



**Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di
lavoro delle Regioni e delle Province autonome
Gruppo Tematico Agenti Fisici**

Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08

Parte 6: RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI

in collaborazione con:



**INAIL – Istituto Nazionale
per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro**



Istituto Superiore di Sanità

Revisione 01: approvata dal gruppo di lavoro Agenti Fisici il 27/10/21

approvata dal Gruppo Tecnico Interregionale Prevenzione Igiene e Sicurezza sui Luoghi di Lavoro il 05/12/2022

Indice

SEZIONE A EFFETTI SULLA SALUTE E SORVEGLIANZA SANITARIA		
A.0	Cosa sono, dove sono presenti, sono prodotte o vengono utilizzate le ROA nei luoghi di lavoro?	9
A.1	Quali sono i rischi per la salute e la sicurezza che si vogliono prevenire?	11
A.2	Quali sono i soggetti particolarmente sensibili al rischio dovuto alla esposizione alle ROA?	15
A.3	In quali casi attivare la sorveglianza sanitaria?	19
A.3.1	ROA Coerenti e non Coerenti	19
A.3.2	Radiazioni Ottiche Coerenti: Laser	20
A.4	Quali sono i possibili criteri da seguire per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a radiazioni ottiche?	21
SEZIONE B METODICHE E STRUMENTAZIONE PER LA MISURA DELLE ROA		
B.1	Quali norme tecniche per la misura dell'esposizione a ROA?	25
B.2.1	Come si effettua la misura dell'esposizione ROA NON COERENTI ai fini del confronto con i VLE?	25
B.2.2	Come si effettua la misura dell'esposizione ROA COERENTI (LASER) ai fini del confronto con i VLE?	30
B.2.3	Che cosa sono la Distanza Nominale di Rischio Oculare (DNRO) e la EMP di un Laser? Come si calcolano?	31
B.3	Come si stima l'incertezza di misura?	35
B.4	Come si tiene conto dell'incertezza di misura ai fini del confronto con i VLE?	36
B.5	Quali sono le specifiche indicazioni per le misurazioni di esposizioni a sorgenti pulsate di radiazioni non coerenti?	37
B.6	Quali requisiti deve avere la strumentazione di misura ?	37
B.6.1	Qual è la periodicità della taratura?	40
B.7	Come si valuta il livello di esposizione alla radiazione contemporanea di più sorgenti nel visibile?	41
B.8	Quali metodiche è possibile utilizzare per una misura delle esposizioni a radiazioni infrarosse generate da corpi caldi / incandescenti ai fini del confronto con i VLE?	42
B.9	Come si determina e che valori ha la dimensione angolare α della sorgente di un fascio laser, ai fini del calcolo dei parametri C_6 (usato nella norma CEI 60-825-1) e C_E (usato nel D.Lgs. 81/08)	43

SEZIONE C
VALUTAZIONE DEL RISCHIO

C.1	Come si può effettuare la valutazione del rischio di esposizione alle ROA?	49
C.2	Quali fonti sono utilizzabili per la valutazione del rischio?	53
C.3	Come si valuta il rischio per sistemi LASER?	54
C.3.1	Come sono classificati i LASER ai sensi della norma CEI EN IEC 60825-1?	55
C.4	Ai fini della valutazione del rischio, è sempre necessario misurare e/o calcolare l'esposizione?	60
C.5	Quali sono le condizioni nelle quali la valutazione del rischio può concludersi con la "giustificazione" secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione più dettagliata ?	60
C.5.1	In quali casi un apparato laser può considerarsi "Giustificabile"?	63
C.5.2	Un prodotto laser di classe 1 al cui interno e' incorporato un laser in classe 4 puo' considerarsi "giustificabile"?	64
C.6	È disponibile un elenco di situazioni lavorative che devono essere certamente valutate?	65
C.7	Come si valuta il rischio ROA da sorgenti per illuminazione?	66
C.7.1	Come valutare il rischio da infrarossi per sistemi LED/IR?	67
C.8	Quali sorgenti per illuminazione generale (GLS) dichiarate esenti richiedono una valutazione specifica per le operazioni di manutenzione?	68
C.9	Come gestire la valutazione del rischio per i soggetti particolarmente sensibili?	68
C.10	Come interpretare i valori limite presenti nelle Tabelle dell'Allegato XXXVII del D.Lgs. 81/08?	69
C.11	Come sono classificate le sorgenti di radiazioni ottiche non coerenti secondo la CEN EN 62471?	70
C.12	Come si valuta il rischio ROA in saldatura?	71
C.13	Come valutare il rischio per sorgenti ROA non elettriche classificate secondo la norma UNI EN 16237?	73
C.14	Quali criteri per valutare il rischio da radiazioni infrarosse generate da corpi caldi / incandescenti e per la scelta appropriata dei DPI?	74
C.15	Quali criteri per valutare possibili disturbi da luce blu emessa da dispositivi a LED (monitor, tablet, smartphone, sistemi di illuminazione) impiegati sul lavoro?	76

SEZIONE D
GESTIONE DEL RISCHIO

D.1.1	Cosa si intende per "personale qualificato" per la sicurezza da radiazioni ottiche non coerenti e quali requisiti deve avere ai fini della valutazione dei rischi da radiazioni ottiche non coerenti?	79
D.1.2	Quali caratteristiche deve avere il "personale adeguatamente qualificato" che effettua la valutazione del rischio LASER?	81
D.1.3	In quali casi secondo la norma tecnica ci si dovrebbe avvalere dell'Addetto Sicurezza LASER o del Tecnico Sicurezza LASER e quali sono i loro compiti	82
D.1.4	Secondo la norma tecnica, in caso di utilizzo di un laser in classe 3B o 4, la presenza di un Addetto Sicurezza Laser o di un Tecnico Sicurezza Laser è prevista anche in una piccola azienda?	83
D.2	Come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica di supporto al documento di valutazione del rischio ROA?	84
D.3	In quali casi è necessario effettuare specifica informazione / formazione ?	87
D.4	Quali sono i contenuti della informazione / formazione?	88
D.5	Quali misure tecniche e organizzative adottare all'esito della valutazione ?	89
D.6.1	Quali sono i criteri di scelta dei DPI per la protezione degli occhi e della cute da radiazioni ottiche non coerenti	90
D.6.2	Quali sono i criteri di scelta dei DPI per la protezione degli occhi e della cute da radiazioni ottiche coerenti (LASER)?	92
D.7.1	In quali casi e con quali modalità deve essere effettuata la delimitazione delle aree di lavoro in cui sono presenti sorgenti ROA NON COERENTI?	93
D.7.2	In quali casi e con quali modalità deve essere effettuata la delimitazione delle aree di lavoro in cui sono presenti sorgenti ROA COERENTI (LASER)?	95
D.8	Quali criteri vanno adottati nella scelta dei DPI in presenza di radiazione infrarossa emessa da corpi caldi non incandescenti?	96
D.9	Quali criteri vanno adottati per la gestione del rischio derivante dall'impiego di lampade germicide UVC?	96
D.9.1	Quali criteri nella gestione del rischio per lampade germicide inserite nei condotti di impianti di ricambio aria?	99
D.10	Quali criteri per la gestione in sicurezza dei Laser ad uso scenico?	101

SEZIONE E ADEMPIMENTI NORMATIVI, VIGILANZA, ASPETTI MEDICO LEGALI		
E.1	In quali casi sussiste l'obbligo di delimitazione delle aree ad accesso controllato in relazione all'emissione ROA?	105
E.2.1	Quali dati e informazioni utili ai fini della valutazione dei rischi derivanti da esposizione a ROA NON COERENTI fabbricanti sono obbligati a fornire?	105
E.2.2	Quali dati e informazioni utili ai fini della valutazione dei rischi derivanti da impiego dei LASER i fabbricanti sono obbligati a fornire?	108
E.3	Come deve essere gestito il rischio derivante da "ROA" nell'ambito della valutazione dei rischi all'interno dei cantieri (POS e PSC) e dei rischi interferenti (DUVRI)?	109
E.4	Quali informazioni deve chiedere il datore di lavoro in fase di acquisto di nuovi macchinari – attrezzature che emettono ROA?	111
E.5	Quali indicazioni nel caso in cui un laser presente in azienda sia privo di classificazione ai sensi della norma CEI EN IEC 60825-1?	112
E.6	Gli effetti avversi sulla salute dovuti a radiazione OTTICA ARTIFICIALE sono oggetto di riconoscimento di malattia professionale?	113

Bibliografia	117
--------------	-----

ALLEGATI		
Allegato 1.1	DPI ROA non coerenti (FAQ D.6.1)	121
Allegato 1.2	DPI ROA Coerenti (Laser) (FAQ D.6.2)	125
Allegato 2	Approfondimenti figura professionale Addetto Sicurezza Laser (FAQ. D.1.2)	129

SEZIONE A

EFFETTI SULLA SALUTE E SORVEGLIANZA SANITARIA

A.0. Cosa sono, dove sono presenti, sono prodotte o vengono utilizzate le ROA nei luoghi di lavoro?

La radiazione ottica comprende le componenti dello spettro elettromagnetico di lunghezza d'onda compreso tra 100 nm e 1 mm (con le bande spettrali degli infrarossi (IR), del visibile (VIS) e dell'ultravioletto (UV) mentre l'energia associata ($E=h\nu$) è compresa tra 10^{-3} e 12 eV (vedi Tabella A.01)

Tabella A.01: Rappresentazione delle bande spettrali delle ROA.

(λ = lunghezza d'onda, ν = frequenza ed E = energia).

In Letteratura si possono trovare limiti di banda leggermente diversi.

Banda	IR-C	IR-B	IR-A	VISIBILE	UV-A	UV-B	UV-C
λ (nm)	$10^6 \div 3000$	$3000 \div 1400$	$1400 \div 780$	$780 \div 380^*$	$*400 \div 315$	$315 \div 280$	$280 \div 100$
ν (GHz)	$300 \div 0,4 \times 10^6$			$0,4 \times 10^6 \div 0,75 \times 10^6$	$0,75 \times 10^6 \div 3 \times 10^6$		
E (eV)	$\sim 10^{-3} \div 1,6$			$1,6 \div 3,3$	$3,3 \div 12$		

* Le lunghezze d'onda della banda UV-A comprese tra 380 e 400 nm sono in grado di indurre stimolazione retinica, pertanto appartengono anche alla banda del visibile.

Le sorgenti di radiazioni ottiche possono inoltre essere classificate in **coerenti** che emettono radiazioni con fasi relative ben determinate (le distanze fra i minimi e i massimi delle radiazioni rimangono fisse) e **non coerenti** che emettono radiazioni con fasi relative casuali

(Figura A.01).

Figura A.01



I L.A.S.E.R. (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) sono sorgenti di radiazioni ottiche artificiali coerenti, mentre tutte le altre sono non coerenti. I laser sono dispositivi realizzati per produrre o per amplificare una radiazione elettromagnetica compresa nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 180 nm e 1 mm, essenzialmente per mezzo del fenomeno dell'emissione stimolata controllata.

I laser emettono radiazioni ottiche generalmente di un'unica (o poche) lunghezza d'onda, direzionali e di elevata intensità. La lunghezza d'onda è determinata principalmente¹ dal materiale attivo impiegato e può trovarsi sia nell'infrarosso, sia nel visibile, sia nell'ultravioletto, nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 180 nm e 1 mm.

Le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali nelle attività lavorative sono molteplici. Nelle Tabelle A.02 e A.03 vengono forniti due elenchi non esaustivi dei principali campi di applicazione.

Tabella A.02

ESEMPI DI SORGENTI NON COERENTI – principali campi di applicazione*	
Infrarosso (IR)	<ul style="list-style-type: none"> • Riscaldatori radianti • Forni di fusione metalli e vetro • Cementerie • Lampade per riscaldamento a incandescenza • Dispositivi militari per la visione notturna
Visibile (VIS)	<ul style="list-style-type: none"> • Sorgenti di illuminazione artificiale (lampade ad alogenuri metallici, al mercurio, sistemi LED) • Lampade per uso medico (fototerapia neonatale e dermatologica) / estetico • Luce pulsata –IPL (Intense Pulsed Light) • Saldatura
Ultravioletto (UV)	<ul style="list-style-type: none"> • Sterilizzazione • Essiccazione inchiostri, vernici • Fotoincisione • Controlli difetti di fabbricazione • Lampade per uso medico (es.: fototerapia dermatologica) e/o estetico (abbronzatura) e/o di laboratorio • Luce pulsata –IPL– • Saldatura ad arco / al laser

* Alcune delle sorgenti di cui sopra emettono non solo nella banda di riferimento, ma anche in quelle vicine

Tabella A.03

ESEMPI DI SORGENTI LASER – principali campi di applicazione
<ul style="list-style-type: none"> • Applicazioni mediche e mediche per uso estetico • Applicazioni per solo uso estetico (depilazione) • Telecomunicazioni, informatica • Lavorazioni di materiali (taglio, saldatura, marcatura e incisione) • Metrologia e misure • Applicazioni nei laboratori di ricerca • Beni di consumo (lettori CD e "bar code") e intrattenimento (laser per discoteche e concerti)

¹ In alcuni casi il sistema può essere pilotato in modo che dallo stesso mezzo attivo possa essere generata una lunghezza d'onda dimezzata rispetto a quella fondamentale. L'esempio più noto e applicato è il laser Nd:YAG che, in funzione delle applicazioni, può essere costruito per emettere alla lunghezza d'onda di 1064 (IR), 532 (Visibile) o 266 nm (UV).

A.1 Quali sono i rischi per la salute e la sicurezza che si vogliono prevenire?

I rischi per la salute e la sicurezza che si vogliono prevenire nel caso dei lavoratori esposti a radiazioni ottiche artificiali sono di natura sia diretta sia indiretta, con particolare riferimento agli effetti nocivi sia a breve che a lungo termine che possono verificarsi a livello dell'occhio e della cute, principali organi bersaglio della radiazione ottica come si evince dagli artt. 213 (*Campo di applicazione*) e 216 (*Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi*) del Capo V (*Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a radiazioni ottiche artificiali*) del D.lgs. 81/2008.

L'interazione della radiazione ottica con l'occhio e la cute è prevalentemente di tipo fotochimico nell'UV e termico nell'IR. In Tabella A.1_a) sono riportati i principali effetti.

Tabella A.1 a) Principali effetti dannosi della radiazione ottica sull'occhio e la cute

Regione spettrale	Occhio		Cute	
	Effetti a breve termine	Effetti a lungo termine	Effetti a breve termine	Effetti a lungo termine
Ultravioletto C (Da 100 a 280 nm)	Fotocheratite Fotocongiuntivite	Pterigio	Eritema (Ustione della pelle)	Tumori cutanei Fotoinvecchiamento della pelle
Ultravioletto B (Da 280 a 315 nm)			Immunosoppressione	
Ultravioletto A (Da 315 a 400 nm)	Cataratta fotochimica	Cataratta	Fotosensibilità Reazioni fototossiche	Ustione della pelle
Visibile (Da 380 a 780 nm)	Lesione fotochimica e termica della retina		Reazioni fotoallergiche	
Infrarosso A (Da 780 a 1400 nm)	Cataratta Ustione della retina	Cataratta	Ustione	
Infrarosso B (Da 1400 a 3000 nm)	Cataratta, Ustione della cornea			
Infrarosso C (Da 3000 nm a 1 mm)	Ustione della cornea			

Effetti di tipo acuto a livello della cute

1. Eritema, indotto essenzialmente dalla radiazione UV. Nelle forme gravi (ustioni) un eritema marcato può accompagnarsi a edema e flittene (ustioni gravi) nelle zone foto-esposte.
2. Induzione o esacerbazione di quadri clinici nei soggetti affetti da fotosensibilità (fotodermatosi) con reazioni in genere eritematose o

maculo-papulari. E' causata principalmente dalla RUV ma per alcune rare forme di fotodermatosi anche dalla radiazione visibile.

3. Fotodermatiti da agenti fototossici. Sono determinate dalla azione combinata della radiazione UV e di molecole con particolari caratteristiche chimiche (agenti fototossici). Affinché la reazione avvenga è necessario che l'esposizione ai due fattori sia contemporanea, che la radiazione posseda la lunghezza d'onda idonea ad attivare la sostanza e che la quantità di energia elettromagnetica (cioè la dose della radiazione) sia sufficiente. Gli agenti fototossici possono raggiungere la cute (ma potenzialmente anche l'occhio) per contatto (come avviene ad esempio per gli psoraleni, presenti in numerosi vegetali, per i derivati del catrame e per alcuni farmaci topici come prometazina e clorpromazina) o per via sistemica entero-parenterale, ossia dopo l'ingestione o l'entrata in circolo: è il caso della maggior parte dei farmaci attivi per assorbimento (come sulfamidici e tetracicline). Le molecole dotate di fototossicità sono in grado di assorbire la radiazione luminosa secondo uno spettro loro proprio e gli effetti biologici a livello cellulare si traducono in danni nucleari, di membrana, degli organuli citoplasmatici ed in alterazione della sintesi di macromolecole. La banda spettrale più efficace nell'indurre reazioni di fototossicità è data dalla componente UVA, seguita dall'UVB. Tuttavia, per alcune sostanze fototossiche (ad esempio le porfirine) è sufficiente l'esposizione della cute alla radiazione visibile. La comparsa delle lesioni nelle fotodermatiti da fototossici raramente è immediata, più frequentemente compare a distanza di 12-48 ore dall'esposizione alla radiazione UV. Le lesioni cutanee sostanzialmente rappresentate da chiazze eritematose, eritemato-orticarioidi, papulose interessano diffusamente le aree fotoesposte del volto e del collo e anche eventuali altre aree fotoesposte del torace, degli avambracci o il dorso delle mani, in relazione alle modalità operative in prossimità della sorgente e alla geometria dell'irraggiamento.
4. Dermatiti foto allergiche da contatto. L'eczema o dermatite fotoallergica da contatto è determinato dall'azione combinata dell'esposizione a sostanze chimiche ("fotoapteni") e alla radiazione UV. Il meccanismo patogenetico che ne è alla base è rappresentato da una reazione allergica di tipo ritardato o cellulo-mediato (Ipersensibilità di Tipo IV secondo Gell e Coombs), del tutto analoga a quella operante nell'eczema allergico da contatto non fotomediato, ma è necessario uno stimolo luminoso che attivi il "fotoaptene". Il fotoaptene è un proaptene o aptene primario che la fotostimolazione trasforma in un metabolita stabile (aptene secondario) in grado di legarsi ad una proteina, dando vita all'antigene completo capace di stimolare la reazione cellulo-mediata. Anche in tal caso la banda spettrale implicata è soprattutto l'UVA. Sono numerose le sostanze che possono causare eczema fotoallergico da contatto, tra questi i farmaci antiflogistici non steroidei per uso topico (in particolare il ketoprofene), i derivati dell'acido para-aminobenzoico, i cinnamati, i profumi (la maggior parte delle segnalazioni riguardano il muschio ambretta ed altri muschi sintetici, il balsamo del Perù e l'olio di bergamotto). Le lesioni cutanee sono classicamente di tipo eczematoso ed interessano le aree foto esposte

in particolare, volto, scollo, regione nucale, dorso delle mani, superficie estensoria degli arti. Costantemente risparmiate la regione sottomentoniera, palpebrale superiore e retroauricolare, le pieghe del gomito ed i cavi poplitei. Caratteristico dell'eczema fotoallergico è tuttavia l'estendersi delle lesioni anche ad aree non direttamente foto esposte (importante criterio di differenziazione rispetto alle dermatiti da agenti fototossici). La diagnostica di queste forme si avvale fundamentalmente del fotopatch test.

Gli agenti fototossici ed i fotoapteni sono molto numerosi (si veda al riguardo la FAQ C.4), ma quelli più frequentemente coinvolti sono alcune categorie di farmaci e alcuni tipi di piante. Alcuni agenti hanno potenziale solo fototossico, altri solo fotoallergico, altri ancora sia fototossico che foto allergico (es. derivati fenotiazinici quali prometazina e clorpromazina).

- Immunosoppressione. L'esposizione alla radiazione UV può tradursi nella soppressione a livello locale dell'immunità acquisita. L'effetto immunosoppressivo UV-indotto può riattivare infezioni virali latenti, ad esempio herpes simplex.

Effetti a lungo termine a livello della cute

- **Cancerogenicità. La RUV è un cancerogeno certo per l'uomo (gruppo 1 IARC).** Può infatti causare sia carcinomi (ovvero epitelomi) baso-cellulari (BCC) e squamo-cellulari (SCC) sia il melanoma maligno (MM). La componente spettrale più attiva è l'UVB, ma anche alla componente UVA ed UVC è riconosciuta azione cancerogena: la IARC classifica infatti come cancerogeni per l'uomo sia la radiazione solare nel suo insieme, che l'intero spettro della radiazione ultravioletta, che include le bande spettrali UVC, UVB e UVA. La RUV può inoltre causare lesioni preneoplastiche quali le cheratosi attiniche, una parte delle quali può evolvere in carcinomi squamocellulari.
- **Fotoinvecchiamento.** È legato soprattutto all'esposizione cumulativa alla radiazione UV. Si sovrappone al normale invecchiamento fisiologico della cute, interessa non solo l'epidermide ma soprattutto il derma e può dare origine a quadri differenti e con diversa gradazione (valutabili mediante l'indice di Glogau, una classificazione sistematica tra le più utilizzate dei tipi di pazienti con fotoinvecchiamento della cute che prevede 4 classi in base al grado di rugosità e di altre modificazioni presenti nella cute).

Effetti di tipo acuto a livello dell'occhio

Le lesioni si possono determinare per esposizione diretta a radiazione UV di elevata intensità, come ad esempio può avvenire per esposizioni oculari nelle aree di saldatura o in prossimità di lampade UV in assenza di adeguata protezione oculare. A carico della superficie oculare possono manifestarsi fotocongiuntivite, per interessamento della membrana congiuntivale esposta, o fotocheratite per il coinvolgimento della cornea; più frequentemente risultano colpite entrambe le strutture (foto-cheratocongiuntivite) in grado variabile a seconda dell'intensità della radiazione incidente e della durata dell'esposizione

alla stessa. I sintomi di tali eventi acuti sono rappresentati da irritazione, lacrimazione, sensazione di corpo estraneo, dolore; il trattamento farmacologico locale consente la regressione del quadro clinico in 3-7 giorni in assenza di esiti anatomico-funzionali permanenti. Tuttavia la reiterazione di tali eventi può favorire lesioni croniche cherato-congiuntivali successivamente illustrate. A livello retinico il quadro clinico acuto è quello della maculopatia fototossica (interessa la macula, area centrale della retina deputata alla visione distinta) correlata perlopiù ad osservazione diretta di radiazione visibile di elevata intensità (es.: arco saldatore, LED). È attribuita alla componente più energetica dello spettro visibile (luce blu-violetta) e può causare danni funzionali transitori ma anche permanenti ed inemendabili (riduzione dell'acutezza visiva, alterazione della percezione cromatica).

Effetti di tipo cronico a livello dell'occhio (UV)

- Pinguecola. Si tratta di una formazione degenerativa di natura non tumorale che si forma a livello della congiuntiva e che appare come una piccola escrescenza generalmente di colore giallastro leggermente rialzata. Di solito interessa la sclera ed è localizzata nelle porzioni nasali e temporali della periferia corneale. Di rado richiede un trattamento, a meno che la lesione non si infiammi e causi gonfiore, dolore o secchezza, nel qual caso è previsto l'utilizzo di farmaci antiinfiammatori e/o di lacrime artificiali.
- Pterigio. Alterazione degenerativa del margine corneo sclerale più spesso localizzata al lato nasale; ha forma triangolare a base esterna ed apice che progressivamente si estende sulla cornea opacizzandola e deformandone la curvatura (astigmatismo). Può essere monolaterale o bilaterale, ma solitamente con esordio asincrono; più raramente può interessare sia il lato nasale che quello temporale. Il trattamento è chirurgico e non infrequenti sono le recidive.
- Cataratta. L'esposizione cronica (anni) alle radiazioni UV o IR può associarsi all'insorgenza di cataratta, rispettivamente di natura fotochimica nel caso dell'UV e di natura termica nel caso IR. Questi meccanismi sono comuni anche alla cataratta senile tuttavia nel caso di esposizione professionale i fisiologici fenomeni degenerativi che determinano lo sviluppo della cataratta senile vengono accelerati comportando l'insorgenza dell'opacità del cristallino nelle fasce di età più giovani (cataratta presenile).
- Tumori oculari. Comprendono i rarissimi carcinomi squamo-cellulari della cornea e della congiuntiva (equivalenti a livello delle cellule epiteliali della superficie oculare del carcinoma squamocellulare della cute), per i quali l'associazione con l'esposizione cronica ad UV è dimostrata, ed il melanoma oculare. Per quanto concerne la saldatura ad arco è stata evidenziata dalla IARC associazione causale con il melanoma dell'occhio, verosimilmente dovuta alla radiazione UV.
- È importante distinguere il melanoma della congiuntiva dal melanoma della coroide (o uveale); il primo ha origine dalle cellule melanocitarie della congiuntiva (derivazione ectodermica come la cute), è estremamente

raro (0,1 casi/anno/milione di abitanti) ed è dimostrata una correlazione con l'esposizione a radiazione UV, analogamente al melanoma cutaneo. Il secondo origina da cellule pigmentate della coroide (derivazione mesodermica) ha incidenza pari a 5-10 casi/anno/milione di abitanti e per esso non è chiaramente dimostrata la correlazione con esposizione a RUV. Degenerazione maculare legata all'età. Il dato epidemiologico suggerisce un'associazione tra esposizione cronica (anni) alla ROA e lesioni a livello della retina, soprattutto per quanto riguarda la macula, che vengono attribuite alla componente più energetica dello spettro visibile (luce blu-violetta) e/o alla residua componente UVA (meno dell'1% in età adulta) che raggiunge la retina, ma anche in questo caso non è stata ancora dimostrata una forte relazione causale.

Sono inoltre da valutare e prevenire rischi di tipo indiretto dovuti a:

- Sovraesposizione a radiazione visibile sotto forma di disturbi visivi temporanei quali abbagliamento e cecità temporanea;
- Incendio ed esplosione innescati dalle sorgenti stesse e/o dal fascio di radiazione e rischi ulteriori associati alle apparecchiature/lavorazioni che utilizzano ROA (stress termico, contatti con superfici calde, rischi di natura elettrica).
- Anche le reazioni di fotosensibilizzazione possono essere incluse tra gli effetti indiretti essendo dovute non all'azione diretta della radiazione sul tessuto, ma alla presenza di una sostanza che viene foto-attivata.

Per quanto riguarda i laser, poiché questi possono generare radiazioni ottiche di elevatissima intensità, si evidenzia che i danni conseguenti possono risultare estremamente gravi.

Per alcuni tipi di sorgenti laser devono essere considerati anche i rischi di natura chimica e biologica (nei laser a coloranti; nei fumi, negli aerosol e nelle polveri associati all'impiego), i rischi correlati all'uso di sistemi criogenici (es.: dovuti ai gas di raffreddamento della sorgente) e della emissione di radiazioni collaterali (ionizzanti e ottiche) concomitanti al funzionamento della sorgente stessa.

A.2 Quali sono i soggetti particolarmente sensibili al rischio dovuto alla esposizione alle ROA?

Alcune condizioni di suscettibilità individuale possono aumentare la sensibilità al rischio ad uno o più intervalli dello spettro ottico.

Donne in gravidanza: la tutela di questa categoria di lavoratrici deriva da quanto disposto agli artt.28 e 183 del D.Lgs. 81/08 nonché all'art.11 del DLgs.151/01.

Il Medico Competente dovrà valutare l'eventuale adozione di cautele specifiche, tenuto conto che l'insieme delle disposizioni normative vigenti e le evidenze scientifiche disponibili suggeriscono di prestare particolare attenzione a tutte

quelle condizioni nelle quali la lavoratrice gestante possa trovarsi esposta alle emissioni di sorgenti IR intense (ad esempio forni), soprattutto se presenti in luoghi di lavoro con ambiente termico severo caldo.

Minori di anni 18:

La normativa vigente vieta di adibire gli adolescenti ad un insieme di lavorazioni e processi riportati nell'Allegato 1 del D.lgs. 345/1999, fatti salvi i casi derogati dalla competente Direzione Territoriale del Lavoro. Tra le attività vietate vi sono quelle che comportano:

"L'esercizio dei forni a temperatura superiore a 500°C (...)" al punto 10, Sezione II

"Le lavorazioni nelle fonderie" al punto 11, Sezione II

"La saldatura e taglio dei metalli con arco elettrico o con fiamma ossidrica o ossiacetilenica" al punto 36, Sezione II.

Queste disposizioni impediscono di fatto l'esposizione dei lavoratori minori di anni 18 alle più rilevanti sorgenti di radiazione IR, nonché ad un'importante sorgente di radiazione UV e visibile: i sistemi di saldatura e taglio ad arco. In relazione ad altre sorgenti di ROA, sarà cura del M.C. valutare l'eventuale adozione di misure specifiche per il lavoratore adolescente. Nel caso di esposizione a sorgenti che emettono nell'UV, la giovane età del lavoratore comporta un'esposizione cumulativa potenzialmente più elevata e potrebbe pertanto configurare un rischio di effetti a lungo termine per la cute e per l'occhio maggiore rispetto al lavoratore adulto, soprattutto in assenza di un'adeguata protezione individuale.

Albini e fototipi chiari Gli albini ed i fototipi I e II (secondo la classificazione di Fitzpatrick) sono maggiormente a rischio per quanto riguarda gli effetti della radiazione UV, sia di tipo acuto (eritema) sia a lungo termine (tumori della cute). Tra le neoplasie cutanee l'aumentato rischio riguarda soprattutto l'epitelioma baso-cellulare ed il melanoma maligno vedi (sezione Radiazione Solare A.1 e A.2.)

Portatori di malattie del collagene quali Sclerodermia e Lupus Eritematoso nelle sue varie forme: dermatomiosite, poliartrite nodosa, sindrome di Wegener per esposizioni a radiazioni UV.

Individui con estese aree di vitiligine o con estesi esiti cicatriziali o da ustione nelle aree cutanee fotoesposte. L'esposizione prolungata ad UV può determinare in queste aree un aumentato rischio di sviluppo di neoplasie cutanee, in particolare l'epitelioma squamocellulare. Anche in questo caso il M.C. dovrà valutare in sede di formulazione del giudizio di idoneità l'opportunità di una protezione particolare di tali aree di cute.

Individui portatori di condizioni nel complesso note come fotodermatosi o determinanti fotosensibilizzazione. Si tratta di uno spettro molto eterogeneo di condizioni sia per meccanismo patogenetico (che può essere ad esempio di tipo immunomediato, oppure legato a difetti nei meccanismi di riparo del DNA o nella biosintesi delle porfirine, oppure, ancora, alla coesistenza a radiazioni ottiche e composti di natura fotosensibilizzante) sia per la diffusione (abbastanza rilevante ad esempio per l'insieme delle dermatosi fotoaggravate e rara o molto rara per le fotogenodermatosi) sia per la tipologia e l'entità delle manifestazioni cliniche, soprattutto a livello della

cute (dall'eritema, a quadri maculo-papulari, bollosi, eczematosi, pomfoidi, discromici, ulcerativi etc.). La clinica di queste condizioni inoltre non dipende solo dalla patologia in gioco, ma nell'ambito della stessa patologia può variare moltissimo per frequenza e gravità su base individuale e in funzione di tempi, durata e frequenza dell'esposizione. La radiazione UV rappresenta la regione spettrale maggiormente coinvolta per quanto riguarda l'induzione e/o l'esacerbazione di manifestazioni cliniche a livello della cute negli individui affetti, ma anche il visibile può acquisire rilevanza, soprattutto nel caso di condizioni rare (quali l'orticaria solare) o per alcuni tipi di reazione di fotosensibilizzazione. La loro valutazione ai fini della formulazione del giudizio di idoneità e dell'eventuale adozione di misure di protezione particolare è demandata al M.C., il quale dovrà tener conto della condizione considerata, della frequenza con la quale può essere riscontrata, delle modalità espositive del lavoratore, delle eventuali patologie pregresse e concomitanti, dell'esito di eventuali esami specialistici (dermatologici o di altro tipo) e dell'utilizzo di DPI. La tabella seguente riporta, per completezza, la classificazione delle fotodermatosi e delle reazioni di fotosensibilizzazione e deve essere letta nell'ottica di quanto precedentemente discusso.

Quadro sinottico delle condizioni patologiche che possono determinare un'aumentata fotosensibilità a livello della cute (da Grandi et al., 2016 – adattata e integrata).

Gruppo	Sottogruppo(i)		Singola condizione
Fotodermatosi autoimmuni (condizioni con anomala risposta della cute alla radiazione UV e possibilmente alla radiazione visibile sulla base di meccanismi immuno-mediati)			Eruzione solare polimorfa, dermatite cronica attinica, <i>Hydroa vacciniforme</i> , orticaria solare, prurito attinico
Fotogenodermatosi (condizioni con instabilità genomica dovuta all'alterazione di uno o più meccanismi di riparo del DNA, che comportano aumentata fotosensibilità e/o aumentato rischio di neoplasie cutanee)	Da alterato riparo del DNA		<i>Xeroderma pigmentosum</i> , sindrome di Cockaine, tricodistrofia
	Da mancanza di elicasi		Sindrome di Bloom, sindrome di Rothmund-Thomson
Dermatosi fotoaggravate (condizioni che coinvolgono la cute o sono confinate alla cute, in parte di natura autoimmune, le quali, in termini di manifestazioni cliniche, possono essere occasionalmente o abitualmente esacerbate alla radiazione UV o possono essere talvolta associate a fotosensibilità)			Lupus eritematoso, psoriasi, sindrome di Sjogren, dermatomiosite, artrite reumatoide, sclerodermia, poliarterite nodosa, sindrome antifosfolipidi, sindrome di Wegener, dermatiti bollose (<i>pemphigo</i> e <i>pemphigoide</i>), <i>lichen planus</i> , dermatite atopica, dermatite seborroica, rosacea, acne volgare, discheratosi follicolare (malattia di Darier), sindrome di Kindler-Weary, sindrome di Smith-Lemli-Opitz, fotosensibilità da infezione da HIV
Reazioni di fotosensibilizzazione (dovute all'esposizione combinata a radiazione ottica - UV e, in minor misura, visibile - e agenti chimici)	Endogene	Porfirie epatiche	Porfiria cutanea tarda, porfiria epatoeritropoietica, porfiria variegata, coproporfiria ereditaria
		Porfirie eritropoietiche	Porfiria congenita eritropoietica, protoporfiria eritropoietica
	Esogene	Reazioni fototossiche	Farmaci, piante, alcuni inquinanti ambientali, componenti di formulazioni per l'igiene e la persona etc.
		Reazioni fotoallergiche	Farmaci, piante, alcuni inquinanti ambientali, componenti di formulazioni per l'igiene e la persona etc.

Soggetti in trattamento cronico o ciclico con farmaci fotosensibilizzanti

Antibiotici come le tetracicline ed i fluorochinoloni; anti-infiammatori non steroidei come l'ibuprofene ed il naprossene; diuretici come la furosemide; ipoglicemizzanti come la sulfonil-urea; psoraleni; acido retinoico; acido aminolevulinico, neurolettici come le fenotiazine; anti-aritmici come l'amiodarone. Nella tabella A_2_a viene riportato l'elenco delle sostanze /farmaci fotosensibilizzanti presente anche sul PAF che verrà costantemente aggiornato all'indirizzo:

(https://www.portaleagentifisici.it/fo_ro_naturali_prevenzione_e_protezione.php?lg=I)

Tabella A.2_a): Agenti fotosensibilizzanti (da ICNIRP, 2004)

Agenti	Incidenza	Tipo di reazione	Intervallo delle lunghezze d'onda efficaci
Agenti fotosensibilizzanti dopo somministrazione locale			
Solfonammidi e prodotti chimici associati (schermi solari, sbiancanti ottici)	n.d.*	Fototossica e fotoallergica	290 - 320 nm
Disinfettanti (composti di salicilanilide in saponi e deodoranti)	n.d.	Fototossica e fotoallergica	290 - 400 nm
Fenotiazine (creme, coloranti e insetticidi)	n.d.	Fototossica e fotoallergica	320 nm - Visibile
Coloranti	n.d.	Fototossica iperpigmentazione	Visibile
Catrame di carbone e derivati (composti fenolici)	n.d.	Fototossica	340 - 430 nm
Oli essenziali (profumi e acque di colonia)	n.d.	Fototossica iperpigmentazione	290 - 380 nm
Composti furocumarinici (psoraleni)	n.d.	Fototossica iperpigmentazione	290 - 400 nm
Solfuro di cadmio (tatuaggi)	n.d.	Fototossica	380 - 445 nm
Agenti fotosensibilizzanti dopo somministrazione orale o parenterale			
Amiodarone	Alta	Fototossica	300 - 400 nm
Diuretici a base di tiazide	Media	Fotoallergica	300 - 400 nm
Clorpromazina e fenotiazine associate	Media	Fototossica e fotoallergica	320 - 400 nm
Acido nalidixico	Alta	Fototossica	320 - 360 nm
Farmaci antinfiammatori non steroidei	Bassa	Fototossica e fotoallergica	310 - 340 nm
Protriptilina	Alta	Fototossica	290 - 320 nm
Psoraleni	Alta	Fototossica	320 - 380 nm
Sulfamidici (batteriostatici e antidiabetici)	Bassa	Fotoallergica	315 - 400 nm
Tetracicline (antibiotici)	Media	Fototossica	350 - 420 nm

*n.d. = non disponibile

Inoltre devono essere annoverati tra i soggetti particolarmente sensibili al rischio da esposizione alle ROA anche coloro che:

- sono affetti da alterazioni dell'iride (colobomi, aniridie) e della pupilla (midriasi, pupilla tonica);
- i soggetti portatori di drusen (corpi colloidali) per esposizioni a luce blu;
- i lavoratori che abbiano lesioni cutanee maligne o pre-maligne per esposizioni a radiazioni UV;
- i lavoratori affetti da patologie cutanee fotoindotte o foto-aggravate per esposizioni a radiazioni UV e IR;
- i lavoratori affetti da *xeroderma pigmentosus* per esposizioni a radiazioni UV;
- i soggetti epilettici per esposizioni a luce visibile di tipo intermittente, cioè tra i 15 e i 25 flash al secondo.

Ai fini della sorveglianza sanitaria devono essere cautelativamente considerati particolarmente sensibili al danno retinico di natura fotochimica i lavoratori che hanno subito un impianto IOL (Intra Ocular Lens; "cristallino artificiale"), in particolare se esposti a radiazioni tra 300 e 550 nm.

Maggiori approfondimenti in merito sono reperibili nella letteratura medica specialistica di riferimento.

A.3 In quali casi attivare la sorveglianza sanitaria

A.3.1 ROA Coerenti e non Coerenti

Ai sensi dell'art.218 del DLgs. 81/08 la sorveglianza sanitaria per i lavoratori esposti al rischio ROA viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità inferiore decisa dal medico competente, con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio, tenuto conto dei risultati della valutazione dei rischi trasmessi dal datore di lavoro.

La sorveglianza sanitaria è effettuata con l'obiettivo di prevenire e scoprire tempestivamente effetti negativi per la salute, nonché prevenire effetti a lungo termine negativi per la salute e rischi di malattie croniche derivanti dall'esposizione a radiazioni ottiche.

Inoltre il Decreto prevede che, qualora fosse rilevata un'esposizione accidentale superiore ai valori limite, i lavoratori coinvolti devono essere sempre sottoposti a tempestivo controllo medico (art. 218, comma 2 del D.lgs. 81/2008), allo scopo di individuare precocemente tutti gli eventuali effetti nocivi legati alla sovraesposizione, specie se quest'ultima ha superato in larga misura i valori limite o se, sulla base delle verifiche effettuate, si ha ragione di ritenere che possa essere stata presente per tempi prolungati.

A seguito della valutazione del rischio ROA, ai fini della sorveglianza sanitaria periodica, si distingueranno pertanto le seguenti **due tipologie di lavoratori esposti a ROA per motivi professionali**:

- a) Lavoratori che operino in aree ove sia riscontrabile il superamento dei VLE in assenza di DPI

L'attivazione della sorveglianza sanitaria è sempre richiesta per i lavoratori esposti a ROA non coerenti che, sulla base dei risultati della valutazione del rischio, abbiano necessità di indossare DPI per la protezione degli

occhi o della cute, in quanto, nonostante la messa in atto di tutte le misure tecniche e organizzative per ridurre l'esposizione, sono suscettibili di superare i valori limite. La sorveglianza sarà mirata all'identificazione di segni precoci di alterazioni morfofisiologiche a carico degli organi bersaglio occhi e cute riconducibili all'esposizione specifica ROA evidenziata dalla valutazione del rischio (cfr. tab.A1_a)

- b) Lavoratori che operino in aree ove non sia riscontrabile il superamento dei VLE in assenza di DPI.

Nel caso di esposizione cronica a radiazione UV, IR e luce blu a valori inferiori ai valori limite di esposizione, ma comunque significativamente superiori ai valori espositivi normalmente rilevabili in ambiente chiuso, si consiglia l'attivazione della sorveglianza sanitaria al fine di prevenire possibili effetti a lungo termine a carico di occhi e cute, che potrebbero insorgere anche a valori espositivi inferiori ai VLE, soprattutto in relazione alla tutela dei soggetti particolarmente sensibili al rischio ROA, per i quali il rispetto dei VLE potrebbe non essere sufficiente a prevenire l'insorgenza di effetti avversi.

