



# UNIVERSITÀ DI FERRARA

*CENTRO SERVIZI IGIENE, SICUREZZA E TUTELA AMBIENTALE*  
Via Fossato di Mortara, 47 I-44100 FERRARA (Italy)

---

## Procedura sicurezza LASER

---

# Sommario

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI E DEFINIZIONI.....</b>	<b>3</b>
<b>CLASSIFICAZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>RISCHI DIRETTI E CORRELATI.....</b>	<b>6</b>
<b>MISURE DI SICUREZZA .....</b>	<b>7</b>
<b>LASER SAFETY PLAN (LSP) .....</b>	<b>10</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>11</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>11</b>

## Introduzione

La seguente procedura è finalizzata, in conformità con gli standards normativi di riferimento, ad assicurare a tutti gli operatori **un'adeguata avvertenza** nei confronti dei rischi associati alle radiazioni accessibili provenienti da apparecchi laser, **al fine di diminuire la possibilità di danni** ed assicurare un'utilizzazione senza pericolo degli stessi.

## Riferimenti normativi e definizioni

- Norma CEI 76 Fascicolo 3849 R Anno 1998 Ed Prima "Guida per l'utilizzazione di apparati LASER"
- Norma CEI 76 Fascicolo 3850 R Anno 1998 Ed Prima "Guida per l'utilizzazione di apparati LASER per laboratori di ricerca"
- Norma CEI EN 60825-1 2003-02 Fascicolo 6822 Ed Quarta "Sicurezza degli apparecchi LASER Parte 1 : Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore"
- Norma CEI EN 60825-4 2003 Fascicolo 6828 " Barriere per LASER"
- Norma UNI EN 207:2004 Protezione personale degli occhi – filtri protettori dell'occhio contro radiazioni laser ( protettori dell'occhio per laser)
- Norma UNI EN 208:2004 Protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser ( protettori dell'occhio per regolazioni laser)

Contattare il Servizio Igiene, Sicurezza e Tutela Ambientale ( SISTA ) per avere copia degli standards normativi di riferimento.

Il **Responsabile Sicurezza Laser** coincide con il Direttore della linea di ricerca o del progetto.

La **Commissione Sicurezza Laser (LSC)** deve essere composta da un esperto di laser, un esperto in materia di sicurezza e un medico competente. Tale commissione avrà il compito di attestare l'idoneità di ogni LSP ( Laser safety plan).

Il **Piano Sicurezza Laser (LSP)** consiste nella descrizione del sistema laser e nelle procedure operative e di emergenza contenenti la descrizione dettagliata delle operazioni da eseguire in fase di utilizzo e manutenzione del laser, la descrizione dei rischi associati a ogni specifico sistema e le prescrizioni per ridurli.

# Classificazione

## Descrizioni delle classi LASER

**Classe 1:** Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, compreso l'impiego di strumenti ottici per visione diretta del fascio.

**Classe 1M:** Laser che emettono radiazioni nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 302.5 nm e 4000nm, che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, ma che possono essere pericolosi se l'utilizzatore impiega ottiche all'interno del fascio. Si applicano due condizioni:

- a) Per fasci divergenti, se l'utilizzatore pone i componenti ottici entro 100 mm dalla sorgente per concentrare (collimare) il fascio, oppure
- b) Per un fascio collimato con un diametro superiore a quello specificato nella tabella 10 per le misure dell'irradiazione e dell'esposizione

**Classe 2:** Laser che emettono radiazione visibile nel l'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 nm e 700nm, in cui la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalla reazione di difesa compreso il riflesso palpebrale. Questa reazione può essere prevista per fornire una protezione adeguata nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, compreso l'impiego di strumenti ottici per visione diretta del fascio.

**Classe 2M:** Laser che emettono radiazione visibile nel l'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 nm e 700nm, in cui la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalla reazione di difesa compreso il riflesso palpebrale. Tuttavia l'osservazione dell'emissione può risultare più pericolosa se, all'interno del fascio l'utilizzatore impiega ottiche. Si applicano due condizioni:

- a) Per fasci, se l'utilizzatore pone i componenti ottici entro 100 mm dalla sorgente per concentrare ( collimare ) il fascio, oppure
- b) Per fascio collimato con diametro superiore a quello specificato nella tabella 10 per le misure di irradiazione e dell'esposizione energetica.

