



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

I EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Modulo A3b.1

ADDETTO ALLA SICUREZZA LASER IN AMBITO SANITARIO (ASL)

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi

Ing. Massimo Cerr1
Ing. Luigi Carlo Chiarenza

In collaborazione con

INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INfortUNI SUL LAVORO

LUISS BUSINESS
SCHOOL



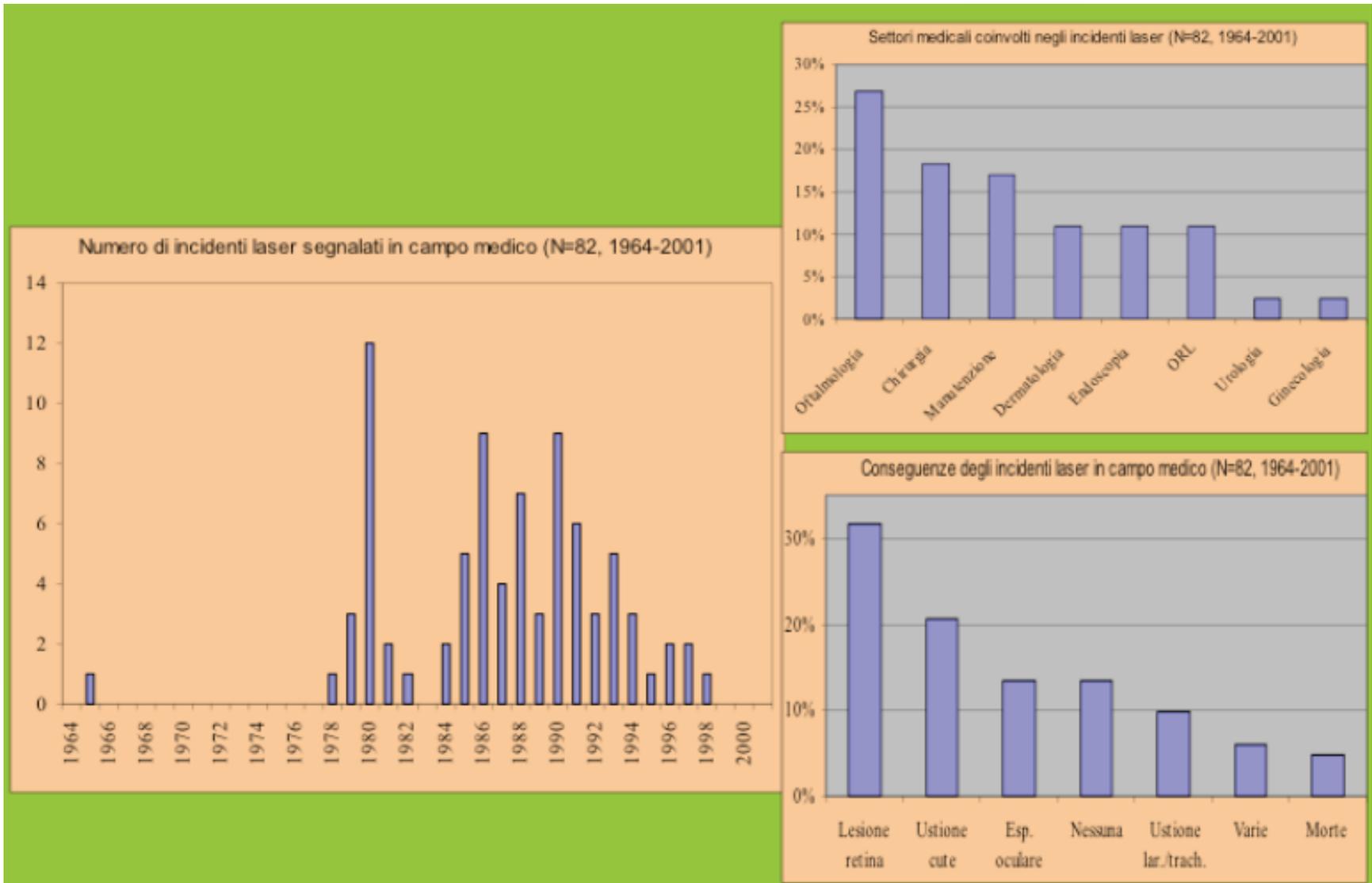
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Roma

Organizzato da



22/10/2015

Qualche dato di partenza.....datato...ma utile



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO
1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Caso di un paziente

Il laser prende fuoco nella trachea muore tra atroci sofferenze

*Aperta anche un'indagine amministrativa
Le diverse possibili cause dell'incidente*

NAPOLI - La cannula per l'ossigeno è venuta a contatto con il raggio laser e ha preso fuoco. Così, dopo un'operazione per asportare un tumore alle corde vocali, è morto Armando Borracino, 56 anni di Taranto. E' morto per quello che gli è successo nella sala operatoria dell'ospedale San Giovanni di Dio e Ruggi d'Aragona di Salerno. L'incidente è avvenuto quindici giorni fa ma solo lunedì scorso, Borracino è deceduto dopo lunghe sofferenze con la trachea devastata dalle ustioni. Oggi è stato sepolto nella sua Taranto.

Repubblica 14/06/2001

Una precisazione senz'altro importante, ma che non aiuta a spiegare e a capire perché il povero signore pugliese ci ha rimesso la vita. E sulla cause del dramma si fanno almeno tre ipotesi dedotte sulla base dell'esperienza:

- 1) Il catetere utilizzato per intubare il paziente era privo del rivestimento che separa l'ossigeno utilizzato nell'anestesia dal calore del laser;
- 2) Il tubo può avere avuto una lesione, della quale i medici non si sono resi conto;
- 3) Può essersi lesionata la cuffia che si trova all'estremità del tubo e che, una volta riempita di aria, si espande e permette di mantenere il tubo nella posizione corretta.

Il tutto senza contare che può anche essere determinane sapere che tipo fra i diversi utilizzati nelle sale operatorie. Oggi ce ne sono almeno tre tipi diversi:

- IAG: ad alta energia. E' decisamente il laser più potente usato in medicina, soprattutto pe la chirurgia toracica. Quando si usa questo laser è assolutamente vietato utilizzare ossigeno;
- LASER A DIODI: meno potente dello Iag, richiede tuttavia precauzioni analoghe ed ha lo stesso tipo di controindicazioni;
- LASER A CO2: è quello più utilizzato per gli interventi di otorinolaringoiatria. E' un laser a bassa energia e che richiede come precauzione l'uso di speciali cateteri per intubare il paziente. I cateteri devono avere un rivestimento particolare, in grado di separare l'ossigeno utilizzato nell'anestesia dal calore sviluppato dal laser.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

UN INFORTUNIO CON UN LASER NE-YAG IN LABORATORIO

MODALITÀ DI ACCADIMENTO DELL'INCIDENTE

In data 29/10/2008, il Dr. L.D. lavorava con un laser Ne-Yag di Classe 4^a, della potenza di 50 mJ, impulsato (durata impulso 10 ns), con lunghezza d'onda di 1.064 nm.

Per la dinamica dell'esperimento il raggio, con un percorso in campo libero, doveva entrare in una cuvetta di quarzo contenente un liquido con nanoparticelle, collegata con un oscilloscopio che leggeva il segnale. Il lavoratore utilizzava dei DPI (occhiali) adeguati alla lunghezza d'onda del laser. Poiché non riusciva a leggere il segnale dell'oscilloscopio, istintivamente ha abbassato gli occhiali e ha rivolto lo sguardo verso la cuvetta. A causa di un fenomeno di riflessione speculare, il raggio laser penetrava nell'occhio destro del lavoratore producendo i danni sotto descritti.

È importante segnalare che la riflessione, per le caratteristiche della cuvetta, è stata pari al solo 4% dell'energia totale del raggio; quindi il danno è stato prodotto da un'energia di soli 2 mJ; va inoltre osservato (elemento favorevole in questo caso) che parte della radiazione ottica di quella specifica lunghezza d'onda (1.064 nm) viene assorbita dall'acqua e quindi dall'umor vitreo, ben diverso sarebbe stato se si fosse trattato di un laser nel visibile particolarmente nel blu che avrebbe traversato completamente le strutture oculari.

- ▶ Nell'utilizzo dei laser, soprattutto se, per motivi operativi o di ricerca, il raggio ha un percorso non confinato, uno dei principali rischi è legato alla **riflessione accidentale del raggio stesso**. Uno dei primi incidenti noti, agli albori dell'utilizzo dei laser e noto come "**incidente della Coca Cola**", fu causato proprio da una riflessione accidentale del raggio su una bottiglia inavvertitamente appoggiata lungo il percorso del raggio.

CONSEGUENZE MEDICO LEGALI E DI IDONEITÀ AL LAVORO

La pratica INAIL si concludeva il 4.8.2009 e veniva *riconosciuta* una invalidità del 26%.

Sorgenti artificiali

LED

a incandescenza



a scarica



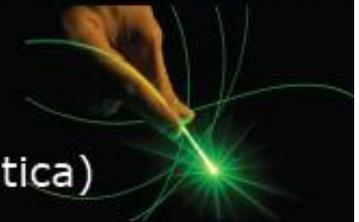
a fluorescenza



INCOERENTI

COERENTI

LASER



Stretta banda spettrale di emissione (monocromatica)
Emissione direzionale



MSSLS

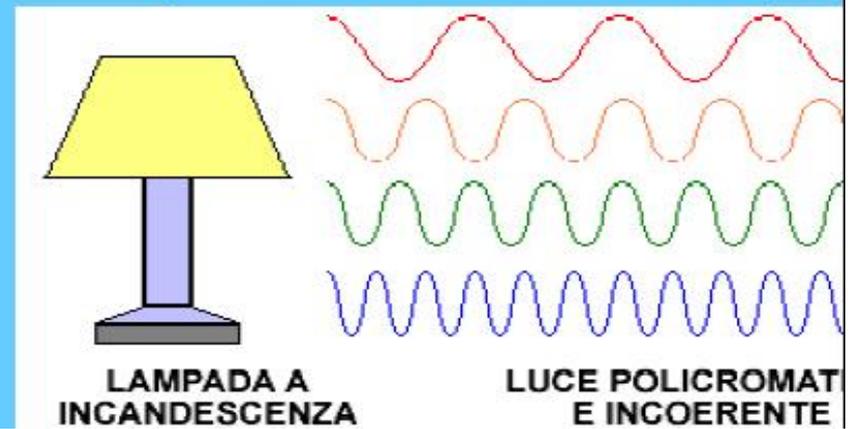
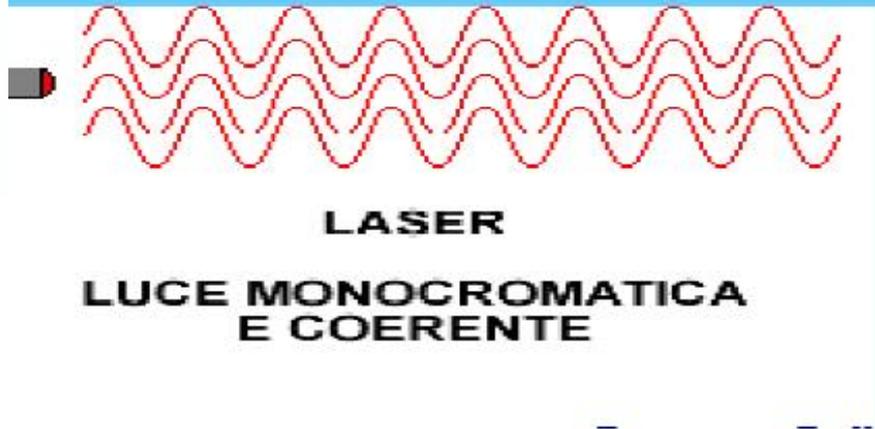
SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Coerenti - incoerenti



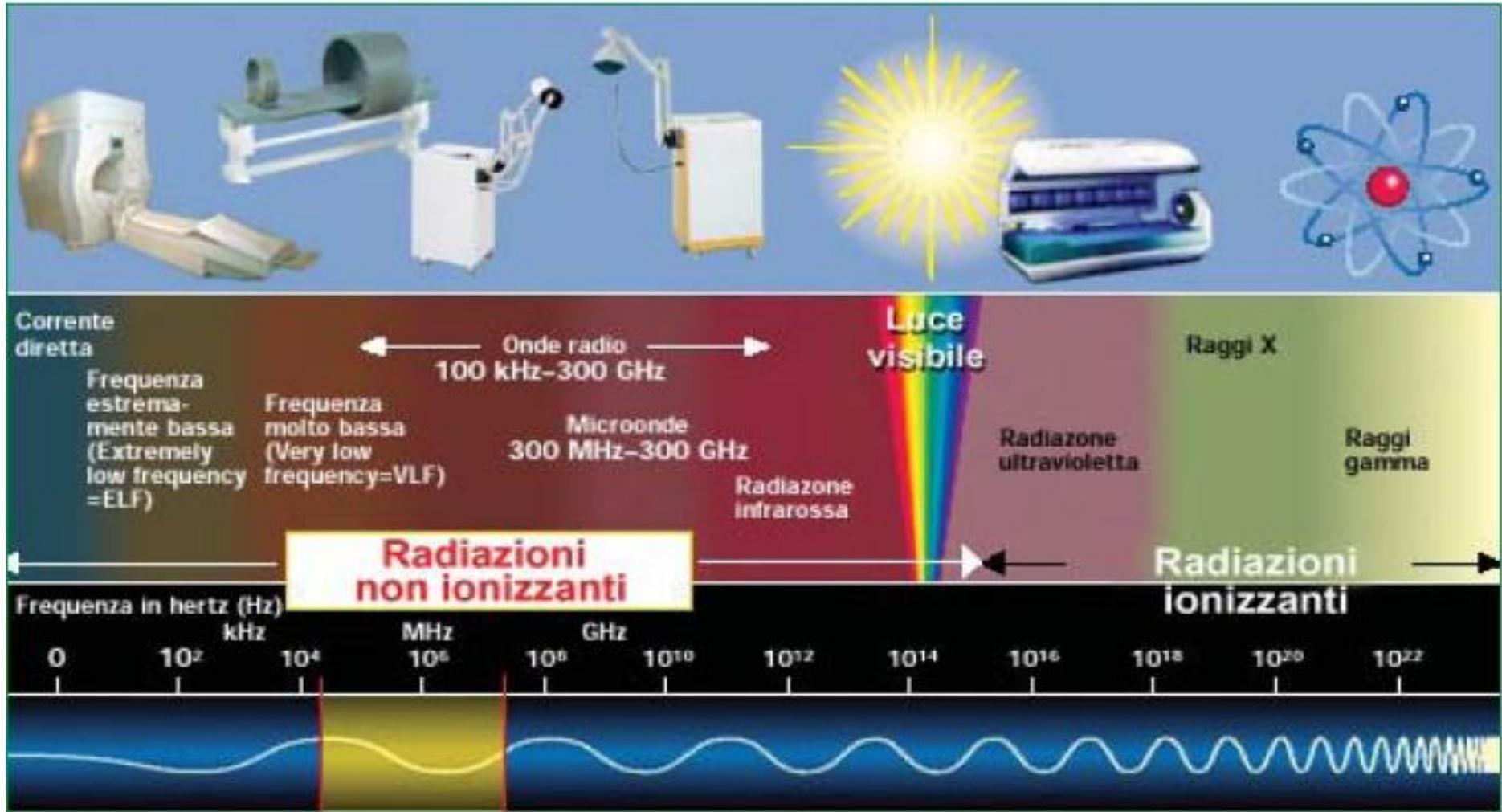
MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO
1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Lo Spettro Elettromagnetico



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

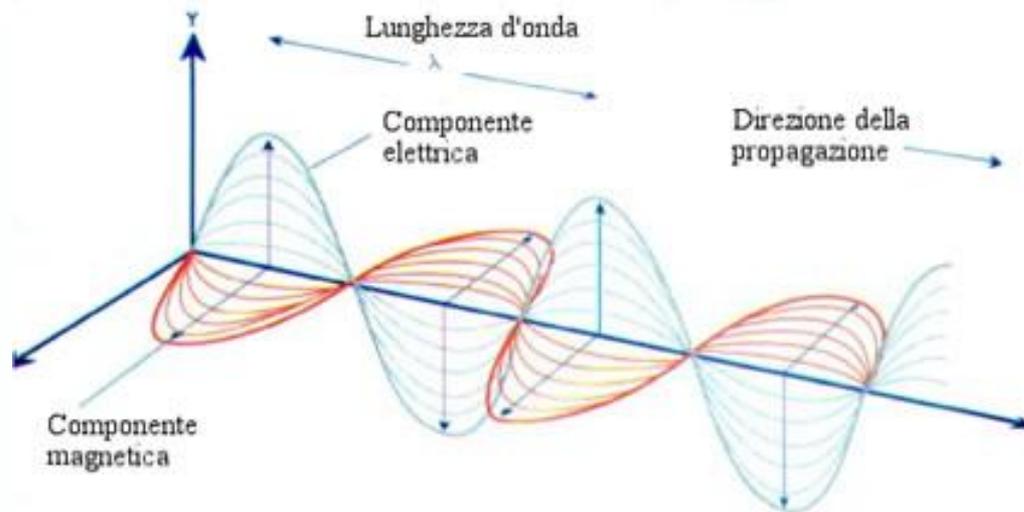
Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Onda elettromagnetica

La modalità di propagazione nello spazio di un campo elettrico e di un campo magnetico che, in particolari condizioni, si generano e si sostengono a vicenda, dando luogo ad un fenomeno ondulatorio che si allontana indefinitamente dalla sorgente

Le onde elettromagnetiche, sono caratterizzate da due grandezze fondamentali:

- l'ampiezza: indica quanto un'onda è intensa
- la frequenza (f): (misurata in hertz, simbolo Hz) rappresenta il numero di onde che si susseguono in un secondo.
- La lunghezza d'onda (λ) è legata alla frequenza dalla relazione $\lambda \times f = c$ dove c è la velocità della luce ($c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s)



▶ **TIPI DI RADIAZIONI**

- ▶ Agli effetti delle disposizioni del **Titolo VIII CAPO V del D.Lgs. 81/08** per radiazioni ottiche artificiali si intendono:
 - ▶ a) **radiazioni ottiche**: tutte le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezza d'onda compresa tra 100 nm e 1 mm. Lo spettro delle radiazioni ottiche si suddivide in radiazioni ultraviolette, radiazioni visibili e radiazioni infrarosse.
 - ▶ b) **laser** (amplificazione di luce mediante emissione stimolata di radiazione): qualsiasi dispositivo al quale si possa far produrre o amplificare le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezze d'onda delle radiazioni ottiche, soprattutto mediante il processo di emissione stimolata controllata.
- ▶ Le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali nelle attività lavorative sono molteplici.



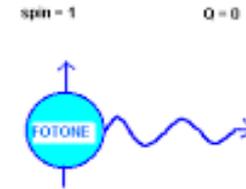
Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ IR (radiazione infrarossa): frequenza compresa tra 300 e 385000 GHz ($\lambda = 1 \text{ mm}-780 \text{ nm}$)
- ▶ Luce visibile: frequenza compresa tra 385000 e 750000 GHz ($\lambda = 780-400 \text{ nm}$)
- ▶ UV (radiazione ultravioletta); frequenza compresa tra 750 e 3000THz ($\lambda = 400 - 100 \text{ nm}$)



La luce, viene emessa, viene assorbita e si propaga nello spazio sotto forma di pacchetti di energia chiamati **quanti** o **fotoni**

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$



SIMBOLO: γ
MASSA = 0

un sistema atomico può esistere solo in determinati stati energetici, chiamati anche **stati stazionari**

ogni processo di emissione o di assorbimento di fotoni associati ad una radiazione elettromagnetica di qualsiasi frequenza implica una **variazione del contenuto energetico del sistema atomico**, ossia una transizione fra due stati stazionari

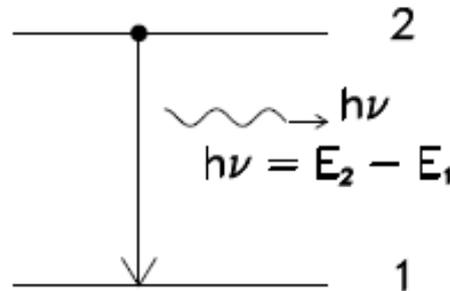
la **frequenza ν della radiazione emessa (o assorbita)** è legata ai valori E_2 ed E_1 dell'energia dell'atomo negli stati iniziale e finale dalla relazione

$$\nu = (E_2 - E_1) / h$$

Consideriamo due livelli energetici, 1 e 2, di un elettrone in un certo sistema quantistico (atomo, molecola, cristallo), di energie rispettivamente E_1 ed E_2 con $E_1 < E_2$.

Supponiamo che il livello 1 sia lo stato fondamentale, cioè lo stato di minima energia consentita per l'atomo, e che il sistema sia inizialmente nel livello eccitato 2.

Poiché $E_2 > E_1$ l'atomo tende a decadere al livello 1. La corrispondente differenza di energia $E_2 - E_1$ deve essere ceduta dall'atomo. Quando questa energia viene liberata sotto forma di un'onda em il processo viene chiamato **emissione spontanea o radiativa**: esso corrisponde alla emissione di un fotone di energia



Generalmente la vita media per l'emissione spontanea da parte di atomi eccitati è $\sim 10^{-8}$ s. In qualche caso, però, vi sono stati per i quali questa è molto maggiore, anche $\sim 10^{-3}$ s. Questi stati, detti *metastabili*, hanno un ruolo fondamentale nel funzionamento del laser

Consideriamo ora la situazione in cui l'atomo si trova nello stato 2, ma è investito da un'onda E.M. di frequenza ν , uguale alla frequenza atomica. C'è una probabilità finita che l'onda forzi l'atomo ad effettuare la transizione $2 \rightarrow 1$ (**emissione stimolata**), mediante l'emissione di un'onda E.M. che si aggiunge a quella incidente, come rappresentato schematicamente in figura 2.2.



Il fotone emesso è del tutto identico al fotone che inizia questo meccanismo, cioè «stimolante». Ha la stessa energia, direzione, fase e stato di polarizzazione. Per questo motivo la luce laser è strettamente monocromatica, altamente coerente, strettamente direzionale e strettamente focalizzata.