A.3.2 Radiazioni ottiche coerenti: laser

Fermo restando quanto specificato al punto A.3.1 si raccomanda di sottoporre a sorveglianza sanitaria i lavoratori che utilizzano laser di classe 3B e 4, come peraltro indicato anche nella "Guida per l'utilizzazione di apparati laser per laboratori di ricerca" CEI 76 Fascicolo 3850 R al punto E10.11.

Per i laser di classe 4, in aggiunta alla radiazione diretta o riflessa specularmente, risulta potenzialmente pericolosa per l'occhio e/o la cute anche la radiazione diffusa, che, a seconda del tipo di apparato, può cadere nell'UV, nel visibile o nello spettro infrarosso. Le indicazioni di sorveglianza sanitaria sono in questo caso analoghe a quelle delineate per le ROA incoerenti.

In relazione alle disposizioni normative, anche per quanto attiene alla esposizione a ROA coerenti deve essere garantito un tempestivo controllo medico ove si fosse riscontrata un'esposizione superiore ai valori limite.

In considerazione del fatto che anche apparati Laser di classe inferiore alla 3B (soprattutto di classe 3R) oppure laser in classe 1 o 2 con incorporati Laser in classe superiore possono configurare, in talune situazioni espositive pericolose, il superamento dei VLE e l'accadimento di eventi infortunistici che potrebbero comportare lesioni oculari potenzialmente gravi (FAQ C.3.1) e conseguentemente richiedere un controllo medico tempestivo ai sensi dell'art. 218 del D.Lgs. 81/08, appare necessario, al fine di ottimizzare la gestione di tali eventualità, predisporre per gli operatori di detti sistemi procedure ad hoc ai fini della richiesta e dell'attivazione di detti controlli medici, sulla base di quanto emerge dai risultati della valutazione di rischio.

A.4. Quali sono i possibili criteri da seguire per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a radiazioni ottiche?

Per sorveglianza sanitaria (SS) si intende l'insieme degli atti medici di prevenzione atti a verificare la compatibilità tra la salute dei lavoratori e la esposizione ad un agente di rischio e la conseguente idoneità specifica al lavoro, la permanenza nel tempo delle condizioni di salute del lavoratore, la valutazione sulla efficacia delle misure di prevenzione intraprese, il rafforzamento della compliance su misure e comportamenti corretti. La SS consente inoltre di valutare l'opportunità di sottoporsi ad esami periodici anche successivamente alla cessazione delle attività lavorative.

Il M.C. ai fini della sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti alle ROA dovrà tenere conto degli esiti del rapporto di valutazione del rischio, in relazione alla tipologia di esposizione (UV/VIS/IR) ed ai gruppi omogenei di lavoratori esposti.

La periodicità per effettuare la sorveglianza sanitaria, come previsto dall'Art.218, è generalmente annuale, ma può essere anche con periodicità inferiore nel caso di lavoratori particolarmente "sensibili" al rischio.

Considerato che gli organi bersaglio della radiazione ottica sono rappresentati dall'occhio e dalla cute, la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti, oltre ad una scrupolosa anamnesi volta a individuare in sede di visita preventiva potenziali condizioni di particolare sensibilità al rischio ed eventuali pregresse o attuali esposizioni di natura occupazionale o extra-occupazionale, può avvalersi, quali accertamenti complementari in sede preventiva e periodica, della visita oculistica e della visita dermatologica.

La sorveglianza sarà mirata all'identificazione di segni precoci di alterazioni morfofisiologiche a carico degli organi bersaglio occhi e cute riconducibili all'esposizione specifica ROA evidenziata dalla valutazione del rischio (cfr. FAQ A.1)

Si richiama in merito quanto segue:

- Per quanto concerne l'esposizione alla radiazione UV, trattandosi di un cancerogeno certo, tra gli obiettivi prioritari vi è quello di evidenziare eventuali lesioni precancerose e/o cancerose a carico di occhi e cute, in modo da intervenire precocemente in termini terapeutici e in relazione agli adempimenti medico legali del caso.
- Per quanto attiene l'esposizione alla luce blu, la sorveglianza sanitaria è da attivare in relazione alla prevenzione dell'insorgenza dei possibili effetti a lungo termine a carico della retina.
- Per quanto attiene l'esposizione a radiazione IR la sorveglianza sanitaria sarà mirata alla valutazione di segni precoci di alterazioni morfofisiologiche della camera anteriore e del fondo oculare, e ai danni eritemali a carico della cute.

Per quanto riguarda i lavoratori particolarmente sensibili (art. 218, comma 1 del D.lgs. 81/2008), che potrebbero presentare un rischio significativo anche per valori di esposizione inferiori ai limiti e che sono individuabili in fase di visita medica preventiva, il M.C. può disporre visite periodiche a scadenza più

ravvicinata e individuare eventuali misure protettive specifiche da mettere in atto in relazione alla tipologia ed entità dell'esposizione ed alle condizioni di suscettibilità individuale.

I risultati della sorveglianza sanitaria, resi disponibili in forma anonima e collettiva al Datore di Lavoro, dovranno essere attentamente presi in esame nell'ambito **della valutazione del rischio**, soprattutto ai fini della valutazione dell'efficacia dei DPI e dei sistemi messi in atto per la prevenzione del rischio ROA e del riesame degli esiti delle valutazioni dei rischi precedentemente effettuata.

In ogni caso, laddove i valori limite sono superati, oppure sono identificati effetti nocivi sulla salute, dovranno essere comunicate al lavoratore le informazioni e i pareri relativi al controllo sanitario cui questi dovrebbe sottoporsi dopo la fine dell'esposizione.

SEZIONE B

METODICHE E STRUMENTAZIONE PER LA MISURA DELLE ROA

B.1 Quali norme tecniche per la misura dell'esposizione a ROA?

Le norme tecniche di riferimento per le misurazioni delle radiazioni ottiche artificiali non coerenti sono:

- UNI EN 14255-1:2005 per gli UV;
- UNI EN 14255-2:2006 per VIS-IR;
- UNI EN 14255-4:2007 terminologia.

Ulteriori norme per misurazioni su sorgenti specifiche sono indicate alla FAQ B.5.

Per quanto riguarda i laser, e norme tecniche di riferimento ai fini della misura dell'esposizione e valutazione del rischio sono:

- CEI EN 60825-1:2017 "Sicurezza dei prodotti laser Parte 1: Classificazione degli apparecchi e requisiti"
- Norma CEI EN 61040: Rivelatori, strumenti e apparati per la misura della potenza e dell'energia della radiazione laser
- UNI EN ISO 11553-1:2020: Safety of machinery -- Laser processing machines Laser safety requirements
- UNI EN ISO 11553-2:2009: sui requisiti di sicurezza per macchine laser e laser portatili.
- UNI EN ISO 11554: Laser e sistemi laser - Metodi di prova della potenza del fascio, dell'energia e delle caratteristiche temporali
- Norma CEI 76 – Fascicolo 3850 R – Guida utilizzazione apparati laser nei laboratori di ricerca
- Norma CEI 76 - 6 – CT 76 – Fascicolo 5928: Guida all'uso degli apparati laser in medicina
- Norma CEI 76 – CT 76 – Fascicolo 3849 R: Guida all'uso degli apparati laser in industria, telecomunicazioni, etc.
- Norma CEI EN 60825-4: Barriere per laser
- Norma UNI 7545 parte 10: Segni grafici per segnali di pericolo. Laser.

Alla FAQ C.2 dettagli in merito alla valutazione del rischio LASER.

B.2.1 Come si effettua la misura dell'esposizione ROA NON COERENTI ai fini del confronto con i VLE ?

La misura dei livelli di esposizione dei lavoratori ai fini del confronto con i VLE richiede in primo luogo che venga individuata la regione spettrale in cui emette la sorgente per definire quali indicatori di rischio devono essere valutati. A tal fine è indispensabile la consultazione del manuale di istruzioni ed uso ed eventualmente documentazione tecnica integrativa ove siano riportati i dati di emissione spettrale della sorgente. Una volta individuata tale regione, il dato più utile da misurare è l'irradianza spettrale*. A seconda dell'indicatore di rischio da valutare, tale grandezza viene poi ponderata con le pertinenti curve di efficacia biologica e/o utilizzata per calcolare la radianza. Le modalità di misura dell'irradianza dipendono dalla regione spettrale di interesse.

Quando è possibile le misure vanno eseguite per intervalli omogenei di esposizione e nelle diverse condizioni di lavoro in modo da non sovrastimare il

rischio, cosa che accade quando si è costretti a scegliere lo scenario peggiore d'esposizione a causa delle difficoltà pratiche di misura (ad esempio nel caso di sorgenti variabili nel tempo con frequenze non note o lavoratori che durante le loro mansioni si spostano rispetto alle sorgenti).

Metodiche di misura utilizzabili per sorgenti particolari, sono reperibili nella documentazione ROA del Portale Agenti Fisici; dalla stessa sezione è scaricabile la Guida Europea - *Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva 2006/25/CE* (NBG) contenente alcuni esempi di misurazioni condotte su sorgenti di radiazioni ottiche.

Sorgenti con emissione nell'intervallo UV (come ad esempio le lampade germicide, i saldatori ad arco, le lampade per fototerapia e le lampade abbronzanti, lampade per essiccazione dell'inchiostro)

(D.lgs. 81/08, All. XXXVII, Parte I, Tab.1.1 limiti a-b)

In questa regione i limiti sono espressi in termini di *esposizione radiante*, pertanto, per determinarla è sufficiente eseguire una misura di irradianza spettrale (ponderarla conformemente allo spettro di azione $S(\lambda)$ nel solo caso del limite a) e integrarla sul tempo di esposizione.

Sorgenti con emissione nell'intervallo UV – VIS (come ad esempio le sorgenti di illuminazione artificiale (lampade ad alogenuri metallici, al mercurio, sistemi LED), le lampade per uso medico (fototerapia neonatale e dermatologica) ed estetico e le sorgenti di luce pulsata –IPL (Intense Pulsed Light) e la saldatura)

(D.lgs. 81/08, All. XXXVII, Parte I, Tab.1.1 limiti c-d-e-f)

Relativamente ai limiti previsti si distinguono due casi: **sorgenti estese**, per le quali valgono i limiti **c-d** e **sorgenti puntiformi** per le quali valgono i limiti **e-f**. Il limite da considerare tra i due possibili per ciascun caso è funzione del tempo di esposizione.

I **limiti c-d-e-f** sono relativi al danno fotochimico da luce blu (300-700nm) alla retina e sono espressi in termini di radianza o irradianza. Quando si tratta di valutare l'esposizione da sorgenti estese (angolo sotteso dalla sorgente, espresso in milliradiani [mrad], $\alpha > 11$) (allegato 1) il limite è espresso in termini di radianza poiché l'irradianza alla retina e, quindi, la dose da essa assorbita è correlata alla radianza della sorgente.

Quando si tratta, invece, di valutare l'esposizione da sorgenti che sottendono angoli α inferiori a 11 mrad (sorgenti puntiformi) il limite è espresso in termini di irradianza.

Per la valutazione di sorgenti estese, il limite è espresso in termini di radianza. Questa grandezza si ricava a partire da una misura di irradianza e si ottiene dividendo quest'ultima per un opportuno angolo solido espresso in steradiani [sr].

La misura deve essere effettuata con un angolo di vista γ (angolo di accettazione dello strumento – Allegato 1) che varia in funzione della durata dell'esposizione. In allegato 1 sono riportati i valori di γ suggeriti dall'ICNIRP

("ICNIRP Guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation" - 2013) per questo tipo di danno.

In generale, la radianza della sorgente può essere determinata in tre modi:

- misurando direttamente la radianza con un opportuno strumento (si tratta di misuratori di irradianza che tengono conto della geometria della loro ottica d'ingresso per restituire un valore di radianza);
- misurando l'irradianza e ricavando la radianza, noto l'angolo solido sotteso dalla sorgente ω - allegato 1);
- misurando l'irradianza oscurando parte della sorgente con un diaframma di dimensioni note tali da determinare un opportuno angolo di vista γ (allegato 1) e dividendo la stessa per l'angolo solido corrispondente a γ . Questa configurazione tiene conto degli effetti sull'esposizione dell'occhio correlabili alla dimensione geometrica della sorgente, alla sua immagine retinica e alla durata dell'esposizione.

Per quanto riguarda la **misura diretta** della radianza, occorre evidenziare che non sempre l'angolo di vista dello strumento coincide con l'angolo γ appropriato e che, generalmente, lo strumento non ne consente la variazione in funzione della durata dell'esposizione. Inoltre, soprattutto nel caso di misure spettrali, considerato che il segnale viene raccolto all'interno di angoli di vista dell'ordine del mrad, il valore misurato può risultare inferiore alla sensibilità strumentale. Per le sorgenti che presentano una radianza non omogenea le misure andranno effettuate collimando l'area maggiormente luminosa.

In merito al **secondo metodo**, esso restituisce un valore di radianza medio della sorgente che, nel caso di sorgenti non omogenee, può sottostimare il rischio. Inoltre, le dimensioni della sorgente non sono sempre facilmente determinabili e, di conseguenza, l'incertezza di cui è affetta la misura non è facilmente stimabile.

Il **terzo approccio** è quello più rigoroso in quanto gli angoli suggeriti dall'ICNIRP tengono conto degli effetti sull'esposizione dell'occhio correlabili alla dimensione geometrica della sorgente, alla sua immagine retinica e alla durata dell'esposizione. Occorre tuttavia evidenziare che questo metodo è utilizzabile solo se la sorgente è accessibile. Nella pratica occorre diaframmare la sorgente in modo da ottenere l'angolo di vista γ corretto in funzione del tempo di esposizione. I valori di γ suggeriti dall'ICNIRP sono riportati nell'allegato 1. L'irradianza così misurata viene divisa per l'angolo solido corrispondente a γ .

Ipotesi semplificate

Per il rischio da luce blu, la Guida Europea - *Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva 2006/25/CE (NBG)* - nel caso particolare in cui la sorgente effettiva sottenda un angolo ω maggiore dell'angolo solido corrispondente a γ (ovvero maggiore di 0,01 sr per $\gamma = 100$ mrad e maggiore di 0,0001 sr per $\gamma = 11$ mrad) suggerisce un **approccio semplificato** al fine di agevolare il processo di misura. Tale approccio consiste in una misura di irradianza senza diaframmi.

Molto spesso, nella comune pratica l'uso di diaframmi per delimitare l'angolo di accettazione γ è difficilmente realizzabile. Quindi, generalmente, si misura senza limitare l'angolo di accettazione γ dello strumento.

Si ricorda che l'ICNIRP broadband definisce i limiti in radianza assumendo che le misure vadano fatte entro angoli γ rispettivamente di 110 mrad per il rischio da Luce Blu ed 11 mrad per il rischio termico retinico.

Per **sorgenti estese ($\alpha \geq 11$ mrad)** esiste la possibilità di effettuare misure di irradianza senza l'uso di limitatori di campo. In questo caso la misura di irradianza effettuata andrà divisa per l'angolo solido ω (vedi figura B.9.3) scelto tra il più grande tra quello effettivamente sotteso dalla sorgente e un angolo solido di riferimento che, nel caso di valutazione del rischio fotochimico da Luce Blu, è pari a $\omega_B = 0,01$ sr e, nel caso di valutazione del rischio retinico da infrarosso, è pari a $\omega_R = 0,0001$ sr.

Per esempi applicativi del metodo si può far riferimento agli esempi riportati nella NBG.

In tal caso, se il limite di esposizione viene superato, è auspicabile ripetere le misurazioni con un campo di vista limitato ad un valore appropriato di γ .

I **limiti e-f **** si riferiscono a sorgenti che sottendono un angolo inferiore a 11 mrad, comunemente definite *puntiformi*, e mirano a proteggere dagli effetti derivanti dall'esposizione a luce blu rispettivamente per esposizioni inferiori o superiori a 10000 s. Essendo l'angolo sotteso dalla sorgente molto piccolo e prossimo alla dimensione minima dell'immagine sulla retina, gli effetti non dipendono dalla dimensione della sorgente ma solo dalla distanza, pertanto, l'irradianza è un indicatore direttamente utilizzabile per caratterizzare l'esposizione retinica.

Sorgenti con emissione nell'intervallo VIS – IRA (come ad esempio le sorgenti di illuminazione artificiale (lampade ad alogenuri metallici, al mercurio, sistemi LED), le sorgenti di luce pulsata –IPL (Intense Pulsed Light) e la saldatura)

(D.lgs. 81/08, All. XXXVII, Parte I, Tab.1.1 limiti **g-h-i**)

I limiti g-h-i sono stabiliti al fine di proteggere dagli effetti termici a carico della retina e variano in funzione della durata di esposizione.

L'ustione retinica, qualora nello spettro di emissione della sorgente sia presente anche la componente visibile, generalmente avviene solo in tempi brevi.

Essendo anche in questo caso l'organo bersaglio la retina, la grandezza che descrive il rischio è la radianza da valutarsi all'interno di un angolo di vista γ che tiene conto della modalità di trasmissione per conduzione del calore, dipendente dalla densità di potenza sulla retina, dalla durata dell'esposizione e dalla dimensione dell'immagine retinica. I valori di γ suggeriti dall'ICNIRP ("ICNIRP Guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation" - 2013) sono riportati in allegato 1.

Analogamente a quanto argomentato relativamente ai limiti c-d, la radianza può essere calcolata partendo dal valore di irradianza misurato diaframmando la sorgente in modo da ottenere il γ corretto. Anche in questo caso, se l'angolo solido sotteso dalla sorgente ω è superiore all'angolo solido corrispondente al γ , si può adottare il metodo semplificato riportato nella Guida Europea - Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva 2006/25/CE di calcolo della radianza partendo da una misura di irradianza senza diaframmi. Valgono le stesse considerazioni riportate sopra per i limiti c-d.

Sorgenti con emissione nell'intervallo IRA (come ad esempio i dispositivi per la visione notturna e i riscaldatori ad infrarossi)

(D.lgs. 81/08, All. XXXVII, Parte I, Tab.1.1 limiti j-k-l)

Anche questi limiti sono relativi all'ustione della retina provocata da sorgenti che emettono solo nel vicino infrarosso (780-1400 nm). L'indicatore da valutare continuerà ad essere la radianza, per la misura della quale le tecniche sono riportate sopra. Dal momento che, trattandosi di radiazione non visibile, non si instaura il meccanismo di avversione, questo rischio è presente anche per esposizioni prolungate (limite j). Il valore di γ suggerito dall'ICNIRP ("ICNIRP Guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation" - 2013) è riportato in allegato 1.

Sorgenti con emissione nell'intervallo IRA÷IRB (come ad esempio i forni di fusione di vetro e metallo ed i riscaldatori ad infrarossi)

(D.lgs. 81/08, All. XXXVII, Parte I, Tab.1.1 limiti m-n-o)

I **limiti m - n** sono relativi agli effetti della radiazione IR sull'occhio a carico della cornea e del cristallino. Sono limiti di esposizione radiante non pesata. Per la stima dei livelli di esposizione dei lavoratori ci si riferisce alla irradianza assoluta E_{IR} .

Il **limite o** è relativo agli effetti sulla cute dovuti all'esposizione alla radiazione visibile e all'infrarosso. La grandezza di riferimento, l'esposizione radiante H_{skin} , viene determinata integrando nel tempo l'irradianza assoluta nel punto di misura.

Esempi di valutazioni tramite misure di sorgenti di radiazione ottica sono contenute nella documentazione ROA del Portale Agenti Fisici; dalla stessa sezione è scaricabile la Guida Europea - *Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva 2006/25/CE* (NBS) contenente alcuni esempi di misurazioni condotte su sorgenti di radiazioni ottiche.

Note:

* Il criterio secondo cui in presenza di una sorgente per illuminazione con luminanza inferiore a 10.000 cd/m^2 , non saranno superati i relativi limiti previsti a tutela del rischio retinico (ICNIRP, "Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0.38 to 3 μm)") era legato all'utilizzo esteso di lampade ad incandescenza. Allo stato attuale, vi sono sorgenti come le lampade a LED, fluorescenti compatte e alogenuari metallici che con determinate potenze e condizioni espositive, potrebbero dal luogo a livelli di luce blu ed UV rilevanti anche per valori di luminanza inferiore a 10000 cd/m^2 .

** Per la fissazione costante di sorgenti piccolissime che sottendono angoli $< 11 \text{ mrad}$, L_B può essere convertito in E_B . Ciò si applica solo agli strumenti oftalmici o all'occhio stabilizzato sotto anestesia. Il "tempo di fissazione" massimo è dato da $t_{max} = 100/E_B$ dove E_B è espressa in W m^{-2} . Considerati i movimenti dell'occhio durante compiti visivi normali, questo valore non supera i 100s.

B.2.2 Come si effettua la misura dell'esposizione ROA COERENTI (LASER) ai fini del confronto con i VLE ?

Le misure dell'esposizione ai fini della classificazione dei Laser e della determinazione della DNRO e dei parametri essenziali necessari ai fini della valutazione del rischio è di stretta competenza del costruttore, secondo quanto richiesto dalle pertinenti direttive comunitarie (FAQ E.2.2).

In talune circostanze potrebbe essere richiesto di ricorrere a misure in opera, ad esempio nel caso di apparati non commercializzati ed usati in ambito di ricerca, o nel caso di valutazioni specifiche richieste per soggetti sensibili, deroghe all'uso di DPI, o ancora in caso di contenziosi, etc.

Nella maggior parte dei casi di impiego dei Laser è possibile che si verifichi l'esposizione degli operatori alla radiazione diffusa, e non al fascio diretto: l'esposizione alla radiazione diretta emessa dal Laser è da considerarsi sempre un evento accidentale. Qualora si presenti la necessità di misurare la radiazione diffusa si potranno utilizzare le metodiche descritte alla FAQ B.2.1 (Radiazioni non coerenti).

Si ricorda che quando è richiesta l'esecuzione di misure, queste devono essere eseguite da un Esperto Sicurezza Laser (ESL) come specificato in alla sezione E di questo documento.

Ai fini del confronto con i VLE è indispensabile conoscere la lunghezza d'onda della radiazione emessa.

Nel caso dei laser duplicati in frequenza, tipico il caso del Nd:YAG può essere nondimeno importante verificare la presenza di un eventuale emissione alla lunghezza d'onda fondamentale.

In generale, i parametri più importanti da misurare sono la potenza di uscita nei laser continui e l'energia degli impulsi nei laser impulsati.

Si ricorda che, in quest'ultimo caso la potenza media è legata alla potenza di picco dalla relazione

$$P_m = P_p \cdot T_p \cdot f$$

Dove f è la frequenza di ripetizione degli impulsi, P_p e T_p sono, rispettivamente, la potenza e la durata dell'impulso.

Ai fini del confronto con il VLE è richiesto che i valori di potenza o energia misurati siano opportunamente rielaborati con la stima del tempo di esposizione dell'operatore.

Dai risultati delle misure si ricava il valore della DNRO, che è il parametro principale richiesto ai fini della valutazione del rischio (vedi FAQ B.2.3)

B.2.3 Che cosa sono la Distanza Nominale di Rischio Oculare (DNRO) e la EMP di un Laser? come si calcolano?

L'esposizione massima permessa (EMP) è definita dalla norma CEI EN come il livello della radiazione LASER al quale, nelle normali condizioni, 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 LASER, dalla durata dell'impulso o dalla durata dell'esposizione, dal tipo di tessuto esposto.

Si fa presente che allo stato attuale esiste un disallineamento tra VLE prescritti dal D.Lgs. 81/08 e EMP indicati dalla norma CEI EN 60825-1. Di ciò dovrà essere tenuto conto in relazione alle finalità delle misurazioni.

La Distanza Nominale di Rischio Oculare (DNRO) è la distanza alla quale l'irradianza o l'esposizione radiante del fascio uguaglia il corrispondente Valore Limite di Esposizione (VLE) dell'Allegato XXXVII parte II del D.Lgs. 81/08, previsto per l'occhio non protetto. Ovvero è quella distanza oltre la quale la visione del fascio laser è da ritenersi non pericolosa per il tempo utilizzato per determinare il VLE.

La DNRO è pertanto uno strumento indispensabile ai fini della valutazione del rischio laser e per la determinazione delle misure di prevenzione e protezione (es. delimitazione Zona ad Accesso Controllato faq E.1).

Si ricorda che ai sensi della Norma CEI EN 60825-1, il fabbricante deve fornire il valore della DNRO per i Laser in classe 3B e 4 quando appropriato e rilevante, unitamente al valore dell'Esposizione Massima Permessa (EMP). Quando appropriato e rilevante, per gli apparecchi laser di classe 1M e 2M a fascio collimato, oltre all'EMP, il costruttore deve fornire la DNRO estesa, (DNRO comprensiva delle ottiche utilizzate dall'apparato). Essendo l'EMP non sempre uguale al VLE, a causa del disallineamento tra normazione tecnica e legislazione, ne segue che anche il valore della DNRO che usa l'EMP potrà essere diverso dal valore della DNRO che usa il VLE (D.Lgs. 81/08).

La formula generale da utilizzare per il calcolo della DNRO diretta² nel caso di un laser continuo è:

$$DNRO = \sqrt{\frac{4 \cdot k \cdot P_0 \cdot e^{-\mu r}}{\pi \cdot E_{VLE}}} - \frac{d}{\Phi} \quad (1)$$

dove:

- P_0 è la potenza radiante che emerge dall'apertura laser (W)
- E_{VLE} è il Valore Limite di Esposizione (VLE, W/m^2)
- $k = 1$ per un fascio gaussiano (es. laser a gas, laser in fibra con pochi moduli) e $k = 2,5$ per laser con struttura multimodale (la maggioranza dei laser a stato solido)
- d è il diametro iniziale del fascio, definito come il diametro del più piccolo cerchio che contiene il 63% della potenza (o dell'energia) totale del fascio

² Nella DNRO diretta sono da ricomprendersi tutte quelle situazioni per cui il fascio laser giunge all'occhio del recettore o per visione diretta o per effetto di una riflessione speculare.

stesso ed è spesso indicato con d_{63} . Nel caso di fasci con profilo gaussiano, il diametro d_{63} corrisponde ai punti in cui l'irradiazione (o l'esposizione energetica) scende a 1/e del suo valore centrale di picco. È espresso in m.

- Φ è la divergenza del fascio, definita come l'angolo piano del cono determinato dal diametro del fascio contenente il 63% della potenza (o dell'energia). Nel caso di fasci con profilo gaussiano, corrisponde ai punti in cui l'irradiazione (o l'esposizione energetica) scende a 1/e del suo valore centrale di picco. È espresso in rad (radianti).
- μ è il coefficiente di attenuazione atmosferica alla specifica lunghezza d'onda (m^{-1});

$$\mu = 10^3 \times \frac{3,91}{V} \times \left(\frac{550}{\lambda}\right)^A m^{-1}$$

dove:

- V è la visibilità in km
- $A = 0,585 V^{0,33}$
- λ è la lunghezza d'onda in nm compresa tra 400 nm e 2000 nm
- r è la distanza dell'osservatore dalla sorgente (m).

Dato che determinare l'effettivo valore di V è generalmente piuttosto difficile e impreciso, portando ad un errato calcolo di μ , per maggiore cautela ed evitare una sottostima del rischio, tranne che in casi eccezionali si consiglia di porre di $\mu = 0$.

Si osserva che la (1) non ha una soluzione semplice, essendo l'incognita DNRO uguale alla distanza r dell'osservatore dalla sorgente presente anche al secondo membro in quanto:

- a grande distanza dalla sorgente deve essere valutato il fattore $e^{-\mu r}$ che tiene conto delle perdite dovute all'attenuazione atmosferica;
- per una sorgente estesa, il VLE o l'EMP dipendono dalla distanza stessa, il caso di sorgente estesa nella visione diretta è tuttavia molto raro, come specificato in B9.

In linea di principio, la soluzione generale non può che essere cercata in modo iterativo.

Tuttavia, nella stragrande maggioranza dei casi riscontrabili negli ambienti di lavoro ordinari (industria, laboratori di ricerca, sanità, usi civili) questi contributi possono essere trascurati, eventualmente con una leggera sovrastima della DNRO in ogni caso a favore della sicurezza, come di seguito specificato.

VISIONE DIRETTA SENZA STRUMENTI OTTICI IN AMBIENTE INDOOR

Per gli ambienti indoor, considerate le ordinarie distanze e le condizioni di visibilità, il fattore $e^{-\mu r}$ può essere trascurato, ovvero posto uguale a 1.

Per quanto riguarda il VLE o l'EMP si ricorda che queste grandezze non dipendono dalla distanza posizione di vista - sorgente apparente quando quest'ultima viene vista sotto un angolo $< 1,5$ mrad come specificato in B9.

La formula per il calcolo diventa allora

$$DNRO = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot k \cdot P_0}{\pi \cdot E_{VLE}}}}{\Phi} - \frac{d}{\Phi} \quad (2)$$

LASER A IMPULSI

Importante ricordare che la DNRO deve essere in modo coerente a quanto disposto dal D.Lgs. 81/08 per i laser impulsati. In particolare, nel caso di laser ad impulsi, bisogna calcolare la DNRO applicando i seguenti tre criteri:

- criterio dell'impulso singolo;
- criterio dell'impulso nel treno di impulsi;
- criterio della potenza media nella durata t della durata di un qualsiasi gruppo di impulsi (se la frequenza di ripetizione degli impulsi è regolare, è sufficiente calcolare la potenza media nel tempo t corrispondente alla durata complessiva dell'esposizione). Questo criterio si applica solo per i limiti termici.

La formula della DNRO diretta per un laser impulsato (con impulsi tutti uguali tra loro), trascurando il fattore $e^{-\mu r}$, è simile a quella indicata nella (2), ma dipende dal criterio applicato.

Criterio dell'impulso singolo

La DNRO va calcolata usando l'energia o la potenza del singolo impulso a seconda di come è espresso il VLE, cioè se è espresso come E_{VLE} (cioè in W/m^2) o come H_{VLE} (cioè in J/m^2). Quindi, si applica una delle due formule, a seconda dei casi:

$$DNRO = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot k \cdot Q_0}{\pi \cdot H_{VLE}}}}{\Phi} - \frac{d}{\Phi}$$

dove

- Q_0 , energia del singolo impulso che emerge dall'apertura laser espressa in J
- H_{VLE} , Valore Limite di Esposizione in J/m^2
- k, d, Φ mantengono lo stesso significato di cui alla relazione (1)

Oppure

$$DNRO = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot k \cdot P_0}{\pi \cdot E_{VLE}}}}{\Phi} - \frac{d}{\Phi}$$

dove

- P_0 , potenza del singolo impulso che emerge dall'apertura laser espressa in W
- E_{VLE} , Valore Limite di Esposizione in W/m^2
- k, d, Φ mantengono lo stesso significato di cui alla relazione (1)

Criterio dell'impulso nel treno di impulsi

La DNRO si calcola con le stesse formule dell'impulso singolo, ma sostituendo H_{VLE} e E_{VLE} rispettivamente con $C_p H_{VLE}$ e $C_p E_{VLE}$, dove $C_p = N^{-0,25}$.

Criterio della potenza media

La DNRO si calcola con la formula (2).

Il caso più critico da considerare è quello in cui si ha il valore massimo del rapporto P/E_{VLE} o Q/H_{VLE} .

Impiego di ottiche di osservazione

Nel caso si utilizzino ottiche di osservazione per vedere una sorgente laser, deve essere determinata la Distanza Nominale di Rischio Oculare Estesa (DNROE).

Esempi di ottiche di osservazione che richiedono questo calcolo sono i telescopi, tipicamente quelli degli strumenti per topografia e rilevamento, i binocoli ma anche i mirini ottici delle macchine fotografiche professionali.

La formula per il calcolo diventa la seguente:

$$DNRO = \sqrt{\frac{4 \cdot k \cdot G \cdot P_0}{\pi \cdot E_{VLE}}} - \frac{d}{\Phi} \quad (3)$$

Dove G rappresenta il fattore di guadagno dell'ottica e risulta:

400 nm \leq λ < 1400 nm Diametro del fascio in uscita > 7 mm	$G = \tau * M^2$
400 nm \leq λ < 1400 nm Diametro del fascio in uscita < 7 mm	$G = \tau * (D_0^2 / 49)$
320 nm \leq λ < 400 nm 1400 nm \leq λ < 4500 nm	$G = \tau * M^2$

dove:

- τ è il coefficiente di trasmissione dell'ottica (uguale a 1 se non conosciuto)
- M è la Magnificazione ottica
- D_0 è il diametro della lente dell'obiettivo (mm)

Analogamente, con le sostituzioni di cui sopra, per i laser a impulsi.

ESPOSIZIONE ALLA RADIAZIONE RIFLESSA E DIFFUSA

Nel caso si debba valutare la DNRO della radiazione laser che incide su un diffusore perfetto (ovvero lambertiano) si usa l'espressione:

$$DNRO = \sqrt{\frac{\rho \cdot P_0 \cdot \cos\vartheta}{\pi \cdot E_{VLE}}} \quad (4)$$

dove:

- ρ è il coefficiente di riflettività (uguale a 1 se non conosciuto)
- ϑ è l'angolo di vista dello spot rispetto alla normale alla superficie
- E_{VLE} e H_{VLE} sono i VLE di piccola sorgente
- P_0 o Q_0 hanno lo stesso significato di cui sopra

Nel caso di fasci laser diretti o riflessi specularmente, la sorgente apparente va considerata sempre piccola, cioè $\alpha = \alpha_{min}$, per qualsiasi valore del beam waist (punto più stretto del fascio) e della divergenza.

Il coefficiente ρ , quando la frazione di energia assorbita è tale da non alterare la struttura del materiale, può essere stimato consultando la Banca dati di Riflettanza dei materiali contenuta all'interno del Portale Agenti Fisici nella sezione "Radiazioni Ottiche Artificiali" e reperibile ai seguenti link:

- https://www.portaleagentifisici.it/fo_ro_artificiali_riflettanza_materiali_guida.php?lg=IT;
- https://www.portaleagentifisici.it/fo_ro_artificiali_riflettanza_materiali.php?lg=IT

Si osserva che nella pratica, spesso, non si è nelle condizioni di stabilire con certezza se una superficie è sufficientemente lambertiana o no. Dunque, si segnala di avere particolare attenzione a utilizzare la (5) o la (6) in quanto rispetto alle DNRO dirette o riflesse comportano valori notevolmente inferiori.

E' possibile dare le seguenti indicazioni. La riflessione diffusa è generalmente caratteristica di quei materiali non "monolitici" (ad es. i minerali, di solito policristallini e i materiali organici) la cui superficie ma soprattutto i primi strati sotto la superficie hanno irregolarità sulle quali la radiazione si riflette in tutte le direzioni. Un siffatto materiale anche se perfettamente levigato e lucidato non sarà mai in grado di riflettere una radiazione in modo speculare. La riflessione speculare invece è favorita in quei materiali che non hanno significative irregolarità dei primi strati sotto la superficie o strutture microscopiche che costituiscono per la radiazione ottica delle irregolarità (es. metalli, liquidi e sostanze amorfe) e che possiedono un livello di rugosità superficiale minore della lunghezza d'onda della radiazione incidente.

Anche se la percentuale di radiazione speculare è molto bassa (per esempio qualche per cento), questa porta ad un irradiazione, nella direzione della riflessione speculare, molto maggiore rispetto al contributo dato dalla radiazione diffusa. Bisogna tener conto di questo effetto per non sottostimare il rischio, ad esempio nella definizione delle barriere, della DNRO o nella scelta dei protettori oculari, qualora la riflessione speculare possa raggiungere la persona o la barriera.

B.3 Come si stima l'incertezza di misura?

In merito all'incertezza di misura occorre fare riferimento alla norma tecnica ENV13005 'Guide to the expression of uncertainty in measurement'.

Le principali fonti di incertezza sono:

- l'incertezza della catena strumentale, funzione:
 - dell'incertezza di taratura,
 - della ripetibilità della misura,

- della bontà della risposta angolare della sonda, che per misure di irradianza deve essere coseno e per misure di radianza deve essere compatibile con l'angolo di vista corretto e, nel caso di misure radiometriche, dalla bontà della risposta spettrale, che deve approssimare lo spettro d'azione voluto per la misura di grandezze efficaci e deve essere piatta per misure di grandezze fisiche
- l'incertezza nella stima del tempo di esposizione
- l'incertezza nella stima della dimensione della sorgente. Inoltre la misura deve essere condotta cautelativamente nel caso peggiore in cui l'esposizione è massima (intensità massima della sorgente, minima distanza dell'operatore, ecc.), in quanto condizioni di misura diverse possono causare una sottostima dell'esposizione. Tale sottostima deve essere eventualmente inserita nell'incertezza. Dal momento che nella pratica non è semplice individuare la condizione peggiore soprattutto nel caso di sorgenti con intensità variabile, si possono effettuare misure ripetute di esposizione e considerare, nel confronto con i limiti, il caso peggiore.

Ai sensi della norma EN 14255, nel confronto con il limite va tenuta in considerazione l'incertezza della misura. Se l'intervallo di variabilità del dato misurato comprende il valore limite, occorre ripetere la misura con un'incertezza inferiore ottenibile utilizzando una catena strumentale più accurata e migliorando la valutazione delle variabili sopra indicate. Nel caso in cui rimanga il dubbio del superamento, è opportuno mettere in atto le opportune misure di precauzione volte a ridurre l'esposizione.

Si evidenzia infine che nelle norme tecniche EN 14255 è richiesto che, per il confronto con i limiti di esposizione, la misura dei livelli di esposizione abbia un'incertezza estesa (con livello di confidenza del 95%) non superiore al 30%.

B.4 Come si tiene conto dell'incertezza di misura ai fini del confronto con i VLE?

Ai fini della valutazione del rischio da radiazione ottica, così come avviene per qualsiasi altro fattore di rischio, è necessario tenere conto dell'incertezza di misura, in quanto questa è fondamentale per determinare se e in che misura il risultato di una particolare valutazione sia conforme o non conforme ai limiti fissati dalla normativa pertinente.

Idealmente l'incertezza estesa³ complessiva dovrebbe essere minore della differenza tra il valore misurato o calcolato e il pertinente valore limite. Se l'incertezza estesa è molto elevata, la valutazione di conformità o di non conformità di un valore di esposizione rispetto a un limite sarà tanto meno affidabile quanto più il valore di esposizione misurato è prossimo al valore limite. Una volta determinata l'incertezza estesa della valutazione è necessario definire ed adottare specifiche regole nei casi in cui non può essere presa una decisione certa di conformità o non conformità rispetto ai limiti di legge, per esempio quando il valore limite cade all'interno dell'intervallo di fiducia

³ **NOTA** Nel presente documento, il termine "incertezza estesa" va sempre inteso riferita al livello di confidenza (o livello di fiducia) del 95%.

associato al risultato. Considerato che le misure di esposizione a ROA in tale contesto hanno la finalità di tutelare i lavoratori da esposizioni potenzialmente nocive, se l'intervallo dell'incertezza estesa del dato misurato comprende il valore limite è necessario mettere in atto le opportune misure di precauzione volte a ridurre l'esposizione, in considerazione del fatto che dai risultati della misura non è garantito il rispetto del VLE. Potrebbe essere scelto in alternativa di ripetere la misura utilizzando una catena strumentale più accurata e migliorando la valutazione delle variabili in gioco, al fine di ridurre l'incertezza di misura. La scelta richiede in genere costi aggiuntivi legati alla misurazione, da valutare in relazione ai benefici effettivi conseguibili ai fini della prevenzione e della tutela de lavoratori.

B.5 Quali sono le specifiche indicazioni per le misurazioni di esposizioni a sorgenti pulsate di radiazioni non coerenti?

Le indicazioni metodologiche per l'effettuazione di misurazioni per questo tipo di sorgenti sono riportate nelle norme:

- CEI EN 62471:2009 *Sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade;*
- UNI EN 14255-1:2005 *Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti – Parte 1: Radiazioni ultraviolette emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro;*
- UNI EN 14255-2:2006 *Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti – Parte 2: Radiazioni visibili ed infrarosse emesse da sorgenti artificiali nei posti di lavoro.*

Nell'effettuare rilievi su sorgenti pulsate occorre accertarsi che lo strumento di misura disponga di caratteristiche adeguate soprattutto in termini di dinamica e di tempo di risposta in modo da caratterizzare al meglio il rilevamento del singolo impulso. In generale i radiometri a fotodiodo possono raggiungere prestazioni anche molto spinte in termini di tempi di risposta tuttavia hanno l'inconveniente della risposta spettrale (vedi B.6). Gli spettroradiometri a scansione con fotomoltiplicatore, pur avendo dinamiche molto spinte, risultano in generale inadeguati per i tempi di risposta particolarmente lenti; molto più veloci quelli ad array CCD ma da usarsi con cautela ed in modo avveduto soprattutto per rilievi nella banda UV in presenza di un'intensa componente visibile (vedi B.6). Inoltre, è opportuno accertarsi che lo strumento sia in grado di rilevare il valore massimo dell'esposizione e non solo quello mediato, soprattutto per la valutazione del rischio termico (cfr. 7.5.3 Duration of measurement di UNI EN 14255-2:2006)

B.6 Quali requisiti deve avere la strumentazione di misura.

A) Radiazioni Ottiche Non Coerenti

Esistono due categorie di strumenti per valutare gli indicatori di rischio da esposizione a radiazione ottica: i radiometri a banda larga e gli spettroradiometri. I primi restituiscono un valore globale della grandezza fisica o efficace per la quale sono costruiti e tarati, i secondi restituiscono la distribuzione spettrale della radianza o dell'irradianza a partire dalla quale si calcolano le grandezze fisiche o efficaci globali da confrontare con i limiti.

