

**La sicurezza e la salute dei lavoratori durante il lavoro**



**Il rischio laser**  
**Informazioni utili per il vostro benessere**

Corso di autoformazione multimediale

Anno 2006



## **Principali usi del laser:**

**Lettori di CD e DVD**

**Lettori di codice a barre**

**Puntatori**

**Taglio di materiali**

**Chirurgia (bisturi laser)**

**Chirurgia dell'occhio**

**Trattamenti estetici (epilazione, rimozione rughe e macchie della pelle,  
rimozione tatuaggi)**

**Microscopia (es. confocale, a due fotoni, ...)**

**Ablazione e deposizione di materiali**

**Spettroscopia**

**Sorgenti di radiazione secondaria (X, UV)**

**Metrologia**

**LIDAR (misure dell'atmosfera, autovelox)**

**Telecomunicazioni in fibra ottica**

**Ricerca**

**Fotocopiatrici Laser**

**Show di luci / discoteche**

**Microlavorazioni**

**Industria elettronica (litografia)**

**1) cosa e' un laser**

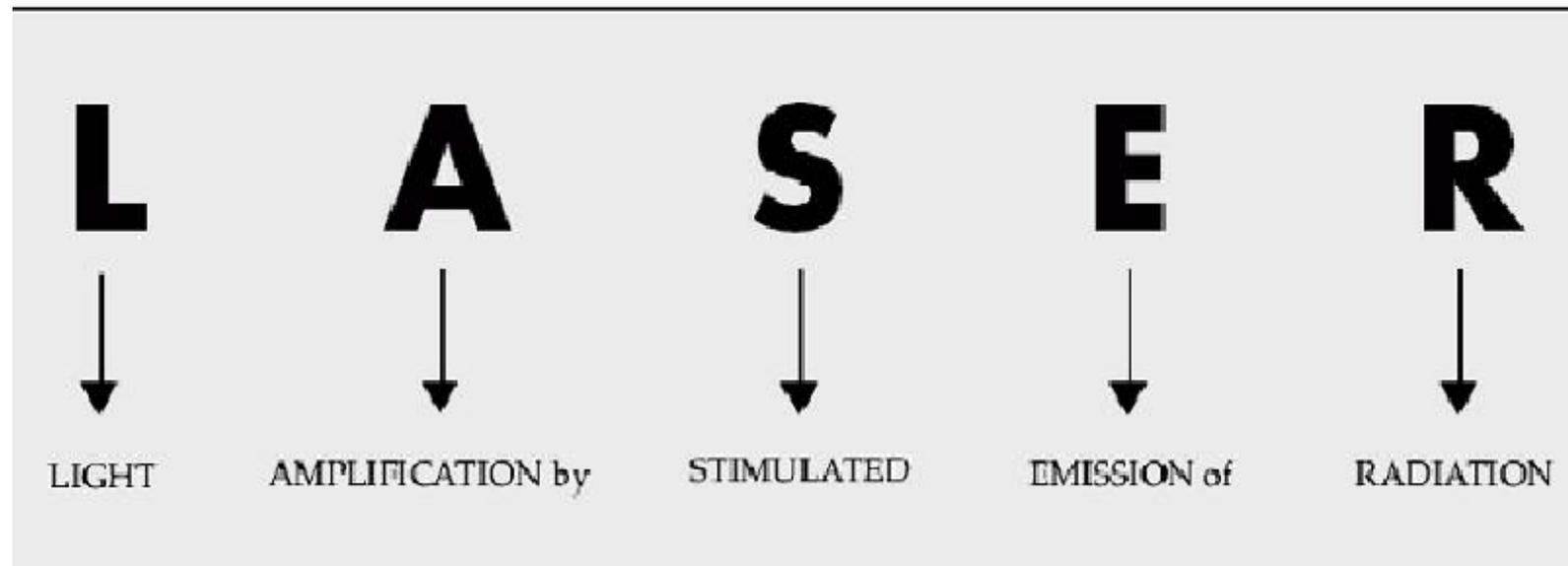
**2) rischi da laser**

**3) classificazione dei laser**

**4) misure di prevenzione e sicurezza**

**5) normativa**

## 1) Che cosa e' un laser:



**Cioè: amplificazione della luce per emissione stimolata di radiazione**

## Luce normale



BASSA DIREZIONALITA'  
BASSA MONOCROMATICITA'  
BASSA COERENZA  
BASSA POTENZA

## Luce laser

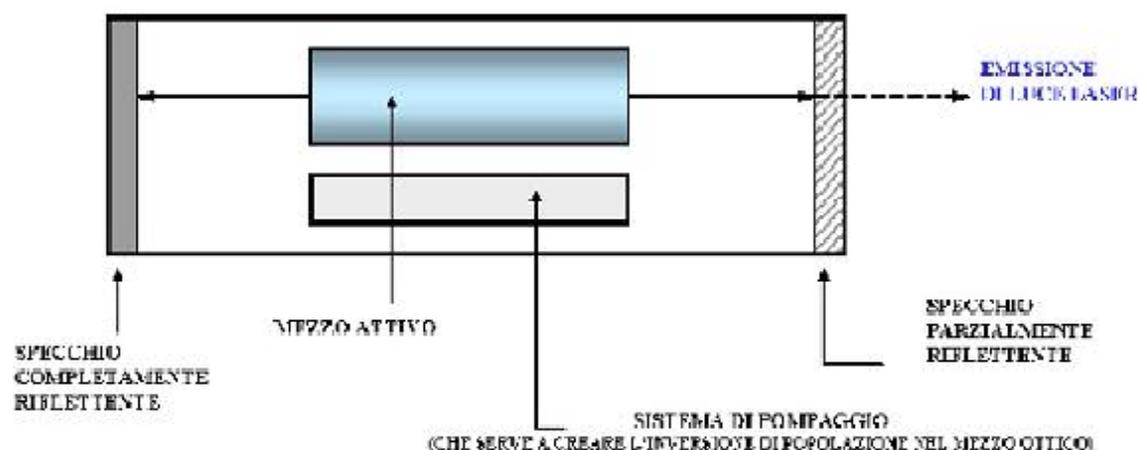


ALTA DIREZIONALITA'  
ALTA MONOCROMATICITA'  
ALTA COERENZA  
ALTA POTENZA