**Classe 3R:** Laser che emettono nell'intervallo di lunghezze d'onda compreso tra 302.5 nm e  $10^6$  nm, in cui la visione diretta del fascio è potenzialmente pericolosa, ma il rischio è inferiore a quello dei laser di classe 3B e si applicano prescrizioni costruttive e misure di controllo per l'utilizzatore minori rispetto ai laser della classe 3B. Il limite di emissione accessibile è compreso entro cinque volte il LEA della classe 2 nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400nm e 700 nm e cinque volte il LEA della Classe 1 per le altre lunghezze d'onda.

**Classe 3B:** Laser che sono normalmente pericolosi in caso di visione diretta del fascio ( cioè all'interno del DNRO distanza nominale di rischio oculare). Le riflessioni diffuse sono normalmente sicure.

**Classe 4:** 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.

## Responsabilità di classificazione

**E' responsabilità del costruttore , o del suo agente, fornire la corretta classificazione di un apparecchio laser.**

**Se modifiche, richieste da un utilizzatore, di un apparecchio laser precedentemente classificato influenzano un qualunque aspetto della prestazione, o delle funzioni previste**

dall'apparecchio, la persona o l'organismo che effettua una tale modifica ha la responsabilità di provvedere alla riclassificazione ed alla rietichettatura dell'apparecchio.

Tab. 10 **Diameters of the measurement apertures and measurement distances** **Diametri di apertura e distanze di misura**

Lunghezza d'onda Wavelength nm	Per valori espressi in potenza W o energia J For values expressed in power W or energy J				Per irradiazione W/m <sup>2</sup> b oppure per esposizione energetica J/m <sup>2</sup> b For irradiance W/m <sup>2</sup> b or radiant exposure J/m <sup>2</sup> b	
	Condizione 1 Condition 1		Condizione 2 Condition 2		Diaframma limite Limiting aperture mm	Distanza Distance mm
Per la Classe 1 vedi anche 9.2g) Per la Classe 2 vedi anche 9.2h) For Class 1 see also 9.2g) For Class 2 see also 9.2h)	Diaframma Aperture stop mm	Distanza Distance mm	Diaframma Aperture stop mm	Distanza Distance mm		
< 302,5 nm	-	-	7	14	1	0
≥ 302,5 nm ÷ 400 nm	25	2 000	7	14	1	100
≥ 400 nm ÷ 1400 nm	50	2000	7 <sup>a</sup>	r <sup>a</sup>	7	100
≥ 1400 nm ÷ 4000 nm	25	2000	7	14	1 per_for t ≤ 0,35 s 1,5 β <sup>3/8</sup> per_for 0,35 s < t < 10 s 3,5 per_for t ≥ 10 s (t in s)	100
≥ 4000 nm ÷ 10 <sup>5</sup> nm	-	-	7	14	1 per_for t ≤ 0,35 s 1,5 β <sup>3/8</sup> per_for 0,35 s < t < 10 s 3,5 per_for t ≥ 10 s (t in s)	0
≥ 10 <sup>5</sup> nm ÷ 10 <sup>6</sup> nm	-	-	7	14	11	0

a per i limiti fotochimici e  $t \leq 100$  s,  $r$  è dato da:  
 $r = 14$  mm per  $\alpha \leq 1,5$  mrad  
 $r = 100$  mm ( $\alpha/11$  mrad) per  $1,5$  mrad <  $\alpha \leq 11$  mrad  
 $r = 100$  mm per  $\alpha > 11$  mrad  
 (per le prove delle Classi 1M e 2M, fare riferimento a 9.2g) e h))  
 Per i limiti fotochimici e  $t > 100$  s,  $r$  è dato da (per la definizione di  $\gamma_p$ , fare riferimento a 9.3c).

$r = 14$  mm per  $\alpha \leq 1,5$  mrad  
 $r = \left( 14 + 86 \frac{\alpha - 1,5 \text{ mrad}}{\gamma_p - 1,5 \text{ mrad}} \right)$  mm per  $1,5$  mrad <  $\alpha \leq \gamma_p$

$r = 100$  mm per  $\alpha > \gamma_p$   
 (per le prove delle Classi 1M e 2M, fare riferimento a 9.2g) e h))

Per i limiti termici,  $r$  è dato da

$r = (100 \text{ mm}) \sqrt{\frac{\alpha + 0,46 \text{ mrad}}{\alpha_{\max}}}$  se  $\alpha < \alpha_{\min}$ ,  $r = 14$  mm. Se  $\alpha \geq \alpha_{\max}$ ,  $r = 100$  mm

(per le prove delle Classi 1M e 2M, fare riferimento a 9.2g) e h))

For the photochemical limits and  $t \leq 100$  s,  $r$  is given by

$r = 14$  mm for  $\alpha \leq 1,5$  mrad  
 $r = 100$  mm ( $\alpha/11$  mrad) for  $1,5$  mrad <  $\alpha \leq 11$  mrad  
 $r = 100$  mm for  $\alpha > 11$  mrad

(for the test for Class 1M and 2M, refer to 9.2g) and h))

For the photochemical limits and  $t > 100$  s,  $r$  is given by (for the definition of  $\gamma_p$ , refer to 9.3c).

