

# CORSO RLS

ROA e Laser

[eleonora.ragno@cnr.it](mailto:eleonora.ragno@cnr.it)

## **D. Lgs. 81/2008**

**306 Articoli suddivisi in 13 Titoli**

**Titolo I - Principi comuni (artt. 1 - 61)**

**Titolo II - Luoghi di lavoro (artt. 62 - 68)**

**Titolo III - Uso delle attrezzature di lavoro e dei D.P.I.. (artt. 69 - 87)**

**Titolo IV - Cantieri temporanei o mobili (artt. 88 - 160)**

**Titolo V - Segnaletica di salute e sicurezza sul lavoro (artt. 161 - 166)**

**Titolo VI - Movimentazione manuale dei carichi (artt. 167 - 171)**

**Titolo VII - Attrezzature munite di videoterminali (artt. 172 - 179)**

**Titolo VIII - Agenti fisici (artt. 180 - 220)**

**Titolo IX - Sostanze pericolose (artt. 221 - 265)**

**Titolo X - Esposizione ad agenti biologici (artt. 266 - 286)**

**Titolo XI - Protezione da atmosfere esplosive (artt. 287 - 297)**

**Titolo XII - Disposizioni in materia penale e di procedura penale (artt. 298 - 303)**

**Titolo XIII - Norme transitorie e finali (artt. 304 - 306)**

# ***AGENTI FISICI***

## ***TITOLO VIII D.lgs. 81/08***

***RISCHIO FISICO***

CAPO I	DISPOSIZIONI GENERALI
CAPO II	PROTEZIONE DEI LAVORATORI CONTRO I RISCHI DI ESPOSIZIONE AL RUMORE DURANTE IL LAVORO
CAPO III	PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A VIBRAZIONI
CAPO IV	PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI
CAPO V	PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI

**Titolo VIII – AGENTI FISICI**  
**Capo I – Disposizioni generali**  
**Articolo 180**

***Definizioni e campo di applicazione***

1. Ai fini del presente decreto legislativo per agenti fisici si intendono il **rumore**, gli **ultrasuoni**, gli **infrasuoni**, le **vibrazioni meccaniche**, i **campi elettromagnetici**, le **radiazioni ottiche**, di origine artificiale, il **microclima** e le **atmosfere iperbariche** che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.
2. Fermo restando quanto previsto dal presente capo, per le attività comportanti esposizione a rumore si applica il capo II, per le vibrazioni il capo III, per i campi elettromagnetici il capo IV, per le radiazioni ottiche artificiali il capo V.
3. La protezione dei lavoratori dalle **radiazioni ionizzanti** è disciplinata unicamente dal D.Lgs. 230/95 e s.m.

**Introduzione di tutti gli agenti fisici nella normativa**

## Il d.lgs. 81/08 e s.m.i. – Titolo VIII, Capo I (tutti gli agenti fisici).

---

- **Art. 182, c. 2:** i lavoratori non devono mai essere esposti a valori superiori ai limiti di esposizione; in caso di superamento, il DdL deve adottare misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei limiti stessi ed evitare un nuovo superamento.
- **Art. 184:** formazione, informazione e addestramento dei lavoratori soprattutto in relazione ai risultati della valutazione dei rischi.

# Il d.lgs. 81/08 e s.m.i. – Titolo VIII, Capo I (tutti gli agenti fisici).

---

- **Il Capo I (artt. 180 – 186) è in vigore**
- **Art. 181, c. 2:** il Ddl, tramite il SPP, valuta i rischi associati ai sistemi laser almeno ogni 4 anni e in caso di significativi mutamenti (nuove sorgenti, mutate condizioni operative, risultati della sorveglianza sanitaria, ecc.). La valutazione deve essere effettuata da personale con “specifiche conoscenze in materia”.
- **Art. 181, c. 3:** il Ddl nella valutazione dei rischi precisa quali misure di prevenzione e protezione devono essere adottate. La valutazione dei rischi è riportata sul DVR e può includere una giustificazione del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata.

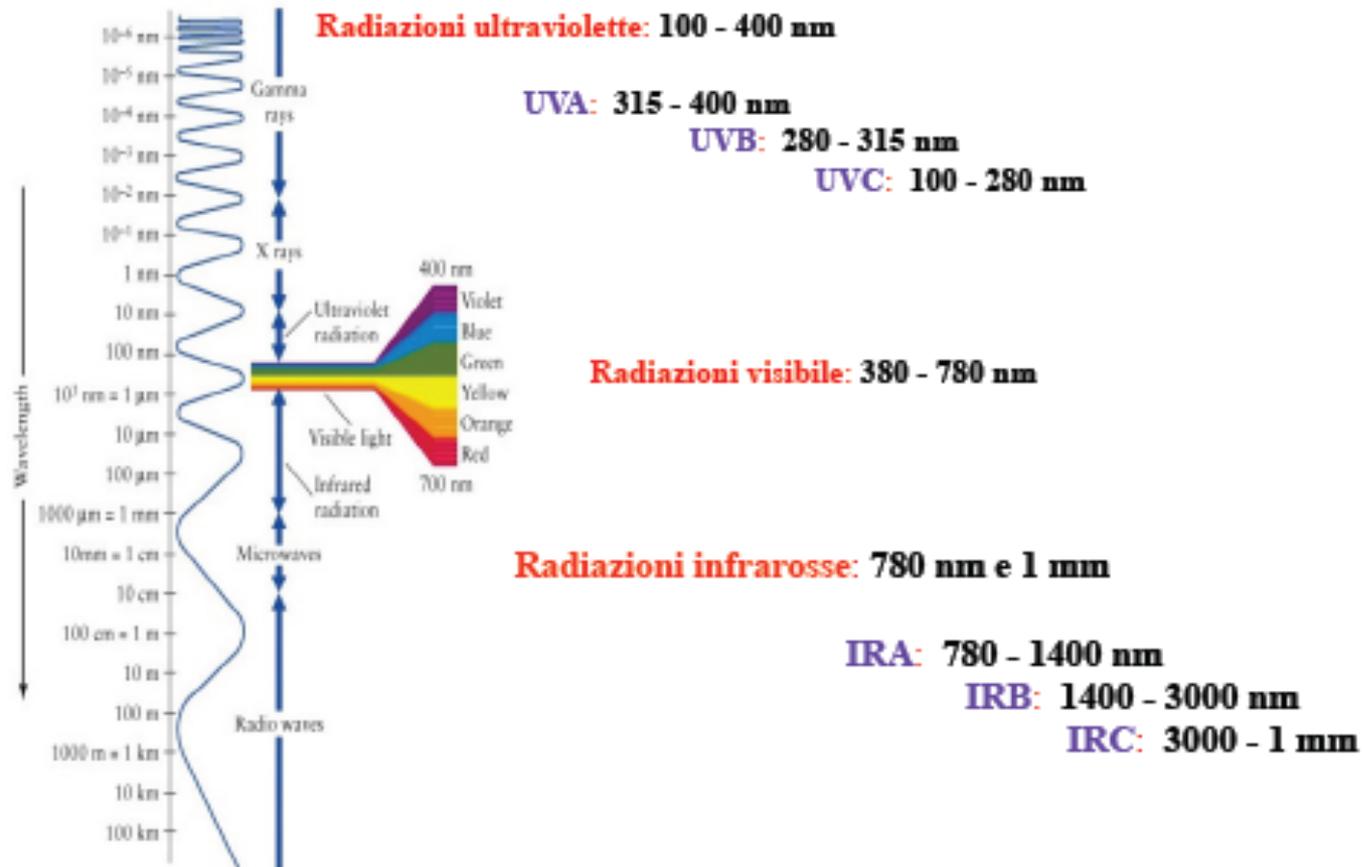
# Il d.lgs. 81/08 e s.m.i. – Titolo VIII, Capo I (tutti gli agenti fisici).