Un evento di questo tipo può essere utilizzato per produrre una reazione a catena di processi simili. A ciò si riferisce la parola «amplificazione» nella sigla «laser»

Il Laser

Il nome LASER è l'acronimo di **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation.

I laser sono sorgenti di luce coerente che si basano sull'emissione stimolata di radiazione da parte di un sistema di atomi eccitati che operano transizioni da uno stato quantico ad un altro di energia inferiore.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

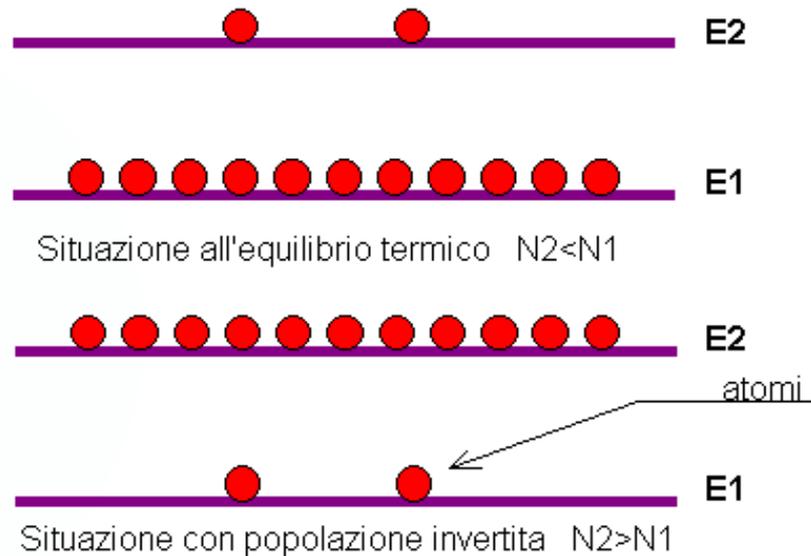
1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Il Laser - principi di funzionamento

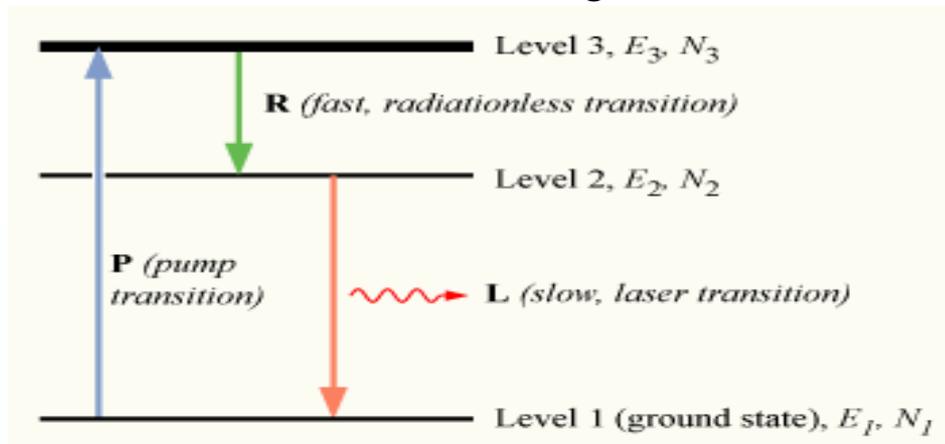
Si consideri ora un gran numero di sistemi atomici a due livelli. All'equilibrio termico molti di essi sarebbero nello stato di minore energia, Solo pochi si troverebbero nello stato di energia maggiore, mantenutivi dall'agitazione termica del sistema di atomi alla loro temperatura di equilibrio T .

Se si espone alla radiazione un sistema, il processo dominante è l'assorbimento, semplicemente perché lo stato di minore energia è molto più popolato. **Ma se le popolazioni dei livelli fossero invertite, il processo dominante in presenza della radiazione sarebbe l'emissione stimolata e pertanto la produzione di luce laser.**



Il Laser - principi di funzionamento

Un'inversione di popolazione non è una situazione di equilibrio. Quindi per produrla occorrono delle tecniche raffinate. La figura mostra schematicamente come si può ottenere un'inversione di popolazione tale che si possa realizzare il meccanismo laser, detto anche «lasing». **Gli atomi vengono «pompati»**, con qualche meccanismo, dallo stato fondamentale E_1 allo stato eccitato E_3 . Una possibilità, nota come **pompaggio ottico**, è l'assorbimento di energia luminosa proveniente da una intensa sorgente a spettro continuo disposta in modo da circondare il materiale lasing.



Gli atomi si diseccitano rapidamente dallo stato E_3 in uno stato di energia E_2 . Perché si verifichi il lasing, questo stato deve essere metastabile, cioè deve avere una vita media relativamente lunga, prima di diseccitarsi per emissione spontanea. Se queste condizioni sono soddisfatte, lo stato E_2 può allora diventare più popolato dello stato E_1 , procurando quindi la necessaria inversione di popolazione. **Un singolo fotone dell'energia giusta può allora dare inizio ad una serie di eventi di emissione stimolata, ottenendo la produzione di luce laser**



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

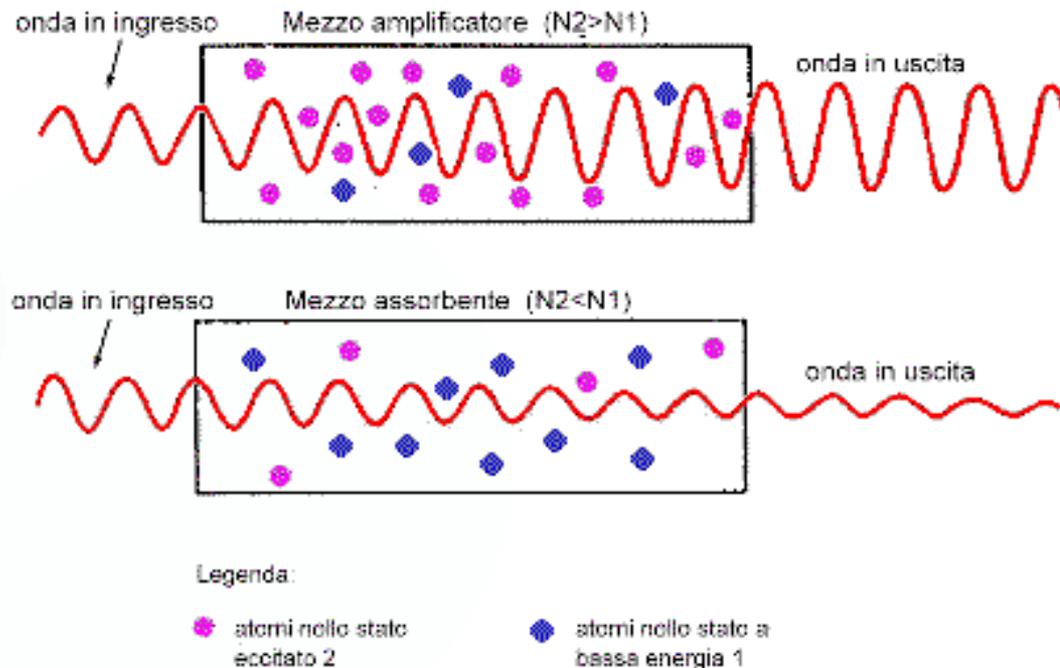
MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Il Laser - principi di funzionamento

Il **mezzo attivo** è l'elemento più importante di un laser. A seconda dei tipi di laser la sostanza che costituisce il mezzo attivo può essere un liquido, un gas, un solido o un semiconduttore. In un laser a corpo solido, è in questa parte che avviene l'eccitazione mediante **pompaggio ottico**, vale a dire per **irraggiamento di fotoni nel materiale attivo**. La luce proveniente da una sorgente esterna viene assorbita dagli atomi del mezzo attivo e sposta gli elettroni dell'atomo in stati energetici più elevati.

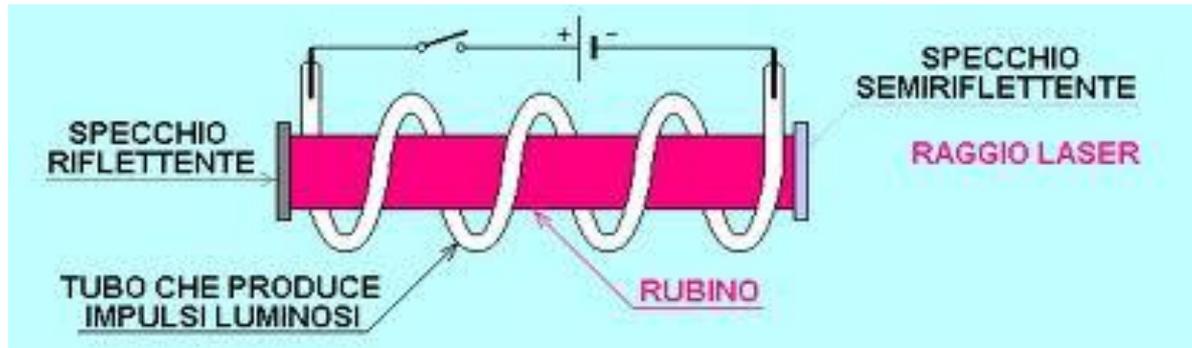


Nel laser a stato gassoso gli atomi vengono portati ad un livello più ricco di energia mediante una scarica elettrica.

Nei laser a semiconduttori, vengono iniettati portatori di cariche ricchi di energia e in tal modo il mezzo attivo passa in uno stato eccitato.

Il Laser - principi di funzionamento

Il primo laser a stato solido è stato quello a **rubino**. In questo tipo di laser **il mezzo attivo** è costituito da una barretta di rubino in cui le particelle attive sono gli ioni Cr^{3+} . Il pompaggio è di tipo ottico (lampada Flash) e la radiazione emessa è ad impulsi di durata pari a circa 5×10^{-4} secondi. Questo è un laser a tre livelli e l'emissione avviene nella gamma del rosso (680nm). Esso è delimitato da due specchi paralleli, uno perfettamente riflettente, l'altro semitrasparente per consentire la parziale emissione della radiazione coerente che si forma nella cavità



I fotoni di luce monocromatica, prodotti dal decadimento degli elettroni nell'orbita inferiore, vengono generati, si vengono a trovare intrappolati in una struttura risonante, costituita dai due specchi Fabry - Perot, che li costringono ad andare avanti e indietro tante volte in linea retta.

Questi fotoni, passando vicino agli atomi eccitati, producono il decadimento degli elettroni dall'orbita instabile a maggiore energia, a quella stabile a energia inferiore con conseguente emissione di altri fotoni, tutti rigorosamente della stessa frequenza e della stessa fase, che vengono anche loro costretti a oscillare in avanti e indietro fra i due specchi.

Il Laser - I mezzi attivi

- stato solido: il materiale attivo è un cristallo o vetro (es: Nd:YAG, Yb:YAG, Ho:YAG, Er:YAG).
- semiconduttore: la radiazione è dovuta alla stimolazione conseguente alla ricombinazione di elettroni (es: laser a diodi).
- fibra: il materiale attivo è la stessa fibra ottica (opportunamente drogata) che veicola il fascio e stimolata da diodi
- colorante: laser che utilizzano soluzioni di opportuni coloranti organici (ad es. cumarine) in vari solventi come alcool o acqua
- gas atomici neutri: il mezzo attivo è una miscela gassosa eccitata da una scarica elettrica (He-Ne).
- gas ionizzati: il mezzo attivo è una miscela gassosa eccitata da una scarica elettrica intensa (es: ARGON).
- gas molecolare: il mezzo attivo è una miscela gassosa eccitata da scarica elettrica o ottica (es: CO₂).
- eccimeri: il mezzo attivo è costituito da molecole instabili che si formano durante la scarica di eccitazione.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

I mezzi attivi - Applicazioni

TIPO DI LASER	LUNGHEZZE D'ONDA DI EMISSIONE (nanometri - nm)	APPLICAZIONI
Anidride carbonica	11000; 3390	Lavorazioni industriali di metalli e materie plastiche, incisioni chirurgiche, endoscopia
Neodimio	1064; 532	Lavorazioni industriali di metalli e materie plastiche, chirurgia, endoscopia, fibre ottiche
Argon	514.4; 488	Ottica, oftalmologia, endoscopia, fotochimica, fotobiologia, mondo dello spettacolo
Krypton	676.4; 647.1; 530.9	Ottica, oftalmologia, endoscopia, fotochimica, fotobiologia, mondo dello spettacolo
Rubino	694.3	Ottica, impieghi militari (puntamento), telemetria
Coloranti	Visibile e infrarosso vicino	Ottica, dermatologia, fotochimica, fotobiologia
Elio-neon	6000; 4000; 632.8	Ottica, biostimolazione (ortopedia, neurologia e dermatologia), fotobiologia
Semiconduttori	904; 850	Elettronica, biostimolazione (ortopedia, neurologia e dermatologia), telecomunicazioni, fotobiologia
Ultravioletti (elio-cadmio, neodimio, a eccimeri, kripton)	347.1; 325; 266	Elettronica, chirurgia corneale e vascolare, fotochimica, fotobiologia



MSSLS

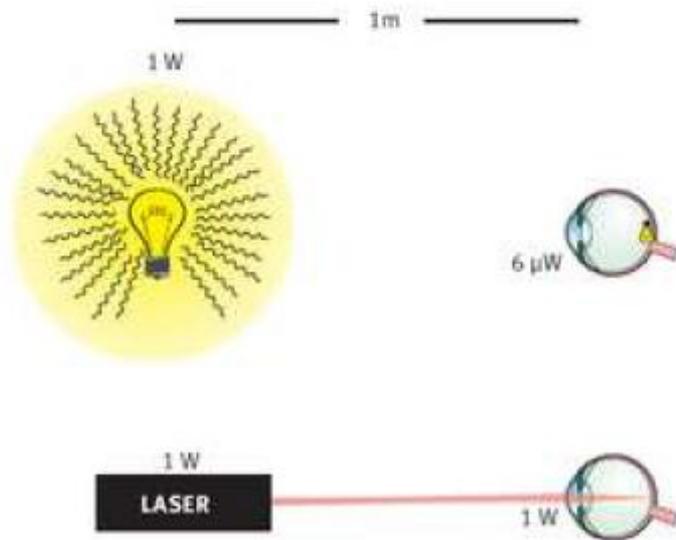
SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

I EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Al contrario di quanto accade per la radiazione non coerente, l'energia di un fascio laser può focalizzarsi interamente sul bersaglio sensibile



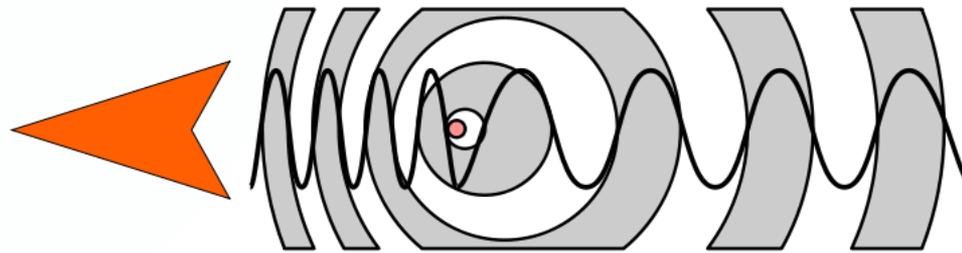
Il Laser- Le principali caratteristiche fisiche

Direzionalità

Al contrario delle sorgenti elettromagnetiche tradizionali il laser permette di emettere la radiazione in un'unica direzione. Più precisamente l'angolo solido sotteso da un fascio laser è estremamente piccolo; una buona descrizione della propagazione e collimazione di un fascio laser è data dall'ottica dei fasci gaussiani. Questa caratteristica viene sfruttata in diversi ambiti, per esempio permette di trattare le superfici in maniera estremamente accurata (litografia, CD, etc.). In spettroscopia si ha la possibilità di aumentare notevolmente il cammino ottico e quindi la sensibilità usando una sorgente laser che attraversa il campione con una traiettoria a zig-zag grazie a un sistema di specchi.

Monocromaticità

L'allargamento della banda di emissione è dato dalla larghezza naturale e dall'effetto Doppler (che può essere eliminato o comunque contenuto parecchio). In spettroscopia si sfrutta questa caratteristica per ottenere spettri ad alta risoluzione.



Il Laser- Le principali caratteristiche fisiche

Brillanza

Nei laser la quantità di energia emessa per unità di angolo solido è incomparabilmente più elevata rispetto alle sorgenti tradizionali. In particolare è elevato il numero di fotoni per unità di frequenza. Questa caratteristica è diretta conseguenza delle due precedentemente citate. Grazie a questa caratteristica si ha la possibilità di osservare fenomeni particolari, come per esempio l'assorbimento a molti fotoni. L'elevata intensità ha trovato anche diverse applicazioni tecnologiche, per esempio nel taglio dei metalli.

Coerenza

Mentre nell'emissione spontanea ogni fotone viene emesso in maniera casuale rispetto agli altri, nell'emissione stimolata ogni fotone ha la stessa fase del fotone che ha indotto l'emissione. La fase viene quindi mantenuta nel tempo e nello spazio.

Impulsi ultra-brevi

Con diverse tecniche è possibile costruire laser che emettano pacchetti di onde estremamente stretti nel dominio del tempo, attualmente si è giunti allo sviluppo di impulsi dell'ordine del femtosecondo. Questi laser hanno trovato impieghi in diversi ambiti di ricerca.



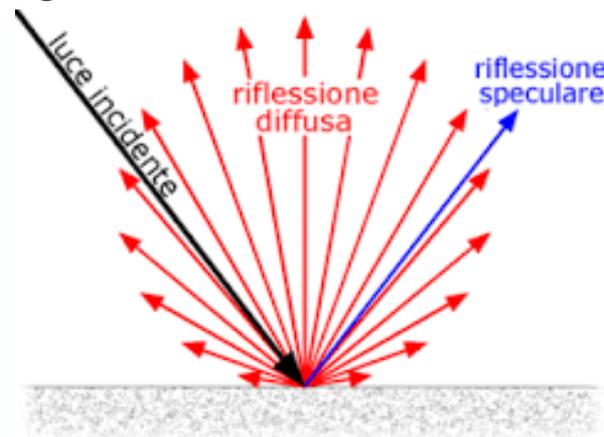
- **Distanza nominale di rischio oculare (DNRO)**. Distanza per la quale l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio è uguale all'esposizione massima permessa (EMP) per la cornea.
- **Esposizione massima permessa (EMP)**. Livello della radiazione laser a cui, in condizioni normali, possono essere 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
- **Limite di emissione accessibile (LEA)**. Livello massimo di emissione accessibile permesso in una particolare classe. Tali valori sono basati sui valori di EMP dell'occhio e dipendono dalla lunghezza d'onda della radiazione laser, dalla durata dello impulso, dal tempo di emissione, dalla modalità di funzionamento e dalla potenza/energia della sorgente.
- **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

N.B. I valori riguardanti i livelli di EMP e LEA si trovano sulla Norma CEI EN 60825/1)



Definizioni:

- **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.
- **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.
- **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;



Definizioni:

- **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.
- **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.
- **Zona nominale di rischio oculare (ZNRO).** Zona all'interno della quale l'irradiamento 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.
- **Modalità di emissione:**
 - 1) Continua (CW, continuous wave)
 - 2) Pulsata (scariche ripetute a frequenze più o meno elevate)
 - 3) Flash o Q-Switched (brevi emissioni di alta potenza di picco)



Grandezze fisiche utili e unità di misura

- **Energia radiante.** Integrale nel tempo della potenza radiante su una data durata di esposizione Dt , l'unità di misura è il joule (J). L'espressione è la seguente:

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

- **Irradiazione o irradianza.** Rapporto tra la potenza radiante incidente dF su un elemento di una superficie e l'area dA di quell'elemento, l'unità di misura è il watt su metro quadro, ($W \cdot m^{-2}$):

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

Grandezza fondamentale per valutare i danni alla pelle, alla cornea e al cristallino

- **Esposizione energetica.** Energia radiante incidente su di un elemento di superficie divisa per l'area di questo elemento, l'unità di misura è joule su metro quadro ($J \cdot m^{-2}$):

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



Grandezze fisiche utili e unità di misura

- **Potenza radiante o flusso radiante.** Potenza emessa, trasmessa o ricevuta sotto forma di radiazione, l'unità di misura è il watt (W). La potenza radiante è espressa dalla formula:

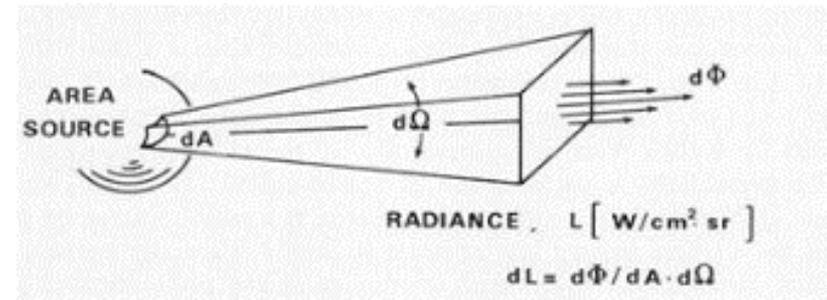
$$\Phi = \frac{dQ}{dt}$$

- **Radianza.** Grandezza definita dalla formula la seguente:

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

Grandezza fondamentale per valutare i danni alla retina.

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 il watt su steradiante su metro quadrato (W/m^2sr).