$r = 14$  mm for  $\alpha \leq 1,5$  mrad  
 $r = \left( 14 + 86 \frac{\alpha - 1,5 \text{ mrad}}{\gamma_p - 1,5 \text{ mrad}} \right)$  mm for  $1,5$  mrad <  $\alpha \leq \gamma_p$

$r = 100$  mm for  $\alpha > \gamma_p$   
 (for the test for Class 1M and 2M, refer to 9.2g) and h))

For the thermal limits,  $r$  is given by

$r = (100 \text{ mm}) \sqrt{\frac{\alpha + 0,46 \text{ mrad}}{\alpha_{\max}}}$  se if  $\alpha < \alpha_{\min}$ ,  $r = 14$  mm. If  $\alpha \geq \alpha_{\max}$ ,  $r = 100$  mm

(for the test for Class 1M and 2M, refer to 9.2g) and h))

b Nell'intervallo di lunghezza d'onda da 400 nm a 4000 nm, questi valori sono applicabili anche per la misura della potenza e dell'energia per la Classe 1M e la Classe 2M (vedi 9.2g) e h)).  
 In the wavelength range of 400 nm to 4000 nm, these values are also applicable for the measurement of power or energy for Class 1M and Class 2M (see 9.2g) and h)).

## Rischi diretti e correlati

Alle apparecchiature LASER sono correlati un' ampia gamma di rischi potenziali.

Le radiazioni LASER possono causare danni ad occhi e pelle. LASER ad elevata potenza possono esporre anche a rischi elettrici, chimici e di incendio.

### **Danni per l'apparato oculare e per la pelle**

I danni possono colpire varie parti dell'apparato oculare in relazione alla lunghezza d'onda della radiazione laser e l'entità può variare in relazione alla quantità di energia assorbita dai tessuti.

Per esempio:

- le radiazioni nel campo del visibile e vicino infrarosso vengono assorbite e possono causare danni alla retina
- le radiazioni nel campo del vicino ultravioletto e medio infrarosso possono causare danni al cristallino
- le radiazioni nel lontano infrarosso e nel medio ultravioletto possono causare danni alla cornea
- lesioni corneali e retiniche possono derivare dal calore risultante dall'assorbimento energetico o da reazioni fotochimiche
- alcuni campi di transizione tra lunghezze d'onda possono risultare pericolosi per cornea e retina

Benché meno frequenti i danni per la cute sono gli stessi dell'apparato oculare e in certe situazioni, in cui vengono utilizzati adeguati protettori oculari, l'esposizione cutanea rimane il rischio più elevato.

### **Contaminazione dell'atmosfera**

In funzione del tipo di laser utilizzato nell'aria ambiente possono concentrarsi:

- gas provenienti dagli stessi sistemi laser, o da intermedi di reazione ( es. bromo, cloro, fluoro, acido cianidrico).
- Gas o vapori provenienti da agenti criogeni

### **Radiazione ultravioletta collaterale**

Rischi considerevoli possono essere provocati dalla radiazione ultravioletta dovuta alle lampade flash o ai tubi a scarica di laser continui, particolarmente quando sono utilizzati tubi o specchi che trasmettono l'ultravioletto.

### **Radiazione collaterale visibile e infrarossa**

La radiazione visibile e al vicino infrarosso, emessa da lampade flash, da sorgenti di pompaggio e da radiazioni di ritorno dal bersaglio, può essere di una radianza sufficiente per creare un pericolo potenziale.

### **Pericoli elettrici**

La maggior parte dei laser fa uso di alte tensioni e i laser pulsati sono particolarmente pericolosi a causa dell' alta energia immagazzinata nei banchi di condensatori. Componenti di circuiti come tubi elettronici che lavorano a tensioni anodiche maggiori di 5kV possono emettere raggi X e quindi andrebbero opportunamente schermati.

## **Agenti criogeni**

Liquidi criogeni possono provocare necrosi e la loro manipolazione richiede particolari precauzioni.

