



Il rischio da agenti fisici negli ambienti di lavoro

Valutazione dei rischi per l'impiego di radiazioni ottiche coerenti

Parma 9 giugno 2015

Relatore: Ing. Giuseppe Casella – Tecnico Sicurezza Laser

Centro di Servizi per la salute, igiene e sicurezza nei luoghi di lavoro

Università degli Studi di Parma

cesislav@unipr.it

Sommario

- ❖ Brevi richiami alle radiazioni ottiche coerenti;
- ❖ Rischi da esposizione;
- ❖ Richiami alla normativa di riferimento;
- ❖ Classi di rischio;
- ❖ Aspetti protezionistici e valutazione dei rischi;
- ❖ Terza edizione standard IEC 60825-1.

Relatore: Giuseppe Casella

Brevi richiami alle radiazioni ottiche coerenti

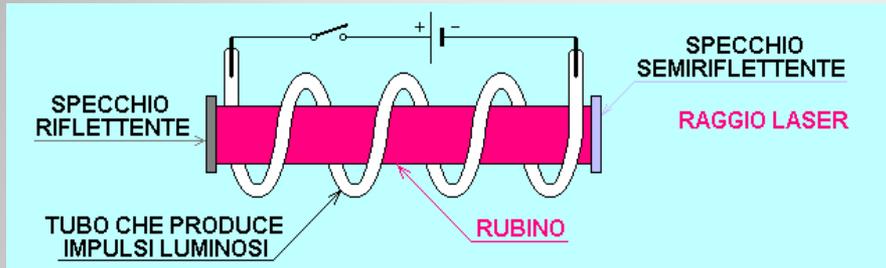
Relatore: Giuseppe Casella

L.A.S.E.R.

“Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”

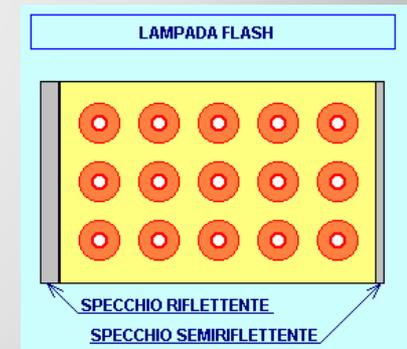
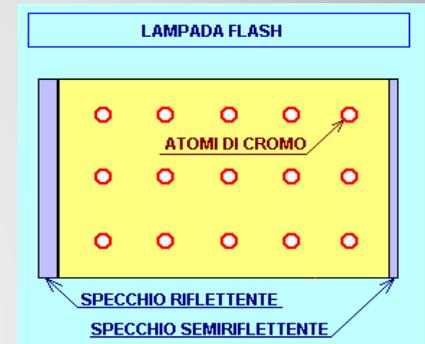
- Ogni dispositivo che produce o amplifica una radiazione elettromagnetica coerente compresa nell'intervallo λ : 180 nm – 1×10^6 nm (1 mm) tramite il fenomeno dell'emissione stimolata.
- Il laser è un generatore di radiazione elettromagnetica basato sul processo di emissione stimolata di radiazione da parte di un sistema di atomi eccitati che operano transizioni da uno stato quantico ad energia superiore ad un altro ad energia inferiore.
- E'costituito da un “mezzo attivo” che è cioè capace di amplificare la radiazione che lo attraversa a cui un sistema esterno di “pompaggio” fornisce energia.

L.A.S.E.R.



Esempio laser a rubino (mezzo attivo):

- Lampi luminosi lampada policromatica incoerente;
- Si eccitano gli atomi di cromo all'interno del rubino e gli elettroni nell'orbita più esterna passano ad un'orbita ancora più esterna ad energia maggiore;
- In condizioni normali, tali elettroni decadono naturalmente in modo casuale restituendo l'energia sotto forma di fotoni monocromatici con direzione casuale (emissione fotonica naturale);
- Il laser produce invece una emissione stimolata grazie ad una "cavità risonante" formata da specchi paralleli, di lunghezza multipla $l/2$;
- Reazione a catena, i fotoni inducono il decadimento degli elettroni con relativa emissione di fotoni a stessa λ , fase e direzione;
- Raggiunta una certa intensità gli elettroni riescono ad uscire mediante un raggio perfettamente rettilineo.



Caratteristiche della radiazione laser

Monocromaticità:

I fotoni sono emessi con la stessa λ ;

Unidirezionalità:

Il fascio di luce laser diverge molto poco e si muove in linea retta; si può quindi direzionarlo con elevata precisione (piccolo angolo solido sotteso dal laser);

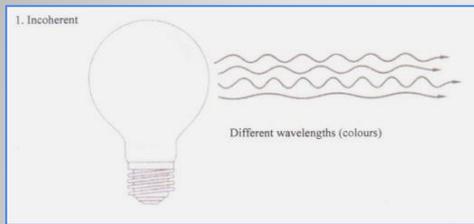
Coerenza (spaziale e temporale):

Le onde e.m. viaggiano in fase nella stessa direzione e la fase si mantiene nel tempo e nello spazio; ciò permette alta efficienza nel processo di amplificazione;

Brillanza = Luminosità:

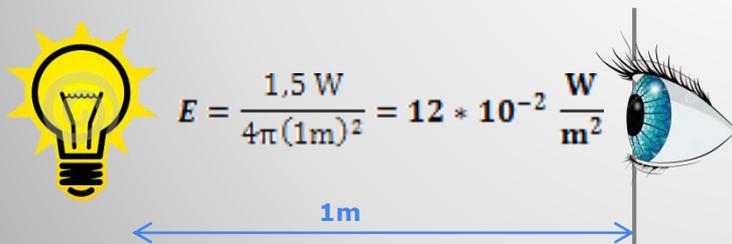
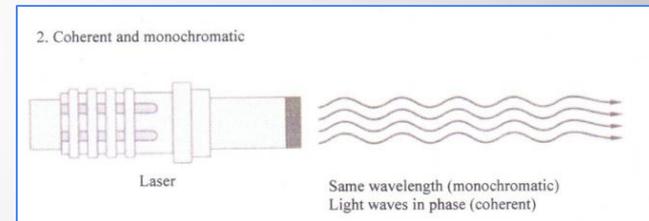
Concentrazione di elevata potenza (Watt o J/s) emessa per unità di superficie e unità di angolo solido (radianza $W/(m^2 \times \text{sterad})$).