MSSLS

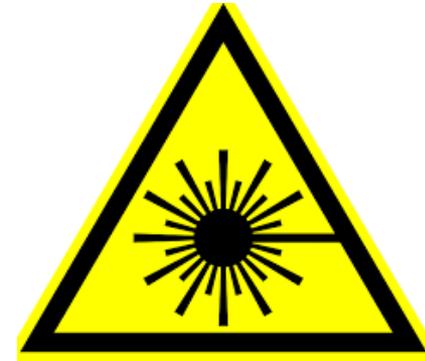
SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

- Industriali: taglio, saldatura, trattamenti di materiali, ...
- Misure di distanze e velocità, giroscopi laser
- Sensori, attuatori a distanza
- Spettroscopie ottiche lineari e nonlineari
- Confinamento inerziale di plasmi
- Imaging 3D: olografia, microscopia
- Comunicazioni ottiche
- Applicazioni biomedicali
- Industria militare

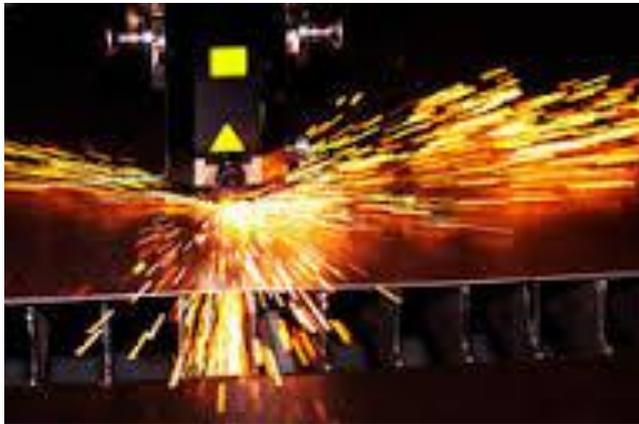


APPLICAZIONI

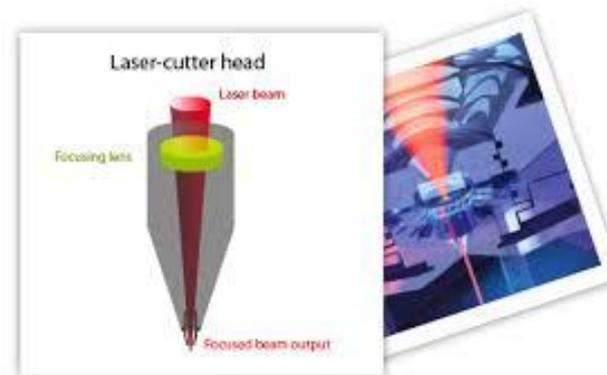
Industriali: i laser focalizzati possono trasferire ad un materiale alte potenze concentrate in piccolissime aree.

Taglio, foratura, saldatura su metalli, plastiche, tessuti, legno, pellami, pietre preziose, etc.

Focalizzando un fascio laser con una lente di focale f , le dimensioni focali realizzabili sono dell' ordine della λ



I laser di potenza sono disponibili su diverse λ , si può scegliere la più adatta per ogni materiale.



Esempi di sorgenti ROA coerenti (LASER)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO
1 Edizione - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Lavorazione tessile



MSSLs

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Incisione su metalli



Esempi di applicazioni industriali: metalli



Taglio e foratura metalli



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Esempi di applicazioni industriali: materie plastiche



Esempi di applicazioni industriali: vetro



Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1



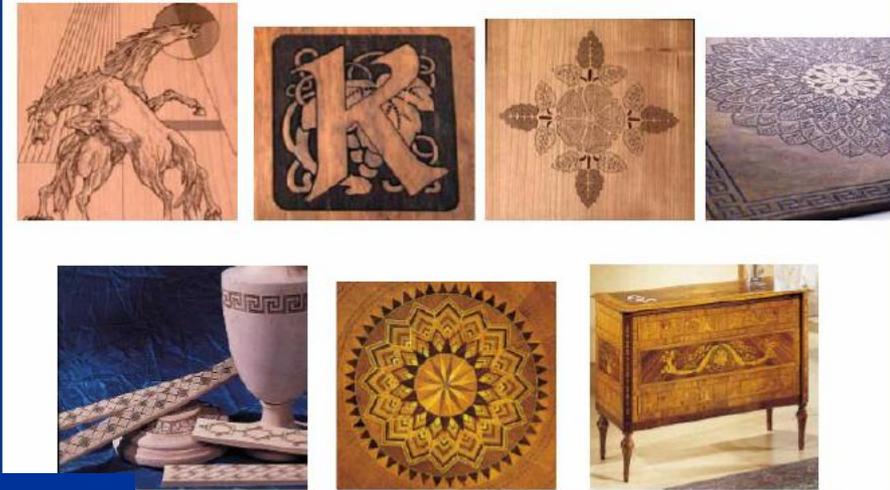
MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Esempi di applicazioni industriali: legno



Esempi di applicazioni industriali: cuoio



ceramiche e pietre dure



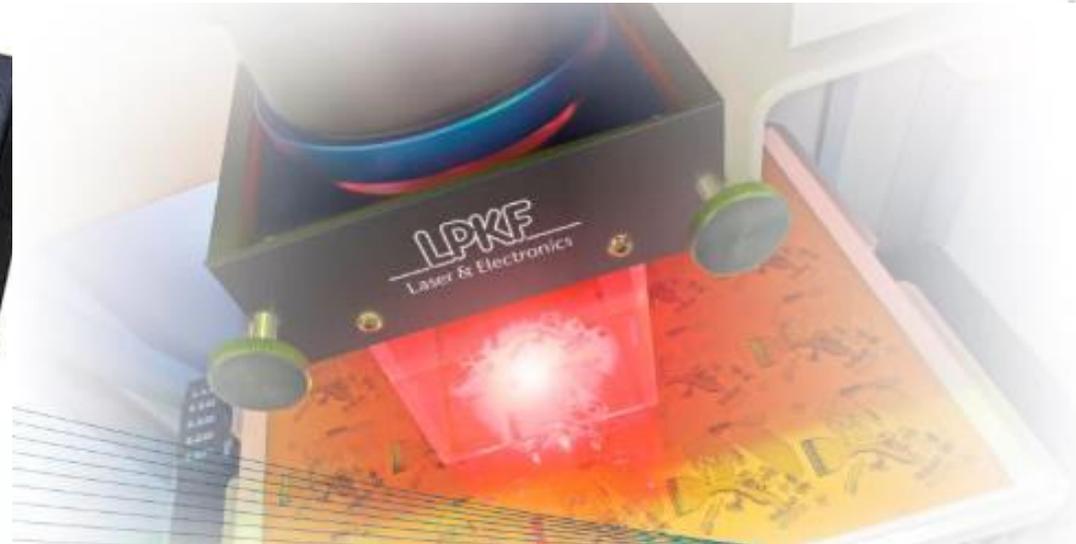
Scientifiche, metrologiche: utilizzano in particolare la brillantezza, coerenza e direzionalità della luce laser.

- Ottica non lineare
 - ✓ generazione di armoniche superiori;
 - ✓ generazione parametrica (OPO).
- Spettroscopia
- Telemetri, velocimetri, giroscopi, puntamento
- Misure di granulometria, planarità
- Microscopia ottica
- Interferometria: usata tipicamente per misurare variazioni di cammino ottico.



APPLICAZIONI

- **Elettronica e Telecomunicazioni:** settori di massimo sviluppo applicativo, soprattutto per laser a semiconduttore.
- Telecomunicazioni in fibra ottica: sorgenti modulate e amplificatori ottici di tratta.
- Fotocopiatrici, scanner, lettori di codici a barre...
- Fotolitografia (circuiti stampati)
- Mercato delle memorie ottiche (CD, DVD, R/W, olografiche).



MSSLs

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

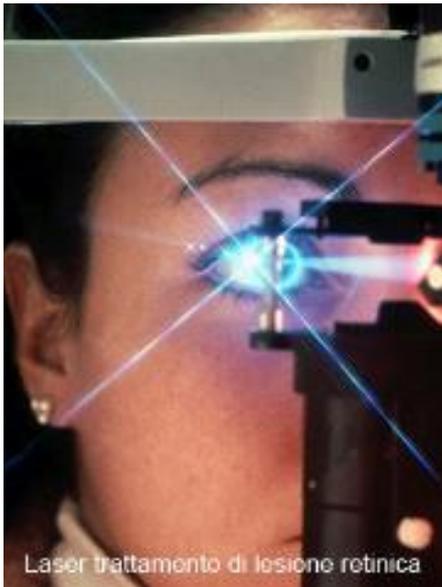
1 Edizione - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

APPLICAZIONI

Biomediche: molti laser interagiscono efficacemente e selettivamente con tessuti biologici;

Applicazioni terapeutiche: bisturi laser, laser per oftalmologia (retina, cornea), estetica.



Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1



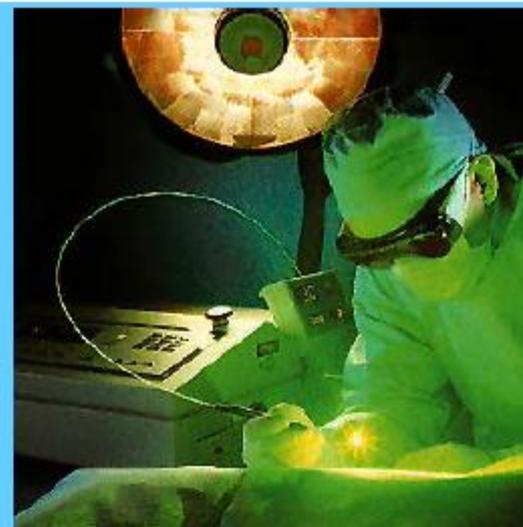
MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Esempi di sorgenti ROA coerenti (LASER)



APPLICAZIONI - LASER MEDICALI

Le modalità di emissione delle sorgenti laser in campo medico sono:

- continua
- pulsata a impulsi ultracorti (mode locking: $t \leq 10^{-9}$ secondi)
- pulsata a impulsi giganti (Q-switched: $10^{-9} \leq t \leq 10^{-7}$ secondi)

Nella modalità *continua* (CW) l'emissione del LASER è mantenuta costante durante tutto il tempo di erogazione.

Nella modalità *pulsata*, l'emissione del LASER varia nel tempo con periodi di "on" e "off" alternati. In molte applicazioni mediche lo scopo è di erogare la massima energia nel minor tempo possibile. Nella ablazione tissutale, ad esempio, è possibile con questa emissione poter vaporizzare rapidamente piccoli volumi di tessuto.

Se la stessa energia viene invece erogata per un tempo più lungo si può ottenere un riscaldamento localizzato senza evaporazione.

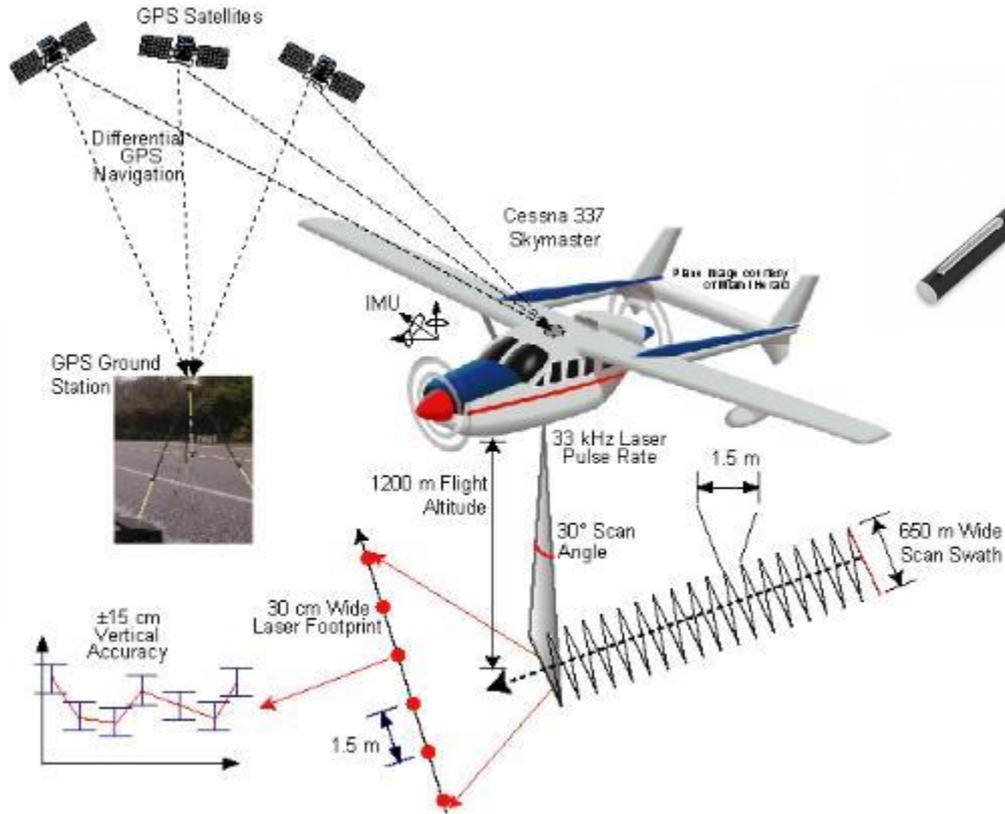
In genere le potenze impiegate variano da qualche watt a qualche decina di Watt in emissione continua e le energie da qualche mJ a qualche decina di mJ in emissione pulsata.



APPLICAZIONI

- **Ambientali:** l'accordabilità in λ di alcuni laser permette analisi e individuazione di sostanze gassose o liquide.

Lidar acronimo di "light detection and ranging" per la misura remota di parametri atmosferici



- **Divertimento:** Laser show (sorgenti "a luce bianca), proiettori laser in tricromia.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

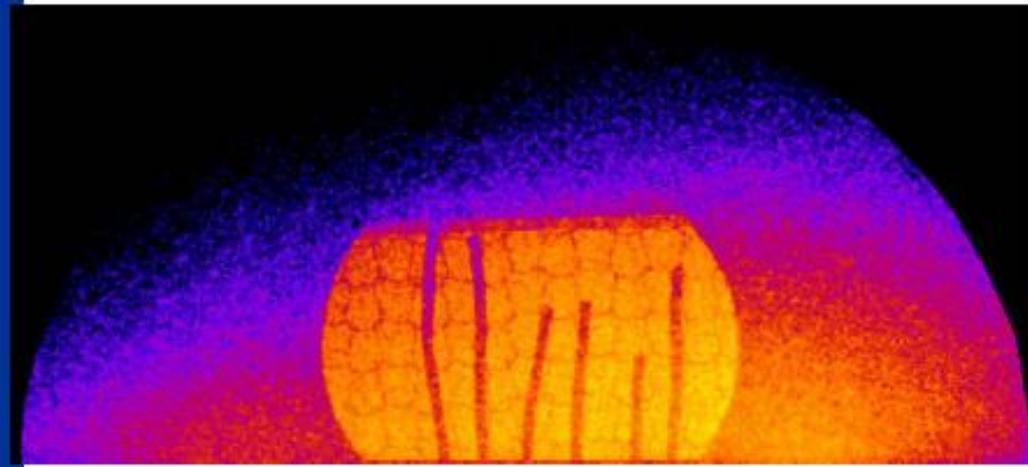
MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Principali applicazioni LASER nella ricerca

- *Restauro e pulitura di opere d'arte*
- *Generazione di plasmi*
- *Spettrometria*



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO
1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

RIFERIMENTI NORMATIVI



- **D.Lgs. 81/2008.** Attuazione dell'art. 1 della L. 123/2007 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- **CEI EN 60825-1** (classificazione CEI 76-2) "Sicurezza degli apparecchi laser – Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore"
- CEI EN 61040 (classificazione CEI 76-3) "Rivelatori, strumenti e apparati per la misura della potenza e dell'energia della radiazione laser (OFCS)"
- CEI EN 60825-2 (classificazione CEI 76-4) "Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 2: Sicurezza dei sistemi di telecomunicazione a fibre ottiche"
- CEI EN 60825-4 (classificazione CEI 76-5) "Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 4: Barriere per laser"
- CEI 76-6: "Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 8: Guida all'uso degli apparecchi laser in medicina"
- CEI EN 60825-12 (classificazione CEI 76-7) "Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 12: Sicurezza dei sistemi ottici di comunicazione nello spazio libero utilizzati per la trasmissione di informazioni"
- CEI EN 60601-2-22 (classificazione CEI 62-42) "Apparecchi elettromedicali. Parte 2: Norme particolari per la sicurezza degli apparecchi laser terapeutici e diagnostici" (per laser di classe 3B e 4)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

RIFERIMENTI NORMATIVI



- CEI 76-fasc.3850 “Guida per l'utilizzatore di apparati laser per laboratori di ricerca”
- UNI EN 207 “Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni laser (protettori dell'occhio per laser)”
- UNI EN 208 “Protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser (protettori dell'occhio per regolazioni laser)”
- UNI EN ISO 11145 “Optica e fotonica - Laser e sistemi laser – Vocabolario e simboli”
- UNI EN 12254 “Schermi per posti di lavoro in presenza di laser – Requisiti di sicurezza e prove”
- UNI EN ISO 11252 “Laser e sistemi laser – Dispositivi laser-Requisiti minimi per la documentazione”
- UNI EN ISO 11554 “Laser e sistemi laser – Metodi di prova della potenza del fascio, dell'energia delle caratteristiche temporali”
- UNI EN ISO 11553-1 “Sicurezza del macchinario - Macchine laser. Parte 1: Requisiti generali di sicurezza”
- UNI EN ISO 11553-2 “Sicurezza del macchinario - Macchine laser. Parte 2: Requisiti generali di sicurezza”
- CEI 1384 G – CT-76 (TSL – tecnico sicurezza laser)
- CEI 76-6 fascicolo 5928 (ASL – addetto sicurezza laser)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

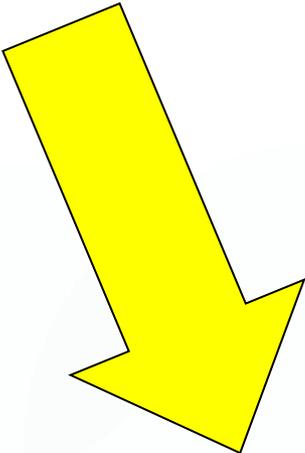
Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

▶ *D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81*

▶ **TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO**

▶ **TITOLO VIII – AGENTI FISICI**

▶ **CAPO I – DISPOSIZIONI GENERALI**



▶ **CAPO V – PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI**



▶ ALLEGATO XXXVII - RADIAZIONI OTTICHE

▶ PARTE I – RADIAZIONI OTTICHE NON COERENTI

▶ PARTE II – RADIAZIONI LASER

▶ **Art. 213.**

▶ **Campo di applicazione**

- ▶ *1. Il presente capo stabilisce prescrizioni minime di protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che possono derivare, dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali durante il lavoro con particolare riguardo ai rischi dovuti agli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute.*



▶ **Art. 214.**

▶ **Definizioni**

- ▶ 1. Agli effetti delle disposizioni del presente capo si intendono per:
 - ▶ a) *radiazioni ottiche: tutte le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezza d'onda compresa tra 100 nm e 1 mm. Lo spettro delle radiazioni ottiche si suddivide in radiazioni*
 - ▶ *ultraviolette, radiazioni visibili e radiazioni infrarosse:*
 - ▶ 1) *radiazioni ultraviolette: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 100 e 400 nm. La banda degli ultravioletti è suddivisa in UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) e UVC (100-280 nm);*
 - ▶ 2) *radiazioni visibili (luce blu): radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 380 e 780 nm;*
 - ▶ 3) *radiazioni infrarosse: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 780 nm e 1 mm.*



▶ **Art. 217.**

▶ **Disposizioni miranti ad eliminare o a ridurre i rischi**

- ▶ 1. *Se la valutazione dei rischi di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), mette in evidenza che i valori limite d'esposizione possono essere superati, il datore di lavoro definisce e attua un programma d'azione che comprende misure tecniche e/o organizzative destinate ad evitare che l'esposizione superi i valori limite, tenendo conto in particolare:*
- ▶ *b) della scelta di attrezzature che emettano meno radiazioni ottiche, tenuto conto del lavoro da svolgere;*
 - ▶ *c) delle misure tecniche per ridurre l'emissione delle radiazioni ottiche, incluso, quando necessario, l'uso di dispositivi di sicurezza, schermatura o analoghi meccanismi di protezione della salute;*
 - ▶ *d) degli opportuni programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro;*
 - ▶ *e) della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;*
 - ▶ *f) della limitazione della durata e del livello dell'esposizione;*
 - ▶ *g) della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale;*



RISCHI DERIVANTI DA APPLICAZIONI LASER

- 
- **Rischio da radiazione ottica.** Riguarda esclusivamente i due distretti corporei direttamente raggiungibili dalla radiazione ottica, ossia l'apparato oculare e la cute. Il tipo e l'entità dell'eventuale effetto dipende, oltre che dal tessuto considerato, dalla lunghezza d'onda del laser, dalla potenza, dalla modalità di emissione in continuo o a impulsi, dal tempo di esposizione. A livello dell'occhio i fenomeni di focalizzazione del fascio radiante possono comportare lesioni della retina, anche gravi e irreversibili (laser visibili e a infrarossi). Altri effetti possono essere dati da ustioni (laser a infrarossi), cheratiti e cataratta (laser UV). Per quanto riguarda la cute i rischi sono riconducibili soprattutto a ustioni (laser a infrarossi) e cancerogenesi (laser UV).
 - **Rischio di tipo elettrico.** Può configurarsi nel caso dei laser a maggior potenza, che richiedono la presenza di correnti a tensione e intensità elevate (isolamento difettoso o lesionato da incidenti).
 - **Rischio di esplosioni e incendi.** È legato all'irraggiamento accidentale di substrati infiammabili o esplosivi con laser di potenza. Rischio tossico. Può derivare dalla produzione di prodotti di combustione (CO, NOx, SO2, CN, O3, IPA, formaldeide, miscele organiche complesse ecc.) per irraggiamento accidentale o deliberato di materiale organico e/o biologico.

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

RISCHI AMBIENTALI DA LASER

- **“Inquinamento” atmosferico**

1. Materiale del bersaglio vaporizzato proveniente da operazioni di taglio, perforazione, saldatura. I prodotti delle lavorazioni e/o ricerche potrebbero essere amianto, monossido di carbonio, biossido di carbonio, ozono, piombo, mercurio, altri metalli, sostanze organiche volatili, vapori, etc.
2. Gas provenienti da laser a flusso di gas o prodotti da reazioni nel laser come ad esempio bromo, cloro, etc.
3. Gas e vapori provenienti da raffreddatori criogenici
4. Materiale da bersagli biologici proveniente da laser ad elevata energia usati in applicazioni mediche e biologiche.

- **Raffreddamento criogenico**

I liquidi criogenici (idrogeno liquido, elio liquido, azoto liquido) possono causare ustioni.

