



Il rischio da agenti fisici negli ambienti di lavoro

Valutazione dei rischi per l'impiego di radiazioni ottiche artificiali non coerenti

Parma 9 giugno 2015

Relatore: Dott.ssa Silvia Vaccari – Responsabile Servizio di Fisica Sanitaria

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

Università degli Studi di Parma

cesislav@unipr.it

Sommario Generale

- L'esposizione occupazionale ad agenti fisici: criteri valutativi ed adempimenti previsti dal D.Lgs.81/08
- Valutazione rischi per l'impiego di radiazioni ottiche artificiali non coerenti

Relatore: Dott.ssa Silvia Vaccari

L'esposizione occupazionale ad agenti fisici: criteri valutativi e adempimenti previsti dal D.Lgs. 81/08

Relatore: Dott.ssa Silvia Vaccari



Radiazioni ionizzanti



D.Lgs. 230/95 s.m.i.

Radiazioni non ionizzanti

- Radiazioni ottiche
- Campi elettromagnetici
- Rumore e vibrazioni



D.Lgs. 81/08 s.m.i.

La **valutazione dei rischi legati agli agenti fisici** è regolata dall'art. 181 del D.Lgs. 81/2008, il quale riconosce **la responsabilità, della stima dei rischi e della messa in sicurezza dei luoghi di lavoro, al datore di lavoro.**

La **valutazione dei rischi** è riportata sul **documento di valutazione di cui all'art. 28.**

La **relazione tecnica di radioprotezione, ai sensi dell'art. 61 del D.Lgs.230/95 e s.m.i.** fa parte integrante di questo documento per gli aspetti concernenti i rischi da radiazioni ionizzanti.

Esposizione occupazionale ad agenti fisici

Art. 181 [D.Lgs 81/08](#) – Valutazione dei rischi

1. ... il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici in modo da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione con particolare riferimento alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi.

2. La valutazione dei rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici è programmata ed effettuata, con cadenza almeno quadriennale, da personale qualificato... La valutazione dei rischi è aggiornata ogni qualvolta si verificano mutamenti che potrebbero renderla obsoleta...I dati ottenuti dalla valutazione, misurazione e calcolo dei livelli di esposizione costituiscono parte integrante del documento di valutazione del rischio.

3. Il datore di lavoro nella valutazione dei rischi precisa quali misure di prevenzione e protezione devono essere adottate.

Profili Professionali degli Esperti nella valutazione dei rischi derivanti da esposizione a campi elettromagnetici e alla radiazione ottica

(Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione)

- Esperto nella valutazione dei rischi derivanti da esposizione a campi elettromagnetici (ECEM)

Figura professionale idonea ad effettuare la sorveglianza fisica dei campi elettromagnetici e la valutazione dei livelli dei campi elettromagnetici a cui sono esposti i lavoratori.

- Esperti per la valutazione delle Radiazioni Ottiche incoerenti (ERO) e coerenti (ASL/TSL)

Figure professionali idonee ad effettuare la sorveglianza fisica e/o valutazione dei rischi diretti e indiretti relativi all'impiego delle sorgenti di radiazione ottica.

- Esperto per la valutazione delle Radiazioni Ottiche incoerenti (ERO)
- Addetto alla Sicurezza Laser in campo sanitario (ASL)
- Tecnico della Sicurezza Laser in campo industriale, di ricerca e nei settori civili e ambientali (TSL)

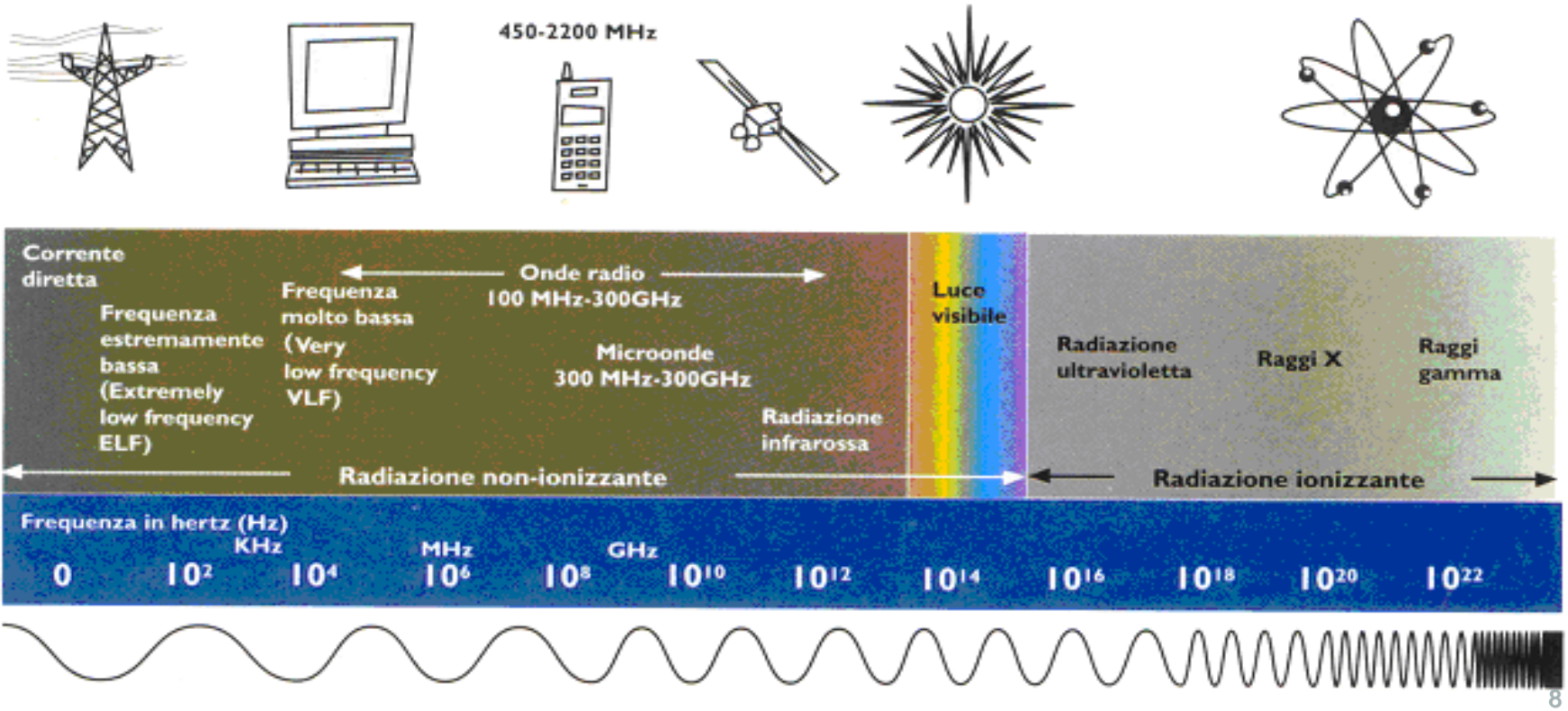
Legislazione – Agenti Fisici

Il D.Lgs.81/08, in relazione agli agenti fisici trattati al Titolo VIII, introduce i limiti di esposizione e norme di tutela della salute per i lavoratori ad essi esposti.