I vantaggi dell'utilizzo dei radiometri sono le dimensioni contenute, la semplicità d'uso, la velocità di acquisizione. Tuttavia, la misura con tali strumenti può essere affetta da un'incertezza anche elevata (superiore al 30%) dovuta al fatto che la risposta spettrale e quella angolare non coincidono con le risposte ideali. In particolare, nel caso in cui si misuri una grandezza efficace, la risposta spettrale dovrebbe coincidere con il relativo spettro ad azione mentre, nel caso in cui si misuri una grandezza fisica, la risposta spettrale dovrebbe essere piatta nell'intervallo voluto e nulla altrove. Per quanto riguarda la risposta angolare, essa dovrebbe coincidere con la risposta coseno nelle misure di irradianza e con l'angolo di vista α nelle misure di radianza. Per questo motivo l'incertezza riportata sul certificato di taratura è valida soltanto nel caso in cui si misuri una sorgente avente lo stesso spettro di emissione della sorgente utilizzata in taratura e in condizioni geometriche analoghe a quelle di taratura. In caso contrario nella stima dell'incertezza occorre inserire i contributi legati alle differenze tra le risposte spettrale e angolare del radiometri e quelle ideali. Questi valori (indicati con $f1'$ e $f2/f2'$ nella norma tecnica di riferimento CEI 53-1982 'Methods of characterizing the performance radiometers and photometers') generalmente dovrebbero essere dichiarati dal costruttore. Possono comunque essere calcolati qualora siano noti le risposte spettrale e angolare del radiometro e lo spettro della sorgente di taratura. Pertanto l'utilizzo di questi radiometri finalizzato al confronto con i limiti di legge richiede un'attenta stima dell'incertezza ai fini del confronto con i limiti (FAQ B.4).

Gli spettroradiometri consentono misure più accurate in quanto restituiscono lo spettro della sorgente, che deve poi essere integrato e pesato in funzione dell'indicatore di rischio da valutare. Non esiste pertanto il problema dell'incertezza associata alla risposta spettrale non ottimale, se l'intero spettro di emissione della sorgente rientra nell'intervallo di lunghezze d'onda per il quale lo strumento garantisce linearità di risposta e riferibilità metrologica. Rispetto ai radiometri gli spettroradiometri possono essere più accurati ma sono in genere più costosi e di più difficile impiego. Si dividono in due tipologie: spettroradiometri a scansione e array di CCD.

Gli spettroradiometri a scansione consentono misure molto precise anche nella regione spettrale UV, più critica per gli array di CCD come discusso nel paragrafo successivo. Questa maggiore precisione si ottiene grazie all'impiego, come rivelatore, di un fotomoltiplicatore, molto sensibile alla radiazione UV, e all'utilizzo, per scomporre la radiazione, di un doppio monocromatore che riduce notevolmente la luce parassita (stray light) rispetto al solo singolo (da 10^{-4} a 10^{-8}). Possono tuttavia risultare di difficile impiego negli ambienti di lavoro a causa dell'ingombro importante e della variabilità della taratura in funzione dei fattori ambientali. Non sono inoltre indicati per la misura di sorgenti variabili a causa del tempo impiegato per la scansione.

Gli spettroradiometri ad array di CCD sono strumenti compatti che offrono una misura istantanea dello spettro di emissione della sorgente, cosa che li rende idonei anche alla misura di sorgenti variabili. Tuttavia a causa della presenza

solo di un singolo monocromatore, la stray light elevata (10^{-4}) nella regione UV rende critica la misura di sorgenti che emettono in questa banda, soprattutto nel caso di sorgenti con elevata emissione nel visibile, che richiede l'attuazione di accorgimenti ad hoc per prevenire importanti artefatti di misura. Alcuni di questi strumenti prevedono un sistema di termalizzazione del sensore per mezzo di una o più celle Peltier. Questa caratteristica permette di diminuire drasticamente il rumore termico del sensore dovuto al riscaldamento dello stesso causato dall'elettronica interna e dalla luce introdotta nello strumento per la misura.

Si evidenzia che nel caso di sorgenti che emettono su tutto lo spettro di radiazione ottica non è possibile utilizzare un unico strumento dotato di un unico sensore per verificare il rispetto di tutti i limiti riportati nel decreto, poiché non sono disponibili rivelatori con una sensibilità adeguata. Per rivelare la radiazione UV generalmente si utilizzano fotomoltiplicatori, per la radiazione visibile e il vicino infrarosso rivelatori a stato solido e per l'infrarosso le termopile. Le termopile in realtà rispondono in tutto l'intervallo spettrale della radiazione ottica. Per selezionare gli specifici intervalli spettrali d'interesse previsti dal decreto è pertanto necessario utilizzare dei filtri che, riducendo il segnale che incide sul rivelatore, aumentano significativamente l'intensità che la radiazione deve avere per essere rilevata. Questo limita l'uso delle termopile a sorgenti sufficientemente intense.

Tutti gli strumenti devono essere dotati di un'opportuna ottica di raccolta delle radiazioni: un correttore di coseno o una sfera integratrice qualora si debbano fare misure di irradianza, un ottica telescopica o un ottica priva di lenti, ma dotata di diaframmi circolari che delimitino il campo di vista, nel caso si effettuino misure di radianza. In questo ultimo caso queste ottiche potranno essere solidali con lo spettroradiometro (o con la sonda del radiometro) o collegate allo strumento (rivelatore) mediante ottiche di collimazione e/o fibre ottiche.

Le misure di esposizione radiante si ottengono integrando il dato di irradianza efficace per la durata dell'esposizione oppure possono venire fornite automaticamente dalla strumentazione.

B) Laser

La misura più semplice è quella della potenza media, che si effettua con rivelatori a termopila che di solito sono in grado di misurare anche l'energia di singoli impulsi $Q=P_p T_p$, che permette comunque di ricavare la potenza media dalla relazione di cui al quesito B.2.2

Il vantaggio dei rivelatori a termopila è il costo contenuto e la risposta indipendente dalla lunghezza d'onda in un ampio intervallo.

Lo svantaggio principale è costituito dalla velocità di risposta che non permette di misurare variazioni temporali di potenza su tempi inferiori al secondo.

Se occorre misurare la frequenza di ripetizione o la durata dei singoli impulsi, è necessario dotarsi di un rivelatore a fotodiode, eventualmente accoppiato con oscilloscopio a memoria digitale.

La risposta dei fotodiodi è molto rapida, permettendo anche la valutazione della forma dell'impulso ma richiede di solito la conoscenza precisa della lunghezza d'onda per fornire un dato accurato di intensità.

Quando è necessario valutare la presenza di componenti armoniche può servire la misura della lunghezza d'onda con spettroradiometro.

Tale misura, finalizzata unicamente a riconoscere la presenza di componenti spettrali diverse è più facilmente attuabile sulla radiazione diffusa da una superficie opportuna, da scegliere come descritto in B.2.3. L'eventuale caratterizzazione spettrale del fascio diretto richiede strumentazione adatta alla potenza del laser e va al di là degli scopi delle misure di sicurezza laser.

Il misuratore di potenza/energia deve essere tarato con la periodicità indicata dal costruttore.

Lo spettroradiometro e il fotodiodo per la valutazione della forma dell'impulso forniscono informazioni complementari alla misura "assoluta" di potenza/energia, in questo senso possono essere eseguite con strumenti non tarati in energia.

Se invece si utilizza un rivelatore a fotodiodo anche per la misura di potenza/energia anche questo deve essere tarato con la periodicità indicata dal costruttore.

B.6.1 Qual è la periodicità della taratura?

Per poter garantire la necessaria riferibilità metrologica ed il mantenimento dei requisiti di accuratezza richiesti (FAQ B.4), la strumentazione utilizzata deve essere fornita, all'atto dell'acquisto, di certificato di taratura rilasciato dal costruttore o da centro di taratura che garantisca la riferibilità ai campioni nazionali (LAT - Laboratori di Taratura accreditati da ACCREDIA) o internazionali (ad esempio accreditamento UKAS in Gran Bretagna, ÖKD in Austria etc.) accreditati in ambito ILAC).

Il certificato di taratura deve essere sempre oggetto di valutazione da parte del personale esperto incaricato della misura, al fine di verificare se e in che misura gli strumenti di misura utilizzati siano adeguati ai livelli di accuratezza richiesti dalla valutazione di cui è responsabile.

La strumentazione deve essere periodicamente sottoposta a taratura presso laboratori di taratura accreditati, come precedentemente specificato, per garantire il permanere nel tempo dei requisiti metrologici certificati all'atto dell'acquisto e garantiti dal costruttore.

La periodicità di taratura della strumentazione di misura ROA - come avviene per gli altri agenti fisici salvo rare eccezioni (rischio rumore) - non è definita da norme specifiche. Ai sensi delle norme ISO 9001 e ISO 17025, essa deve essere definita in primo luogo dall'utilizzatore dello strumento che, in quanto persona esperta (art. 181 D.Lgs. 81/08), si assume la responsabilità dell'utilizzo dello strumento ai fini della corretta valutazione del rischio e decide con quale frequenza tarare lo strumento. Per decidere tale periodicità il valutatore deve basarsi su alcuni elementi. Il principale riguarda l'informazione fornita in merito dal costruttore dell'apparecchio. Le caratteristiche tecniche degli strumenti di misura, che includono i requisiti metrologici, vengono

dichiarate dal costruttore dell'apparecchio sui cataloghi e/o manuali di istruzioni. Nel caso dei più diffusi strumenti utilizzati per la valutazione delle ROA, la periodicità richiesta dai produttori ai fini della taratura è tipicamente annuale. Ciò significa che, se lo strumento viene utilizzato nelle condizioni standard definite dal produttore, viene garantito il livello di accuratezza dichiarato nel certificato per un anno.

E' comunque facoltà dell'utilizzatore accorciare (o allungare) la periodicità di taratura, anche in relazione alle modalità di utilizzo, alle condizioni e criticità di impiego della strumentazione, agli esiti di confronti di misura e dei controlli intermedi, come di seguito illustrato.

Alla luce di quanto indicato dalle norme di buona tecnica metrologica, è importante che il laboratorio di misura effettui una taratura iniziale (all'acquisto della strumentazione) e stabilisca una periodicità massima per le tarature successive. Al fine di stabilire un intervallo di taratura idoneo, dopo la prima taratura, sarebbe opportuno effettuare delle verifiche intermedie, anche temporalmente ravvicinate, soprattutto dopo esposizioni significative che possono alterare i materiali che costituiscono la sonda rivelatrice. Inoltre si evidenzia che gli spettroradiometri devono essere tarati nella stessa configurazione con cui si seguono le misure (dimensione delle fenditure, guadagno del fotomoltiplicatore, tempo di integrazione...) e nelle stesse condizioni ambientali. Questo comporta la necessità di verificare ed eventualmente ripetere la taratura prima di ogni sessione di misura. E' quindi sconsigliato utilizzare uno spettroradiometro se non si possiedono delle sorgenti per il controllo degli stessi.

B.7 Come si valuta il livello di esposizione alla radiazione contemporanea di più sorgenti nel visibile?

Normalmente in un determinato luogo di lavoro possono essere presenti più sorgenti rilevanti di radiazioni ottiche ma solitamente esse appartengono alla stessa categoria: differenti postazioni di saldatura ad arco all'interno dello stesso ambiente; zone con metallo o vetro fuso a vista in una fonderia; riscaldatori radianti affiancati lungo la postazione di lavoro. Negli esempi elencati i lavoratori possono essere esposti alla radiazione contemporanea di più sorgenti dello stesso tipo. Inoltre se tali sorgenti sono piccole ed hanno un'emissione nel visibile molto intensa la loro radianza è molto elevata, quindi quando rientrano nel campo visivo, l'occhio tende a concentrare la radiazione in una piccola porzione della retina, che può subire un'esposizione molto elevata. Esempi di tali sorgenti sono l'arco di saldatura, lampade ad alogenuri metallici o a LED molto intense per usi speciali. Si noti che nel caso di emissioni nel visibile ed IRA l'organo bersaglio è la retina, mentre per sorgenti di radiazioni nello spettro UV e IRB l'organo bersaglio è la parte anteriore dell'occhio. Un approccio conservativo è il seguente: per ciascun organo bersaglio (retina o parte anteriore dell'occhio), si devono sommare gli effetti dovuti a tutte le sorgenti che contribuiscono all'esposizione del lavoratore. Quando si è in presenza di più sorgenti singolarmente giustificabili, si devono valutare eventuali effetti cumulativi in caso di corrispondenza dello spettro di

emissione o dell'effetto dell'esposizione. Tuttavia si fa presente che tale effetto cumulativo può avere luogo solo se le sorgenti si trovano alla stessa distanza dall'operatore. Un caso particolare è costituito dalla presenza di più sorgenti di illuminazione generale singolarmente giustificabili: la loro corretta installazione dovrebbe garantire il mantenimento di un livello di rischio trascurabile anche considerandole nel loro insieme.

B.8 Quale metodiche è possibile utilizzare per una misura delle esposizioni a radiazioni infrarosse generate da corpi caldi/incandescenti ai fini del confronto con i VLE?

L'esposizione a corpi caldi o incandescenti comporta principalmente un riscaldamento della cute e della parte anteriore dell'occhio, mentre generalmente la temperatura non è mai sufficientemente elevata per presentare un rischio termico per la retina. I rischi principali sono quindi la formazione della cataratta a lungo termine e la bruciatura della cornea e della cute come danno immediato. Il livello di esposizione viene valutato tramite il calcolo delle grandezze E_{ir} (limite "m" ed "n" allegato XXXII D.Lg.81/08) ed H_{skin} (limite "o" allegato XXXVII D.Lgs.81/08).

E_{ir} è la grandezza di riferimento per quanto riguarda i danni oculari la cui l'esposizione è passiva, ovvero l'occhio del lavoratore risulta esposto anche in assenza di fissazione della sorgente, è sufficiente che essa entri nel suo campo visivo. H_{skin} è invece un limite di sicurezza per prevenire l'infortunio da ustione alla cute del lavoratore. Il limite si riferisce ad esposizioni inferiori a 10 secondi in quanto entro questo tempo un soggetto adulto e sano avverte la sensazione termica di bruciatura ed è in grado di allontanarsi e proteggersi autonomamente dalla sorgente. Se dalle valutazioni emerge che la durata di esposizione che determina il superamento del limite o) è di 10 secondi o di questo ordine di grandezza (anche fino a 30-50 secondi) l'operatore dovrà assolutamente proteggere da IR la cute esposta, per evitare l'ustione, in quanto la sorgente IR non è in grado di provocare ustioni solo se l'esposizione risulta molto inferiore del limite o) (cfr. ad esempio banca dati ROA fusione metallo). Si ricorda inoltre che in presenza di livelli elevati di radiazione infrarossa, anche inferiori ai limiti presenti nel capo V (radiazioni ottiche artificiali), è necessario valutare il microclima dell'ambiente al fine di evitare colpi di calore (vedi FAQ sezione Microclima).

Qualora sia necessario eseguire delle misure IR ai fini del confronto con detti VLE si può ricorrere a misure spettroradiometriche o radiometriche. Si evidenzia che le misure spettroradiometriche fino a 3000 nm sono difficilmente effettuabili in quanto la maggior parte degli strumenti ha banda passante dall'UV fino a 1000 nm. D'altra parte, come evidenziato anche nelle linee guida internazionali, ai fini delle valutazioni del rischio sul luogo di lavoro è possibile utilizzare misure eseguite con radiometri. Infatti, il confronto con i limiti di legge in presenza di emissioni da corpi caldi o incandescenti, rispetto a sorgenti con emissioni nel visibile, presenta il vantaggio che i limiti nell'intervallo spettrale dell'infrarosso A e B sono piatti; ciò rende possibile l'utilizzo di strumentazione a banda larga (radiometri) per stimare i livelli di radiazione.

Se si ha necessità di ottenere una maggiore precisione si possono eseguire misure spettro-radiometriche fino a 1000 nm ed estrapolare la parte rimanente di spettro con uno spettro di corpo nero come riportato in bibliografia.

B.9 Come si determina e che valori ha la dimensione angolare α della sorgente di un fascio laser, ai fini del calcolo dei parametri C_6 (usato nella norma CEI 60-825-1) e C_E (usato nel D.Lgs. 81/08)?

La dimensione angolare α della sorgente apparente di un fascio laser o di una sua riflessione speculare è sempre 1,5 mrad, perché la sorgente apparente è sempre puntiforme. Quindi il valore di C_6 e di C_E è sempre 1. Si ricorda che i valori di C_6 e di C_E si applicano solo ai limiti termici, non a quelli fotochimici.

Solo quando si hanno sorgenti multiple (per esempio arrays di diodi laser) o riflessioni da sorgenti perfettamente diffondenti (cioè da superfici "lambertiane", completamente opache alla lunghezza d'onda del laser), la sorgente apparente potrebbe essere, in alcuni casi poco frequenti, estesa e i valori di C_6 e C_E potrebbero essere maggiori di 1. In tali casi però, il calcolo della reale dimensione della sorgente apparente può risultare difficile ed esporre al rischio di sottostima dell'irradiazione retinico. Perciò, anche in questi casi, se non è strettamente necessario, spesso conviene non procedere con il calcolo di α (angolo di vista della macchia luminosa) e porre semplicemente C_6 e C_E uguali 1, ossia ipotizzare la sorgente puntiforme; ciò significa considerare il caso più cautelativo, in quanto corrisponde alla situazione peggiore in cui si stima che tutta la potenza arrivi in un punto (in realtà un'area piccolissima) sulla retina, con un'alta concentrazione di energia termica. Se la sorgente è estesa, la radiazione è dispersa su un'area maggiore, quindi la concentrazione di energia termica è minore e di conseguenza anche il pericolo è inferiore.

Come già specificato precedentemente, nel caso di fasci laser diretti o riflessi specularmente, la sorgente apparente va considerata sempre piccola, cioè $\alpha = \alpha_{\min}$, per qualsiasi valore del beam waist (punto più stretto del fascio) e della divergenza.

Angolo sotteso dalla sorgente α

Con α si intende l'angolo piano sotteso dalla sorgente pari al rapporto tra la dimensione lineare della sorgente e la sua distanza dall'occhio.

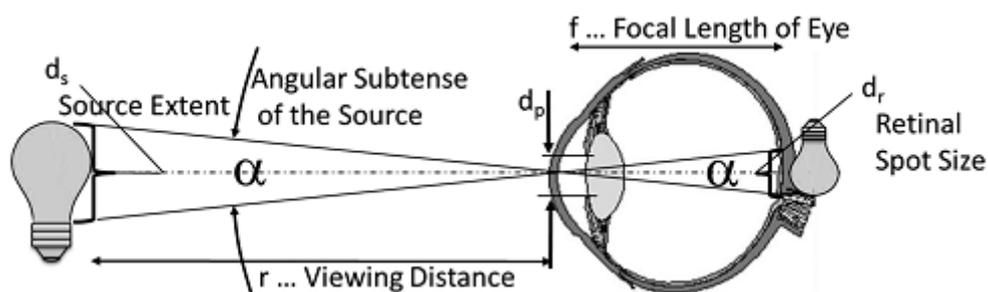


Figura B.9.1 Rappresentazione dell'angolo α

L'angolo di vista γ è l'angolo piano che si ottiene dal rapporto tra il diametro F di un diaframma posto di fronte ad una sorgente (con l'obiettivo di oscurarla in parte) e la distanza tra il rilevatore ed il centro del diaframma stesso. Si misura in radianti.

$$\gamma = \frac{F}{r}$$

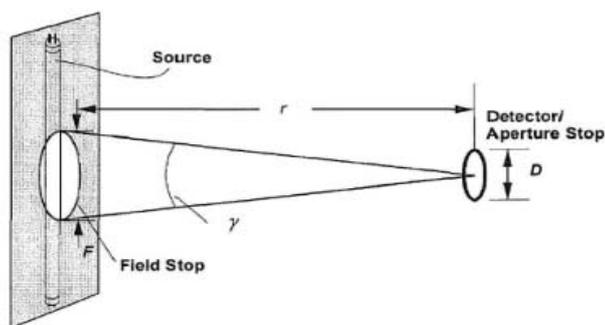


Fig. 21

Figura B.9.2 Rappresentazione dell'angolo di vista γ

I valori di γ suggeriti dall'ICNIRP per la valutazione dei diversi rischi sono riportati nelle seguenti tabelle.

Tab. 1: Angolo di vista per la valutazione del rischio da luce blu (300-700nm) (limite c-d)

λ [nm]	Durata esposizione t [s]	γ [mrad]
300 – 700	10 ÷ 100	11
	100 ÷ 10000	$1.1 \times t^{1/2}$
	> 10000	110

Tab. 2: Angolo di vista per la valutazione del rischio termico da luce visibile e infrarosso (380-1400nm) (limite g-h-i)

λ [nm]	Durata esposizione t [s]	γ_{th} [mrad]
380-1400	$t \geq 0,25$	11
	$t \leq 0,25$ e se presenti hot spot	5

Tab. 3: Angolo di vista per la valutazione del rischio da ustione alla retina da vicino infrarosso (780-1400 nm) (limite j-k-l)

λ [nm]	Durata esposizione t [s]	γ_{th} [mrad]
780-1400	qualsiasi	11

Nella pratica per ottenere l'angolo di vista γ corretto in funzione del tempo di esposizione occorre interporre un diaframma tra la sorgente ed il rivelatore. Il diametro del diaframma (F) e la sua distanza dal rivelatore di irradianza (r) devono essere tali che il loro rapporto sia pari al γ desiderato.

Ad esempio nel caso di esposizioni fino a 100 secondi il γ da utilizzare è 11 mrad dunque la distanza di misura deve essere circa 100 volte il diametro della schermatura. Per tempi di esposizione superiori, γ deve essere aumentato fino ad un massimo di 110 mrad.

Inoltre la posizione del diaframma e del rivelatore devono essere tali da garantire la determinazione del massimo valore di esposizione.

ω angolo solido sotteso dalla sorgente luminosa

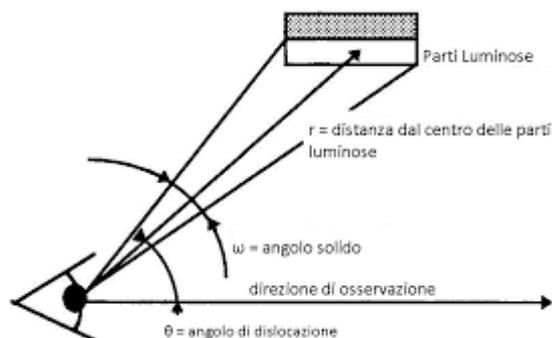


Figura B.9.3 Rappresentazione di ω angolo solido ω sotteso dalla sorgente luminosa

ω è pari al rapporto tra l'area apparente della sorgente e il quadrato della distanza dell'osservatore dal centro delle parti luminose della sorgente stessa e si misura in steradiani.

$$\omega = \frac{A}{r^2}$$

Nel caso in cui si utilizzi un diaframma per oscurare parte della sorgente in modo da effettuare la misura con l'angolo di vista γ appropriato, la relazione tra γ e ω è la seguente.

$$\omega = \frac{\pi}{4} \cdot \gamma^2$$

SEZIONE C

VALUTAZIONE DEL RISCHIO

C.1 Come si può effettuare la valutazione del rischio di esposizione alle ROA?

Per effettuare la valutazione del rischio di esposizione alle ROA lo schema di flusso consigliato è il seguente:

- **Censimento delle sorgenti:** è necessario preliminarmente censire le sorgenti ROA (non limitandosi a consultare inventari spesso non correttamente aggiornati) ed acquisirne le caratteristiche di emissione a partire dai dati forniti dai fabbricanti (UV/IR/Visibile). Si ricorda che l'art. 202 punto m) del D.Lgs. 81/2008 prescrive che la valutazione del rischio prenda in esame le informazioni fornite dai fabbricanti delle attrezzature in conformità alle pertinenti direttive comunitarie. Il censimento pertanto non potrà prescindere da un'attenta analisi dei manuali di istruzioni ed uso delle sorgenti ROA, anche ai fini di mettere in atto quanto di seguito riportato.
- **Individuazione delle sorgenti giustificabili e di quelle che richiedono approfondimento valutativo** (cfr. C.4; C.5).
- **Individuazione dei gruppi omogenei di lavoratori esposti per motivi professionali**
- Devono essere acquisite le planimetrie delle aree di lavoro ove sono impiegate sorgenti che possono dare luogo ad esposizioni superiori a VLE per individui non protetti, riportando la collocazione delle sorgenti e le attività lavorative svolte in prossimità delle stesse. Per potere valutare il rischio del lavoratore/ gruppi omogenei di lavoratori è necessario analizzare i diversi scenari espositivi in relazione alle distanze degli operatori dalla sorgente, se le mansioni svolte prevedono la fissazione o meno della sorgente, l'orientamento dei soggetti/gruppi omogenei rispetto alla sorgente, distinguendo tra esposizione diretta e radiazione diffusa/riflessa, e le durate di esposizione, caratterizzando in tal modo i gruppi omogenei.

Individuazione dell'esposizione (da dati del costruttore; anche dati ROA; altre fonti vedi FAQ C.2) E' da valutare la tipologia di esposizione a ROA relativa a ciascun gruppo omogeneo (UV/IR/Visibile) e, per ciascuno dei gruppi omogenei identificati, la possibilità di superamento dei pertinenti VLE in assenza di DPI.

- **Confronto con i valori limite:** i risultati acquisiti dalle fasi precedenti devono essere confrontati con i valori limite riportati nell'Allegato XXXVII - Parte I del D.Lgs. 81/08. Ciò è tipicamente realizzato in relazione alle durate massime espositive che comportano il superamento dei pertinenti VLE per mansioni/attività omogenee. Tale elemento è indispensabile ai fini di poter effettuare una corretta valutazione dei DPI richiesti per ciascun gruppo omogeneo, istituire un corretto protocollo di sorveglianza sanitaria da parte del M.C. ed attivare le attività di formazione/addestramento richieste per le differenti categorie di lavoratori esposti. (FAQ A.3).
- **Individuazione (verifica) delle aree di superamento dei VLE e delimitazione delle stesse**
L'individuazione e delimitazione di tali aree è raccomandato che sia effettuata **contestualmente** alla valutazione del rischio. Si ricorda che ai

sensi dell'art. 217 comma 2 luoghi di lavoro in cui i lavoratori potrebbero essere esposti a livelli di radiazioni ottiche che superino i valori limite di esposizione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile. Nel caso degli apparati Laser tale delimitazione è effettuata a partire dalla DNRO.

– **Valutazione della possibilità di ridurre il rischio associato all'esposizione a ROA**

L'art. 202 punto f) del D.Lgs. 81/2008 prescrive che la valutazione del rischio ROA prenda sempre in esame, indipendentemente dal fatto che si sia superato o meno il valore limite, l'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre il rischio di esposizione a ROA.

La finalità di ridurre il rischio derivante dall'esposizione a ROA nel suo complesso, sia per quanto riguarda gli effetti diretti che per gli effetti indiretti, deve essere parte integrante della valutazione del rischio ROA. Essa dovrebbe essere effettuata - laddove possibile - nelle fasi preliminari della valutazione, contestualmente al censimento delle sorgenti, in maniera da poter individuare un adeguato piano di riduzione del rischio, prescritto al punto g) dell'art. 202.

Ad esempio nel processo di valutazione del rischio dovrà essere preso in considerazione, per ciascuna sorgente non giustificabile, se le stesse funzioni possano essere svolte utilizzando una sorgente giustificabile, o un apparato che a parità di prestazioni presenti un minore rischio. E' questo il caso tipico dell'impiego di laser in classe IV con DNRO dell'ordine dei metri, quando le stesse operazioni potrebbero essere effettuate con laser in classe IV con DNRO di alcuni centimetri o con con apparati in classe 1 (contenenti all'interno il Laser in classe IV completamente schermato) o ancora apparati che utilizzino lampade classificate nel gruppo di rischio 2 che possono essere sostituite con sorgenti nella fascia di rischio "esente" senza comprometterne l'efficienza operativa (es. fototerapia, sistemi per illuminazione localizzata a LED etc.).

– **Valutazione della disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare il rischio di esposizione alle radiazioni ottiche**

L'art. 202 punto g) del D.Lgs. 81/2008 prescrive che la valutazione del rischio ROA prenda sempre la disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare il rischio, sia in termini di numero di esposti che di livelli di esposizione. E' questo tipicamente il caso dell'adozione di schermature nell'ambito della compartimentazione delle aree, al fine di ridurre il numero di esposti a ROA, o ancora la schermatura con interblocco che prevenga l'esposizione degli operatori a sorgente accesa, l'isolamento delle aree di lavoro ove è presente rischio ROA etc.

Si sottolinea che ai fini della riduzione del rischio ROA bisognerà attentamente prendere in esame le informazioni fornite dal costruttore dell'apparecchiatura /sorgente, laddove queste siano fornite dai costruttori come prescritto dalle pertinenti direttive. (FAQ E.2)

La valutazione dovrà esaminare in dettaglio quanto necessario ai fini della corretta installazione ed impiego sicuro del macchinario/sorgente e

individuare le appropriate procedure operative e manutentive mirate alla riduzione del rischio, che sono parte integrante della valutazione del rischio. La valutazione del rischio si effettua di norma ogni quattro anni, qualora non intervengano modifiche sostanziali ai cicli di lavoro; pertanto è fondamentale che le procedure predisposte a seguito della valutazione dei rischi siano sostenibili e specifiche in relazione alle modalità organizzative e gestionali dell'azienda, in modo da poter rimanere efficaci nel corso dei quattro anni.

E' pertanto indispensabile che nel contesto della valutazione del rischio si valutino attentamente le procedure di acquisto/manutenzione/sostituzione dei macchinari e sorgenti in atto (o da attuare) ai fini di prevenire variazioni incontrollate dell'esposizione nel corso degli anni. (FAQ E.2; E.4).

- **Qualsiasi effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio**

L'art. 202 punto c) del D.Lgs. 81/2008 prescrive che la valutazione del rischio ROA prenda in esame gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio.

La valutazione del rischio per i soggetti sensibili va fatta caso per caso, di concerto con il Medico Competente, individuando per ciascuno di essi quali siano le eventuali misure aggiuntive di tutela da mettere in atto, anche qualora l'esito della valutazione del rischio sia nella fascia "a basso rischio". La valutazione del rischio si effettua di norma ogni quattro anni, e nel corso dei quattro anni potrebbero insorgere condizioni individuali (es. assunzione di farmaci) che portino il lavoratore a trovarsi in una condizione di suscettibilità individuale. E' pertanto fondamentale che la valutazione del rischio individui e caratterizzi le tipologie di esposizione che potrebbero comportare effetti avversi per tali categorie di lavoratori, in maniera che tutti i lavoratori, a seguito della valutazione del rischio, siano consapevoli di essere esposti ad un rischio che potrebbe richiedere maggiori misure di tutela per i soggetti sensibili ed essere in grado di capire se e in che misura essi si vengano a trovare in una condizione di suscettibilità individuale. È da tener presente che in taluni casi la presenza di sostanze fotosensibilizzanti sulla pelle, presenti nell'ambiente o applicate intenzionalmente, o anche ingerite (per es. alcuni farmaci) può dare luogo a vere e proprie scottature anche in presenza di bassi livelli espositivi.

- **Censimento delle sostanze fototossiche e fotoallergizzanti utilizzate nelle attività lavorative che espongono a ROA o con cui può comunque entrare in contatto il lavoratore.**

Il censimento può essere effettuato con riferimento alla tabella a_2 FAQ A.2.

L'art. 202 punto d) del D.Lgs. 81/2008 prescrive che la valutazione del rischio ROA prenda in esame qualsiasi eventuale effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori risultante dalle interazioni sul posto di lavoro tra le radiazioni ottiche e le sostanze chimiche fotosensibilizzanti

A seguito della ricognizione delle sostanze dovranno essere individuate le appropriate procedure di lavoro per prevenire effetti fototossici o fotoallergici, di concerto con il M.C.

- **Efficienza ed efficacia dei DPI-DPC in uso.**

Efficienza: Si basa sull'analisi dell'idoneità caratteristiche dei DPI - DPC in uso , in relazione alle sorgenti in uso ed ai valori di esposizione riscontrati.

Efficacia: Si basa principalmente sull'analisi delle procedure di gestione degli stessi e della corretta attuazione di tali procedure da parte dei lavoratori.

La valutazione è altresì basata sugli esiti dei controlli sanitari periodici forniti dal M.C. per gruppi omogenei di lavoratori e degli incidenti , infortuni, malattie professionali riferibili alle specifiche sorgenti ROA riscontratesi nel corso degli anni

Si ricorda in proposito che l'art. 202 punto h) del D.Lgs. 81/2008 prescrive che la valutazione del rischio prenda in esame per quanto possibile, informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni pubblicate;

Tali informazioni sono importanti ai fini della valutazione dell'efficacia delle misure di tutela messe in atto in azienda e sulla individuazione di possibilità di miglioramento.

- **Valutazione possibili effetti indiretti**

L'art. 202 punto e) del D.Lgs. 81/2008 prescrive che la valutazione del rischio prenda in esame qualsiasi effetto indiretto come l'accecamento temporaneo, le esplosioni o il fuoco.

L'esposizione degli occhi a sorgenti particolarmente luminose può costituire un problema per alcune prassi lavorative. Le normali reazioni di avversione devono fornire un livello di protezione a livelli di esposizione inferiori al valore limite di esposizione. Anche se risultano rispettati i VLE, il datore di lavoro deve considerare le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali che possono causare distrazione, abbagliamento, accecamento e persistenza di immagine qualora tali esposizioni possano compromettere la sicurezza del lavoratore o di altri. Tali effetti possono manifestarsi per valori molto inferiori ai VLE fissati per la radiazione visibile.

Le radiazioni ottiche derivanti da alcune sorgenti di radiazioni ottiche artificiali potrebbero causare esplosioni o incendi. Questo aspetto è particolarmente importante per i laser di classe 4, ma deve essere considerato anche per altre sorgenti, in particolare negli ambienti dove possono essere presenti agenti infiammabili o esplosivi.

Utili riferimenti per la conduzione della valutazione del rischio da ROA non coerenti sono presenti nell'allegato A delle norme UNI EN 14255-1 e UNI EN 14255-2.

C.2 Quali fonti sono utilizzabili per la valutazione del rischio?

L'art. 216 del D.lgs. 81/08 prevede che la metodologia seguita nella valutazione, nella misurazione e/o nel calcolo rispetta le norme della Commissione elettrotecnica internazionale (IEC), per quanto riguarda le radiazioni laser, le raccomandazioni della Commissione internazionale per l'illuminazione (CIE) e del Comitato europeo di normazione (CEN) per quanto riguarda le radiazioni incoerenti. Rimanda inoltre alle buone prassi individuate o emanate dalla Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro o, in subordine, alle linee guida nazionali o internazionali scientificamente fondate. In tutti i casi di esposizione, è prescritto dall'art. 216 che la valutazione tiene conto dei dati indicati dai fabbricanti delle attrezzature, se contemplate da pertinenti direttive comunitarie di prodotto.

Pertanto ai sensi dell'art. 216 del D.lgs. 81/08 una fonte di informazione imprescindibile per valutare il rischio ROA è il manuale d'uso e manutenzione della sorgente/apparato. E' da tenere presente che sia i macchinari che rientrano nel campo di applicazione della direttiva macchine (Direttiva Europea 2006/42/CE, recepita dal D.Lgs. 27 gennaio 2010, n. 17), che gli elettromedicali (Direttiva Europea 2007/47/CE, recepita dal D.Lgs. 25.01.2010, n.37), che le lampade e gli altri apparati che rientrano nella Direttiva Bassa Tensione per poter essere conformi al marchio CE devono essere forniti di un manuale contenente tutte le informazioni necessarie per un utilizzo sicuro in relazione alle radiazioni emesse (vedi FAQ E.2) Le informazioni presenti sui manuali d'uso e manutenzione devono essere forniti in conformità alle normative di prodotto applicabili. Qualora queste non siano disponibili le informazioni saranno fornite secondo criteri individuati dal costruttore.

Si ricorda che per quanto riguarda i sistemi LASER lo stesso art. 216 prevede al punto l) che ai fini della valutazione del rischio si presti particolare attenzione ad "una classificazione dei laser stabilita conformemente alla pertinente Norma IEC e, in relazione a tutte le sorgenti artificiali che possono arrecare danni simili a quelli di un laser della classe 3B o 4, tutte le classificazioni analoghe. (FAQC.3)

Ciò in quanto - nel caso delle sorgenti LASER - la norma EN IEC 60825-1 richiede al fabbricante di classificare il laser e di indicare le avvertenze di sicurezza ed i dati di emissione (potenza, diametro del fascio, DNRO, etc.) utili ai fini di una corretta valutazione del rischio. L'assenza della classificazione del Laser e/o delle informazioni essenziali di sicurezza che il costruttore è tenuto a fornire ai sensi della norma di prodotto si configurano come una non conformità alle disposizioni di cui al Titolo III del D.Lgs. 81/08.

Le norme che disciplinano specifiche sorgenti e le modalità di corretto impiego in relazione alla valutazione del rischio sono discusse alla FAQ C.3 per quanto riguarda gli apparati LASER ed alle FAQ C.7-C.12 per alte tipologie di sorgenti ROA non coerenti.

La valutazione del rischio può essere effettuata facendo riferimento alla sezione ROA del Portale Agenti Fisici , che è oggetto di continuo aggiornamento, ed in particolare:

- Ai dati riportati nella Banca Dati ROA del Portale Agenti Fisici
- Ai rapporti di valutazione del rischio per specifiche sorgenti contenuti alla sezione ROA-Documentazione del Portale Agenti Fisici
- Alle procedure guidate on line disponibili per specifiche sorgenti (es saldatura; sistemi di illuminazione, LASER etc.) del Portale Agenti Fisici .

Si raccomanda di consultare la sezione ROA del Portale Agenti Fisici anche se la valutazione del rischio viene effettuata utilizzando differenti fonti (es. misure) al fine di valutare se e in che misura i risultati ottenuti e le conseguenti misure di tutela individuate a seguito della valutazione effettuata siano coerenti con quanto previsto per un'analogha sorgente contenuta nel Portale Agenti Fisici.

A livello europeo un autorevole riferimento da utilizzare per la valutazione del rischio è la Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva 2006/25/CE «Radiazioni ottiche artificiali» in cui sono esplicitate e commentate in modo articolato le disposizioni della Direttiva 2006/25/CE oltre alla discussione di specifiche condizioni espositive. E' possibile scaricare le guide pratiche dal portale degli agenti fisici alla sessione ROA-documentazione.

Utili riferimenti per la conduzione della valutazione del rischio da ROA non coerenti sono presenti nell'allegato A delle norme UNI EN 14255-1 e UNI EN 14255-2

C.3 Come si valuta il rischio per sistemi LASER?

L'art. 216 del D.lgs. 81/08 prescrive che la valutazione tenga dei dati indicati dai fabbricanti delle attrezzature, se contemplate da pertinenti direttive comunitarie di prodotto.

Pertanto in generale ai sensi dell'art. 216 del D.lgs. 81/08 una fonte di informazione imprescindibile per valutare il rischio ROA è il manuale d'uso e manutenzione della sorgente/apparato (FAQ C.2)

Nello specifico, per quanto riguarda i sistemi LASER, lo stesso art. 216 prevede al punto l) che ai fini della valutazione del rischio si presti particolare attenzione ad "una classificazione dei laser stabilita conformemente alla pertinente Norma IEC e, in relazione a tutte le sorgenti artificiali che possono arrecare danni simili a quelli di un laser della classe 3B o 4, tutte le classificazioni analoghe".

Ciò in quanto - nel caso delle sorgenti LASER - la norma EN IEC 60825-1 richiede al fabbricante di classificare il laser e di indicare le avvertenze di sicurezza ed i dati di emissione (potenza, diametro del fascio, DNRO, caratteristiche dei di DPI etc.) necessarie ai fini di una corretta valutazione del rischio. L'assenza della classificazione del Laser e/o delle informazioni essenziali di sicurezza che il costruttore è tenuto a fornire ai sensi della norma di prodotto si configurano come una non conformità alle disposizioni di cui al Titolo III del D.Lgs. 81/08.(FAQ E.2)

La classificazione dei laser si basa sul concetto di limite di emissione accessibile (LEA), che viene definito per ogni classe di laser. Il LEA considera non solo l'emissione del prodotto laser ma anche l'accesso umano a tale emissione. I laser sono raggruppati in 8 classi: quanto più alta è la classe, tanto maggiore è il possibilità di provocare danni. (FAQ C.2)

Un altro elemento fondamentale ai fini della valutazione del rischio, che deve essere fornita dal costruttore ai fini della commercializzazione dei Laser in classe 3B e 4, quando rilevante ai fini della sicurezza, è la DNRO: Distanza Nominale di Rischio Oculare (FAQ B2.3).

La norma prescrive l'obbligo da parte del produttore di fornire la DNRO anche per Laser di classe inferiore alla 3B e 4, se questa risulta rilevante ai fini della gestione della sicurezza. Tale parametro può essere utilizzato come punto di partenza per una corretta gestione della sicurezza dell'apparecchio: a seconda di quanto sia la distanza alla quale il LASER è in grado di procurare un danno, si può decidere come dimensionare le misure di prevenzione e protezione: se la DNRO è di pochi centimetri sarà sufficiente l'utilizzo di opportuni DPI oculari per il solo operatore; viceversa nei casi in cui la DNRO sia dell'ordine dei metri, sarà necessario delimitare un ambiente completamente isolato ad accesso controllato con interblocchi nel quale utilizzare l'apparecchio LASER (Zona Laser Controllata), con obbligo di impiego di DPI idonei per tutti coloro che si trovino in tale area. La DNRO è pertanto uno strumento indispensabile ai fini della valutazione del rischio laser e per la determinazione delle misure di prevenzione e protezione fondamentali, tra cui la delimitazione dell' Area Laser controllata (faq E.1), le caratteristiche dell'area di installazione, la classificazione del personale addetto etc.