Esempio



La sorgente incoerente emette in tutte le direzioni e la quantità di luce raccolta dipende dall'area sensibile del rivelatore.

La sorgente coerente (laser) emette luce direzionata e il rivelatore può raccogliere tutta la luce emessa.



$$E = \frac{1,5 \text{ W}}{4\pi(1\text{m})^2} = 12 \times 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$



$$P_{\text{occhio}} = (12 \times 10^{-2}) \times (3,8 \times 10^{-5} \text{ m}^2) = 4,56 \times 10^{-6} \text{ W}$$

$$P_{\text{occhio}} = 1,5 \text{ W}$$

Regioni spettrali

Ultravioletto: 100 nm - 400 nm

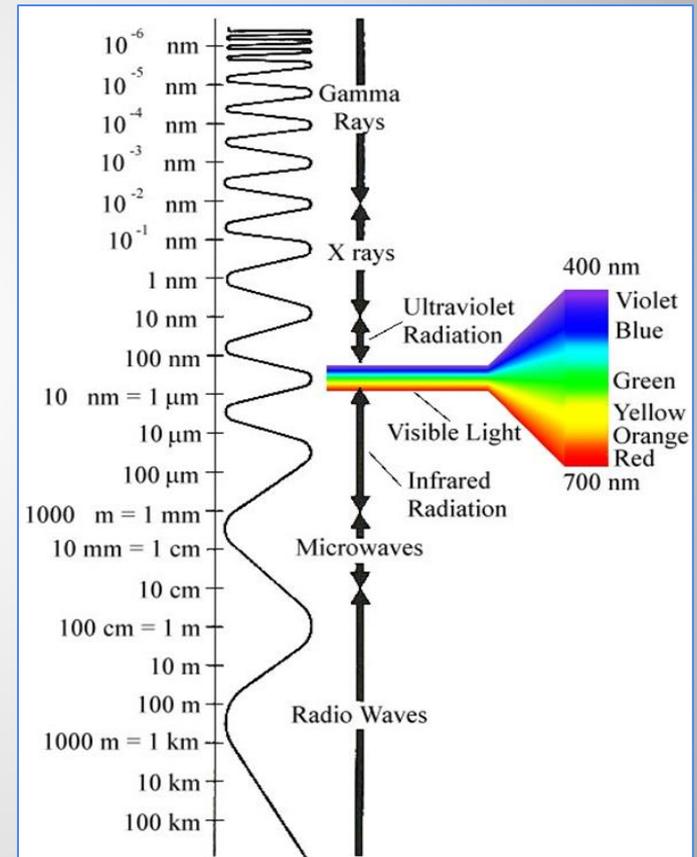
- UV-C 100 nm - 280 nm
- UV-B 280 nm - 315 nm
- UV-A 315 nm - 400 nm

Visibile: 400 nm - 780 nm

Infrarosso: 780 nm - 1 mm

- IR-A 780 nm - 1400 nm
- IR-B 1400 nm - 3000 nm
- IR-C 3000 nm - 1.000.000 nm (1 mm)

LASER: $180 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1 \text{ mm}$



Modalità di emissione

Continua ("cw" emissione costante nel tempo) [W]

Ordini di grandezza: da qualche mW a qualche decina di W

Pulsata ("p" emissione variabile nel tempo) [J]

Max energia in minimo tempo, a parità di energia:

-> con tempi brevi si ha veloce vaporizzazione di piccoli volumi

-> con tempi superiori si ha riscaldamento locale senza evaporazione

Pulsata a impulsi ultracorti (mode locking $t \sim 10^{-9}s$)

Pulsata a impulsi giganti (Q-switched $10^{-9} \leq t \leq 10^{-7}s$)

Ordini di grandezza: da qualche mJ a qualche decina di mJ

Esempi di applicazioni

Ambito civile e industriale

- **Telecomunicazioni**

Nelle reti di computer il laser viene utilizzato per trasferire enormi quantità di dati attraverso le fibre ottiche o tramite link ottici in aria;

- **Lavorazioni di materiali**

Foratura, taglio, saldatura, trattamenti termici, taglio, saldatura, incisione, marcatura, foratura, abrasione ecc.;

- **Metrologia e misure**

si possono effettuare delle misure di estrema precisione nel campo che va dai micron alle decine di metri; interferometri laser per metrologia, misuratori di diametri di fili, granulometri, rugosimetri sistemi di rilievo di campi di deformazione; sistemi laser di allineamento, livelle laser, telemetri topografici e geodimetri; lidar e rilevatori di inquinamento;

- **Beni di consumo** (lettori CD e "bar-code",...)

- **Intrattenimento** (laser per discoteche, concerti,...)

- **Restauro e pulitura di opere d'arte** (spessore qualche μm)

Esempi di applicazioni

Medicina

- **Oftalmologia**

Correzione dei difetti rifrattivi della vista: miopia, astigmatismo e ipermetropia. In particolare, il laser retinico viene usato generalmente per "bruciare" zone della retina malata.

- **Chirurgia Chirurgia Endoscopica**

Il bisturi laser che sostituisce il normale bisturi metallico, con il vantaggio della estrema sottigliezza del taglio e di cicatrizzare mentre taglia, impedendo così la perdita di sangue.

- **Applicazioni per uso estetico**

Riduzione acne, rimozione peli e capelli, cancellazione o riduzione rughe, laser lifting.

- **Applicazioni in Odontoiatria**

Ricerca

- **Ottica non lineare**

- **Spettroscopia lineare e non lineare**

- **Interazione radiazione materia**

Rischi da esposizione

Rischi per la salute

In generale i rischi che la legislazione intende prevenire sono quelli legati alla salute e alla sicurezza che possono derivare dall'esposizione accidentale alle radiazioni ottiche coerenti o al loro impiego durante attività di lavoro/ricerca, con particolare riguardo ai rischi dovuti agli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute.

La tipologia di effetti dovuti all'esposizione dipende dalla lunghezza d'onda della radiazione incidente, mentre dall'intensità dipendono sia la possibilità che tali effetti si verifichino, sia la loro gravità. Nella seguente tabella sono illustrati i principali effetti, generati dall'esposizione alle differenti lunghezze d'onda, in relazione agli organi bersaglio più a rischio.

