

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE
Polo Scientifico di Sesto Fiorentino
Viale delle Idee, 26 – Sesto Fiorentino

Regolamento di sicurezza
per i laboratori in cui siano presenti laser

A cura di Luca Pettini, Sandro Papaleo

1 Normativa di riferimento

1.1 Normativa sulla sicurezza nei luoghi di lavoro

La normativa generale inerente la sicurezza nei luoghi di lavoro è la seguente:

- D.P.R. 457/1956 – Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- D.P.R. n. 303/1956 – Norme generali per l'igiene del lavoro
- D.Lgs. 19/9/1994 n. 626 - (Pubblicato nella Gazz. Uff. 12 novembre 1994, n. 265, S.O.);
- D. M. 05/08/1998, n. 363 – Applicazione D. Lgs. 626/94 in ambito universitario
- D. Ret. n. 1113 del 17 novembre 1999 - Regolamento di Ateneo per la sicurezza e la salute dei lavoratori

1.2 Normativa specifica

La normativa specifica in materia di sicurezza nell'uso dei laser è la seguente:

- Norma CEI EN 60825-1: classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore
 - Norma CEI 76 – CT 76 – Fascicolo 3850 R – Guida utilizzazione apparati laser nei laboratori di ricerca
 - Norma CEI 76-6 – CT 76 – Fascicolo 5928: Guida all'uso degli apparati laser in medicina
 - Norma CEI 76 – CT 76 – Fascicolo 3849 R: Guida all'uso degli apparati laser in industria, telecomunicazioni etc.
 - Norma CEI EN 60825-2: Sicurezza dei sistemi di telecomunicazione e fibre ottiche
- Norma CEI EN 60825-4: Barriere per laser
- Norma CEI EN 61040: rilevatori e misuratori potenza o energia
- Norma UNI EN 207: protettori dell'occhio contro i laser
- Norma UNI EN 208: protettori dell'occhio per regolazioni laser

1.3 Definizioni

Ai fini del presente Regolamento valgono le seguenti definizioni:

- 1) *Apparecchio laser*. Ogni apparecchio o insieme di componenti che costituisce, incorpora o è destinato ad incorporare un laser o un sistema laser e che non è venduto ad un altro costruttore per essere utilizzato come componente (o come ricambio per un componente simile) di un apparecchio elettronico.
- 2) *Distanza nominale di rischio oculare (DNRO)*. Distanza per la quale l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio è uguale all'esposizione massima permessa (EMP) per la cornea.
- 3) *Distanza nominale di rischio oculare estesa*. DNRO comprendente la possibilità di visione assistita otticamente.
- 4) *Energia radiante*. Integrale nel tempo della potenza radiante su una data durata di esposizione Δt . L'espressione è la seguente:

$$Q = \int_{\Delta t} \Phi dt$$

Il simbolo è Q, l'unità di misura è il joule (J).

- 5) *Esposizione energetica*. Energia radiante incidente su di un elemento di superficie divisa per l'area di questo elemento:

$$H = \frac{dQ}{dA} = \int E dt$$

il simbolo è H, l'unità di misura è joule su metro quadro ($J \cdot m^{-2}$).

- 6) *Esposizione massima permessa (EMP)*. Livello della radiazione laser a cui, in condizioni normali, possono essere esposte le persone senza subire effetti dannosi. I livelli di EMP rappresentano il livello massimo al quale l'occhio o la pelle possono essere esposti senza subire un danno a breve o a lungo termine. Questi livelli dipendono dalla lunghezza d'onda della radiazione, dalla durata dell'impulso o dal tempo di esposizione, dal tipo di tessuto esposto e, per quanto riguarda la radiazione visibile e il vicino infrarosso nell'intervallo tra 400 e 1400 nm, dalla dimensione dell'immagine retinica.
- 7) *Esposizione umana*.
- Possibilità per una parte del corpo umano di venire in contatto con radiazione laser pericolosa emessa da un'apertura o possibilità per una sonda diritta con diametro di 12 mm lunga 80 mm di intercettare radiazione laser Classe 2, 2M, o 3R, o
 - per livelli di radiazione laser all'interno dell'involucro che superano i limiti indicati in a), la possibilità per una qualsiasi parte del corpo umano di venire in contatto con radiazione laser pericolosa che può essere riflessa direttamente da una qualunque superficie piana dall'interno dell'apparecchio attraverso una qualunque apertura dell'involucro di protezione.
- 8) *Fascio*. Radiazione laser che può essere caratterizzata da direzione, divergenza, diametro o dalle specifiche di scansione. La radiazione diffusa di una riflessione non viene considerata un fascio;
- 9) *Flusso radiante*. Vedi *Potenza radiante*.
- 10) *Irradiazione o irradianza*. Rapporto tra la potenza radiante incidente $d\Phi$ su un elemento di una superficie e l'area dA di quell'elemento:

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

il simbolo è E, l'unità di misura è il watt su metro quadro, ($W \cdot m^{-2}$).

- 11) *Laser*. Ogni dispositivo che può essere realizzato per produrre o amplificare una radiazione elettromagnetica coerente compresa nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 180 nm e 1 mm essenzialmente con il fenomeno dell'emissione stimolata;
- 12) *Limite di emissione accessibile (LEA)*. Livello massimo di emissione accessibile permesso in una particolare classe.
- 13) *Manutenzione*. Esecuzione delle regolazioni e delle procedure specificate nelle istruzioni per l'utilizzatore, fornite dal costruttore con l'apparecchio laser, che devono essere eseguite dall'utilizzatore per assicurare le previste prestazioni dell'apparecchio. Non comprende il funzionamento e l'assistenza.
- 14) *Pannello di accesso*. Parte dell'involucro o della custodia di protezione che permette l'accesso alla radiazione laser una volta rimossa o spostata
- 15) *Potenza radiante o flusso radiante*. Potenza emessa, trasmessa o ricevuta sotto forma di radiazione. La potenza radiante è espressa dalla formula:

$$\Phi = \frac{dQ}{dt}$$

Il simbolo è Φ o P, l'unità di misura è il watt (W)

16) *Radianza*. Grandezza definita dalla formula la seguente:

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

dove $d\Phi$ è il flusso radiante trasmesso da un fascio elementare passante per il punto dato e propagantesi nell'angolo solido $d\Omega$ contenente la direzione data; dA è l'area di una sezione di quel fascio contenente il punto dato e θ è l'angolo tra la normale a dA e la direzione del fascio. Il simbolo della radianza è L e l'unità di misura è ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$).