CAPO II	PROTEZIONE DEI LAVORATORI CONTRO I RISCHI DI ESPOSIZIONE AL RUMORE DURANTE IL LAVORO
CAPO III	PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A VIBRAZIONI
CAPO IV	PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI
CAPO V	PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI

Spettro Elettromagnetico

Una classificazione fondamentale delle radiazioni elettromagnetiche è basata sulla frequenza di oscillazione o sull'energia ad essa correlata ($E = hf$ dove $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ Js)
L'insieme di tutte le frequenze è definito spettro elettromagnetico.



Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti

Lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche è suddiviso in due grandi categorie:

- Radiazioni ionizzanti
- Radiazioni non ionizzanti (o NIR).

Le radiazioni ionizzanti hanno una frequenza superiore ai $3 \cdot 10^{15}$ Hz ed una energia superiore a circa 12 eV, sono in grado di rompere i legami molecolari e provocare fenomeni di ionizzazione della materia biologica.

Da qui il nome stesso di radiazioni ionizzanti.

Le radiazioni non ionizzanti (NIR – Non Ionizing Radiations) hanno una frequenza inferiore ai $3 \cdot 10^{15}$ Hz ed un'energia associata non in grado d'indurre ionizzazione nella materia.

Si possono suddividere in radiazioni ottiche e non ottiche.

CLASSIFICAZIONE DELLO SPETTRO ELETTROMAGNETICO - NIR

Denominazione	Frequenza	Lunghezza d'onda
Frequenze estremamente basse (ELF)	0 - 3 kHz	> 100 km
Frequenze basse (VLF - LF)	3 - 300 kHz	100 - 1 km
Radiofrequenze (RF)	300 kHz - 300 MHz	1 km - 1 m
Microonde (MW)	300 MHz - 300 GHz	1 m - 1 mm
Infrarosso (IR)	300 GHz - 385 THz	1 mm - 780 nm
Luce visibile (LV)	385 THz - 750 THz	780 - 380 nm
Ultravioletto (UV)	750 - 3000 THz	400 - 100 nm

↑ Radiazione non ottica
↓ Radiazione ottica

Radiazioni non ionizzanti

Valutazione dei rischi per l'impiego di radiazioni ottiche artificiali non coerenti

Relatore: Dott.ssa Silvia Vaccari

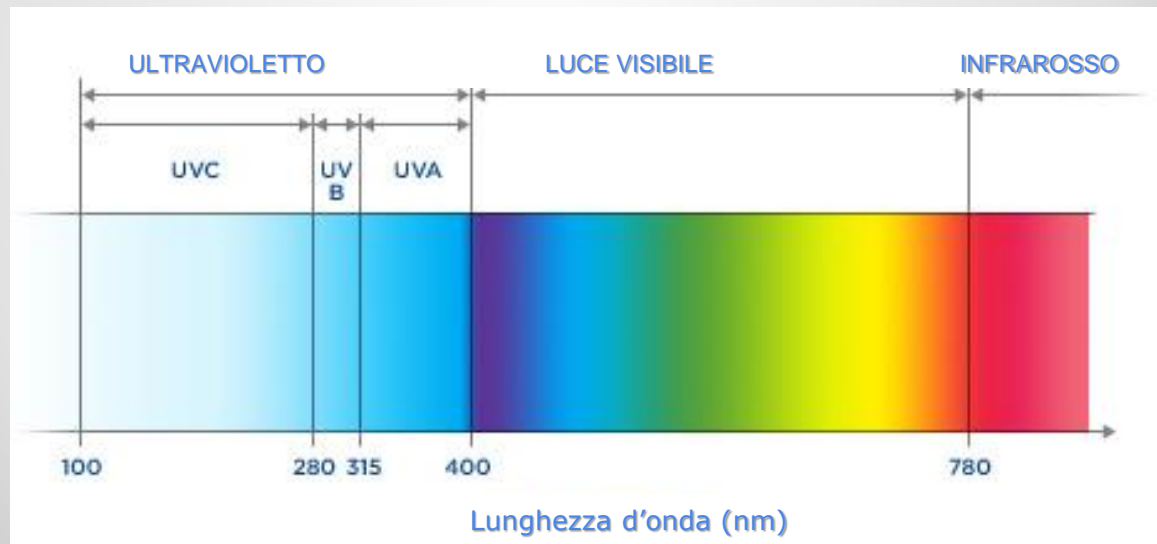


Sommario

- ❖ Brevi richiami sulle radiazioni ottiche artificiali non coerenti;
- ❖ Rischi da esposizione;
- ❖ Cenni alla normativa di riferimento;
- ❖ Valutazione dei rischi;
- ❖ Alcuni esempi applicativi.