- **Altri rischi:** In qualche caso durante l'utilizzo di laser ad elevata potenza può esistere il rischio di esplosioni (ad es. sistemi a pompa ottica). Esiste il rischio di particelle volanti nell'area del bersaglio durante le operazioni di taglio, perforazione o saldatura. In alcuni casi esiste il rischio di reazioni chimiche esplosive tra i reagenti del laser o altri gas presenti nel laboratorio.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

RISCHI AGGIUNTIVI DA LASER

- **Raggi X:** Potenzialmente si potrebbero presentare rischi da radiazione X originata da tubi di alimentazione ad alta tensione.
- **Gioielli ed orologi:** L'uso di gioielli od orologi è spesso una sorgente sottostimata di esposizione al fascio riflesso dalla superficie riflettente e deve quindi essere controllato
- **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.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

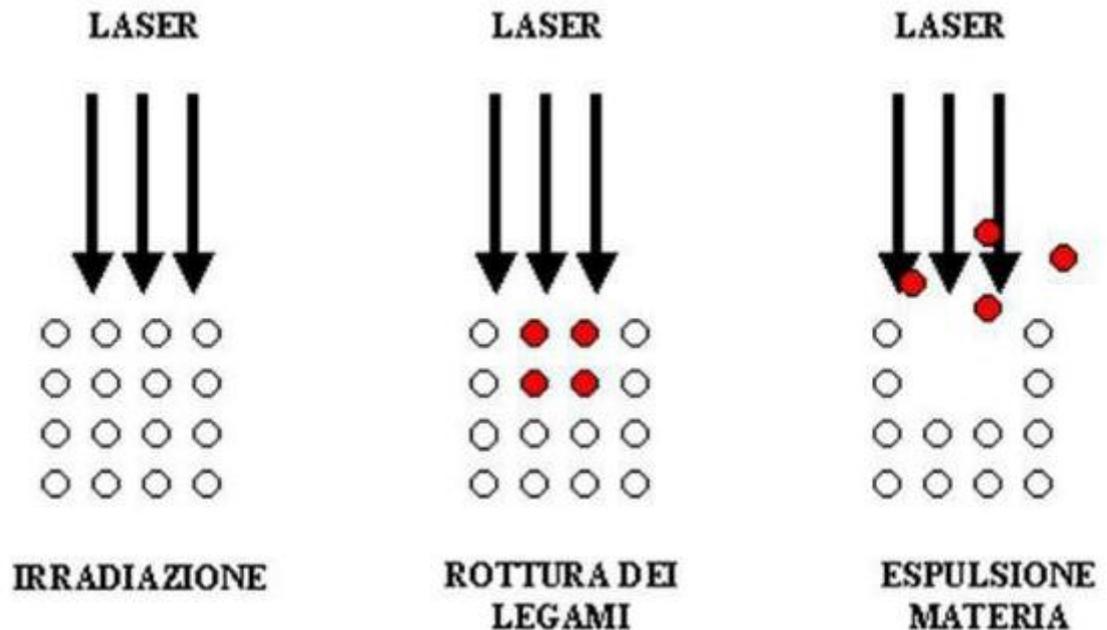
Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Rischio da radiazione ottica

Gli effetti della radiazione laser sui tessuti dipendono principalmente dalla lunghezza d'onda, dalla potenza o energia assorbita per unità di superficie e dal tempo di esposizione. I principali organi bersaglio nel caso dell'esposizione a radiazione laser sono gli occhi e la pelle.

I principali effetti legati all'esposizione a raggio laser in funzione della durata dell'impulso in ordine crescente sono:

- fenomeni acustici transitori per esposizioni nel campo del nanosecondo e subsecondo (formazione di onde d'urto causate dalla radiazione importante per impulsi di forte intensità di picco e di brevissima durata)
- effetti termici nel campo da 100ms a diversi secondi
- effetti fotochimici al di sopra dei 100s



- effetto fotoablativo (rimozione esplosiva di tessuto a causa dell'irraggiamento)

Rischio laser

Confronto tra il sole e un laser:

SOLE:

Intensità massima luce solare a terra = 1 kW/m^2 or 1 mW/mm^2

Assumendo un diametro pupillare di 2 mm l'area è circa 3 mm^2

Quindi la potenza raccolta dall'occhio è = 3 mW

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

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

Puntatore laser da 1 mW:

Potenza (P) = 1 mW, raggio del fascio = 1 mm

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

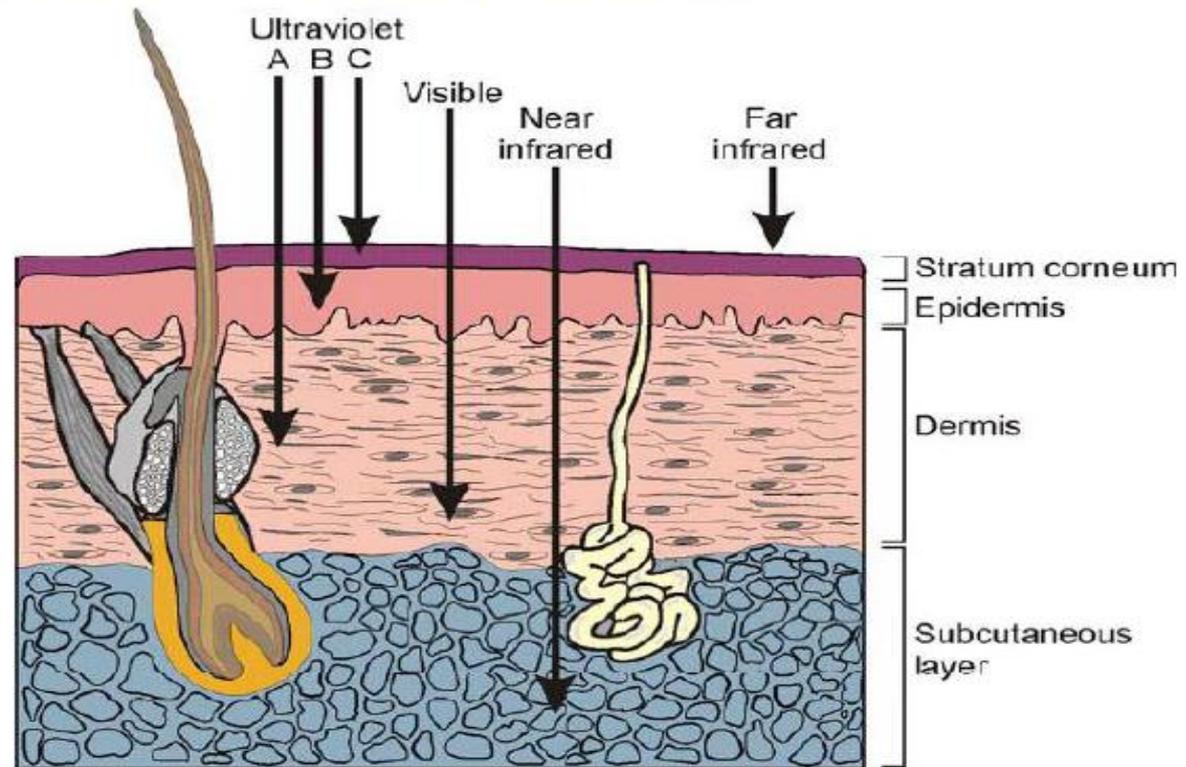
L'intensità sulla retina è $1 \text{ mW}/(3 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2) = 3100 \text{ mW/mm}^2$



Rischio da radiazione ottica

L'entità di tali danni dipende soprattutto dalle proprietà dei tessuti di assorbire, trasmettere e riflettere le varie lunghezze d'onda, e, nel caso dei danni termici, dalla capacità dei tessuti di dissipare più o meno rapidamente l'energia assorbita.

Figure B4. Penetration of different wavelength through the skin



Rischio da radiazione ottica

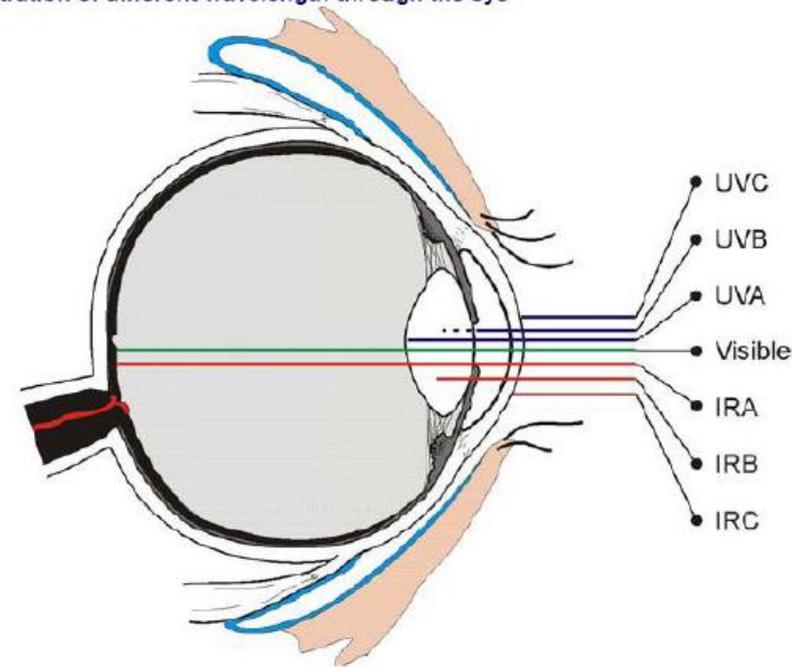
L'OCCHIO per la sua configurazione anatomofunzionale e per il suo comportamento ottico e l'organo più vulnerabile nei confronti della luce laser e rappresenta pertanto l'organo critico per eccellenza.

A seconda della radiazione ottica (ultravioletto 100- 400nm, visibile 400-760nm, infrarosso 760 nm-1 mm) e dell'intensità di

dose si possono avere diversi tipi di danno a carico di questo organo:

- Danni retinici di natura fotochimica
- Alterazioni retiniche caratterizzate da piccoli addensamenti di pigmento
- Discromie
- Effetti catarattogeni di origine fotochimica e termica
- Fotocheratocongiuntivite
- Ustioni corneali

Figure B2. Penetration of different wavelength through the eye



Effetti della radiazione laser sui tessuti

Regione spettrale CIE*	Occhio	Pelle	
Ultravioletto C (da 180 nm a 280 nm)	Fotocheratite	Eritema (bruciatura della pelle)	Processo accelerato di invecchiamento della pelle
Ultravioletto B (da 280 nm a 315 nm)		Aumento della pigmentazione	
Ultravioletto A (da 315 nm a 400 nm)	Cataratta fotochimica	Colore più intenso della pigmentazione, reazione di fotosensibilità	
Visibile (da 400 nm a 780 nm)	Lesione fotochimica e termica della retina		
Infrarosso A (da 780 nm a 1400 nm)	Cataratta e bruciatura della retina		
Infrarosso B (da 1400 nm a 3000 nm)	Infiammazione acquosa, cataratta, bruciatura della cornea		
Infrarosso C (da 3000 nm a 1 mm)	Bruciatura della sola cornea		



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
 Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
 22/10/2015 - Modulo A3b.1

La Valutazione del Rischio

L'Art. 216 D.lgs 81/08 «Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi» prescrive che nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'articolo 181, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori.



La metodologia seguita nella valutazione, nella misurazione e/o nel calcolo deve rispettare le norme della Commissione elettrotecnica internazionale (IEC), per quanto riguarda le radiazioni laser.

Nelle situazioni di esposizione che esulano dalle suddette norme e raccomandazioni, e fino a quando non saranno disponibili norme e raccomandazioni adeguate dell'Unione europea, il datore di lavoro adotta le specifiche linee guida **“le buone prassi”**. Oppure **dati del fabbricante**.

Fonte «PAF - RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI»



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

La Valutazione del Rischio

E' sempre necessario censire ogni sorgente di radiazione ottica artificiale.

La “**giustificazione**” riportata dal legislatore nell'art. 181, comma 3, si riferisce a tutte quelle situazioni espositive per le quali non è richiesto l'approfondimento della valutazione che, invece, è necessario in tutti quei casi di esposizione a ROA i cui effetti negativi non possono essere ragionevolmente esclusi.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

La Valutazione del Rischio – La giustificazione

Sono “**giustificabili**” tutte le sorgenti che emettono radiazione laser classificate nelle classi 1 e 2 secondo lo standard IEC 60825-1. Per le altre sorgenti occorrerà effettuare una valutazione del rischio più approfondita



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi

La tutela dei lavoratori che utilizzano sorgenti laser durante il lavoro **non** è stata fino ad oggi oggetto di linee guida specifiche. Tuttavia, oltre ai principi generali di tutela stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 e alle disposizioni specifiche del Capo V, Titolo VIII dello stesso decreto, ci si può però avvalere sul piano della normativa tecnica, delle norme CEI EN 60825-1, 1995, CEI 76-6, 2001, CEI EN 60825-1, 2009 (relative alla classificazione, alle caratteristiche costruttive e ai requisiti delle apparecchiature laser) e, per quanto riguarda i dispositivi di protezione individuale per gli occhi, delle norme UNI EN 207, 2003 e UNI EN 208, 2003.

Le misure di tutela sono naturalmente modulate in funzione della **classe di appartenenza** del dispositivo laser e, nell'ambito di quest'ultimo, un primo livello di sicurezza è intrinseco all'apparecchiatura, sulla base delle caratteristiche strutturali e operative e delle istruzioni del costruttore.

Ad ogni singolo dispositivo si applichi, in funzione della classe di appartenenza e dell'utilizzo particolare, un set di misure specifico, in larga parte codificato dalle norme tecniche.

Il datore di lavoro che intenda utilizzare laser classificati **3B o 4** dovrebbe provvedere, così come indicato nella norma **CEI 76-6**, alla nomina e alla formazione del **Tecnico della Sicurezza Laser** (nel caso l'attività sia di tipo non sanitario) o **dell'Addetto alla Sicurezza Laser** (in ambito sanitario).

Fonte «INAIL – DIP. MEDICINA DEL LAVORO»

La Valutazione del Rischio- Criteri di classificazione

Un concetto importante per definire il rischio da esposizione a un'apparecchiatura laser è quello di **LEA** (Accessible Emission Limit), che è definito come il livello di radiazione massimo di una sorgente cui può accedere un operatore e determina la pericolosità di un apparato laser. Attraverso lo studio della **soglia di danneggiamento** per l'occhio e la cute in funzione della lunghezza d'onda e della durata dell'esposizione alla radiazione laser, sono stati dedotti i criteri che, in base alla lunghezza d'onda e al LEA, cioè alla potenza accessibile da parte dell'operatore, collocano un laser in una certa classe di pericolosità.

La norma tecnica **CEI EN 60825-1**, riguardante la sicurezza degli apparecchi laser, è stata recentemente aggiornata e con essa è stata rivista la classificazione delle apparecchiature. **La classificazione delle sorgenti laser deve essere effettuata dal costruttore**; dalla data 01/07/2005 gli apparecchi nuovi che vengono immessi sul mercato devono essere necessariamente conformi all'aggiornamento citato (nuova classificazione).

Pertanto nota la classificazione è possibile stimare il rischio associato alla installazione ed impiego dell'apparato.

Fonte «PAF - RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI «

CEI EN 60825-1 - Vecchia classificazione

- Classe 1 – Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili
- Classe 2 – Laser che emettono radiazione visibile nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 700 nm; la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazione di difesa compreso il riflesso palpebrale
- Classe 3A – Laser che sono sicuri per la visione ad occhio nudo. Per i laser che emettono nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 400 e 700 nm, la protezione dell'occhio è assicurata dal riflesso palpebrale; per le altre lunghezze d'onda il rischio per l'occhio nudo non è superiore a quello di Classe 1. La visione diretta del fascio laser di Classe 3A con strumenti ottici (binocoli, microscopi, ecc.) può essere pericolosa
- Classe 3B – La visione diretta del fascio di questi laser è sempre pericolosa; la visione di riflessioni diffuse normalmente non è pericolosa
- Classe 4 – Laser che sono anche in grado di produrre riflessioni diffuse pericolose; possono causare lesioni alla pelle

CEI EN 60825-1 - Vecchia classificazione

- Classe 1 – Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili
- Classe 2 – Laser che emettono radiazione visibile nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 700 nm; la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa compreso il riflesso palpebrale
- Classe 3A – Laser che sono sicuri per la visione ad occhio nudo. Per i laser che emettono nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 400 e 700 nm, la protezione dell'occhio è assicurata dal riflesso palpebrale; per le altre lunghezze d'onda il rischio per l'occhio nudo non è superiore a quello di Classe 1. La visione diretta del fascio laser di Classe 3A con strumenti ottici (binocoli, microscopi, ecc.) può essere pericolosa
- Classe 3B – La visione diretta del fascio di questi laser è sempre pericolosa; la visione di riflessioni diffuse normalmente non è pericolosa
- Classe 4 – Laser che sono anche in grado di produrre riflessioni diffuse pericolose; possono causare lesioni alla pelle

CEI EN 60825-1 - Nuova classificazione -01/07/15

- **Classe 1** – Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, incluso l'uso di strumenti ottici per la visione del fascio.
- **Classe 1M** – Laser che emettono nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 302,5 nm e 4000 nm e che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, ma possono essere pericolosi se l'operatore impiega ottiche di osservazione all'interno del Fascio
- **Classe 2** – Laser che emettono radiazione visibile nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 e 700 nm; la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa compreso il riflesso palpebrale. Questa reazione fornisce un'adeguata protezione nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, incluso l'uso di strumenti ottici per la visione del fascio
- **Classe 2M** – Laser che emettono radiazione visibile nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 400 e 700 nm; la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa compreso il riflesso palpebrale; comunque, la visione del fascio può essere più pericolosa se l'operatore impiega ottiche di osservazione all'interno del fascio

CEI EN 60825-1 - Nuova classificazione

- **Classe 3R** – Laser che emettono nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 302,5 e 1060 nm, dove la visione diretta del fascio è potenzialmente pericolosa ma il rischio è più basso dei laser di Classe 3B. Il LEA è inferiore a cinque volte il LEA di Classe 2 per l'intervallo di lunghezza d'onda tra 400 e 700 nm, ed è inferiore a cinque volte il LEA di Classe 1 per le altre lunghezze d'onda.
- **Classe 3B** – Laser che sono normalmente pericolosi nel caso di esposizione diretta del fascio; la visione della radiazione diffusa normalmente non è pericolosa
- **Classe 4** – Laser che sono in grado di produrre riflessioni diffuse pericolose; possono causare lesioni alla pelle e potrebbero costituire un pericolo d'incendio. Il loro uso richiede estrema cautela.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi

La norma CEI EN 60825-1 fissa le principali misure di tutela per l'installazione e l'impiego dei laser e richiede, in funzione della classe dell'apparato laser, **specifiche misure di prevenzione**, la cui opportunità deve essere valutata nel contesto specifico, quali:

- schermare adeguatamente il fascio al termine del suo percorso utile;
- trattare o proteggere le eventuali superfici riflettenti presenti sul percorso del fascio e per le specifiche lunghezze d'onda al fine di evitarne la riflessione o la diffusione;
- collegare i circuiti del locale o della porta ad un connettore di blocco remoto;
- abilitazione dello strumento mediante comando a chiave, hardware o software;
- inserimento di un attenuatore di fascio;
- installare segnaletica di sicurezza e segnali di avvertimento sugli accessi alle aree (ZLC e ZNRO) o agli involucri di protezione;
- predisposizione di procedure per l'accesso in sicurezza alle aree a rischio (es.: evitare oggetti riflettenti introdotti dal personale).

Fonte «PAF - RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI «



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi. Norma UNI EN ISO 11553 – 1 – 2 2009

Norme di sicurezza relative al dispositivo laser:

- Ove possibile, **il dispositivo deve operare in condizioni di**
- **confinamento fisico** (non applicabile tuttavia all'uso medico del laser).
- Per i laser montati in posizioni fisse, **deve essere previsto un**
- **dispositivo di spegnimento automatico** nel caso in cui il fascio radiante vada incontro a cambiamenti di direzione non programmati.
- Il dispositivo laser deve rimanere **acceso unicamente durante l'uso.**
- L'accensione del laser dovrebbe prevedere un **sistema a chiave**



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi. Norma UNI EN ISO 11553 – 1 – 2 2009

Norme di sicurezza relative al dispositivo laser:

- I dispositivi laser, specie di potenza, devono essere sottoposti a manutenzione periodica.
- Eccetto per gli apparati di classe 1 (di potenza trascurabile), **il dispositivo laser deve essere collocato e reso operativo unicamente in area delimitata da apposita segnaletica.**
- L'accesso allo strumento deve essere unicamente consentito alle **persone autorizzate.**
- In ogni caso, **vanno scrupolosamente seguite le istruzioni fornite dal costruttore.**



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi.

Gli apparecchi laser di classe 1 non comportano nessuna prescrizione

Per le classi 1M, 2 e 2M sono richieste precauzioni solo per prevenire l'osservazione continua del fascio diretto; un'esposizione temporanea (0,25 s) alla radiazione nella banda di lunghezza d'onda da 400nm a 700 nm, che potrebbe avvenire in situazioni di osservazione accidentale non è considerata pericolosa. Il fascio laser non dovrebbe, comunque, essere puntato intenzionalmente verso persone.

Apparecchi laser di classe 1M

- Non osservare direttamente il fascio
- Usare specifiche precauzioni per la luce laser non visibile
- Le ottiche di osservazione a distanza inferiore ai 100 mm devono essere dotate di dispositivi di sicurezza (filtri, attenuatori etc.)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi.

Apparecchi laser di classe 2

- Non osservare direttamente il fascio
- Usare specifiche precauzioni per la luce laser non visibile

Apparecchi laser di classe 2M

- Non osservare direttamente il fascio
- Usare specifiche precauzioni per la luce laser non visibile
- Le ottiche di osservazione a distanza inferiore ai 100 mm devono essere dotate di dispositivi di sicurezza (filtri, attenuatori etc.)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi.

Apparecchi laser di classe 3R

Per i laser di classe 3R nell'intervallo di lunghezze d'onda inferiore a 400 nm e superiore 700 nm devono essere utilizzati segnali di avvertimento luminosi con dispositivo automatico di accensione. Ogni dispositivo di avvertimento visivo deve essere chiaramente visibile attraverso le protezioni oculari. Per i prototipi possono essere temporaneamente ammessi segnali di avvertimento verbali o segnali luminosi comandati dall'operatore stesso.