Regione spettrale	Occhio	Pelle	
Ultravioletto C (da 100nm a 280nm)	Fotocheratite	Eritema	Tumori cutanei
Ultravioletto B (da 280nm a 315nm)	Fotocongiuntivite	(scottatura della pelle)	Processo accelerato di invecchiamento della pelle
Ultravioletto A (da 315nm a 400nm)	Cataratta fotochimica	Reazione di fotosensibilità	Bruciatura della pelle
Visibile (da 400nm a 780nm)	Lesione fotochimica e termica della retina		
Infrarosso A (da 780nm a 1400nm)	Cataratta Bruciatura della retina	--	Bruciatura della pelle
Infrarosso B (da 1400nm a 3000nm)	Cataratta Bruciatura della cornea		
Infrarosso C (da 3000nm a 1mm)	Bruciatura della cornea		

Rischi collaterali

Pericoli elettrici:

In linea generale, ad una sorgente laser alimentata elettricamente, è associata sempre la possibilità di esposizione sia a contatti diretti che indiretti. In ogni modo, la probabilità di subire un danno di origine elettrica è trascurabile se la sorgente è conforme alla vigente normativa di sicurezza e viene mantenuta tale nel tempo. Diversi laser fanno uso di tensioni superiori ad 1 kV ed i laser pulsati possono essere particolarmente pericolosi a causa dell'energia immagazzinata nei banchi di condensatori.

Pericoli di radiazioni ionizzanti:

Componenti di circuiti come i tubi elettronici che lavorano a tensioni anodiche superiori a 5 kV sono in grado di emettere raggi X da frenamento che andrebbero opportunamente schermati.

Pericoli di incendio (combustione):

L'interazione di un fascio laser di densità di potenza sufficientemente elevata con sostanze infiammabili/combustibili comporta l'esposizione al rischio di incendio (combustione).

Pericoli di radiazione collaterale:

Si definisce collaterale la radiazione elettromagnetica di lunghezza d'onda compresa tra 180 nm e 1 mm dovuta al funzionamento del laser, eccetto la radiazione laser. Pericoli considerevoli possono essere associati alla radiazione ultravioletta delle lampade flash e ai tubi a scarica di laser continui quando si utilizzano tubi o specchi che trasmettono l'ultravioletto (ad es. quarzo). Pericoli potenziali possono essere associati anche a radiazioni visibili ed infrarosse emesse dalle lampade flash, da sorgenti di pompaggio e da radiazioni di ritorno dal bersaglio.

Pericoli di esplosione:

L'interazione di un fascio laser di potenza elevata con sostanze esplodibili comporta l'esposizione al rischio di esplosione. Sono anche possibili reazioni esplosive di reagenti nei laser chimici o di altri gas usati in laboratorio. Relativamente a sistemi laser di alta potenza pulsati può esistere la possibilità di esplosione dei banchi di condensatori.

Agenti criogenici:

La manipolazione di liquidi criogenici, se condotta senza particolare precauzione, può provocare necrosi dei tessuti umani.

Agenti chimici:

I pericoli di natura chimica possono essere associati ai laser a coloranti o a gas.

Contaminazione dell'atmosfera:

Tale rischio può essere legato ai gas provenienti dai sistemi laser a circolazione di gas, dai prodotti intermedi delle reazioni laser o da gas – vapori provenienti da agenti chimici o creati nella zona bersaglio dall'interazione laser – materia.

Richiami alla normativa di riferimento e classi di rischio

Relatore: Giuseppe Casella

Il d.lgs. 81/08 Titolo VIII, Capo I

(tutti agenti fisici)

Art. 181, c. 2:

Il DDL, tramite il SPP, valuta i rischi associati alle ROA 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".

Nel caso delle radiazioni ottiche coerenti sono state individuate le figure del **TSL** e dell'**ASL**.

ASL e TSL

L'Addetto alla Sicurezza Laser (ASL) riguarda il campo sanitario;

Il Tecnico Sicurezza Laser (TSL) è individuato per il campo industriale, di ricerca e nei settori civile ed ambientale;

(Guide CEI 76 fascicoli 3849 R e 3850 R)

La definizione di due figure, i cui compiti da assicurare ai fini della sicurezza sono simili in linea di principio, ma con conoscenze e competenze non uguali, trova giustificazione nelle differenti valutazioni specifiche dei rischi, nelle procedure e nei controlli da applicare che sono in relazione al tipo di impiego delle apparecchiature laser.

TSL – Principali attività

Opera in stretta collaborazione con il DDL e deve necessariamente prestare la propria consulenza ove siano installate sorgenti laser di classe 3R, che emettano energia ad una lunghezza d'onda esterna all'intervallo 400-700 nm, laser classe 3B e 4. Deve possedere conoscenze specifiche nel campo dei sistemi laser, delle loro proprietà e svolge le seguenti funzioni:

- Effettua sopralluoghi per il progetto e/o la verifica delle condizioni di sicurezza dei laboratori in cui sono presenti sistemi laser;
- Valuta, l'installazione di nuovi sistemi laser (e/o la modifica degli esistenti) indicando le prescrizioni del caso;
- Effettua la valutazione del rischio laser e dei rischi collaterali, conseguentemente prescrive le misure preventive e protettive e ne verifica l'adozione.

Il d.lgs. 81/08 Titolo VIII, Capo I

(tutti agenti fisici)

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 nel 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.

“Giustificazione”

Solo particolari categorie di sorgenti laser ed in condizioni specifiche risultano giustificabili!!!

Norme Tecniche

- **CEI EN 60825-1 (Ed. 2):**
Sicurezza degli apparecchi laser;
- **CEI EN 60825-4:**
Barriere per Laser;
- **CEI 76 - CT 76 - Fascicolo 3850R:**
Guida per l'utilizzazione di apparati laser per laboratori di ricerca;
- **UNI EN 207:**
Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni laser (protettori dell'occhio laser);
- **UNI EN 208:**
Protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sul laser e sistemi laser (protettori dell'occhio per regolazioni laser).

Classi di rischio

Relatore: Giuseppe Casella

Limite di Emissione Accessibile L.E.A

I sistemi laser presentano un'elevata variabilità in termini di lunghezza d'onda della radiazione, di potenza emessa, nelle caratteristiche dell'impulso e nella geometria del fascio.

Pertanto non è possibile considerarli come un unico gruppo a cui sia possibile applicare limiti e comportamenti di sicurezza comuni.

Si è reso quindi indispensabile, ai fini della sicurezza, il raggruppamento degli stessi in categorie o classi di rischio.