Radiazioni ottiche artificiali

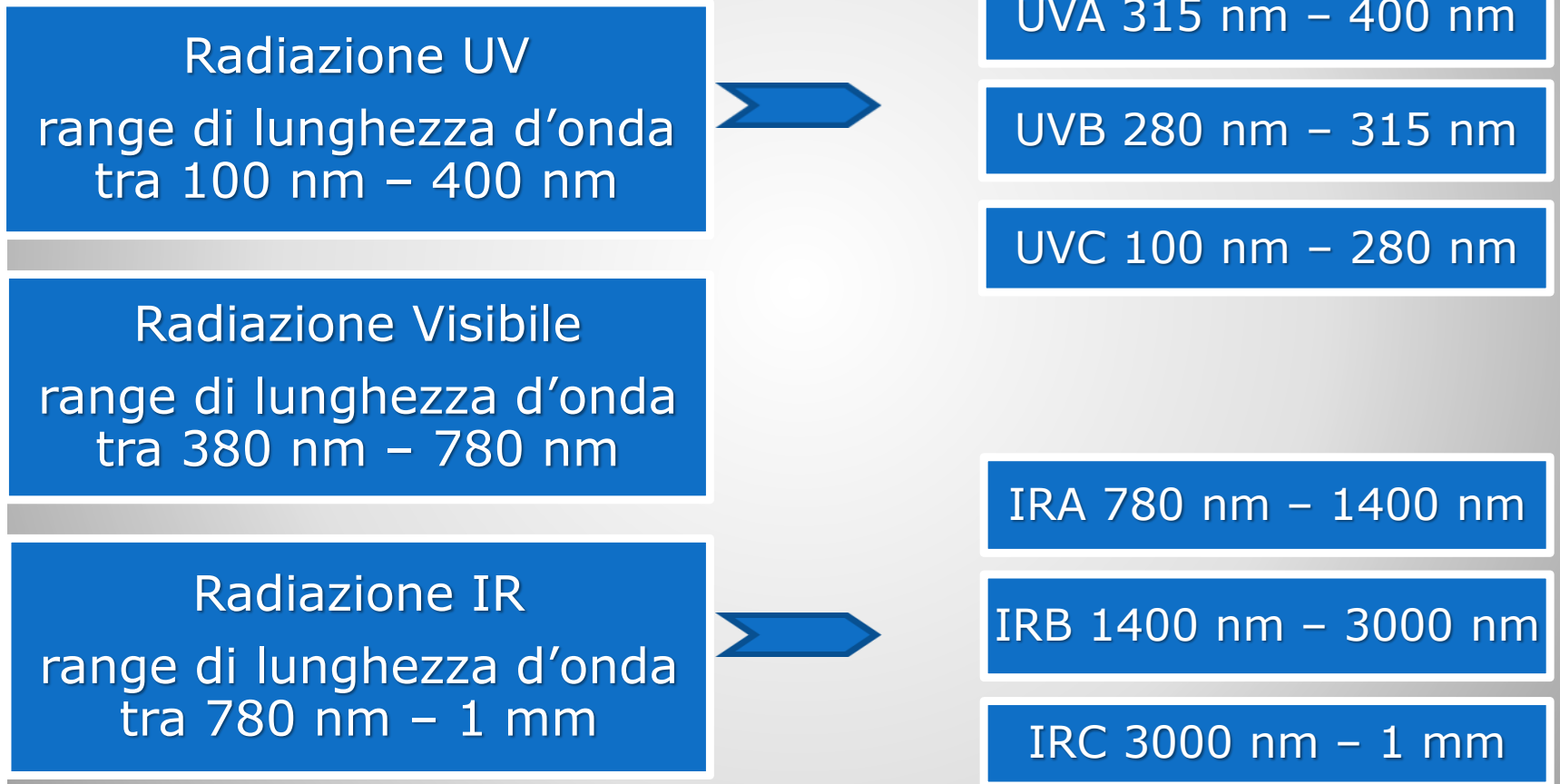
Sono definite Radiazioni Ottiche le componenti dello spettro elettromagnetico con lunghezze d'onda comprese tra quelle dei campi elettromagnetici e quelle delle radiazioni ionizzanti. Tutte le radiazioni ottiche non generate dal sole sono di origine artificiale.



Radiazioni ottiche non coerenti

Componenti dello spettro della radiazione ottica

L'intervallo delle lunghezze d'onda delle ROA è compreso tra 100 nm e 1 mm.



Radiazioni ottiche non coerenti

Interazione con la materia

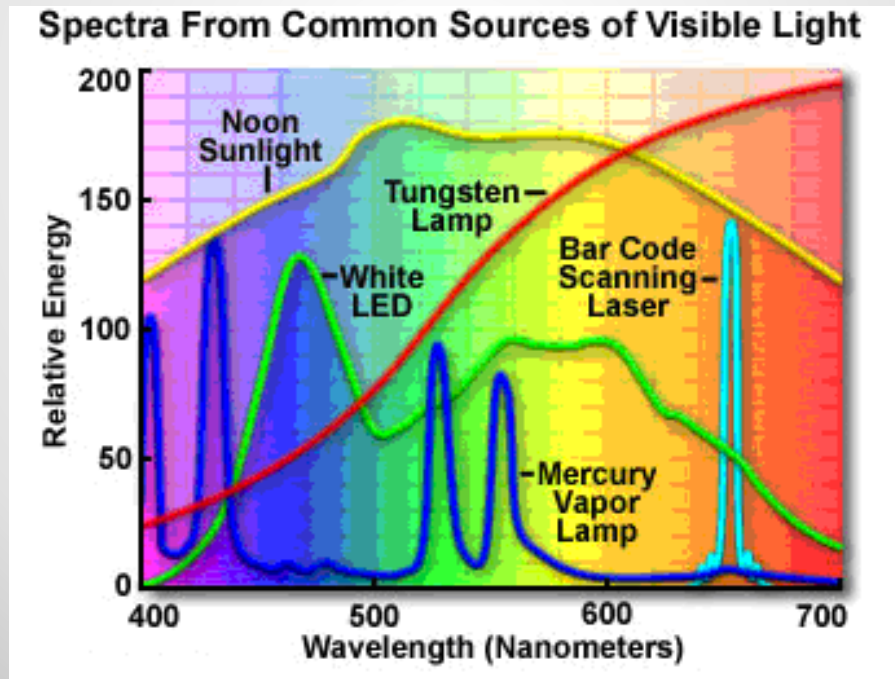
Trasportano energia sotto forma di campo elettromagnetico: l'energia viene in parte assorbita e in parte riflessa dagli oggetti che l'onda incontra sul suo percorso.

Questi campi di radiazione interagiscono anche con la materia biologica in cui si propagano, perturbando l'equilibrio a livello molecolare e dando luogo ad effetti biologici (risposte ad uno stimolo o ad un cambiamento ambientale).

In particolare l'energia assorbita dai tessuti biologici può produrre, superati taluni livelli di esposizione, effetti di natura chimica e di natura termica con eventuali danni per le persone esposte.

Sorgenti

Le prescrizioni contenute al capo V del DLgs.81/2008 si applicano ad una grande varietà di sorgenti luminose artificiali, sia coerenti che non coerenti, a cui i lavoratori possono essere esposti nei luoghi di lavoro.

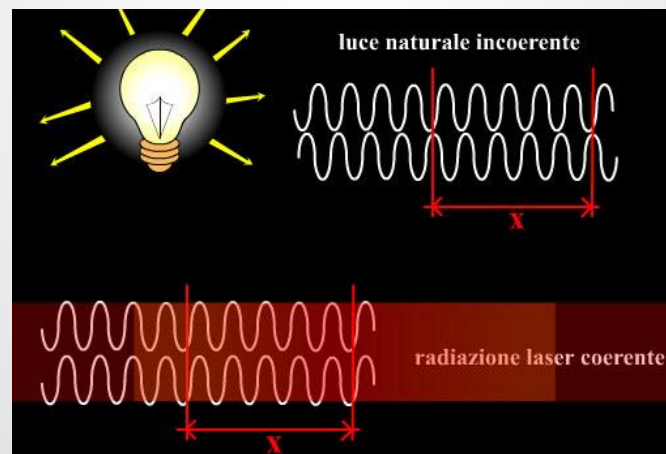


Radiazioni ottiche non coerenti

Le radiazioni ottiche artificiali sono classificate in coerenti (Laser) e non coerenti.