- evitare l'esposizione diretta degli occhi nell'intervallo di lunghezza d'onda compreso tra 400 nm e 1400 nm ed evitare l'esposizione al fascio laser per altre lunghezze d'onda
- usare specifiche precauzioni per la luce laser non visibile
- utilizzare ottiche di osservazione (microscopi, lenti,...) solo se dotate di dispositivi di sicurezza (filtri, attenuatori)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi.

Apparecchi laser di classe 3B

Devono essere osservate le precauzioni riportate nei punti precedenti ed inoltre:

- utilizzare il laser solo in zone controllate dagli operatori;
- evitare le riflessioni speculari;
- limitare il fascio con un corpo di materiale diffondente di colore e riflettività tali da permettere la regolazione della posizione del fascio, in modo tale da ridurre al minimo i pericoli di riflessione che superino l'esposizione massima permessa (EMP), che potrebbero provocare danni agli occhi o alla pelle a breve o a lungo termine;
- proteggere gli occhi se esiste la possibilità di osservare il fascio direttamente o per riflessione;
- affiggere all'entrata delle zone un segnale di avvertimento a norma di legge.



Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi.

Apparecchi laser di classe 3B

Le specifiche tecniche obbligatorie sono:

Zona controllata

Durante il funzionamento e/o la manutenzione è necessario creare una zona controllata, indicata da apposita segnaletica, il cui accesso è limitato alle sole persone autorizzate.

Connettore di blocco a distanza

Ogni laser di classe 3B e 4 deve essere provvisto di interblocchi di sicurezza che spengono la radiazione in caso di apertura dell'involucro. Il connettore di blocco a distanza deve essere collegato ad un sezionatore di blocco di emergenza centrale, collocato in prossimità (<5 m) della zona in cui si svolge l'attività sperimentale, oppure a sistemi di blocco di sicurezza del locale, della porta o degli infissi. Queste protezioni possono essere disattivate solo per esigenze particolari di manutenzione straordinaria e a seguito di un'autorizzazione il quale dovrà verificare la loro corretta riattivazione al termine della manutenzione stessa.

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi.

Apparecchi laser di classe 3B

Arresto del fascio o attenuatore

Il fascio dei laser di classe 3B deve terminare su di un attenuatore o terminatore all'uscita della zona utile di lavoro al fine di evitare esposizioni involontarie del personale presente ovvero che si creino riflessi accidentali. Il dispositivo di arresto del fascio o l'attenuatore del fascio devono essere in grado di impedire, per quanto possibile, l'accesso umano a radiazioni superiori alla classe 1M o alla classe 2M, a seconda dei casi.

Comando a chiave

I laser di classe 3B devono essere dotati di comandi a chiave che, se rimossa, non permette il funzionamento del laser. La chiave deve essere tolta quando il laser non è in funzione per evitare un uso non autorizzato. Il termine chiave include ogni altro dispositivo di controllo, come carte magnetiche, codici a combinazione, ...

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi.

Apparecchi laser di classe 4

E' necessario evitare la visione diretta, le riflessioni speculari ed anche le riflessioni diffuse. Oltre alle precauzioni per le classi inferiori si deve perciò:

- proteggere il tragitto del fascio ogni volta che sia possibile, l'accesso durante il funzionamento deve essere limitato al personale tecnico che utilizzi protettori oculari adeguati e vestiti protettivi;
- utilizzare comandi a distanza ogni volta che sia possibile;
- curare l'illuminazione interna delle zone in cui l'occhio è protetto (es. muri chiari);
- nei laser di grande potenza il pericolo d'incendio può essere limitato da un sufficiente spessore di mattone o altro materiale refrattario che può però diventare brillante a seguito di esposizioni prolungate, sono quindi preferibili bersagli metallici non piani adeguatamente raffreddati come coni e assorbitori;
- evitare riflessioni indesiderate nella parte invisibile dello spettro per radiazioni laser nell'infrarosso lontano, il fascio e la zona di impatto dovrebbero essere avvolte da materiale opaco per la lunghezza d'onda del laser.



Le specifiche tecniche necessarie sono quelle previste per i laser di classe 3B

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi – modalità operative.

Ogni laser deve avere ripari di protezione che, quando è in posizione, impediscono l'accesso umano a radiazione laser che supera i limiti della classe 1, tranne quando l'accesso umano è necessario per lo svolgimento delle funzioni dell'apparecchio.

Qualunque parte dell'involucro o della custodia di protezione di un laser che può essere rimossa o spostata per l'assistenza, e potrebbe permettere l'accesso a radiazione laser che supera i LEA assegnati e che non è provvisto di blocchi di sicurezza, deve essere fissata in modo che la rimozione o lo spostamento della parte richieda l'utilizzo di utensili. I pannelli di accesso degli involucri di protezione devono essere forniti di un blocco di sicurezza quando si verificano le seguenti condizioni:

- quando è prevista la rimozione o lo spostamento del pannello di accesso durante la manutenzione o il funzionamento;
- la rimozione del pannello permette l'accesso ai livelli di radiazione laser superiori;

Misure generali di tutela

- Ove possibile, il dispositivo laser deve operare in condizioni di **confinamento fisico**.
- Per i laser montati in posizioni fisse: sistema di **spegnimento automatico** di sicurezza.
- Il laser deve rimanere acceso unicamente durante l'uso: accensione con sistema **a chiave**.
- Aderenza alle **istruzioni** fornite dal costruttore e **manutenzione periodica**.
- Locale provvisto di **segnaletica**.
- Nel caso di laser di potenza, accesso consentito alle sole **persone autorizzate** e impedito alle altre tramite l'installazione di barriere fisiche (come porte a codice magnetico).
- Impianti a **norma** e adeguati **ricambi d'aria**.
- Presenza di sistemi di **aspirazione localizzata** in caso di formazione di sottoprodotti volatili.



Fonte «INAIL – DIP. MEDICINA DEL LAVORO»



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Misure generali di tutela

- **Assenza di superfici riflettenti** o loro rimozione dal cammino ottico del fascio radiante.
- **Assenza di materiali infiammabili o esplosivi** o loro rimozione dal cammino ottico del fascio radiante.
- **Informazione e formazione** dei lavoratori.
- Lavoratori dotati, in funzione della classe di appartenenza del laser e del rischio valutato, di **dispositivi di protezione individuale** per l'occhio e, se necessario, per la cute (occhiali, guanti per i laser UV, guanti e tute in materiale ignifugo durante l'utilizzo di apparati di potenza).
- Sulla base dell'art. 218 del D.Lgs. 81/2008 e in relazione ai risultati della valutazione del rischio messa in atto della **sorveglianza sanitaria** per gli addetti all'utilizzo di sistemi laser



Fonte «INAIL – DIP. MEDICINA DEL LAVORO»



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

“ZONA LASER CONTROLLATA”

Zona in cui, quando il laser è in uso, intorno ad esso c'è rischio di superamento dell'esposizione massima permessa (EMP) per la cornea, organo di riferimento in quanto più vulnerabile):

- Vanno fatti i controlli di sicurezza laser e date procedure
- Durante l'uso del laser le porte di accesso al locale devono essere tenute chiuse
- La chiave di comando laser, quando non in funzione, va tolta e custodita per evitare uso improprio
- Ogni accesso alla ZLC deve essere contrassegnato con segnaletica conforme + info su tipo laser e protezione oculare da usare
- Segnaletica luminosa gialla aggiuntiva “Attenzione: laser in funzione”



N.B. Generalmente in ambito sanitario per finalità conservative, si fa coincidere la ZLC con il locale stesso, sia esso ambulatorio o sala operatoria, in cui il laser viene utilizzato (cfr. par. 5.1 CEI 76-6)

“ZONA LASER CONTROLLATA”

Uno dei parametri caratteristici di un'apparecchiatura laser è la Distanza Nominale di Rischio Oculare (DNRO), definita come la distanza alla quale l'esposizione energetica del fascio laser uguaglia l'EMP. La DNRO può essere calcolata con formule opportune riportate nella CEI EN 60825-1 (5). Il valore di DNRO dovrebbe inoltre essere fornito dal costruttore del laser e riportato nel manuale operativo.



Se si potesse escludere l'errore umano, si potrebbe definire come ZLC la circonferenza di raggio pari alla DNRO attorno al laser.

Rif. ReportAIFM n. 5 / 2009



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

“ZLC- PERICOLI DI RIFLESSIONE”

- Finiture lucide di pareti e soffitti
- Finestre
- Vetrinette
- Supporti per flebo
- Fissaggi al tavolo operatorio
- Contenitori inox
- Lampade scialitiche
- Diafanoscopi
- Orologi di sala
- Rubinetterie



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

“ZLC- PERICOLI DI RIFLESSIONE”

Eventuali finestre, vetrinette,...devono essere in materiale antiriflesso oppure

schermate durante l'uso del laser mediante:

- persiane
- tende in materiale incombustibile e autoestinguento
- tessuti opachi fissati con strisce di velcro

-Le superfici riflettenti vanno coperte con cotone pesante (le vernici opache sono inaccettabili in quanto creano superfici non lisce di difficile sterilizzazione); ai vetri si può eventualmente applicare una pellicola **non riflettente**



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

“SEGNALETICA DI SICUREZZA”

La presenza di laser all'interno di un laboratorio deve essere segnalata mediante cartelli di segnalazione appropriati posti in evidenza sull'apparecchiatura. Apposite segnalazioni devono essere poste al di fuori dell'area operativa. La segnalazione di “ATTENZIONE” deve essere utilizzata in tutti i cartelli associati ai laser di classe 2 e la segnalazione di “PERICOLO” deve essere utilizzata in tutti i cartelli associati ai laser di classe 3 e 4.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

“SEGNALETICA DI SICUREZZA”

CLASSE	TESTO
1	apparecchio laser di classe 1
1M	radiazione laser – non osservare direttamente con strumenti ottici - apparecchio laser di classe 1M
2	radiazione laser - non fissare il fascio - apparecchio laser di classe 2
2M	radiazione laser - non fissare il fascio ad occhio nudo né guardare direttamente con strumenti ottici - apparecchio laser di classe 2M
3R	radiazione laser – evitare l’esposizione diretta degli occhi - apparecchio laser di classe 3R
3B	radiazione laser - evitare l’esposizione al fascio - apparecchio laser di classe 3B
4	radiazione laser - evitare l’esposizione dell’occhio o della pelle alla radiazione diretta o diffusa - apparecchio laser di classe 4

“SEGNALETICA DI SICUREZZA”

Su ogni pannello che una volta spostato permetta l'accesso umano alla radiazione laser deve essere affissa una targhetta che riporti le parole "**attenzione - radiazione laser in caso di apertura**" e inoltre:

CLASSE	TESTO
1M	attenzione - radiazione laser di classe 1M in caso di apertura non guardare direttamente con strumenti ottici
2	attenzione - radiazione laser di classe 2 in caso di apertura non fissare il fascio
2M	attenzione - radiazione laser di classe 2M in caso di apertura non fissare il fascio ad occhio nudo né guardare direttamente con strumenti ottici
3R	attenzione - radiazione laser di classe 3R in caso di apertura evitare l'esposizione al fascio
3B	attenzione - radiazione laser di classe 3B in caso di apertura evitare l'esposizione al fascio
4	attenzione - radiazione laser di classe 4 in caso di apertura evitare l'esposizione di occhi o pelle alla radiazione diretta o diffusa

N.B. Oltre a queste scritte se i pannelli sono muniti di blocco di sicurezza devono comparire anche le parole "**attenzione - radiazione laser pericolosa in caso di apertura e quando il blocco di sicurezza è guasto**", questa targhetta deve essere visibile prima e durante l'operazione di esclusione del blocco e molto vicina all'apertura.

Le procedure di controllo **devono** essere applicati solo ai laser e sistemi laser di classe 3b e 4.

Lo scopo di redigere delle procedure standard operative (PSO) è quello di aumentare la consapevolezza dei pericoli e conseguentemente aumentare il livello di protezione degli operatori e della popolazione dai rischi associati all'uso del laser

- **PROCEDURE STANDARD DI LAVORO**
- **PROCEDURE DI ALLINEAMENTO**
- **PROCEDURE DI MANUTENZIONE ORDINARIA**
- **PROCEDURE DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA**
- **PROCEDURE GESTIONE DPI**
- **PROCEDURE PER ADDETTI TEMPORANEI**
- **PROCEDURE PER VISITATORI**
- **PROCEDURE IN CASO DI INCIDENTE (par. 3.3 CEI 76-6)**



L'accesso in Z.L.C. è consentito solo al personale autorizzato e formato

- Tutto il personale che ha accesso alla Z.L.C. deve indossare occhiali di protezione
- Tutto il personale che ha accesso alla Z.L.C. deve indossare camici con maniche lunghe di cotone pesante
- In Z.L.C. il personale deve accedere senza orologi, bracciali, anelli o con indosso oggetti metallici che possono causare riflessioni
- E' sempre vietata la visione diretta del fascio anche con indosso occhiali protettivi e anche quando l'emissione è limitata alla luce rossa del laser puntatore
- Qualunque oggetto che si trovi nelle immediate vicinanze del percorso del fascio laser deve essere ricoperto da materiale non infiammabile.
- In Z.L.C. deve essere disponibile un estintore
- Gli oggetti riflettenti che si trovino nelle immediate vicinanze del percorso del fascio laser devono essere ricoperti da materiale non riflettente





ATTENZIONE
ZONA CONTROLLATA
LEA

Pericolo per Retina, Cristallino e Cute

L'accesso è tassativamente
regolamentato dal
Personale Sanitario
Autorizzato dal Direttore
S. C. Otorinolaringoiatria

Non entrare assolutamente
quando la **LUCE DI**
SEGNALAZIONE è accesa

Si declina ogni responsabilità per
azioni non autorizzate riservandosi di
adire le sedi più opportune

Es. PROCEDURE PARTICOLARI PER SALA OPERATORIA

- Utilizzare tubi endotracheali non infiammabili resistenti al laser.
- Limitare la concentrazione di O₂ al paziente al 30 % e monitorare in continuo la p(CO₂).
- Utilizzare tecniche di ventilazione localizzata per evitare la combustione di gas endogeni nel tratto gastro-intestinale.
- Evitare l'esposizione al fascio laser della guaina dell'endoscopio in quanto infiammabile.
- La zona del lenzuolo intorno al campo operatorio dovrebbe essere mantenuta umida con soluzione salina o acqua sterile, così anche le spugne, garze e tamponi accanto al campo operatorio.
- Tenere a portata di mano una siringa contenente almeno 500 ml di acqua sterile o di soluzione salina.

Es. PROCEDURE PARTICOLARI PER SALA OPERATORIA

- Non appoggiare il manipolo laser su zone asciutte del lenzuolo sterile (pericolo di incendio)
- Coprire con cappuccio resistente al laser l'apertura o mettere il manipolo in un contenitore sicuro.
- Estrarre i contaminanti aerei (fumi, vapori ecc) con estrattore portatile dotato di filtro HEPA.
- L'utilizzo di gas nella chirurgia laser in cavità corporee può condurre a rischio di embolia nel paziente, il rischio può essere ridotto utilizzando diossido di carbonio o un fluido, è raccomandato di non utilizzare gas nell'utero.
- Verificare che le finestrate siano coperte con pannelli non infiammabili.
- Utilizzare strumentario serigrafato.
- Coprire tutte le superfici speculari o riflettenti.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Valutazione dei rischi nell'uso del laser medicale

Tipi di laser

LASER	TIPO	MODO	LUNGHEZZA D'ONDA
Rubino	Solido	P	694.3 nm
Nd:YAG (yttrium-aluminum-garnet)	Solido	P, cw	1064 nm
			532 nm
Erbio:YAG	Solido	cw	2940 nm
Olmio:YLF (yttrium-lanthanum-fluoride)	Solido	cw	2060 nm
He-Ne	Gas	cw	632.8 nm
Ar	Gas	cw	514.5 nm
			488 nm
CO ₂	Gas	cw, P	10.600 nm
N ₂	Gas	P	337.1 nm
GaAs	Diodo	cw	850 nm
Argon fluoruro	Eccimeri	P	193 nm
Xenon cloruro	Eccimeri	P	308 nm
Kripton fluoruro	Eccimeri	P	248 nm
Coumarin C30 (dye)	Colorante	P, cw	504 nm
Rodamina 6G	Colorante	P, cw	570 - 650 nm



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Unità di misura dell' EMP:

J/m^2 esposizione energetica
(fluenza)

W/m^2 irradiazione
(irradianza)

Unità di misura del LEA:

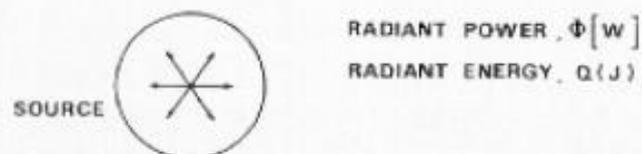
J energia radiante

W flusso radiante
(potenza radiante)

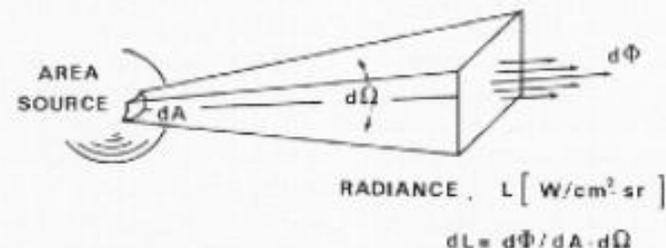
J/m^2 esposizione energetica
(fluenza)

W/m^2 irradiazione
(irradianza)

a. DESCRIBING A SOURCE

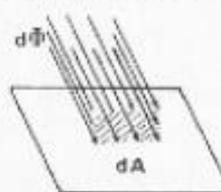


Total power or energy collected in an integrating sphere

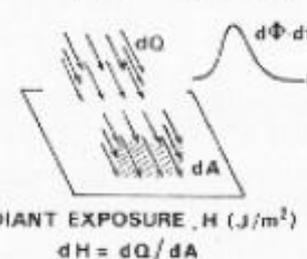


b. DESCRIBING AN IRRADIATED SURFACE

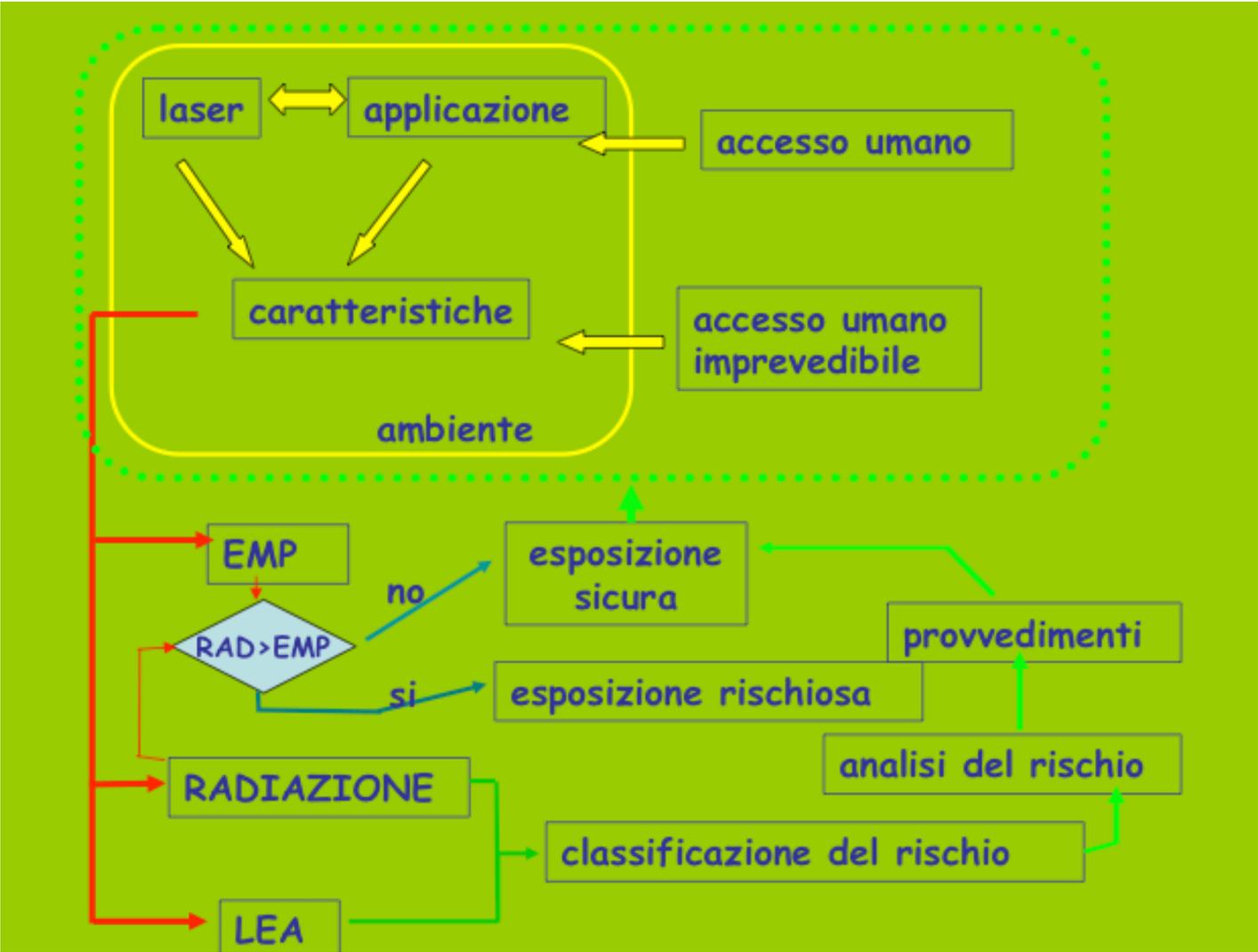
Continuous source



Pulsed source



FLOW CHART



Valutazione dei rischi nell'uso del laser medicale

Uso di endoscopi rigidi, microscopi e "free hand"

- **Rischi**
 - Incendio
 - Riflessioni
 - Disallineamento e/o non confocalità del fascio
- **Precauzioni**
 - Fascio laser nel campo visivo
 - Strumentario antiriflettente
 - Occhiali protettivi
 - Verifica allineamento e lunghezza focale componenti ottici

Uso di fibre ottiche

- **Rischi**
 - Contaminazione
 - Incendio
 - Rottura
 - Deterioramento
- **Precauzioni**
 - Pulizia parte terminale
 - Angoli di curvatura
 - Manipolazione fibra
 - Efficienza trasmissione

Uso di endoscopi flessibili e fibra ottica

- **Rischi**
 - Esposizione > EMP (riflessioni)
 - Incendio (fibra e/o endoscopio)
- **Precauzioni**
 - Oculari protettivi
 - Fibra "in vista"
 - Usare gas CO₂



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Es. Procedura inerente le misure di sicurezza da adottare per l'utilizzo di laser all'aperto.