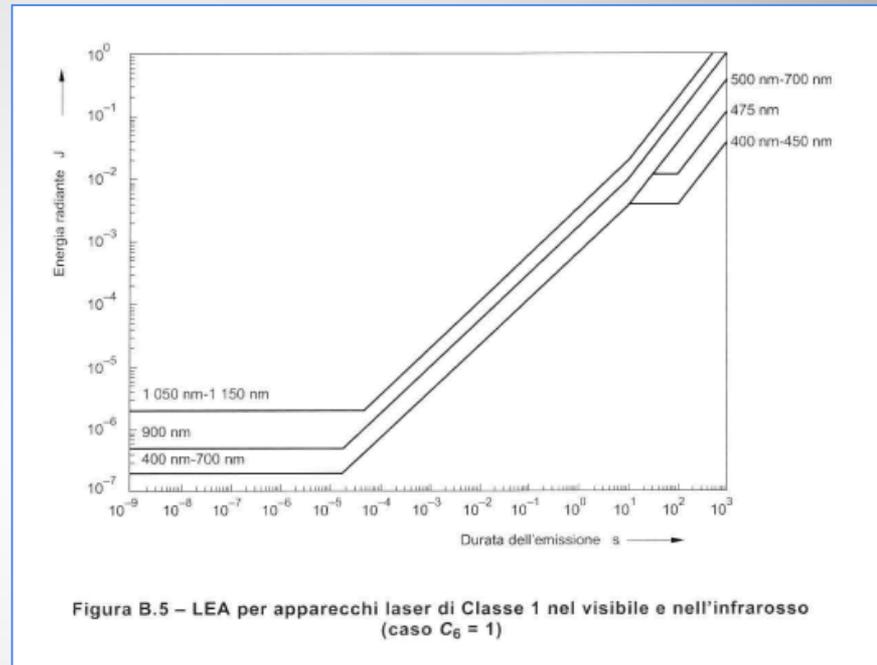
Risulta quindi utile l'introduzione di un parametro chiamato Limite di Emissione Accessibile (LEA) il quale descrive il livello massimo di radiazione accessibile per una particolare classe.

Ogni classe ha un LEA di riferimento che dipende da:

- Lunghezza d'onda;
- Durata di emissione;
- Modalità di funzionamento;
- Durata impulso;
- Dimensione zona irradiata.

La classificazione secondo la norma CEI EN 60825-1 comprende 7 classi.

La determinazione della classe di appartenenza di una sorgente si effettua confrontando il relativo valore di radiazione accessibile con il LEA di una particolare classe.



Classificazione dei LASER (CEI EN 60825-1)

(In vigore dal 01/07/2005)

Classe 1: (Giustificabili – FAQ ROA Coordinamento Tecnico Interregionale)

Intrinsecamente sicuri (bassa potenza) anche per visione diretta e prolungata del fascio (Vis -> possibile abbagliamento temporaneo).

Non si superano mai gli EMP, sicuri sia per visione a occhio nudo sia con visione tramite strumenti ottici.

Sono compresi anche laser di classi superiori se opportunamente schermati

Classe 1M:

Intervallo 302,5-4000 nm sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili (divergenti), ma possono essere pericolosi (superamento EMP e danni oculari) se l'utente impiega ottiche per la visione diretta del fascio.

(strumenti ottici: binocolo, microscopio).

Classe 2: (Giustificabili – FAQ ROA Coordinamento Tecnico Interregionale)

Intervallo 400-700 nm; **non** sono intrinsecamente sicuri, ma la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dal riflesso di difesa compreso il riflesso palpebrale (0,25s)

Possibili conseguenze in casi critici: abbagliamento/accecamento. Bisogna evitare di guardare nel fascio.

Classe 2M:

Intervallo 400-700 nm; sono sicuri solo per brevi esposizioni, la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dal riflesso di difesa compreso il riflesso palpebrale. Tuttavia l'osservazione dell'emissione può risultare pericolosa se l'utilizzatore impiega ottiche per la visione diretta del fascio. (in base alla geometria del fascio).

Classe 3R:

Intervallo 302,5-10⁶ nm; la visione diretta del fascio è potenzialmente pericolosa (supera EMP), ma il rischio è inferiore alla classe 3B. In ogni caso il rischio di lesioni aumenta con la durata dell'esposizione.

Classe 3B:

La visione diretta del fascio, anche accidentale e breve o di sue riflessioni speculari, è sempre pericolosa mentre non è a rischio la visione di radiazioni diffuse. Nel visibile, la visione riflessa o rifratta non è normalmente a rischio se la distanza minima di visione è non inferiore a 13 cm e il tempo di visione non è superiore a 10 s.

Classe 4:

Pericolosa l'esposizione sia diretta al fascio o alle sue riflessioni speculari sia alla radiazione diffusa, con o senza strumenti ottici. Sono pericolosi per occhio e pelle. Presentano anche un rischio di incendio *(per energia elevata)*.

Classi di rischio (IEC 60825-1:2003)

Limite sup di potenza per emissione CW	Classe di rischio <small>a cura del costruttore</small>	Rischi
<0.4 mW	1	NO: intrinsecamente sicuri. NO protezione
0.4-500 mW	1M	SI x Visione diretta fascio con ottiche
< 1 mW	2	NO se $t < 0,25s$ (riflesso palpebrale) (VIS)
1-500 mW	2M	SI x Visione diretta fascio con ottiche (VIS)
< 5 mW	3R	SI x Visione diretta fascio
< 500 mW	3B	SI x Visione diretta fascio. Sempre
> 500 mW	4	SI x visione fascio diretto e diffuso

Aspetti protezionistici e valutazione dei rischi

Relatore: Giuseppe Casella

Premessa

Prima di affrontare un esempio concreto di valutazione è necessario approfondire alcuni aspetti fondamentali relativi alla sicurezza ed in particolare:

- ❑ **Dispositivi di protezione individuale e collettiva;**
- ❑ **Delimitazione delle aree;**
- ❑ **Etichettatura sorgenti.**

DPI (Dispositivi di Protezione Individuale)

E' compito del Responsabile delle attività, sentito il TSL e contestualmente il produttore del sistema laser, individuare e fornire gli adeguati Dispositivi di Protezione Individuale.

Tutti i DPI, devono essere conformi al D.Lgs. 475/1992 (D.lgs. n. 81/2008, art.76, comma 1) ed in particolare devono essere marcati CE.