- 17) *Radiazione collaterale*. Ogni radiazione elettromagnetica nell'intervallo di lunghezze d'onda comprese tra 180 nm e 1 mm, eccetto la radiazione laser, emessa da un apparecchio laser, fisicamente necessaria al funzionamento di un laser o come risultato del funzionamento stesso;
- 18) *Radiazione laser*. Ogni radiazione elettromagnetica coerente emessa da un apparecchio laser, compresa nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 180 nm e 1 mm, che è prodotta da emissione stimolata.
- 19) *Riflessione diffusa*. Cambiamento della distribuzione spaziale di un fascio di radiazione quando esso è diffuso in più direzioni da una superficie o da un mezzo. Un diffusore perfetto elimina ogni correlazione fra le direzioni della radiazione incidente ed emergente;
- 20) *Visione diretta del fascio*. Tutte le condizioni di visione nelle quali l'occhio è esposto ad un fascio laser diretto o riflesso specularmente, diverse dalla visione, per esempio, di riflessioni diffuse.
- 21) *Zona laser controllata*. Zona entro la quale la presenza e l'attività delle persone sono regolate da apposite procedure di controllo e sottoposte a sorveglianza al fine della protezione dai rischi di radiazione laser.
- 22) *Zona nominale di rischio oculare (ZNRO)*. Zona all'interno della quale l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio supera l'esposizione massima permessa (EMP) per la cornea, includendo l'eventuale possibilità di errato puntamento del fascio laser.
- 23) *Zona nominale di rischio oculare estesa*. ZNRO comprendente la possibilità di visione assistita otticamente.

2 Responsabilità

2.1 Compiti del Direttore

Il Direttore della struttura (Dipartimento, Centro, etc.), in qualità di Dirigente, svolge le seguenti funzioni:

- autorizza l'accesso alle zone regolamentate;
- nomina il Tecnico Sicurezza Laser (TSL);
- acquisisce le indicazioni del TSL, fornendogli tutte le informazioni necessarie;
- provvede all'esposizione dei cartelli di sicurezza e delle segnalazioni previste;
- provvede alla delimitazione e segnalazione delle aree controllate, comprese quelle temporanee e ne regola l'accesso;
- predisporre le misure di prevenzione e protezione necessarie;
- cura l'osservanza delle norme.

2.2 Compiti del Responsabile

Il Responsabile del laboratorio, predisporre, di concerto con il Direttore e sulla base delle indicazioni del TSL, le misure di prevenzione e protezione, ed in particolare:

- verifica preventivamente i pericoli, riduce al minimo indispensabile l'uso dei laser ed il numero degli operatori esposti;
- predisporre le specifiche procedure ed i dispositivi di prevenzione e di protezione individuali, anche sulla base delle indicazioni fornite dal TSL;
- attua le indicazioni e le prescrizioni fornite in sede di installazione del sistema dal TSL e dal Servizio Sicurezza;
- predisporre affinché il tragitto del fascio non sia, per quanto possibile, all'altezza degli occhi degli operatori e provvede ai dispositivi di protezione individuale (occhiali, ecc.);
- evita riflessioni speculari non volute e valuta e previene il verificarsi di quelle accidentali
- evita la diffusione libera di fasci di classe 4 e la loro interazione con sostanze infiammabili;
- verifica che le connessioni elettriche e la messa a terra delle parti metalliche potenzialmente in tensione siano correttamente predisposte;
- verifica la presenza di eventuali rischi collaterali (gas in pressione, criogenici, radiazioni collaterali, ecc.), predisporre per una adeguata protezione dagli stessi ed evita la produzione di gas nocivi, fumi o particolati che non siano adeguatamente aspirati;
- si prende cura della rimozione del comando a chiave quando cessa l'utilizzo di laser di classe 3B o 4.

2.3 Compiti degli operatori

Gli operatori devono:

- osservare le norme del presente regolamento e le prescrizioni dettate dal Responsabile e dal TSL;
- indossare gli occhiali o le maschere specifici per la sorgente in uso e conservarli con cura;
- non osservare il fascio laser attraverso fibre ottiche o sistemi di raccolta (telescopi, microscopi ecc.) senza espressa autorizzazione del Responsabile, né osservare mai direttamente il fascio anche se muniti di occhiali protettivi;
- evitare con cura le riflessioni non controllate ed accidentali e quindi, fra l'altro, non indossare orologi, braccialetti, orecchini etc.;
- verificare che tutte le condizioni di sicurezza previste siano correttamente predisposte prima di inviare il fascio in un'area che non è sotto la propria diretta visione;
- astenersi dal rimuovere o modificare, senza autorizzazione del Responsabile, i dispositivi di protezione e di interblocco e dal compiere manovre che non siano di propria competenza o che possano compromettere la sicurezza;
- avvisare il Responsabile, dei dispositivi di prevenzione e protezione che non funzionino o siano danneggiati, nonché di eventuali pericoli di cui vengano a conoscenza; sospendendo nel contempo l'uso del laser ed eliminando eventuali pericoli immediati;
- provvede a contenere le conseguenze di eventuali incidenti ed avvisare immediatamente il Responsabile o il Direttore della Struttura.

2.4 Tecnico Sicurezza Laser

Dove sono installati:

- laser di Classe 3R, che emettono energia ad una lunghezza d'onda esterna all'intervallo da 400 nm a 700 nm,
- laser di Classe 3B
- Laser Classe 4,

deve essere nominato un Tecnico di Sicurezza Laser, con conoscenze specifiche nel campo dei sistemi laser e delle loro proprietà ottiche.

2.5 Compiti TSL

Il Tecnico Sicurezza Laser:

- Autorizza l'installazione di nuovi sistemi laser dettando le prescrizioni del caso; Verifica il rispetto della normativa;
- Verifica l'adozione delle misure di sicurezza;
- Indica i controlli adeguati che devono essere effettuati;
- Provvede alla classificazione di quei sistemi laser di cui non sia nota la classe o che abbiano subito modificazioni tale da cambiarla.