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.

Nelle sorgenti coerenti gli atomi si diseccitano tutti in fase tra loro, mentre le sorgenti incoerenti emettono radiazioni sfasate.



Sono non coerenti le radiazioni ottiche emesse dal sole o dalle lampade a incandescenza o a scarica di gas.

Radiazioni ottiche artificiali non coerenti		Possibili sorgenti di radiazione (elenco esemplificativo e non esaustivo)
Tipo	Campo irradianza	
UV-C	100 nm - 280 nm	Sterilizzazione Essiccazione inchiostri e vernici
UV-B	280 nm - 315 nm	Fotoincisione Controlli difetti di fabbricazione
UV-A	315 nm - 400 nm	Lampade per uso medico, estetico, di laboratorio Luci pulsate IPL Saldature ad arco o laser
Visibile	400 nm - 780 nm	Sorgenti di illuminazione artificiale Lampade per uso medico o estetico Luce pulsata IPL Saldatura
IR-A	780 nm - 1400 nm	Riscaldatori radianti Forni di fusione per metalli e vetri
IR-B	1400 nm - 3000nm	Cementerie Lampade ad incandescenza per riscaldamento
IR-C	3000 nm - 1 mm	Dispositivi per visione notturna

Effetti sanitari

I principali meccanismi attraverso i quali le ROA possono indurre effetti avversi sono di tipo

termico - fotochimico

I rischi che possono derivare dall'esposizione alle ROA durante il lavoro, riguardano in particolare effetti nocivi su

occhi e cute

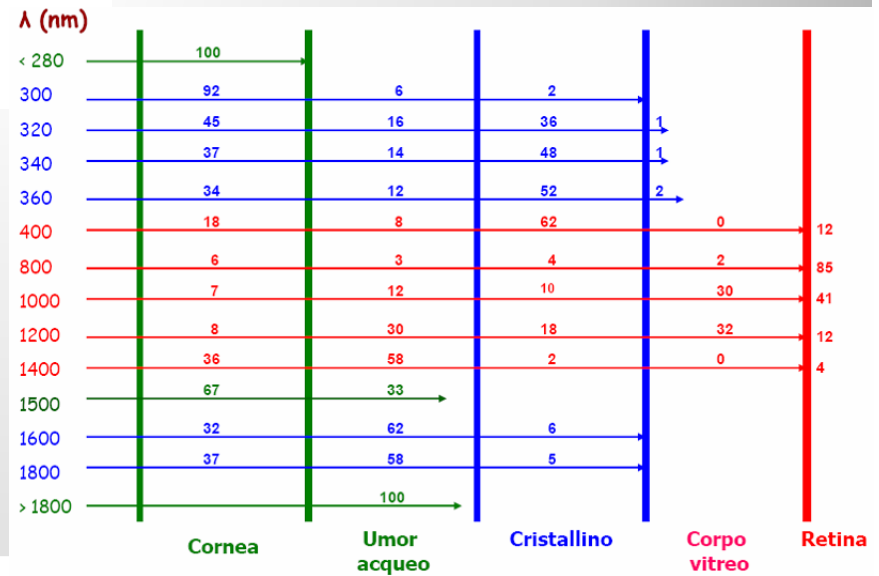
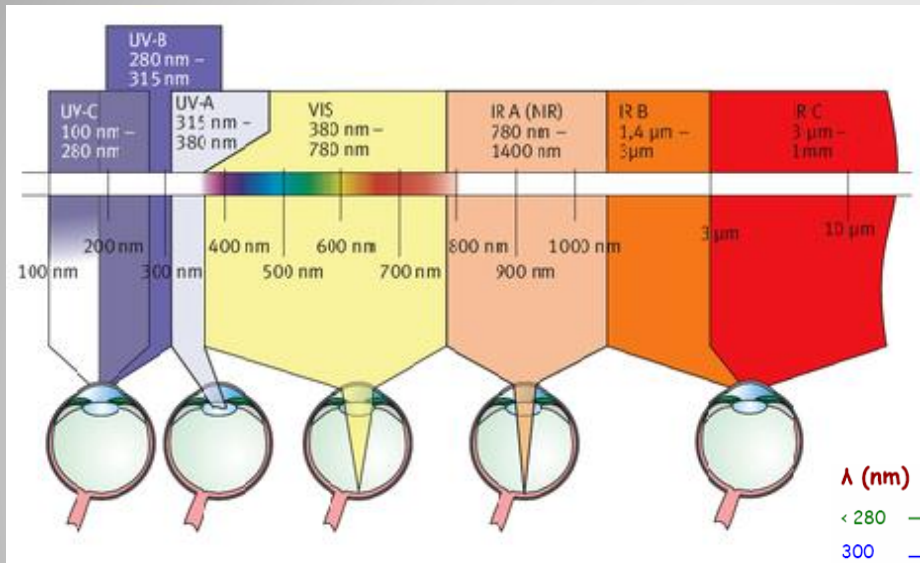
La tipologia di effetti dipende dalla *lunghezza d'onda* della radiazione incidente, mentre dall'*intensità* dipendono sia la possibilità che questi effetti si verifichino che la loro gravità.

Regione UV: prevalente effetto fotochimico

Regione IR: prevalente effetto termico

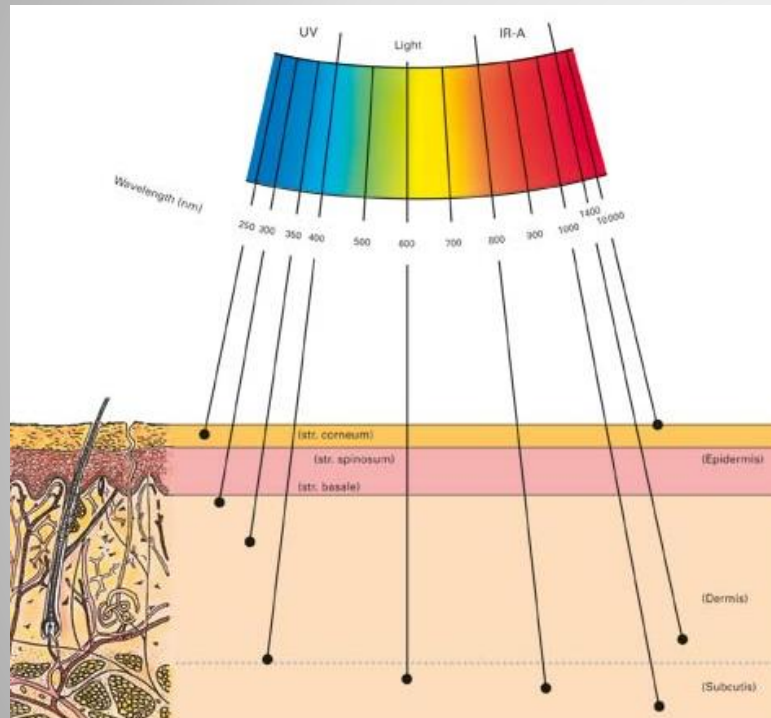
Regione Visibile: effetto termico e fotochimico