Una procedura guidata per la valutazione del rischio Laser a partire dalla DNRO e dalla classificazione del Laser è presente alla sezione ROA del Portale Agenti Fisici - "Procedura guidata rischio Laser", per le diverse tipologie di Laser: Laser per applicazioni biomediche ed estetiche, laser all'interno di apparati industriali, laser per spettacolo.

C.3.1 Come sono classificati i LASER ai sensi della norma CEI EN IEC 60825-1?

La Norma CEI EN 60825-1 raggruppa i Laser in otto differenti classi omogenee di rischio, specificando le fondamentali misure di prevenzione da attuare per ciascuna classe. Di seguito si fornisce un riepilogo delle classi e delle principali misure di tutela prescritte .

- **Classe 1** - Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, incluso l'uso di strumenti ottici per la visione del fascio.

SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa
APPARECCHIO LASER DI CLASSE 1

Esempi: Puntatori Laser per didattica, Laser in giocattoli

Attenzione: Questa classe include anche prodotti contenenti laser ad alta potenza in un involucro che impedisce l'esposizione umana alle radiazioni e che non può essere aperto senza spegnere il laser o che richiede l'utilizzo di strumenti per accedere al fascio laser, quali ad esempio: stampante laser; lettori e registratori CD e DVD; laser per la lavorazione dei materiali. Tali sistemi richiedono sempre una valutazione dettagliata del rischio (FAQ C.5)

- **Classe 1C** - Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili. Qualsiasi prodotto laser progettato

espressamente per l'applicazione per contatto con la pelle o a tessuti non oculari . Anche se la radiazione laser emessa a contatto diretto con la pelle può essere di livello di Classe 3R, 3B o 4, l'esposizione degli occhi è impedita da uno o più mezzi tecnici. Pertanto l'emissione accessibile viene interrotta o ridotta a un valore inferiore ai LEA di Classe 1 quando il laser / applicatore è allontanato dal contatto con la pelle o con il tessuto non oculare.

SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa
RADIAZIONE LASER

SEGUIRE LE ISTRUZIONI

PRODOTTO LASER DI CLASSE 1C

Esempi: Laser per epilazione - trattamenti estetici

- **Classe 1M** - Laser che emettono nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 302,5 nm e 4000 nm che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, ma possono essere pericolosi se l'operatore impiega ottiche di osservazione all'interno del fascio (lenti d'ingrandimento, binoculari,...). SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa

RADIAZIONE LASER

NON ESPORRE GLI UTILIZZATORI DI OTTICHE TELESCOPICHE

PRODOTTO LASER DI CLASSE 1M

Esempio: sistema di comunicazione a fibre ottiche disconnesso.

- **Classe 2** - Prodotti laser che emettono radiazioni visibili e sono sicuri per le esposizioni temporanee, anche quando si utilizzano strumenti ottici, ma che possono essere pericolosi in caso di sguardo fisso sul raggio. I prodotti laser di classe 2 non sono intrinsecamente sicuri per gli occhi; si ipotizza tuttavia una protezione adeguata grazie alle reazioni di avversione naturali, ivi compreso il movimento della testa e il riflesso palpebrale. Questa reazione istintiva fornisce un'adeguata protezione per soggetti che non abbiano compromissioni del riflesso palpebrale.
Tipiche avvertenze di sicurezza: Non osservare direttamente il raggio laser. Non dirigere il raggio verso le persone. SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa

RADIAZIONE LASER

NON GUARDARE IL FASCIO

PRODOTTO LASER DI CLASSE 2

Esempi: scanner di codici a barre.

- **Classe 2M** - Prodotti laser che emettono fasci laser visibili e che sono sicuri soltanto per esposizioni di breve durata dell'occhio nudo; possibile lesione agli occhi in caso di esposizione quando si usano monocli o telescopi. La

protezione degli occhi è solitamente garantita dalle reazioni di avversione, comprendenti il riflesso palpebrale

Tipiche avvertenze di sicurezza: Non osservare direttamente il raggio laser. Non dirigere il raggio verso le persone. SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa

RADIAZIONE LASER
NON GUARDARE IL FASCIO
NE ESPORRE GLI UTILIZZATORI DI OTTICHE TELESCOPICHE
PRODOTTO LASER DI CLASSE 2M

Esempi: strumenti di livello e di allineamento per le applicazioni di ingegneria civile.

- **Classe 3R** - Laser che emettono nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 302,5 e 10^6 nm, per i quali la visione diretta del fascio è potenzialmente pericolosa ma il rischio è più basso dei laser di Classe 3B; lo sguardo diretto intra-fascio è potenzialmente pericoloso, ma nella pratica il rischio di lesione nella maggior parte dei casi è relativamente basso per le esposizioni involontarie e di breve durata; può però essere pericoloso in caso di utilizzo improprio da parte di persone inesperte. Il rischio è limitato dal naturale comportamento di avversione per l'esposizione alla luce luminosa in caso di radiazioni visibili e dalla risposta al riscaldamento della cornea nel caso di radiazioni infrarosse lontane.

Tipiche avvertenze di sicurezza: Non osservare direttamente il raggio laser. Non dirigere il raggio verso le persone. Consentire l'uso alle sole persone autorizzate Formare in modo specifico il personale addetto.

Previsto il supporto del TSL (Tecnico Sicurezza Laser)

Deve essere affissa una targhetta in prossimità di ogni apertura attraverso la quale viene emessa una radiazione laser che supera i LEA della classe 1 o 2 SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa

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

Esempi: strumentazione per rilievi, puntatori laser ad alta potenza, laser di allineamento.

- **Classe 3B** - Laser che sono normalmente pericolosi nel caso di esposizione diretta del fascio; la visione della radiazione diffusa è normalmente non pericolosa; Pericolo per gli occhi in caso di esposizione al fascio diretto entro la distanza di rischio oculare nominale (DNRO) (cfr. FAQ C.2.2).

L'esposizione alla radiazione diffusa è generalmente sicura, a patto che l'occhio non sia più vicino di 13 cm dalla superficie di diffusione e la durata dell'esposizione sia inferiore a 10 s. I laser di classe 3B che si avvicinano al

limite superiore della classe possono produrre lesioni cutanee minori o in taluni casi comportare il rischio incendi in presenza di materiali infiammabili.

Devono riportare una targhetta in prossimità di ogni apertura attraverso la quale viene emessa radiazione laser che supera i LEA della classe 1 o 2
SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa

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

PRESCRIZIONI: Proteggere gli occhi e la pelle Non direzionare il fascio verso gli occhi. Interrompere il fascio al termine del suo percorso utile. Impedire le emissioni non volute. Formare in modo specifico il personale addetto. Prescritti connettore di blocco, comando a chiave, attenuatore di fascio, indicatore di emissione.

Adempimenti Richiesti:

Prevista nomina del TSL

Formare in modo specifico il personale addetto. Utilizzare solo in zona confinata e sorvegliata Evitare le esposizioni indebite e adottare i necessari provvedimenti per l'accesso alla zona laser

Esempi: laser per trattamenti fisioterapici; apparecchiature per laboratori di ricerca; laser per spettacoli

- **Classe 4** - Prodotti laser per i quali la visione diretta e l'esposizione della cute sono pericolosi entro la distanza nominale di rischio (DNRO) e per i quali può essere pericolosa l'esposizione anche alla radiazione diffusa. Spesso questi laser comportano anche un rischio di incendio.

Devono riportare una targhetta in prossimità di ogni apertura attraverso la quale viene emessa radiazione laser che supera i LEA della classe 1 o 2
SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa

PERICOLO - RADIAZIONE LASER
EVITARE L'ESPOSIZIONE DEGLI OCCHI E DELLA PELLE
PRODOTTO LASER DI CLASSE 4

PRESCRIZIONI: Proteggere gli occhi e la pelle. Non direzionare il fascio verso gli occhi. Interrompere il fascio al termine del suo percorso utile. Impedire le emissioni non volute. Formare in modo specifico il personale addetto. Prescritti connettore di blocco, comando a chiave, attenuatore di fascio, indicatore di emissione.

Adempimenti Richiesti:

Prevista nomina del TSL

Formare in modo specifico il personale addetto. Utilizzare solo in zona confinata e sorvegliata. Evitare le esposizioni indebite e adottare i necessari provvedimenti per l'accesso alla zona laser

Si ricorda che i prodotti laser di classe 3B e classe 4 non possono essere utilizzati senza aver prima svolto una valutazione dei rischi da parte del personale specialista (TSL) (FAQ D.7) per determinare le misure protettive di controllo necessarie a garantire il funzionamento sicuro, che devono essere indicate nel manuale di istruzioni ed uso del Laser, secondo quanto richiesto dalle pertinenti norme di prodotto. Es. laser per spettacoli, laser per applicazioni mediche ed estetiche, taglio laser dei metalli etc.

In tabella C.3.1 si riporta uno schema riepilogativo dei principali adempimenti richiesti per le diverse categorie di Laser, tratto dalla *Guida Non Vincolante Alla Buona Prassi nell'attuazione della Direttiva 2006/25/CE «Radiazioni ottiche artificiali»*.

Tabella C.3.1 Schema riepilogativo dei principali adempimenti richiesti per le diverse categorie di Laser, tratto dalla Guida Non Vincolante Alla Buona Prassi nell'attuazione della Direttiva 2006/25/CE «Radiazioni ottiche artificiali»

	Classe 1	Classe 1M	Classe 2	Classe 2M	Classe 3R	Classe 3B	Classe 4
Descrizione della classe di rischio	Sicuri in condizioni ragionevolmente prevedibili	Sicuri ad occhio nudo; possono essere pericolosi se l'utente utilizza strumenti ottici	Sicuri per esposizioni di breve durata; la protezione degli occhi è garantita dalla risposta di avversione	Sicuri ad occhio nudo per brevi esposizioni; possono essere pericolosi se l'utente utilizza strumenti ottici	Il rischio di lesioni è relativamente basso, ma possono essere pericolosi in caso di uso improprio da parte di persone inesperte	Lo sguardo diretto è pericoloso	Pericolosi per gli occhi e per la cute; rischio di incendio
Area controllata	Non richiesta	Localizzata o chiusa	Non richiesta	Localizzata o chiusa	Chiusa	Chiusa e protetta da interblocchi	Chiusa e protetta da interblocchi
Comando a chiave	Non richiesto	Non richiesto	Non richiesto	Non richiesto	Non richiesto	Richiesto	Richiesto
Formazione	Seguire le istruzioni del fabbricante per l'utilizzo sicuro	Raccomandata	Seguire le istruzioni del fabbricante per l'utilizzo sicuro	Raccomandata	Richiesta	Richiesta	Richiesta
DPI	Non richiesti	Non richiesti	Non richiesti	Non richiesti	Possono essere richiesti: dipende dai risultati della valutazione dei rischi	Richiesti	Richiesti
Misure di esposizione	Non necessarie	Evitare l'uso di strumenti ottici d'ingrandimento messa a fuoco e collimazione	Non fissare il fascio	Non fissare il fascio. Evitare l'uso di strumenti ottici d'ingrandimento e collimazione	Evitare l'esposizione diretta degli occhi	Evitare l'esposizione e degli occhi e della cute al fascio. Proteggersi dai riflessi involontari	Evitare l'esposizione degli occhi e della cute ai riflessi diretti e diffusi del fascio

C.4 Ai fini della valutazione del rischio, è sempre necessario misurare e/o calcolare l'esposizione?

NO, ai fini della valutazione del rischio ROA non è in genere necessario misurare l'esposizione o effettuare calcoli specifici .

L 'Art. 216 del D.Lgs. 81/08 "Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi" prescrive che nell'ambito della valutazione dei rischi, 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 finalità principale della valutazione del rischio da esposizione a radiazioni ottiche è l'individuazione delle appropriate misure di tutela da mettere in atto per prevenire l'insorgenza dei danni diretti ed indiretti che la radiazione ottica può provocare nell'ambiente di lavoro (FAQ A.1, A.2). Nel caso delle radiazioni ottiche la valutazione è incentrata sull'individuare le attività e le modalità espositive in cui sia riscontrabile il superamento dei VLE, o valori espositivi di interesse ai fini della prevenzione (FAQ A.1) in maniera da poter predisporre ed attuare idonee misure di protezione per i lavoratori. E' in genere possibile realizzare tale finalità senza effettuare alcuna misurazione, ricorrendo alle fonti descritte alle FAQ C.2; C.3.

Si specifica al riguardo che la misurazione delle radiazioni ottiche sul posto di lavoro è in genere costosa, complessa e richiede personale altamente specializzato. Il costo della misura è solo in minima parte imputabile al costo intrinseco dello strumento di misura, ma è dovuto soprattutto alla complessità del controllo della correttezza dei dati acquisiti, che richiede la conoscenza a priori delle caratteristiche spettrali della sorgente ai fini della corretta calibrazione, acquisizione ed elaborazione delle misure. Qualora ciò non sia realizzato le misure possono essere affette da incertezze elevate e non quantificabili. Si ricorda che ai fini della valutazione del rischio è viceversa sempre necessario acquisire i dati forniti dai costruttori ai sensi di specifiche norme di prodotto (FAQ C.2;C.3; E.2; E.5).

C.5 Quali sono le condizioni nelle quali la valutazione del rischio può concludersi con la "giustificazione" secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione più dettagliata?

Il capo V del D.lgs. 81/08 prevede la tutela della salute e sicurezza dei lavoratori esposti a radiazioni ottiche artificiali sia per quanto riguarda gli effetti biofisici diretti, provocati dall'azione diretta delle radiazioni sul corpo umano, sia per quanto riguarda gli effetti indiretti (incendi, abbagliamento, presenza di sostanze fototossiche etc.) che possono costituire un rischio per la sicurezza o la salute. (A.1; A.2)

Definiamo situazione "giustificabile" (art.181 c.3 D.lgs.81/08) la condizione prevista dalla normativa generale sugli agenti fisici secondo cui il datore di lavoro può eseguire una valutazione del rischio semplificata quando ritiene che la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata. Per poter definire una esposizione lavorativa "giustificabile"

occorre che non vi siano rischi sia per gli effetti diretti che per gli effetti indiretti, e che il permanere dell'assenza del rischio non richieda l'istituzione e l'applicazione di specifiche procedure di controllo del rischio. Talune sorgenti di radiazioni ottiche, nelle corrette condizioni d'impiego, non hanno una emissione pericolosa di radiazione ottica o non si verificano situazioni espositive tali da presentare rischi per la salute e la sicurezza, anche in caso di malfunzionamento, riparazioni, sostituzioni di componenti (art. 181, c.3). In tutti i casi in cui la sorgente/apparato non espone a rischi derivanti da ROA nelle normali condizioni di impiego e non necessita di particolari procedure di controllo che ne garantiscano il permanere dell'assenza di rischio anche in caso di sostituzione, manutenzione o malfunzionamento, non è necessario procedere ad una valutazione del rischio approfondita.

In linea di principio sono giustificabili tutte le apparecchiature che emettono radiazione ottica non coerente classificate nella categoria 0 secondo lo standard UNI EN 12198 (Cfr. C.1), così come le lampade e i sistemi di lampade anche a LED, classificate nel gruppo "Esente" dalla norma CEI EN 62471 (Cfr. C.7; E.2) se utilizzate conformemente alle norme di prodotto. E' da considerarsi al riguardo che tale classificazione fa riferimento al "normale " utilizzo del prodotto come sistema di illuminazione o in un bene di consumo, e si suppone che lo stesso non venga intenzionalmente fissato dall'utilizzatore, come tipicamente avviene da parte del pubblico. Tale classificazione non è però in grado di garantire il rispetto dei valori limite nel caso di molteplici attività lavorative, quali ad esempio attività di manutenzione o impiego a distanze ravvicinate, o in impieghi ove si preveda l'irraggiamento intenzionale del volto dell'operatore mediante il LED. Pertanto la classificazione nel gruppo "**esente**" da sola può non essere sufficiente a garantire la sicurezza per qualsiasi impiego o attività in ambito lavorativo.

In talune circostanze può risultare necessario predisporre specifiche procedure di sicurezza e misure di tutela da mettere in atto nell'acquisto, manutenzione e gestione di sorgenti e apparati utilizzati in azienda per garantire nel tempo il permanere delle condizioni di "assenza di rischio" riscontrate all'atto della valutazione (ad esempio sostituzione di un sistema LED o lampada classificata "esente" con un LED o lampada appartenente a un gruppo di rischio maggiore). E' compito e cura del valutatore, anche in presenza di sorgenti "esenti" , o considerate tali da dare luogo ad emissioni irrilevanti nelle normali condizioni di impiego, valutare se e in che misura sia necessario istituire procedure ad hoc atte a garantire che nel tempo siano mantenuti i requisiti di sicurezza appurati all'atto della valutazione del rischio. In tal caso la sorgente - anche se dà luogo ad emissioni irrilevanti - non sarà più da considerarsi "giustificabile", richiedendo comunque la predisposizione ed attuazione di una procedura di valutazione e controllo del rischio che ne garantisca il permanere dei requisiti di sicurezza nel tempo. Resta nelle competenze del valutatore anche la valutazione del rischio in caso di compresenza di più sorgenti esenti (Cfr. B7).

Per quanto riguarda i sistemi LED e sistemi di illuminazione , si rimanda alle FAQ C.7; C.7.1, e E.2

Sorgenti che possono dar luogo soltanto ad esposizioni irrilevanti nelle condizioni normali di esercizio che, pertanto, possono essere considerate "sicure".
Illuminazione fluorescente montata a soffitto con diffusori sopra le lampade
Schermi di computer o simili
Illuminazione fluorescente compatta montata a soffitto
Proiettore fluorescente compatto
Trappole per insetti UVA
Proiettore alogeno al tungsteno montato a soffitto
Illuminazione specifica per la zona di lavoro con lampada al tungsteno (incluse le lampadine a spettro solare)
Lampade al tungsteno montate a soffitto
Fotocopiatrici
Attrezzatura di presentazione con lavagna interattiva
Indicatori a LED
Assistenti digitali personali
Freccia, stop, retromarcia e antinebbia
Lampade per flash fotografici
Riscaldatori radianti sospesi a gas
Illuminazione stradale

Occorre infine ricordare che la visione ad occhio nudo di sorgenti nel visibile, anche quando non dia luogo ad esposizioni significative, può comunque essere in grado di produrre abbagliamento, soprattutto se ci si trova in condizioni di scarsa illuminazione, provocando temporanei disturbi visivi o reazioni improvvise: ciò può avere implicazioni indirette e particolarmente significative, qualora si verificano durante l'esecuzione di operazioni critiche dal punto di vista della sicurezza, come ad esempio il lavoro con macchinari o alla guida di mezzi, in quota o in presenza di tensioni elevate.

Pertanto gli effetti indiretti di abbagliamento andranno sempre attentamente valutati, anche per sorgenti "sicure" dal punto di vista della sicurezza fotobiologica.

Esempio di sorgenti di gruppo "Esente" sono l'illuminazione standard per uso domestico e di ufficio, i monitor dei computer, i display, le fotocopiatrici, le lampade e i cartelli di segnalazione luminosa. Sorgenti analoghe, anche in assenza della suddetta classificazione, nelle corrette condizioni di impiego si possono "giustificare".

Sono giustificabili anche tutte le apparecchiature che emettono radiazione ottica indicate nella Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva dalle linee guida stesse riportate nelle seguenti tabelle emessa 2006/25/CE «Radiazioni ottiche artificiali nelle condizioni specificate

Sorgenti che difficilmente presentano un rischio per la salute in circostanze specifiche	
Sorgenti	Condizioni di utilizzo sicuro
Illuminazione fluorescente montata a soffitto senza diffusori sopra le lampade	Sicura con livelli normali di illuminazione da lavoro (\approx 600 lux)
Proiettori ad alogenuro metallico/al mercurio ad alta pressione	Sicuri se la copertura frontale di vetro è integra e non si trova nella linea di vista.
Proiettori da tavolo	Sicuri se non si guarda il fascio
Luce nera UVA a bassa pressione	Sicura se non si trova nella linea di vista
Qualsiasi dispositivo laser di «classe 1» (secondo la norma EN 60825-1)	Vedi FAQ C.5.1 , C.5.2

Qualsiasi prodotto del «gruppo esente» (secondo la norma EN 62471)	Sicuro se non si trova nella linea di vista. Potrebbe non essere sicuro se la copertura viene rimossa
Proiettori dei veicoli	Sicuri se si evita lo sguardo prolungato diretto intra-fascio
Illuminazione fluorescente montata a soffitto senza diffusori sopra le lampade	Sicura con livelli normali di illuminazione da lavoro (≈ 600 lux)
Proiettori ad alogenuro metallico/al mercurio ad alta pressione	Sicuri se la copertura frontale di vetro è integra e non si trova nella linea di vista.
Proiettori da tavolo	Sicuri se non si guarda il fascio
Luce nera UVA a bassa pressione	Sicura se non si trova nella linea di vista
Proiettori dei veicoli	Sicuri se si evita lo sguardo prolungato diretto intra-fascio

C.5.1 In quali casi un apparato Laser può considerarsi "Giustificabile"?

Tutte le sorgenti laser di classe 1 non comprese nelle "categorie" di seguito indicate e che non siano prodotti laser di classe 1 con laser incorporato di classe superiore, possono essere considerate "giustificabili" in relazione agli effetti fotobiologici diretti, fermo restando la necessità da valutare sempre in presenza di sorgenti ROA con emissioni nel visibile la possibilità di abbagliamento, anche per sorgenti che non danno luogo a rischio fotobiologico (vedi FAQ C.5).

E' bene tener presente che per i seguenti Laser in classe 1 potrebbero riscontrarsi esposizioni superiori ai VLE del D.Lgs. 81/08, a causa di un attuale disallineamento tra i VLE del D.Lgs. 81/08 ed i Livelli Massimi di Esposizione (LEA) fissati dalla Norma tecnica IEC EN CEI 60825-1:2014 per la classe 1. Fino a quando la normativa tecnica non sarà aggiornata ai fini dell'adeguamento ai VLE del D.Lgs. 81/08, i seguenti prodotti laser di classe 1 possono presentare livelli di radiazione accessibile superiori ai VLE del D.Lgs. 81/08.

- Queste "categorie" sono:
- Laser di lunghezza d'onda compresa tra 1200 nm e 1400 nm
- Sorgenti estese impulsate
- Laser ad impulsi ripetuti
- Laser sufficientemente divergenti osservati con ottiche di raccolta

Se il prodotto laser in classe 1 appartiene a una delle suddette "categorie", sarà bene in linea generale non ritenerlo giustificabile ed effettuare una valutazione del rischio laser di tipo dettagliato.

Anche i laser di classe 2 nel visibile possono ritenersi innocui in relazione alla sicurezza fotobiologica, tenuto conto dell'avversione spontanea dell'occhio umano alla radiazione luminosa eccessivamente brillante, ovvero tenuto conto del riflesso palpebrale e della sua durata media stabilita dall'indagine scientifica in 250 ms. E' comunque richiesta formazione specifica dei lavoratori in relazione al rischio derivante da visione diretta e protratta del fascio. E' da tener presente che in presenza di patologie oculari che alterino il riflesso di avversione o il riflesso palpebrale, l'esposizione alla radiazione emessa da un laser di classe 2 potrebbe risultare pericolosa. Tali dispositivi richiedono

comunque che sia effettuata valutazione specifica in caso di soggetti in condizioni di suscettibilità individuale e adeguata formazione dei in merito.

I laser di classe 1M e 2M, solo se non sono utilizzati con ottiche di raccolta, sono da ritenersi giustificabili nelle stesse condizioni e con le stesse avvertenze dei prodotti laser di classe 1 e 2 rispettivamente.

Tutte le sorgenti appartenenti alle restanti classi non possono essere ritenute giustificabili e necessitano sempre di valutazione specifica.

Occorre infine ricordare che la visione ad occhio nudo del fascio dei laser delle classi 1, 1M, 2 e 2M, anche quando non sia pericolosa e le corrispondenti sorgenti siano giustificabili in relazione al rischio fotobiologico, come più sopra illustrato, è comunque in grado di produrre abbagliamento, soprattutto in condizioni di scarsa illuminazione, provocando temporanei disturbi visivi o reazioni improvvise: ciò può avere implicazioni indirette e particolarmente significative, qualora le stesse si verificano durante l'esecuzione di operazioni critiche dal punto di vista della sicurezza, come ad esempio il lavoro con macchinari o alla guida di mezzi, in quota o in presenza di tensioni elevate.

C.5.2 Un prodotto Laser di Classe 1 al cui interno è incorporato un Laser in Classe 4 può considerarsi "Giustificabile"?

Un prodotto laser di classe 1 con uno o più laser incorporati di classe superiore (tipicamente di classe 3B o 4), non può in genere essere considerato "giustificabile" a priori. La sicurezza di un tale prodotto (es. le applicazioni industriali per il trattamento dei metalli - macchine laser per taglio etc.) deve essere garantita in modo particolare in tutte le fasi di lavoro che lo riguardano: installazione, allineamento e primo funzionamento, funzionamento normale, allineamento e manutenzione, assistenza. A meno delle fasi di installazione, allineamento e assistenza, generalmente di competenza del costruttore o di un'azienda di service che ne fa le veci diversa comunque dall'utilizzatore, gli obblighi di valutazione dei rischi del prodotto laser in carico al fruitore riguardano la fase di funzionamento e soprattutto quella di allineamento e manutenzione. Il manuale di uso e manutenzione, ai fini della conformità del prodotto alle pertinenti direttive comunitarie, deve riportare le idonee procedure che l'utilizzatore deve svolgere e attuare per garantire nel tempo la funzionalità e la sicurezza del prodotto. La valutazione dei rischi per tali apparati dovrà pertanto prevedere procedure specifiche di sicurezza idonee ai fini dell'attuazione di quanto specificato nel manuale d'uso e manutenzione, ed individuare il personale responsabile alla supervisione delle stesse. In primo luogo, dovrà essere disposto il divieto di manomettere le protezioni e gli schermi di cui è dotato l'apparato, e di verificarne la corretta installazione o ripristino in sede di manutenzione.

C.6 È disponibile un elenco di situazioni lavorative che devono essere certamente valutate?

Un elenco di situazioni lavorative, non esaustivo, che devono essere certamente valutate sono elencate nella seguente tabella

Tab. C.6.1 – Sorgenti /apparato ROA NON COERENTI da valutare sempre

Sorgente	Possibilità di sovraesposizione	Note
Arco elettrico (es. saldatura elettrica)	Molto elevata	Le saldature ad arco elettrico (tranne quella a gas a prescindere dal metallo, possono superare i valori limite previsti per la radiazione UV per tempi di esposizione dell'ordine delle decine di secondi a distanza di pochi metri dall'arco. I lavoratori, le persone presenti e di passaggio possono essere sovraesposti alla radiazione UV in assenza di adeguate precauzioni tecnico-organizzative.
Lampade germicide per sterilizzazione e disinfezione	Elevata	Gli UVC emessi dalle lampade sono utilizzati per sterilizzare aree di lavoro e locali in ospedali, industrie e laboratori.
Lampade/sistemi LED per fototerapia	Elevata	La radiazione UV utilizzata per le terapie in dermatologia e la "luce blu" utilizzata nell'ambito di attività sanitarie (fototerapia dell'ittero neonatale, chirurgia refrattiva, ecc...).
Lampade scialitiche da sala operatoria	Bassa (Elevata se visione diretta)	Per talune lampade i valori limite di esposizione per luce blu possono essere superati in 10 minuti in condizioni di visione diretta della sorgente
Lampade per foto indurimento di polimeri fotoincisione "curing"	Media	Le sorgenti UV sono usualmente posizionate all'interno di apparecchiature, ma l'eventuale radiazione che può fuoriuscire attraverso aperture o fessure è in grado di superare i limiti di esposizione alla radiazione UV in pochi secondi.
"Luce nera" usata nei dispositivi di test e controllo non distruttivi (eccetto lampade classificate nel gruppo "Esente" secondo CEI EN 62471:2009)	Da media a bassa	Il rischio è riconducibile all'emissione dei UVA e alla concomitanza emissione di radiazione visibile di elevata energia. Le lampade UVA sono utilizzate, ad esempio, in dispositivi dedicati all'ispezione e a controllo non distruttivo dei materiali o delle banconote, analoghe sorgenti sono usate anche nei locali per intrattenimento (discoteche, pub, concerti, ecc).
Lampade ad alogenuri metallici	Bassa (Elevata su visione diretta)	Sono utilizzate nei teatri, in ambienti vasti (es. supermercati) e aperti per l'illuminazione esterna e possono superare sia i limiti che gli UV che per la radiazione visibile e in particolare per la "luce blu" per visione diretta della sorgente.
Fari di veicoli	Bassa (Elevata su visione diretta)	Possibile sovraesposizione da luce blu per visione diretta protratta per più di 5-10 minuti: potenzialmente esposti i lavoratori delle officine di riparazione auto.
Lampade abbronzanti	Media – Elevata	Le sorgenti utilizzate in ambito estetico per l'abbronzatura possono emettere sia UVA che UVB, i cui contributi relativi variano a seconda della loro tipologia. Queste sorgenti superano i limiti per i lavoratori per esposizioni dell'ordine dei minuti.

Corpi incandescenti quali metallo o vetro fuso, ad esempio nei crogiuoli dei forni di fusione con corpo incandescente a vista e loro lavorazione	Elevata–Molto elevata	Nel corso della colata e in prossimità dei crogiuoli le esposizioni a IRB-IRC possono superare i valori limite per tempi di esposizione dell'ordine di pochi secondi.
Riscaldatori radiativi a lampade	Medio-Elevata	Emissioni di radiazioni infrarosse superiori ai valori limite possono essere riscontrate fino a 2 metri di distanza da taluni riscaldatori radiativi: necessari accorgimenti per installazione ed impiego sicuro
Apparecchiature con sorgenti IPL per uso medico o estetico	Elevata-Molto elevata	Emissioni di radiazioni ottiche potenzialmente molto superiori ai valori limite anche per pochi secondi. Necessarie precauzioni per installazione/impiego sicuro

Per quanto riguarda gli apparati Laser devono essere oggetto di valutazione tutti i Laser di classe superiore alla 1.(Vedi Faq C.5.1 e C.5.2).

C.7 Come si valuta il rischio ROA da sorgenti per illuminazione?

In linea di principio i sistemi per l'illuminazione generale, siano essi per uffici o per ambienti di dimensioni maggiori come capannoni industriali, in quanto destinati all'illuminazione dell'ambiente, non dovrebbero mai rappresentare un rischio per i soggetti esposti. Esiste per tali sorgenti la norma CEI EN 62471 "Sicurezza fotobiologica di lampade e sistemi di lampade" che ne classifica il livello di rischio in modo del tutto analogo a quanto fatto dalla norma CEI EN 60825-1 per le sorgenti laser (vedi FAQ C12). Tuttavia il produttore non è obbligato a dichiarare a quale gruppo di rischio ai sensi della norma CEI EN 62471 appartiene la specifica sorgente per illuminazione generale. D'altra parte, quando installate secondo le specifiche del produttore, rispettando i criteri di comfort visivo, le uniche sorgenti per illuminazione potenzialmente in grado di rappresentare un rischio fotobiologico sono i sistemi a LED e quelli ad alogenuri metallici. Per tali sistemi le ultime versioni delle norme di prodotto hanno recepito la norma CEI EN 62471, imponendo al costruttore di fornire, insieme al prodotto, indicazioni sulle corrette modalità di installazione e le precauzioni da prendere per evitare esposizioni eccessive. (FAQ E.2)

Un aiuto alla valutazione del rischio fotobiologico per sistemi di illuminazione generale a LED e ad alogenuri metallici è fornito dalla procedura presente sul Portale Agenti Fisici nella sezione ROA. Anche dall'utilizzo di tale procedura si evince che quando la sorgente rappresenta per l'operatore solo un sistema di illuminazione, esistono sempre configurazioni che rendono del tutto trascurabile il rischio fotobiologico.

Rimangono escluse da quanto finora detto alcune situazioni:

- quando la fissazione intenzionale delle sorgenti di illuminazione rientra nel compito visivo dell'operatore, come può avvenire ad esempio durante le operazioni di manutenzione o nei controlli di qualità in fase di produzione. In tali casi deve essere fatta una valutazione specifica ad hoc.

- Quando il livello di illuminamento deve essere particolarmente elevato, ad esempio in caso di controlli di qualità su materiali o di operazioni di precisione come negli interventi chirurgici. In tali casi ci si deve assicurare che la disposizione della sorgente sia tale da non rientrare per quanto possibile nel campo visivo dell'operatore e che egli sia consapevole delle corrette procedure di utilizzo

C.7.1 Come valutare il rischio da infrarossi per sistemi LED/IR?

Nell'ambito del crescente impiego della tecnologia LED, sono stati recentemente introdotti sistemi innovativi per il monitoraggio e controllo dello stato di attenzione o sonnolenza dei conducenti dei mezzi di trasporto, basati su LED ad Infrarossi. La normativa di riferimento ai fini della valutazione della sicurezza fotobiologica dei sistemi LED ad IR è lo standard CEI EN 62471:2009 che fissa i criteri di classificazione delle lampade in relazione al rischio fotobiologico. Il presupposto dello standard per calcolare il danno alla retina è che per tempi superiori a circa 100 secondi i movimenti dell'occhio dovuti al compito visivo dell'operatore annullino la capacità dell'occhio di rimanere fisso sulla sorgente; di conseguenza la radiazione in entrata viene diluita su una porzione sempre maggiore di retina diminuendo in tal modo il livello di esposizione. Si noti che ciò è sicuramente verificato nel caso delle sorgenti di illuminazione, per le quali la visione della sorgente è del tutto casuale ed avviene in maniera del tutto accidentale volgendo lo sguardo verso di essa. D'altra parte anche i limiti presenti nell'allegato XXXVII D.Lgs. 81/08 considerano tempi fino a 1000 secondi per il danno termico alla camera anteriore dell'occhio e fino a 10 secondi per il danno termico alla retina. Tali tempistiche sono state scelte perché finora non si riteneva realistico avere esposizioni rilevanti per tempi superiori. Tuttavia in presenza di un sistema di monitoraggio progettato per irradiare in modo continuativo l'occhio dell'operatore, tali tempi possono essere ampiamente superati; di conseguenza il mero rispetto dei limiti di legge o la classificazione nel gruppo esente secondo lo standard CEI EN 62471:2009 non può bastare a valutarne correttamente il rischio. Si tenga inoltre presente che allo stato attuale non esistono studi sugli effetti di esposizioni croniche ad Infrarossi al di sotto degli attuali limiti di esposizione, che sono stati stabiliti per esposizioni oculari a sorgenti molto intense e per brevi durate (es. laser, corpi incandescenti) Alla luce di tali considerazioni, il rischio da esposizione a radiazioni ottiche introdotto dall'uso di tali apparati deve essere opportunamente controllato e gestito, individuando opportune procedure di acquisto, manutenzione ed impiego. Il personale dovrà essere opportunamente formato su tale rischio ed anche sulle modalità di riconoscere eventuali malfunzionamenti o anomalie che portino ad una variazione dell'emissione dell'apparato.

C.8 Quali sorgenti per illuminazione generale (GLS) dichiarate esenti richiedono una valutazione specifica per le operazioni di manutenzione?

Le lampade ad alogenuri metallici, tipicamente utilizzate per l'illuminazione di ambienti industriali, generano anche una certa quantità di radiazione UV-A che, alla distanza di impiego è sicuramente trascurabile, mentre può comportare il superamento del relativo VLE a distanza ravvicinata per lunghi tempi di esposizione.

I sistemi di illuminazione a led possono essere composti da più elementi radianti che, osservati alla normale distanza di utilizzo, sono visti sotto un angolo solido tale da non superare il limite di esposizione a luce blu; in caso di osservazione ravvicinata, la radianza del singolo elemento potrebbe costituire un rischio maggiore.

Si ricorda che la norma CEI-EN-IEC 62471 "Sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade", prevede che la classificazione sia eseguita alla distanza alla quale la lampada produce un illuminamento di 500 lux ma non a distanza inferiore a 200 mm.

Risulta quindi possibile che, sistemi di illuminazione progettati per garantire un illuminamento dato a una certa distanza, e pertanto classificati come "esenti", possano costituire un rischio quando fossero osservati a distanza ravvicinata, per esempio in caso di manutenzione.

Il problema riguarda indicativamente tutti gli interventi di manutenzione di qualunque tipo che richiedano di operare a meno di 1/10 della distanza fra la sorgente di luce e la superficie di lavoro per illuminare la quale la sorgente stessa è installata.

Fatto salvo che, per varie considerazioni di sicurezza, incluso il rischio di abbagliamento, in particolare in ambiente industriale, interventi di manutenzione del tipo sopra descritto dovrebbero prevedere la disattivazione dei corpi illuminanti, quando ciò non sia possibile deve essere valutato in modo specifico anche il rischio da esposizione a ROA.

C.9 Come gestire la valutazione del rischio per i soggetti particolarmente sensibili?

Alcuni gruppi di lavoratori sono da considerarsi particolarmente sensibili (**vedi FAQ A.2**) al rischio da esposizione alle radiazioni ottiche. Tali lavoratori potrebbero non essere adeguatamente protetti mediante il solo rispetto dei Valori Limite di Esposizione.

Premesso che tali condizioni di suscettibilità individuale (FAQ A.2) non rappresentano in genere condizioni di inidoneità al lavoro, per tali lavoratori andranno valutate, caso per caso, misure specifiche di prevenzione e protezione in relazione alle modalità espositive ed alla specifica patologia o fotosensibilità, individuando per questi soggetti specifici protocolli di sorveglianza sanitaria a cura del medico competente, di concerto con il medico curante/specialista.

Si fa presente al riguardo che la mera riduzione dei valori espositivi a valori inferiori ai valori limite di esposizione prescritti dal D.Lgs. 81/08 Titolo VIII Capo V non è di per sé sufficiente a poter ritenere "trascurabile" il rischio da esposizione a ROA nel caso di soggetti sensibili.

Il personale qualificato che effettua la valutazione indicherà, in collaborazione con il medico competente, l'esigenza delle particolari tutele previste dalle normative o dalla letteratura rispetto ai gruppi di lavoratori particolarmente sensibili.

E' invece compito esclusivo del medico competente, attraverso l'espressione del giudizio di idoneità alla mansione specifica, indicare le particolari e specifiche misure di tutela per i singoli lavoratori risultati a visita medica particolarmente suscettibili al rischio.

Sarà infine compito e cura del DL prevedere una formazione aziendale, di concerto con il M.C., in merito alle condizioni di suscettibilità individuale ed ai fattori che incrementano il rischio espositivo individuale, al fine di rendere tutte le lavoratrici ed i lavoratori capaci di riconoscere l'eventuale insorgenza nel tempo di una condizione di suscettibilità individuale e poter attuare le misure di tutela predisposte per i soggetti sensibili, di concerto con il medico competente.

Per poter rendere ai lavoratori possibile il riconoscimento dell'insorgenza di condizioni di suscettibilità individuale e farne segnalazione al M.C., è raccomandato che nell'ambito della valutazione del rischio venga predisposta una lista di controllo, che metta in grado ciascun lavoratore di segnalare al preposto, nel rispetto delle normative sulla privacy, la presenza o l'insorgenza di fattori di rischio individuali (FAQ A.2) per poter pianificare, di concerto con il medico competente, le opportune misure di tutela, a seguito di una valutazione del rischio specifica.

Il personale qualificato che effettua la valutazione indicherà, in collaborazione con il medico competente, l'esigenza delle particolari tutele previste dalle normative o dalla letteratura rispetto ai gruppi di lavoratori particolarmente sensibili.

C.10 Come interpretare i valori limite presenti nelle Tabelle dell'Allegato XXXVII del D.Lgs. 81/08?

I valori limite di esposizione alle radiazioni ottiche sono correlati direttamente ai possibili effetti sulla salute che sono stati accertati nelle esperienze lavorative sulla base di considerazioni di natura prettamente biologica: il rispetto di questi limiti fornisce un elevato livello di protezione della salute per i lavoratori esposti. Questi valori limite permettono anche di valutare il tempo massimo di permanenza in un ambiente ove sia possibile una esposizione, misurabile o calcolabile, a radiazioni non coerenti o laser senza subire danni alla salute.

Per i danni a lungo termine si rimanda per un maggiore approfondimento all'ALLEGATO 5.3.

A differenza di quanto avviene per i campi elettromagnetici e per le radiazioni ionizzanti, per le ROA non esistono ulteriori livelli di protezione per la popolazione.

I VLE per le radiazioni non coerenti emesse da sorgenti artificiali sono riportati nell'Allegato XXXVII-Parte I quelle delle radiazioni laser nell'Allegato XXXVII-Parte II. Le formule e i parametri da utilizzare per la valutazione dell'esposizione dipendono dall'intervallo di lunghezza d'onda in cui si colloca lo spettro della radiazione emessa dalla sorgente, dalle caratteristiche di emissione e da quelle di esposizione. I risultati delle valutazioni dell'esposizione devono essere poi confrontati con i corrispondenti valori limite delle grandezze radiometriche considerate e indicati negli allegati citati.

Per una determinata sorgente di radiazioni ottiche possono essere pertinenti differenti valori limite di esposizione che in questo caso devono essere tutti rispettati contemporaneamente.