## Due "ingredienti"

- IL MECCANISMO DI EMISSIONE  
(Emissione Stimolata  
vs. Emissione Spontanea)
- LA CAVITA' OTTICA RISONANTE

## Schema di principio di un laser



Il funzionamento del laser si basa sull'emissione stimolata di radiazione da parte degli atomi di una sostanza opportuna, detta materiale attivo. Gli atomi vengono dapprima "eccitati", ovvero portati a un livello energetico superiore mediante una sorgente energetica esterna (pompaggio), quindi vengono "stimolati" a emettere l'energia immagazzinata per mezzo di una radiazione esterna di frequenza determinata. I fotoni che costituiscono la radiazione emessa hanno la frequenza caratteristica degli atomi da cui sono stati emessi, e viaggiano in fase con i fotoni stimolatori.

L'amplificazione della luce è ottenuta mediante successive riflessioni dei fotoni in una cavità risonante, essenzialmente costituita da due specchi paralleli posti alle estremità dello strumento, di cui uno totalmente e l'altro parzialmente riflettente. Durante il percorso fra uno specchio e l'altro, i fotoni colpiscono altri atomi eccitati, che a loro volta emettono nuovi fotoni, caratterizzati dalla medesima frequenza e fase dei fotoni già presenti, generando quindi una radiazione monocromatica, estremamente coerente e di alta intensità. Parte di questa radiazione viene poi fatta filtrare all'esterno attraverso lo specchio semiargentato.