Strutture bersaglio della radiazione ottica per l'occhio



Effetti sanitari

Profondità di assorbimento nella pelle



λ (nm)	200	300	400	500	600	800	1100	1400	10600
strato corneo									
epidermide	10	20	32	77	65	65	28		
derma				5	21	17	8		
sottocute									

Effetti sanitari

Effetti sanitari

In particolare i danni da esposizione a radiazione ottica possono distinguersi in:

Danni non stocastici

- Gravità dell'effetto aumenta con l'esposizione
- Presentano una soglia (eritema, fotocongiuntivite, fotocheratite, ...)

Danni stocastici

- Probabilità del verificarsi dell'effetto aumenta con l'esposizione
- Non presentano una soglia (carcinomi e melanomi della cute e degli occhi)

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

Oltre ai rischi per la salute dovuti all'esposizione diretta alle radiazioni ottiche artificiali esistono ulteriori rischi indiretti, quali:

- sovraesposizione a luce visibile: disturbi visivi temporanei;
- rischi di incendio e di esplosione innescati dalle sorgenti stesse e/o dal fascio di radiazione;
- ulteriori rischi associati alle apparecchiature/lavorazioni che utilizzano ROA quali stress termico, contatti con superfici calde, rischi di natura elettrica.

Normativa

D.Lgs. 81/2008

Capo V - Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a radiazioni ottiche artificiali

Comprende le prescrizioni minime contro i rischi per la salute e la sicurezza che possono derivare dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali durante il lavoro con particolare riguardo ai rischi dovuti agli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute.

Valori limite di esposizione

L'Allegato XXXVII riporta i valori limiti di esposizione alle ROA:

- parte I per le radiazioni incoerenti
- parte II per le radiazioni coerenti (LASER)

Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche siano protetti contro tutti gli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute conosciuti.

I limiti sono definiti per:

Irradianza (E) o densità di potenza:

potenza radiante incidente per unità di area su una superficie (W/m²)

Esposizione radiante (H):

integrale nel tempo dell'irradianza (J/m²)

Radianza (L):

flusso radiante o potenza per unità di angolo solido per unità di superficie (W/m²sr)

La valutazione di queste grandezze richiede una complessa ed articolata elaborazione partendo dai dati di misura.

Lo strumento maggiormente utilizzato è lo spettroradiometro.

Le grandezze efficaci: la ponderazione spettrale

E' necessario tenere conto della dipendenza dei diversi effetti dalla lunghezza d'onda della radiazione.

Infatti vengono definite delle curve di ponderazione spettrale basate sui principali effetti noti.

Danno su occhio-pelle da radiazione UV, tra 180 e 400 nm: $S(\lambda)$

Danno retinico fotochimico da luce blu, da 300 a 700 nm: $B(\lambda)$

Danno retinico termico, visibile e IRA, da 380 a 1400 nm: $R(\lambda)$

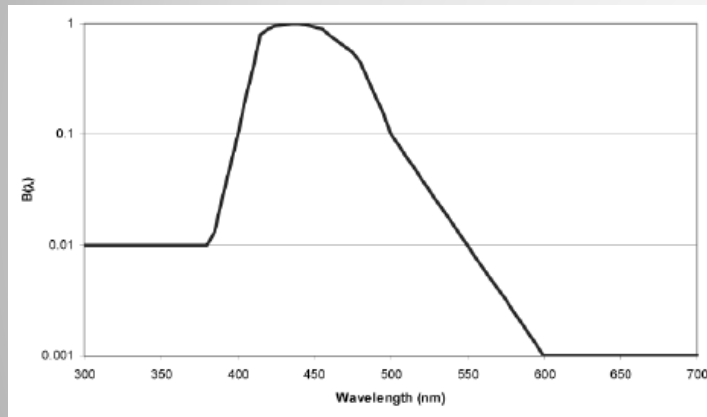
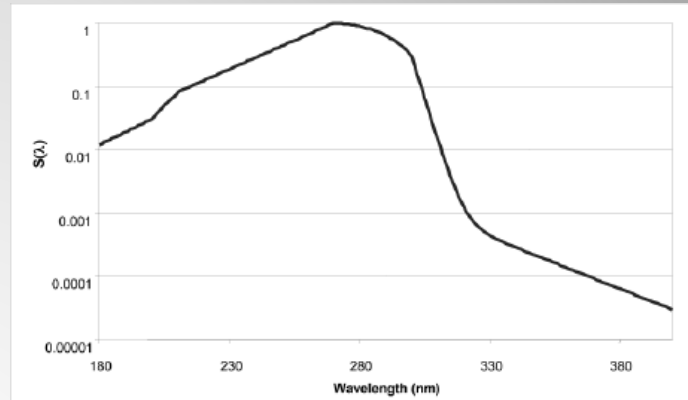
La ponderazione spettrale, ovvero la convoluzione della distribuzione spettrale delle radianze o delle irradianze con lo spettro d'azione, che correla l'efficacia della radiazione nell'indurre l'effetto biologico in relazione alla lunghezza d'onda, determina le corrispondenti grandezze efficaci: **radianza efficace - irradianza efficace**.

Grandezze efficaci

Nei casi in cui tali grandezze "efficaci" (H_{eff} , L_B , L_R), vengano considerate come valori limite di riferimento, occorre tenere in considerazione anche i *fattori di peso/ponderazione spettrale* $S(\lambda)$ $R(\lambda)$ $B(\lambda)$ per mezzo dei quali si tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda degli effetti sulla salute delle radiazioni ottiche (principali effetti noti agli occhi ed alla cute).