---

- **Art. 185:** la sorveglianza sanitaria viene svolta secondo i principi generali del presente decreto ed è effettuata dal medico competente nelle modalità e nei casi previsti ai rispettivi capi e sulla base della valutazione dei rischi. In caso di alterazione apprezzabile dello stato di salute dei lavoratori esposti, il medico competente informa il DdL che sottopone a revisione la valutazione dei rischi e le misure di prevenzione e protezione.

## La definizione di “Radiazione Ottica”

Sotto la denominazione di “**Radiazioni Ottiche**” si raggruppano quelle radiazioni elettromagnetiche che si possono controllare mediante: lenti, specchi, prismi e fibre ottiche ovvero le radiazioni di lunghezza d’onda compresa tra **100 nm e 1mm** così suddivise:



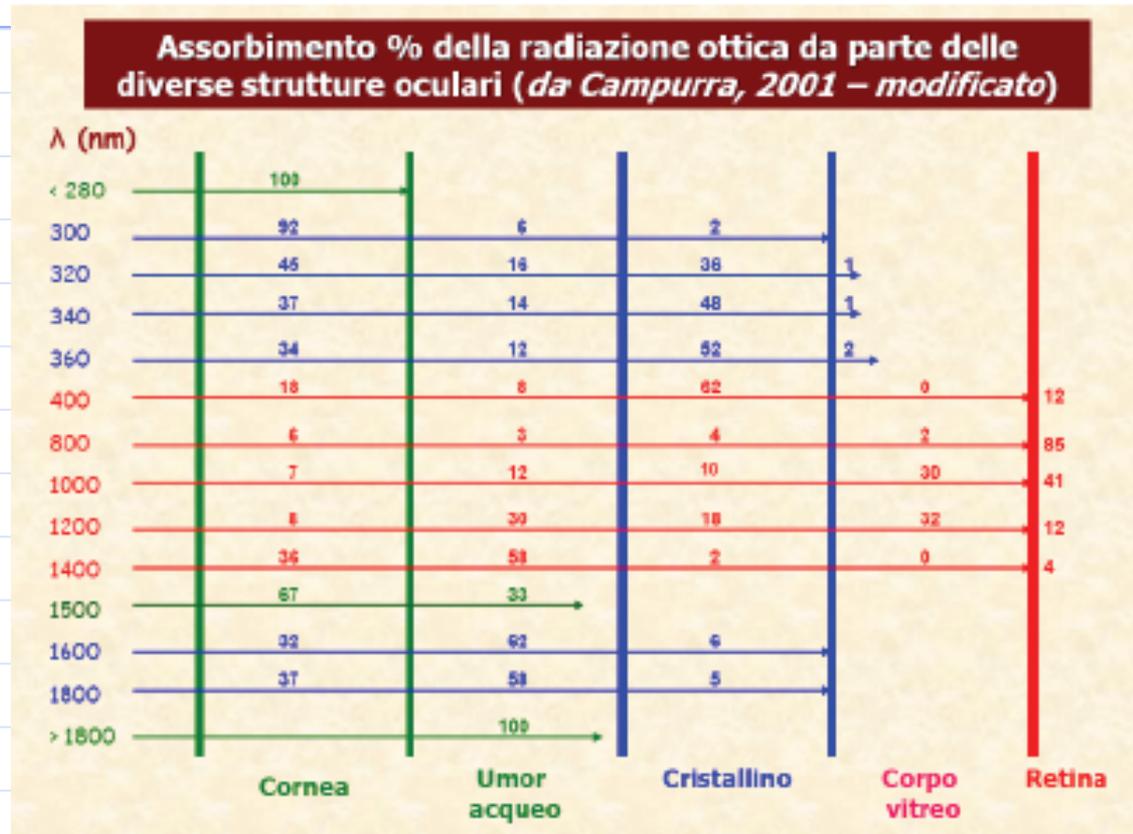
Le Radiazioni Ottiche, come tutte le onde elettromagnetiche, interagendo con un un “corpo” materiale possono essere **assorbite, riflesse o diffuse**

La quota di radiazione **assorbita** sarà quella che concorrerà a determinare gli effetti biologici.

La Radiazione Ottica ha una limitata capacità di penetrazione, ne segue che gli effetti di tale interazione avverranno solo a carico degli **organi più esterni**



## Localizzazione dell'interazione delle radiazioni con i tessuti: l'occhio



Da tratta da: C. GRANDI - ISPESL

Radiazioni ottiche - Massimo Borra  
ISPESL

## COERENTI

- qualsiasi tipo di LASER

## NON COERENTI

- lampade o L.E.D. per fototerapia
- lampade scialitiche e per usi diagnostici/terapeutici
- lampade per luce pulsata, abbronzatura, polimerizzazione di materiali, "curing" industriale, termorestringimento, sterilizzazione, fotoincisione
- saldatrici ad arco voltaico
- riscaldatori radianti
- fornaci e corpi incandescenti

## ALLEGATO XXXVII del D.Lgs. N.81/08 - Parte I

a) 
$$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$

( $H_{\text{eff}}$  è pertinente solo nell'intervallo da 180 a 400 nm)

b) 
$$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$

( $H_{\text{UVA}}$  è pertinente solo nell'intervallo da 315 a 400 nm)

c), d) 
$$L_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$

( $L_B$  è pertinente solo nell'intervallo da 300 a 700 nm)

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

( $E_B$  è pertinente solo nell'intervallo da 300 a 700 nm)

g)-l) 
$$L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$$

( $L_R$  è pertinente solo nell'intervallo da  $\lambda_1$  a  $\lambda_2$  secondo la tabella 1.1 per i valori appropriati di  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$ )

m), n) 
$$E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$$

( $E_{\text{IR}}$  è pertinente solo nell'intervallo da 780 a 3 000 nm)

o) 
$$H_{\text{skin}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$

( $H_{\text{skin}}$  è pertinente solo nell'intervallo da 180 a 3 000 nm)



## Quando i valori limite sono espressi in termini di IRRADIANZA? Quando invece in termini di RADIANZA?

La **radianza** è la grandezza attraverso cui si caratterizza l'esposizione della retina, pertanto verrà misurata per determinare il livello di esposizione delle radiazioni che possono essere focalizzate dal cristallino sulla retina, ovvero quelle di lunghezza d'onda compresa nell'intervallo spettrale VIS-IRA.