## Piccola storia dei laser:

- 1917:** EINSTEIN formula la teoria dell'emissione stimolata per spiegare la legge di corpo nero di Planck
- 1939:** V.Fabrikant (URSS) prevede l'uso dell'emissione stimolata per amplificare onde "corte"
- 1950:** messa a punto del pompaggio ottico (inversione di popolazione grazie all'energia luminosa) da parte di A.KASTLER e J.BROSSEL
- 1951:** C.TOWNES (USA) N.BASOV, A.PROKHROV (URSS) teoria dell'emissione stimolata per l'amplificazione
- 1954:** GORDON mette a punto il MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation)
- 1958:** TOWNES e A.SCHAWLOW (USA), e BASOV (URSS), indicano che il principio del MASER può essere applicato alla luce (dove la M sta per microonde)
- 1960:** BASOV, O.KROKHIN e Yu.POPOV sviluppano la teoria del laser
- 1960:** primo laser a rubino realizzato da T.MAIMAN negli USA
- 1961:** primo laser a gas sviluppato da A.JAVAN, W.BENNET e D.HERRIOT (He-Ne). E' il laser più usato nel mondo
- 1963:** messa a punto del laser ad anidride carbonica da parte di C.PATEL
- 1963:** Premio Nobel in Fisica per l'invenzione del laser a BASOV, TOWNES e PROKHROV
- 1969:** funzionamento a temperatura ambiente dei laser a semiconduttori (diodi laser)

## Tipi di Laser e principali settori di utilizzo:

<b>Laser a gas:</b>	<b>laser ad atomi neutri:</b>	elio neon (He-Ne)	(elettronica, medicina)
		elio cadmio (He-Cd)	(odontoiatria, medicina)
		cromo (Cr)	(nanotecnologia)
	<b>laser ad ioni:</b>	argon (Ar <sup>+</sup> )	(elettronica, medicina)
		iodio	(ricerca, militare)
	<b>laser molecolari:</b>	anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )	(elettronica, medicina, odontoiatria, meccanica)
		azoto (N <sub>2</sub> )	(meccanica)
		eccimeri (KrF, XeCl)	(elettronica, medicina, industria)
		chimici (HF, DF,...)	(ricerca nucleare, elettronica)
		vapori metallici (Cu, Au)	(fotografia, medicina lavorazione materiali)
<b>Laser a stato solido:</b>		rubino .....	(meccanica, medicina)
		vetro (neodimio, ecc.).....	(medicina)
		YAG e YLF.....	(industria, medicina)
<b>Laser a coloranti (rodamina, fluoresceina)</b> .....			(elettronica, medicina)
<b>Laser a semi-conduttori</b> .....			(telematica, meccanica, ottica)
<b>Laser ad elettroni liberi (FEL)</b> .....			(elettronica, meccanica)



## 2) Rischi da laser:

- **Pericoli associati all'uso del laser**
- **Pericoli creati da effetti esterni (interferenze)**
- **Rischi biologici e patologie indotte dalla radiazione laser**



## Pericoli associati all'uso del laser:

### Inquinamento atmosferico:

- vaporizzazione materiale di lavorazione durante le operazioni di taglio, perforazioni e saldatura

### Raggi X e UV:

- originati da tubi di alimentazione e ad alta tensione
- generalmente presenti durante l'uso del laser al quarzo
- radiazioni UV da lampade flash e radiazioni nel visibile e nell'infrarosso da tubi del flash

### Incendio e esplosioni:

- banco dei condensatori, reazioni esplosive di reagenti nel laser chimici; fasci laser di energia elevata e apparati elettrici

### Rischi elettrici:

- possibili shock elettrici dovuti alle alte tensioni in cui lavorano la maggior parte dei laser
- maggior parte dei laser ad alta voltaggio e banchi di condensazione per laser pulsati

### Rischi criogeni:

- possibili ustioni dovute ai liquidi criogenici (idrogeno liquido, elio liquido, azoto liquido), asfissia, intossicazione (CO<sub>2</sub>)