(Dalle norme CEI 1284G, CEI 1381, CEI EN 60825-1, CEI EN 60825-1/A11, CEI EN 60825-4).

1. solo personale qualificato dove essere assegnato a lavori di installazione, di regolazione e di messa in opera di materiale laser;
2. prima dell'installazione dell'apparecchiatura e dalla sua messa in funzione, tutti devono prendere visione delle misure di sicurezza riportate nel libretto d'istruzione e uso a corredo della stessa;
3. prima della messa in funzione dell'apparecchiatura il personale qualificato, deve determinare il valore massimo della potenza radiante (EMP) emessa in ogni direzione dall'apparecchio laser, in tutto il campo delle sue possibilità di funzionamento;
4. prima della messa in funzione dell'apparecchiatura il personale qualificato, deve determinare la zona all'interno della quale l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio supera l'esposizione massima permessa per la cornea (ZNRO);
5. nella zona in cui sono utilizzati i laser dove essere affisso un segnale normalizzato di avvertimento laser (esempio picchettando la zona);
6. per facilitare l'allineamento del laser e del suo accoppiamento con il sistema devono essere utilizzati mezzi meccanici o elettronici;



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Es. Procedura inerente le misure di sicurezza da adottare per l'utilizzo di laser all'aperto.

(Dalle norme CEI 1284G, CEI 1381, CEI EN 60825-1, CEI EN 60825-1/A11, CEI EN 60825-4).

7. la visione diretta del fascio attraverso strumenti ottici (teodolite, ecc.) e la visione diretta prolungata nel fascio possono essere pericolose;
8. il fascio laser deve essere fermato alla fine del suo tragitto utile (al di fuori del suo volume di lavoro) e deve, in tutti i casi essere limitato se il tragitto pericoloso del fascio si estende oltre la zona controllata;
9. il tragitto del fascio laser deve essere situato molto al di sopra o al di sotto dell'altezza dell'occhio;
10. i fasci laser devono essere racchiusi il più possibile (per esempio all'interno di un tubo, che costituisce un involucro di protezione);
11. devono essere prese precauzioni per assicurarsi che il fascio laser non sia diretto senza intenzione, su superfici riflettenti (speculari) e, a maggior ragione, su superfici riflettenti piane;
12. il personale deve essere escluso dal tragitto del fascio in tutti i punti in cui l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio supera l'esposizione massima permessa (EMP), a meno che il personale porti i protettori oculari appropriati e i vestiti protettivi appropriati (DPI).



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Es. Procedura inerente le misure di sicurezza da adottare per l'utilizzo di laser all'aperto.

(Dalle norme CEI 1284G, CEI 1381, CEI EN 60825-1, CEI EN 60825-1/A11, CEI EN 60825-4).

13. devono essere utilizzati, quanto possibile, dispositivi tecnici, quali schermi fisici, limitanti il battimento orizzontale e verticale del fascio, ecc. al fine di aumentare le misure di controllo e sicurezza;
14. il percorso ottico intenzionale di veicoli stradali o aerei non aventi un rapporto con il bersaglio deve essere vietato nei limiti della distanza nominale di rischio oculare;
15. quando non è utilizzato il laser portatile deve essere immagazzinato in un luogo dove le persone non autorizzate non possono entrare;

Inoltre si evidenzia che, sebbene la visione diretta nel fascio dei laser della classe 3B sia abitualmente pericolosa, un fascio può in tutti i casi essere visto senza pericolo tramite e attraverso un materiale a riflessione diffusa alle seguenti condizioni:

- una distanza minima di visione, fra lo schermo e la cornea, di 13 cm;
- una durata massima di osservazione di 10 sec;

Rif. SERVIZIO PREVENZIONE PROTEZIONE – Università di Pisa



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Es. Procedura utilizzo Stampante da taglio e incisione laser

Non lasciare mai incustodito il sistema laser durante i processi di taglio ed incisione. L'esposizione al raggio laser può infiammare il materiale combustibile e provocare incendi. Tenere sempre pronto un estintore d'incendio correttamente mantenuto.

È obbligatorio operare il sistema laser esclusivamente con un impianto di scarico per particelle e vapori correttamente configurato, installato, mantenuto e funzionante. Il fumo e i vapori derivanti dalla procedura di incisione devono essere estratti dall'apparecchio e scaricati verso l'esterno o mediante il Sistema di filtrazione d'aria integrato (accessorio opzionale) o un altro sistema di scarico messo a disposizione dall'utente.

Durante e dopo la lavorazione con il laser alcuni materiali possono emanare vapori tossici. A questo proposito è raccomandato rivolgersi al fabbricante del materiale per richiedere la scheda dei dati di sicurezza del materiale (MSDS – Material Safety Data Sheet); tale scheda illustra tutti i rischi connessi all'uso e alla lavorazione del rispettivo materiale. Alcuni materiali continuano a emettere vapori per diversi minuti dopo la lavorazione con il laser e possono costituire un rischio alla salute. Evitare l'uso dell'apparecchio in vani piccoli, chiusi e/o non ventilati.

RiF. Facoltà di Architettura “Aldo Rossi” di Cesena - Laboratorio Modelli di Architettura (LaMo)

Es. Procedura utilizzo Stampante da taglio e incisione laser

Durante e dopo la lavorazione con il laser alcuni materiali possono emanare vapori corrosivi.

SOSPENDERE la lavorazione di qualsiasi materiale che dovesse produrre segni di decomposizione chimica sul sistema laser, tra cui, a titolo di esempio, ruggine, attacchi o corrosioni puntiformi su metallo, distacchi di vernice, ecc. L'apparecchio contiene un laser ad anidride carbonica (CO₂) racchiuso in un alloggiamento di classe I che emette un'intensa radiazione laser visibile e invisibile con una lunghezza d'onda di 10,6 micron dentro lo spettro infrarosso. Per motivi di sicurezza l'alloggiamento è costruito in modo tale da racchiudere il raggio laser a CO₂ completamente.

ATTENZIONE: L'uso dei comandi, l'adozione di regolazioni o l'espletamento di. L'apparecchio comprende un Puntatore a punto rosso visibile (Classe IIIa, potenza max. 5mw, 630680 nm).

NON GUARDARE DIRETTAMENTE NELLA LUCE ROSSA PER PERIODI PROLUNGATI E NON TENTARE DI OSSERVARLA CON STRUMENTI OTTICI.

Il portello di servizio dell'apparecchio è dotato di un bloccaggio di sicurezza che provvede a disattivare il raggio laser a CO₂ tutte le volte che il portello viene aperto. Il Puntatore a punto rosso NON è dotato di bloccaggio di sicurezza e rimane attivato anche quando il portello è aperto.

RiF. Facoltà di Architettura "Aldo Rossi" di Cesena - Laboratorio Modelli di Architettura (LaMo)

Addetto Sicurezza Laser (ASL)

Il Datore di lavoro, in possesso di sorgenti LASER di classe 3B o 4, sulla base delle indicazioni della Norma CEI 76-6, nomina un Addetto Sicurezza Laser (ASL), esperto in materia, che supporta e consiglia rispetto all'uso sicuro di tali dispositivi medici e alle relative misure di prevenzione e protezione da porre in atto.

L'Addetto Sicurezza Laser valuta i rischi relativi all'installazione LASER, delimita la **ZONA LASER CONTROLLATA** e la individua con apposita segnaletica, sceglie i dispositivi di protezione individuale adatti a ciascuna sorgente, effettua la valutazione delle condizioni di sicurezza dell'ambiente e degli operatori sia in fase di acquisto che durante l'utilizzo della sorgente, partecipa alla attività di formazione del personale operatore, effettua i test di accettazione di ogni sorgente ed i controlli periodici di sicurezza, analizza tutti gli infortuni ed incidenti che riguardano i LASER, definisce le procedure di sicurezza, definisce e mantiene il programma di assicurazione della qualità (Norma CEI 76-6).



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Addetto Sicurezza Laser (ASL)

Il Datore di lavoro, in possesso di sorgenti LASER di classe 3B o 4, sulla base delle indicazioni della Norma CEI 76-6, nomina un Addetto Sicurezza Laser (ASL), esperto in materia, che supporta e consiglia rispetto all'uso sicuro di tali dispositivi medici e alle relative misure di prevenzione e protezione da porre in atto.

L'Addetto Sicurezza Laser valuta i rischi relativi all'installazione LASER, delimita la **ZONA LASER CONTROLLATA** e la individua con apposita segnaletica, sceglie i dispositivi di protezione individuale adatti a ciascuna sorgente, effettua la valutazione delle condizioni di sicurezza dell'ambiente e degli operatori sia in fase di acquisto che durante l'utilizzo della sorgente, partecipa alla attività di formazione del personale operatore, effettua i test di accettazione di ogni sorgente ed i controlli periodici di sicurezza, analizza tutti gli infortuni ed incidenti che riguardano i LASER, definisce le procedure di sicurezza, definisce e mantiene il programma di assicurazione della qualità (Norma CEI 76-6).



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Addetto Sicurezza Laser (ASL)

Per potere utilizzare in sicurezza queste sorgenti, è necessario prevedere corsi di **formazione** per tutto il personale che opera direttamente o nelle vicinanze di una apparecchiatura LASER di classe 3B o 4. E' necessario prevedere anche una **sorveglianza sanitaria** degli operatori per valutare l'integrità dei parametri visivi dei soggetti ed in particolare effettuare una visita oftalmica preventiva e delle visite periodiche di monitoraggio. Qualsiasi incidente o infortunio provocato dall'uso di un apparecchio LASER deve essere segnalato immediatamente all'Addetto Sicurezza Laser che dovrà effettuare un'analisi e dovrà intraprendere azioni per evitare il ripetersi dello stesso. Va inoltre istituito un registro su cui riportare tali incidenti o infortuni.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

E' fondamentale assicurare un programma di **manutenzione** delle apparecchiature da parte di personale qualificato così come un programma di assicurazione della qualità (AQ), di cui risponde l'Addetto Sicurezza Laser, per garantire il funzionamento ottimale di ciascuna apparecchiatura sia in termini di prestazioni rese sia in termini di sicurezza. A tale scopo potranno essere utilizzate adeguate procedure e apposite **check list** da applicare con le periodicità stabilite dall'Addetto Sicurezza Laser.



Il **Power Meter** è lo strumento atto ad effettuare misurazioni e verifiche di potenza in modalità di emissione:

1) Continua [Watt]

2) Pulsata [Joule]

dell' apparecchiatura laser in questione.

E' dotato di sensori di estrema sensibilità e di vario tipo a seconda della potenza e della lunghezza d'onda del laser da analizzare.

Il dispositivo è dotato di un display su cui è possibile la visualizzazione, in pochi secondi, dei dati inerenti al fascio laser.

I metodi di prova per la determinazione di potenza ed energia del fascio laser ad onda continua e ad impulsi sono citati nella norma UNI EN ISO 11554: 2008.



Tavola sinottica procedure per la sicurezza

Fabbricante dell'apparecchiatura

Deve	Quando
Dichiarare la conformità alle norme di sicurezza CEI e alla direttiva 93/42/CEE	All'atto della costruzione delle apparecchiature
Caratterizzare le emissioni (LASER)	Al termine della costruzione mediante misure fisiche
Indicare/fornire adeguati DPI	All'atto della consegna dell'apparecchiatura
Etichettare il prodotto	Al termine della costruzione e marcatura CE
Fornire il manuale di istruzioni e uso in lingua italiana	All'atto della consegna dell'apparecchiatura

Rif. «ASL di Milano -Dipartimento di Prevenzione Medica -SERVIZIO SALUTE E AMBIENTE»



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Tavola sinottica procedure per la sicurezza

Responsabile della struttura sanitaria

Deve	Quando
Provvedere a verificare l'idoneità degli ambienti e delle condizioni operative per i lavoratori addetti	Prima dell'installazione
Provvedere alla formazione del personale addetto all'utilizzo della strumentazione anche neo-assunto	Prima dell'utilizzo dell'apparecchiatura
Verificare la presenza del manuale di istruzioni e uso in lingua italiana	Prima dell'utilizzo dell'apparecchiatura
Verificare la corrispondenza dell'installazione con il progetto preventivo	Prima dell'utilizzo dell'apparecchiatura
Predisporre i controlli periodici di sicurezza e sulle emissioni	Prima dell'utilizzo dell'apparecchiatura
Verificare il buon esito dei controlli	Alle scadenze previste
Aggiornare il personale operatore	Ad ogni modifica delle apparecchiature o delle modalità di utilizzo

Rif. «ASL di Milano -Dipartimento di Prevenzione Medica -SERVIZIO SALUTE E AMBIENTE»



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Tavola sinottica procedure per la sicurezza

Medico responsabile dell'utilizzo di radiazioni LASER

Deve	Quando
Informare il paziente dei rischi specifici legati all'esposizione LASER	Al momento del consenso informato
Informare il paziente delle precauzioni da seguire durante la diagnostica/terapia/chirurgia	Al momento della programmazione della diagnostica/terapia/chirurgia
Verificare eventuali reazioni del paziente alle radiazioni LASER	Alla prima seduta
Intervenire in caso di reazione atipica alla terapia	Durante la terapia e al termine di essa

Rif. «ASL di Milano -Dipartimento di Prevenzione Medica -SERVIZIO SALUTE E AMBIENTE»



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Tavola sinottica procedure per la sicurezza

Operatore/Utilizzatore LASER

Deve	Quando
Effettuare la formazione necessaria	Secondo i programmi previsti
Verificare presenza, adeguatezza e buono stato dei DPI	Quotidianamente
Rispettare le norme di sicurezza	Quotidianamente
Segnalare all' <i>Addetto Sicurezza Laser</i> anomalie ed eventualmente interrompere l'attività se necessario	Quando intervengano malfunzionamenti o anomalie
Informare dei rischi e delle procedure di sicurezza i soggetti da sottoporre a radiazioni LASER	Alla prima seduta con ogni singolo paziente o soggetto esposto
Rispettare il programma di terapia	Ad ogni seduta
Compilare la scheda personale del paziente per registrare gli irraggiamenti effettuati	Ad ogni seduta
Segnalare al personale medico eventuali reazioni atipiche dei pazienti	Ad ogni insorgenza di reazioni atipiche

Rif. «ASL di Milano -Dipartimento di Prevenzione Medica -SERVIZIO SALUTE E AMBIENTE»



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Tavola sinottica procedure per la sicurezza

Soggetto esposto a radiazioni LASER

Deve	Quando
Ricevere adeguata informazione sui rischi derivanti dalla esposizione a radiazioni LASER	Alla firma del consenso informato
Segnalare al medico responsabile della applicazione LASER l'assunzione di farmaci non prescritti dallo stesso	Ad ogni seduta e in particolare prima di iniziare la diagnostica/terapia/chirurgia
Segnalare ogni reazione atipica	All'insorgenza della reazione
Utilizzare correttamente i DPI se previsti e osservare le norme di sicurezza	Ad ogni seduta

Rif. «ASL di Milano -Dipartimento di Prevenzione Medica -SERVIZIO SALUTE E AMBIENTE»



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi – Schema riassuntivo.

Prescrizione	Classificazione						
	Classe 1	Classe 1M	Classe 2	Classe 2M	Classe 3R	Classe 3B	Classe 4
TSL					Per emissioni visibili	x	x
Connettore di blocco							
Comando a chiave						Togliere la chiave quando non si usa l'apparecchio	
Attenuatore di fascio							
Indicatore di emissione					Per emissioni non visibili	x	x
Segnali di avvertimento						x	x
Traiettoria del fascio		come per 3B		come per 3B	Interrompere il fascio alla fine del suo tragitto utile		
Riflessioni speculari		come per 3B		come per 3B	Impedire le riflessioni non volute		
Protezione dell'occhio						x	x
classificazione	x	x	x	x	x	x	x
Approvazione TSL					x	x	x
Formazione e informazione operatori					x	x	x
Precauzioni per i visitatori						x	x
Etichettatura	x	x	x	x	x	x	x
Rischi collaterali	x	x	x	x	x	x	x
Rischio di incendio							x
ZNR visibile (se del caso)					x	x	x
Uso della minima potenza necessaria	x	x	x	x	x	x	x
Precauzioni per radiazione invisibile					x	x	x
Vestiti di protezione						Prescritti se supera MPR per la pelle	



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
 Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
 22/10/2015 - Modulo A3b.1

Le procedure ed i mezzi di controllo dei rischi – Report AIFM n. 5 / 2009

MISURE PROTETTIVE	AMBULATORI	SALE OPERATORIE
<p>Copertura superfici riflettenti presenti (rubinetterie, cornici cromate di negatioscopi, vetrinette, ecc.)</p>	<p>Coprire con teli di tessuto di cotone pesante eventuali superfici riflettenti o verniciarle con vernice opaca.</p>	<p>L'uso di teleria in cotone è sconsigliata dalla norma UNI EN 13795. In casi selezionati (es. se il laser è collimato e usato a cielo aperto) si può proporre la prevalenza del rischio laser rispetto al rischio infettivo. La copertura delle strutture riflettenti con vernici opache è inaccettabile perché tale operazione genererebbe una superficie non liscia: verrebbe così a mancare il requisito necessario per garantire una perfetta sterilità dell'ambiente. I vetri presenti possono eventualmente essere ricoperti con pellicola rifrangente (compatibilmente con visibilità dell'operatore).</p> <p>Un problema rilevante è la presenza della lampada scialitica, che non esiste in versione anti-riflesso, e che è necessaria al chirurgo per una corretta illuminazione del campo operatorio.</p>
<p>Copertura dei tubi plastici per il trasporto di gas medicali</p>	<p>Durante l'uso di laser a trasmissione diretta ricoprire i tubi con teli di cotone pesante o con fogli di alluminio opaco o con garze e panni bagnati</p>	<p>Durante l'uso di laser a trasmissione diretta ricoprire i tubi con teli di cotone pesante (se applicabile; vedi punto precedente) o con fogli di alluminio opachi o con garze e panni bagnati</p>



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

<p>Protezione degli operatori</p>	<p>Tutti gli operatori presenti in sala devono indossare indumenti idonei (camici in cotone pesante) e gli occhiali di protezione, se previsto dall'ASL. In caso di attività manuali in prossimità del fascio usare sottoganti in filo inumiditi per la protezione dalle ustioni.</p>	<p>L'uso di teleria in cotone è sconsigliata da norma UNI EN 13795. In casi selezionati (es. se il laser è collimato e usato a cielo aperto) si può proporre la prevalenza del rischio laser rispetto al rischio infettivo, e permettere agli operatori di indossare il camice di cotone a maniche lunghe. Gli operatori e il paziente devono indossare gli occhiali di protezione se previsti dall'ASL. In caso di attività manuali in prossimità del fascio usare sottoganti in filo inumiditi per la protezione dalle ustioni.</p>
<p>Strumentario</p>	<p>È opportuno che gli strumenti chirurgici che vengono usati durante la chirurgia laser e che possono essere colpiti dal fascio siano ruvidi o satinati o anodizzati</p>	



<p>Incendi endotracheali</p>	<p>È opportuno utilizzare tubi endotracheali con protezione adeguata (rivestimento di metallo adatto all'uso) o realizzati per ridurre probabilità d'incendio.</p> <p>Per limitare il rischio di incendi correlati ai tubi endotracheali, alla plastica, ai nastri adesivi, alle pomate e alle soluzioni preparatorie per chirurgia, è opportuno:</p> <ul style="list-style-type: none">- utilizzare strumenti chirurgici non infiammabili- usare tecniche di ventilazione Venturi (jet ventilation)- utilizzare schermature con sostanze inumidite- utilizzare miscele gassose a bassa combustione- utilizzare tubi per anestesia non infiammabili e resistenti ai laser- se non ci sono controindicazioni mediche, riempire le cuffie dei tubi endotracheali di liquido e proteggerle esternamente con tamponi bagnati- usare la più bassa concentrazione di ossigeno nelle procedure laringotracheali. <p>Evitare di usare i normali tubi in plastica o gomma ricoperti da nastri metallici avvolti a spirale.</p>
<p>Combustione endogena</p>	<p>Per evitare la combustione di gas endogeni (es. metano) nel tratto gastro-intestinale, è opportuno utilizzare tecniche di ventilazione localizzata.</p>



<p>Bruciature dell'endoscopio</p>	<p>Evitare l'esposizione della guaina dell'endoscopio flessibile a fibre ottiche al fascio laser.</p> <p>Evitare di riscaldare la parete dei sistemi di trasmissione tubolari metallici (es. broncoscopi, laringoscopi).</p> <p>Controllare la corretta posizione della fibra di trasmissione del fascio laser nell'endoscopio prima di attivare il fascio, e cioè:</p> <ul style="list-style-type: none">- controllare integrità dello spot di puntamento- introdurre la fibra in profondità in modo che la punta possa essere vista attraverso l'endoscopio. <p>Porre particolare attenzione quando l'endoscopia viene effettuata in ambiente ricco di ossigeno.</p>
<p>Pulizia, disinfezione e agenti anestetizzanti</p>	<p>Prima dell'uso, controllare l'infiammabilità di tali sostanze e la loro idoneità all'utilizzo con il laser. Alcune volte in ospedale non vengono utilizzati disinfettanti non infiammabili per questioni economiche.</p>



PIANO DEI CONTROLLI, SECONDO NORMA CEI 76-6 E NORMA CEI EN 60601-2-22

Controllo 1	Cavi per alimentazione e per pedale
Strumentazione necessaria	nessuna
Modalità di esecuzione	Controllo visivo del buono stato dei cavi
Tolleranza	Se i cavi non sono in buone condizioni, richiedere un intervento di manutenzione sospendendo temporaneamente l'uso dei laser
Periodicità	Annuale (o su segnalazione dell'Utilizzatore)
Controllo 2	Interruttori di emergenza
Strumentazione necessaria	nessuna
Modalità di esecuzione	Controllo del corretto funzionamento
Tolleranza	Se l'interruttore di emergenza non interrompe il funzionamento del laser, richiedere un intervento di manutenzione sospendendo temporaneamente l'uso dei laser
Periodicità	Annuale