Nel caso particolare delle radiazioni ottiche coerenti:

- Protettori per gli occhi;
- Indumenti di protezione.

Protettori per gli occhi

(Per esposizione accidentale)

Esistono due tipologie di occhiali protettivi:

- Filtri e protezioni oculari da radiazioni laser per l'utilizzatore (Norma UNI EN 207)
- Protezioni oculari per operazioni di allineamento di sistemi laser (solo Vis.) (Norma UNI EN 208)

La scelta è funzione della lunghezza d'onda e della potenza/energia della radiazione accessibile. Per poter dichiarare un protettore oculare idoneo devono essere garantite due specifiche dello stesso:

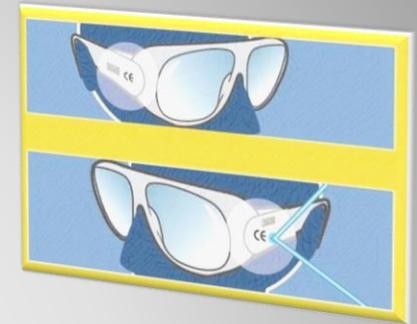
Densità ottica: Necessaria a ridurre l'esposizione a valori inferiori all'EMP.

Stabilità alla radiazione: Ossia resistenza al fascio laser per almeno 5s ovvero 50 impulsi ovvero resistenza al danneggiamento.



Marcatura degli occhiali

Ogni occhiale protettivo deve avere una marcatura, sulla montatura o sui filtri, con le seguenti indicazioni:



- Condizioni di prova:

- D = a onda continua
- I = a impulsi $10^{-6} \leq t[s] \leq 0,25$
- R = a impulsi giganti $10^{-9} \leq t[s] \leq 10^{-6}$
- M = a impulsi a modo accoppiato $t[s] \leq 10^{-9}$

- Lunghezza d'onda (o intervallo) garantito di protezione;
- Numero di graduazione (attenuazione richiesta al filtro per ridurre la radiazione incidente sull'occhio al valore sicuro -> EMP);
- Marchio di identificazione del costruttore (conforme a UNI EN 207);
- Marchio CE.

Marcatura per utilizzatore 1/2

D 980-1400 LB5 + IR 650-1000 LB6 X ZZ S



Marcatura per utilizzatore 2/2

- **D**: Condizione di prova (prospetto 4 Norma UNI EN 207)
- **980-1400**: Intervallo di λ in nm in cui il filtro garantisce la protezione con il numero di graduazione seguente;
- **L5**: Numero di graduazione ossia il fattore spettrale massima di trasmissione del filtro pari a 10^{-5} nel suddetto intervallo di λ ;
- **IR**: Sono altre due condizioni di prova cui sono stati testati i filtri;
- **X**: Marchio di identificazione del fabbricante;
- **ZZ**: Marchio di certificazione se applicabile (CE, ecc.);
- **S**: Indicazione della resistenza meccanica (urti, graffi, t elevate ecc.).

Marcatura per lavori di regolazione 1/2

La marcatura dei protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser deve riportare le seguenti informazioni:

- Potenza massima del laser, in watt (W) ed energia massima di impulso, in joule (J);
- Lunghezza d'onda (o intervallo) garantito di protezione (in nm);
- Numero di graduazione;
- Marchio di identificazione del fabbricante;
- Marchio di certificazione se applicabile;
- Identificazione della resistenza meccanica (ove applicabile);
- Sulla montatura le parole "**protettori dell'occhio per regolazione**" nella lingua del Paese in cui il DPI è venduto.

Marcatura per lavori di regolazione 2/2

1W 2×10⁻³J 500-550 RB4 X S



Importante: Prima di indossare i protettori oculari l'operatore deve verificare che la lunghezza d'onda del laser sia compresa tra quelle riportate su lenti/montatura e che l'occhiale non sia danneggiato.

Esempi di occhiali non conformi



Indumenti protettivi

- Da prevedere nel caso il personale sia sottoposto a livelli di radiazione che superino l'EMP per la pelle.
- I laser di classe 4, in modo particolare, rappresentano un potenziale pericolo di incendio e gli indumenti protettivi indossati, durante l'utilizzo di queste sorgenti dovrebbero essere fabbricati in materiale ignifugo e termoresistente.

Dispositivi di protezione collettiva

- Informazione e formazione;
- Segnaletici;
- Ingegneristici: Interblocchi, chiave, connettore di blocco a distanza, emissione in atto, protezione percorsi ottici esterni, attenuatore del fascio, emergenza ecc.;
- Barriere (CEI EN 60825-4) e Schermi (Norma UNI EN 12254);
- Procedurali e amministrativi: Regole e istruzioni operative per sicurezza per classi 3B e 4.

Delimitazione aree

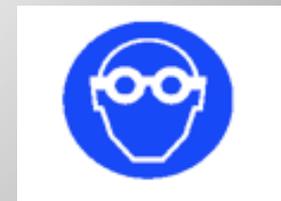
Ai sensi dell'art. 217, comma 2, del D.lgs.81/2008, è necessario delimitare le aree in cui i lavoratori o le persone del pubblico possono essere esposti a rischi.

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 di radiazione laser la segnaletica di identificazione della presenza di Zona Laser Controllata (ZLC) si trova nella norma CEI EN 60825-1 in cui si richiede che agli accessi delle aree che contengono apparecchi laser siano affissi segnali di avvertimento indicanti la presenza di un laser e la classe di appartenenza.

Nel caso in cui all'interno della ZLC sia necessario l'utilizzo di DPI, quali ad esempio gli occhiali, all'ingresso deve essere esposto l'apposito segnale di prescrizione.