Fattore di peso spettrale $S(\lambda)$ →

tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda dell'effetto biologico rappresentato dall'eritema cutaneo, nonché fotocheratite, congiuntivite e catarattogenesi

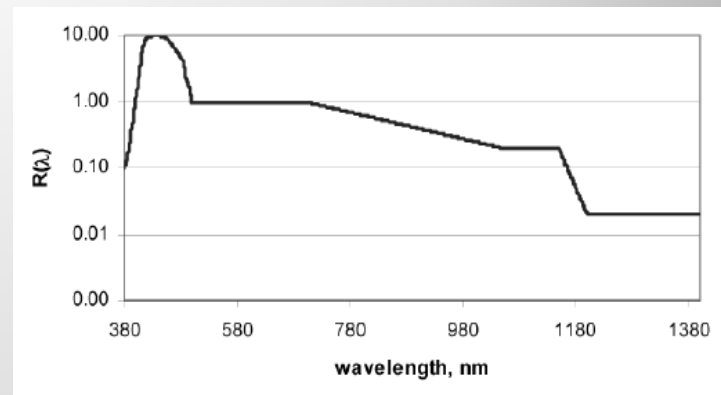


← Fattore di peso spettrale $B(\lambda)$

tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda della lesione fotochimica provocata all'occhio dalla luce blu

Fattore di peso spettrale $R(\lambda)$ →

tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda delle lesioni termiche provocate sull'occhio (danno termico retinico)



Grandezze efficaci

Valori limiti di esposizione – Radiazione ottica non coerente

Indice	Lunghezza d'onda (nm)	Valori limite di esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
a.	180-400 (UVA, UVB e UVC)	$H_{eff} = 30$ Valore giornaliero 8 ore	$[J m^{-2}]$		occhio cornea congiuntiva cristallino- cute	fotocheratite congiuntivite catarattogenesi eritema elastosi tumore della cute
b.	315-400 (UVA)	$H_{UVA} = 10^4$ Valore giornaliero 8 ore	$[J m^{-2}]$		occhio cristallino	catarattogenesi
c.	300-700 (Luce blu) nota 1	$L_B = \frac{10^6}{t}$ per $t \leq 10\,000$ s	LB: $[W m^{-2} sr^{-1}]$ t: [secondi]	per $\alpha \geq 11$ mrad	occhio retina	fotoretinite
d.	300-700 (Luce blu) nota 1	LB = 100 per $t > 10\,000$ s	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
e.	300-700 (Luce blu) nota 1	$E_B = \frac{100}{t}$ per $t \leq 10\,000$ s	EB: $[W m^{-2}]$ t: [secondi]	per $\alpha < 11$ mrad nota 2		
f.	300-700 (Luce blu) nota 1	EB = 0.01 per $t > 10\,000$ s	$[W m^{-2}]$			
g.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_{\alpha} = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_{\alpha}}$ per $t > 10$ s	$[W m^{-2} sr^{-1}]$	$C_{\alpha} = 1,7$ per $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_{\alpha} = \alpha$ per $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_{\alpha} = 100$ per $\alpha > 100$ mrad $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1\,400$	occhio retina	ustione retinica
h.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_{\alpha} = \frac{5 \cdot 10^7}{C_{\alpha} t^{0,25}}$ per $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	LR: $[W m^{-2} sr^{-1}]$ t: [secondi]			
i.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_{\alpha} = \frac{8,89 \cdot 10^6}{C_{\alpha}}$ per $t < 10 \mu s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
j.	780-1 400 (IRA)	$L_{\alpha} = \frac{6 \cdot 10^6}{C_{\alpha}}$ per $t > 10$ s	$[W m^{-2} sr^{-1}]$	$C_{\alpha} = 11$ per $\alpha \leq 11$ mrad $C_{\alpha} = \alpha$ per $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_{\alpha} = 100$ per $\alpha > 100$ mrad (campo di vista per la misurazione: 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1\,400$	occhio retina	ustione retinica
k.	780-1 400 (IRA)	$L_{\alpha} = \frac{5 \cdot 10^7}{C_{\alpha} t^{0,25}}$ per $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	LR: $[W m^{-2} sr^{-1}]$ t: [secondi]			
l.	780-1 400 (IRA)	$L_{\alpha} = \frac{8,89 \cdot 10^6}{C_{\alpha}}$ per $t < 10 \mu s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
m.	780-3 000 (IRA e IRB)	EIR = $18\,000 t^{0,25}$ per $t \leq 1\,000$ s	E: $[W m^{-2}]$ t: [secondi]		occhio cornea cristallino	ustione corneale catarattogenesi
n.	780-3 000 (IRAc IRB)	EIR = 100 per $t > 1\,000$ s	$[W m^{-2}]$			
o.	380-3 000 (visibile, IRA e IRB)	Hskin = $20\,000 t^{0,25}$ per $t < 10$ s	H: $[J m^{-2}]$ t: [secondi]		cute	ustione

Esposizione radiante efficace
180 - 400 nm
 $H_{eff} = 30 Jm^{-2}$

Esposizione radiante
315 – 400 nm
 $H_{UVA} = 10000 Jm^{-2}$

Radianza efficace per luce blu
300 – 700 nm
 $L_B = 100 Wm^{-2}sr^{-1}$

Limiti di esposizione

Fasi della valutazione dei rischi

- Censimento e ricognizione delle sorgenti presenti nell'ambiente di lavoro (specifiche tecniche, dati del fabbricante...)
- Verifica delle modalità espositive e durata dell'esposizione
- Giustificazione o stima/misura con eventuali calcoli
- Confronto con i valori limiti di esposizione
- Individuazione del personale soggetto a rischio
- Indicazione delle misure di prevenzione e protezione (DPI, segnaletica, definizione di eventuali aree ad accesso limitato...)
- Informazione e formazione
- Sorveglianza sanitaria

Norme Tecniche

I riferimenti per la valutazione delle radiazioni ottiche non coerenti sono:

- UNI EN 14255-1:2005 per gli UV
- UNI EN 14255-2:2006 per il visibile e l'infrarosso
- UNI EN 14255-4:2007 terminologia e grandezze
- UNI EN 12198-1/2/3:2008/2009 per radiazioni emesse dal macchinario
- CEI EN 62471:2009 sicurezza fotobiologica lampade e sistemi di lampade

....

Giustificazione

La valutazione dei rischi può includere una giustificazione del datore di lavoro (art. 181) secondo cui la natura e l'entità dei rischi connessi con le radiazioni ottiche non rendono necessaria un'ulteriore dettagliata valutazione dei rischi (art. 4 comma 4 Direttiva 2006/25/CE... Radiazioni Ottiche Artificiali).

Questo vale sia per le sorgenti di radiazione ottica non coerente che per i laser.

Sono le norme tecniche che definiscono i casi per cui tali sorgenti possono essere giustificabili.

Sono giustificabili tutte le apparecchiature che emettono radiazione ottica non coerente classificate nella categoria 0 secondo lo standard UNI EN 12198:2009, (in generale le lampade per illuminazione residenziale o gli elementi riscaldanti di locali come uffici, case ecc.), così come le lampade e i sistemi di lampade, anche a LED, classificate nel gruppo "Esente" dalla norma CEI EN 62471:2009 (illuminazione standard per uso domestico e di ufficio, i monitor dei computer, i display, le fotocopiatrici, le lampade e i cartelli di segnalazione).