3 Rischi connessi all'uso dei laser

3.1 Classificazione dei sistemi laser

I sistemi laser presentano un'elevata variabilità nella lunghezza d'onda della radiazione, nella sua potenza, nelle caratteristiche dell'impulso, nella geometria del fascio. Non è possibile considerare i laser come un unico gruppo a cui sia possibile applicare limiti e comportamenti di sicurezza comuni.

La normativa ha pertanto introdotto una classificazione, che si riferisce specificamente all'emissione accessibile del sistema laser ed al pericolo potenziale (per le esposizioni dell'occhio e della pelle) sulla base delle sue caratteristiche.

La classificazione è la seguente:

- *Classe 1*: Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, compresa la visione con strumenti ottici.
- *Classe 1M*: Laser con $302,5 \text{ nm} < \lambda < 4000 \text{ nm}$ che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, ma che possono essere pericolosi se l'utilizzatore impiega ottiche di visualizzazione del raggio del raggio.
- *Classe 2*: Laser che emettono radiazione con $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ per cui la protezione è garantita dalle reazioni di difesa naturale compreso il riflesso palpebrale.
- *Classe 2M*: Laser che emettono radiazione con $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ per cui la protezione è garantita dalle reazioni di difesa naturale compreso il riflesso palpebrale, ma per i quali l'osservazione può risultare più pericolosa se l'osservatore utilizza ottiche di visualizzazione del fascio.
- *Classe 3R*: Laser che emettono radiazione con $302,5 \text{ nm} < \lambda < 10^6 \text{ nm}$ in cui la visione diretta del fascio è potenzialmente pericolosa ma lo è meno di quella dei laser della successiva classe 3B e pertanto si applicano prescrizioni costruttive e di controllo minori.
- *Classe 3B*: Laser che sono normalmente pericolosi in caso di visione diretta del fascio, ma le cui riflessioni diffuse non sono normalmente pericolose.
- *Classe 4*: laser che sono in grado di produrre riflessioni diffuse pericolose, possono causare lesioni alla pelle e potrebbero costituire pericolo di incendio. Il loro uso richiede un'estrema cautela.

Di tutti i sistemi laser deve essere nota la classe.

La classificazione è certificata dal costruttore ovvero, se si tratta di sorgente prototipo, dal Responsabile ed è riportata mediante targhette informative sul sistema (vedi appendice A).

3.1.1. Modifiche

Se una modifica di un apparecchio già classificato influenza un aspetto qualunque delle prestazioni dell'apparecchio o delle sue funzioni, il Responsabile del laboratorio che ha in carico l'apparecchio, in collaborazione con il Tecnico di Sicurezza Laser, è tenuto ad effettuare la riclassificazione e la nuova targhetatura dell'apparecchio.

3.2 Rischi collaterali

Oltre ai rischi intrinseci, l'uso dei sistemi laser può determinare rischi collaterali.

3.2.1. Rischi elettrici

Molti sistemi laser impiegano tensioni elevate per il loro funzionamento. I laser a impulsi possono essere particolarmente pericolosi per l'energia immagazzinata nei banchi dei condensatori.

Se non opportunamente schermati, i componenti dei circuiti, quali i tubi elettronici che funzionano a tensioni dell'anodo superiori a 5 kV possono emettere raggi X.

Tutti i circuiti elettrici devono pertanto essere certificati da tecnici competenti.

3.2.2. Rischi chimici

I rischi derivanti dalla manipolazione di sostanze chimiche e le relative norme sono trattati nei regolamenti della sicurezza delle singole strutture del Polo, ai quali si rimanda.

3.2.3. Radiazione collaterale

Radiazione collaterale ultravioletta può derivare da lampade flash e tubi di scarica di laser ad emissione continua, specialmente quando si impiegano tubi con trasmissione nell'ultravioletto o specchi come quelli al quarzo.

La radiazione visibile e del vicino infrarosso emessa dai tubi flash e dalle sorgenti di pompaggio e la radiazione di ritorno dal bersaglio possono avere una radianza sufficiente a produrre pericoli potenziali.

La protezione dalla radiazione collaterale è garantita dai protettori oculari utilizzati per la protezione dalla radiazione laser.

3.2.4. Refrigeranti criogenici

I rischi derivanti dalla manipolazione dei liquidi criogenici e le relative norme sono trattati nei regolamenti della sicurezza delle singole strutture del Polo, ai quali si rimanda.

3.2.5. Contaminazione atmosferica

Nell'uso di sistemi laser in un laboratorio di ricerca si possono produrre emissioni contaminanti nei seguenti casi:

- vaporizzazione di materiali bersaglio;
- gas provenienti dai sistemi laser a scarica gassosa o dai prodotti delle reazioni innescate dai laser, quali ad esempio bromo, cloro e acido cianidrico;
- gas o vapori di refrigeranti criogenici;

Tutti questi casi andranno valutati in sede di installazione del sistema che sarà se del caso, su proposta del TSL, dotato di un apposito sistema di aspirazione.

3.2.6. Rischi di incendio

Radiazioni laser di classe 4 ad alta potenza possono provocare l'incendio di oggetti e/o sostanze con cui vengano a contatto.

Tali rischi andranno valutati, in sede di installazione del sistema, da parte del TSL che, di concerto con l'Ufficio Sicurezza del Polo, provvederà all'apprestamento di tutte le misure antincendio necessarie.

4 Misure di prevenzione e protezione

4.1 Formazione ed informazione

Chiunque debba operare con sistemi laser di classe da 1M a 4 deve aver preliminarmente ricevuto un adeguato addestramento comprendente almeno:

1. i criteri di classificazione dei laser;
2. i rischi derivanti dall'uso dei laser, in ragione della loro classe di appartenenza;
3. la familiarizzazione con le procedure di funzionamento del sistema;
4. il corretto utilizzo delle procedure di controllo del pericolo, dei segnali di avvertimento, ecc.;
5. la necessità della protezione personale;
6. le procedure di rapporto in caso di incidente;
7. gli effetti biologici del laser sugli occhi e la pelle;
8. gli eventuali controlli medici.

Il Responsabile del Laboratorio è tenuto a fornire a tutti gli operatori copia del presente regolamento.