Le evidenze scientifiche ed i limiti conseguenti riportati del D. Lgs.81/08 recepiscono quelli stabiliti nella Direttiva 2006/42/EU, fondata sulle Linee Guida ICNIRP. Le Linee Guida ICNIRP, utili per aggiornamenti sullo stato dell'arte, evolvono ad una velocità maggiore rispetto agli adeguamenti legislativi. Va considerato al riguardo che - per quanto concerne l'esposizione alla radiazione Infrarossa, i limiti di legge sono derivati da studi epidemiologici basati su esposizioni acute brevi e danni entro le 48 ore, come è dichiarato espressamente nella linea guida ICNIRP "On limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation" 2013, che pur essendo redatta per le sorgenti incoerenti, si basa sullo stesso tipo di principi utilizzati per l'esposizione a radiazione Laser. Il documento ICNIRP dichiara infatti al riguardo: "There is paucity of threshold data for long term chronic exposure. Therefore, the guidelines are based on the dataset of threshold data for short delay (up to 48 h) onset of damage. However, current knowledge suggests that there are no effects of chronic exposure to infrared radiation (IRR) below the exposure limits provided." Allo stato attuale non esistono studi sugli effetti di esposizioni croniche ad Infrarossi al di sotto dei limiti di esposizione stabiliti dalla normativa per esposizioni acute, esposizioni che sono sempre più frequenti con la diffusione dei sistemi LED in molti beni di consumo.

C.11 Come sono classificate le sorgenti di radiazioni ottiche non coerenti secondo la CEN EN 62471?

La norma CEI EN 62471 "Sicurezza fotobiologica di lampade e sistemi di lampade" nasce per classificare il livello di rischio associato ad una sorgente non coerente (cioè una sorgente di radiazioni ottiche che non sia un laser), in modo del tutto analogo a quanto fatto dalla norma CEI EN 60825-1 per le sorgenti laser. Le sorgenti non coerenti sono suddivise in 4 gruppi di rischio: Esente, 1, 2 e 3. La norma fornisce le seguenti descrizioni per i differenti gruppi di rischio:

- Gruppo esente (RG0) nessun rischio da radiazioni ottiche è ragionevolmente prevedibile, anche per esposizioni prolungate. Non vi sono limitazioni all'utilizzo. Esempi tipici di sorgenti sono le lampade ad

incandescenza con vetro satinato, le lampade a fluorescenza o le lampade a LED con involucro opaco per uso domestico

- Gruppo 1 (RG1) sono sicuri per molte applicazioni, ad eccezione di quelle che implicano esposizioni molto prolungate dove ci si aspetta che il fascio diretto possa incidere sull'occhio. Un esempio di sorgenti appartenenti a tale gruppo sono le torce elettriche per uso domestico alimentate a batteria
- Gruppo 2 (RG2) prodotti per i quali generalmente non è realistico pensare che vi possa essere un rischio da radiazioni ottiche se l'esposizione è limitata dal normale riflesso di aversione o se non si prevedono esposizioni prolungate
- Gruppo 3 (RG3) prodotti che implicano un rischio potenziale anche per esposizioni momentanee e per le quali in generale si devono fornire indicazioni per un utilizzo in sicurezza

Le sorgenti appartenenti al Gruppo Esente non comportano un'esposizione superiore ai limiti di legge (presenti nel D.Lgs. 81/08 e derivati dal documento ICNIRP97) se utilizzate correttamente, cioè se utilizzate secondo la loro destinazione d'uso ed in conformità a quanto previsto dal produttore, considerando un tempo di esposizione massimo pari a 8 ore. Possono quindi rientrare fra le sorgenti giustificabili.

Si ricorda a questo proposito che le distanze alle quali sono misurate le emissioni ai fini della classificazione sono:

- Sorgenti per illuminazione generale: la distanza alla quale si produce un illuminamento pari a 500lux.
- Sorgenti per usi speciali: distanza pari a 20cm.
- Quando la sorgente viene utilizzata ad una distanza minore di quella considerata nella classificazione, o per destinazioni d'uso diverse da quelle previste dalla norma di prodotto, potrebbero essere necessarie misure di tutela ulteriori per evitare esposizioni potenzialmente rischiose
- Per le sorgenti dei gruppi superiori al 1 è necessario verificare il corretto utilizzo e, specialmente per il gruppo 3, fornire all'operatore indicazioni per un uso sicuro, partendo da quelle previste dal produttore. (vedi FAQ E.2.1)

C.12 Come si valuta il rischio ROA in saldatura?

La valutazione del rischio ROA in saldatura non necessita in genere di effettuazione di misure. I dati espositivi, i criteri di delimitazione delle aree, il dimensionamento dei DPI per coloro che a qualsiasi titolo operino in area di saldatura sono riportati nel Portale Agenti Fisici alla sezione ROA (Banca dati e procedura guidata saldature) per le differenti tipologie di saldatura.

Le tipologie di saldatura che possono esporre in maniera rilevante al rischio ROA l'addetto alla saldatura sono elencate nella UNI EN 168 che indica anche la protezione oculare per il saldatore, in relazione alla tipologia di saldatura effettuata. Le sorgenti maggiormente rilevanti per esposizione a ROA sono le saldature ad arco elettrico, al plasma mentre quella a gas ed il taglio, in genere comportano un'emissione minore. Va notato in merito che gli schermi di protezione oculare non sono in genere idonei a proteggere anche la cute delle parti del corpo direttamente esposte alla radiazione ottica emessa dall'arco di

saldatura, quali ad esempio petto e collo, con conseguente sovraesposizione cutanea per gli operatori addetti. Durante i lavori di saldatura dovrebbero essere sistematicamente utilizzati cappucci per saldatori per la protezione di testa e collo ovvero indumenti di lavoro e DPI di pari efficacia nella protezione della cute. A questo proposito si fa notare che la norma UNI EN ISO 11611 specifica i requisiti fondamentali minimi di sicurezza e i metodi di prova per indumenti antinfortunistici destinati ad essere indossati durante la saldatura e i procedimenti connessi che presentano rischi comparabili. Fra gli indumenti descritti vi sono cappucci, grembiuli, maniche, ghette, ma non guanti, che sono invece trattati dalla EN 12477. Per quanto riguarda la protezione degli occhi del saldatore, è da rilevare che talvolta le operazioni di puntatura risultano effettuate in assenza di protezione oculare. Ciò in genere avviene laddove la maschera di protezione in dotazione al saldatore è di tipo passivo (EN 169), dotata di un unico filtro molto scuro che rende poco agevole l'operazione di puntatura, che viene conseguentemente effettuata in assenza di protezione; ciò in genere comporta il superamento dei valori limite di esposizione oculare (luce blu e UV) e cutanea (UV), per quanto le operazioni di puntatura "ad occhio nudo" siano di breve durata. E' indispensabile che nell'ambito della valutazione del rischio si esamini attentamente l'adeguatezza dei DPI forniti al saldatore anche ai fini della puntatura, optando ad esempio per maschere auto oscuranti conformi alla norma EN 379 (filtri auto-oscuranti). Nel caso di saldatura ad arco o al plasma l'intensità di radiazione nella regione degli UV e del visibile è sempre molto superiore ai valori limite e si mantiene tale anche a distanze di molte decine di metri. Per questo motivo le postazioni di saldatura devono essere compartimentate in modo da contenere le emissioni al loro interno. La compartimentazione può essere realizzata o utilizzando pannelli conformi alla norma ISO EN 25980 (o alla vecchia EN 1598) oppure mediante pannelli di altro materiale come il metallo, purché siano opachi e resistano alle radiazioni. L'area di saldatura deve essere segnalata con idonea cartellonistica., ciò al fine di evitare esposizioni delle persone non direttamente coinvolte nell'attività di saldatura che operano in prossimità della stessa. Si ricorda in merito che il Capo V del Titolo VIII del D.Lgs. 81/08 prevede specifiche sanzioni per la violazione dell'articolo 217 comma 2 che prescrive che "i luoghi di lavoro in cui i lavoratori potrebbero essere esposti a livelli di radiazioni ottiche che superino i valori limite di esposizione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile". I soggetti che a qualsiasi titolo si trovino a permanere nelle aree ove si svolgono attività di saldatura non schermate dovrebbero indossare DPI per occhi e cute idonei, che possono essere scelti utilizzando la procedura di calcolo disponibile on line sul Portale Agenti Fisici.

La protezione degli occhi per tali operatori deve seguire regole differenti da quelle usate per il saldatore, in quanto l'aiutante generalmente non ha nel suo compito visivo la fissazione della sorgente, inoltre deve poter svolgere le sue operazioni in sicurezza. Per questo motivo nel valutare i suoi DPI oculari si deve trovare un compromesso fra livello di protezione e visibilità idonea allo svolgimento dei suoi compiti. Al fine di agevolare tale valutazione sono presenti nella sezione ROA del Portale Agenti Fisici due calcolatori che partendo

o dai dati di irradianza misurati o prelevati dalla banca dati del portale, oppure dai parametri di saldatura, permettono di valutare il livello di esposizione del lavoratore in funzione della distanza dall'arco di saldatura e dimensionare opportunamente i DPI sia oculari che cutanei; si ricorda infatti che è necessario proteggere completamente la cute anche degli operatori non direttamente addetti alla saldatura ma che stazionano all'interno della zona compartimentata.

C.13 Come valutare il rischio per sorgenti ROA non elettriche classificate secondo la norma UNI EN 16237?

La metodologia proposta nella norma UNI EN 16237 consente di effettuare una facile classificazione delle sorgenti di radiazioni ottiche incoerenti non alimentate elettricamente (ne sono un esempio bruciatori, fornaci, riscaldatori, saldatura a gas, taglio termico, torce chimiche, materiali caldi ecc).

Tenuto conto della misurazione dei livelli di emissione della sorgente, la norma UNI EN 16237 individua per le grandezze riportate in Tab C.14_1 un tempo Δt_{MAX} (durata dell'esposizione oltre la quale possono essere superati i VLE) al quale associa una "classe di emissione" della sorgente (con valori da 0 a 6). Confrontando la durata dell'esposizione effettiva che si verifica sul posto di lavoro con Δt_{MAX} si può facilmente stimare se i valori limite di esposizione possono o non possono essere superati.

Poiché la classificazione deve essere effettuata per ciascuna banda di lunghezza d'onda (UV-VIS-IR) e per tutte le grandezze riportate in Tab C.13_1 è necessario assegnare alla sorgente la classe di rischio più elevata tra quelle individuate.

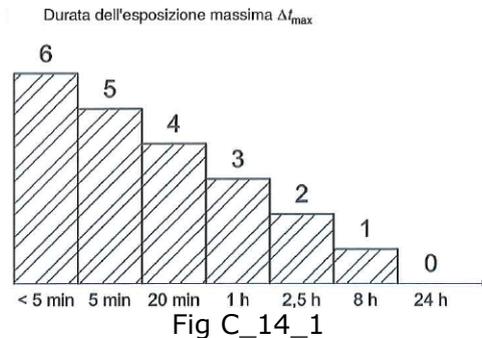
Tab C.13_1. Nomi delle grandezze di misurazione nelle EN 14255-1, EN 14255-2, EN 14255-4 e nella norma UNI EN 16237 e nomi equivalenti per le stesse grandezze nella Direttiva UE 2006/25/CE

Nome della grandezza nelle EN 14255-1, EN 14255-2, EN 14255-4 e nella norma UNI EN 16237		Nome della grandezza nella Direttiva UE 2006/25/CE	
E_S (da 180 nm a 400 nm)	Irradiazione ponderata per il rischio da radiazioni ultraviolette	E_{eff}	Irradiazione efficace
E (da 315 nm a 400 nm)	Irradiazione	E_{UVA}	Irradiazione totale (UVA)
L_b (da 300 nm a 700 nm)	Radianza ponderata per la luce blu	L_B	Radianza efficace (luce blu)
E_b (da 300 nm a 700 nm)	Irradiazione ponderata per la luce blu	E_B	Irradiazione efficace (luce blu)
L_r (da 380 nm a 1400 nm)	Radianza termica retinica	L_R	Radianza efficace (lesione termica) (utilizzata nella lunghezza d'onda da 380 nm a 1400 nm)
L_r (da 780 nm a 1400 nm)	Radianza termica retinica	L_R	Radianza efficace (lesione termica) (utilizzata nella lunghezza d'onda da 780 nm a 1400 nm)
E (da 780 nm a 3 000 nm)	Irradiazione	E_{IR}	Irradiazione totale (lesione termica)
E (da 380 nm a 3 000 nm)	Irradiazione	E_{skin}	Irradiazione totale (visibile, IRA e IRB)

Tenuto conto che la misurazione delle emissioni di radiazioni ottiche per la classificazione della sorgente è sempre eseguita a una distanza normalizzata,

la classificazione dovrà essere riferita all'esposizione del caso peggiore o, in alternativa, differenziata in funzione di ulteriori *distanze di lavoro standard* individuate.

La norma UNI EN 16237 propone quindi la seguente correlazione tra il Δt_{MAX} individuato e la classe di rischio:



Nella scala riportata in Fig. C_14_1 un numero di classe basso rappresenta un livello di emissioni basso e un numero di classe alto rappresenta un livello di emissioni alto. Se è noto che la durata dell'esposizione giornaliera effettiva in una postazione di lavoro non supera la durata dell'esposizione corrispondente alla classe della sorgente, i VLE non sono superati.

C.14 Quali criteri per valutare il rischio da radiazioni infrarosse generate da corpi caldi / incandescenti e per la scelta appropriata dei DPI?

L'esposizione a corpi caldi o incandescenti comporta principalmente un riscaldamento della cute e della parte anteriore dell'occhio, mentre generalmente la temperatura non è mai sufficientemente elevata per presentare un rischio termico per la retina. I rischi principali sono quindi la formazione della cataratta a lungo termine e la bruciatura della cornea e della cute come danno immediato. Il livello di esposizione viene valutato tramite il calcolo delle grandezze E_{ir} (limite "m" ed "n" allegato XXXII D.Lg.81/08) ed H_{skin} (limite "o" allegato XXXVII D.Lgs.81/08). E_{ir} è la grandezza di riferimento per quanto riguarda i danni all'occhio la cui l'esposizione è passiva ovvero l'occhio del lavoratore risulta esposto anche in assenza di fissazione della sorgente, è sufficiente che essa entri nel suo campo visivo. H_{skin} è invece un limite di sicurezza per prevenire l'infortunio da ustione alla cute del lavoratore. Il limite si riferisce ad esposizioni inferiori a 10 secondi in quanto entro questo tempo un soggetto adulto e sano avverte la sensazione termica di bruciatura ed è in grado di allontanarsi e proteggersi autonomamente dalla sorgente. Se dalle valutazioni emerge che la durata di esposizione che determina il superamento del limite o) è di 10 secondi o di questo ordine di grandezza (anche fino a 30-50 secondi) l'operatore dovrà assolutamente proteggere da IR la cute esposta, per evitare l'ustione. In quanto la sorgente IR non è in grado di provocare ustioni solo se l'esposizione risulta molto inferiore del limite o) (cfr. ad esempio banca dati fusione metallo). Si ricorda inoltre che in presenza di livelli elevati di radiazione infrarossa, anche inferiori ai limiti presenti nel

capo V (radiazioni ottiche artificiali), è necessario valutare il microclima dell'ambiente al fine di evitare colpi di calore (vedi FAQ MICROCLIMA). Per quanto riguarda l'esposizione a radiazioni ottiche artificiali ai sensi dell'art. 216 del D.Lgs.81/08, la valutazione del rischio può essere effettuata a partire dalla banca dati ROA del Portale Agenti Fisici, e procedure operative specifiche per dette sorgenti ivi presenti; ulteriori informazioni sono contenute nei report presenti nella sezione documentazione ROA del Portale Agenti Fisici, L'emissione infrarossa può essere in prima approssimazione modellizzata con una funzione che dipende solo dalla superficie del corpo e dalla sua temperatura (emissione di corpo nero) permettendo l'utilizzo di programmi di calcolo per stimare il livello di esposizione. Un esempio di software utile ad effettuare tale stima è Catrayon, realizzato dall'istituto nazionale francese per la sicurezza sul lavoro INRS.

(<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil03>)

Per quanto riguarda il rischio di danno oculare i DPI adatti ad attenuare la radiazione infrarossa possono essere o del tipo dorato, come nelle maschere utilizzate anche in presenza di incendi, oppure del tipo con vetro scuro. Questi ultimi devono essere marcati secondo la norma UNI EN 171 che prevede il codice di scala-gradazione del tipo 4-X (etichettatura). Il numero "4" (scala) indica che l'intervallo spettrale per cui il DPI è efficace è quello delle radiazioni infrarosse, mentre "X" è un numero che può andare da 1,2 a 10 e definisce il grado di attenuazione: maggiore è tale numero, maggiore è l'attenuazione, ma minore risulta la visibilità. Per tale motivo è importante scegliere un grado di attenuazione che permetta al lavoratore di non superare i limiti nel tempo di esposizione, penalizzando al minimo la visibilità. A tal proposito si evidenzia come non sia raro trovare operatori in reparti di fonderia che utilizzano DPI non espressamente concepiti per la radiazione infrarossa, ad esempio occhiali per UV o per il solare. Questa scelta è errata per diversi motivi: tali DPI non necessariamente hanno una specifica per l'attenuazione negli infrarossi, quindi non è garantito che abbattano sufficientemente la radiazione IR nociva, invece di solito attenuano molto la parte visibile della radiazione. Ciò comporta che la fissazione della sorgente incandescente non provoca più quel fastidio visivo all'operatore che lo porterebbe ad interrompere la fissazione diretta della sorgente e ciò comporta inevitabilmente l'incremento dell'esposizione ad IR dell'operatore. Inoltre a parità di efficacia nell'abbattimento della radiazione infrarossa, un DPI non concepito espressamente per tale radiazione, offre in generale una visibilità minore.

La norma UN EN 171 fornisce dei valori di riferimento per l'attenuazione in funzione della temperatura del corpo incandescente: ad esempio fino a temperature di 1050°C è consigliato un numero di scala pari a 4-1,2 arrivando fino a temperature di 2220°C per le quali è consigliato il numero di scala massimo.

Si fa presente che in alcune situazioni la componente di infrarosso C della radiazione, potrebbe essere preponderante rispetto alla componente di infrarosso B. In tali casi i limiti presenti all'allegato XXXVII, che non considerano la regione IRC della radiazione, potrebbero essere rispettati, tuttavia si potrebbe ancora avere un riscaldamento eccessivo dell'occhio di un

operatore che si trovi in prossimità della sorgente. Si consiglia al riguardo di consultare la documentazione presente sul PAF-sezione ROA.

Il danno alla cute viene evitato utilizzando indumenti in grado di bloccare l'irraggiamento verso il corpo. Normalmente negli ambienti con presenza di materiale incandescente a vista, vengono utilizzati indumenti in grado di proteggere da proiezioni di materiale fuso, tali indumenti sono in grado di proteggere la cute anche dall'irraggiamento. Si ricorda che la scelta degli indumenti è rilevante anche nella valutazione dello stress termico che, come detto, deve essere tenuto sotto controllo da una corretta valutazione del microclima.

C.15 Quali criteri per valutare possibili disturbi da luce blu emessa da dispositivi a LED (monitor, tablet, smartphone, sistemi di illuminazione) impiegati sul lavoro?

Recentemente i media stanno promuovendo vere e proprie campagne sul rischio per gli occhi derivante dall'impiego di dispositivi elettronici di visualizzazione che fanno uso di LED. Alcuni studi scientifici riportano effetti di affaticamento visivo, secchezza degli occhi, alterazione del ritmo circadiano associati ad esposizione/uso di tali dispositivi; ad oggi non vi sono evidenze dimostrate di danni retinici o fotobiologici da luce blu associati all'impiego di tali dispositivi. Si tratta di effetti oggetto di studio e per i quali non sono disponibili al momento criteri valutativi condivisi in sede internazionale.

La SCHEER nel 2017 conclude che gli studi disponibili sugli effetti dell'illuminazione LED sui ritmi circadiani sono relativamente deboli e sono per la maggior parte realizzati in condizioni di laboratorio che non sono rappresentative dell'esposizione all'illuminazione artificiale riscontrabile in condizioni reali. Tuttavia da alcuni studi emerge la necessità di riconoscere gli effetti ed i disturbi associati all'illuminazione artificiale come una priorità di rilievo per la salute pubblica tenuto conto del crescente numero di lavoratori esposti ad illuminazione artificiale con LED sia durante il lavoro notturno che in luoghi di lavoro al chiuso. Alcuni ricercatori propongono di considerare l'esposizione notturna a luce artificiale come un nuovo tipo di perturbatore endocrino.

In tale contesto stanno trovando grande diffusione dispositivi di protezione "anti luce blu" o filtri di luce blu, da applicare ai dispositivi a LED. Dalla letteratura emerge che attualmente non esistono dati sufficienti che evidenzino benefici effettivi sull'apparato visivo nell'impiego di tali sistemi; viceversa da alcuni studi emergono possibili effetti avversi nell'impiego di tali filtri della luce blu, quali l'alterazione della percezione cromatica, la riduzione della sensibilità nella visione notturna e l'insorgenza di miopia negli adolescenti, causata dal taglio delle componenti più energetiche dello spettro visibile in fase di sviluppo oculare.

E' da tener presente che la valutazione dell'esposizione alla luce blu in relazione alla prevenzione di tali effetti esula dal campo di applicazione dei VLE contenuti nel Titolo VIII Capo V del D.Lgs. 81/08, che fanno riferimento alla prevenzione degli effetti biofisici diretti accertati su occhi e cute (FAQ A.2).

La valutazione del possibile affaticamento visivo o del disagio provocato dall'esposizione ad illuminazione artificiale può essere condotta in riferimento alle indicazioni contenute nel Titolo II art. 63 e nell'Allegato IV punto 1.10 del D. Lgs 81/2008.

SEZIONE D

GESTIONE DEL RISCHIO

D.1.1 Cosa si intende per “personale qualificato” per la sicurezza da radiazioni ottiche non coerenti e quali requisiti deve avere ai fini della valutazione dei rischi da radiazioni ottiche non coerenti?

Tra gli obblighi del Datore di lavoro vi è quello di valutare e, se del caso, misurare e/o calcolare i livelli di radiazioni ottiche non coerenti ai quali sono esposti i lavoratori e, sulla base di queste valutazioni, attuare le necessarie misure di tutela. Ai sensi dell'art. 181 comma 2 del D.lgs.81/08 il Datore di lavoro deve avvalersi di “*personale qualificato nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia*”.

Il “personale qualificato” risulta tale se in grado di effettuare la valutazione dei rischi da radiazioni ottiche non coerenti richiesta per la specifica attività lavorativa e di redigere una relazione tecnica completa ed esaustiva, secondo i requisiti richiesti dal D.Lgs. 81/08.(FAQ D.2).

Secondo quanto esplicitato nella faq 1.11 delle Indicazioni operative TITOLO VIII CAPO I:

La dicitura “personale qualificato” definisce correntemente un operatore che abbia sostenuto un corso di qualificazione sulla valutazione richiesta per lo specifico agente di rischio conclusosi con una valutazione positiva e documentabile dell'apprendimento. Inoltre, nei casi in cui ai fini della valutazione del rischio siano richieste competenze di misura e/o di calcolo degli agenti fisici, i datori di lavoro devono accertarsi che i fornitori di servizi dispongano delle competenze specialistiche, dell'esperienza e degli strumenti adeguati per effettuare la valutazione in maniera corretta.

In assenza di qualsiasi riferimento su durata e contenuti del corso e sui soggetti autorizzati alla valutazione e all'espressione della certificazione finale, si suggerisce di giudicare il “personale qualificato” essenzialmente sulla base:

- *del curriculum: è opportuno a tal fine richiedere di documentare un curriculum specifico nel settore, comprovante la partecipazi*
- *one ad almeno un corso teorico-pratico sulla valutazione richiesta per lo specifico agente di rischio, ovvero l'aver effettuato valutazioni dello specifico agente di rischio per conto di aziende/enti o istituti nel rispetto delle norme di buona tecnica e di buona prassi;*
- *del rispetto delle norme di buona prassi applicabili al settore specifico: apparecchiature adeguate, modalità tecniche appropriate e conformi alla buona prassi metrologica ;*
- *del prodotto finale: Relazione Tecnica e/o Documento di valutazione dei rischi.*

In assenza di normativa specifica, che definisca il percorso formativo da seguire per professionisti privi di esperienza consolidata in materia, possono essere assunte come riferimento le indicazioni contenute nel documento “REQUISITI DI CONOSCENZA, ABILITÀ E COMPETENZA DEL PERSONALE QUALIFICATO PER LA VALUTAZIONE DEI RISCHI DA RADIAZIONI OTTICHE NON-COERENTI E COERENTI(LASER) NEI LUOGHI DI LAVORO” redatto a cura della CIIP (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione) nel 2020, in collaborazione col Coordinamento interregionale sicurezza salute luoghi di lavoro – Gruppo di lavoro Agenti fisici e disponibile sul sito web della Consulta medesima. www.ciip-consulta.it.

Il datore di lavoro valuta l' idoneità del "personale qualificato" essenzialmente sulla base del curriculum professionale posseduto in riferimento al possesso dei suddetti requisiti.

Nei casi in cui, ai fini della valutazione del rischio, siano richieste competenze di misura e di calcolo su sorgenti di radiazioni ottiche non coerenti, è da tenere presente che la valutazione dell'esposizione mediante misurazioni o calcoli è solitamente complessa e richiede competenze specialistiche.

Se è necessario effettuare una valutazione con misurazioni o calcoli, i datori di lavoro devono accertarsi che il personale qualificato individuato disponga delle competenze, dell'esperienza e degli strumenti adeguati per effettuare la valutazione. Qualora siano richieste specifiche misurazioni su sorgenti di radiazioni ottiche non coerenti, il personale qualificato incaricato dovrà utilizzare apparecchiature e metodologie appropriate (FAQ B.2) ed inoltre produrre una relazione tecnica conforme a quanto indicato dalle norme di buona tecnica applicabili (FAQ D.2). Anche in questo caso le indicazioni sui requisiti di questa figura professionale che potrebbero orientare la scelta del Datore di lavoro sono contenute nel documento sui requisiti sopra citato.

Di seguito si riportano esempi di situazioni espositive che in genere non richiedono l'esecuzione di misurazione e/o calcoli complessi:

- In presenza di sistemi per l'illuminazione generale, siano essi per uffici o per ambienti di dimensioni maggiori come capannoni industriali, ai fini della valutazione dell'esposizione si può ricorrere all'utilizzo delle "Procedura di calcolo per la valutazione del rischio associato a sorgenti per illuminazione generale" (ed i relativi *tool* per il calcolo della "fascia di rischio") riportate nel Portale Agenti Fisici. Anche nel caso in cui il luogo di lavoro presenti sorgenti/situazioni espositive "giustificabili" (quali ad esempio i locali destinati ad uso ufficio caratterizzati dalla presenza di sorgenti adibite all'illuminazione standard, monitor dei computer, i display, le fotocopiatrici, le lampade e i cartelli di segnalazione luminosa) le valutazioni non richiederanno l'effettuazione di misure strumentali e/o calcoli complessi sui relativi parametri di funzionamento/emissione delle sorgenti (Cfr. C5) così come nel caso di altri apparati per i quali sia possibile effettuare la valutazione del rischio utilizzando i dati presenti nel Portale Agenti Fisici o nei manuali di istruzioni ed uso forniti dal costruttore ai sensi delle pertinenti norme di prodotto.
- Un'altra situazione nella quale non è necessario procedere a misurazioni dirette sulle sorgenti ai fini della valutazione del rischio, è relativa alle valutazioni connesse ai processi di saldatura, nelle quali è necessario utilizzare la norma di prodotto EN 169 al fine di individuare il corretto DPI da utilizzare per il saldatore incaricato dell'attività. Mediante le procedure specifiche presenti sul Portale Agenti Fisici, è possibile procedere ad una valutazione dei DPI anche per il personale che si trova ad operare/stazionare nelle immediate vicinanze delle sorgenti, pur non essendo direttamente coinvolto nel processo di saldatura, alla delimitazione delle aree a rischio ed alla predisposizione delle appropriate misure di tutela.

I corsi di formazione/aggiornamento teorico-pratico in materia di radiazioni ottiche non coerenti, dovranno essere erogati da Enti pubblici aventi compiti in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro di cui all'art. 9 del D.lgs.81/08 e s.m.i., Enti di ricerca, Università, Associazioni scientifiche e/o professionali del settore.

I corsi di formazione verranno ritenuti validi se con valutazione finale dell'apprendimento. Deve essere prevista l'applicazione di un criterio di valutazione dell'apprendimento (esito positivo della verifica finale). I requisiti del Formatore devono essere coerenti con quanto previsto dal Decreto Interministeriale 6 marzo 2013.

D.1.2 Quali caratteristiche deve avere il "personale adeguatamente qualificato" che effettua la valutazione del rischio LASER?

Secondo quanto esplicitato nella faq 1.11 delle Indicazioni operative TITOLO VIII CAPO I:

La dicitura "personale qualificato" definisce correntemente un operatore che abbia sostenuto un corso di qualificazione sulla valutazione richiesta per lo specifico agente di rischio conclusosi con una valutazione positiva e documentabile dell'apprendimento. Inoltre, nei casi in cui ai fini della valutazione del rischio siano richieste competenze di misura e/o di calcolo degli agenti fisici, i datori di lavoro devono accertarsi che i fornitori di servizi dispongano delle competenze specialistiche, dell'esperienza e degli strumenti adeguati per effettuare la valutazione in maniera corretta.

In assenza di qualsiasi riferimento su durata e contenuti del corso e sui soggetti autorizzati alla valutazione e all'espressione della certificazione finale, si suggerisce di giudicare il "personale qualificato" essenzialmente sulla base:

- *del curriculum: è opportuno a tal fine richiedere di documentare un curriculum specifico nel settore, comprovante la partecipazione ad almeno un corso teorico-pratico sulla valutazione richiesta per lo specifico agente di rischio, ovvero l'aver effettuato valutazioni dello specifico agente di rischio per conto di aziende/enti o istituti nel rispetto delle norme di buona tecnica e di buona prassi;*
- *del rispetto delle norme di buona prassi applicabili al settore specifico: apparecchiature adeguate, modalità tecniche appropriate e conformi alla buona prassi metrologica ;*
- *del prodotto finale: Relazione Tecnica e/o Documento di valutazione dei rischi.*

In assenza di normativa specifica, che definisca il percorso formativo da seguire per professionisti privi di esperienza consolidata in materia, possono essere assunte come riferimento le indicazioni contenute nel documento "REQUISITI DI CONOSCENZA, ABILITÀ E COMPETENZA DEL PERSONALE QUALIFICATO PER LA VALUTAZIONE DEI RISCHI DA RADIAZIONI OTTICHE NON-COERENTI E COERENTI(LASER) NEI LUOGHI DI LAVORO" redatto a cura della CIIP (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione) nel 2020, in collaborazione col Coordinamento interregionale sicurezza salute luoghi di lavoro - Gruppo di lavoro Agenti fisici e disponibile sul sito della consulta medesima:www.ciip-consulta.it

Nei casi in cui, ai fini della valutazione del rischio siano richieste competenze di misura e di calcolo su sorgenti LASER, è da tenere presente che la valutazione

dell'esposizione mediante misurazioni o calcoli è solitamente complessa e richiede competenze specialistiche.

Se è necessario effettuare una valutazione con misurazioni o calcoli, i datori di lavoro devono accertarsi che il personale qualificato individuato disponga delle competenze, dell'esperienza e degli strumenti adeguati per effettuare tale valutazione. Qualora siano richieste specifiche misurazioni su sorgenti LASER, il personale qualificato incaricato dovrà utilizzare apparecchiature e metodologie appropriate (FAQ B.1) ed inoltre produrre una relazione tecnica conforme a quanto indicato dalle norme di buona tecnica applicabili (FAQ D.2). Anche in questo caso il documento sui requisiti sopra citato, può fornire un utile riferimento sui requisiti di questa figura professionale.

Per l'impiego sicuro di apparecchi LASER di classe 3B e 4, il suddetto personale qualificato viene declinato dalle norme tecniche, consolidate dalla prassi operativa negli anni, in due figure idonee ad effettuare la valutazione e gestione del rischio LASER:

- l'"ADDETTO SICUREZZA LASER" – "ASL" per le applicazioni sanitarie
- il "TECNICO SICUREZZA LASER" – "TSL" per le rimanenti applicazioni.

Pur essendo simili i compiti da assicurare ai fini della sicurezza nei due ambiti, tuttavia la valutazione dei rischi, le procedure e i controlli da applicare devono essere mirati all'impiego specifico di un sistema LASER e potrebbero presupporre competenze e conoscenze in parte differenti. Per i dettagli relativi ai requisiti, compiti del personale qualificato per la valutazione del rischio LASER e le altre persone coinvolte nella gestione degli aspetti operativi della sicurezza LASER, si veda allegato 2.

D.1.3 In quali casi secondo la norma tecnica ci si dovrebbe avvalere dell'Addetto Sicurezza LASER o del Tecnico Sicurezza LASER e quali sono i loro compiti?

Secondo quanto previsto dalla norma tecnica e consolidato dalla prassi operativa, nei casi di utilizzo di sistemi contenenti LASER di classe 3B e/o di classe 4, ci si dovrebbe sempre avvalere dell'Esperto Sicurezza LASER o ESL, nelle due accezioni di Addetto Sicurezza LASER-ASL in ambito sanitario/estetico/veterinario e di Tecnico Sicurezza LASER-TSL negli altri ambiti. Ciò anche per sistemi LASER di classe 1 o di classe inferiore alla classe 3B che contengano LASER di classe 3B e 4 limitatamente agli interventi di manutenzione (vedi FAQ E4).

L'ASL e il TSL sono figure professionali idonee a effettuare la valutazione e gestione del rischio LASER, intesa come stima, misura o calcolo dei livelli di esposizione per i lavoratori e anche la supervisione sul controllo del rischio.

Per quanto riguarda i compiti l'ESL (ASL o TSL), questi deve avere adeguata conoscenza, comprensione, competenza ed esperienza in materia di sicurezza LASER per poter:

- effettuare la valutazione del rischio LASER secondo quanto applicabile dal Capo V del D.Lgs. 81/08, in supporto al Datore di lavoro;

- effettuare misure strumentali sui parametri di funzionamento ed emissione delle sorgenti di radiazioni ottiche LASER, sulle grandezze fisiche inerenti l'idoneità degli ambienti in cui tali sorgenti sono installate;
- determinare/verificare i dispositivi di protezione collettiva e individuale e tutte le opportune grandezze previste dal D.lgs. 81/08 con metodi di calcolo adeguati, ove necessario.

Si fa presente che gli aspetti di sicurezza riguardano prima di tutto la rispondenza del macchinario e del suo manuale d'uso e manutenzione a quanto richiesto dalle vigenti normative, ma anche l'idoneità del locale di utilizzo in relazione alle caratteristiche della specifica apparecchiatura, le corrette procedure di utilizzo ed il mantenimento nel tempo del controllo del rischio. Per tali motivi sarebbe opportuno che il parere dell'esperto fosse richiesto preliminarmente all'acquisto del macchinario, della modifica dello stesso o del locale di utilizzo, in modo da prevenire eventuali condizioni di non conformità. Da questo punto di vista risulta evidente l'importanza della terzietà dell'ESL rispetto al produttore dell'apparecchio laser in modo da avere maggiori garanzie di una valutazione oggettiva.

Per ulteriori dettagli si veda Allegato 2.

Per una ottimale gestione degli aspetti di sicurezza nei luoghi di lavoro dove sono presenti sorgenti LASER di classe 3B e 4 e anche per sistemi LASER di classe inferiore alla classe 3B che contengano LASER di classe 3B e 4 durante interventi di manutenzione, localmente è indicato dalle norme internazionali l'individuazione di un Preposto Sicurezza Laser-PSL: questi sovrintende all'attività di un reparto dove è utilizzato un laser di classe 3B o di classe 4 con funzione di supervisione operativa della sicurezza LASER presso il luogo di lavoro. Ciò anche per sistemi LASER "declassati" alla classe 1, tramite adeguati sistemi di protezione e sicurezza, che però contengano sorgenti di classe 3B e 4 (c.d. "embedded"). Le norme internazionali raccomandano il PSL anche per sistemi LASER di classe 1M e 2M (che producono fasci ben collimati e che possono presentare pericolo per la visione attraverso binocoli o telescopi anche a considerevole distanza dal LASER). Se ne consiglia la presenza anche nel caso di laser di classe 3R, soprattutto se il fascio è invisibile.

Il PSL dovrebbe assicurare controlli adeguati per

- minimizzare i rischi per la salute conseguenti all'uso di un sistema LASER,
- effettuare il monitoraggio regolare dei pericoli connessi all'uso del LASER,

verificare l'efficacia delle misure di controllo e delle relative registrazioni

D.1.4 Secondo la norma tecnica, in caso di utilizzo di un laser in classe 3B o 4, la presenza di un Addetto Sicurezza Laser o di un Tecnico Sicurezza Laser è prevista anche in una piccola azienda?

La gestione della sicurezza laser da parte di personale altamente specializzato (Esperto Sicurezza Laser) è legata alla presenza di apparecchiature laser che contengano una sorgente di classe 3B o 4, a prescindere dalla tipologia di azienda nella quale viene utilizzata. L'articolazione della struttura gerarchica

necessaria per la gestione della sicurezza, sarà commisurata al numero di apparecchiature presenti ed alle dimensioni dell'azienda.

Nel caso di aziende molto piccole si può supporre che l'Esperto Sicurezza Laser (ESL) sia un consulente esterno a cui l'azienda affida la gestione della particolare sorgente. Si fa presente che gli aspetti di sicurezza riguardano prima di tutto la rispondenza del macchinario e del suo manuale d'uso e manutenzione a quanto richiesto dalle vigenti normative, ma anche l'idoneità del locale di utilizzo in relazione alle caratteristiche della specifica apparecchiatura, le corrette procedure di utilizzo ed il mantenimento nel tempo del controllo del rischio. Per tali motivi sarebbe opportuno che il parere dell'esperto fosse richiesto preliminarmente all'acquisto del macchinario, della modifica dello stesso o del locale di utilizzo, in modo da prevenire eventuali condizioni di non conformità. Da questo punto di vista risulta evidente l'importanza della terzietà dell'ESL rispetto al produttore dell'apparecchio laser in modo da avere maggiori garanzie di una valutazione oggettiva.

Una volta stabilite le condizioni per un utilizzo in sicurezza dell'apparecchio, l'ESL, o chi per lui, formerà l'utilizzatore del laser su tutti gli aspetti della sicurezza che gli competono comprese le corrette procedure atte a garantire il controllo del rischio nell'utilizzo quotidiano.

L'ESL avrà il compito di supervisione al fine del mantenimento delle condizioni di uso sicuro, anche in relazione alle operazioni di manutenzione previste dal produttore. A tal fine, se le dimensioni dell'azienda lo consentono, potrà essere prevista una figura intermedia (Preposto Sicurezza Laser) interna all'azienda che si occupi degli aspetti operativi del controllo del rischio legati all'utilizzo dell'apparecchiatura

D.2 Come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica di supporto al documento di valutazione del rischio ROA?

Il Documento redatto sotto la responsabilità del Datore di lavoro a conclusione della valutazione del rischio sulla base della Relazione Tecnica deve essere datato (con data certa o attestata) e contenere quanto indicato all'art.28 comma 2 del D.Lgs.81/2008 (ed in particolare identificare e suggerire le opportune misure di prevenzione e protezione da adottare con particolare riferimento alle norme di buona tecnica e alle buone prassi nonché il piano temporale delle azioni per la minimizzazione). Si fornisce di seguito uno schema di riferimento per la stesura della Relazione Tecnica nel rispetto delle indicazioni previste dalla "Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2006/25/EC" relativa alle ROA redatta da "personale qualificato":

1. *Contenuti generali della Relazione Tecnica*

- obiettivo della valutazione
- luogo e data della valutazione / professionisti responsabili della valutazione;
- luogo / reparto di lavoro;

- caratterizzazione del luogo di lavoro con individuazione degli apparati in grado di emettere ROA e delle posizioni di lavoro (layout, tipo di sorgente, fabbricante della macchina/dispositivo, etc.).
- definizione delle principali caratteristiche delle sorgenti di radiazione ottica e in particolare di quelle radiometriche, dimensioni della superficie radiante, temperature operative (nel caso di forni di fusione metalli e vetro), spettro di emissione, classificazione della sorgente riportata nel manuale di istruzioni ed uso (obbligatoria nel caso dei Laser); informazioni relative alla sicurezza ed al corretto impiego riportate nei manuali di istruzioni ed uso secondo le pertinenti direttive comunitarie
- lista degli eventuali standard riferibili agli apparati/sorgenti;
- eventuale dimostrazione di *giustificazione* della sorgente o del sistema che la contiene;
- descrizione delle condizioni di utilizzo della sorgente: processo di lavoro, tempi di esposizione, posizione del lavoratore rispetto alla sorgente durante le fasi che comportano esposizione a radiazioni ottiche;
- fonti informative dei singoli dati utilizzati (dati del fabbricante, buone prassi, dati di letteratura, banche dati);
- elenco delle mansioni dei lavoratori esposti per ragioni professionali o di gruppi omogenei;
- indicazioni inerenti le misure di tutela da mettere in atto tratte ad esempio da:
 1. Portale Agenti Fisici (allegando riferimenti pertinenti)
 2. manuale di istruzioni ed uso del fabbricante (allegare estratto), da utilizzarsi obbligatoriamente in tutti i casi in cui Direttive comunitarie di prodotto prevedano specifici contenuti ai fini della valutazione dei rischi.