Per le altre sorgenti occorrerà effettuare una valutazione del rischio più approfondita, che potrà comportare lo svolgimento, o meno, di misure sperimentali.

Sorgenti che producono esposizioni insignificanti

Lampade fluorescenti a soffitto compatte

Lampade fluorescenti a soffitto con diffusore

Lampade al tungsteno per illuminazione (anche daylight)

Computer e display similari

Trappole per insetti UVA

Fotocopiatrici

Indicatori LED

Palmari

Indicatori luminosi dei veicoli (eccetto fari anteriori)

Flash macchine fotografiche

Illuminazione stradale

Riscaldatori a gas

.....

Sorgenti non pericolose durante l'uso normale

Sorgente	Circostanze per un uso sicuro
Lampade fluorescenti a soffitto senza diffusore	Sicure fino a 600 lux
Lampade alta pressione	Sicure se integre e se non in linea con la vista
Proiettori da tavolo	Sicuri se non si guarda dentro il fascio
Lampade a bassa pressione UVA	Sicure se non in linea con la vista
Fari anteriori dei veicoli	Per visioni dentro il fascio non prolungate
....	

Esempi di Sorgenti che richiedono valutazione

Non Coerenti			Coerenti
UV	Visibile	IR	LASER
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lampade germicide ✓ Lampade per irraggiamento ✓ Transilluminatori ✓ Visori per cromatografia ✓ Archi di saldatura 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lampade per illuminazione ✓ Archi di saldatura ✓ Lampade per irraggiamento ✓ Dispositivi di segnalazione ✓ Lampade scialitiche 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Riscaldatori radianti ✓ Archi di saldatura ✓ Alcuni tipi di lampade 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Applicazione nei laboratori di ricerca ✓ Lavorazione di materiali ✓ Telecomunicazioni, informatica

Sorveglianza Sanitaria

La sorveglianza sanitaria va effettuata annualmente o con periodicità inferiore (Medico Competente) con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio.

OBIETTIVO: 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, sono tempestivamente sottoposti a controllo medico i lavoratori per i quali è stata rilevata un'esposizione superiore ai valori limite.

Per quanto riguarda i **soggetti particolarmente sensibili al rischio** (art. 183), anche se esposti a valori inferiori ai limiti di legge, saranno individuate dal medico competente le misure protettive specifiche da mettere in atto.

Sono da considerarsi **soggetti particolarmente sensibili**:

- donne in gravidanza
- minorenni
- soggetti epilettici (per esposizioni a luce visibile di tipo intermittente)
- soggetti albinici e individui di fototipo 1 (per esposizione a UV)
- portatori di malattie del collagene (per esposizioni a UV)
- soggetti in trattamento cronico o ciclico con farmaci fotosensibilizzanti (antibiotici, FANS,...)
- soggetti affetti da lesioni cutanee maligne o pre-maligne (per esposizioni a UV)
- soggetti affetti da patologie cutanee fotoindotte o fotoaggravate (per esposizioni a UV e IR)
- soggetti affetti da xeroderma pigmentosus (per esposizioni a UV)
- soggetti affetti da alterazioni dell'iride e della pupilla
- soggetti con visione monoculare anatomica o funzionale
- soggetti portatori di drusen (per esposizioni a luce blu)

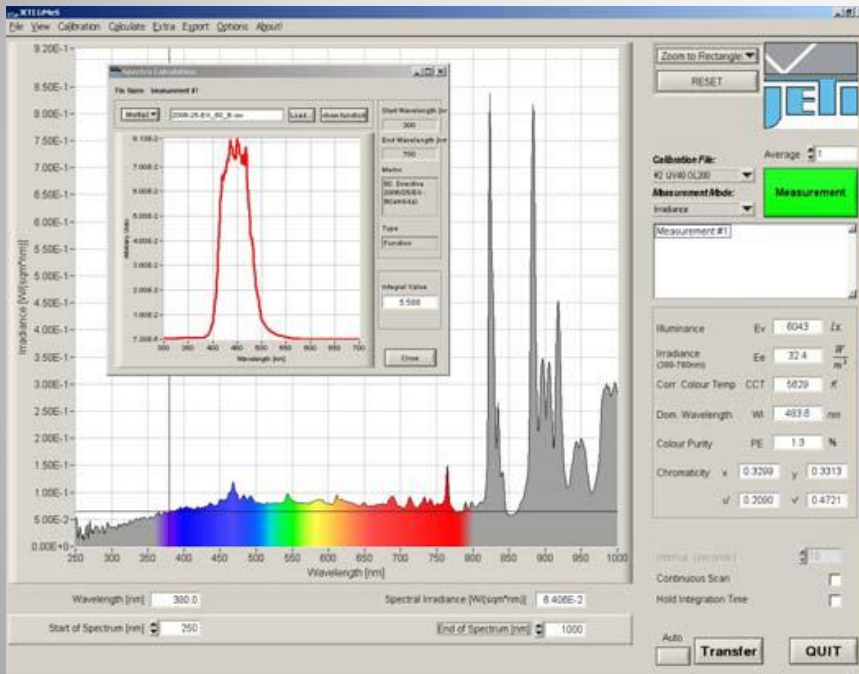
Sono sensibili al danno retinico di natura fotochimica i lavoratori portatori di "cristallino artificiale", in particolare se esposti a radiazioni "luce blu" (radiazione VISIBILE blu, UVA, parte degli UVB)

Soggetti particolarmente sensibili

Misure di controllo del rischio

- Valutare l'idoneità degli ambienti di utilizzo (riflessioni, finestre, porte, vetrate di osservazione, etc,)
- Posizionare adeguatamente la segnaletica di avvertimento fissa e luminosa per delimitare le zone in cui è possibile un superamento dei limiti di esposizione
- Effettuare un controllo periodico sul buon funzionamento delle sorgenti, dei dispositivi di protezione e di sicurezza
- Caratterizzare adeguatamente gli occhiali o le maschere facciali di protezione, ove necessari
- Definire adeguate istruzioni operative di utilizzo delle sorgenti ROA nonché per il corretto impiego dei D.P.I.
- Informare e formare adeguatamente gli addetti e i lavoratori coinvolti nella esposizione a ROA (anche tirocinanti, apprendisti, studenti)
- Registrare l'esito dei controlli e l'avvenuta formazione

ESEMPI APPLICATIVI



Esempi applicativi

Lampade germicida in ambiente

Range di emissione: UVC 253 nm

Organi bersaglio: cornea, cute, congiuntiva, cristallino

Impiego: sterilizzazione ambienti

Procedura di lavoro: lampada UV attivata solo di notte in locali chiusi



Misura diretta a circa 1.5 m dalla sorgente (lampada a soffitto)