Analogamente saranno forniti agli operatori i protocolli operativi dei singoli sistemi laser predisposti dai Responsabili con l'ausilio del TSL.

A cura del Servizio Sicurezza del Polo, in collaborazione con i TSL e con i Direttori delle Strutture, saranno predisposti sistemi di valutazione dei livelli di formazione.

4.2 Dispositivi di protezione individuale

4.2.1. 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 nm a 700 nm,
- di Classe 3B
- di Classe 4

si deve impiegare un'adeguata protezione per gli occhi prevista per lunghezze d'onda specifiche.

A tal fine il TSL individua e delimita le aree di cui sopra e prescrive i mezzi di protezione da indossare all'interno delle medesime.

I protettori oculari sono un dispositivo di protezione individuale (DPI) e devono rispondere alla normativa CE in materia (UNI EN 207 e UNI EN 208)

È possibile non indossare protezioni oculari quando:

- a) le procedure tecniche e procedurali siano tali da eliminare il rischio potenziale di esposizione superiore all'EMP applicabile;
- b) a causa di prescrizioni operative inusuali, l'impiego di protezioni per gli occhi non sia possibile.

Queste procedure operative eccezionali devono essere intraprese dal Responsabile del sistema esclusivamente con l'approvazione del TSL.

4.2.2. Indumenti protettivi

Quando è possibile un'esposizione superiore all'EMP per la pelle, il TSL valuterà l'opportunità di prescrivere agli operatori di indossare specifici indumenti protettivi.

I laser di classe 4, in modo particolare, rappresentano un potenziale pericolo di incendio e gli eventuali indumenti protettivi indossati dovrebbero essere in un adeguato materiale ignifugo e termoresistente, con particolare attenzione alla stabilità e resistenza alle radiazioni laser.

4.2.3. Carte per l'allineamento

Nel caso in cui la manutenzione ordinaria richieda l'allineamento dei componenti sul percorso del fascio, devono essere forniti dei mezzi sicuri (cartine di allineamento) per realizzarlo.

Si devono usare cartine per allineamento specifiche per le lunghezze d'onda in gioco.

Tali Dispositivi saranno valutati dal TSL.

4.3 Misure riguardanti i locali

4.3.1. Uso ed accesso ai sistemi laser

L'uso dei sistemi laser di classe 1M, 2M, 3R, 3B e 4 e, di norma, l'accesso ai locali dove questi sono installati ed in funzione è ristretto al personale indicato dal Responsabile del laboratorio che ha in carico il sistema laser, previo accertamento da parte del medesimo, con l'ausilio del tecnico Sicurezza Laser e dell'Ufficio Sicurezza del Polo del possesso di adeguati livelli di formazione e informazione in merito alla sicurezza nell'uso dei sistemi laser.

Pertanto il Responsabile del laboratorio provvederà a comunicare al Direttore della Struttura ed al Servizio Sicurezza del Polo i nominativi degli operatori autorizzati all'accesso.

L'accesso di visitatori a laboratori di laser di classe 3B o 4 è subordinato al permesso e alla supervisione del Responsabile. Essi devono essere accompagnati da un operatore qualificato che è responsabile della loro sicurezza.

4.3.2. Nuove installazioni

L'installazione di un nuovo sistema laser dalla classe 1M alla classe 4 è subordinata all'autorizzazione da parte del TSL e dell'Ufficio Sicurezza del Polo.

L'autorizzazione dovrà tener conto della classe e del tipo di apparecchiatura, delle caratteristiche del locale in cui questa andrà installata, della DNRO e di tutti i potenziali rischi diretti e collaterali.

L'autorizzazione conterrà le prescrizioni e le misure protezionistiche (procedure, DPI etc.) da adottare da parte degli operatori.

Le valutazioni del TSL sono recepite dal Responsabile del laboratorio e raccolte in un protocollo operativo del sistema laser da tenere nel locale dove il sistema è installato, a disposizione degli operatori.

4.3.3. Modifiche sostanziali

Alle modifiche sostanziali saranno applicate le medesime procedure delle nuove installazioni.

4.3.4. Zona laser controllata

Per le installazioni di laser da 1M a 4 deve essere definita un'area controllata entro la quale l'accesso è consentito soltanto alle persone autorizzate sulla base delle prescrizioni definite dal TSL e dall'Ufficio Sicurezza.

L'area controllata coincide di norma con il locale in cui il sistema laser è installato e non può comunque essere di dimensioni inferiori alla ZNRO.

In determinati casi l'area controllata potrà essere di dimensioni inferiori al locale in cui è contenuto il sistema laser (mai comunque inferiore alla ZNRO) ed in tal caso sarà, su disposizione del TSL, delimitata da apposite barriere protettive.

La radiazione all'esterno della ZLC non può comunque superare la classe 1

4.3.5. Segnali di avvertimento

Sugli accessi alle aree controllate devono essere affissi cartelli di avvertimento, contenti le frasi di rischio e la simbologia prescritte dalla normativa tecnica.

Esternamente alle aree controllate ove sono presenti laser di classe 3R, 3B o 4 devono essere installati segnali di avvertimento luminosi, o eventualmente acustici, con dispositivo automatico di accensione durante l'attivazione, l'accensione o il funzionamento di detti sistemi.

4.4 Misure riguardanti l'apparecchiatura

4.4.1. Operazioni di manutenzione, riparazione o modifica

Le operazioni di manutenzione, riparazione o modifica, possono essere effettuate solo da operatori qualificati per lo specifico compito ed autorizzati dal Responsabile.

L'allineamento del fascio che comporti l'apertura dell'involucro e l'accoppiamento di fibre ottiche per la trasmissione dati deve essere effettuato sotto la supervisione dei responsabili dell'apparecchiatura.

4.4.2. Operazioni di spegnimento

Quando non è in uso, il laser deve essere di norma disabilitato in modo da prevenire un utilizzo non autorizzato.

I laser di classe 3B o 4 devono essere equipaggiati con comandi a chiave. Le chiavi devono essere rimosse quando il laser non è in funzione, al fine di evitare un uso non autorizzato. In alternativa si potrà provvedere a chiudere a chiave i locali ove l'apparecchiatura è installata. Le pulizie dei locali possono essere effettuate solo quando i laser sono spenti.