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Controllo 3	Indicatori acustici e visivi di emissione laser
Strumentazione necessaria	nessuna
Modalità di esecuzione	Controllo del corretto funzionamento
Tolleranza	Se l'indicatore acustico o quello visivo o entrambi non funzionano, richiedere un intervento di manutenzione sospendendo temporaneamente l'uso dei laser
Periodicità	Annuale (o su segnalazione dell'Utilizzatore)
Controllo 4	Movimento del braccio articolato (per laser che usano un sistema di trasmissione a braccio articolato)
Strumentazione necessaria	nessuna
Modalità di esecuzione	Controllo del corretto funzionamento
Tolleranza	Se non tutti i movimenti del braccio articolato sono possibili, richiedere un intervento di manutenzione sospendendo temporaneamente l'uso dei laser
Periodicità	Annuale (o su segnalazione dell'Utilizzatore)



Controllo 5	Controllo della fibra ottica (per laser che utilizzano un sistema di trasmissione a fibra)
Strumentazione necessaria	Lente con ingrandimento compreso tra 10x e 14x
Modalità di esecuzione	Controllare che entrambe le estremità della fibra siano pulite e prive di schegge e che il rivestimento plastico esterno (coating) non sia danneggiato (ove applicabile) e che non ci siano rotture, crepe o contaminanti sulla punta
Tolleranza	Se la fibra ottica è rovinata, provvedere alla sua sostituzione
Periodicità	Annuale (o su segnalazione dell'Utilizzatore dopo insoddisfacente esecuzione del controllo 6 relativo alla qualità del fascio di puntamento, di cui
Controllo 6	costituisce una verifica indiretta) Controllo del fascio di puntamento (per laser che utilizzano un sistema di applicazione a fibra sagomata)
Strumentazione necessaria	Foglio di carta bianco
Modalità di esecuzione	Porre il foglio di carta a una distanza dalla punta della fibra compresa tra 5 e 10 cm, e illuminarlo con il fascio di puntamento
Tolleranza	Controllare che l'immagine generata dal fascio di puntamento sulla carta sia circolare e uniforme e priva di ombre
Periodicità	Prima di ogni uso, a cura dell'Utilizzatore



Controllo 7	Coincidenza fasci di puntamento e trattamento (per laser che usano un sistema di trasmissione a braccio articolato o con sistemi di focalizzazione)
Strumentazione necessaria	Abbassalingua in legno
Modalità di esecuzione	<p>A) Segnare su un foglio di carta l'immagine dello spot del fascio di puntamento. Mantenendo solidali il foglio di carta e il braccio articolato, muovere quest'ultimo in tutte le direzioni per verificare che lo spot di prova non si discosti dalla sua immagine disegnata sul foglio.</p> <p>B) Appoggiare l'abbassalingua su un materiale in grado di assorbire l'energia (es. panno bagnato). Selezionare la dimensione di spot più piccola e l'esposizione energetica più bassa, collocare il manipolo vicino all'abbassalingua. Segnare con una biro la zona dell'abbassalingua illuminata dal fascio di puntamento; poi, senza modificarne la posizione, accendere il fascio di trattamento e verificare che la bruciatura coincida con la zona marcata.</p>
Tolleranza	<p>A) Il fascio di puntamento deve mantenersi entro una circonferenza di 2 mm di diametro.</p> <p>B) Lo scostamento massimo ammesso tra i centri delle due aree non deve superare il 50% del diametro della larghezza delle due aree. Inoltre il diametro dell'area del fascio di puntamento non deve superare di oltre 1,5 volte il diametro</p> <div style="text-align: center;">  <p>Accettabile Inaccettabile</p> <p>Allineamento accettabile ed inaccettabile dei raggi</p> </div> <p>La bruciatura deve essere simmetrica e di profondità uniforme.</p>
Periodicità	Prima di ogni uso, a cura dell'Utilizzatore

Controllo 8	Potenza del fascio
Strumentazione necessaria	power meter tarato presso un ente certificato
Modalità di esecuzione	scegliere 2 o 3 potenze rappresentative tra quelle di utilizzo clinico, ed effettuare almeno 3 misure per ciascuna potenza.
Tolleranza	$\pm 20\%$ rispetto al valore nominale impostato sulla apparecchiatura
Periodicità	annuale (o dopo intervento di manutenzione) o se segnalati problemi da parte dell'Utilizzatore
Controllo 9	Potenza del fascio
Strumentazione necessaria	Dispositivo incorporato di controllo della potenza (ove esistente)
Modalità di esecuzione	Eseguire il controllo secondo quanto indicato sul manuale del laser
Tolleranza	Secondo quanto indicato sul manuale del laser



Controllo 8	Potenza del fascio
Strumentazione necessaria	power meter tarato presso un ente certificato
Modalità di esecuzione	scegliere 2 o 3 potenze rappresentative tra quelle di utilizzo clinico, ed effettuare almeno 3 misure per ciascuna potenza.
Tolleranza	$\pm 20\%$ rispetto al valore nominale impostato sulla apparecchiatura
Periodicità	annuale (o dopo intervento di manutenzione) o se segnalati problemi da parte dell'Utilizzatore
Controllo 9	Potenza del fascio
Strumentazione necessaria	Dispositivo incorporato di controllo della potenza (ove esistente)
Modalità di esecuzione	Eseguire il controllo secondo quanto indicato sul manuale del laser
Tolleranza	Secondo quanto indicato sul manuale del laser



Controllo 10	Protezioni oculari
Strumentazione necessaria	nessuna
Modalità di esecuzione	Controllo visivo del buono stato degli occhiali e della corrispondenza tra lunghezza d'onda filtrata e quella del laser impiegato
Tolleranza	Nel casi ci siano graffi, incrinature o danni alla montatura, provvedere alla sostituzione degli occhiali
Periodicità	Prima di ogni uso, a cura dell'Utilizzatore



Obblighi dei fabbricanti

Il fabbricante deve apporre una o più targhette su ogni apparecchio laser. Al simbolo che riporta il pittogramma del laser deve essere associata, tranne che per la classe 1, una ulteriore targhetta che riporta:

- gli avvertimenti relativi all'utilizzo in sicurezza;
- la classe del laser,
- la potenza max della radiazione laser emessa,
- le lunghezze d'onda emesse,
- la durata dell'impulso (se il caso);
- la norma usata per la classificazione;
- se la radiazione emessa è nell'invisibile questo deve essere indicato nella targhetta.



Un'indicazione chiara all'interno del manuale di tutte le disposizioni delle aperture laser attraverso le quali viene emessa una radiazione laser che supera il LEA per la Classe 1. Quando la protezione degli occhi risulta indispensabile, anche solo per alcune operazioni, il costruttore è tenuto a fornire tutte le indicazioni necessarie per la scelta del DPI oculare

APERTURA LASER

**EVITARE L'ESPOSIZIONE DA
QUESTA APERTURA E' EMESSA
RADIAZIONE LASER VISIBILE
(INVISIBILE)**

N.B. I costruttori di apparecchi laser devono fornire (o fare in modo che siano fornite) le istruzioni per l'utilizzatore, oppure un manuale operativo che contenga tutte le informazioni relative alla sicurezza.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

“Prescrizioni di costruzione”

- È necessario incorporare negli apparecchi laser alcuni dispositivi di sicurezza in funzione della classe di rischio alla quale sono stati assegnati dal costruttore
- Se la modifica di un apparecchio laser influenza un qualsiasi aspetto della prestazione o delle funzioni, la persona o l'organismo che attua la modifica è responsabile della nuova classificazione ed etichettatura dell'apparecchio
- Ogni apparecchio laser deve avere involucri di protezione (custodie, pannelli etc.) che impediscano l'accesso umano a radiazioni superiori alla classe 1, tranne quando questo è necessario all'uso dell'apparecchio;
- Qualunque parte dell'involucro o della custodia che può essere rimossa o spostata con accesso superiore ai LEA assegnati e non provvista di blocchi di sicurezza deve essere fissata in modo da richiedere l'uso di utensili
- In determinati casi il riparo di protezione può essere una stanza (riparo accessibile)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

“Prescrizioni di costruzione”

- I pannelli di accesso degli involucri di protezione devono essere muniti di un blocco di sicurezza automatico che spenga o attenui la radiazione quando il pannello viene aperto.
- La presenza del blocco di sicurezza è obbligatoria quando:
 - ✓ È prevista la rimozione o spostamento del pannello di accesso durante la manutenzione o il funzionamento
 - ✓ La rimozione del pannello permette l'accesso a livelli di radiazione indicati con X nella tabella
- Il dispositivo di blocco di sicurezza deve impedire in ogni caso e in modo automatico l'accesso umano ad una radiazione di classe 3 o 4, quando parte dell'involucro viene rimossa.
- La rimozione del pannello non deve provocare un'emissione generata attraverso l'apertura, superiore alla classe 1M o alla classe 2M a seconda della lunghezza d'onda



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

“Prescrizioni di costruzione”

- Se il blocco di sicurezza è involontariamente rimosso mentre il pannello è aperto, non si deve avere un ripristino dei valori di emissione attenuati dal blocco
- Se è previsto un dispositivo di esclusione intenzionale, si deve poter rimettere al proprio posto il pannello di accesso solo dopo che questo è stato rimosso
- Il blocco di sicurezza deve essere associato ad una targhetta di avvertimento
- Quando è inserito il dispositivo di esclusione deve innescarsi un segnale di avvertimento visivo o sonoro se il laser è in funzione o se le batterie di condensatori non sono del tutto scariche, sia che il pannello di accesso venga o non venga tolto o spostato
- Gli avvertimenti visivi devono essere visibili con le protezioni oculari



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

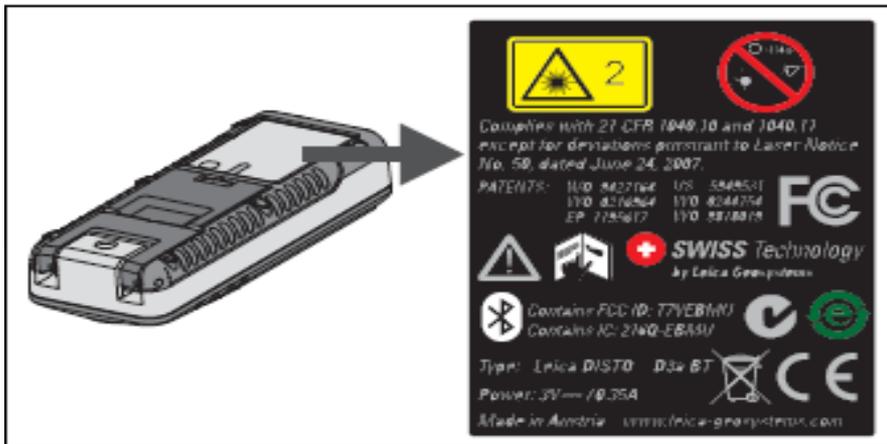
1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Libretto d'uso e manutenzione- Es. dati tecnici



Posizione dell'etichetta del prodotto



Uso dei prodotti laser della classe 2:

Non fissare il raggio laser né dirigerlo direttamente su altre persone. La protezione degli occhi è normalmente fornita da azioni di contrasto, compresa l'istintiva chiusura delle palpebre.

AVVERTIMENTO:

Osservare direttamente il raggio laser mediante dispositivi ottici (come ad es. binocoli, cannocchiali) può essere pericoloso.

Precauzioni:

Non osservare direttamente il raggio laser con dispositivi ottici.

Leica DISTO™ D3a BT.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

I Edizione - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Class 1 Laser Product according to IEC60825-1:2007

The following clause applies for instruments delivered into the United States:
Complies with 21 CFR 1040.10 and 1040.11 except for deviations pursuant
to Laser Notice No. 50, dated June 24, 2007.

CLASS 1
LASER PRODUCT



The V-Line 3D Terrestrial Laser Scanner *RIEGL VZ-400*



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Livello laser RL-H3C Topcon



Sicurezza nell'uso del laser

Questo prodotto impiega un raggio laser visibile ed è fabbricato e venduto in conformità alle “Norme sulle prestazioni di prodotti ad emissione luminosa” (FDNBRH 21 CFR 1040) e “Sicurezza delle radiazioni di prodotti laser, classificazione degli apparecchi, requisiti e manuale d'uso” (Pubblicazione IEC 825) forniti, nei quali sono descritte le norme di sicurezza per i prodotti laser.

In base a dette norme, questo prodotto appartiene alla “Categoria II Prodotto Laser”.

Questo è un prodotto semplice da utilizzare e non richiede alcuna formazione tecnica da parte dell'addetto alla sicurezza del laser.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

LIVELLO LASER ROTANTE RL-VH4DR/G2

Sicurezza del laser

Durante il funzionamento, questo prodotto proietta un raggio laser visibile. Questo prodotto viene fabbricato e venduto in conformità alla norma FDA/BRH 21 CFR 1040 , “Performance Standards for Light-Emitting Products” (prestazioni dei prodotti a emissione luminosa) o alla norma CEI 60825-1 “Radiation Safety of Laser Products, Equipment Classification, Requirements and User’s Guide” (protezione dalle radiazioni degli apparecchi laser, classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l’utente) facenti parte delle norme di sicurezza per i raggi laser. In base a tali norme, il modello standard RL-VH4DR/G2 è classificato come “Prodotto laser di classe 3R (IIIa)”. Il funzionamento di questi prodotti è piuttosto semplice e non è richiesto nessun tipo di addestramento da parte di un funzionario della sicurezza laser.



LASER A DIODO

Rischi di esposizione oculare (diretta e riflessa)

È essenziale che tutte le persone presenti nella sala operatoria, durante il trattamento (paziente e personale) proteggano i loro occhi indossando gli appositi occhiali protettivi forniti da ZkDental.

Si consiglia di chiedere al paziente di chiudere gli occhi durante il trattamento, anche quando si indossano gli occhiali protettivi.

Se la zona da trattare è molto vicino agli occhi (ad esempio le palpebre), proteggere gli occhi con delle conchiglie.



ZKDENTAL
TECNOLOGIA ODONTIATRICA



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

LASER ODONTOIATRICO LOKKI

- Laser di trattamento : Nd:YAP (Classe 4)
- Lunghezza d'onda : 1 340 nm
- Potenza media : 10 Watts (+/- 20%)
- Potenza massima : 2,6 kW
- Durata d'impulso : 150 μ s
- Cadenza di ripetizione : 5, 10 e 30 Hz
- Laser di mira : laser a diodi rosso (655 nm)
- Potenza laser di mira : 1 mW

- Trasmissione del fascio : fibra ottica da 200 μ m e da 320 μ m specifica LOKKI

- Divergenze del fascio : apertura numerica = 0.22 ossia circa 25° (in uscita fibra)
- Distanza nominale di rischio oculare (DNRO) : 3,30 m
- Protezione oculare : Densità ottica richiede da 4 a 1340 nm conforme la norma NF EN207



Il sicurezza oculare

Il fascio 1340 nm è invisibile e trasporta delle potenze importanti. Gli occhiali di protezione devono essere indossati dalle persone che guardano la zona di azione del laser. L'apparecchio è consegnato con un paio di occhiali specifici al fascio Nd:YAP (1340nm) con densità ottica richiesta 4 conforme alla norma NF EN207.

GASPARINI TM 1530

GASPARINI TM 1530 è dotata di: - Cabina a contenimento delle radiazioni laser e dei dispositivi in movimento con interblocchi di sicurezza all'apertura. Barriere fotoelettriche di sicurezza per il bloccaggio degli organi pericolosi in caso di presenza di persone in zone a rischio. Tali dispositivi non consentono il normale accesso a luoghi pericolosi. L'accesso a tali luoghi dovrà avvenire solo in condizioni di sicurezza da parte del personale specificatamente autorizzato, istruito e provvisto dei mezzi di protezione adeguati. All'interno della carenatura sono presenti infatti, radiazioni invisibili laser, dirette e riflesse di classe 4.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Dispositivi di Protezione Individuale

Gli esposti a radiazioni (laser di classe 3 e 4) dovranno obbligatoriamente indossare i necessari DPI, in particolare i protettori oculari.

Sono possibili eccezioni in presenza di misure tecniche e gestionali tali da eliminare ogni esposizione potenziale che superi l'esposizione massima permessa (EMP), ad esempio caratteristiche strutturali delle apparecchiature, adeguate protezioni del fascio, procedure.

Come DPI si devono utilizzare protettori oculari marcati CE seguendo le direttive delle norme **UNI EN 207** (Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni laser) e **UNI EN 208** (Protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser).



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Dispositivi di Protezione Individuale

Nella scelta dei protettori oculari si dovranno prendere in considerazione i fattori seguenti (norma CEI 76- Fascicolo 3850R, punto E 10.8):

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



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Dispositivi di Protezione Individuale

Gli occhiali definiti dalla norma EN 208 sono caratterizzati da una piccola attenuazione nella gamma spettrale del visibile, trasmettono una radiazione residua di classe 2 per poter effettuare le regolazioni.

L'attenuazione è molto più forte fuori dalla gamma visibile.

L'attenuazione di classe 2 è sicura nel limite del riflesso oculare ($t < 0,25$ s) e vale per esposizioni accidentali

Utilizzabili **SOLO** per effettuare operazioni sul sistema è indispensabile vedere il percorso del raggio



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

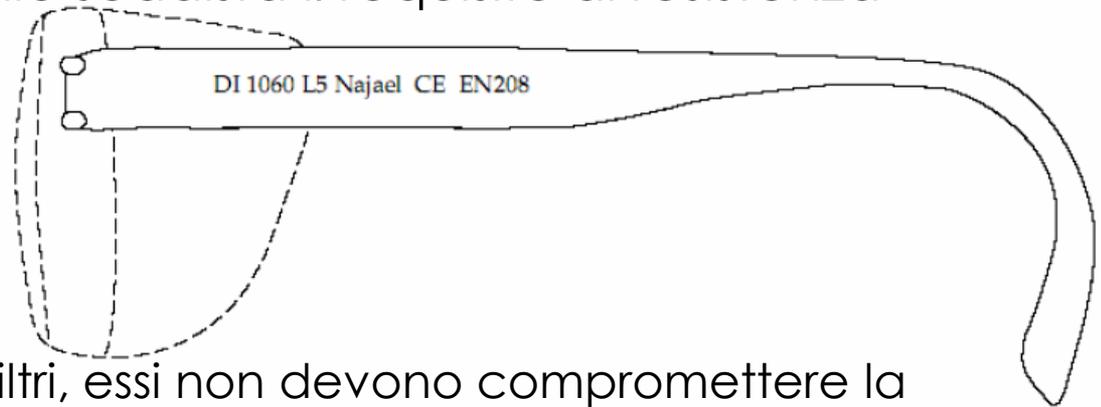
1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Dispositivi di Protezione Individuale

Sui filtri o sulle montature, devono essere marcati in modo permanente i seguenti elementi:

- a) simbolo della condizione di prova (laser continuo, a impulsi etc.);
- b) Lunghezza d'onda (in nm) in cui il filtro garantisce la protezione;
- c) numero di graduazione.
- d) marchio di identificazione del fabbricante.
- e) marchio di certificazione, se applicabile;
- f) se il protettore dell'occhio soddisfa il requisito di resistenza meccanica



Se i simboli sono riportati sui filtri, essi non devono compromettere la visione né l'effetto protettivo.