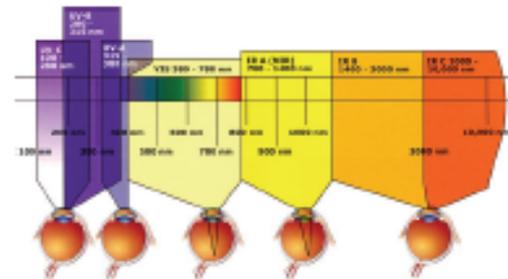


Figure 1. The above table shows the distribution of electromagnetic radiation into five frequency bands.



## Grandezze radiometriche di riferimento nella valutazione dei rischi ROA

### Note!

Caratterizzazione  
della **SORGENTE**



Grandezze radiometriche  
"FISICHE"



**Irradianza, esposizione  
radiante, radianza**

Funzioni di superfici e angoli  
esatti che caratterizzano la  
misura

Caratterizzazione dell' **ESPOSIZIONE**



Grandezze radiometriche  
"biofisiche"



**Irradianza, esposizione radiante, radianza**

Funzioni di superfici e angoli ( $\Phi A$  stop, FOV)  
definiti tenendo conto di **parametri**  
**fisiologici** che caratterizzano l'esposizione  
**(tempo di esposizione e dimensioni della**  
**sorgente)**

## I limiti per l'UV

Indice	Lunghezza d'onda nm	Valori limite di esposizione	Unità
a.	180-400 (UVA, UVB e UVC)	$H_{eff} = 30$ Valore giornaliero 8 ore	[J m <sup>-2</sup> ]
$H_{eff} = \int_0^t \int_{\lambda=180\text{ nm}}^{\lambda=400\text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$			<b>IRRADIANZA</b>
b.	315-400 (UVA)	$H_{UVA} = 10^4$ Valore giornaliero 8 ore	

$$H_{eff} = 30 \frac{J}{m^2}$$

$$0,5 \frac{W}{m^2} \cdot 60 s$$

$$\cong 0,008 \frac{W}{m^2} \cdot 60 min$$

$$\approx 0,001 \frac{W}{m^2} \cdot 8 h$$

## Sorgenti "sicure" (NBG-HPA)

- PC o analoghi dotati di schermo e palmari (Personal Digital Assistant)
- Lavagne luminose, Fotocopiatrici
- Flash fotografici
- Trappole UVA per insetti
- Apparecchi di illuminazione a soffitto con lampade a fluorescenza protette da schermi diffusori
- Apparecchi di illuminazione con lampade a fluorescenza compatte
- Illuminazione fluorescente compatta
- Apparecchi di illuminazione con faretto alogeni
- Lampade d'illum. al tungsteno (comprese quelle a spettro di luce diurna)
- Apparecchi di illuminazione a soffitto con lampade a incandescenza
- Indicatori LED
- Lampade indicatrici dei veicoli (frecce, freno, retromarcia, fendinebbia)
- Illuminazione stradale
- Riscaldatori a pannelli radianti a combustione di gas

## Sorgenti "sicure" in determinate condizioni (NBG-HPA)

Sorgenti	Circostanze per un utilizzo sicuro
Lampade fluorescenti a soffitto senza diffusori sopra le lampade	Sicure ai normali livelli di illuminamento di lavoro ( $\leq 600$ lux)
Illuminaz. di sicurezza a ioduri metallici o a Hg ad alta pressione	Sicura se il vetro ricoprente è intatto e se non in linea con lo sguardo
Lampade a luce nera UVA a bassa pressione	Sicure se non in linea con lo sguardo
Videoproiettori da tavolo	Sicuri se non si guarda il fascio
Fari dei veicoli	Sicuri ad eccezione di prolungata osservazione del fascio
Ogni dispositivo classificato "Esente" (EN 62471)	Sicuro, se non in linea con lo sguardo. Potrebbe essere pericoloso se si rimuovono le protezioni
Ogni dispositivo laser di "classe 1" (EN 60825-1)	Sicuri se la copertura è intatta. Potrebbe essere pericoloso se si rimuovono le protezioni

Dr. R. Di Liberto - IRCCS S. Matteo Pavia

# MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

Oltre all'adozione delle misure di tutela previste dai manuali di istruzione delle attrezzature di lavoro (macchine) marcate CE, una volta verificata l'indispensabilità o insostituibilità della sorgente o dell'attività-sorgente, per limitare o prevenire l'esposizione, si possono adottare soluzioni tecniche e procedurali quali:

- 1) il 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 esempio, la radiazione UV si può schermare con finestre di vetro o materiali plastici trasparenti nel visibile;
- 2) l'adozione di schermi ciechi o inattinici a ridosso delle sorgenti (es.: i normali schermi che circondano le postazioni di saldatura, come da UNI EN 1598:2004);

- 3) la separazione fisica degli ambienti nelle quali si generano ROA potenzialmente nocive dalle postazioni di lavoro vicine;
- 4) l'impiego di automatismi (interblocchi) per disattivare le sorgenti ROA potenzialmente nocive (es.: lampade germicide a raggi UV) sugli accessi ai locali nei quali queste sono utilizzate;
- 5) la definizione di **“ZONE AD ACCESSO LIMITATO»**, contrassegnate da idonea segnaletica di sicurezza, ove chiunque acceda deve essere informato e formato sui rischi di esposizione alla radiazione emessa dalle sorgenti in esse contenute e sulle appropriate misure di protezione, soluzione particolarmente utile per evitare esposizioni indebite, vale a dire di lavoratori non direttamente coinvolti nelle operazioni con sorgenti ROA potenzialmente nocive, nonché esposizioni di soggetti particolarmente sensibili.

# Delimitazione Aree

Ai sensi dell'art. 217, comma 2, del DLgs.81/2008 (ma anche dell'Allegato XXV, punti 3.2 e 3.3, richiamati dall'art.163 dello stesso Decreto), è necessario delimitare le aree in cui i lavoratori o le persone del pubblico possono essere esposti a tale rischio.