### Rischio chimico:

- Possibili esplosioni dovute all'interazione tra i reagenti del laser e altre sostanze presenti

### Fasci riflessi:

- Banchi di lavoro, orologi e gioielli spesso possono essere sorgente di esposizione a fascio riflesso

### Rumore:

- Condensatori di laser pulsati ad alta potenza, interazioni con il bersaglio



## **Pericoli creati da effetti esterni (interferenze):**

**Temperatura**

**Umidita'**

**Urto/vibrazioni esterne**

**Vapori, polveri o gas provenienti dall'ambiente**

**Perturbazioni elettromagnetiche o in radiofrequenza**

**Interruzione o oscillazione della tensione di rete**

**Insufficiente compatibilita' e integrita' Hardware/Software**

## Effetti biologici e patologie indotte dalla radiazione laser:



Un fascio di luce laser sia diretto che riflesso da superfici speculari può causare danni anche irreversibili alle strutture oculari e alla pelle.

L'occhio è sicuramente l'organo più vulnerabile e si possono avere diversi tipi di danno a suo carico quali danni retinici di natura fotochimica, alterazioni retiniche caratterizzati da piccoli addensamenti di pigmento, discromie, effetti catarattogeni di origine fotochimica e termica, fotocheratocongiuntivite, ustioni corneali.

Da non trascurare sono anche gli eventuali danni a carico della cute tra cui: eritemi, ustioni cutanee superficiali e profonde.

Laser di potenza elevata possono danneggiare seriamente anche gli organi interni.

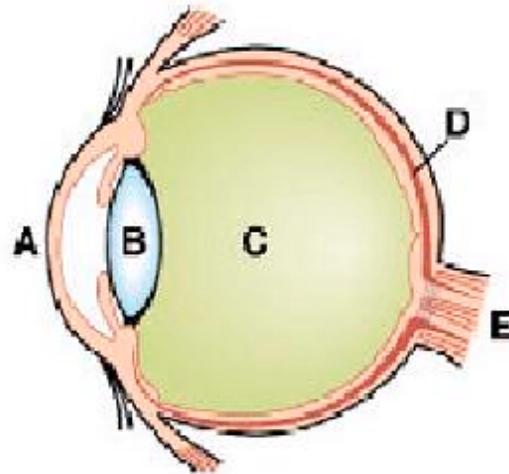


## **Effetti biologici della radiazione laser**

### **Dipendono da:**

- lunghezza d'onda (nm)
- energia trasmessa (W)
- durata dell'esposizione
- natura del tessuto esposto

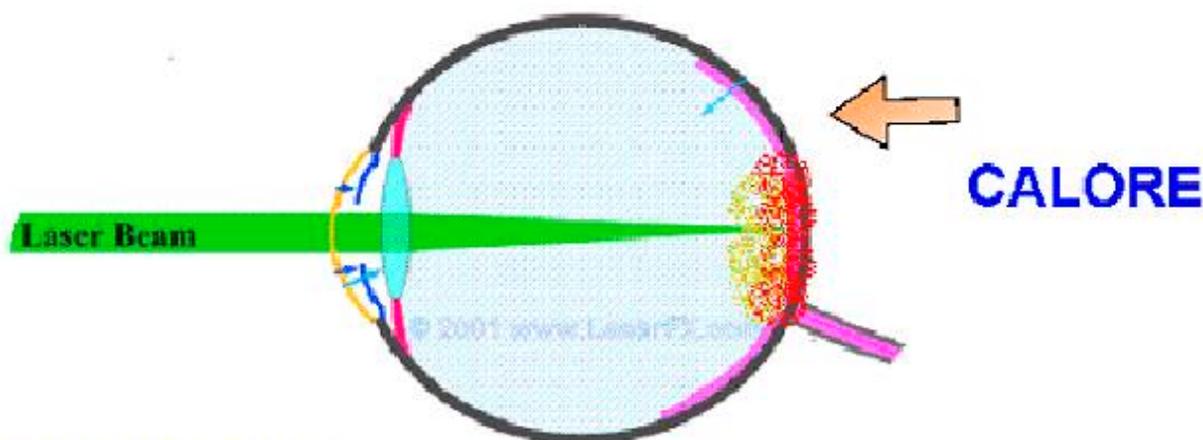
## L'occhio umano:



- A: cornea
- B: cristallino
- C: corpo vitreo
- D: retina
- E: nervo ottico.