MSSLS

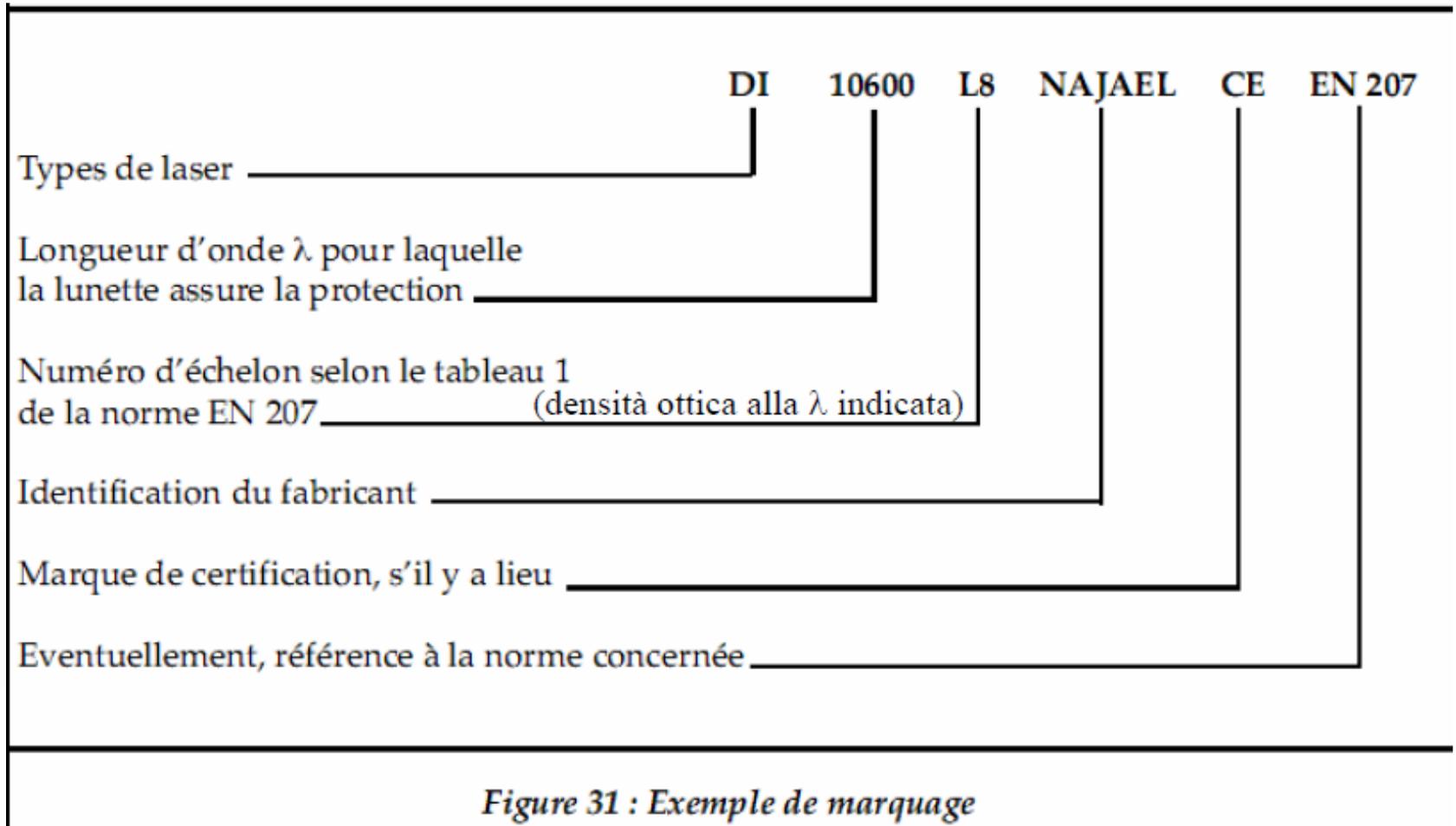
SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Dispositivi di Protezione Individuale



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

D nnn Lm X ZZ S

- D condizione di prova (laser a onda continua, a impulsi, a impulsi giganti, a modo accoppiato)
- nnn lunghezza d'onda per la quale il protettore dell'occhio fornisce la protezione
- Lm numero di graduazione
- X marchio identificazione del fabbricante
- ZZ Marchio certificazione se applicabile
- S Simbolo della resistenza meccanica



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Esempi marcatura

- D 633 L5 X ZZ S: Occhiale per laser in continua che garantisce protezione L5 (trasmissione 10^{-5}) per $\lambda=633$
- DI 10600 L5 occhiale di protezione per laser CO2 con trasmissione di $1/10^5$ adatto per impulsi lunghi (I) e funzionamento continuo (D) fino a potenze di 100W, per operatori medici.
- DR 630-700 L8 occhiale di protezione per laser tra 630-700 nm (Alessandrite) con trasmissione di $1/10^8$ adatto per impulsi cortissimi (Q-sw) e funzionamento continuo, per operatori medici



Dispositivi di Protezione Individuale

D 980-1400 L5 + IR 650-1000 L6 X ZZ S

- D condizione di prova secondo il prospetto 4-Norma UNI EN 207 (laser a onda continua 1 impulso di 10 secondi)
 - 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 massimo 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:
I = laser a impulsi; R= laser a impulsi giganti (Q-switched)
 - 650-1000 altro intervallo di λ in nm cui il filtro garantisce la protezione con il numero di graduazione seguente
 - L6 numero massimo di graduazione ossia il fattore spettrale massimo di trasmissione del filtro pari a 10^{-6} nel suddetto intervallo di λ
 - X marchio di identificazione del fabbricante
 - ZZ marchio di certificazione se applicabile (EN, ecc)
- Per il calcolo del numero di graduazione: CEI EN 60825-1 e UNI EN 207



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Dispositivi di Protezione Individuale

Scelta del protettore oculare

La dipendenza di EMP dal tempo di esposizione e da I è complicata

La norma UNI EN 207 presenta pertanto una tabella con valori semplificati con criteri cautelativi (EMP risulta inferiore)

Per I compresa fra 400 nm e 1400 nm la variazione di DI con l'angolo di incidenza è limitata al campo 0° - 30° , perché i movimenti oculari per fissare un oggetto si limitano a 15° , dopodiché si gira la testa



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Dispositivi di Protezione Individuale

Numero di graduazione	Fattore spettrale massimo di trasmissione per lunghezze d'onda laser $\tau(\lambda)$	Densità massima di potenza e/o energia nel campo di lunghezze d'onda								
		da 180 nm a 315 nm			oltre 315 nm fino a 1 400 nm			oltre 1 400 nm fino a 1 000 μm		
		Tipo di laser/periodo di esposizione alla radiazione in s								
		D	I, R	M	D	I, R	M	D	I, R	M
		$\geq 3 \cdot 10^4$	da 10^{-9} a $3 \cdot 10^4$	$< 10^{-9}$	$> 5 \cdot 10^{-4}$	da 10^{-9} a $5 \cdot 10^{-4}$	$< 10^{-9}$	$> 0,1$	da 10^{-9} a $0,1$	$< 10^{-9}$
		E	H	E	E	H	E	E	H	E
		W/m^2	J/m^2	W/m^2	W/m^2	J/m^2	W/m^2	W/m^2	J/m^2	W/m^2
L1	10^{-1}	0,01	$3 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^{11}$	10^2	0,05	$5 \cdot 10^7$	10^4	10^3	10^{12}
L2	10^{-2}	0,1	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{12}$	10^3	0,5	$5 \cdot 10^8$	10^5	10^4	10^{13}
L3	10^{-3}	1	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{13}$	10^4	5	$5 \cdot 10^9$	10^6	10^5	10^{14}
L4	10^{-4}	10	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{14}$	10^5	50	$5 \cdot 10^{10}$	10^7	10^6	10^{15}
L5	10^{-5}	10^2	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^{15}$	10^6	$5 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^{11}$	10^8	10^7	10^{16}
L6	10^{-6}	10^3	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^{16}$	10^7	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^{12}$	10^9	10^8	10^{17}
L7	10^{-7}	10^4	$3 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^{17}$	10^8	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^{13}$	10^{10}	10^9	10^{18}
L8	10^{-8}	10^5	$3 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^{18}$	10^9	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^{14}$	10^{11}	10^{10}	10^{19}
L9	10^{-9}	10^6	$3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{19}$	10^{10}	$5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^{15}$	10^{12}	10^{11}	10^{20}
L10	10^{-10}	10^7	$3 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{20}$	10^{11}	$5 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^{16}$	10^{13}	10^{12}	10^{21}

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
 Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
 22/10/2015 - Modulo A3b.1



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Misure di Protezione Collettiva

- Il connettore di blocco a distanza deve essere collegato ad un blocco di emergenza a distanza <5m dalla zona dove si svolge l'attività
- Il connettore di blocco a distanza dei laser di Classe 3B e Classe 4 dovrebbe essere collegato ad un blocco di scollegamento principale di emergenza, o a dispositivi di blocco dei locali o delle porte o degli infissi
- Il personale incaricato può essere autorizzato a rimuovere temporaneamente il connettore del blocco a distanza per permettere l'accesso ad altre persone autorizzate, se risulta evidente che non vi siano rischi di radiazione ottica al momento e nel punto di accesso
- I sistemi laser appartenenti alle Classi 3B e 4, quando non vengono impiegati, devono essere protetti da un uso non autorizzato rimuovendo la chiave dal comando

Misure di Protezione Collettiva

- Per evitare esposizioni involontarie a radiazione di classe 3B o 4 o la produzione di riflessi accidentali, i fasci devono essere terminati su in mezzo di arresto o attenuazione alla fine della zona utile di lavoro;
- Il materiale costitutivo del mezzo di arresto deve essere diffondente e con adeguate proprietà riflettenti e termiche o assorbente
- Sugli accessi alle aree o degli ambienti di protezione che contengono apparecchi laser di Classe 3B e Classe 4 devono essere affissi segnali di avvertimento.
- All'ingresso delle stanze dove sono presenti laser di classe 3B o 4 devono essere installati indicatori di emissione luminosi che si accendano automaticamente quando il laser è attivo
- Le traiettorie esposte del fascio del laser dovrebbero, quando possibile, passare al di sopra o al di sotto del livello degli occhi.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Misure di Protezione Collettiva

- L'involucro del fascio (per esempio un tubo) dovrebbe essere fissato in modo sicuro, ma preferibilmente non collegato, ai componenti che formano il fascio.
- Superfici che sembrano riflettere la radiazione in forma diffusa, possono in realtà rifletterne una parte consistente in modo speculare, specialmente nella regione dell'infrarosso
- La radiazione potenzialmente pericolosa può essere trasmessa anche attraverso alcuni componenti ottici riflettenti, come gli specchi
- al controllo di sistemi laser di classe da 1M a 4 deve essere posto solo personale che abbia ricevuto un adeguato livello di addestramento

BARRIERE E SCHERMI

- BARRIERE: protezioni fisiche anche di grandi dimensioni che limitano l'estensione di una zona pericolosa. Applicabili a tutte le apparecchiature laser. Le barriere sono soggette alla norma CEI EN 60825-4
- BARRIERE PASSIVE: una barriera passiva deve evitare che la radiazione laser accessibile sulla sua superficie posteriore superi il LEA di classe 1 in qualsiasi momento durante l'intervallo che intercorre tra due ispezioni
- BARRIERE ATTIVE: Il tempo di protezione di una barriera attiva deve superare il tempo necessario per l'interruzione della radiazione laser. L'interruzione di radiazione laser dovuta all'intervento di una barriera attiva deve attivare un segnale di avvertimento sonoro o luminoso. La riattivazione della sorgente laser disattivata dall'intervento di una barriera attiva deve essere manuale
- SCHERMI: PROTEZIONI FISICHE DI DIMENSIONI LIMITATE CHE CONSENTONO LA VISIONE DI UNA ZONA PERICOLOSA APPLICABILI AD APPARECCHIATURE LASER CON $P_{MAX} 100W$; $H_{MAX} 30 J$ /impulso. Gli schermi sono soggetti alla norma UNI EN 12254



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

laser pointer

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

Potenza = 1 mW, raggio del fascio = 1 mm

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

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

31 volte l'intensità del Sole!!

per trasmissione diretta



laser a diodi per posizionamento
dei pazienti in radioterapia



manipoli a diodi laser
per fisioterapia

Rif. ReportAIFM n. 5 / 2009



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

per trasmissione mediante fibre ottiche

Le fibre ottiche sono costituite per la maggior parte da vetro di silice (*silica*) in cui talvolta possono essere inserite elementi droganti per migliorare le proprietà ottiche o da plastica. Si basano sul principio della riflessione totale interna che un raggio luminoso subisce nella sua propagazione ogni volta che arriva all'interfaccia vetro-aria. Il numero di riflessioni dipende dall'angolo tra il raggio incidente e l'asse della fibra e anche dalle curvature cui è sottoposta la fibra stessa. La fibra è costituita da due parti: la più interna è il nucleo, o *core*, che ha indice di rifrazione maggiore, e quella esterna è il mantello, o *cladding*, che ha indice di rifrazione minore



Rif. ReportAIFM n. 5 / 2009



MSSLs

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

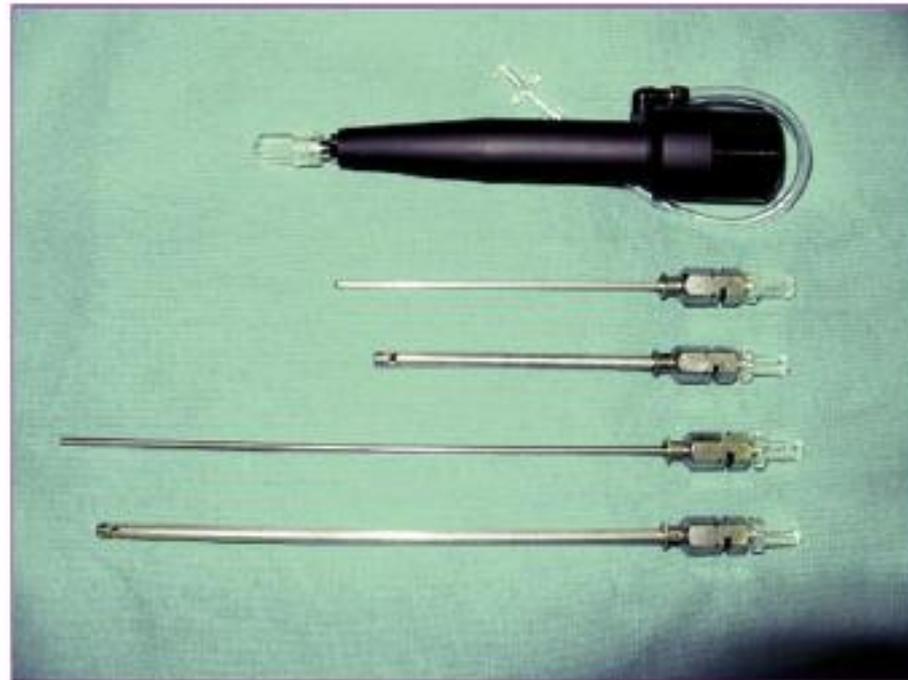
Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

per trasmissione mediante braccio articolato e/o a guida d'onda cava

Questa modalità è indicata per le radiazioni laser con $\lambda > 4000 \text{ nm}$, che vengono assorbite dal vetro e non possono quindi usufruire della trasmissione mediante fibre in vetro e/o lenti (come per es. quelle dei laser a CO₂):



Braccio articolato



Guide d'onda cave (foto Dr. D. Fortuna – EL. EN.)

Rif. ReportAIFM n. 5 / 2009



MSSLs

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

L'applicazione del fascio laser alla zona di tessuto da trattare può avvenire in vari modi tramite:

- **lenti di focalizzazione:** sono utilizzate nei manipoli a contatto del paziente per aumentare o diminuire l'irradiazione o per ridurre il diametro del fascio sul tessuto bersaglio;
- **punte di contatto di zaffiro:** sono state sviluppate per i laser ad uso medico (Nd:YAG). Esse consentono di migliorare le caratteristiche di taglio del laser modellando il fascio e modificando il rilascio di energia al tessuto, e un maggiore controllo della profondità di penetrazione del fascio. Aumentano, inoltre, la coagulazione consentendo un contatto diretto con il tessuto
- **fibre con punta sagomata:** in un altro approccio della chirurgia di contatto, le punte delle fibre possono essere sagomate in forme coniche o semisferiche. In questo modo si evita la necessità di un refrigerante e si ottiene una minore fragilità rispetto alle punte in zaffiro. Consentono anche l'uso "non a contatto" e "interstiziale".

Rif. ReportAIFM n. 5 / 2009



MSSLS

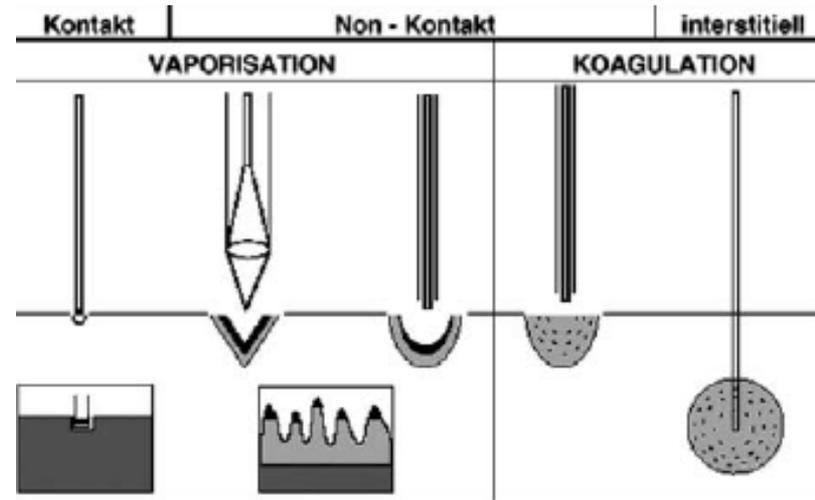
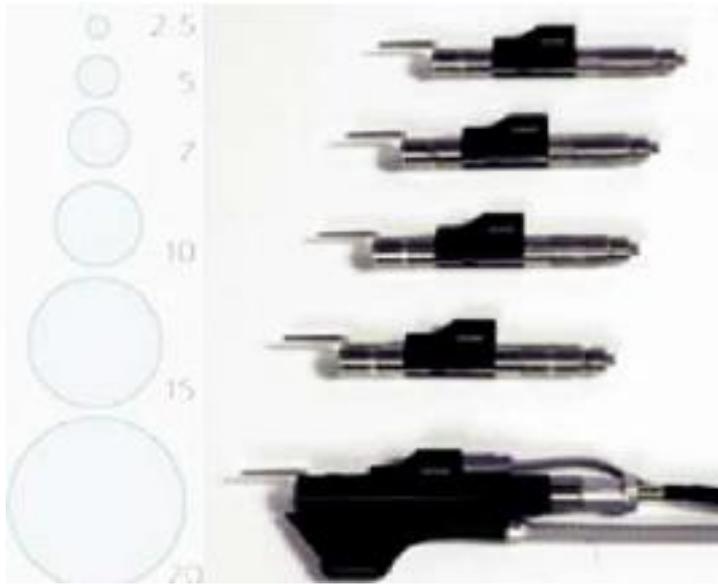
SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

- **estremità metalliche o in ceramica:** l'energia del fascio laser può essere utilizzata per riscaldare una punta metallica o in ceramica alla temperatura in cui la punta può essere utilizzata come una sonda di ricanalizzazione.
- **diffusori e sonde per la terapia fotodinamica:** incorporano un diffusore che diffonde la luce laser su un'area di trattamento relativamente ampia. La forma del diffusore determina la distribuzione di energia al tessuto bersaglio.
- **micromanipolatori:** utilizzano un joystick che comanda uno specchio e dirige l'energia laser al tessuto da trattare. In genere sono impiegati in otorinolaringoiatria ed in ginecologica accoppiati a laser a CO₂.



Rif. ReportAIFM n. 5 / 2009

- **estremità metalliche o in ceramica:** l'energia del fascio laser può essere utilizzata per riscaldare una punta metallica o in ceramica alla temperatura in cui la punta può essere utilizzata come una sonda di ricanalizzazione.
- **diffusori e sonde per la terapia fotodinamica:** incorporano un diffusore che diffonde la luce laser su un'area di trattamento relativamente ampia. La forma del diffusore determina la distribuzione di energia al tessuto bersaglio.
- **micromanipolatori:** utilizzano un joystick che comanda uno specchio e dirige l'energia laser al tessuto da trattare. In genere sono impiegati in otorinolaringoiatria ed in ginecologica accoppiati a laser a CO₂.
- **sistemi a scansione:** utilizzano delle superfici riflettenti che opportunamente sincronizzate nei movimenti consentono di definire un'area limitata entro cui fare "spazzolare" il fascio laser in modo da distribuire l'energia all'interno di tale area. Questi sistemi sono normalmente impiegati in fisioterapia.



Rif. ReportAIFM n. 5 / 2009



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

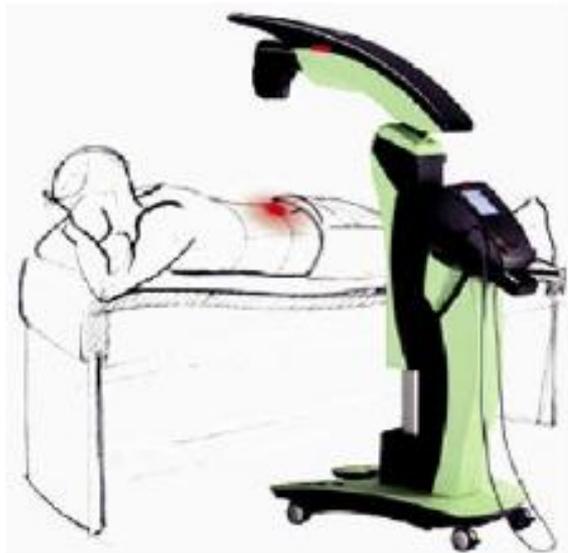
MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1



Laser a diodi per chirurgia



Laser a diodi per fisioterapia



Laser a CO₂ per chirurgia

Rif. ReportAIFM n. 5 / 2009



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

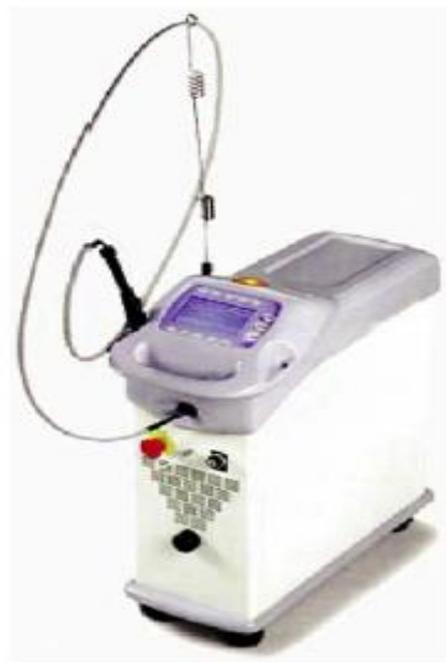
MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1



Laser a cristallo (YAG)
per oculistica



Laser a cristallo (YAG)
per chirurgia



Laser a diodi
per oculistica

Rif. ReportAIFM n. 5 / 2009



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1

Linee guida e riferimenti web



COORDINAMENTO
TECNICO
INTERREGIONALE
DELLA PREVENZIONE
NEI LUOGHI DI LAVORO

Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro
delle Regioni e delle Province autonome

Decreto Legislativo 81/2008
Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V
sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti
all'esposizione ad agenti fisici
nei luoghi di lavoro

Indicazioni operative

in collaborazione con:



ISPEL - Istituto Superiore
per la Prevenzione E la Sicurezza del Lavoro



Istituto Superiore di Sanità

Documento n° 1-2009

Revisione 01: approvata il 12/11/2009 - con aggiornamento relativo al DLgs.106/2009

Revisione 02: approvata il 11/03/2010 - con aggiornamento relativo al Capo V (ROA)



Report AIFM

LASER MEDICALI:
TIPOLOGIE,
ANALISI DEI RISCHI,
PROCEDURE DI SICUREZZA,
CONTROLLI

A cura del:
Gruppo di Lavoro AIFM NIR
Sottogruppo LASER



N.5 (2009)



MSSLs

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi
Ing. Massimo Cerri – Ing. Luigi Carlo Chiarenza
22/10/2015 - Modulo A3b.1



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

I EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Modulo A3b.1

Grazie

**PER LA VOSTRA CORTESE
E PAZIENTE ATTENZIONE!**

Ing. Luigi Carlo Chiarenza

E-mail: luigi.chiarenza@alice.it - Cell. 392.256.11.21

In collaborazione con

INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

LUISS BUSINESS SCHOOL

**Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Roma**

Organizzato da

**ROMA
TRE**
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI


Bambino Gesù
OSPEDALE PEDIATRICO