L'area va indicata tramite segnaletica e l'accesso alla stessa va limitato laddove ciò sia tecnicamente possibile e sussista un rischio di superamento dei valori limite di esposizione.

Nel caso delle radiazioni ottiche incoerenti, mancando uno specifico cartello di avvertimento, si fornisce l'indicazione di utilizzare quello previsto per la marcatura delle macchine che emettono ROA non coerenti ai sensi della norma EN 12198, come riportato in Figura 1.

Nel caso in cui all'interno dell'area sia necessario l'utilizzo di DPI, quali ad esempio gli occhiali, all'ingresso deve essere esposto l'apposito segnale di prescrizione, ad esempio quello indicato nella Figura 2.

**Figura 1**

**Segnaletica di Pericolo Emissione Radiazioni Ottiche Artificiali**



**Figura 2**

**Obbligo uso DPI oculari**



# Sicurezza nell'utilizzo del laser



# Il d.lgs. 81/08 e s.m.i. –

## Titolo VIII, Capo V (radiazioni ottiche artificiali).

---

- **Art. 216, c. 2:** il Ddl deve prestare particolare attenzione:
  - al livello, la gamma delle lunghezze d'onda e la durata di esposizione;
  - ai valori limite di esposizione di cui all'art. 215;
  - a qualsiasi effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili;
  - a qualsiasi effetto indiretto come l'accecamento temporaneo, le esplosioni o il fuoco;
  - all'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione;

Continua

# Il d.lgs. 81/08 e s.m.i. – Titolo VIII, Capo V (radiazioni ottiche artificiali).

---

- alla disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare i livelli di esposizione;
- per quanto possibile, a informazioni adeguate raccolte dalla sorveglianza sanitaria;
- alle sorgenti multiple di esposizione;
- alla classificazione dei laser, particolarmente di classe 3B o 4 (IEC), e classificazioni analoghe;
- alle informazioni fornite dai fabbricanti delle sorgenti.

Il Ddl precisa le misure adottate per eliminare o ridurre i rischi nel DVR.

# I valori dei limiti di esposizione per l'occhio per esposizioni < 10 s

Lunghezza d'onda <sup>a</sup> [nm]		Apertura	Durata [s]							
			$10^{-13} - 10^{-11}$	$10^{-11} - 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^1$	
UVC	180 - 280	1 mm per $t < 0,3$ s; $1,5 \cdot t^{0,75}$ 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 $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	304								H = 60 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 1,3 \cdot 10^{-9}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	305								H = 100 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 1,0 \cdot 10^{-9}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	306								H = 160 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 6,7 \cdot 10^{-10}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	307								H = 250 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 4,0 \cdot 10^{-10}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	308								H = 400 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 2,6 \cdot 10^{-10}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	309								H = 630 [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 1,6 \cdot 10^{-10}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	310								H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 1,0 \cdot 10^{-10}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
	311								H = 1,6 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	se $t < 6,7 \cdot 10^{-11}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>
312	H = 2,5 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]								se $t < 4,0 \cdot 10^{-11}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>	
313	H = 4,0 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]								se $t < 2,6 \cdot 10^{-11}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] cfr. nota <sup>d</sup>	
314	H = 6,3 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]								se $t < 1,6 \cdot 10^{-11}$ allora $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [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>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		H = 18 · t <sup>0,75</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]				
	700 - 1 050	H = 1,5 · 10 <sup>4</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 2,7 · 10 <sup>4</sup> t <sup>0,75</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5 · 10 <sup>3</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		H = 18 · t <sup>0,75</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]				
	1 050 - 1 400	H = 1,5 · 10 <sup>3</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 2,7 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,75</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5 · 10 <sup>2</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		H = 90 · t <sup>0,75</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]				
IRB e IRC	1 400 - 1 500	E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</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> ]		H = 10 <sup>4</sup> [J m <sup>-2</sup> ]						
	1 800 - 2 600	E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ]		H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]						
	2 600 - 10 <sup>6</sup>	E = 10 <sup>11</sup> [W m <sup>-2</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  $1400 \leq \lambda < 10^3$  nm: apertura diametro = 1 mm per  $t \leq 0,3$  s e  $1,5 \cdot t^{0,75}$  mm per  $0,3 < t < 10$  s; se  $10^3 \leq \lambda < 10^6$  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  $T_{max}$  (elencate nella tabella 2.6) devono essere sommate e il valore di tempo risultante deve essere usato per t nella formula:  $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$

Tabella 2.2

H = Esposizione Radiante

# I valori dei limiti di esposizione per l'occhio per esposizioni $\geq 10$ s (Tabella 2.3)

Lunghezza d'onda* [nm]		Apertura	Durata [s]		
			$10^1 - 10^2$	$10^2 - 10^4$	$10^4 - 3 \cdot 10^6$
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>β</sub> [J m <sup>-2</sup> ] (γ = 11 mrad) <sup>d</sup>	E = 1 C <sub>β</sub> [W m <sup>-2</sup> ]; (γ = 1,1 t <sup>0,5</sup> mrad) <sup>d</sup>	E = 1 C <sub>β</sub> [W m <sup>-2</sup> ] (γ = 110 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>α</sub> t <sup>0,75</sup> [J m <sup>-2</sup> ] allora E = 18 C <sub>α</sub> C <sub>t</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>α</sub> C <sub>t</sub> [W m <sup>-2</sup> ] allora H = 18 C <sub>α</sub> C <sub>t</sub> C <sub>β</sub> t <sup>0,75</sup> [J m <sup>-2</sup> ] allora E = 18 C <sub>α</sub> C <sub>t</sub> C <sub>β</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. c	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  $10 \leq t < T_2$  e ai limiti per rischi fotochimici per periodi superiori. Per  $T_1$  e  $T_2$  cf. tabella 2.5. Il limite di rischio fotochimico per la retina può anche essere espresso come radianza integrata nel tempo  $G = 10^6 C_\beta [\text{J m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$  per  $t > 10$  s fino a  $t = 10\,000$  s e  $L = 100 C_\beta [\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$  per  $t > 10\,000$  s. Per la misurazione di G e L,  $\gamma_0$  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, dalla CIE; il simbolo  $I_p$ , dall'IEC e dal CENELEC).