Definizioni

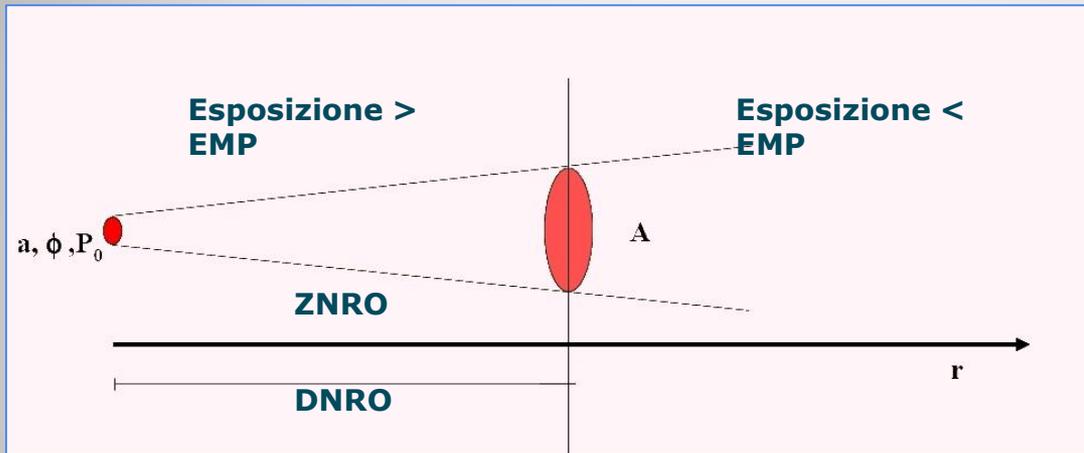
ZLC (Zona Laser Controllata): Zona in cui l'attività e la presenza di persone è regolamentata da procedure di controllo e sottoposta a sorveglianza ai fini della sicurezza da radiazioni laser. All'interno della ZLC c'è il rischio di superamento dell'esposizione massima permessa (EMP) per la cornea.

ZNRO (Zona Nominale di Rischio Oculare): Zona all'interno della quale l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio supera l'EMP per l'occhio.

DNRO (Distanza Nominale di Rischio Oculare): Distanza alla quale l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio è uguale all'EMP per l'occhio.

EMP (Esposizione Massima Permessa) = **VLE** (Valore Limite di Esposizione)
Nello specifico, l'EMP (Esposizione Massima Permessa) è il livello di radiazione laser al quale, nelle normali condizioni, possono essere esposte le persone senza subire effetti dannosi a breve e lungo termine.

DNRO



$$\text{DNRO} = \{ [4 P_0 / (\pi \times \text{EMP})]^{1/2} - a \} / \varphi$$

- $r \geq \text{DNRO (EMP)} \rightarrow \text{No danno}$
- $r < \text{DNRO (EMP)} \rightarrow \text{DPI per occhi e pelle}$

Delimitazione aree

In base al contesto e alla tipologia di sorgente è necessario osservare differenti prescrizioni di sicurezza. Ciò è valido anche per i segnali di avvertimento che possono essere di due tipologie:

- Cartelli di avvertimento;
- Segnali luminosi.

In riferimento alle indicazioni della normativa e alle informazioni acquisite nel corso dei sopralluoghi di valutazione, sono state elaborate delle procedure che verranno suggerite per uniformare il comportamento da adottare in ogni laboratorio (fatta eccezione per chi opera solamente con sorgenti classe 1).

Delimitazione aree

	 <p>UTILIZZARE GLI OPPORTUNI OCCHIALI DI PROTEZIONE</p>																																
<p>ZONA LASER CONTROLLATA</p> <p>PRESENZA DI RADIAZIONE LASER VISIBILE E INVISIBILE SINO ALLA CLASSE 4</p> <p>EVITARE L'ESPOSIZIONE DI OCCHI E PELLE ALLA RADIAZIONE DIRETTA O DIFFUSA</p> <p><small>ai sensi della normativa CEI - EN 60825-1</small></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PERSONALE AUTORIZZATO</th> <th colspan="2">ALL'INGRESSO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- Prof. <u>xxxx yyyy</u></td> <td></td> <td>- Dott. <u>xxxx yyyy</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td>- Sig. <u>xxxxx yyyy</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	PERSONALE AUTORIZZATO		ALL'INGRESSO		- Prof. <u>xxxx yyyy</u>		- Dott. <u>xxxx yyyy</u>		- Sig. <u>xxxxx yyyy</u>																							
PERSONALE AUTORIZZATO		ALL'INGRESSO																															
- Prof. <u>xxxx yyyy</u>		- Dott. <u>xxxx yyyy</u>																															
- Sig. <u>xxxxx yyyy</u>																																	
<p>Per informazioni contattare il responsabile del laboratorio: Prof. Mario Rossi 34563</p>																																	

Deve essere ben visibile all'ingresso dei laboratori. Avverte le persone non autorizzate all'ingresso in merito alla tipologia di pericolo.

Segnali luminosi



Devono essere ben visibili all'ingresso dei laboratori e attivati durante l'emissione del fascio per allertare il personale autorizzato all'ingresso.

Esempi

Conforme



Segnale luminoso

Cartello di avvertimento

Nome e codice laboratorio

Segnale ZLC CEI EN 60825-1

Non conforme



Non in italiano

Standard USA-ANSI



Caratteristiche delle etichette

(CEI EN 60825-1)

Ogni apparecchio laser deve essere munito di una o più targhette caratterizzate dai seguenti requisiti:

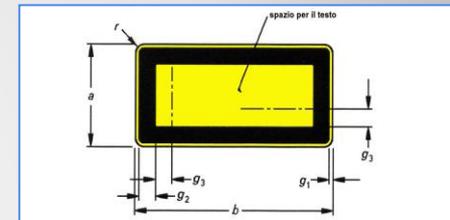
- Fissaggio permanente;
- Leggibilità;
- Chiaramente visibili durante il funzionamento, la manutenzione o l'assistenza, secondo il caso;
- Posizionamento che ne permetta la lettura evitando l'esposizione a radiazione laser che superi i LEA della Classe 1;

Il testo, i bordi e simboli delle targhette devono essere di colore nero su fondo giallo secondo le specifiche della normativa.

Tipologie di etichette

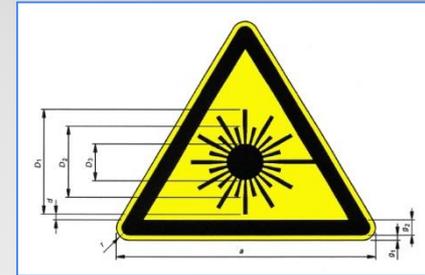
Le targhette si distinguono in:

Indicatrici: Devono contenere le indicazioni relative alla classe del laser e in merito alle relative specifiche.



- La potenza/energia massima della radiazione laser emessa;
- La durata dell'impulso (se del caso);
- La(e) lunghezza(e) d'onda emessa(e);
- Il riferimento e la data di pubblicazione della Norma in base alla quale l'apparecchio è stato classificato (CEI EN 60825-1).