E_{eff}	$6.1 \cdot 10^{-2} \text{ Wm}^{-2}$	maggiore del VLE
E_{UVA}	$1.6 \cdot 10^{-2} \text{ Wm}^{-2}$	inferiore al VLE
E_{B}	$8.2 \cdot 10^{-2} \text{ Wm}^{-2}$	irrilevante

Tempo di esposizione massimo:
8 minuti

Esempi applicativi

- VLE: si considera in particolare l'esposizione radiante $H_{\text{eff}} = 30 \text{ Jm}^{-2}$ riferito ad 8 h lavorative.
- L'emissione nella regione UV è generalmente superiore al VLE.
- *Dispositivi di sicurezza*: interruttori a chiave, segnalazione luminosa o cartellonistica sulla porta d'accesso per indicare l'attivazione della lampada - sistema di interblocchi - divieto d'accesso al personale
- *Segnaletica*:



Esempi applicativi

Cappe con lampade UV

Range di emissione: UVC 253 nm

Organi bersaglio: cornea e cute

Impiego: sterilizzazione ambienti confinati

Procedura di lavoro: lampada UV attivata a cappa chiusa e senza personale che stazioni nelle vicinanze



Misura diretta a cappa aperta a circa 20 cm dalla sorgente

E_{eff}	0.5 Wm^{-2}	maggiore del VLE
E_{UVA}	0.1 Wm^{-2}	inferiore al VLE
E_{B}	0.4 Wm^{-2}	irrilevante

Tempo di esposizione massimo:
circa 1 minuto

Esempi applicativi

- VLE: si considera in particolare l'esposizione radiante $H_{\text{eff}} = 30 \text{ Jm}^{-2}$ riferito ad 8 h lavorative.
- L'emissione nella regione UV è generalmente superiore al VLE.
- *Dispositivi di sicurezza*: vetro schermante e interblocchi, segnaletica specifica.
- *Segnaletica*:



Esempi applicativi

Transilluminatori

Range di emissione: UVB 312 nm

Impiego: visualizzazione di marcatori fluorescenti in gel di DNA e proteine

Procedura di lavoro: l'operatore visualizza i gel per evidenziare le bande di emissione specifiche.

Possibili operazioni di manipolazione diretta.



Misura diretta a circa 20 cm dalla sorgente (senza schermo)

E_{eff}	0.7 Wm ⁻²	maggiore del VLE
E_{UVA}	3.2 Wm ⁻²	maggiore del VLE
E_{B}	0.1 Wm ⁻²	irrilevante

Tempo di esposizione massimo:
circa 40 secondi

Esempi applicativi

- VLE: si considerano in particolare le esposizioni radianti $H_{\text{eff}} = 30 \text{ Jm}^{-2}$ e $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ Jm}^{-2}$ riferiti ad 8 h lavorative.
- L'emissione nella regione UV è generalmente superiore ai VLE.
- *Dispositivi di sicurezza*: adozione schermo protettivo - DPI (occhiali, camice e guanti) - segnalazione specifica - procedure specifiche di corretto utilizzo dello strumento.
- *Segnaletica*:



Esempi applicativi

Saldatura ad arco

Emissione: UV – Vis – IR continua con un corpo illuminante

Impiego: officina

Procedura di lavoro: saldatura ad arco elettrico in postazione isolata e con uso di DPI



Misura diretta a circa 1 m dalla sorgente (senza protezioni)

E_{eff}	2.0 Wm^{-2}	maggiore del VLE
E_{UVA}	1.8 Wm^{-2}	maggiore del VLE
E_{B}	1.3 Wm^{-2}	maggiore del VLE

Tempo di esposizione massimo:
15 secondi

Esempi applicativi

- Per le saldatrici ad arco, con qualsiasi corrente di saldatura e su qualsiasi supporto, i tempi per cui si raggiunge una sovraesposizione per il **lavoratore addetto**, risultano dell'ordine delle decine di secondi, ad un metro dall'arco. Anche le **persone vicine** e **di passaggio** potrebbero essere sovraesposte, in assenza di adeguate precauzioni tecnico organizzative.
- *Dispositivi di sicurezza*: adozione di schermi ciechi a ridosso delle sorgenti (ad es. gli schermi che circondano le postazioni di saldatura); maschere ripari facciali; utilizzo di guanti a manichetta lunga e protezioni frontali resistenti al calore (tipo grembiuli).

- *Segnaletica*:



Esempi applicativi

Misure di prevenzione protezione

□ Formazione

Il personale deve essere formato sulle norme interne di protezione e sicurezza, sui dispositivi di protezione e sulla necessità di limitare la permanenza nelle aree a rischio.

Il personale deve essere formato in particolare sui seguenti elementi:

- controindicazioni personali all'esposizione;
- comportamenti da adottare nello svolgimento delle normali mansioni e nei casi d'incidente o emergenza.

Misure di prevenzione protezione

□ Uso dei DPI

Il personale a rischio di esposizione deve essere dotato di specifici dispositivi di protezione personali.

In generale per gli occhiali

Per gli occhi devono essere impiegati, se previsti, degli occhiali con caratteristiche idonee a filtrare le lunghezze d'onda delle radiazioni ottiche emesse dalla sorgente.

Devono essere conformi alla norme

UNI EN 169 ➡ *filtri saldatura e tecniche connesse*

UNI EN 170 ➡ *filtri ultravioletti*

UNI EN 171 ➡ *filtri infrarossi*

UNI EN 172 ➡ *filtri solari per uso industriale*

a seconda delle lunghezze d'onda e attività lavorative.

Inoltre devono essere marcati sia sulla montatura che sulle lenti.

Le principali misure di prevenzione e protezione, oltre ai DPI, alla formazione ed informazione del personale e ai controlli sanitari, sono:

- ❑ confinamento delle sorgenti, attraverso la delimitazione delle aree e la predisposizione di segnalazioni e di idonee barriere che impediscano l'accesso accidentale;
- ❑ riduzione del tempo di esposizione: la dose assorbita è proporzionale al tempo;
- ❑ aumento della distanza sorgente-operatore: i livelli di esposizione sono inversamente proporzionali al quadrato della distanza tra operatore e sorgente.

L'esposizione alle radiazioni ottiche riguarda quindi molti lavoratori con tipologie di attività diversificate in relazione a

natura dell'agente

modalità di esposizione

tempi di esposizione

distanze sorgente operatore

livelli di esposizione

sensibilità individuale



Una corretta valutazione del rischio deve tener presente tutti questi aspetti