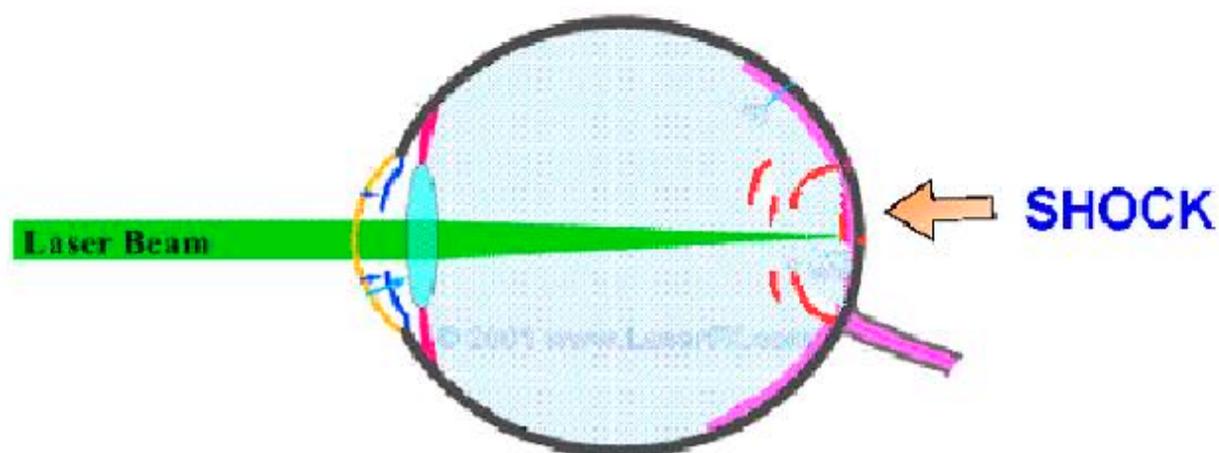
## Possibili effetti biologici:

**Effetto Fototermico:** parte della radiazione incidente è assorbita dai tessuti. La temperatura aumenta ad un livello tale da provocare un danno. Bruciature della retina da laser



**Effetto Fotochimico:** impulsi lunghi che non provocano un aumento di temperatura. Dipende dall'energia totale piuttosto che dalla potenza (come l'effetto fototermico)

**Effetto Fotoacustico (o da onda d'urto):** Impulsi laser brevi e di alta energia. Una dose significativa di energia è assorbita in tempi brevi rispetto alla diffusione termica. Ablazione e rapida espansione del materiale, esplosione e onda d'urto, danno esteso alla retina. Effetti proporzionali all'energia dell'impulso.



## Vista prima e dopo del danno:

### Visione dell'occhio

#### CONSIGNES D'UTILISATION DES LUNETTES

- Utiliser exclusivement des lunettes :
  - conformes aux exigences des normes EN 207 (utilisation) ou EN 208 (maintenance),
  - adaptées au laser mis en œuvre,
  - en bon état.
- Lire la notice d'utilisation fournie par le fabricant.
- Ne jamais regarder volontairement le faisceau laser direct ou une de ses réflexions, même avec un protecteur oculaire.
- Nettoyer régulièrement les lunettes.
- Remettre, après utilisation, les lunettes de protection dans leurs étuis.
- Ranger les étuis hors de la zone laser.
- Éliminer toute paire de lunettes défectueuse (littres rayés ou endommagés).
- Prévoir des lunettes supplémentaires pour les visiteurs.