Di avvertimento: Avvertono del pericolo dovuto alla presenza dell'apparecchio laser.



Il formato delle targhette deve rispettare delle proporzioni definite.

Per la Classe 1 e la Classe 1M, le indicazioni possono essere incluse alternativamente nelle informazioni per l'utente.

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".

Ogni pannello, riparo di protezione o involucro che, una volta rimosso o spostato, permetta l'accesso umano a radiazione superiore alla classe 1 deve avere una targhetta con indicato:

**ATTENZIONE RADIAZIONE LASER
IN CASO DI APERTURA**

e di seguito le indicazioni relative alla classe di radiazione a cui si è esposti in caso di apertura.

Stesse regole in merito ai blocchi di sicurezza, ma con l'aggiunta della frase:

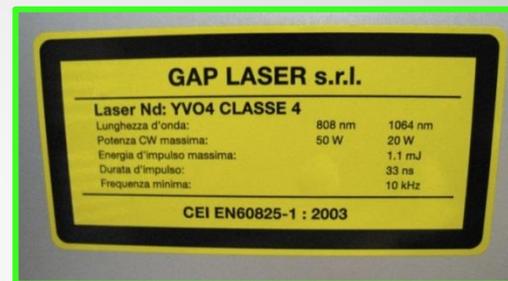
E DI GUASTO O DISATTIVAZIONE DEI BLOCCHI.

Esempi di etichette

In rosso quelle non conformi, in verde quelle conformi.



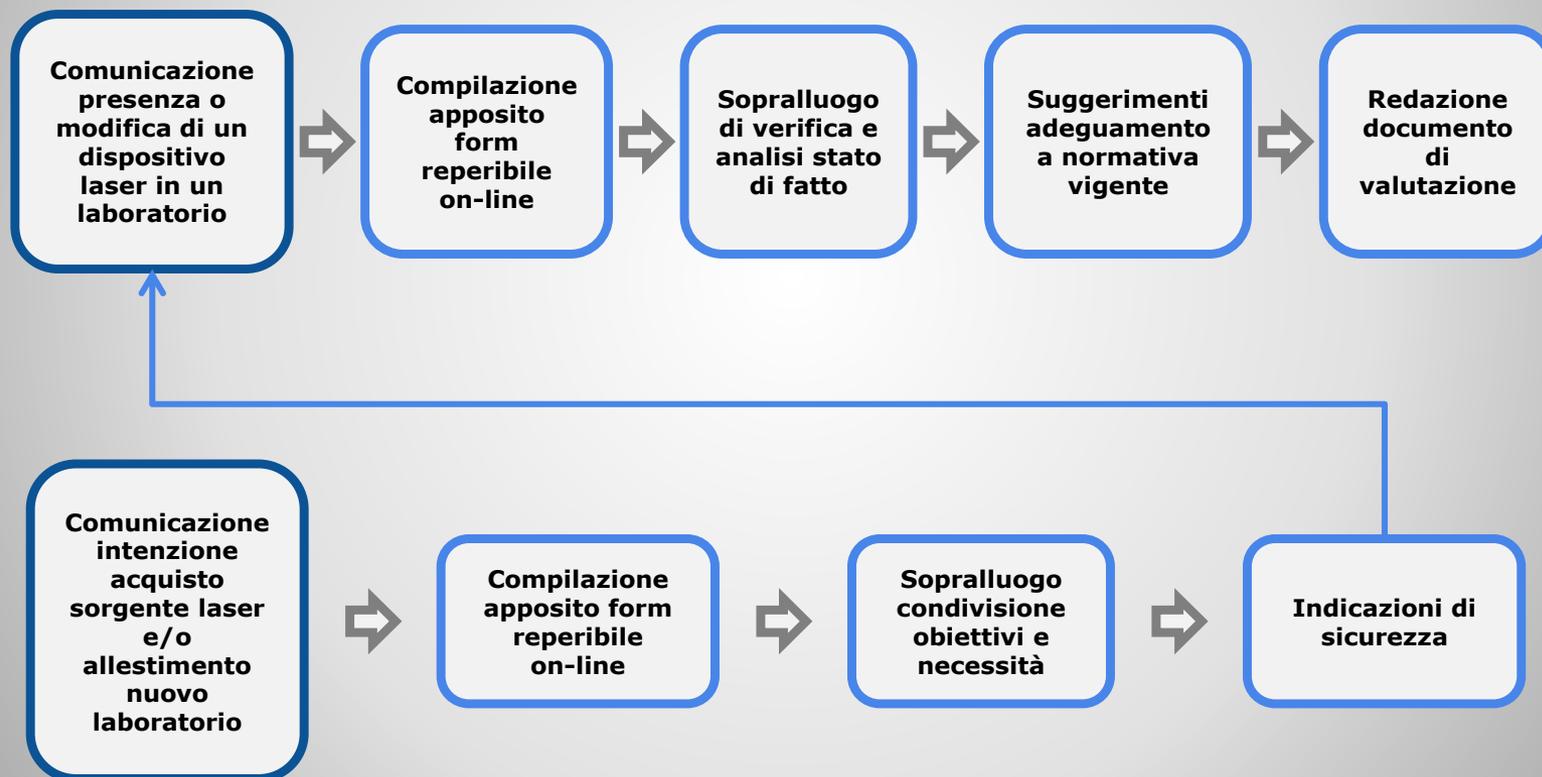
Tutto corretto,
ma non scritto
in italiano



Standard
USA-ANSI



Modello di lavoro



Documento valutazione rischi



- Premessa;
- Obiettivi;
- Caratterizzazione delle sorgenti;
- Caratterizzazione luogo di lavoro;
- Calcolo DNRO;
- Verifica idoneità protettori oculari in dotazione;
- Valutazione dei rischi;
- Considerazioni finali e prescrizioni.

Terza edizione standard IEC 60825-1

Relatore: Giuseppe Casella

IEC 60825-1 Ed. 3

Nel 2013 l'ICNIRP fissa i nuovi limiti di esposizione alla radiazione laser;
05/2014 Terza edizione norma IEC 60825-1;
08/2014 Pubblicazione norma EN 60825-1.