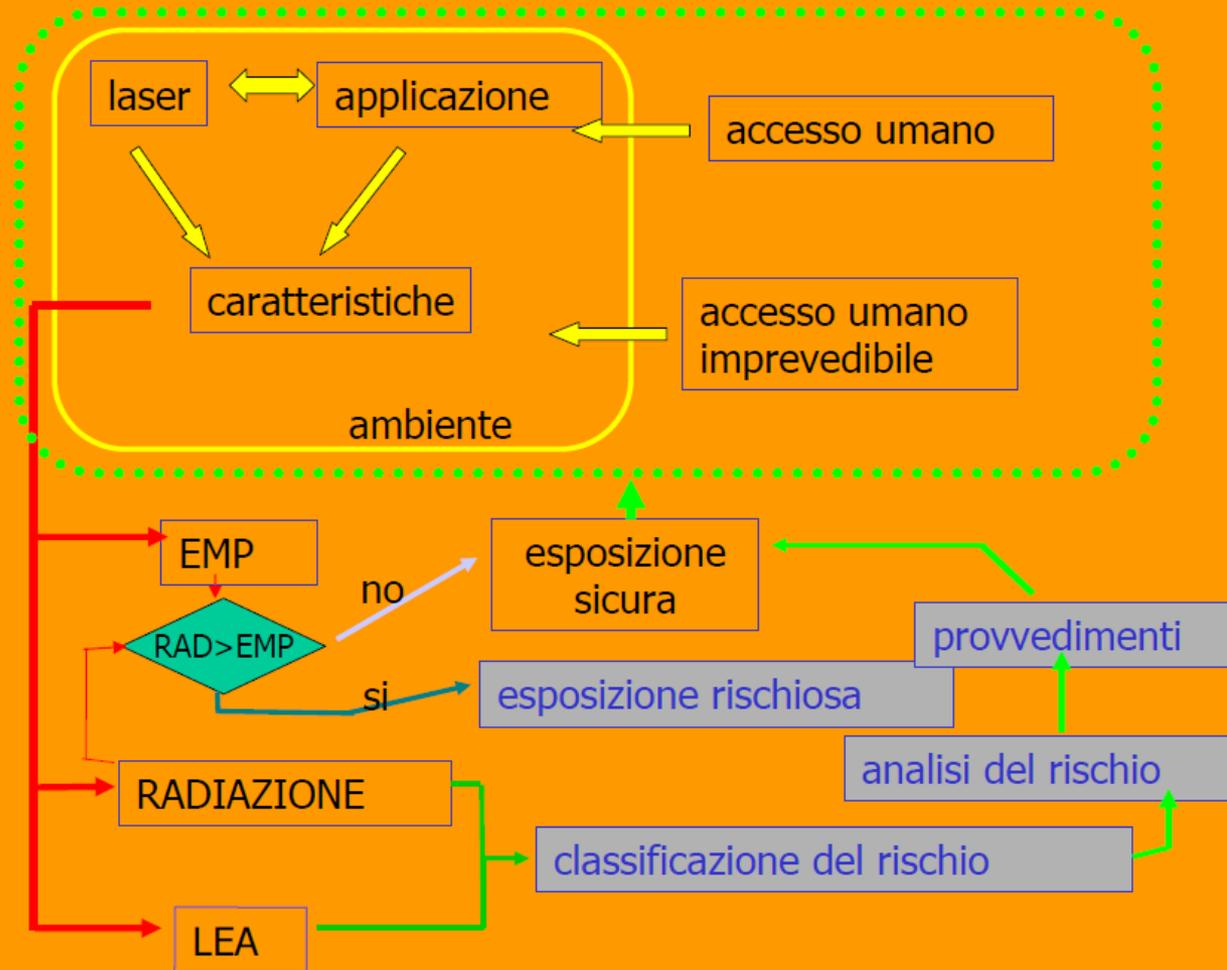
c Per lunghezze d'onda 1 400 - 10<sup>6</sup> nm: apertura diametro = 3,5 mm; per lunghezze d'onda 10<sup>3</sup> - 10<sup>6</sup> nm: apertura diametro = 11 mm.

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  $\gamma_0$  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  $\gamma_0$  deve essere sufficientemente grande da includere completamente la sorgente, altrimenti non è limitato e può essere superiore a γ.

H = Esposizione Radiante    E = Irradianza

# VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI ESPOSIZIONE



**EMP= Esp. Max Permessa**

**LEA= Limite di emissione accettabile**

# Classi di rischio

- I laser sono raccolti in classi di rischio
- La classificazione viene effettuata dal costruttore

# LA CLASSE

cosa indica:

il livello di pericolosità della macchina in relazione a:

- contenuto energetico della radiazione
- durata dell'emissione
- lunghezza d'onda
- tipo della sorgente

perché interessa:

l'appartenenza ad una classe determina la modalità di utilizzo della macchina dal punto di vista della sicurezza

## LA CLASSE

come la descrivo:

tramite il LEA (Livello Emissione Accessibile)

livello massimo di radiazione assegnato a ciascuna classe

## LA CLASSE

con che strumenti calcolo il LEA:

calcolo il LEA utilizzando le tabelle e le procedure della Normativa IEC EN 60825-1:

1. Tabella della Classe
2. Tabella dei parametri correttivi
3. Tabella dell'additività della lunghezza d'onda

Unità di misura del LEA:

J energia radiante

W flusso radiante (potenza radiante)

J/m<sup>2</sup> esposizione energetica (fluenza)

W/m<sup>2</sup> irradiazione (irradianza)

## **SOLE:**

Intensità massima luce solare a terra =  $1 \text{ kW/m}^2$  o  $1 \text{ mW/mm}^2$

Assumendo un diametro pupillare di 2 mm l'area è circa  $3 \text{ mm}^2$

Quindi la potenza raccolta dall'occhio è =  $3 \text{ mW}$

Il sole forma un'immagine  $\approx 100 \text{ }\mu\text{m}$  di raggio sulla retina (area =  $0.03 \text{ mm}^2$ )

L'intensità sulla retina (Potenza/Area) =  $3 \text{ mW}/0.03 \text{ mm}^2 = \mathbf{100 \text{ mW/mm}^2}$ .

## **Tipico laser He Ne da 1 mW (o laser pointer):**

Potenza =  $1 \text{ mW}$ , raggio del fascio =  $1 \text{ mm}$

Forma un'immagine con raggio di  $10 \text{ }\mu\text{m}$  (area dello spot =  $3 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2$ )

L'intensità dell'HeNe sulla retina è  $1 \text{ mW}/(3 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2) = \mathbf{3100 \text{ mW/mm}^2}$

**31 volte l'intensità del Sole!!**

# Classificazione sorgenti

## ◆ Vecchia classificazione parte 1

- La classificazione, fatta dal costruttore, delle sorgenti avviene sulla base dei LEA (Livello Emissione Accessibile): livello di radiazione massimo cui può accedere un operatore.

