositivi di misurazione delle radiazioni associati a sistemi di interblocco
- regolazione della macchina al fine della emissione di radiazioni al livello più basso, sufficiente per il funzionamento corretto della macchina durante le diverse fasi del suo utilizzo

80

RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE MEDIANTE DISPOSIZIONI DELLA DIREZIONE O SEPARAZIONE

La riduzione dell'esposizione mediante disposizioni della direzione o separazione può avvenire mediante le misure seguenti:

- proibizione dell'accesso non indispensabile alle aree con radiazioni
- separazione delle operazioni pericolose da quelle non pericolose, per esempio tramite recinzioni parziali, pareti divisorie o fabbricati separati
- processi automatici controllati in remoto
- riduzione del tempo di esposizione
- aumento della distanza fra la sorgente e l'operatore
- installazione di adeguata cartellonistica

81

DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

In esito alla valutazione del rischio ed alla conseguente adozione delle misure di prevenzione e protezione, in relazione al persistere di un rischio "residuo" il Datore di Lavoro valuta la necessità di adottare idonei DPI al fine della protezione dei lavoratori da potenziali danni agli occhi ed alla cute.

Per la protezione di occhi e viso si utilizzano **occhiali** (con oculare doppio e singolo), **maschere** e **ripari facciali** (per saldatura o altro uso).



I rischi per gli occhi ed il viso, in ambiente di lavoro, sono riconducibili a rischi di tipo meccanico, elettrico, chimico, biologico e da radiazioni.

Si rimanda alle norme tecniche di riferimento, già citate precedentemente, anche al fine di acquisire informazioni per la scelta del livello protettivo.

82

CARATTERISTICHE GENERALI DEI DPI DI PROTEZIONE DEGLI OCCHI

I dispositivi di protezione individuale atti a proteggere dagli effetti delle radiazioni ottiche sull'occhio devono presentare le seguenti caratteristiche generali:

- devono assorbire la maggior parte della energia irradiata nelle lunghezze d'onda nocive (occorre pertanto caratterizzare la sorgente di emissione)
- non devono alterare in modo eccessivo la trasmissione della parte non nociva dello spettro visibile, la percezione dei contrasti e la distinzione dei colori (in modo particolare quando queste caratteristiche sono necessarie ai fini produttivi o di sicurezza)
- devono possedere lenti/schermi non soggette a deterioramento o a perdita delle loro proprietà sotto l'effetto dell'irraggiamento, nelle normali e previste condizioni di impiego.

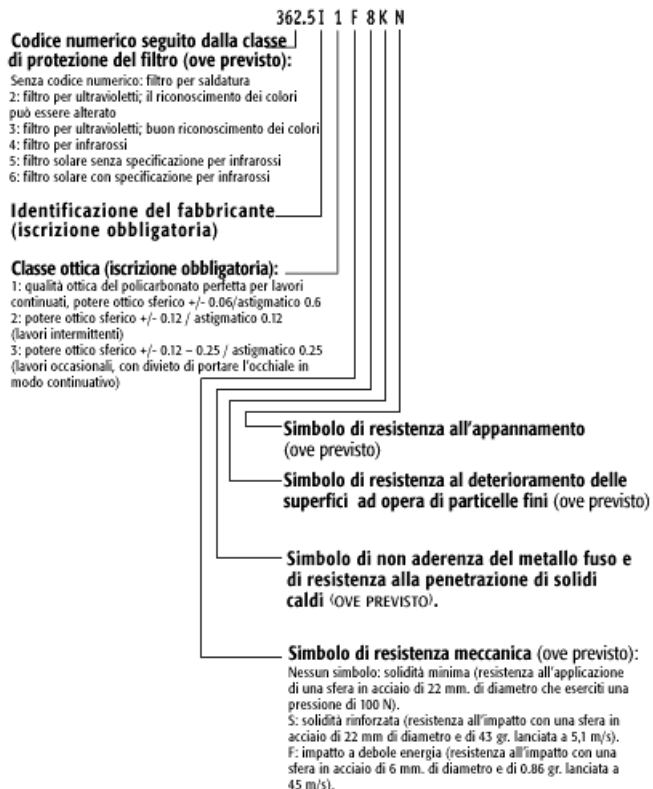
Al fine dell'uso di tutti i dispositivi di protezione dell'occhio, il Datore di Lavoro deve attuare una specifica attività di informazione e formazione. L'addestramento si rende necessario allorquando il DPI venga utilizzato in situazioni tali da farlo rientrare nella III categoria.

I DPI di protezione degli occhi devono possedere, oltre alla marcatura CE, la marcatura specifica sia dell'oculare che della montatura (codici alfanumerici).

La nota informativa dovrebbe contenere le istruzioni necessarie alla comprensione del significato dei codici di marcatura.

83

NOTA ESPLICATIVA PER OCCHIALI DA SALDATORE



Per individuare il corretto numero di scala dei filtri, occorre considerare anche i seguenti aspetti:

- la portata di gas ai cannelli: per saldatura a gas, saldo-brasatura, ossitaglio;
- l'intensità della corrente: per saldatura ad arco, il taglio ad arco, il taglio al plasma;
- la distanza dell'operatore rispetto all'arco o alla fiamma;
- l'illuminazione locale degli ambienti di lavoro;
- le caratteristiche individuali dell'operatore.

84

CARATTERISTICHE GENERALI DEI DPI DI PROTEZIONE DEL CORPO

La protezione complessiva dei lavoratori dai rischi derivanti dalla esposizione alle ROA viene garantita, in taluni casi, anche mediante l'utilizzo di altri DPI, oltre a quelli per gli occhi.

Per es. nelle attività di saldatura, ovvero genericamente nelle attività che espongono alle radiazioni emesse da archi elettrici, torce al plasma, etc. (radiazioni UV, visibili ed infrarosse), è previsto l'utilizzo di guanti a manichetta lunga e protezioni frontali resistenti al calore (tipo grembiuli)



85

FINE DELLA RELAZIONE

GRAZIE A TUTTI!!!

86