Riferimenti cronologici:



Date	Publication	Edition
2007-03-30	IEC 60825-1:2007	2.0
2009-12-17	IEC 60825-1:2007/ISH1:2009	2.0
2011-01-31	IEC 60825-1:2007/ISH2:2011	2.0
2001-08-30	IEC 60825-1:1993+AMD1:1997+AMD2:2001 CSV	1.2
1998-01-15	IEC 60825-1:1993+AMD1:1997 CSV	1.1
1993-11-30	IEC 60825-1:1993	1.0
1997-09-17	IEC 60825-1:1993/AMD1:1997	1.0
2001-01-19	IEC 60825-1:1993/AMD2:2001	1.0

dop: Data entro la quale la norma deve essere implementata a livello nazionale

dow: Data entro la quale la precedente edizione deve essere ritirata

Principali novità

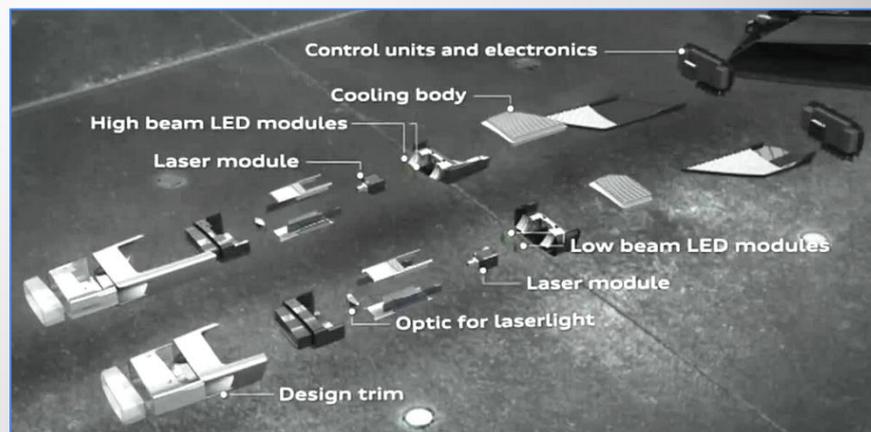
- ❑ Modifiche apportate ai LEA delle classi 1, 1M, 2, 2M e 3R in merito a sorgenti pulsate estese e conseguenze;
- ❑ Rimozione “condizione di misura 2” e conseguenze;
- ❑ Classificazione sorgenti laser utilizzate come lampade secondo la norma IEC 62471;
- ❑ Introduzione nuova classe 1C;
- ❑ Nuove targhette informative alternative.

Prodotti laser progettati per funzionare come lampade

L'emissione di prodotti laser (esclusi i giocattoli), che sono progettati per funzionare come lampade convenzionali, **può** essere valutata, sotto precisate condizioni, facendo riferimento allo standard IEC 62471 (Photobiological safety of lamps and lamp systems):

Esempi:

- Lampade a fosfori "laser illuminated"
- Proiettori "laser illuminated"
- Fari automobili "Phosphor laser based"



Classe 1C

Prodotti laser progettati e costruiti per le applicazioni dirette sulla pelle o sui tessuti interni al corpo (non per applicazioni sull'occhio), ovvero "a contatto" con essi, per scopo medico, diagnostico, terapeutico, cosmetico.

In questi prodotti i valori di irradianza e di esposizione energetica che si verificano durante il normale funzionamento possono essere superiori alle EMP della pelle tanto quanto è necessario con riferimento ai livelli attesi e necessari per il particolare trattamento.

Quindi, per i prodotti laser classificati 1C la radiazione emessa può essere di classe 3R, 3B o 4.

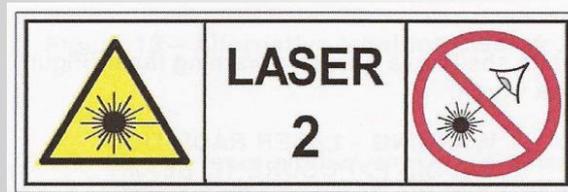
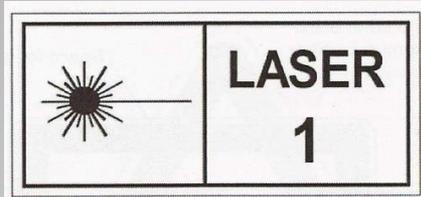
Classe 1C

Pertanto la possibile esposizione agli occhi deve essere prevenuta e resa non ragionevolmente prevedibile mediante tecniche e mezzi ingegneristici tesi a interrompere o ridurre la radiazione emessa sotto i LEA di classe 1 quando il laser o l'applicatore non è più a contatto con la pelle o con il tessuto non oculare.

Un prodotto laser può essere classificato 1C se è conforme a un set di requisiti di sicurezza che verranno elencati in standard IEC di carattere verticale ancora in fase di sviluppo.

In altri termini si sottolinea che non è sufficiente classificare un prodotto laser di classe 1C solo facendo riferimento allo standard IEC 60825-1 o in assenza di uno specifico standard verticale.

Nuove targhette informative alternative



Nuova targhettatura

L'edizione n. 3 dello standard 60825-1 introduce le seguenti variazioni:

Relativamente alle targhette informative della classe, per limitare le difficoltà dovute all'obbligo di tradurre il testo da inserire nelle varie lingue degli Stati nei quali i produttori vendono i loro prodotti, è possibile la loro sostituzione con una targhetta segnaletica alternativa.

Sulle targhette alternative le classi 1M, 1C, 2M e 3R e sulle targhette per i pannelli dei laser di classe 1M, 2, 2M e 3R appare la parola "**CAUTION**"; la classe 3B viene legata alla parola "**WARNING**" e la classe 4 viene legata alla parola "**DANGER**".

Nuova targhettatura

Per le classi 1, 1M, 2, 2M o 3R se il livello di radiazione accessibile emessa vicino all'apertura (o nel punto di accesso umano più vicino), misurato con un diaframma di diametro 3,5 mm, supera il LEA della classe 3B deve essere riportato un warning nelle istruzioni d'uso e sull'involucro deve essere affissa una targhetta riportante le parole "LASER ENERGY - EXPOSURE NEAR APERTURE MAY CAUSE BURNS".

Per concludere...

Lavorando sempre con uno strumento si prende "confidenza" e si tende a sottovalutare i rischi;

All'interno di Università ed Enti di ricerca i rischi sono maggiori a causa della presenza di studenti e personale che cambia in continuazione;

E' quindi fondamentale conoscere i rischi e prevenirli;

Risultano pertanto essenziali tutte le attività di **formazione** e **informazione**.