Classe 1	Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili
Classe 2	Laser che emettono radiazione visibile nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 e 700 nm e bassa potenza (<1 mW per laser in continuo); <b>la protezione dell'occhio è assicurata dalle reazioni di difesa compreso il riflesso palpebrale</b>

# Classificazione delle sorgenti

## ◆ Vecchia classificazione parte 2

<p><b>Classe 3A</b> potenza &lt; 5mW</p>	<p>Laser che sono sicuri per la visione ad occhio nudo. Nell'intervallo tra 400 e 700 nm la protezione dell'occhio è assicurata, per le altre lunghezze d'onda il rischio ad occhio nudo non è superiore a quello della Classe 1. <b>La visione diretta del fascio con strumenti ottici (binocoli, microscopi, ecc) può essere pericolosa</b></p>
<p><b>Classe 3B</b> potenza &lt; 5mW &gt; 0,5W</p>	<p><b><u>La visione diretta del fascio di questi laser è sempre pericolosa;</u></b> la visione di riflessioni diffuse non è normalmente pericolosa</p>
<p><b>Classe 4</b> Potenza &gt; 0,5W</p>	<p>Laser che sono anche in grado di produrre riflessioni diffuse pericolose; possono <b>causare lesioni alla pelle e potrebbero anche costituire un pericolo d'incendio.</b> Il loro uso richiede un'estrema cautela</p>

# Nuova classificazione parte 1

<b>Classe 1</b>	Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, incluso l'uso di strumenti ottici per la visione del fascio
<b>Classe 1M</b> 302,5 e 400 nm	Sono sicuri nelle condizioni di funzionamento, possono essere pericolosi se impiego di ottiche per l'osservazione all'interno del fascio
<b>Classe 2</b> visibile 400 e 700 nm	Protezione dell'occhio assicurata dalla difesa del riflesso palpebrale (adeguata protezione nelle condizioni d'uso ragionevoli compreso l'uso di strumenti ottici per la visione del fascio).
<b>Classe 2M</b> visibile 400 e 700 nm	Protezione dell'occhio assicurata dalla difesa del riflesso palpebrale ma visione del fascio più pericolosa con l'impiego di ottiche di osservazione all'interno del fascio

# Nuova classificazione parte 2

<b>Classe 3R</b> 302.5 e $10^6$ nm	Visione diretta del fascio potenzialmente pericolosa (rischio inferiore a classe 3B); il LEA è inferiore a 5 volte il LEA di Classe 2 nell'intervallo 400/700 nm, ed inferiore a 5 volte il LEA di Classe 1 per le altre lunghezze d'onda.
<b>Classe 3B</b>	Laser che sono normalmente pericolosi nel caso di esposizione diretta del fascio; la visione di riflessioni diffuse non è <b>normalmente</b> pericolosa
<b>Classe 4</b>	Laser che sono anche in grado di produrre riflessioni diffuse pericolose; possono causare lesioni alla pelle e potrebbero anche costituire un pericolo d'incendio. Il loro uso richiede un'estrema cautela

# Procedure controllo

## Esempio di checklist la sicurezza in un laboratorio laser

Procedure di controllo per i sistemi laser	1	2	3A	3B	4
Numero di laser presenti nel laboratorio					
classificazione	X	X	X	X	X
approvazione TSL per poter operare			X*	X	X
precauzioni per la manutenzione ed assistenza	X	X	X	X	X
precauzioni di base sul fascio		X	X	X	X
formazione ed informazione degli operatori			X*	X	X
idoneità alla mansione (visita periodica)			X*	X	X
ZNR visibile all'operatore				X	X
uso della minima potenza necessaria	X	X	X	X	X
precauzioni per radiazione invisibile (IR o UV)			X	X	X
cartelli di avvertimento				X	X
area controllata				X	X
precauzioni per i visitatori				X	X
protettori oculari				X	X
indicazione di emissione				(X)	X
norme operative di sicurezza				(X)	X
interblocchi di sicurezza				X	X
connettore di blocco a distanza				(X)	X
comando a chiave				(X)	X
attenuatore o terminatore del fascio				(X)	X
traiettoria del fascio: contenimento				X	X
traiettoria del fascio: altezza adeguata				X	X
riflessione speculare				X	X
etichettatura	X	X	X	X	X
ottiche di osservazione			X	X	X
posizionamento dei comandi			X	X	X
rischi collaterali	X	X	X	X	X
rischi collaterali: alta tensione	X	X	X	X	X
rischi collaterali: incendio					X

Note alla tabella:

Il segno x indica l'obbligo di predisporre la procedura.

Il segno (x) per la classe 3B indica l'obbligo di seguire la procedura, tranne nel caso in cui il livello accessibile non sia superiore a 5 volte il livello accessibile della classe 2 nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 400 e 700 nm. In tal caso si applica la prescrizione prevista per la classe 3A.

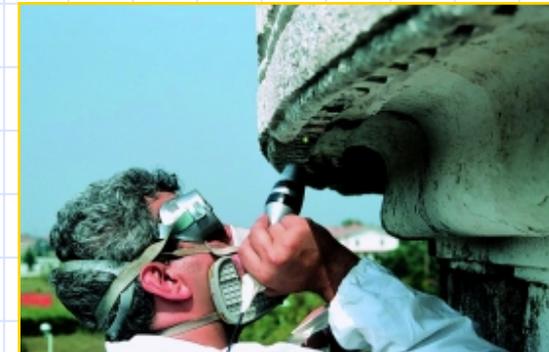
Il segno x\* indica che la procedura è obbligatoria per il laser della classe 3A osservato con ottiche (binocoli, microscopi, telescopi, ecc.). Per i sistemi di fibra ottica di classe superiore a 3A, valgono le prescrizioni per i laser di classe 3B.