N.B.: Le indicazioni fornite dal fabbricante, se presenti nel manuale di istruzioni, devono necessariamente essere prese in considerazione ai sensi dell'Art. 209, comma 1 del D.Lgs. 81/08.

1.1. Nel caso siano effettuate misure:

Come riferimento non cogente possono essere usati i moduli pubblicati nel PAF nel capitolo "Documenti per la fornitura dati" e comunque devono essere indicati:

- descrizione delle condizioni di utilizzo della sorgente: processo di lavoro, tempi di esposizione, posizione del lavoratore rispetto alla sorgente durante le fasi che comportano esposizione a radiazione ottica;
- caratteristiche della strumentazione di misura e riferimenti dell'ultima taratura;
- indicazione in planimetria dei punti di misura (layout)
- condizioni della sorgente durante la misura: le misure devono essere effettuate nelle condizioni di utilizzo della sorgente più sfavorevoli nelle diverse modalità operative;

- durata delle misure;
- Le condizioni in cui sono state prese le misure (posizione dell'operatore, posizione degli altri lavoratori oltre l'operatore, tempo di permanenza nelle postazioni, operazioni, ecc.) devono essere descritte con il massimo dettaglio.

1.2. Nel caso vengano effettuate stime tramite calcoli:

- software e/o algoritmi utilizzati completi dei dati di input;
- Norme tecniche, buone prassi, linee guida o altri documenti pertinenti a cui ci si è riferiti per l'effettuazione delle valutazioni e dei calcoli.

2. Risultati della Relazione Tecnica

- Tipologia di esposizione (UV/IR/Visibile) e durate limite espositive in assenza di DPI associati a ciascuno dei gruppi omogenei identificati, in relazione ai pertinenti VLE;
- Distanze di sicurezza;
- Incertezze associate ai livelli di esposizione utilizzati ai fini del confronto con i VLE (solo nel caso in cui siano state effettuate misure);

3. Conclusioni con indicazione delle misure di prevenzione e protezione proposte

Vanno almeno riportati:

- a) I lavoratori esposti a rischio ROA e i livelli di rischio identificati con riferimento ai VLE previsti dall'Allegato XXXVII del D.Lgs. 81/08;
- b) Le specifiche condizioni espositive ove siano riscontrabili superamenti dei VLE o incrementi espositivi rilevanti in relazione alla tutela di soggetti particolarmente sensibili;
- c) Gli interventi che si propone siano messi in atto dall'azienda, con indicazione dei soggetti preposti all'attuazione ed al controllo degli stessi ed in particolare:
 - gli interventi strutturali, tecnici e/o procedurali ai fini della riduzione e del controllo del rischio di esposizione a ROA, anche sulla base di quanto riportato nel manuale di istruzioni ed uso del macchinario e/o nella sezione ROA del Portale Agenti Fisici (banca dati e documentazione);
 - le procedure di corretta installazione e manutenzione del macchinario o delle sorgenti in relazione alla riduzione ed al controllo dell'esposizione a ROA, inclusi i protocolli di manutenzione preventiva e periodica e/ o di sostituzione delle sorgenti, se di interesse ai fini del controllo dell'esposizione a ROA.
- d) Le caratteristiche dei DPC e DPI che si propone siano adottati per le differenti condizioni espositive o mansioni omogenee, le procedure di

utilizzo degli stessi, le modalità di acquisto e manutenzione degli stessi.

- e) L'indicazione delle aree ove si riscontra il superamento dei VLE che necessitano di delimitazione e le modalità di delimitazione delle stesse delimitare ad accesso limitato; la segnaletica da apporre all'ingresso delle aree ad accesso limitato.
- f) Presenza di fattori di criticità inerenti il possibile incremento del rischio ROA nel tempo e modalità di controllo /gestione degli stessi (es. sorgenti mobili, turn over personale, guasti sistemi sicurezza presenti etc.).
- g) Il piano proposto per il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza raggiunti.
- h) Scadenza / periodicità della valutazione del rischio professionale da esposizione a ROA, in relazione all'entità del rischio riscontrato e delle misure di tutela predisposte. Ad esempio se la valutazione del rischio prevede l'installazione di barriere, sistemi di controllo a chiave etc. sarà effettuata una nuova valutazione in sede di verifica della corretta installazione dei sistemi di sicurezza previsti, rimodulando conseguentemente le procedure di gestione del rischio cui ai punti c) e f) ridefinendo nuova scadenza e periodicità.

D.3 In quali casi è necessario effettuare specifica informazione / formazione?

In base all'art.36 del D.Lgs. 81/08, la informazione va fornita a tutti i lavoratori in qualsiasi modo coinvolti direttamente o indirettamente ad esposizioni con ROA. In base all'art. 37 del D.Lgs. 81/08, ai relativi Accordi Stato Regione sulla formazione e all'art. 184 del D.Lgs. 81/08, tutti i lavoratori devono essere formati in merito ai rischi specifici della propria mansione.

In particolare, per l'esposizione a radiazione ottica non coerente si raccomanda di attivare l'informazione / formazione dei lavoratori quando la valutazione dei rischi non può concludersi con la cosiddetta "giustificazione" di non dover effettuare una valutazione più dettagliata (vedi C.5)

Per quanto riguarda l'esposizione a radiazione ottica coerente (LASER) si raccomanda di attivare l'informazione/formazione specifica dei lavoratori quando la valutazione dei rischi non può concludersi con la cosiddetta "giustificazione" di non dover effettuare una valutazione dei rischi più dettagliata ossia quando si utilizzano sorgenti di classe diversa dalla 1. Nel caso di sistemi di classe 1 contenenti sorgenti LASER di classi superiori ("embedded"), la informazione/formazione specifica è sempre raccomandata, al fine di rendere consapevoli tutti i lavoratori dell'elevato rischio in caso che comporta la manomissione dei sistemi di sicurezza che disabilitano la schermatura del Laser situato all'interno dell'apparato. I contenuti della formazione specifica saranno definiti in relazione alla mansione assunta dal lavoratore (operatore, manutentore, preposto etc.).

D.4 Quali sono i contenuti della informazione / formazione?

L'informazione e la formazione dei lavoratori esposti a ROA non coerenti devono sempre comprendere:

- descrizione del tipo di ROA (UV-VIS-IR) utilizzate nel lavoro in oggetto;
- definizione, entità e significato dei valori limite di esposizione alle ROA utilizzate;
- rischi per la salute e la sicurezza che possono derivare dall'esposizione alle ROA, con particolare riguardo a quelli per gli occhi e la cute;
- controindicazioni specifiche all'esposizione, con indicazione delle condizioni individuali che potrebbero comportare una particolare sensibilità al rischio (FAQ A.2)
- risultati della valutazione del rischio ROA;
- circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e obiettivi della stessa;
- modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi per la salute derivanti dall'esposizione alle ROA;
- risultati anonimi e collettivi della sorveglianza sanitaria sugli effetti delle ROA;
- misure di prevenzione e protezione adottate per eliminare o ridurre al minimo i rischi derivanti dalle ROA, quali:
 - uso corretto delle attrezzature includendo quanto espressamente indicato nel manuale di istruzioni ed uso;
 - procedure di lavoro corrette includendo quanto espressamente indicato nel manuale di istruzioni ed uso;
 - conoscenza della segnaletica relativa alle ROA
 - uso corretto dei DPC - dispositivi di protezione collettiva - (es.: schermature);
 - utilizzo corretto dei DPI - dispositivi di protezione individuale - e procedure di acquisto manutenzione e gestione degli stessi

SISTEMI LASER

L'informazione e la formazione dei lavoratori esposti a radiazioni ottiche coerenti devono sempre comprendere:

1. descrizione del tipo di sorgenti LASER utilizzate;
2. definizione, entità e significato dei valori limite di esposizione applicabili;
3. rischi per la salute e la sicurezza che possono derivare dall'esposizione alla radiazione LASER con particolare riguardo a quelli degli occhi e della cute;
4. controindicazioni specifiche all'esposizione, con indicazione delle condizioni individuali che potrebbero comportare una particolare sensibilità al rischio (FAQ A.2);
5. risultati della valutazione del rischio LASER;
6. circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e obiettivi della stessa;
7. modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi per la salute derivanti dall'esposizione alle radiazioni LASER;

8. risultati anonimi e collettivi della sorveglianza sanitaria sugli effetti delle ROA coerenti;
9. misure di protezione e prevenzione da adottare per eliminare o ridurre al minimo i rischi, quali:
 - procedure di lavoro corrette, includendo quanto espressamente indicato nel manuale di istruzioni ed uso;
 - uso corretto delle attrezzature includendo quanto espressamente indicato nel manuale di istruzioni ed uso;
 - uso corretto dei DPC (es.: schermi, tende, etc.) e procedure di acquisto, manutenzione e gestione degli stessi
 - uso corretto dei DPI e relative indicazioni e controindicazioni all'uso, corretta manutenzione e conservazione; procedure di acquisto
10. significato della segnaletica di avvertimento e prescrizione relativa alle ROA coerenti.

D.5 Quali misure tecniche e organizzative adottare all'esito della valutazione ?

Scopo delle misure di tutela è quello di eliminare o ridurre al minimo tutti i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione a radiazioni ottiche artificiali non coerenti, sia diretti che indiretti, e garantirne l'applicazione corretta e consapevole da parte di tutti i lavoratori nel corso del tempo. Il Datore di lavoro (DL) è tenuto ad adottare misure tecniche ed organizzative per eliminare o ridurre al minimo le esposizioni alle ROA ed evitare le esposizioni indebite o inconsapevoli, ossia le esposizioni non legate direttamente all'espletamento della propria mansione, a carico di lavoratori che svolgano mansioni che non dovrebbero comportare esposizioni alle ROA o che risultino accidentalmente o inconsapevolmente esposti a livelli ROA potenzialmente nocivi. Inoltre, il DL deve adottare specifiche azioni di tutela nei casi in cui la valutazione evidenzi la possibilità di superamento dei VLE oppure quando i risultati della sorveglianza sanitaria mettano in luce alterazioni apprezzabili dello stato di salute dei lavoratori, correlate all'esposizione alle ROA.

Le prime misure di tutela da adottare sono quelle indicate nei manuali di uso e manutenzione delle attrezzature di lavoro o delle macchine in reazione alle pertinenti norme comunitarie. Una volta verificata l'impossibilità di sostituire la sorgente con una comportante un rischio minore per prevenire o limitare l'esposizione, si possono adottare soluzioni tecniche ed organizzative quali:

- schermatura della sorgente, quando possibile;
- compartimentazione dell'area di lavoro in cui si effettuano sistematicamente operazioni di saldatura ad arco (UNI EN ISO 25980);
- separazione fisica, se necessario e possibile, degli ambienti nei quali sono presenti sorgenti ROA; ; (vedi FAQ D.6)
- impiego di sistemi di controllo dell'accesso agli ambienti in cui sono utilizzate sorgenti ROA ritenute particolarmente pericolose;
- zonizzazione, ovvero l'identificazione di "zone ad accesso limitato", contrassegnate da idonea segnaletica di sicurezza; (vedi FAQ D.6)

- informazione e formazione adeguate in relazione al rischio, alle procedure di lavoro e modalità di accesso alle aree compartimentate
- Tali misure, se necessarie, devono essere documentate all'interno del Documento di Valutazione dei Rischi.
- Si ricorda che ai sensi dell'art. 217 comma 2 i luoghi di lavoro in cui i lavoratori potrebbero essere esposti a livelli di radiazioni ottiche che superino i valori limite di esposizione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile.

D.6.1 Quali sono i criteri di scelta dei DPI per la protezione degli occhi e della cute da radiazioni ottiche non coerenti?

Al fine di proteggere i lavoratori dai rischi che possono provocare danni agli occhi e al viso, una volta identificati e valutati i rischi ed adottate tutte le misure concretamente attuabili per la loro eliminazione o riduzione, il Datore di lavoro ha l'obbligo di adottare anche i dispositivi di protezione degli occhi e del viso più efficaci per contrastare i tipi di rischio presenti. L'attuale riferimento normativo per i D.P.I. è il D. Lgs. 475/1992 che è stato radicalmente modificato dal D.Lgs. 19/2/2019 n. 17 che ha adeguato la normativa nazionale al Regolamento UE 2016/425. Quest'ultimo contiene in dettagli nell'Allegato II - parte 1 e 2 - indicazioni fondamentali per orientare la scelta dei D.P.I. e delle loro caratteristiche specificando chiaramente gli obblighi informativi dei fabbricanti nei confronti degli acquirenti ed utilizzatori.

Si tenga comunque presente che la responsabilità della scelta/adozione del DPI adeguato è un obbligo del datore di lavoro; pertanto anche nel caso in cui il DPI venga fornito dal fabbricante il datore di lavoro deve sincerarsi che le caratteristiche dello stesso siano adeguate alla tipologia della sorgente e alle condizioni di impiego da parte del lavoratore.

Per la protezione di occhi e viso si utilizzano occhiali (con oculare doppio o singolo), maschere (del tipo a scatola o a coppa) e ripari facciali (per saldatura o altro uso).

Le norme tecniche di riferimento per i DPI sono riportate in Tabella D.6.1_1

Tabella D.6.1_1

NORMA	ARGOMENTO
UNI EN 166: 2004	Protezione personale dagli occhi - Specifiche
UNI EN 167: 2003	Protezione personale degli occhi - Metodi di prova ottici
UNI EN 168: 2003	Protezione personale degli occhi - Metodi di prova non ottici
UNI EN 169: 2003	Protezione personale degli occhi – Filtri per saldatura e tecniche connesse – Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
UNI EN 170: 2003	Protezione personale degli occhi - Filtri ultravioletti - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
UNI EN 171: 2003	Protezione personale degli occhi - Filtri infrarossi – Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
UNI EN 172: 2003	Protezione personale degli occhi - Filtri solari per uso industriale
UNI EN 175: 1999	Protezione personale degli occhi – Equipaggiamenti di protezione degli occhi e del viso durante la saldatura e i procedimenti connessi
UNI EN 379: 2004 (2009)	Protezione personale degli occhi – Filtri automatici per saldatura

UNI 10912: 2000	Dispositivi di protezione individuale - Guida per la selezione, l'uso e la manutenzione dei dispositivi di protezione degli occhi e del viso per attività lavorative.
-----------------	---

I DPI destinati a prevenire gli effetti acuti e cronici delle radiazioni sugli occhi devono poter assorbire la maggior parte dell'energia irradiata nelle lunghezze d'onda nocive. Non devono alterare in modo eccessivo la trasmissione della parte non nociva dello spettro visibile, la percezione dei contrasti e la distinzione dei colori, qualora le condizioni prevedibili d'impiego lo richiedano, non introdurre distorsioni della forme e delle dimensioni di ciò che si guarda. Le lenti inoltre non devono deteriorarsi o perdere le loro proprietà per effetto dell'irraggiamento emesso in normali condizioni di impiego.

Tutti i dispositivi di protezione degli occhi e del viso da radiazioni ottiche appartengono almeno alla categoria II dell'Allegato I del Regolamento UE 2016/425 e pertanto comportano l'obbligo di una formazione specifica all'uso.

I dispositivi di protezione degli occhi e del viso, oltre alla marcatura CE, devono avere obbligatoriamente la marcatura specifica sia dell'oculare che della montatura, entrambe rappresentate da una sequenza orizzontale di lettere e numeri che stanno ad indicare le capacità protettive e le caratteristiche delle due parti del dispositivo. La nota informativa che accompagna il DPI contiene le spiegazioni che permettono di interpretare il significato della marcatura e si rivela particolarmente utile poiché la marcatura utilizza diversi codici alfanumerici stabiliti dalle norme tecniche specifiche.

L'oculare presenta un codice alfanumerico prima del marchio di identificazione del fabbricante che, se funzionale alla riduzione dell'esposizione a radiazioni ottiche non coerenti, nella prima posizione presenta un numero di scala che identifica il tipo di protezione da radiazioni luminose. Il numero di scala è una combinazione di numero di codice (che identifica la regione spettrale per la quale i filtri sono destinati) e numero di graduazione (che rappresenta la capacità del filtro di trattenere la radiazione incidente pericolosa), staccati da un trattino. Se compare un solo numero si deve intendere che si tratta di un protettore per saldatura (i relativi filtri non hanno infatti uno specifico numero di codice) e il singolo numero identificherà direttamente la graduazione. Utili indicazioni sono contenute nel DECRETO 2 maggio 2001 "Criteri per l'individuazione e l'uso dei dispositivi di protezione individuale (DPI)".

Per maggiori dettagli si veda l'Allegato 1.1.

Occorre infine ricordare che la protezione complessiva del lavoratore si avvale spesso di DPI che non riguardano solo la protezione di occhi e volto. Ad esempio, nelle lavorazioni che comportano l'esposizione dell'operatore alle radiazioni emesse da archi elettrici, torce al plasma, ecc. (radiazione UV, visibile e infrarossa) la protezione si attua prescrivendo al lavoratore di utilizzare, oltre alle maschere munite di idonei filtri o agli elmetti provvisti di filtri elettronici a cristalli liquidi, i guanti da saldatore e indumenti resistenti al calore (es.: grembiule).

Si ricorda che nell'ambiente dove si lavora con tali protezioni il microclima dovrà essere attentamente valutato.

D.6.2 Quali sono i criteri di scelta dei DPI per la protezione degli occhi e della cute da radiazioni LASER?

DPI OCULARI LASER

I DPI oculari specifici per radiazioni LASER devono essere utilizzati in tutte le zone pericolose dove è possibile il superamento dei valori limite di esposizione a seguito di eventi accidentali, a seguito dell'esposizione diretta dell'occhio alla radiazione Laser.

Esistono due tipologie di occhiali protettivi: protezioni oculari da radiazioni laser per l'utilizzatore (Norma UNI EN 207) e protezioni oculari per operazioni di allineamento di sistemi laser (solo radiazione visibile) (Norma UNI EN 208)

A differenza di quanto avviene nel caso delle ROA non coerenti, nel caso della radiazione Laser la densità ottica da sola non tiene conto della soglia di danneggiamento del materiale che viene utilizzato per proteggerci dalla radiazione laser - cioè la potenza o la densità di energia (W/m^2 o J/m^2) a cui resisteranno gli occhiali. Pertanto ai sensi delle sopracitate norme di prodotto (EN 207 e EN 208) il produttore è tenuto a fornire le seguenti informazioni utili ai fini della scelta del DPI:

- la densità ottica (che dovrà essere necessaria a ridurre l'esposizione a valori inferiori ai VLE in caso di esposizione accidentale dell'occhio);
- la soglia di danno degli occhiali in relazione alla potenza della radiazione incidente (tipicamente alcuni secondi di esposizione).

E' importante evidenziare in merito che qualora il DPI risulti accidentalmente esposto alla radiazione Laser l'evento dovrà essere tempestivamente segnalato e bisognerà procedere alla sostituzione dello stesso, in quanto a seguito dell'esposizione il DPI potrebbe risultare danneggiato, qualora la stessa superi la durata massima garantita dal costruttore, che tipicamente è dell'ordine di pochi secondi o di alcune decine di impulsi.

La norma europea UNI EN 207 descrive i requisiti cui i filtri LASER devono rispondere ed elenca i livelli protettivi possibili, indicati da un numero di graduazione espresso con il simbolo **LB**, seguito da un numero da 1 a 10. Per ogni livello protettivo è indicato il fattore spettrale massimo di trasmissione per lunghezza d'onda, nonché le densità di potenza e/o di energia utilizzata per i test di prova; tali test vengono eseguiti per le varie tipologie di LASER (a onda continua, pulsata, a impulsi giganti e a impulsi a modo accoppiato), ognuna contraddistinta da una lettera identificativa (rispettivamente **D**, **I**, **R** e **M**). Per calcolare il livello protettivo necessario per l'impiego di un determinato LASER, la norma tecnica sopra citata fornisce le formule ed una tabella di riferimento. (riportata in **ALLEGATO 1.2 – Tabella 1.1.1**) .

Ai fini della scelta del DPI è possibile seguire le indicazioni fornite dal fabbricante sul manuale di istruzioni e uso della sorgente LASER. Oltre al livello protettivo, ai fini della scelta del DPI oculare idoneo, è necessario prendere in considerazione anche:

- la trasmissione luminosa per avere la visione più nitida possibile;
- il riconoscimento dei colori;

- il campo visivo che deve essere il più ampio possibile
- la vestibilità ed il confort in caso di lavoratori portatori di occhiali con lenti correttive.

Inoltre i protettori oculari devono restare aderenti al volto, permettendo comunque una ventilazione sufficiente per evitare l'appannamento. La montatura e i ripari laterali (necessari per la protezione dalla radiazione diffusa ossia per laser di classe 4) devono dare una protezione equivalente a quella assicurata dalle lenti.

Per quanto riguarda le operazioni di puntamento e allineamento di sorgenti LASER visibili esistono delle protezioni specifiche i cui requisiti sono indicati nella norma tecnica UNI EN 208. Si tratta di occhiali che proteggono durante la regolazione di LASER, con emissione nel campo spettrale visibile da 400 a 700 nm. Anche in questo caso, i filtri certificati secondo la norma non devono essere utilizzati per guardare direttamente il fascio LASER ma solo per la protezione da visione diretta accidentale. La norma prevede una scala di protezioni: nella marcatura apposta sull'occhiale il livello protettivo è contrassegnato dalla lettera **RB**, seguita da un numero di graduazione da 1 a 5 (vedi ALLEGATO 1.2).

È indispensabile che i lavoratori siano consapevoli che, anche indossando un occhiale protettivo, non si deve per nessun motivo fissare il raggio LASER in quanto l'occhiale è costruito per proteggere soltanto da esposizioni accidentali.

PROTEZIONE CUTE

E' da prevedere in tutti quei casi in cui il personale possa essere sottoposto a livelli di radiazione che superino li VLE per la pelle. I laser di classe 4, in modo particolare, rappresentano un potenziale pericolo di incendio e gli indumenti protettivi indossati, durante l'utilizzo di queste sorgenti dovrebbero essere fabbricati in materiale ignifugo e termoresistente.

D.7.1 In quali casi e con quali modalità deve essere effettuata la delimitazione delle aree di lavoro in cui sono presenti sorgenti ROA NON COERENTI?

Ai sensi dell'attuale art.217, comma 2, del D.Lgs.81/2008 (ma anche dell'Allegato XXV, punti 3.2 e 3.3, richiamati dall'art.163 dello stesso Decreto), la segnaletica di identificazione della presenza di ROA entra in gioco nel caso di un'area in cui i lavoratori o le persone del pubblico possono essere esposti al rischio di superamento dei VLE applicabili. In tal caso, l'area va indicata tramite segnaletica e l'accesso alla stessa va regolamentato laddove ciò sia tecnicamente possibile e sussista un rischio di superamento dei valori limite di esposizione.

La norma UNI EN ISO 7010:2012 prevede l'utilizzo della segnaletica di sicurezza riportata di seguito.

Nel caso in cui all'interno dell'area sia necessario l'utilizzo di DPI, quali ad esempio occhiali o maschere facciali, all'ingresso deve essere esposto l'apposito segnale di prescrizione.



Figura D7.1 Segnaletica di sicurezza

Le aree in cui sono presenti sorgenti di ROA non coerenti in grado di esporre i lavoratori e/o la popolazione a livelli superiori ai VLE applicabili, devono essere individuate, segnalate e, se possibile, fisicamente delimitate.

Si ricorda che ai sensi dell'art. 217 comma 2 luoghi di lavoro in cui i lavoratori potrebbero essere esposti a livelli di radiazioni ottiche che superino i valori limite di esposizione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile.

In generale, in analogia a quanto attuato per le sorgenti LASER, è possibile definire una "Distanza di Rischio" secondo quanto indicato dalla Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2006/25/EC: *"La distanza alla quale il livello di esposizione scende al livello del valore limite di esposizione applicabile è detta distanza di rischio (HR): oltre tale distanza non c'è rischio di lesioni. Queste informazioni, se fornite dai fabbricanti, possono essere utili per la valutazione dei rischi e per garantire un ambiente di lavoro sicuro". Le informazioni sui rischi da radiazioni ottiche possono essere presentate anche come valore di rischio (HV), che è il rapporto tra il livello di esposizione a una distanza specifica e il valore limite di esposizione a quella distanza:*

$$HV \text{ (distanza, tempo di esposizione)} = \text{Livello di esposizione (distanza, tempo di esposizione)} / \text{Valore limite di esposizione}$$

Il valore di rischio HV ha un'importanza pratica elevata. Se HV è superiore a 1, indica che bisogna adottare misure di controllo appropriate e limitare la durata dell'esposizione o l'accessibilità di una sorgente (attenuazione, distanza), a seconda dei casi. Se HV è inferiore a uno, il valore limite di esposizione non è superato in quel punto per il tempo di esposizione considerato.

Le aree a rischio possono essere delimitate da pareti o strutture esistenti che delimitano l'area di lavoro oppure possono essere impiegate schermature (pannelli, tendaggi, etc.) o, se non possibile, delimitazioni con supporti e catene perimetrali che mantengano alla distanza di sicurezza dalla sorgente. In tali casi è sempre necessario adottare la segnaletica pertinente, ivi compresa quella di prescrizione per i DPI necessari ai lavoratori che devono svolgere le loro mansioni a distanze inferiori a quella in cui i VLE non sono superati ("distanza di rischio").

D.7.2 In quali casi e con quali modalità deve essere effettuata la delimitazione delle aree di lavoro in cui sono presenti sorgenti LASER?

Ai sensi dell'art. 217 comma 2 luoghi di lavoro in cui i lavoratori potrebbero essere esposti a livelli di radiazioni ottiche che superino i valori limite di esposizione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile. E' pertanto obbligatorio la segnalazione e delimitazione della ZLC (Zona Laser Controllata) ove possono riscontrarsi valori espositivi superiori ai VLE. Nel caso di radiazione laser la segnaletica di identificazione della presenza di Zona Laser Controllata (ZLC) si trova nella norma CEI EN 60825-1 in cui si richiede che agli accessi delle aree che contengono apparecchi laser siano affissi segnali di avvertimento indicanti la presenza di un laser e la classe di appartenenza. Il Rapporto Tecnico CEI 76-11 prevede l'impiego di uno specifico segnale di avvertimento per il rischio LASER, l'indicazione della tipologia di emissione (visibile, invisibile), la classe di rischio della sorgente secondo la norma tecnica IEC 60825-1, le restrizioni di accesso e le precauzioni da adottarsi in caso si entri nella zona a rischio. In figura 7.2.2_1 un esempio di segnaletica nel caso di presenza di Laser in classe 4 con emissione di radiazione sia visibile che non visibile



Fig. 7.2.2_1 esempio di segnaletica nel caso di presenza di Laser in classe 4 con emissione di radiazione sia visibile che non visibile

Nel caso in cui all'interno dell'area sia necessario l'utilizzo di DPI, quali ad esempio occhiali o maschere facciali, all'ingresso deve essere esposto l'apposito segnale di prescrizione. (vedi FAQ D.7.1.)

Se in un'area di lavoro sono presenti una o più sorgenti LASER, l'area può essere suddivisa in "Zone" come di seguito indicato:

- Zona LASER Controllata (ZLC) = zona dove la presenza e l'attività delle persone al suo interno sono regolate da apposite procedure di controllo al fine della protezione dai rischi da radiazione LASER;
- Zona Nominale di Rischio Oculare (ZNRO) = zona all'interno della quale l'irradianza o l'esposizione energetica del fascio supera l'esposizione massima permessa (EMP) per la cornea; essa include la possibilità di errato puntamento accidentale del fascio LASER. Se la ZNRO comprende la possibilità di visione assistita otticamente, viene detta "ZNRO estesa".

La ZNRO è inclusa all'interno della ZLC. La sua dimensione è almeno pari alla DNRO.(FAQ C.2.2)

Se l'area è delimitata da pareti fisiche di qualsiasi natura che risultano essere una barriera per la radiazione LASER accidentalmente incidente, la ZLC può coincidere con la superficie individuata da tali pareti. Diversamente deve essere definito e indicato un accesso regolamentato all'interno della ZLC e della ZNRO.

Le aree a rischio possono essere delimitate anche da schermature (pannelli, tendaggi, etc.) con idonee caratteristiche. Utili riferimenti sono contenuti nella norma CEI EN 60825-4 e nella norma UNI EN 12254. In tali casi è sempre necessario adottare la segnaletica pertinente, ivi compresa quella di prescrizione per i DPI necessari ai lavoratori che devono svolgere le loro mansioni a distanze inferiori a quella in cui i VLE non sono superati (DNRO = Distanza Nominale di Rischio Oculare FAQ C.3).

D.8 Quali criteri vanno adottati nella scelta dei DPI in presenza di radiazione infrarossa emessa da corpi caldi non incandescenti?

Quando nell'ambiente di lavoro sono presenti materiali con temperature elevate ma non incandescenti, si può avere un livello rilevante di infrarosso. All'aumentare del livello di esposizione oltre al rischio di esposizione a radiazioni ottiche artificiali, diventa rilevante anche il rischio da colpo di calore; per tale motivo in questi casi deve essere effettuata anche la valutazione del microclima dell'ambiente. Si ricorda che il livello di emissione di radiazione infrarossa dipende sostanzialmente dalla temperatura superficiale dei materiali presenti e dall'estensione della loro superficie, per tale motivo risulta piuttosto semplice realizzare modelli in grado di calcolare il livello di esposizione da tali sorgenti. In particolare data una superficie con una determinata estensione, è possibile stabilire una temperatura massima al di sotto della quale sono rispettati i limiti di esposizione vigenti. Per valori di temperatura superiori occorre limitare l'esposizione mettendo in atto, nell'ordine dato, le seguenti azioni: compartimentazione della sorgente, utilizzo di procedure che comportino un'esposizione minore, utilizzo di dispositivi di protezione collettiva (DPC) o quando ciò non sia possibile, utilizzo di DPI. La scelta dei DPI oculari deve essere il risultato del bilanciamento fra le esigenze di protezione e di visibilità per non compromettere la sicurezza ed il corretto svolgimento della mansione assegnata; normalmente in presenza di corpi non incandescenti non vi è il rischio di ustione della cute per irraggiamento, ma solo per contatto, in tal senso devono quindi essere scelti i DPI per la cute. Per maggiori approfondimenti si consiglia di consultare la sezione ROA del Portale Agenti Fisici

D.9 Quali criteri vanno adottati per la gestione del rischio derivante dall'impiego di lampade germicide UVC?

Una lampada germicida è un tipo particolare di lampada che produce radiazione ultravioletta con componente spettrale dominante nella regione UV-C. La radiazione ultravioletta nella regione UV-C modifica il DNA o l'RNA dei

microorganismi e quindi impedisce loro di riprodursi o di essere dannosi. Per tale motivo viene utilizzata in diverse applicazioni, quali la disinfezione di cibo, acqua e aria. Tipicamente le lampade germicida, installate in cappe sterili di laboratorio o a parete per sterilizzare ambienti, sono costituite da lampade al mercurio, con emissione dominante nella riga spettrale a 253 nm (UVC). Gli organi bersaglio sono la cornea e la cute. Le misurazioni effettuate in condizione di esposizione diretta dell'operatore (ad altezza operatore) alla radiazione emessa da lampade installate a soffitto a 3 metri dal pavimento, evidenziano esposizioni particolarmente elevate, che comportano il superamento dei limiti di legge per la radiazione UV in pochi secondi di esposizione, per un soggetto non protetto. Analoghi risultati sono stati ottenuti per lampade germicida installate in cappe da laboratorio, in posizione operatore ed a cappa aperta (cfr. Portale Agenti Fisici - Banca dati ROA). È importante ricordare che tutta la radiazione ultravioletta nelle sue componenti UV-A, UV-B ed UV-C è classificata dalla Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) nel Gruppo 1 degli agenti certamente cancerogeni per l'uomo. I danni indotti, soprattutto a livello degli occhi e della cute, possono avvenire con tempi molto brevi di esposizione (nell'ordine di pochi secondi in presenza di lampade UV-C non schermate): per questo motivo, l'utilizzazione degli UV-C con attività germicida negli ambienti di lavoro deve avvenire in assenza di personale ed effettuata da personale professionalmente formato e informato.

Sulla base di tali evidenze appare indispensabile che vengano stabilite procedure di sicurezza per l'impiego di tali lampade e che tutti i lavoratori che a qualsiasi titolo accedano ai locali ove sono installate tali lampade siano a conoscenza delle procedure di sicurezza e le rispettino con consapevolezza. È indispensabile prevenire l'accesso al locale a soggetti non protetti ed inconsapevoli del rischio, nel caso in cui l'accesso avvenga con le lampade in funzione. Una misura di tutela particolarmente efficace a tale proposito è quella di predisporre che l'accensione delle lampade avvenga solo grazie ad appositi interruttori a chiave, e che queste siano affidate solo a personale adeguatamente formato. Ai fini della sicurezza – secondo quanto prescritto dal D.Lgs. 81/08 Titolo VIII Capo V, la segnaletica e le avvertenze riportate in figura D.9_2 devono sempre essere affisse prossimità delle lampade germicide, in maniera che possano essere ben visibili a tutti coloro che si trovino in prossimità delle lampade. Tali elementari e fondamentali misure di tutela non sembra siano ancora sistematicamente messe in atto in tutte le realtà operative ove tali lampade sono utilizzate, sia in ambito sanitario che nel terziario (palestre, pubblici esercizi etc.); talvolta gli operatori non sono consapevoli dell'esistenza del rischio espositivo a radiazione UVC e ciò può causare esposizioni rilevanti con danni gravi ad occhi e cute dei soggetti accidentalmente esposti.

Grazie allo sviluppo della tecnologia LED sono state di recente sviluppate lampade con emissione UVC tipicamente nell'intervallo 260-280 nm in sistemi portatili e per un'ampia gamma di applicazioni, anche per uso domestico e non professionale, che hanno trovato ampia diffusione a seguito della pandemia COvid -19. A differenza delle tradizionali lampade fluorescenti UVC a mercurio, in genere i sistemi LED UVC hanno bassa potenza; se utilizzati a distanza di

pochi centimetri sono in grado di produrre una dose germicida efficace con durate espositive comparabili a quelle richieste per le lampade tradizionali; in caso contrario, per raggiungere la dose germicida efficace la durata espositiva richiesta sarebbe molto più lunga, dell'ordine delle ore; al momento non esistono sufficienti evidenze sperimentali che - a parità di dose - esposizioni UVC a bassa potenza e di lunga durata siano di pari efficacia di esposizioni ad alta potenza e di breve durata. Le più autorevoli organizzazioni internazionali si sono espresse con toni preoccupati riguardo la diffusione e l'utilizzazione di questa tipologia di lampade da parte della popolazione. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) ha dedicato una info-grafica e un breve video sui possibili rischi per la salute dovuti all'esposizione alle lampade, manifestando il timore che potessero essere utilizzate per la sterilizzazione delle mani ed esporre in ogni caso l'utilizzatore ai danni a carico di occhi e cute. La Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP) (8) nella nota "Note on use of UVC lamps to kill/inactivate the coronavirus (SARS-CoV-2)" evidenzia una grande commercializzazione di lampade UV-C che vengono reclamizzate per l'utilizzo domestico per l'inattivazione del virus Sars-CoV-2: l'ICNIRP pone una allerta sulla possibile sovraesposizione alla radiazione UV-C per l'utilizzatore. Nella stessa nota viene riportato inoltre che sono stati segnalati infortuni verificatisi a seguito dell'utilizzazione di queste lampade.

Sul Portale Agenti Fisici nella Banca Dati ROA, sono state pubblicate misure effettuate in laboratorio su lampade UVC di impiego comune. Dai risultati ottenuti emerge che i valori limite di esposizione per danno eritemale sono superati dopo pochi secondi/minuti di esposizione alla radiazione UVC emessa da tali dispositivi, per un soggetto che si trovi nelle vicinanze dell'apparato. I valori limite risultano superati anche nel caso di esposizione alla radiazione UVC riflessa su superfici metalliche o altamente riflettenti. Inoltre dalle valutazioni effettuate in laboratorio è emerso che i sistemi di sicurezza installati su taluni sistemi portatili in beni di consumo, che dovrebbero bloccare l'emissione della radiazione qualora la lampada sia diretta verso l'utilizzatore, talvolta non risultano efficienti, in quanto l'emissione UVC in alcuni sistemi è stata rilevata anche nelle condizioni di utilizzo in cui la lampada si sarebbe dovuta automaticamente spegnere. Per quanto sopra esposto si raccomanda che l'impiego di tali sistemi deve avvenire previa attenta verifica delle caratteristiche di sicurezza, delle appropriate modalità d'uso ai fini della sterilizzazione e da parte di personale che sia stato adeguatamente formato sulle corrette modalità di utilizzo e sui rischi derivanti dall'esposizione alla radiazione UV emessa da tali apparati, come prescritto dal D.Lgs. 81/08 Titolo VIII Capo V. Documentazione dettagliata inerente le misure di prevenzione e protezione attuabili per tali sorgenti sono disponibili on line alla sezione documentazione della sezione Radiazioni Ottiche Artificiali del Portale Agenti Fisici.

D.9.1 Quali criteri nella gestione del rischio per lampade germicide inserite nei condotti di impianti di ricambio aria?

La gestione del rischio dei sistemi di sanificazione dell'aria che utilizzano sorgenti UVC inserite nei sistemi di canalizzazione, può essere effettuata seguendo la norma IEC/EN 60335-2-65] e per le applicazioni industriali la norma EN ISO 15858 [; mentre la norma ISO 15714 fornisce un metodo di misura dell'efficienza dell'azione germicida. Invece per i sistemi UVC di sanificazione dell'acqua si può applicare la norma IEC/EN 60335-2-109. Nei sistemi di sanificazione inseriti nei condotti di ricambio dell'aria la radiazione può essere completamente confinata in modo tale che non vi sia alcuna esposizione agli UV. Conformemente ai criteri fissati dalla norma IEC/EN 60335-2-65, gli utilizzatori non dovrebbero mai avere accesso alla zona dove è presente emissione UVC da parte delle sorgenti; in caso di canali ispezionabili, è prescritto l'inserimento di interblocchi agli sportelli di accesso con segnaletica che indichi la possibile emissione di radiazione ultravioletta. L'installazione e la manutenzione di tali sistemi deve essere effettuata solo da personale qualificato e formato sui rischi specifici delle sorgenti UV, in quanto risulta evidente che in tali fasi potrebbe essere necessario disattivare i sistemi di interblocco. Anche in questo caso risulta importante il programma di manutenzione che da una parte deve assicurare il funzionamento dei sistemi di sicurezza e dall'altra assicurare il livello di irradiazione richiesto per l'azione germicida; si noti che condizione necessaria per avere tali garanzie è la presenza dell'indicazione precisa di marca e modello della sorgente di radiazione utilizzata all'interno del sistema. Quanto sopra enunciato deve essere correttamente riportato nel manuale d'uso e manutenzione.

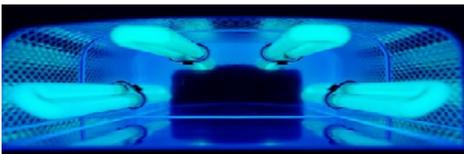


Figura D.9.1_1 Nei sistemi UVC inseriti nei condotti di canalizzazione dell'aria le lampade sono disposte in modo da ottimizzare l'irraggiamento del flusso d'aria al fine di impartire la dose prevista di radiazione UVC.

Per tali sistemi l'efficienza della disinfezione dovrebbe essere dichiarata come previsto dalla norma ISO 15714; tale informazione risulta importante sia per garantire il buon funzionamento del sistema, sia per confrontare le prestazioni di sistemi differenti. Tale dato consente inoltre un'agevole valutazione dell'efficacia dell'azione di sterilizzazione, mediante un appropriato dimensionamento dei ricambi d'aria all'interno degli ambienti.

Ai fini della sicurezza - conformemente a quanto prescritto dalla norma IEC/EN 60335-2-65 - e dal D.Lgs. 81/08 Titolo VIII Capo V, la segnaletica e le avvertenze riportate in figura D.9.1_2 devono essere affisse all'interno del dispositivo, in prossimità delle lampade germicide, in maniera che possano essere ben visibili all'apertura dello stesso. Tali avvertenze dovranno necessariamente essere riportate all'interno del manuale di istruzioni ed uso. Si ricorda che l'installazione e la manutenzione di tali sistemi deve essere

effettuata solo da personale qualificato e formato sui rischi derivanti dall'esposizione alla radiazione UVC; una condizione necessaria a tal fine è che il manuale di istruzioni ed uso riporti in dettaglio le specifiche tecniche della lampada da installare ed i rischi per la salute e sicurezza derivanti dall'esposizione alla radiazione UVC - inclusi i segnali di pericolo cui in figura D.9.1_2.

Si fa presente in merito che la maggior parte degli incidenti che si registrano per sistemi di sanificazione con lampade UVC avvengono proprio in fase di manutenzione e sostituzione delle lampade



ATTENZIONE SORGENTE UV-C AD ALTA EMISSIONE - GRUPPO DI RISCHIO 3 (norma CEI EN 62471)

Evitare assolutamente l'esposizione di occhi e cute in caso di funzionamento della sorgente in assenza di schermo o in caso di prova della lampada UVC .

L'esposizione accidentale di occhi e cute anche per pochi secondi può provocare gravi ustioni e danneggiare occhi e cute.

Mantenere una distanza di sicurezza di almeno tre metri dalla lampada in caso di accensione della lampada in assenza di schermo o in caso di prova della lampada UVC.

Non disabilitare mai l'interblocco che impedisce l'emissione della radiazione UVC in assenza di schermo.