4.4.3. Connettore di blocco a distanza

I laser di classe 4 e se del caso anche quelli di classe 3B devono essere forniti di interblocco di sicurezza (panic botton) facilmente accessibile dalla postazione dell'operatore.

Nei laboratori di ricerca il connettore deve essere collegato ad un blocco di emergenza a distanza inferiore 5 m dalla zona dove si svolge l'attività.

4.4.4. Etichettatura

Ogni laser deve essere provvisto di opportune targhette che riportino la classe e la segnalazione delle aperture da cui emerge la radiazione. Le dizioni e le prescrizioni specifiche sono riportate in appendice.

4.4.5. Interblocchi di sicurezza

Dove sono inseriti involucri di protezione per evitare l'accesso a radiazione di classe 3R, 3B o 4 sono necessari interblocchi di sicurezza che spengano la radiazione in caso di apertura dell'involucro. Essi possono essere disattivati solo per esigenze particolari di manutenzione e

dopo espressa autorizzazione del Responsabile, il quale è tenuto a verificare la loro corretta riattivazione al termine della manutenzione stessa.

4.4.6. Ottiche di osservazione

Tutte le ottiche di raccolta (come lenti, telescopi, microscopi, endoscopi ecc.) finalizzati all'osservazione con laser o sistemi laser devono incorporare dispositivi opportuni di sicurezza (come interblocchi, filtri, attenuatori) ad inserimento automatico, per mantenere la radiazione laser attraverso l'ottica di raccolta a livello di sicurezza e ove possibile dell'appropriata EMP, per tutte le condizioni di funzionamento e manutenzione. Condizioni diverse devono essere autorizzate preventivamente dal TSL.

4.4.7. Posizionamento dei comandi

I comandi devono essere posizionati in modo che quando vengano effettuate le regolazioni non ci sia pericolo di esposizione superiore ai LEA delle Classi 1 o 2.

4.4.8. Sorgenti prototipo

Le sorgenti prototipo sono le sorgenti in studio e non ancora caratterizzate.

Le sorgenti prototipo possono essere utilizzate senza gli interblocchi di sicurezza, le segnalazioni acustiche e visibili automatizzate, le etichettature. Tali sorgenti devono essere confinate nei laboratori opportuni. Il loro utilizzo è concesso solo a personale specificamente autorizzato dal Direttore della struttura e idoneamente preparato dal Responsabile del laboratorio. L'utilizzo di queste sorgenti è strettamente vincolato alle prescrizioni preventive del TSL. Un laboratorio prototipi deve essere segnalato al Servizio Sicurezza di Polo.

4.4.9. Trasmissione dati

Nei locali ove convergono fibre ottiche per la trasmissione dei dati con radiazione di classe superiore a 3A, l'accesso deve essere regolamentato. Il personale deve evitare di guardare direttamente i terminali di fibra attivi o i connettori aperti, usando idonei protettori oculari ovvero visori adatti alla visione indiretta (convertitori IR, ecc.). La gestione del sistema di fibra ottica deve essere assegnata ad un Responsabile, il quale deve attivare e mantenere un programma di controllo dei rischi, sentito il TSL.

4.5 Misure riguardanti i fasci

4.5.1. Terminazione del fascio

Per evitare esposizioni involontarie a radiazione di classe 3B o 4 o la produzione di riflessi accidentali, i fasci dovrebbero essere terminati su in mezzo di arresto o attenuazione alla fine della zona utile di lavoro.

Il TSL prescrive i comportamenti da osservare in merito.

Il materiale costitutivo del mezzo di arresto deve essere diffondente e con adeguate proprietà riflettenti e termiche o assorbente.

4.5.2. Traiettorie del fascio

Le traiettorie esposte del fascio del laser dovrebbero, quando possibile, passare al di sopra o al di sotto del livello degli occhi.

Le traiettorie del fascio degli apparecchi laser

- di Classe 3R, che emettano ad una lunghezza d'onda esterna all'intervallo da 400 nm a 700 nm,
- di Classe 3B o Classe 4

dovrebbero:

- essere il più possibile corte,
- avere un numero minimo di cambiamenti di direzione,
- non incrociare il passaggio delle persone e altre vie di accesso

I fasci laser dovrebbero, quando possibile, essere racchiusi da un involucro di protezione (per esempio un tubo).

L'involucro del fascio (per esempio un tubo) dovrebbe essere fissato in modo sicuro, ma preferibilmente non collegato, ai componenti che formano il fascio.

Il fascio non deve interessare porte, finestre, corridoi e postazioni di lavoro; il fascio deve essere confinato da idonee barriere.

4.5.3. Riflessioni speculari

Specchi, lenti e divisori di fascio dovrebbero essere fissati rigidamente ed essere soggetti solo a movimenti controllati.

È richiesta un'attenzione speciale nella scelta dei componenti ottici per i laser di Classe 3B e Classe 4 e nella pulizia delle loro superfici.

Occorre prestare attenzione alla prevenzione della riflessione speculare accidentale di radiazioni di apparecchi laser di Classe 1M e 2M da superfici che possano focalizzare il fascio.

Occorre tenere presente che:

- superfici che sembrano riflettere la radiazione in forma diffusa, possono in realtà rifletterne una parte consistente in modo speculare, specialmente nella regione dell'infrarosso.
- questo effetto può risultare pericoloso soprattutto a distanze maggiori di quelle attese per riflessioni di tipo puramente diffusivo
- riflessioni speculari potenzialmente pericolose avvengono su tutte le superfici dei componenti ottici trasmissivi, come lenti, prismi, finestrelle e divisori di fascio.
- la radiazione potenzialmente pericolosa può essere trasmessa anche attraverso alcuni componenti ottici riflettenti, come gli specchi (per esempio, la radiazione infrarossa che attraversa un riflettore di radiazione visibile).

5 Sorveglianza medica

5.1 Esami clinici

Sul personale che opera con i laser di Classe 3B e Classe 4 vengono eseguiti esami oculistici di preimpiego. Tali esami rivestono solo un valore medico legale e non fanno necessariamente parte del programma di sicurezza.