# Requisiti minimi di sicurezza laser cl 3 R nuova classificazione

<b>Conformità</b> degli apparecchi laser alla norma CEI EN 60825-1	Richiesto
<b>Valutazione del rischio</b> associata ai sistemi laser effettuata da Tecnico Sicurezza Laser e Servizio Prevenzione Protezione	Richiesto per lunghezze d'onda non nel visibile
<b>Indicatore di funzionamento</b> che segnali opportunamente, chiaramente visibile, ridondante (se necessario) che il laser è in funzione	Richiesto per lunghezze d'onda non nel visibile
La <b>traiettoria del fascio</b> alla fine del suo percorso utile deve essere su un materiale a bassa riflettività e di proprietà termiche adeguate, quando praticabile deve essere presente il contenimento del fascio laser, quando praticabile deve essere presente un layout del fascio tale che non sia possibile l'interazione con gli occhi delle persone presenti	Richiesto
Valutazione di possibili <b>riflessioni speculari</b> accidentali	<b>Richiesto</b>
<b>Protezione degli occhi</b>	Richiesto se vengono superati i livelli di Esposizione Massima Permissa (EMP)
Individuazione dei <b>pericoli collaterali</b> quali: elettrico, da radiazione collaterale, di incendio, per agenti criogenici, per agenti chimici e per contaminazione dell'atmosfera, valutazione dei rischi associati ed eventuali misure di prevenzione	Richiesto
<b>Formazione ed addestramento</b> specifico	Richiesto, per l'attività di normale funzionamento e di manutenzione
<b>Sorveglianza sanitaria</b>	Richiesto, per le applicazioni che includono l'osservazione diretta del fascio attraverso ottiche

# MISURE DI SICUREZZA GENERALI PER LASER DI CLASSE 4

- Comando a chiave
- Segnaletica di avvertimento
- Protezione degli occhi
- Se il fascio è focalizzato evitare riflessioni speculari
- Se il fascio è collimato
  - Arresto del fascio o attenuatore
  - Tragitto del fascio (assorbitori)
- Maschera di protezione fumi o sistema di aspirazione



# PROTEZIONE OCULARE

Usare occhiali che abbiano le informazioni  
adeguate per un loro uso corretto

Lunghezza d'onda appropriata

Distanza di rischio oculare

Densità ottica richiesta

Scelta degli occhiali

- Portabilità
- Campo visivo
- Aderenza
- Ventilazione
- Superfici non riflettenti



# MISURE DI SICUREZZA ESTERNE

Va determinata la zona nominale di rischio (ZNR)

Va vietato l'accesso nella zona dove si supera l'esposizione massima permessa (EMP)

Il personale ammesso entro la ZNR deve essere autorizzato e adeguatamente protetto

All'interno della ZNR deve essere vietato il transito ai veicoli

Il percorso del fascio non deve essere tenuto al livello degli occhi

Il percorso del fascio deve terminare su un mezzo opaco/assorbente

Quando non è in uso il laser deve essere disabilitato

# SUGGERIMENTI PRATICI

Far indossare sempre gli occhiali a chi si avvicina al laser

Non guardare mai il laser in funzione nell'apertura o alla fine del manipolo

Evitare riflessi e superfici riflettenti in prossimità del fascio

Tenere presente che superfici opache nel visibile sono riflettenti nell'infrarosso (Nd:YAG)

Usare quindi strumenti sabbiati



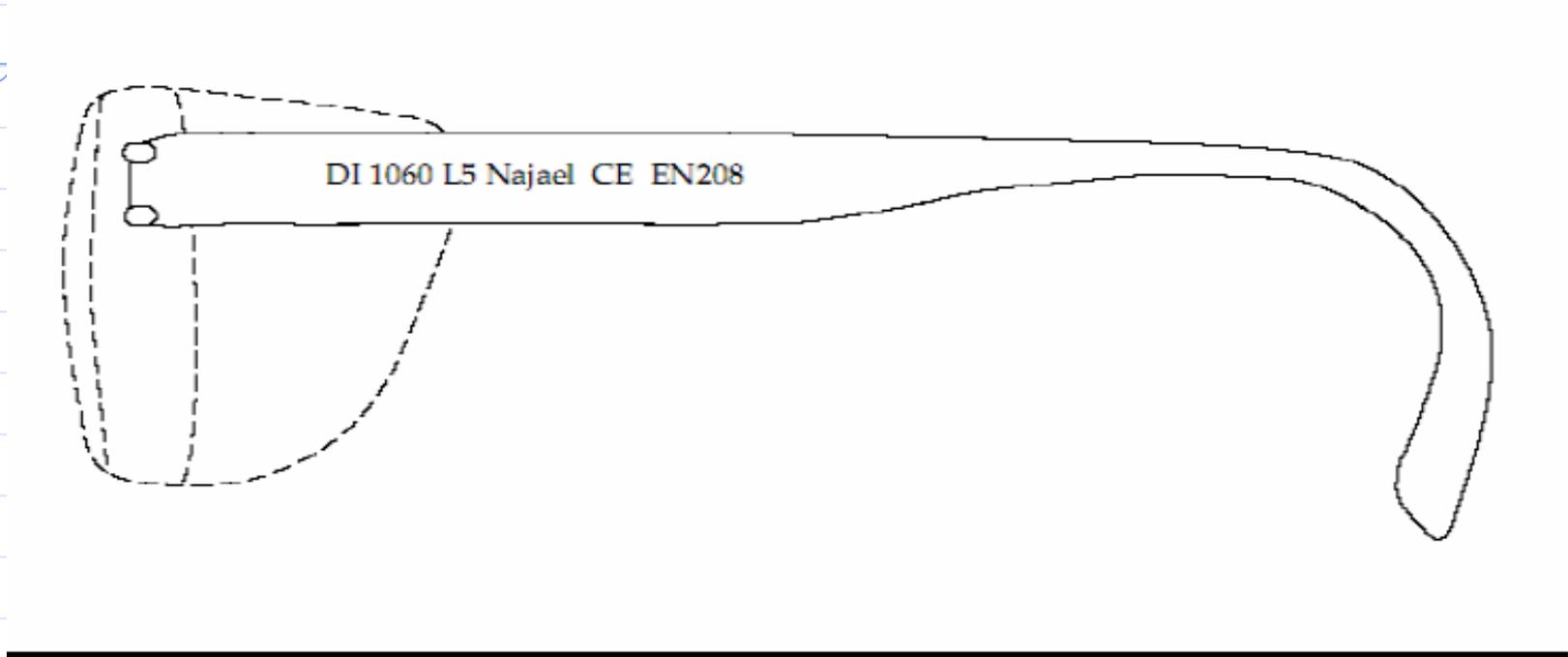
# Misure di sicurezza individuali

- ◆ UNI-EN 207: DPI per impiego laser
- ◆ UNI-EN 208: DPI per allineamento laser
- ◆ Etichettatura degli occhiali di protezione
  - ◆ **D** laser continui
  - ◆ **I** laser impulsati ( $\mu\text{s}$ )
  - ◆ **R** laser ad impulsi "giganti" in regime di "Q switch" (ns)
  - ◆ **M** laser ad impulsi brevi in regime di "mode locking" (ps, fs,)
  - ◆ **Lunghezza d'onda** o **dominio spettrale** per cui è assicurata la protezione
  - ◆ Valore di **densità ottica** (1-10) per quella lunghezza d'onda
  - ◆ Identificazione **produttore**
  - ◆ Marchio certificazione (**CE**)
  - ◆ Norma di riferimento (UNI-EN 207 o 208)