Seguire le istruzioni contenute nel manuale d'uso.

Figura D.9.1_2 Segnaletica ed avvertenze da affiggere all'interno del dispositivo - lampada germicida

Rischio Ozono

Deve essere sempre garantito che le lampade UV-C utilizzate dal dispositivo siano dotate di schermo idoneo a filtrare le lunghezze d'onda dello spettro UV-C inferiori a 240 nm, che sono in grado di generare Ozono.

Va rilevato che anche se inizialmente il sistema è dotato di una lampada "ozone free" devono comunque essere predisposte idonee procedure ai fini della prevenzione del rischio Ozono, in considerazione del fatto che le lampade vanno sostituite almeno 1 volta/anno.

L'emissione di Ozono può rappresentare infatti un serio rischio per la salute e sicurezza nel corso dell'uso dell'apparato, qualora lo schermo della lampada si deteriori o qualora, nel corso della manutenzione, la lampada sia sostituita con altra lampada UVC di tipo diverso, e priva di filtro delle componenti UV con lunghezza d'onda inferiori a 240 nm, in grado di generare Ozono.

E' da tener presente a che ai sensi della norma IEC 61549-310-1 le lampade UVC possono essere dichiarate "ozone free" se la concentrazione di Ozono emesso è inferiore ai limiti fissati dalla normativa (0,1 ppm - Valore medio su 8 ore). E' comunque stato evidenziato che anche alcune lampade "Ozone free" sono in grado di emettere Ozono - sia pure in quantità inferiori al limite fissato dallo standard IEC 61549-310-1 - e provocare disagio, fastidi, malessere soprattutto in caso di soggetti sensibili o in condizioni di suscettibilità individuale, quali ad esempio in particolare bambini, asmatici, soggetti con patologie respiratorie etc. Pertanto dovrebbe essere sempre garantito, nelle condizioni di esercizio, che i valori di concentrazione rilevabili in ambiente a

seguito del funzionamento delle lampade risultino del tutto trascurabili, dell'ordine di 0,001- 0,002 ppm, e molto inferiori ai valori rilevabili in esterno.

Procedure in caso di rottura della sorgente

Le lampada germicide a mercurio utilizzate in tali dispositivi contengono tipicamente circa 4-5 mg di mercurio ciascuna.

Nel caso in cui una lampada si rompa è necessario disattivare la ventola, evacuare la stanza, ventilare la stanza per almeno 30 minuti e successivamente rimuovere i frammenti, indossando guanti di protezione. La pulizia deve essere effettuata da personale formato sulla rimozione del mercurio, munito di indumenti di protezione (guanti e occhiali di protezione) evitando la diffusione delle gocce di mercurio nell'ambiente. I frammenti rimossi devono essere posti in un sacchetto di plastica sigillato e smaltiti con specifica procedura per rifiuti speciali. Non va mai usato l' aspirapolvere per evitare contaminazione da mercurio.

Smaltimento

Si fa presente che le lampade al mercurio devono essere smaltite come rifiuti speciali pericolosi ai sensi del d. lgs. 152/2006.

D.10 Quali criteri per la gestione in sicurezza dei Laser ad uso scenico?

Normativa di riferimento :

CEI 76-fasc. 3849 R paragrafi B.12.2.4 e B.12.4 sicurezza per i dispositivi di spettacolo luce con laser.

IEC/TR 60825/3 Safety of laser products - Part 3: Guidance for laser displays and shows

In genere i Laser usati per spettacoli e giochi di luce sono in Classe 3 B o 4. Appartengono dunque alla classe di rischio più pericolosa.

La DNRO (Distanza Nominale di Rischio Oculare) è il parametro fisico, che obbligatoriamente deve essere dichiarato dal costruttore, che caratterizza la distanza entro cui il fascio Laser, se intercettato dall'occhio, può causare danni. Questo può essere anche di decine o centinaia di metri. Inoltre i Laser in classe 3B e 4 sono pericolosi – oltre che per visione diretta- anche per riflessione.

Il funzionamento di un laser di spettacolo di classe 3B o 4 è consentito solo se lo spettacolo è controllato da un operatore esperto nell'uso dello stesso e sulle procedure di sicurezza e ben addestrato sul regolamento di sicurezza prodotto dall' "Addetto Sicurezza Laser", che ai sensi della normativa IEC/CEI è il responsabile della sicurezza laser.

Le norme di sicurezza internazionali (IEC) e nazionali (CEI) sopracitate richiedono che il laser debba essere utilizzato nel modo illustrato di seguito, con un minimo di 3 metri di separazione verticale tra il pavimento e la luce laser più bassa. Inoltre, è richiesto 2,5 metri di separazione orizzontale tra luce laser e il pubblico o altri spazi pubblici.

Il dispositivo deve essere sempre installato in una posizione irraggiungibile dalle persone e lontano da luoghi in cui le persone possono camminare o stazionare.

E' necessario che l' esercente produca e metta in atto un regolamento di sicurezza laser, che contenga almeno i seguenti elementi:

- Evitare di puntare i laser di classe 3B-4 in aree accessibili alle persone.
- Non utilizzare il laser senza prima aver letto e compreso tutti i dati tecnici e di sicurezza inclusi nel manuale (conformemente a quanto prescritto dalle norme CEI/IEC)
- Configurare sempre l'installazione di tutti gli effetti laser in modo che la luce laser sia diretta che riflessa sia ad almeno 3 metri al di sopra del pavimento e delle superfici occupate/occupabili dalle persone. (vedi figura D.10_1)
- Dopo il montaggio e prima dell' utilizzo con il pubblico testare il laser per garantire il corretto funzionamento. Non utilizzare se viene rilevato un difetto .
- Non puntare laser su persone o animali
- Non guardare nell'apertura del laser
- Non puntare i laser nei settori in cui le persone possono potenzialmente essere esposti, come balconi non controllati, aree occupate da spettatori, ecc.
- Non puntare i laser su superfici altamente riflettenti come finestre, specchi e metallo lucido. Anche le riflessioni laser possono essere pericolose.
- Non puntare mai il laser contro aerei;
- Non puntare mai la radiazione laser senza terminatore verso il cielo
- Non esporre l'uscita ottica (apertura) a prodotti chimici per la pulizia

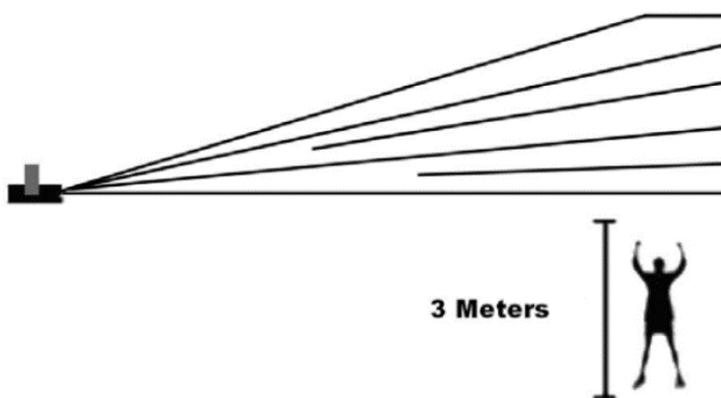


Fig. D.10_1 – Requisiti di installazione Laser ad uso scenico

SEZIONE E

VIGILANZA ED ASPETTI MEDICO LEGALI

E.1 In quali casi sussiste l'obbligo di delimitazione delle aree ad accesso controllato in relazione all'emissione ROA?

Ai sensi dell'art. 217 comma 2 luoghi di lavoro in cui i lavoratori potrebbero essere esposti a livelli di radiazioni ottiche che superino i valori limite di esposizione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile. Dettagli relativi ai criteri e modalità di delimitazione sono contenuti alle FAQ D.7.1 e D.7.2

E.2.1 Quali dati e informazioni utili ai fini della valutazione dei rischi derivanti da esposizione a ROA NON COERENTI fabbricanti sono obbligati a fornire?

Le attrezzature che emettono radiazioni ottiche artificiali devono essere corredate dalle informazioni sulle emissioni, in conformità a specifiche norme tecniche che fanno riferimento ai seguenti filoni principali:

- **D.Lgs. 17/2010**, Direttiva Macchine;
- D.Lgs. 46/97 e D.lgs. 37/2010 attuazione Direttive dispositivi medici;
- D.Lgs. 322/00
- DLgs.332/00 - dispositivi medici diagnostici *in vitro*
- Regolamento 2017/745 sui dispositivi medici

Tra le categorie di attrezzature non ricomprese dalle suddette norme principali, ricordiamo le lampade e i sistemi di lampade, anche a LED, per le quali il riferimento è alla direttiva 2014/35/UE (Direttiva Bassa Tensione) ed i lettini abbronzanti e le lampade UV per uso estetico, per i quali si rimanda all'**ALLEGATO 2**.

Il **D.Lgs. 17/2010** prevede che il costruttore riporti nel manuale di istruzioni le relative informazioni, se una macchina emette radiazioni non ionizzanti che possono nuocere all'operatore o alle persone esposte incluso il caso dei portatori di cristallino artificiale impiantato.

Qualora manchino norme specifiche di prodotto, la norma **UNI EN 12198-1:2009**, sulle radiazioni non ionizzanti emesse dalle macchine, consente al fabbricante di assegnare alla macchina una categoria in funzione del livello di emissione di radiazioni secondo i valori riportati nella appendice B della suddetta norma. Sono contemplate tre categorie di emissione, per le quali sono previste diverse misure di protezione, informazione, addestramento, riassunte nella Tabella E.2. della Norma.

Tabella 5.8 Norma UNI EN 12198-1:2009

Categoria	Restrizioni e misure di protezione	Informazioni e addestramento
0	Nessuna restrizione	Nessuna informazione necessaria
1	Restrizioni: possono essere necessarie la limitazione dell'accesso e misure di protezione	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari
2	Restrizioni speciali e misure di protezione sono essenziali	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari; l'addestramento può essere necessario

Le macchine rientranti nelle categorie 1 e 2 devono riportare una marcatura specifica comprendente i seguenti elementi:

- il segnale di sicurezza rappresentante il tipo di emissione di radiazione (Fig. 5.2 della Norma);
- il numero di categoria (categoria 1 o categoria 2);
- il riferimento alla norma UNI EN 12198-1:2009.
- Nella figura è riportato la marcatura specifica per una apparecchiatura di categoria 1



Figura 5.2 Norma UNI EN 12198-1:2009

Si ricorda che il campo di applicazione della norma UNI EN 12198-1:2009 non include l'emissione di radiazione laser né le sorgenti di radiazione fissate a una macchina che sono utilizzate unicamente per l'illuminazione (sorgenti luminose primarie o lampade).

Per gli altri apparati sorgenti ROA che non rientrano nelle sopracitate categorie le informative sui rischi devono essere fornite dal costruttore ai sensi della Direttiva Bassa Tensione 2014/35/UE ovvero del Codice del Consumo D.lgs. 206/2005.

In particolare le **lampade e i sistemi di lampade (compresi i LED)** sono classificati in 4 gruppi secondo la Norma CEI EN 62471: 2009 (Tabella 5.9 della Norma), nella quale sono previsti metodi di misura e di classificazione, senza definire vincoli specifici per la marcatura, che sono demandate alle pertinenti norme di prodotto (vedi tabella E.2)

Tab. 5.9 della Norma CEI EN 62471

Gruppo	Stima del Rischio
Esente	Nessun rischio fotobiologico
Gruppo 1	Nessun rischio fotobiologico nelle normali condizioni di impiego
Gruppo 2	Non presenta rischio in condizioni di riflesso naturale di avversione alla luce o effetti termici
Gruppo 3	Pericoloso anche per esposizioni momentanee

La conformità alle pertinenti norme di prodotto prevede che prodotti che hanno un gruppo di rischio superiore al Gruppo 1 previsto dalla Norma CEI EN 62471, riportino specifiche limitazioni di impiego o avvertenze. Le norme di prodotto per ciascuna tipologia di lampada (vedi tabella E.2.1_1) impone simboli specifici ed etichette di avvertenza per non fissare direttamente la sorgente o distanze di installazione, nel caso di sistemi classificati in classi di rischio superiori ad 1.

Tab. E.2.1_1 Livelli di rischio per tipologia di sorgente in relazione a quanto prescritto dalla rispettiva di norma di prodotto

Tipo di sorgente luminosa	immagine	IR Pericoli legati all'infrarosso	Blu Pericoli dovuti alla luce blu	UV Pericoli dovuti alla radiazione UV
Lampade ad incandescenza IEC 60432-1		Nessun rischio	Nessun rischio	Nessun rischio
Lampade alogene per illuminazione domestica e similare IEC 60432-2		Nessun rischio	Nessun rischio	Nessun rischio
Lampade alogene per illuminazione generale IEC 60432-3		Nessun rischio	Nessun rischio	Nessun rischio

segue

Tipo di sorgente luminosa	immagine	IR Pericoli legati all'infrarosso	Blu Pericoli dovuti alla luce blu	UV Pericoli dovuti alla radiazione UV
Lampade alogene per applicazioni speciali IEC 60432-3		Da valutare in accordo alle specifiche del costruttore	Da valutare in accordo alle specifiche del costruttore	Nessun rischio
Lampade a fluorescenza con alimentatore incorporato IEC 60968		Nessun rischio	Nessun rischio	Nessun rischio

E.2.2 Quali dati e informazioni utili ai fini della valutazione dei rischi derivanti da impiego dei LASER i fabbricanti sono obbligati a fornire?

La norma CEI EN IEC 60825-1 richiede al fabbricante, ai fini della commercializzazione, di indicare la classificazione del Laser, le avvertenze di sicurezza ed i dati di emissione (potenza, diametro del fascio, DNRO, etc.) utili ai fini di una corretta valutazione del rischio. Devono essere inoltre indicate le informazioni sulla protezione oculare da utilizzare, in termini di densità ottica ed irradianza che può incidere sul DPI. E' inoltre richiesto che vengano fornite le informazioni sui potenziali pericoli derivanti dall'uso del sistema LASER, come previsto da Direttiva Macchine, Regolamento Europeo Dispositivi Medici, Direttiva Bassa Tensione (Vedi Faq E.2.1), e sulle corrette procedure di installazione e manutenzione ai fini della sicurezza, facendo specifico riferimento a quanto prescritto dalle pertinenti norme di prodotto CEI EN 60825-1, UNI EN ISO 11553.1. Un laser non classificato o carente delle principali informazioni relative alla sicurezza come prescritto dalle pertinenti norme comunitarie non e' conforme al marchio CE. Dal punto di vista delle informazioni di sicurezza ai sensi della norma CEI EN 60825-1 il fabbricante deve apporre una o più targhette su ogni apparecchio laser. Il testo, i bordi e simboli delle targhette devono essere di colore nero su fondo giallo secondo le specifiche della normativa. Al simbolo che riporta il pittogramma del laser (vedi

Figura 1) deve essere associata, tranne che per la classe 1, una ulteriore targhetta (vedi esempio in Figura 2) che riporta:

- gli avvertimenti relativi all'utilizzo in sicurezza del laser;
- la classe del laser, la massima potenza della radiazione laser emessa, le lunghezze d'onda emesse, la durata dell'impulso (se il caso);
- la norma usata per la classificazione.



Figura 1



Figura 2

Le targhette devono possedere i seguenti requisiti:

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

E.3 Come deve essere gestito il rischio derivante da "ROA" nell'ambito della valutazione dei rischi all'interno dei cantieri (POS e PSC) e dei rischi interferenti (DUVRI)?

Nel caso di interferenza spaziale o temporale di lavorazioni tra più datori di lavoro, il datore di lavoro committente promuove la cooperazione e il coordinamento delle diverse attività lavorative.

Si possono verificare due casi:

1. Per i lavori connessi ai contratti d'appalto, d'opera o di somministrazione, ex art. 26 del D.lgs. 81/08. il rischio di esposizione a ROA dev'essere gestito attraverso la redazione del DUVRI, se necessario.
2. Nel caso di interferenza di lavorazioni in un cantiere, Titolo IV del D.lgs. 81/08, il rischio di esposizione a ROA dev'essere valutato nel PSC, redatto da parte del Coordinatore per la sicurezza, e nel POS, da parte dell'appaltatore.

In entrambi i casi il DL committente dovrà fornire al DL appaltante tutte le informazioni utili. Indicherà innanzitutto i luoghi di lavoro dove i lavoratori dell'azienda appaltatrice potrebbero essere esposti a valori ROA e preciserà le misure di prevenzione e protezione da adottarsi (limitazione della durata delle esposizioni, attuazione di sfasamenti temporali o spaziali per evitare possibili interferenze, allontanamento dei lavoratori dalle sorgenti di radiazioni ottiche, segregazione delle sorgenti di radiazioni ottiche, impiego di adeguati DPI, ...).

Nel caso in cui sia evidenziata la presenza di esposizioni a radiazioni ottiche anche di bassa entità ma interferenti, il Datore di lavoro committente ne darà ugualmente comunicazione all'interno del DUVRI al fine di prevenire qualsiasi effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori inclusi i soggetti appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio.

Caso 1 Lavori connessi ai contratti d'appalto, d'opera o di somministrazione (ex art. 26 - D.lgs. 81/08)

Nel Documento unico di valutazione dei rischi interferenti (DUVRI) di cui all'art.26, comma 3, del D.Lgs. 81/08, il Datore di lavoro committente indicherà innanzitutto i luoghi e i tempi di lavoro nei quali i lavoratori potrebbero essere esposti a radiazioni ottiche e preciserà le misure di prevenzione e protezione da adottare (limitazione della durata delle esposizioni, attuazione di sfasamenti temporali o spaziali per evitare possibili interferenze, allontanamento dei lavoratori dalle sorgenti di radiazioni ottiche, segregazione delle sorgenti di radiazioni ottiche, impiego di adeguati DPI, ...).

Il tema dei rischi interferenti è particolarmente pertinente nel caso della protezione dei lavoratori che, anche in regime di sub-appalto, svolgono mansioni che prevedono la condivisione del sito e lo svolgimento di attività contigue in presenza di almeno una sorgente di radiazioni ottiche. Al fine di una valutazione completa del rischio si raccomanda che il Datore di lavoro committente si rapporti con le singole ditte esecutrici per ottenere informazioni sulle complessive emissioni delle sorgenti di radiazioni ottiche, da trasferire all'interno del DUVRI.

Caso 2 Lavori in cantiere (ex Titolo IV - D.lgs. 81/08)

Nelle attività ricadenti nel Titolo IV "Cantieri", definite all'Allegato X del D.lgs. 81/08, il Coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la progettazione dell'opera (CSP), all'atto dell'elaborazione del Piano di sicurezza e di coordinamento (PSC; art.100, D.Lgs.81/2008), dovrà:

- prendere in considerazione le sorgenti di radiazioni ottiche che saranno poste in prossimità o all'interno dell'area del cantiere (ad es.: stazioni di saldatura, stazioni di taglio metalli al plasma e controlli non distruttivi a UV) valutandone i valori espositivi per i lavoratori;
- descrivere, in caso di esposizione dei lavoratori a ROA, le prescrizioni operative, le misure preventive e protettive da adottare, comprese le modalità per la loro verifica;
- individuare gli eventuali dispositivi di protezione individuale da utilizzare atti a ridurre al minimo tali rischi.

Nel POS dovranno comunque essere sempre indicate:

- le misure preventive e protettive e le procedure complementari e di dettaglio adottate, integrative rispetto a quelle contenute nel PSC, per minimizzare e tenere sotto controllo il rischio stesso;

- l'elenco dei dispositivi di protezione individuale, forniti ai lavoratori occupati in cantiere, per far fronte allo specifico rischio residuo;
- la documentazione in merito all'informazione ed alla formazione, fornite ai lavoratori occupati in cantiere per il particolare rischio.

Il Coordinatore alla sicurezza in fase di esecuzione (CSE) adeguerà, se necessario, il PSC prevedendo supplementari misure di prevenzione e protezione o l'idonea informazione in relazione alle possibili interferenze tra le diverse attività lavorative presenti nel cantiere.

E.4 Quali informazioni deve chiedere il datore di lavoro in fase di acquisto di nuovi macchinari – attrezzature che emettono ROA?

Al fine di attendere alle disposizioni contenute agli artt. 28, 71, 216 e 217 del D.lgs. n. 81/2008, il DATORE DI LAVORO dovrà richiedere all'atto dell'acquisto di nuovi macchinari/attrezzature specifiche informazioni in merito alle emissioni di ROA e alla prevenzione dei rischi associati.

A tal fine in fase di acquisto è necessario richiedere in primo luogo le informazioni inerenti i rischi di esposizione a ROA riportate nel manuale di istruzioni ed uso del macchinario, considerato che l'obbligo per i costruttori o loro mandatari di fornire tale informazioni rientra tra i Requisiti Essenziali di Sicurezza di cui alla Direttiva Macchine, Direttiva Elettromedicali, Direttiva Bassa Tensione (vedi FAQ E.2).

Premesso quanto sopra, in fase di acquisto andrebbero richieste le informazioni utili per permettere un uso sicuro dell'apparato, ed in particolare:

- Le distanze a cui devono tenersi i Lavoratori dalle varie parti dell'apparato, al fine di ridurre l'esposizione a ROA e che la stessa non superi i VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE (VLE nel seguito) riportati nell'allegato XXXVII del D.lgs. 81/08.
- Le misure di protezione da adottare, incluse le caratteristiche dei DPI specifici, quando si presuma che uno dei VLE possa essere superato durante l'uso conforme del dispositivo. In particolare dovranno essere indicate segnaletica/cartellonistica da apporre alle porte di accesso ai luoghi di impiego del macchinario; tempi massimi di permanenza, caratteristiche di attenuazione ed etichettatura dei DPI da adottare etc.;
- Le procedure da adottare per minimizzare l'esposizione a ROA da parte dell'utilizzatore e i modi per evitare le manipolazioni scorrette ed eliminare i rischi espositivi connessi con l'installazione;
- Le distanze dalle varie parti del macchinario dove sono rispettati tutti i VLE.

Nel caso in cui queste informazioni non siano presenti nel manuale di istruzioni ed uso del macchinario, le stesse possono essere fornite con documento integrativo sottoscritto dal produttore dell'apparato.

Una volta acquisite tali informazioni il datore di lavoro sarà in grado di:

- a) orientare correttamente la scelta verso quelle apparecchiature che producano il minore rischio di esposizione a ROA, a parità di prestazioni offerte;
- b) evitare l'acquisto di apparati che non forniscano le informazioni sul rischio ROA conformemente a quanto richiesto dalle pertinenti norme di prodotto, e pertanto non conformi ai requisiti previsti dalla marcatura "CE";
- c) predisporre la collocazione ottimale e le appropriate misure di prevenzione in fase di installazione del macchinario/attrezzatura nel luogo di lavoro.

Apparati Laser

Nel caso delle sorgenti LASER, la norma CEI EN IEC 60825-1 richiede al fabbricante, per la commercializzazione di qualsiasi sorgente LASER, di indicare la classificazione del Laser, le avvertenze di sicurezza ed i dati di emissione (potenza, diametro del fascio, DNRO, etc.) utili ai fini di una corretta valutazione del rischio (FAQ E.2.2). E' indispensabile che tali dati siano richiesti in fase di valutazione propedeutica alla scelta dell'apparato, per poter:

- individuare il sistema che a parità di prestazioni presenti il minor rischio espositivo (ad esempio DNRO minima, laser per taglio metalli in classe 1 invece che in classe 4 con apposito confinamento all'interno del Laser in classe 4 etc.), conformemente a quanto prescritto dal D.Lgs. 81/08 (artt. 28 e 182)
- pianificare correttamente l'installazione dell'apparato e predisporre le procedure atte a garantirne l'impiego in condizioni di sicurezza, aggiornando opportunamente il documento di valutazione dei rischi.

Nei casi in cui tali dati non vengano forniti dal produttore o distributore si configura una palese non conformità alla pertinente norma di prodotto: l'apparato non pertanto essere utilizzato in ambito lavorativo secondo quanto prescritto dal D.Lgs. 81/08 Titolo III (FAQ E.5).

E.5 Quali indicazioni nel caso in cui un laser presente in azienda sia privo di classificazione ai sensi della norma CEI EN IEC 60825-1?

Un Laser privo di classificazione non è rispondente ai requisiti prescritti dalla pertinente norma di prodotto, e pertanto il suo impiego non è consentito ai sensi del Titolo III del D.Lgs. 81/08.

(Articolo 70 - Requisiti di sicurezza 1. Salvo quanto previsto al comma 2, le attrezzature di lavoro messe a disposizione dei lavoratori devono essere conformi alle specifiche disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle Direttive comunitarie di prodotto).

Si ricorda che anche nel caso di imprese familiari o lavoratori autonomi sussiste l'obbligo di utilizzare Laser classificati e conformi ai requisiti prescritti dalla norma CEI EN IEC 60825-1. Ciò in quanto dette aziende devono ottemperare a quanto disposto , dall'art. 21 del D.Lgs. 81/08, e pertanto devono:

- a) utilizzare attrezzature di lavoro in conformità alle disposizioni di cui al Titolo III;
- b) munirsi di dispositivi di protezione individuale ed utilizzarli conformemente alle disposizioni di cui al Titolo III;

Per poter ottemperare a tali requisiti il Laser dovrà essere classificato conformemente a quanto stabilito dalla norma CEI EN IEC 60825-1, e dovranno essere utilizzate le procedure di sicurezza di sicurezza ed i DPI secondo quanto prescritto dalle pertinenti norme di prodotto.

E.6 Gli effetti avversi sulla salute dovuti a radiazione OTTICA ARTIFICIALE sono oggetto di riconoscimento di malattia professionale?

RADIAZIONI INFRAROSSE

In ambito di tutela assicurativa INAIL (Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro) dal 2008, anno di entrata in vigore delle Nuove Tabelle delle Malattie Professionali emanate con il DM 9 aprile 2008 [1], le **MALATTIE CAUSATE DALLE RADIAZIONI INFRAROSSE** sono state inserite nelle Tabelle delle malattie professionali, alla **voce 83 della tabella per l'Industria** (ved. Tabella E.5.1). Nella prima colonna sono inserite le malattie nosologicamente definite ed identificate secondo la codifica internazionale delle malattie alla decima revisione (ICD-10): alla sottovoce a) le **opacità del cristallino** (H26.9), alla sottovoce b) l'**eritema permanente** (L59.9). Non è prevista per questa voce tabellare la sottovoce "altre malattie" (ved. FAQ solari/laser /U.V.). Le "Malattie causate da radiazioni laser e onde elettromagnetiche" erano contemplate anche nella precedente Tabella delle Malattie professionali per l'Industria (DPR336/1994) alla voce 51/b ma il riferimento era generico senza specificare né il tipo di malattia né le lavorazioni.

Tabella E.5.1 Estratto della Tabella delle malattie professionali nell' Industria allegata al Decreto del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale del 9 aprile 2008 (G.U. n. 169 del 21 luglio 2008).

NUOVA TABELLA DELLE MALATTIE PROFESSIONALI NELL'INDUSTRIA DI CUI ALL'ART.3 DEL D.P.R. 1124/1965 E SUCCESSIVE MODIFICAZIONI ED INTEGRAZIONI (ALL'ART. N.4 al D.P.R. 1124/1965)		
83) MALATTIE CAUSATE DALLE RADIAZIONI INFRAROSSE		
a) OPACITA' DEL CRISTALLINO (H26.9)	Lavorazioni di fusione del vetro e dei metalli.	2 anni
b) ERITEMA PERMANENTE (L59.0)	Lavorazioni su masse incandescenti	2 anni

Nella seconda colonna sono elencate le lavorazioni da considerarsi tabellate ed il legislatore fa specifico riferimento a 2 situazioni lavorative: "*lavorazione di fusione del vetro e dei metalli*" e "*lavorazioni su masse incandescenti*".

RADIAZIONE UV.

Alla voce **84 della Tabella per l'Industria** (Tabella E.2.1) nella prima colonna sono state inserite le **"Malattie causate dalle radiazioni UV comprese le radiazioni solari"** e, tra queste, sono elencate alla sottovoce a) le **cheratosi attiniche (L57.0)**; alla sottovoce b) **gli epiteliomi cutanei delle sedi fotoesposte (C44)** e alla sottovoce c) **Altre malattie** causate dalla esposizione alle radiazioni UV comprese le radiazioni solari (ICD-10 da specificare).

Tabella E.2.1. Estratto della Tabella delle malattie professionali nell' Industria allegata al Decreto del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale del 9 aprile 2008 (G.U. n. 169 del 21 luglio 2008).

NUOVA TABELLA DELLE MALATTIE PROFESSIONALI NELL'INDUSTRIA DI CUI ALL'ART.3 DEL D.P.R. 1124/1965 E SUCCESSIVE MODIFICAZIONI ED INTEGRAZIONI (ALL.N.4 al D.P.R. 1124/1965)	
MALATTIE (ICD-10)	LAVORAZIONI
84) MALATTIE CAUSATE DALLE RADIAZIONI U.V. COMPRESSE LE RADIAZIONI SOLARI	
a) CHERATOSI ATTINICHE (L57.0)	Lavorazioni che espongono alle radiazioni UV. Lavorazioni che espongono alle radiazioni solari presso stabilimenti balneari, a bordo di navi, in cantieri di edilizia stradale, in cave e miniere a cielo aperto.
b) EPITELIOMI CUTANEI DELLE SEDI FOTOESPOSTE (C44)	
c) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE ALLE RADIAZIONI U.V. COMPRESSE LE RADIAZIONI SOLARI (ICD-10 DA SPECIFICARE)	

La sottovoce c) "altre malattie" è stata inserita nelle Nuove Tabele delle malattie professionali per la maggior parte degli agenti causali, al fine di non produrre un arretramento di tutela del lavoratore. In essa è possibile infatti ricomprendere altre patologie, nel caso specifico della cute o dell'apparato oculare, aggiuntive rispetto a quelle nosologicamente definite nelle sottovoci precedenti, patologie che la letteratura scientifica dovesse ritenere riconducibili allo stesso agente causale con un elevato grado di probabilità, desumibile da dati scientifici ed epidemiologici, nelle more dell'aggiornamento periodico delle tabelle stesse. Come specificato nella circolare Inail n.47 del 24 luglio 2008. *"In concreto nella valutazione di queste patologie spetta alla scienza medica definire, in base ai criteri da essa ritenuti affidabili (primi tra tutti i dati epidemiologici) i nessi eziologici, rilevanti anche sul piano giuridico, tra gli agenti causali e le diverse malattie che potenzialmente ne derivano (cfr. Corte di Cassazione, sentenza n. 8310/91)".* In questa sottovoce potranno pertanto

essere ricomprese patologie quali esempio la fotodermatite da contatto fotoallergica o fototossica (L56) o la cataratta da radiazioni UV (H26.9).

Nella seconda colonna sono elencate le lavorazioni da considerarsi tabellate, distinte in:

1. **Lavorazioni che espongono alle radiazioni UV**, sottintendendo da fonti artificiali (es. saldatura ad arco, foto-polimerizzazione, sterilizzazione con UV, etc.). Il legislatore non indica specifiche attività lavorative per l'UV artificiale: per tali lavorazioni il riferimento è il documento ICNIRP del 2007 adottato nelle linee guida ISPESL 2009. Gli aspetti assicurativi relativi alle malattie professionali da esposizione a sorgenti UV artificiali sono affrontati nella sezione ROA;
2. **Lavorazioni che espongono alle radiazioni solari** in questo caso invece viene fatto riferimento a 4 situazioni lavorative che sono *"lavori in stabilimenti balneari, a bordo di navi, in cantieri di edilizia stradale, in cave e miniere a cielo aperto"*.

LASER

In ambito di tutela assicurativa INAIL (Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro) dal 2008, anno di entrata in vigore delle Nuove Tabelle delle Malattie Professionali emanate con il DM 9 aprile 2008, le **MALATTIE CAUSATE DA RADIAZIONE LASER** sono state inserite nelle Tabelle delle malattie professionali, alla **voce 82 della tabella per l'Industria** (ved. Tabella). Nella prima colonna sono inserite le malattie nosologicamente definite ed identificate secondo la codifica internazionale delle malattie alla decima revisione (ICD-10): alla sottovoce a) le **lesioni retiniche (H35.9)**; alla sottovoce b) le **lesioni della cornea (H18.9)**, alla sottovoce c) le **opacità del cristallino (H26.9)**, alla sottovoce d) le **opacità del corpo vitreo (H43.3)**, alla sottovoce e) **altre malattie** causate dalla esposizione professionale a radiazioni laser (ICD-10 da specificare). Le "Malattie causate da radiazioni laser e onde elettromagnetiche" erano contemplate anche nella precedente Tabella delle Malattie professionali per l'Industria (DPR336/1994) alla voce 51/b ma il riferimento era generico senza specificare né il tipo di malattia né le lavorazioni.

Estratto della Tabella delle malattie professionali nell' Industria allegata al Decreto del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale del 9 aprile 2008 (G.U. n. 169 del 21 luglio 2008).

NUOVA TABELLA DELLE MALATTIE PROFESSIONALI NELL'INDUSTRIA DI CUI ALL'ART.3 DEL D.P.R. 1124/1965 E SUCCESSIVE MODIFICAZIONI ED INTEGRAZIONI (ALL. N.4 al D.P.R. 1124/1965)		
82) MALATTIE CAUSATE DA RADIAZIONE LASER		
a) LESIONI RETINICHE (H35.9)	Lavorazioni che comportano l'esposizione a radiazioni laser	2 anni
b) LESIONI DELLA CORNEA (H18.9)		2 anni
c) OPACITA' DEL CRISTALLINO (H26.9)		2 anni
d) OPACITA' DEL CORPO VITREO (H43.3)		2 anni
e) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A RADIAZIONI LASER (ICD-10 DA SPECIFICARE)		2 anni

La sottovoce e) "altre malattie" è stata inserita al fine di non produrre un arretramento di tutela del lavoratore. In essa è possibile infatti ricomprendere altre patologie, nel caso specifico della cute o dell'apparato oculare, aggiuntive rispetto a quelle nosologicamente definite nelle sottovoci precedenti, patologie che la letteratura scientifica dovesse ritenere riconducibili allo stesso agente causale con un elevato grado di probabilità, desumibile da dati scientifici ed epidemiologici, nelle more dell'aggiornamento periodico delle tabelle stesse. Come specificato nella circolare Inail n.47 del 24 luglio 2008 .. *"In concreto nella valutazione di queste patologie spetta alla scienza medica definire, in base ai criteri da essa ritenuti affidabili (primi tra tutti i dati epidemiologici) i nessi eziologici, rilevanti anche sul piano giuridico, tra gli agenti causali e le diverse malattie che potenzialmente ne derivano (cfr. Corte di Cassazione, sentenza n. 8310/91)"*. Nella seconda colonna sono elencate le lavorazioni da considerarsi tabellate: il legislatore indica genericamente **"Lavorazioni che comportano l'esposizione a radiazione laser"**. Il mancato riferimento a specifiche attività lavorative lascia intendere che qualsiasi lavorazione che esponga a sorgenti laser può essere considerata tabellata. Riguardo al periodo massimo di indennizzabilità dalla cessazione dell'attività lavorativa, per tutte le patologie è stato fissato a 2 anni, pertanto se la malattia viene denunciata oltre 2 anni dall'abbandono della lavorazione a rischio, il lavoratore dovrà esibire documentazione sanitaria che attesti che la manifestazione della malattia è avvenuta entro il termine previsto. Se la malattia si è effettivamente manifestata oltre i termini tabellari sarà trattata come malattia non tabellata (cfr. sentenza n.179/1988 della corte costituzionale).

Bibliografia

LEGGI

- Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale, Decreto 9 aprile 2008 Nuove tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura. Gazzetta Ufficiale n. 169 del 21 luglio 2008.
- Decreto del Presidente della Repubblica 13 aprile 1994, n. 336 Regolamento recante le nuove tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura. Gazzetta Ufficiale n. 131 del 7 giugno 1994.
- Circolare Inail n.47 del 24 luglio 2008 (www.inail.it).
- Decreto del Presidente della Repubblica 13 aprile 1994, n. 336 Regolamento recante le nuove tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura. Gazzetta Ufficiale n. 131 del 7 giugno 1994.

LINEE GUIDA E RACCOMANDAZIONI INTERNAZIONALI

- Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva 2006/25/CE «Radiazioni ottiche artificiali» ISBN 978-92-79-19811 Unione Europea, 2011
- International Agency for research on cancer WHO. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, Volume 100 D: Radiation (<http://http://monographs.iarc.fr>)
- ICNIRP 14/2007 Protecting Workers from Ultraviolet Radiation International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection In Collaboration with: International Labour Organization World Health Organization ISBN 978-3-934994-07-2
- ICNIRP Guidelines on Limits Of Exposure To Incoherent Visible And Infrared Radiation Published In: Health Physics 105(1):74-96; 2013
- UE- SCHEER Final Opinion on Biological effects of UVC radiation relevant to health with particular reference to UVC lamps 2017
- UE-SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risk). Preliminary Opinion on Potential risks to human health of Light Emitting Diodes (LEDs), 6 July 2017.
- EPA 2018 RESIDENTIAL AIR CLEANERS a Technical Summary (EPA 402-F-09-002 | July 2018 | EPA Indoor Environments Division | www.epa.gov/iaq)
- CIIP (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione) "Profilo professionale degli Esperti per la valutazione delle radiazioni ottiche non coerenti ERO e coerenti ASL/TSL" aggiornamento 2020

NORMATIVA TECNICA

- EN 14255-2: 2005 Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation - Part 2: Visible and infrared radiation emitted by artificial sources in the workplace
- UNI EN 169: 2003 Protezione personale degli occhi - Filtri per saldatura e tecniche connesse - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
- UNI EN 170: 2003 Protezione personale degli occhi - Filtri ultravioletti - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
- UNI EN 171: 2003 Protezione personale degli occhi - Filtri infrarossi - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
- UNI EN 379: 2004 Protezione personale degli occhi - Filtri automatici per saldatura
- UNI EN 1598:2004 Salute e sicurezza in saldatura e tecniche connesse - Tende, strisce e schermi trasparenti per procedimenti di saldatura ad arco
- IEC60335-2-65: "Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-65: Particular requirement for air-cleaning appliances"
- ISO 15858: "UV-C Devices - Safety information - Permissible human exposure"
- ISO 15714: "Method of evaluating the UV dose to airborne microorganisms transiting induct ultraviolet germicidal irradiation devices"
- IEC 60335-2-109: "Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-109: Particular requirements for UV radiation water treatment appliances"

- CEI EN 62471: "Sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade".

LASER

- CENELEC CLC/TR 50448 (2005) Guide to level of competence required in LASER safety
- IEC TR 60825-14 (2004-E) "Safety of laser products. Part 14- A user's guide" divenuta Norma italiana CEI CEI 76-11 (2011-11) "Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 14: Guida per l'utilizzatore"
- CEI EN 60825-1 "Classificazione ed etichettatura LASER"
- UNI EN ISO 11553-1 Sicurezza del macchinario - Macchine laser - Parte 1: Requisiti di sicurezza laser

Ulteriori pubblicazioni citate nel testo

RADIAZIONE INFRAROSSA

- Lydahl E., Philipson B., Infrared radiation and cataract.I. Epidemiologic investigation of iron and steel workers. *Acta Ophthalmologica* 62: 961-975 (1984a)
- Lydahl E., Philipson B., Infrared radiation and cataract.II. Epidemiologic investigation of glass workers. *Acta Ophthalmologica* 62: 976-992 (1984b)
- Lydahl E., Glansholm A., Levin M., Ocular exposure to infrared radiation in the Swedish iron and steel industry, *Health Physics* Vol.46 n.3: 529-536 (1984). [4] Skott J.A., The computation of temperature rises in the human eye induced by infrared radiation. *Phys.Med.Biol.* Vol.33 n.2:243-257 (1988)
- Okuno T., Thermal effect of infra-red radiation on the eye: a study based on a model, *Ann.Occup.Hyg.* Vol.35:1-12 (1991).
- Renata Sisto, Iole Pinto, Nicola Stacchini and Franco Giuliani AIHAJ - American Industrial Hygiene Association 01/2000; 61(1):5-10 Infrared Radiation Exposition Risk in "Glass Traditional Factories" (2000)
- Renata Sisto, Francesco Frigerio, Andrea Militello, Massimo Borra, Danilo Cottica, Elena Grignani: Modelling Infrared Radiation Exposure by Black body-Like Sources. *Annals of Occupational Hygiene* 04/2011; 55(8):922-30., DOI:10.1093/annhyg/mer016".
- F. Frigerio, N. Manini, G.Pungillo: Black-Body extrapolation of Infrared Irradiance for occupational risk assessment. *Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 2011, 2(1) | 25 - 28".

LETTERATURA LUCE BLU

- I.Pinto, A.Bogi, F. Picciolo, N.Stacchini, G. Buonocore, C. V. Bellieni Blue Light and Ultraviolet Radiation Exposure from Infant Phototherapy Equipment *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2015 DOI: 0.1080/15459624.2015.1029611
- Point S, Lambrozo J. Some evidences that white LEDs are toxic for human at domestic radiance? *Radioprotection* 2017
- Hatori M, Gronfier C, Van Gelder RN, et al. Global rise of potential health hazards caused by blue light-induced circadian disruption in modern aging societies, *Aging and Mechanisms of Disease* 2017; 3: 9.
- Touitou Y, Touitou D, Reinberg A. Disruption of adolescents' circadian clock : The vicious circle of media use, exposure to light at night, sleep loss and risk behaviors. *J Physiol* 2016; 110: 467-79.
- Downie L. Blue-light filtering ophthalmic lenses : to prescribe, or not to prescribe? *Ophthalmic & Physiological Optics* 2017; 37: 640-3.
- Torii H, Kurihara T, Seko Y, et al. Violet light exposure can be a preventive strategy against myopia progression. *EBioMedicine* 2017; 15: 210-9.