Subito dopo un'evidente o sospetta esposizione dannosa dell'occhio, si deve provvedere ad un esame medico effettuato da uno specialista qualificato. Questo dovrebbe essere accompagnato da un'analisi biofisica completa delle circostanze nelle quali si è verificato l'incidente.

6 Targhette

6.1 Generalità

Ogni apparecchio laser deve essere munito di una o più targhette. Le targhette devono essere:

- fissate in modo permanente,
- leggibili
- chiaramente visibili durante il funzionamento, la manutenzione o l'assistenza, secondo il caso.
- posizionate in modo da poter essere lette evitando l'esposizione a radiazione laser che supera i LEA della Classe 1.

Il testo, i bordi e simboli delle targhette devono essere in nero su fondo giallo eccettuata la Classe 1.

Se le dimensioni o il progetto dell'apparecchio rendono impossibile la targhettatura, le targhette devono essere riprodotte nelle informazioni per l'utilizzatore o poste sull'imballaggio.

Le targhette si distinguono in targhette indicatrici e targhette di avvertimento. Le prime contengono le indicazioni relative alla classe del laser ed altri frasi di informazione sulle specifiche ed i rischi; le seconde avvertono del pericolo dovuto alla presenza dell'apparecchio laser.

Il formato delle targhette deve rispettare delle proporzioni definite.

La targhetta informativa di ogni apparecchio laser, ad eccezione di quelli di Classe 1, deve indicare:

- la potenza massima della radiazione laser emessa,
- la durata dell'impulso (se del caso)
- la(e) lunghezza(e) d'onda emessa(e).
- Il nome e la data di pubblicazione della Norma in base alla quale l'apparecchio è stato classificato devono essere riportati sulla targhetta informativa, o in qualunque posto molto vicino ad essa sull'apparecchio.

Per la Classe 1 e la Classe 1M, invece che sulle targhette, le indicazioni possono essere incluse nelle informazioni per l'utilizzatore.

6.2 Targhette indicatrici

In Figura 1 è schematizzata una targhetta indicatrice con l'indicazione delle proporzioni caratteristiche; in Tabella 1 sono riportati i rapporti dimensionale fra le grandezze caratteristiche delle targhette indicatrici.

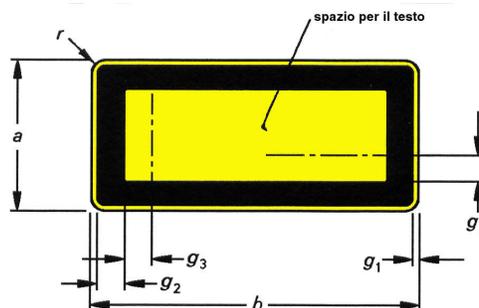


Figura 1 – targhetta indicatrice

La relazione fra la più grande distanza alla quale la targhetta può essere capita e l'area minima della targhetta è:

$$A = \frac{L^2}{2000}$$

Dove A e L sono in metri ed $L < 50$.

a x b	g1	g2	g3	g4	altezza minima della dicitura
26x52	1	4	4	2	La dicitura del testo deve essere di dimensione tale da renderla leggibile
52x105	1,6	5	5	3,2	
74x148	2	6	7,5	4	
100x250	2,5	8	12,5	5	
140x200	2,5	10	10	5	
140x250	2,5	10	12,5	5	
140x400	3	10	20	6	
200x250	3	12	12,5	6	
200x400	3	12	20	6	
250x400	4	15	25	8	

La dimensione g1 è raccomandata

Tabella 1 – proporzioni fra le dimensioni delle targhetta indicatrici

6.3 Targhetta di avvertimento

In Figura 1 è schematizzata una targhetta indicatrice con l'indicazione delle proporzioni caratteristiche; in Tabella 1 sono riportati i rapporti dimensionale fra le grandezze caratteristiche delle targhetta indicatrici

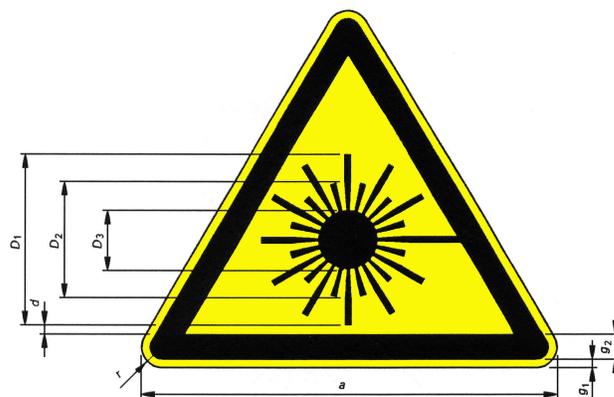


Figura 2 – targhetta di avvertimento

a	g ₁	g ₂	r	D ₁	D ₂	D ₃	d
25	0,5	1,5	1,25	10,5	7	3,5	0,5
50	1	3	2,5	21	14	7	1
100	2	6	5	42	28	14	2
150	3	9	7,5	63	42	21	3
200	4	12	10	84	56	28	4
400	8	24	20	168	112	56	8
600	12	36	30	252	168	84	12

Le dimensioni D₁, D₂, D₃, g₁ e d sono valori raccomandati

Tabella 2 – proporzioni fra le dimensioni delle targhette di avvertimento

La relazione fra la più grande distanza alla quale la targhetta può essere capita e l'area minima della targhetta è:

$$A = \frac{L^2}{2000}$$

ve A e L sono in metri ed L<50.

6.4 Diciture delle targhette indicatrici e di avvertimento

Di seguito sono riportate le diciture per le targhette degli apparecchi per ogni classe.

6.4.1. Classe 1

Su ogni apparecchio di classe 1 deve essere apposta una targhetta indicatrice con la dizione:

APPARECCHIO LASER DI CLASSE 1

6.4.2. Classe 1M

Su ogni apparecchio di classe 1M deve essere apposta una targhetta indicatrice con la dizione:

RADIAZIONE LASER
NON OSSERVARE DIRETTAMENTE
CON STRUMENTI OTTICI
APPARECCHIO LASER DI CLASSE 1M

dopo le parole “strumenti ottici” si può aggiungere un termine tipo “BINOCOLI O TELESCOPI” o “LENTI DI INGRANDIMENTO” a seconda del dispositivo di raccolta del fascio per il quale l'apparecchio è stato classificato in classe 1M.