## **Pericolo di incendio e combustione**

Esiste rischio incendio anche a grande distanza per interazione del fascio con sostanze infiammabili. Durante le operazioni di taglio, foratura o saldatura si possono generare particelle incandescenti emesse dal bersaglio.

## **Altri pericoli**

Esiste la possibilità di esplosioni nel banco di condensatori o nei sistemi di pompaggio ottico durante le operazioni di alcuni laser ad alta potenza.

Sono anche possibili reazioni esplosive di reagenti nei laser chimici o di altri gas usati in laboratorio.

## **Misure di Sicurezza**

### **Connettore di blocco a distanza**

Il connettore di blocco a distanza dei laser di classe 3B e 4 deve essere collegato ad un blocco di scollegamento principale di emergenza, o a dispositivi di blocco dei locali o delle porte o degli infissi.

In alternativa l'accesso ai locali deve essere regolamentato indicando:

- Elenco del personale autorizzato
- Segnalazione di divieto di accesso ( luce rossa)
- Cartelli di divieto di ingresso espliciti

### **Comando a chiave**

I sistemi appartenenti alle classi 3B e 4, quando non utilizzati, devono essere protetti da un uso non autorizzato rimuovendo la chiave del comando.

In alternativa i locali devono essere chiusi a chiave e la chiave accessibile solo a personale autorizzato.

### **Dispositivo di arresto del fascio o attenuatore**

L'esposizione involontaria di un osservatore alla radiazione di un apparecchio laser di classe 3B o di classe 4 deve essere prevenuta impiegando un dispositivo di arresto o un attenuatore del fascio.

### **Segnali di avvertimento**

Sugli accessi alle aree e sugli involucri di protezione che contengono apparecchi laser di classe 3B o di classe 4 devono essere affissi segnali di avvertimento.



### **Traiettorie del fascio**

Le traiettorie esposte del fascio devono passare al di sopra o al disotto del livello degli occhi.

Le traiettorie del fascio non devono incrociare il passaggio delle persone o altre vie di accesso e devono, quando possibile, essere al chiuso.

Il fascio emesso da ogni apparecchio alla fine del suo percorso utile deve essere terminato con un materiale diffondente e con adeguate proprietà riflettenti e termiche, o con materiali assorbenti.

### **Riflessioni speculari**

Si deve prestare particolare attenzione ad impedire le riflessioni speculari accidentali di radiazioni dagli apparecchi laser di classe 3R, 3B e 4.

Nel dettaglio è bene prestare particolare attenzione:

- Controllo delle superfici dell'area di lavoro
- Controllo su oggetti che intercettano il cammino del fascio
- Evitare l'utilizzo di orologi, bracciali, anelli, montature di occhiali ecc...

### **Protezione degli occhi**

Nelle aree di pericolo in cui sono impiegati apparecchi laser di classe 3R che emettano energia con una lunghezza d'onda esterna all'intervallo da 400 a 700 nm, di classe 3B o di classe 4 si deve impiegare una adeguata protezione oculare prevista per lunghezze d'onda specifiche.

Nella scelta del protettore oculare si deve tenere in considerazione:

1. la o le lunghezze d'onda di funzionamento
2. l'esposizione energetica o l'irradiamento
3. l'esposizione massima permessa (EMP)
4. la densità ottica delle protezioni oculari alla lunghezza d'onda emessa
5. i requisiti di trasmissione della luce visibile
6. l'esposizione energetica o l'irradiamento a cui avviene il danno delle protezioni oculari
7. la necessità di impiegare occhiali da vista
8. il comfort e la ventilazione

9. il degrado o le alterazioni del mezzo assorbente , anche se temporanee o transitorie
10. la resistenza dei materiali ( resistenza agli urti)
11. le prescrizioni per la visione periferica
12. gli eventuali regolamenti nazionali relativi ( Norme UNI EN 207:2004 e UNI EN 208:2004)

### **Indumenti protettivi**

I laser di classe 4, in modo particolare, rappresentano un potenziale pericolo di incendio e gli indumenti protettivi indossati dovrebbero essere in un adeguato materiali ignifugo e termoresistente.

### **Addestramento**

Il funzionamento di apparecchi laser può rappresentare un pericolo non solo per l'utilizzatore ma anche per altre persone poste a distanza considerevole.