LETTERATURA RADIAZIONE UV

- Schmitt J, Diepgen T, Bauer A. Occupational exposure to non-artificial UV light and non-melanocytic skin cancer - a systematic review concerning a new occupational disease, *J. Deutsch. Dermatol.Ges.* 2010 Apr; 8 (4): 250-264.
- Schmitt J, Seidler A, Diepgen TL, Bauer A. Occupational ultraviolet light exposure increases the risk for the development of cutaneous squamous cell carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *Br. J. Dermatol.* 2011; 164(2): 291-307.

- Miligi L. Ultraviolet radiation exposure: some observations and considerations, focusing on some Italian experiences, on cancer risk, and primary prevention. *Environments* 2020, 7, 10; doi:10.3390/environments7020010.

Allegato 1. 1 – DPI ROA Non Coerenti (FAQ D.6.1)

SPECIFICHE DEI DPI PER LA PROTEZIONE DA RADIAZIONI OTTICHE

1) Radiazioni non coerenti

Sono riportate di seguito i numeri di codice identificativi per tipo di protezione da radiazioni luminose: 2 filtro per ultravioletti, il riconoscimento dei colori può risultare alterato 2C filtro per ultravioletti con buon riconoscimento dei colori 4 filtro per infrarossi 5 filtro solare senza requisiti per gli infrarossi 6 filtro solare con requisiti per infrarossi.

Relativamente agli UV, per aiutare l'utente nella scelta del livello protettivo, la norma tecnica UNI EN 170 riporta alcune indicazioni sulla graduazione da utilizzarsi in determinate situazioni secondo la Tabella A6-A con la precisazione che le indicazioni riportate non sono applicabili a lavoratori con fotofobia o a quelli sottoposti a trattamento medico che possono essere particolarmente sensibili alla radiazione ottica. Inoltre tali filtri non sono adatti per l'osservazione diretta di sorgenti brillanti quali le lampade ad arco allo xeno ad alta pressione o gli archi di saldatura, per i quali deve essere utilizzato un DPI conforme alla norma UNI EN 169.

Tabella A6-A

N° di scala	Percezione del colore	Applicazioni tipiche	Sorgenti tipiche (esempi)
2-1,2 2-1,4 2-1,7	Può essere alterata, salvo se il filtro è marcato 2C	Da utilizzare con sorgenti che emettono prevalentemente radiazione UV a lunghezza d'onda minori di 313 nm e quando l'abbagliamento non è un fattore importante. Questo copre le bande UVC (da 100 nm a 280 nm) e la maggior parte delle bande UVB (da 280 nm a 315 nm).	Lampade a vapori di mercurio a bassa pressione, come le lampade utilizzate per stimolare la fluorescenza o "luci nere", le lampade attiniche e le lampade germicida.
2-2 2-2,5		Da utilizzare con sorgenti che emettono una forte radiazione contemporaneamente nel campo spettrale UV e nel campo visibile e perciò è richiesta l'attenuazione della radiazione visibile.	Lampade a vapori di mercurio a media pressione, come le lampade fotochimiche
2-3 2-4			Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione e lampade a vapori di alogenuri metallici, come le lampade solari per solarium
2-5			Sistemi a lampade pulsanti. Lampade a vapori di mercurio ad alta ed altissima pressione come le lampade solari per solarium

Nel caso specifico tanto maggiore è il numero del livello di graduazione del filtro, tanto più elevato è il livello di protezione dalle radiazioni UV.

Anche il numero di scala dei filtri di protezione dalle radiazioni solari è formato dal numero che indica il tipo di protezione da radiazioni luminose, questa volta con codice 5 o 6, e dal numero di graduazione del filtro uniti da un trattino. I filtri di codice 5 garantiscono protezione nel campo spettrale dell'ultravioletto e della luce visibile. Se il filtro è in grado di garantire anche la protezione da radiazioni infrarosse il codice identificativo è il 6.

Tanto maggiore è il numero di livello di graduazione del filtro, tanto superiore è il livello di protezione dalle radiazioni solari.

La Tabella A6-B, ripresa dalla norma UNI EN 172, riporta il livello protettivo ed il relativo filtro (designazione) da utilizzarsi in alcune situazioni.

Tabella A6-B

Numero di scala	Designazione e uso
5-1,1 6-1,1	Solo per certi filtri solari fotocromatici allo stato chiaro
5-1,4 6-1,4	Filtro molto chiaro
5-1,7 6-1,7	Filtro chiaro
5-2 6-2	Filtro medio, generico raccomandato per la maggior parte degli usi
5-2,5 6-2,5	Filtro scuro, utilizzato generalmente in Europa centrale
5-3,1 6-3,1	Filtro molto scuro, utilizzato ai tropici ed ai sub-tropici, per l'osservazione del cielo, in alta montagna, zone innevate, zone d'acqua luminose, pianure sabbiose, cave di gesso e calcare
5-4,1 6-4,1	Filtro estremamente scuro, da utilizzarsi solo in condizioni di forte luminosità, non adatto per la guida

Il numero di scala dei filtri per la protezione dalle radiazioni infrarosse è formato dal numero di codice 4 e dal numero di graduazione relativo al filtro uniti da un trattino. La norma UNI EN 171 di riferimento individua 13 livelli protettivi con numeri di graduazione che vanno dall'1.2 al 10; a livello protettivo maggiore corrisponde una minor trasmissione nel campo dell'infrarosso e contemporaneamente anche una minor trasmissione luminosa.

Poiché l'emissione di raggi infrarossi avviene tipicamente in presenza di lavorazioni ed impianti di fusione la norma tecnica fornisce indicazioni per la scelta del livello protettivo in base alla temperatura di fusione dei solidi in lavorazione, come riportando nella Tabella A6-C a seguito.

Dove il problema da radiazioni infrarosse è associato a una forte emissione di calore (come nelle fonderie e nelle lavorazioni del vetro) o quando l'esposizione è prolungata, è raccomandato l'uso di filtri con riflettanza maggiore nel campo dell'infrarosso al fine di aumentare la confortevolezza del portatore in quanto questo trattamento provoca un minor aumento della temperatura. Questi filtri sono marcati "Numero di scala - R".

Per i processi lavorativi nei quali il riconoscimento dei colori è importante è raccomandato l'utilizzo di filtri per infrarossi con capacità superiore di riconoscimento dei colori che sono marcati "4C-Numero di graduazione".

Tabella A6-C

Numero di scala	Applicazione tipica in termini di fonti di temperatura media [°C]	Numero di scala	Applicazione tipica in termini di fonti di temperatura media [°C]
4 - 1.2	Fino a 1.050	4-5	1.390
4 - 1.4	1.070	4-6	1.510
4 - 1.7	1.090	4-7	1.650
4-2	1.110	4-8	1.810
4 - 2,5	1.150	4-9	1990
4-3	1.190	4 - 10	2.220
4-4	1.290		

I dispositivi di protezione utilizzati nelle operazioni di saldatura sono schermi (ripari facciali) e maschere (entrambi rispondenti a specifici requisiti di adattabilità, sicurezza ed ergonomia), con filtri a graduazione singola, a numero di scala doppio o commutabile (quest'ultimo per es. a cristalli liquidi).

I filtri per i processi di saldatura devono fornire protezione sia da raggi ultravioletti che infrarossi che da radiazioni visibili.

Il numero di scala dei filtri destinati a proteggere i lavoratori dall'esposizione alle radiazioni durante le operazioni di saldatura e tecniche simili è formato solo dal numero di graduazione corrispondente al filtro, mentre manca il numero di codice, che invece è presente invece negli altri filtri prima descritti. In funzione del fattore di trasmissione dei filtri, la norma UNI EN 169 prevede 19 numeri di graduazione.

Per individuare il corretto numero di scala dei filtri, è necessario considerare prioritariamente:

" per la saldatura a gas, saldo-brasatura e ossitaglio: la portata di gas ai cannelli; " per la saldatura ad arco, il taglio ad arco e al plasma jet: l'intensità della corrente.

Ulteriori fattori da tenere in considerazione sono:

- la distanza dell'operatore rispetto all'arco o alla fiamma; se l'operatore è molto vicino può essere necessario una graduazione maggiore;
- l'illuminazione locale dell'ambiente di lavoro;
- le caratteristiche individuali.

Tra la saldatura a gas e quella ad arco vi sono, inoltre, differenti livelli di esposizione al calore: con la prima si raggiungono temperature della fiamma che vanno dai 2500 °C ai 3000 °C circa, mentre con la seconda si va dai 3000 °C ai 6000 °C fino ai 10.000 °C tipici della saldatura al plasma.

Per aiutare la scelta del livello protettivo, la norma tecnica riporta alcune indicazioni sul numero di scala da utilizzarsi (vedi Tabelle A6-D, A6-E e A6-F). Esse si basano su condizioni medie di lavoro dove la distanza dell'occhio del saldatore dal metallo fuso è di circa 50 cm e l'illuminazione media dell'ambiente di lavoro è di circa 100 lx.

Tanto è maggiore il numero di scala tanto superiore è il livello di protezione dalle radiazioni che si formano durante le operazioni di saldatura e tecniche connesse.

Tabella A6-D: Numeri di scala per saldatura a gas e saldo-brasatura

Lavoro	$q \leq 70$	$70 < q \leq 200$	$200 < q \leq 800$	$q > 800$
Saldatura a gas e saldobrasatura	4	5	6	7

Q è la portata di acetilene, in litri all'ora.

NB: In funzione delle condizioni di impiego, può essere utilizzato il numero di scala immediatamente superiore o inferiore

Tabella A6-E: Numeri di scala per l'ossitaglio

Lavoro	$900 \leq q \leq 2000$	$2000 < q \leq 4000$	$4000 < q \leq 8000$
Ossitaglio	5	6	7

Q è la portata di ossigeno, in litri all'ora.

NB: In funzione delle condizioni di impiego, può essere utilizzato il numero di scala immediatamente superiore o inferiore

Tabella A6-F: Utilizzazione raccomandata dei diversi numeri di scala per la saldatura ad arco

Il codice alfanumerico dell'oculare indica:

Posizione I:	numero di scala, include solo il numero che identifica la graduazione del filtro
Posizione II:	marchio di identificazione del fabbricante
Posizione III:	classe ottica con valori di 1 (migliore), 2 o 3 (peggiore)
Posizione IV:	livello di resistenza meccanica all'impatto di solidi che può essere A (migliore), B, F o S (peggiore) con, talvolta a seguito la lettera T per indicare oculari che resistono alle particelle ad alta velocità a temperature estreme;
Posizione V:	numero che indica l'eventuale protezione da archi elettrici (8) o metalli fusi e solidi incandescenti (9)
Posizione VI:	lettera K che indica l'eventuale lente antigraffio;
Posizione VII:	lettera N che indica l'eventuale trattamento antiappannante

Pur essendo definita la sequenza, non sempre sono presenti tutti i numeri/lettere ed in tal caso la marcatura viene compattata. Ad esempio una marcatura dell'oculare: "2,5 X 1F 9 N" indica:

#	numero di scala, che coincide con il solo numero di graduazione del filtro;
X	corrisponde al codice di identificativo del fabbricante;
il numero 1	si riferisce alla classe ottica migliore;
la lettera F	indica il livello (basso) di resistenza meccanica;
il numero 9	si riferisce alla protezione da metalli fusi e solidi caldi;
la lettera N	denota l'oculare con il trattamento antiappannante.

Anche la montatura presenta delle marcature ma il loro significato non interviene sulla protezione da radiazioni ottiche. Quando la lente e la montatura formano un tutt'uno (es. occhiali panoramici con astine, occhiali a mascherina), il protettore deve essere marcato come per l'oculare seguito da un trattino, dalla norma tecnica di riferimento e altri simboli.

I filtri da saldatura con fattore di trasmissione luminosa variabile includono altri numeri tra cui i primi sono relativi alla graduazione più chiara e alla graduazione più scura separati dal simbolo "/". Se la graduazione scura è controllata manualmente, dovranno essere marcati i limiti della gamma dei numeri di scala conseguibili separati da un trattino. Mentre nel caso di filtri per saldatura che commutano automaticamente la loro graduazione, il numero di scala dello stato più scuro deve essere preceduto dal simbolo "<" ed, eventualmente, da una "M" nel caso in cui sia anche possibile compensare manualmente lo stato scuro del filtro.

Ulteriori numeri si riferiscono alle classi di luce diffusa all'interno del filtro 1, 2 o 3 e alla classe di variazione del fattore di trasmissione luminosa che vanno aggiunte alla classe ottica, da questa e fra loro separate da una barra obliqua. Deve inoltre essere presente il numero della normativa europea di riferimento.

Ad esempio una marcatura dell'oculare: "5/11 - 13 X 1/3/2 EN 379" indica:

- un filtro con graduazione chiara 5, commutabile manualmente in graduazioni scure corrispondenti a numeri compresi fra 11 e 13.
- X corrisponde al codice di identificativo del fabbricante,
- i numeri 1/3/2 corrispondono alla classe ottica 1, classe di diffusione della luce 3 e classe di variazione del fattore di trasmissione luminosa 2.
- la dicitura EN 379 si riferisce alla normativa tecnica europea.

Allegato 1. 2 – DPI ROA COERENTI (LASER) (FAQ D.6.2)

Premesso che qualsiasi DPI Laser è garantito per proteggere l'occhio nel caso di esposizione accidentale alla radiazione LASER diretta per una durata di esposizione al fascio diretto non superiore a 5 secondi, si riportano nel seguito le principali caratteristiche di tali dispositivi.

Tabella 1 Numeri di graduazione raccomandati per l'uso di filtri e protettori dell'occhio contro le radiazioni laser tratta da UNI EN 207:2017.

Numero di Scala	Massima Trasmittanza Spettrale alla Lunghezza d'Onda Laser $\tau(\lambda)$	Potenza (E) / Densità di Energia(H) per le prove di effetto protettivo e resistenza alla radiazione Laser nell'intervallo di lunghezza d'onda								
		da 180 nm a 315 nm			> 315 nm a 1 400 nm			> 1 400 nm a 1 000 μm		
		Per condizioni di prova / durata di impulse in secondi (s)								
		$D \geq 3 \times 10^4$	I, R 10^{-9} a 3×10^4	$M < 10^{-9}$	$D > 5 \times 10^{-4}$	I, R 10^{-9} a 5×10^{-4}	$M < 10^{-9}$	$D > 0,1$	I, R 10^{-9} a 0,1	$M < 10^{-9}$
		E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	H_M J/m ²	E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²
LB1	10^{-1}	0,01	3×10^2	3×10^{11}	10^2	0,05	$1,5 \times 10^{-3}$	10^4	10^3	10^{12}
LB2	10^{-2}	0,1	3×10^3	3×10^{12}	10^3	0,5	$1,5 \times 10^{-2}$	10^5	10^4	10^{13}
LB3	10^{-3}	1	3×10^4	3×10^{13}	10^4	5	0,15	10^6	10^5	10^{14}
LB4	10^{-4}	10	3×10^5	3×10^{14}	10^5	50	1,5	10^7	10^6	10^{15}
LB5	10^{-5}	10^2	3×10^6	3×10^{15}	10^6	5×10^2	15	10^8	10^7	10^{16}
LB6	10^{-6}	10^3	3×10^7	3×10^{16}	10^7	5×10^3	$1,5 \times 10^2$	10^9	10^8	10^{17}
LB7	10^{-7}	10^4	3×10^8	3×10^{17}	10^8	5×10^4	$1,5 \times 10^3$	10^{10}	10^9	10^{18}
LB8	10^{-8}	10^5	3×10^9	3×10^{18}	10^9	5×10^5	$1,5 \times 10^4$	10^{11}	10^{10}	10^{19}
LB9	10^{-9}	10^6	3×10^{10}	3×10^{19}	10^{10}	5×10^6	$1,5 \times 10^5$	10^{12}	10^{11}	10^{20}
LB10	10^{-10}	10^7	3×10^{11}	3×10^{20}	10^{11}	5×10^7	$1,5 \times 10^6$	10^{13}	10^{12}	10^{21}

I filtri degli occhiali utilizzati contro le radiazioni laser non sono sostituibili e quindi la marcatura può essere collocata sull'oculare o sulla montatura e deve riportare in sequenza i seguenti elementi:

- 3) lunghezza(e) d'onda o campo di lunghezze d'onda in nm in cui il filtro garantisce la protezione
- 4) simbolo della condizione di prova per tipo di laser (D laser a onda continua, I laser a impulsi, R laser a impulsi giganti e M laser a impulsi a modo accoppiato).
- 5) numero di graduazione
- 6) marchio di identificazione del fabbricante
- 7) livello di resistenza meccanica (ove applicabile).

Ad esempio una marcatura dell'oculare "633 DI LB4 X S" indica:

633	è la lunghezza d'onda per la quale il protettore dell'occhio fornisce protezione;
DI	sono i simboli della condizione di prova per tipo di laser; in questo caso, significa che l'occhiale è idoneo sia per laser a onda continua (D) che a impulsi (I);
LB4	è numero di graduazione secondo la norma EN 207;
X	è marchio di identificazione del fabbricante;
S	corrisponde alla resistenza meccanica; in questo caso rappresenta una "robustezza incrementata".

Nella Tabella A6-G sono riportati i numeri di graduazione raccomandati per l'uso di filtri e protettori dell'occhio contro le radiazioni laser. Nella Tabella A6-H sono invece riportati i numeri di graduazione raccomandati per i filtri e le montature dei protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser.

Tabella A6-H: Numeri di graduazione raccomandati per i filtri e le montature dei protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser da UNI EN 208:2010.

Numero di Scala	Trasmittanza Spettrale		CW laser continui e pulsate con durata dell'impulso $\geq 2 \times 10^{-4}$ s Potenza Massima del Laser W	Laser Pulsati con durata dell'impulso da $> 10^{-9}$ s a 2×10^{-4} s Energia Massima dell'impulso J
	Filtro	Montatura		
RB 1	$10^{-2} < \tau(\lambda) \leq 10^{-1}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-1}$	0,01	2×10^{-6}
RB 2	$10^{-3} < \tau(\lambda) \leq 10^{-2}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-2}$	0,1	2×10^{-5}
RB 3	$10^{-4} < \tau(\lambda) \leq 10^{-3}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-3}$	1	2×10^{-4}
RB 4	$10^{-5} < \tau(\lambda) \leq 10^{-4}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-4}$	10	2×10^{-3}
RB 5	$10^{-6} < \tau(\lambda) \leq 10^{-5}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-5}$	100	2×10^{-2}

Anche i filtri degli occhiali utilizzati in queste operazioni non sono sostituibili e quindi la marcatura può essere collocata sull'oculare o sulla montatura.

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

- potenza massima del laser, in watt (W) ed energia massima di impulso, in joule (J);
- 7. lunghezza d'onda, o campo di lunghezze d'onda (in nm), dalla quale il dispositivo deve proteggere;
- 8. numero di graduazione;
- 9. marchio di identificazione del fabbricante;
- 10. marchio di certificazione se applicabile;
- 11. lettera relativa alla resistenza meccanica (ove applicabile);

- 12. sulla montatura le parole "protettori dell'occhio per regolazione" nella lingua del Paese in cui il DPI è venduto.

Ad esempio una marcatura dell'oculare "1 W 2×10⁻³ J 500 – 550 RB4 X S" indica:

- 1 W è la massima potenza laser;
- 2×10⁻³ J mostra l'energia massima d'impulso;
- 500 – 550 è la gamma di lunghezze d'onda da cui il dispositivo deve proteggere;
- RB4, identifica il numero di graduazione cioè la protezione da utilizzare per interventi di regolazione su sistemi laser;
- X è il codice identificativo del fabbricante;
- S corrisponde alla resistenza meccanica; in questo caso rappresenta una "robustezza incrementata".

Allegato 2 – APPROFONDIMENTI FIGURA PROFESSIONALE ADDETTO SICUREZZA LASER (FAQ. D.1.2)

Il personale qualificato per la valutazione del rischio LASER (ADDETTO SICUREZZA LASER – ASL - in campo sanitario/estetico e TECNICO SICUREZZA LASER - TSL - in campo industriale, di ricerca e nei settori civili e ambientali), come specificato nella FAQ D.1.2 è rappresentato da due figure professionali idonee a effettuare tale valutazione, intesa come stima, misura o calcolo dei livelli di esposizione per i lavoratori e anche la supervisione sul controllo del rischio LASER.

In linea di principio, pur essendo simili i compiti da assicurare ai fini della sicurezza nei due ambiti, le procedure e i controlli da applicare devono essere mirati all'impiego specifico di un sistema LASER e potrebbero presupporre competenze e conoscenze in parte differenti per le due figure professionali individuate.

A seguito della evoluzione normativa e della diffusione di alcuni documenti tecnici internazionali, quali CENELEC CLC/TR 50448 "Guide to levels of competence required in laser safety" (2005-08) e IEC TR 60825-14 (2004-E) "Safety of laser products. Part 14- A user's guide" divenuta Norma italiana CEI 76-11 (2011-11) "Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 14: Guida per l'utilizzatore", vengono definite le seguenti figure per la sicurezza laser, secondo differenti livelli di competenza, abilità e conoscenza. Pertanto, in riferimento al quadro normativo tecnico più aggiornato, è possibile definire il personale qualificato per la valutazione e la gestione operativa del rischio LASER e le altre figure per la sicurezza laser, secondo differenti livelli:

- **"Esperto Sicurezza LASER" – "ESL", traduzione italiana di "Laser Protection Adviser" (LPA):** corrisponde all'ASL in ambito sanitario/estetico/veterinario e al TSL negli altri ambiti.
- **"Preposto Sicurezza LASER" – "PSL", traduzione italiana di "Laser Safety Officer" (LSO):** ai fini del presente documento il PSL è chi sovrintende all'attività di un reparto dove è utilizzato un laser di classe 3B o di classe 4.
- **"Utilizzatore LASER" – "UL", traduzione italiana di "Laser User" (LU):** è l'operatore LASER.

- 1) **ESPERTO SICUREZZA LASER – ESL (già LPA), in Italia ASL o TSL.** E' una persona competente con adeguate capacità, conoscenze, esperienza per consigliare il Datore di lavoro riguardo alla sicurezza LASER per laser di classe 3B e 4 e per dare assistenza nella definizione della politica sulla sicurezza LASER dell'organizzazione aziendale e nel miglioramento degli interventi necessari. Ciò anche per sistemi LASER di classe 1 o di classe inferiore alla classe 3B che contengano LASER di classe 3B e 4 durante interventi di manutenzione e per sistemi LASER di classe 1M e 2M (che producono fasci ben collimati e che possono presentare pericolo per la visione attraverso binocoli o telescopi anche a considerevole distanza dal

LASER). L'ESL può essere un lavoratore dipendente o esterno ed è anche un formatore, v. schema esemplificativo.

Il Datore di lavoro deve assicurare all'ESL la disponibilità di tutte le informazioni rilevanti sull'uso o sul possibile uso del sistema LASER e sufficiente tempo e risorse per consentirgli di intraprendere le azioni necessarie in modo efficace in relazione ai rischi a cui i lavoratori possono essere esposti e ai rischi di tipo organizzativo.

In realtà più ampie, con varie e differenti tipologie di LASER, può essere conveniente che l'ESL assuma anche il ruolo di PSL.

In altre situazioni invece, in cui non è necessario un elevato grado di esperienza nella sicurezza LASER, non è necessario che il PSL sia anche ESL: in tali casi il Datore di lavoro si avvarrà di un ESL esterno che fornirà le valutazioni ed indicazioni operative da fare attuare al PSL interno.

Le caratteristiche della figura professionale ESL corrispondono in Italia all'Addetto Sicurezza LASER-ASL- in ambito sanitario/estetico e al Tecnico Sicurezza LASER-TSL- negli altri ambiti.

L'ESL, così come in Italia per l'ASL e il TSL, oltre a quanto indicato di seguito per il PSL e come previsto dai documenti internazionali citati, deve possedere conoscenza approfondita, comprensione, competenza ed esperienza in materia di sicurezza LASER, in particolare riguardo a:

- fornitura e applicabilità degli standard rilevanti di sicurezza e regole nazionali;
- tipologia dei sistemi LASER;
- applicazioni particolari e ambienti di lavoro inerenti;
- pericoli che si possono manifestare;
- individuazione dei pericoli e procedure di valutazione dei rischi;
- gestione della sicurezza;
- selezione, significato e uso appropriato del controllo dei pericoli;
- richieste formative per PSL e altri lavoratori;
- stesura di procedure di lavoro in sicurezza.

2) **PREPOSTO SICUREZZA LASER – PSL (già LSO).**

Il Datore di lavoro di ogni organizzazione (azienda, laboratorio, ambulatorio, settore, etc.) che impiega sistemi LASER di classe 3B o 4, può nominare, se lo ritiene utile per la gestione operativa della sicurezza LASER sul campo, un PSL interno con la funzione di supervisione della sicurezza LASER sulla base delle valutazioni e indicazioni operative fornite dall'ESL. Ciò anche per sistemi LASER di classe 1 o altra classe inferiore alla classe 3B che contengano LASER di classe 3B e 4 durante interventi di manutenzione e per sistemi LASER di classe 1M e 2M (che producono fasci ben collimati e che possono presentare pericolo per la visione attraverso binocoli o telescopi anche a considerevole distanza dal LASER). Si consiglia di nominarlo anche nel caso di laser di classe 3R, soprattutto se il fascio è invisibile.

Il PSL dovrebbe assicurare controlli adeguati per minimizzare i rischi per la salute conseguenti all'uso di un sistema LASER, il monitoraggio regolare dei pericoli connessi all'uso del LASER e l'efficacia delle misure di controllo e delle relative registrazioni.

La responsabilità complessiva della sicurezza LASER rimane del Datore di lavoro che deve assicurare che il PSL abbia la capacità, le conoscenze, la competenza e così le risorse necessarie per svolgere in modo efficace tali compiti. Il PSL, nei limiti del suo mandato conferitogli dal Datore di lavoro, ha la responsabilità delle azioni inerenti i controlli di sicurezza sia ingegneristici che amministrativi.

All'interno di grandi organizzazioni con molti LASER spesso può essere utile nominare preposti d'area o di dipartimento per supportare gli utilizzatori LASER localmente.

Le competenze tipiche necessarie del PSL, come previsto dai documenti internazionali citati, sono:

- conoscenza dello spettro ottico comprendente la luce visibile, le radiazioni invisibili infrarosso e ultravioletto, in termini di lunghezza d'onda e differenze rispetto alle radiazioni ionizzanti;
- conoscenza delle caratteristiche (spaziali, spettrali temporali) di base dell'emissione LASER;
- comprensione delle quantità e unità di misura appropriate dell'emissione LASER;
- conoscenza dell'esistenza di standard di sicurezza LASER rilevanti e di regolamentazioni nazionali sull'uso dei LASER;
- comprensione dei concetti di pericolo LASER di classe 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B e 4 e significato della segnaletica di sicurezza LASER;
- conoscenza delle tipologie dei sistemi LASER in uso nell'azienda e dei relativi impieghi;
- conoscenza delle bande e lunghezze d'onda di emissione dei sistemi LASER in uso;
- conoscenza dei tessuti a rischio di esposizione al fascio LASER e, in caso di emissione LASER all'interno della regione di rischio retinico (lunghezza d'onda tra 400 nm e 1400 nm), comprensione degli effetti di focalizzazione dell'occhio;
- consapevolezza dell'entità dei danni da esposizione a un fascio LASER;
- conoscenza dell'area intorno a un LASER al cui interno possono manifestarsi livelli di esposizioni pericolose in determinate circostanze di impiego;
- comprensione della natura e dell'estensione degli altri rischi che possono derivare dall'uso di un sistema LASER includendo i seguenti:
 - rischi meccanici;
 - rischi elettrici;
 - rischi da rumore e vibrazioni;
 - rischi termici;

- rischi di incendio ed esplosione;
- rischi biologici;
- rischi da radiazioni in aggiunta a quelli dovuti all'emissione LASER.
- comprensione delle procedure di controllo necessarie per eliminare il rischio di possibili danni o per ridurre il rischi a livello accettabile, inclusi gli usi appropriati di segnaletica di attenzione e di area controllata;
- comprensione dei requisiti essenziali di salute e sicurezza sul lavoro e dei principi generali di gestione ottimale della sicurezza con particolare riguardo a quanto stabilito dal D.Lgs. 81/08 nel Titolo VIII capo I e capo V e dalle Indicazioni Operative redatte dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province Autonome;
- comprensione della necessità di predisporre, documentare e implementare procedure di lavoro sicuro (per operazioni ordinarie, lavori di regolazione, e interventi non pianificati compresi gli incidenti);
- comprensione tecnica sufficiente e capacità di gestione per poter assumere la responsabilità amministrativa, per conto del Datore di lavoro, per sovrintendere, monitorare regolarmente, controllare in modo continuo il pericolo LASER in azienda, in relazione ai tipi di LASER in uso, alle applicazioni, ai lavoratori e all'ambiente di lavoro;
- conoscenza di come affrontare gli incidenti inerenti un LASER e altri episodi che potrebbero compromettere la sicurezza;
- essere in grado di agire su indicazioni specifiche dell'ESL (ASL o TSL) quando necessario

Definite le figure corrispondenti al "personale qualificato" per la sicurezza LASER, i documenti internazionali citati ne definiscono una terza ossia "l'utilizzatore LASER".

3) **UTILIZZATORE LASER - UL (già LU).**

- Chi utilizza, lavora o ha il controllo di un sistema LASER di Classe 1M,1C, 2M, 3R, 3B, 4 dovrebbe essere sufficientemente competente nelle operazioni di lavoro o uso di un sistema LASER e inoltre dovrebbe:
 - comprendere la natura generale della radiazione LASER;
 - conoscere i pericoli per la salute conseguenti all'uso di un sistema LASER, i tessuti biologici a rischio, l'entità dei danni conseguenti;
 - comprendere il significato della segnaletica di sicurezza relativa alla classe di LASER usata;
 - comprendere le procedure di controllo dei pericoli compresa l'eventuale necessità di dispositivi di protezione individuale;
 - essere consapevole della necessità di eventuali precauzioni aggiuntive necessarie nelle attività non ordinarie, ad esempio quelle di manutenzione;
 - avere familiarità con le procedure organizzative e gestionali dell'uso di un LASER incluse le azioni di emergenza e le procedure di documentazione di un incidente.

Nota

I prodotti LASER di classe 1C pongono rischi solo per la cute (a contatto dell'apertura del laser), che comunque devono essere valutati. Si ricorda che è responsabilità dei costruttori garantire che i laser di qualunque classe soddisfino i requisiti della classe a cui sono assegnati anche in caso di guasto singolo (single fault). Questo requisito è particolarmente importante per la classe 1C, la cui emissione a contatto generalmente supera i valori di esposizione massima permessa della pelle ed è importante che, una volta venuto meno il contatto, l'emissione si riduca entro i limiti della classe 1, anche in caso di guasto singolo, per evitare lesioni ad occhi e pelle. Particolare attenzione va posta in caso di manutenzione o assistenza, in cui potrebbero essere disattivati gli interblocchi di sicurezza.

CONOSCENZE

Essendo i rischi per gli operatori derivanti dall'impiego di apparecchiature LASER essenzialmente indipendenti dallo scopo finale dell'utilizzo, sia esso industriale, di ricerca o sanitario, le conoscenze di base sono comuni per ASL, TSL, PSL.

Conoscenze di base per ASL, TSL, PSL

E' necessario che ESL e PSL conoscano:

1. Lo spettro elettromagnetico della radiazione ottica.
2. Le appropriate unità di misura (termini radiometrici e fotometrici).
3. I principi di funzionamento delle sorgenti LASER.
4. Le caratteristiche di emissione della radiazione LASER.
5. Le modalità di interazione della radiazione ottica con il tessuto biologico (effetti fototermici, fotoacustici, fotoablativi, fotochimici).
6. La fisiologia dei tessuti a rischio e gli effetti dell'esposizione alla radiazione LASER.
7. I limiti di Esposizione Massima Permessa e i Limiti di Emissione Accessibile (EMP e LEA).
8. La classificazione delle apparecchiature LASER.
9. I principi di prevenzione e protezione e le metodiche di valutazione contenuti nel D.Lgs.81/08, con particolare riguardo a quanto stabilito nel Titolo XVIII capo I e capo V e nelle Indicazioni Operative pubblicate dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province Autonome, per il rischio laser
10. Rischi diretti e indiretti.
11. Caratteristiche dei dispositivi di protezione collettivi e individuali
12. Le normative nazionali e internazionali sulla sicurezza LASER e le linee guida inerenti
13. I concetti di differenziazione per le classi di LASER e le loro caratteristiche.
14. Come individuare, delimitare e segnalare le zone di rischio LASER.
15. Come individuare i dispositivi di protezione ed il loro corretto impiego.
16. Le procedure di allineamento dei sistemi LASER impiegati.
17. Le applicazioni LASER utilizzate nella zona affidata al suo controllo.

Conoscenze specialistiche comuni ai diversi settori di attività, oltre a quelli di base, per ESL (ASL o TSL - Esperto di Livello specializzato)

1. Principi di funzionamento, caratteristiche di emissione di specifiche tipologie di sorgenti LASER.
2. Principi di funzionamento e caratteristiche di risposta degli strumenti di misura per la determinazione dei livelli di irradianza, radianza e esposizione radiante nei diversi intervalli di lunghezza d'onda.
3. Tecniche e modalità di misura delle radiazioni ottiche LASER nei diversi intervalli di lunghezza d'onda e dosimetria delle radiazioni LASER.
4. Normativa tecnica sulle metodiche di misura (norme CEI, CENELEC, IEC, UNI, CEN, ISO).
5. Modalità di calcolo dei parametri fisici e delle grandezze dosimetriche relative alle radiazioni ottiche coerenti in base ai risultati delle misure strumentali effettuate.
6. Metodi di schermatura e riduzione delle emissioni.
7. Valutazione e scelta dei DPC e DPI anche tramite calcoli e/o misure

Conoscenze specialistiche di settore per l'ASL (oltre a quelle di base e quelle specialistiche comuni ai diversi settori di attività)

Ai fini della sicurezza all'impiego di apparecchi LASER per uso diagnostico, chirurgico, estetico e/o terapeutico, l'ASL deve conoscere:

1. Le principali applicazioni LASER diagnostiche, chirurgiche, estetiche e terapeutiche.
2. Le caratteristiche di emissione delle principali apparecchiature LASER per impiego diagnostico e terapeutico.
3. I pericoli provocati dalla riflessione o dall'assorbimento del fascio LASER rispetto dallo strumentario o sostanze presenti in sala operatoria o in ambulatorio.
4. Le precauzioni per assicurare che l'esposizione della pelle e degli occhi del personale e, se del caso, del paziente sia inferiore ai livelli massimi permessi.
5. I pericoli per il paziente associati alle procedure di trattamento e i metodi per la riduzione del rischio.
6. I rischi che possono derivare dal funzionamento dei LASER, quali rischi elettrici, chimici, di incendio, d'uso di agenti criogenici e di materiali cancerogeni, da contaminazione atmosferica per fumi e frammenti di tessuto, da radiazione collaterale.
7. Come gestire casi sospetti di esposizione accidentale.
8. I principi di assicurazione di qualità.
9. Le modalità di calcolo, misura e controllo dei parametri di emissione e dei sistemi di sicurezza delle sorgenti LASER.
10. I metodi di valutazione delle zone di rischio LASER anche attraverso calcoli e/o misure.
11. I metodi di valutazione dei dispositivi di protezione e loro determinazione anche attraverso calcoli e/o misure.

12. Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi.
13. Le normative nazionali, internazionali e le linee guida corrispondenti.

Conoscenze specialistiche di settore per il TSL (oltre a quelle di base e quelle specialistiche comuni ai diversi settori di attività)

Ai fini della sicurezza all'impiego di apparecchi LASER per uso industriale, di ricerca e nei settori civili e ambientali, il TSL deve conoscere:

1. Le principali applicazioni industriali, della ricerca e nei settori civili e ambientali.
2. I principi di assicurazione qualità.
3. Le misure di sicurezza appropriate a seconda della classe di rischio del sistema LASER.
4. I rischi che possono derivare dal funzionamento dei LASER, quali i rischi elettrici, chimici, di incendio, d'uso di agenti criogenici e di materiali cancerogeni, da contaminazione atmosferica, da radiazione collaterale.
5. Le procedure e mezzi di controllo dei rischi.
6. Le modalità di calcolo, misura e controllo dei parametri di emissione e dei sistemi di sicurezza delle sorgenti LASER.
7. I metodi di valutazione delle zone di rischio LASER anche attraverso calcoli e/o misure.
8. I metodi di valutazione dei dispositivi di protezione e loro determinazione anche attraverso calcoli e/o misure.

Conoscenze per UL

Possono essere fornite dall'ESL ovvero dal PSL in funzione delle applicazioni specifiche del/dei LASER secondo gli ambiti di attività nel luogo di lavoro

FORMAZIONE E AGGIORNAMENTO

I corsi di formazione/aggiornamento teorico-pratico sulla materia dovranno essere erogati da Enti pubblici aventi compiti in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro di cui all'art. 9 del D.lgs.81/08 e s.m.i., Enti di ricerca, Università, Associazioni scientifiche e/o professionali del settore.

I corsi di formazione verranno ritenuti validi se con valutazione finale dell'apprendimento. Deve essere prevista l'applicazione di un criterio di valutazione dell'apprendimento (esito positivo della verifica finale).

Per quanto riguarda l'aggiornamento per le figure di cui sopra, si ritiene necessario un aggiornamento professionale consistente nella partecipazione a corsi per almeno 8 ore nell'arco di 4 anni.

I requisiti del Formatore devono essere coerenti con quanto previsto dal Decreto Interministeriale 6 marzo 2013 e secondo specifici criteri individuati nell'allegato YY.

Per una trattazione completa sulla formazione si fa riferimento al documento elaborato nel 2020 dalla Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione (CIIP) in collaborazione col Coordinamento Interregionale Sicurezza e Salute Luoghi Lavoro, Gruppo Di Lavoro Agenti Fisici "REQUISITI DI CONOSCENZA, ABILITÀ E COMPETENZA DEL PERSONALE QUALIFICATO PER LA VALUTAZIONE DEI RISCHI DA RADIAZIONI OTTICHE NON-COERENTI E COERENTI(LASER) NEI LUOGHI DI LAVORO".

Altro personale

I lavoratori a tutti i livelli dell'organizzazione aziendale in cui sono utilizzate sorgenti LASER condividono la responsabilità della sicurezza per se stessi e per gli altri (RSPP, dirigenti, preposti, lavoratori, RLS); in ogni caso il Datore di lavoro deve assicurare che le predisposizioni organizzative e amministrative di sicurezza siano attuate.

Coloro che non sono coinvolti direttamente in attività con un sistema LASER ma hanno qualche responsabilità riguardo ai sistemi LASER di Classe 1M, 1C, 2M, 3R, 3B, 4 ovvero nel campo della salute e sicurezza all'interno dell'organizzazione aziendale (ad es.: per la supervisione, direzione, nello staff della salute e sicurezza lavorativa ovvero quali rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza) dovrebbero conoscere in termini generali i sistemi LASER utilizzati in azienda e inoltre dovrebbero:

- comprendere la natura della radiazione LASER;
- conoscere la classificazione schematica dei LASER e il significato della segnaletica di sicurezza;
- avere consapevolezza dell'esistenza dell'uso di LASER nell'organizzazione aziendale e del relativo scopo;
- essere familiari con le politiche dell'organizzazione aziendale in merito alla sicurezza LASER;
- conoscere i pericoli specifici dell'uso di un sistema LASER ed essere a conoscenza delle misure di controllo adottate.

CREDITS

*Il testo è stato redatto dal Gruppo Tematico Agenti Fisici del
Coordinamento Tecnico Interregionale - INAIL*

coordinatrice Iole Pinto

GRUPPO DI LAVORO RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI composto da:

- Coordinatori:** Sara Adda (ARPA Piemonte)
- Componenti istituzionali:** Andrea Bogi (Azienda USL Toscana Sud Est)
Lorenzo Bordini (Fondazione IRCCS Ca' Granda Ospedale Maggiore Policlinico- Milano)
Massimo Borra (INAIL)
Giovanni De Vito (Azienda Socio Sanitaria Territoriale di Lecco)
Stefania Facta (ARPA Piemonte)
Laura Filosa (INAIL)
Carlo Grandi (INAIL);
Andrea Militello (INAIL)
Stefania Saudino (ARPA Piemonte)
Angelo Tirabasso (INAIL)
Alessandro Polichetti (ISS)
Roberta Pozzi (ISS)
- Componenti esterni:** Maria Cristina Acciai (INAIL Sov. Medica Toscana);
Luisa Biazzi (Università Pavia);
Alessandra Chiarugi (ISPRO)
Riccardo Di Liberto (IRCCS Policlinico S. Matteo PV);
Simone Falsoni (ENI);
Francesco Frigerio (ICS Maugeri PV);
Enrico Galbiati GESTLABS srl
Fabriziomaria Gobba (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia);
Dante Milani (Università degli Studi di Pavia)
Alberto Modenese (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia);
Alex Soldi (ENI);
Paolo Zanichelli (ARPAE);
Enrica Zinzini (INAIL Medica Sede provinciale BS);F
- Referenti Regione Toscana:** Giovanna Bianco, Elisabetta De Melis, Vincenzo Di Benedetto, Trofimenia Galibardi