6.4.3. Classe 2

Su ogni apparecchio di classe 2 deve essere apposta una targhetta indicatrice con la dizione:

RADIAZIONE LASER
NON FISSARE IL FASCIO
APPARECCHIO LASER DI CLASSE 2

Sull'apparecchio deve essere apposta anche una targhetta di avvertimento

6.4.4. Classe 2M

Su ogni apparecchio di classe 2M deve essere apposta una targhetta indicatrice ed una di avvertimento con la dizione:

RADIAZIONE LASER
NON FISSARE IL FASCIO AD OCCHIO NUDO
NÉ GUARDARE DIRETTAMENTE
CON STRUMENTI OTTICI
APPARECCHIO LASER DI CLASSE 2M

dopo le parole “strumenti ottici” si può aggiungere un termine tipo “BINOCOLI O TELESCOPI” o “LENTI DI INGRANDIMENTO”.

6.4.5. Classe 3R

Per i laser di classe 3R si distingue a seconda della gamma di lunghezze d'onda. Se la lunghezza d'onda è compresa fra 400 nm e 1400 nm, deve essere apposta una targhetta indicatrice ed una di avvertimento con la dizione:

RADIAZIONE LASER
EVITARE L'ESPOSIZIONE DIRETTA
DEGLI OCCHI
APPARECCHIO LASER DI CLASSE 3R

Per lunghezze d'onda inferiori a 400 nm o superiori a 1400 nm deve essere apposta una targhetta indicatrice ed una di avvertimento con la dizione:

RADIAZIONE LASER
EVITARE L'ESPOSIZIONE AL FASCIO
APPARECCHIO LASER DI CLASSE 3R

In prossimità di ogni apertura da cui sia emessa una radiazione laser superiore alle classi 1 o 2 deve inoltre essere fissata una targhetta con la dicitura:

APERTURA LASER

oppure

EVITARE L'ESPOSIZIONE - DA QUESTA APERTURA
È EMESSA RADIAZIONE LASER

6.4.6. Classe 3B

Su ogni apparecchio di classe 3B deve essere apposta una targhetta indicatrice ed una di avvertimento con la dizione:

RADIAZIONE LASER
EVITARE L'ESPOSIZIONE AL FASCIO
APPARECCHIO LASER DI CLASSE 3B

In prossimità di ogni apertura da cui sia emessa una radiazione laser superiore alle classi 1 o 2 deve inoltre essere fissata una targhetta con la dicitura:

APERTURA LASER

oppure

EVITARE L'ESPOSIZIONE - DA QUESTA APERTURA
È EMESSA RADIAZIONE LASER

6.4.7. Classe 4

Su ogni apparecchio di classe 4 deve essere apposta una targhetta indicatrice ed una di avvertimento con la dizione:

RADIAZIONE LASER
EVITARE L'ESPOSIZIONE DELL'OCCHIO O
DELLA PELLE ALLA RADIAZIONE DIRETTA O DIFFUSA
APPARECCHIO LASER DI CLASSE 4

In prossimità di ogni apertura da cui sia emessa una radiazione laser superiore alle classi 1 o 2 deve inoltre essere fissata una targhetta con la dicitura:

APERTURA LASER

oppure

EVITARE L'ESPOSIZIONE - DA QUESTA APERTURA
È EMESSA RADIAZIONE LASER

6.5 Targhette per i pannelli di accesso

Ogni collegamento, pannello di un riparo di protezione e pannello di un involucro di protezione che, una volta tolto o spostato, permetta l'accesso umano a radiazione superiore alla classe 1 deve avere una targhetta con le parole:

ATTENZIONE –RADIAZIONE LASER
IN CASO DI APERTURA

Seguono le indicazioni relative alla classe di radiazione a cui è esposti in caso di apertura. Come di seguito riportate.

6.5.1. Radiazione accessibile inferiore a classe 1M

Se la radiazione accessibile non supera il LEA della classe 1M, va riportata la seguente dicitura:

ATTENZIONE –RADIAZIONE LASER
DI CLASSE 1M IN CASO DI APERTURA
NON GUARDARE DIRETTAMENTE CON STRUMENTI OTTICI

6.5.2. Radiazione accessibile inferiore a classe 2

Se la radiazione accessibile non supera il LEA della classe 2, va riportata la seguente dicitura:

ATTENZIONE –RADIAZIONE LASER
DI CLASSE 2 IN CASO DI APERTURA
NON FISSARE IL FASCIO

6.5.3. Radiazione accessibile inferiore a classe 2M

Se la radiazione accessibile non supera il LEA della classe 2M, va riportata la seguente dicitura:

ATTENZIONE –RADIAZIONE LASER
DI CLASSE 2M IN CASO DI APERTURA
NON FISSARE IL FASCIO AD OCCHIO NUDO
NÉ GUARDARE DIRETTAMENTE
CON STRUMENTI OTTICI

6.5.4. Radiazione accessibile inferiore a classe 3R

Se la radiazione accessibile non supera il LEA della classe 3R e la lunghezza d'onda è compresa tra 400 nm e 1400 nm, va riportata la seguente dicitura:

ATTENZIONE –RADIAZIONE LASER
DI CLASSE 3R IN CASO DI APERTURA
EVITARE L'ESPOSIZIONE DIRETTA DEGLI OCCHI

Se la radiazione accessibile non supera il LEA della classe 3R e la lunghezza d'onda è inferiore a 400 nm o superiore a 1400 nm, va riportata la seguente dicitura:

ATTENZIONE –RADIAZIONE LASER
DI CLASSE 3R IN CASO DI APERTURA
EVITARE L'ESPOSIZIONE AL FASCIO

6.5.5. Radiazione accessibile inferiore a classe 3B

Se la radiazione accessibile non supera il LEA della classe 3B, va riportata la seguente dicitura:

ATTENZIONE –RADIAZIONE LASER
DI CLASSE 3B IN CASO DI APERTURA
EVITARE L'ESPOSIZIONE AL FASCIO

6.5.6. Radiazione accessibile superiore alla classe 3B

Se la radiazione accessibile supera il LEA della classe 3B (e quindi ricade in classe 4), va riportata la seguente dicitura:

ATTENZIONE –RADIAZIONE LASER
DI CLASSE 4 IN CASO DI APERTURA
EVITARE L'ESPOSIZIONE DI OCCHI O PELLE
ALLA RADIAZIONE DIRETTA O DIFFUSA

Targhette per pannelli con blocco di sicurezza

Se i pannelli sono dotati di blocco di sicurezza, alla fine della dizione relativa, va aggiunta la seguente frase: E DI GUASTO O DISATTIVAZIONE DEI BLOCCHI

6.5.7. Pannelli muniti di blocco di sicurezza

Ai blocchi di sicurezza che possono essere esclusi permettendo l'accesso umano a radiazione superiore alla classe 1 devono essere associate delle targhette appropriate, visibili prima e dopo l'esclusione del blocco e posizionate il più vicino possibile all'apertura generata dall'esclusione del blocco.