#### CONSIGNES D'UTILISATION DES LUNETTES

- Utiliser exclusivement des lunettes :
  - conformes aux exigences des normes EN 207 (utilisation) ou EN 208 (maintenance),
  - adaptées au laser mis en œuvre,
  - en bon état.
- Lire la notice d'utilisation fournie par le fabricant.
- Ne jamais regarder volontairement le faisceau laser direct ou une de ses réflexions, même avec un protecteur oculaire.
- Nettoyer régulièrement les lunettes.
- Remettre, après utilisation, les lunettes de protection dans leurs étuis.
- Ranger les étuis hors de la zone laser.
- Éliminer toute paire de lunettes défectueuse (littres rayés ou endommagés).
- Prévoir des lunettes supplémentaires pour les visiteurs.



## **Sicurezza nell'irraggiamento laser:**

### **DEFINIZIONI E LIMITI**

#### **ESPOSIZIONE MASSIMA PERMESSA (EMP o MPE):**

**Il livello di radiazione al quale, in circostanze normali, una persona può essere esposta senza subire alcun effetto. I livelli EMP rappresentano il livello massimo al quale l'occhio o la pelle non subiscono danni**

#### **LIMITE D'EMISSIONE ACCESSIBILE (LEA o AEL):**

**Il livello di radiazione massimo permesso in particolari classi**

#### **DISTANZA E ZONA NOMINALE DI RISCHIO OCULARE (ZNRO):**

**zona all'interno della quale il livello della radiazione è superiore all'EMP permessa; all'interno di questa zona si possono avere danni oculari.**

### 3) Classificazione dei laser:

**CLASSE 1:** intrinsecamente sicuri: l'EMP non viene MAI superata (potenza bassa o laser interamente CHIUSO in un contenitore con interlock).  $P < 0.4 \mu W$  nel visibile (es. stampanti laser, lettori CD, strumenti per lab. analisi e chirurgia, ecc.)

**CLASSE 2:** radiazione visibile con potenza  $< 1 \text{ mW}$ . Normalmente il riflesso di chiusura delle palpebre (0.25 s) è sufficiente per la protezione dell'occhio. (es. lettori di codice a barre, puntatori luminosi, misuratori di distanza, ecc.)

**CLASSE 3A:** radiazione visibile continua con potenza  $< 5 \text{ mW}$  e intensità  $< 2.6 \text{ mW/cm}^2$  (non più di 1 mW passi attraverso un'apertura di 7 mm di diametro). Pericolosi se visti tramite strumenti ottici. (es. puntatori/lettori di codice a barre, ecc.)

**CLASSE 3B:** radiazione visibile/invisibile, continua-impulsata con potenza = 0,5 W  
La visione diretta o tramite riflessione speculare è SEMPRE pericolosa (es. apparecchi per spettrometria e fisioterapia, str. per chirurgia, giochi di luce, ecc.)

**CLASSE 4:** laser di potenza oltre 0,5 W. Danni da riflessioni diffuse. Danni alla pelle. Pericoli di incendio (es. strumentazione per chirurgia, apparecchi per fisioterapia, laboratori di ricerca, taglio e saldatura, ecc.)

## “Altri” rischi dei laser:

PERICOLO	classe dei laser				
	1	2	3A	3B	4
<b>Occhio:</b>					
a) irraggiamento diretto		**	*	*	*
b) riflessioni speculari		**	*	*	*
c) riflessioni diffuse					*
<b>Pelle :</b>					*
a) lesioni					*
b) rischio cancerogeno		UV	UV	UV	UV
<b>Incendio</b>					*
<b>Rischio Elettrico</b>	Per laser alimentati ad alta tensione e quando vengono aperti				
<b>Rischio Chimico</b>	Laser a coloranti (DYE) Laser a gas (KrF, XeCl, ...) Gas da interazione laser bersaglio				

(\*\* solo se il laser viene guardato volontariamente per più di 0.25 s)



Regione Piemonte  
Azienda Sanitaria Locale n. 18 Alba-Bra  
S.O.S. Prevenzione e Protezione