**A causa di tale potenziale pericolo, al controllo di questi sistemi deve essere posto solo personale che abbia ricevuto un adeguato livello di addestramento.**

**L'addestramento deve includere, ma non essere limitato, a:**

1. **familiarizzazione con le procedure di funzionamento del sistema**
2. **corretto utilizzo delle procedure di controllo del pericolo, dei segnali di avvertimento, ecc...**
3. **la necessità della protezione personale**
4. **le procedure di rapporto in caso di incidente**
5. **gli effetti biologici del laser sugli occhi e sulla pelle**

### **Sorveglianza medica**

Se vengono effettuati esami oftalmici questi devono essere realizzati da specialisti qualificati e devono essere limitati al personale che opera con i laser di classe 3B e 4.

Gli esami oftalmici effettuati prima , durante e dopo l'assunzione di personale che opera con laser di classe 3B e 4 rivestono solo un valore medico legale e non fanno necessariamente parte del programma di sicurezza.

## LASER Safety Plan (LSP)

### ES. di LSP per Sistemi laser di classe 3B e 4

1. Breve descrizione del sistema e relativa classificazione
2. Nome, firma e contatti ( indirizzo, telefono e e-mail) dei Responsabili del Sistema Laser
3. Descrizione tecnica delle caratteristiche strumentali
  - lunghezza o lunghezze d'onda
  - a onda continua?  Sì  NO
  - pulsato?  Sì  NO Durata dell'impulso \_\_\_\_\_
  - massima potenza o energia \_\_\_\_\_
4. Descrizione dell'attrezzature e dell'ambiente in cui sarà usato il laser
5. Allegare procedure operative standard (POS) per le operazioni di funzionamento generale (comprese le fasi di allineamento del raggio) e per le operazioni di manutenzione del sistema.
6. Descrizione delle misure di sicurezza adottate e del grado di formazione degli addetti ( Piano di Formazione nuovi addetti e aggiornamento).
7. Indicare se esistono circostanze in cui il sistema deve essere utilizzato in presenza di pubblico ( es. esperienze didattiche o visite studenti)
8. Indicare riferimenti del Preside di Facoltà o Direttore di Dipartimento o Responsabile del gruppo di ricerca che ha acquistato il sistema laser

Piano n° \_\_\_\_\_

Giudizio della Commissione di sicurezza Laser

Approvato

Approvato con prescrizioni

Differito per revisione

Non approvato

Responsabile sicurezza Laser \_\_\_\_\_

Firma

Data

## Conclusioni

Ogni Dipartimento che utilizzi apparecchiature LASER deve documentare alla LSC( Commissione Sicurezza Laser) che sono state implementate le appropriate misure di controllo al fine di ridurre la probabilità di esposizione degli operatori ai suddetti rischi.

Per ogni installazione, significativa modifica strumentale o di processo riguardante laser di elevata potenza il/i responsabili dovranno pertanto produrre un LSP che verrà valutato dalla suddetta commissione.

L'analisi del piano sarà basata su tre aspetti primari:

1. classificazione del laser
2. attrezzature a ambiente dove il laser verrà utilizzato
3. personale operante sulla macchina e nelle sue vicinanze.

La commissione avrà la responsabilità di approvare o chiedere integrazioni al Piano affinché vengano rispettati gli standard di sicurezza operativa; resta poi in capo ai responsabili e agli operatori il rispetto di quanto definito e approvato.

I Piani e le condizioni di sicurezza dovranno essere auditate sistematicamente, almeno una volta all'anno. Gli audit verranno realizzati dal personale del servizio di Prevenzione e Protezione e le registrazioni delle attività di audit verranno riportate alla commissione per la sicurezza laser.

### Near miss

**Per near miss si intendono gli incidenti senza danni ma l'indagine dei quali consente di individuare fattori che possono prevenire l'accadimento di incidenti gravi. Gli operatori sono quindi invitati a riportare il near miss ai responsabili e alla CSL.**

## Bibliografia

- Norma CEI 76 Fascicolo 3849 R Anno 1998 Ed Prima "Guida per l'utilizzazione di apparati LASER"
- Norma CEI 76 Fascicolo 3850 R Anno 1998 Ed Prima "Guida per l'utilizzazione di apparati LASER per laboratori di ricerca"
- Norma CEI EN 60825-1 2003-02 Fascicolo 6822 Ed Quarta "Sicurezza degli apparecchi LASER Parte 1 : Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore"
- R. Cubeddu, S. Donati, R. Marchesini, A. Sona " Sicurezza LASER" Ed. AEI
- OSU Oklahoma State University " Laboratory Safety Manual" Charter 6 LASER Safety