Le targhette devono riportare le diciture per i pannelli di accesso con l'aggiunta delle parole:

E DI GUASTO O DISATTIVAZIONE DEI BLOCCHI

6.5.8. Avvertimento per radiazione visibile o invisibile

Quando la dicitura prevista dalla targhetta contiene anche le parole "radiazione laser", si può specificare meglio a seconda che la radiazione sia visibile o invisibile.

In caso di radiazione laser invisibile si può scrivere "radiazione laser invisibile". Se è presente radiazione sia visibile che invisibile si può scrivere "radiazione laser visibile e invisibile". Se è presente solo radiazione visibile, la dicitura "radiazione laser" può essere sostituita con "luce laser".

Per la radiazione dei LED la parola "laser" può essere sostituita con "LED".

Sommario

1	<u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</u>	2
1.1	NORMATIVA SULLA SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO	2
1.2	NORMATIVA SPECIFICA.....	2
1.3	DEFINIZIONI.....	2
2	<u>RESPONSABILITÀ</u>	4
2.1	COMPITI DEL DIRETTORE.....	4
2.2	COMPITI DEL RESPONSABILE	5
2.3	COMPITI DEGLI OPERATORI	5
2.4	TECNICO SICUREZZA LASER	5
2.5	COMPITI TSL.....	6
3	<u>RISCHI CONNESSI ALL'USO DEI LASER.....</u>	6
3.1	CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI LASER.....	6
3.1.1.	MODIFICHE.....	7
3.2	RISCHI COLLATERALI	7
3.2.1.	RISCHI ELETTRICI.....	7
3.2.2.	RISCHI CHIMICI.....	7
3.2.3.	RADIAZIONE COLLATERALE.....	7
3.2.4.	REFRIGERANTI CRIOGENICI.....	7
3.2.5.	CONTAMINAZIONE ATMOSFERICA.....	7
3.2.6.	RISCHI DI INCENDIO.....	7
4	<u>MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE.....</u>	8
4.1	FORMAZIONE ED INFORMAZIONE.....	8
4.2	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE.....	8
4.2.1.	PROTEZIONE DEGLI OCCHI	8
4.2.2.	INDUMENTI PROTETTIVI.....	9
4.2.3.	CARTE PER L'ALLINEAMENTO	9
4.3	MISURE RIGUARDANTI I LOCALI	9
4.3.1.	USO ED ACCESSO AI SISTEMI LASER.....	9
4.3.2.	NUOVE INSTALLAZIONI.....	9
4.3.3.	MODIFICHE SOSTANZIALI.....	9
4.3.4.	ZONA LASER CONTROLLATA.....	9
4.3.5.	SEGNALI DI AVVERTIMENTO	10
4.4	MISURE RIGUARDANTI L'APPARECCHIATURA.....	10
4.4.1.	OPERAZIONI DI MANUTENZIONE, RIPARAZIONE O MODIFICA.....	10
4.4.2.	OPERAZIONI DI SPEGNIMENTO	10
4.4.3.	CONNETTORE DI BLOCCO A DISTANZA.....	10
4.4.4.	ETICHETTATURA	10
4.4.5.	INTERBLOCCHI DI SICUREZZA	10
4.4.6.	OTTICHE DI OSSERVAZIONE	11
4.4.7.	POSIZIONAMENTO DEI COMANDI.....	11
4.4.8.	SORGENTI PROTOTIPO	11
4.4.9.	TRASMISSIONE DATI.....	11

4.5	MISURE RIGUARDANTI I FASCI.....	11
4.5.1.	TERMINAZIONE DEL FASCIO.....	11
4.5.2.	TRAIETTORIE DEL FASCIO	11
4.5.3.	RIFLESSIONI SPECULARI.....	12
5	<u>SORVEGLIANZA MEDICA.....</u>	12
5.1	ESAMI CLINICI	12
6	<u>TARGHETTE</u>	13
6.1	GENERALITÀ	13
6.2	TARGHETTE INDICATRICI	13
6.3	TARGHETTA DI AVVERTIMENTO.....	14
6.4	DICITURE DELLE TARGHETTE INDICATRICI E DI AVVERTIMENTO	15
6.4.1.	CLASSE 1	15
6.4.2.	CLASSE 1M.....	15
6.4.3.	CLASSE 2	15
6.4.4.	CLASSE 2M.....	15
6.4.5.	CLASSE 3R	16
6.4.6.	CLASSE 3B	16
6.4.7.	CLASSE 4	17
6.5	TARGHETTE PER I PANNELLI DI ACCESSO.....	17
6.5.1.	RADIAZIONE ACCESSIBILE INFERIORE A CLASSE 1M	17
6.5.2.	RADIAZIONE ACCESSIBILE INFERIORE A CLASSE 2.....	17
6.5.3.	RADIAZIONE ACCESSIBILE INFERIORE A CLASSE 2M	18
6.5.4.	RADIAZIONE ACCESSIBILE INFERIORE A CLASSE 3R	18
6.5.5.	RADIAZIONE ACCESSIBILE INFERIORE A CLASSE 3B	18
6.5.6.	RADIAZIONE ACCESSIBILE SUPERIORE ALLA CLASSE 3B.....	18
6.5.7.	PANNELLI MUNITI DI BLOCCO DI SICUREZZA	19
6.5.8.	AVVERTIMENTO PER RADIAZIONE VISIBILE O INVISIBILE	19
	<u>SOMMARIO.....</u>	20