## Tipi laser presenti nell'ASL n. 18 Alba-Bra:

Servizio	Modello	Classe
Fisioterapia Alba	Fiber laser ICL 15	3B
	Laser 100	3B
	Fiber laser ICL 60 plus HFPL100	4
	Fiber laser ICL 60 plus HFPL250	4
Fisioterapia Canale	Fiber laser ICL 60 HFPL100	4
Oculistica Alba	Yag 7970	3B
	Opal	3B
	Visulas 532S	4
S.O. 3 piano (ORL) Alba	SX 45	4
S.O. 1 piano (Urologia) Alba	U 100 plus	1
Fisioterapia Bra	Fiber laser ICL 15	3B
	Fiber laser ICL 60 micro	3B
Vari Alba e Bra	Fotocopiatrici (es. Kyocera KM 1650, 2030, 2530, C850)	1
Vari Alba e Bra	Stampanti laser (es. HP 1100-1200, LEXMARK 220-320)	1
Vari Alba e Bra	Lettori CD per PC	1

ALCUNI ESEMPI NELL'ASL n. 18



Fiber laser ICL15



Fiber laser ICL60



Yag 7970



Opal



**Visulas 532S**



**U 100plus**



**Mita KM2030**



**Laser Jet 1100**



## 4) Misure di prevenzione e sicurezza:

### **DUE LIVELLI:**

- **PREVENZIONE COLLETTIVA**
- **PREVENZIONE INDIVIDUALE**



## Prevenzione collettiva:

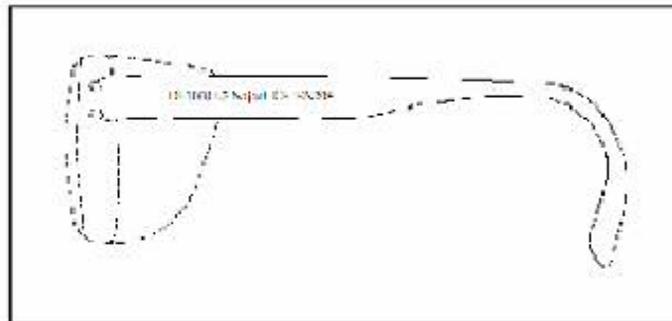
### Controlli amministrativi:

- norme e procedure di sicurezza
- informazione e addestramento
- segnali e etichette
- controllo dei visitatori
- regolamentazione di manutenzione ed assistenza tecnica
- sorveglianza medica (con laser di classe 3 e 4, gli operatori devono essere sottoposti a visita da parte del Medico Competente. Le figure interessate sono: Medico, I.P., Terapista riabilitazione, Ortottista, O.S.S., I.G. Il protocollo di sorveglianza sanitaria prevede l'effettuazione di una visita oculistica).

### Controlli tecnici:

- interlocks e interruttori di sicurezza
- pannelli protettivi
- comandi a chiave rimovibili
- indicatore di laser pronto
- zona laser controllata
- accessi controllati
- superfici non riflettenti

## Prevenzione individuale:



### Etichettatura degli occhiali di protezione per laser (cfr. norma EN207)

- D** per laser continui
- I** per laser impulsati ( $\mu$ s)
- R** per laser ad impulsi «giganti» in regime di «Q switch» (ns)
- M** per laser ad impulsi brevi in regime di «mode locking» (ps, fs)

La lunghezza d'onda (o le lunghezze d'onda) o il dominio spettrale per cui gli occhiali assicurano protezione

Il valore della densità ottica (da 1 a 10) a quella lunghezza d'onda

L'identificazione del produttore

Il marchio di certificazione

Riferimento norma EN 207 (o EN 208 per occhiali di allineamento)