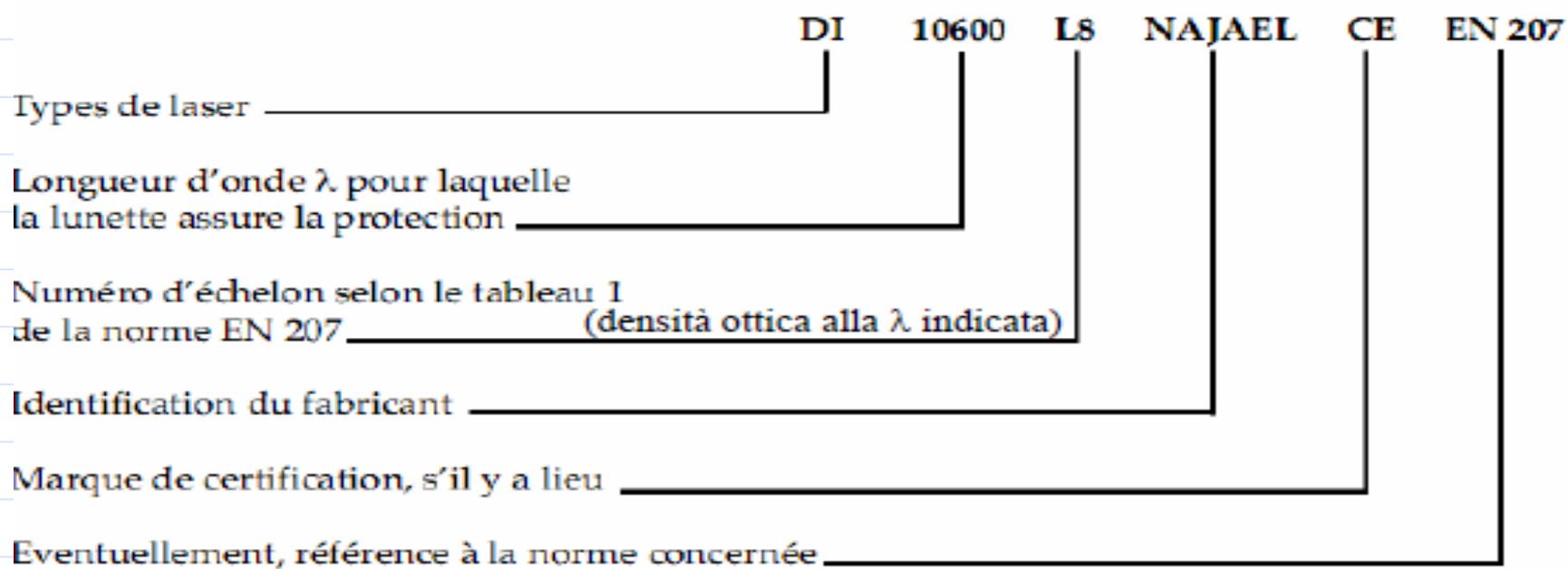
# Scelta dei protettori oculari

- lunghezza o lunghezze d'onda di lavoro;
- esposizione energetica o irradiazione o numero di graduazione;
- esposizione massima permessa (EMP);
- densità ottica del protettore oculare alla lunghezza d'onda di emissione del laser;
- prescrizioni sulla trasmissione della radiazione visibile;
- valori dell'esposizione o dell'irradiazione per i quali il protettore oculare viene danneggiato;
- necessità di utilizzare lenti correttive;
- confortevolezza e ventilazione;
- degradazione o modifica temporanea o permanente dei mezzi assorbenti;
- solidità dei materiali (resistenza agli urti);
- prescrizioni sulla visione periferica.

Verificare che su ogni protettore oculare siano menzionate chiaramente le informazioni adeguate per assicurare l'utilizzo corretto del protettore in rapporto al laser utilizzato.



Esempio di etichettatura occhiali



# Rischi Indiretti 1

## ◆ Pericoli d'incendio (combustione)

- In caso di interazione con sostanze infiammabili soprattutto nel corso di tagli, saldature in cui il bersaglio può emettere particelle incandescenti

## ◆ Agenti criogenici

- La manipolazione di questi agenti deve prevedere particolari precauzioni

## ◆ Contaminazione dell'atmosfera

- Può essere necessaria una buona ventilazione o la captazione dei vapori in sistemi a circolazione di gas a causa di prodotti intermedi di reazioni o per vapori provenienti da agenti criogenici

# Segnaletica di sicurezza – esempio laser cl 4



- Targhetta di avvertimento
- Targhetta informativa con la seguente dicitura:

RADIAZIONE LASER

EVITARE L'ESPOSIZIONE DELL'OCCHIO O DELLA PELLE ALLA RADIAZIONE  
DIRETTA O DIFFUSA

APPARECCHIO LASER DI CLASSE 4

sulla targhetta devono risultare le caratteristiche principali

- Targhette appropriate devono essere chiaramente associate ad ogni blocco di sicurezza
- Sulle porte di accesso del locale dove si utilizza l'apparecchiatura deve essere fissato un segnale di avvertimento

# ZLC

## “ZONA LASER CONTROLLATA”

- Zona in cui, quando il laser è in uso, intorno ad esso c'è rischio di superamento dell'esposizione massima permessa (EMP) per la cornea, organo di riferimento in quanto più vulnerabile: gen. coincide col locale laser
- Vanno fatti i controlli di sicurezza laser e date procedure
- Durante l'uso del laser le porte di accesso al locale devono essere tenute chiuse
- La chiave di comando laser, quando non in funzione, va tolta e custodita per evitare uso improprio
- Ogni accesso alla ZLC deve essere contrassegnato con segnaletica conforme + info su tipo laser e protezione oculare da usare
- Segnaletica luminosa gialla aggiuntiva “Attenzione: laser in funzione”



## • Esempi di segnaletica



Fig.1.1-Pericolo di radiazione laser\*

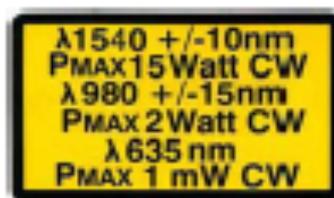


Fig.1.2-Indicazione sui parametri di esposizione



Fig.1.3-Avertimento sull'esposizione diretta



Fig.1.4-Avertimento sull'esposizione in caso di apertura



Fig. 1.5-Indicazione sulla normativa usata per la classificazione del laser

Fig.1.6-Zona laser Controllata



## Segnaletica non conforme



Segnaletica scorretta:

- sopra: non in italiano
- lato: non UE (USA-ANSI)



## Segnaletica luminosa

I segnali luminosi posti sulle porte d'accesso alla Zona Controllata non possono sostituire la cartellonistica affissa sulla porta di accesso ma sono ad integrazione.





**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**