## NORME PER L'USO DEGLI OCCHIALI

- Utilizzare **esclusivamente** occhiali:
  - **conformi** alle norme EN 207 (uso) o EN 208 (allineamento)
  - **adatti al laser utilizzato e in buono stato**
- Leggere le note d'uso fornite dal produttore
- **Non guardare mai volontariamente il fascio o una delle sue riflessioni, nemmeno con protezione oculare**
- **Pulire regolarmente gli occhiali**



- Dopo l'uso rimettere gli occhiali nei loro contenitori
- Sistemare gli occhiali fuori dalla zona laser
- Prevedere degli occhiali supplementari per i visitatori

## Cartellonistica e segnaletica:

Sulle porte di accesso ai locali ove si utilizzano sistemi laser, deve essere fissata una targhetta di avvertimento:



mentre su ogni apparecchio laser deve essere fissata una targhetta informativa riportante le parole sottoindicate:

CLASSE	INDICAZIONE
3A	RADIAZIONE LASER NON FISSARE IL FASCIO AD OCCHIO NUDO NÈ GUARDARE DIRETTAMENTE CON STRUMENTI OTTICI
3B	RADIAZIONE LASER EVITARE L'ESPOSIZIONE AL FASCIO
4	RADIAZIONE LASER EVITARE L'ESPOSIZIONE DELL'OCCHIO O DELLA PELLE ALLA RADIAZIONE DIRETTA O DIFFUSA

L'apparecchio laser deve essere etichettato in modo da indicare:

- il nome e l'indirizzo del fabbricante
- la data di fabbricazione
- la serie o il tipo della macchina

## Lista controlli sulla sicurezza laser:

<b>Procedure di controllo per i sistemi laser</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>4</b>
classificazione	X	X	X	X	X
precauzioni per 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
zona rischio oculare visibile all'operatore				X	X
uso della minima potenza necessaria	X	X	X	X	X
precauzioni 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

<b>Procedure di controllo per i sistemi laser</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>4</b>
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 diffusa				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

Nota: Il segno X indica l'obbligo di predisporre la procedura



## **Procedure di emergenza in caso di incidente:**

- Spegnere l'apparecchio laser
- Occuparsi della sicurezza del paziente e del personale
- Cercare assistenza medica per eventuali feriti
- In caso di incendio, dare l'allarme e abbandonare l'area
- Informare i Responsabili del Reparto e della sicurezza
- Non riprendere l'uso del laser finchè siano state accertate le cause dell'incidente

## Conclusioni:



**Lavorando sempre con uno strumento si  
prende “confidenza” e si tende a sottovalutare i rischi**

**Non serve “terrorizzarsi” ma conoscere i rischi e  
prevenirli.**

**Sicuramente la prevenzione maggiore si ha attraverso  
La FORMAZIONE**

## 5) Normativa:

- D.P.R. 303/56 - Norme generali per l'igiene del lavoro
- Norme CEI EN 60601-2-22/1992 - Norme particolari per la sicurezza degli apparecchi laser terapeutici e diagnostici
- D.P.R. 459/96 - Recepimento della Direttiva Macchine n. 89/392, regolamentazione tecnica sulla sicurezza delle macchine
- Norme CEI Comitato tecnico 76-6/1998 - Guida all'uso degli apparecchi in medicina
- Norme CEI EN 60825-4/1998 - Barriere di protezione da laser
- Norme CEI 76 fasciolo 3850R/1998 - Guida per l'utilizzazione di apparati laser per laboratori di ricerca
- La sicurezza nell'impiego clinico del laser, SPP A.O. S.G. Battista, Torino, 1998
- Norme CEI EN 60825-1/2003 - Sicurezza degli apparecchi laser: classificazione prescrizioni e guida per l'utilizzatore



Regione Piemonte  
Azienda Sanitaria Locale n. 18 Alba-Bra  
S.O.S. Prevenzione e Protezione

---

Si ringrazia per la collaborazione:

- S.O.C. T.B.I. settore Ingegneria Clinica A.S.L. n.18 Alba-Bra
- Medico Competente A.S.L. n.18 Alba-Bra

**VIETATA LA RIPRODUZIONE**