



Dipartimento Igiene del Lavoro

# Valutazione del rischio da agenti fisici alla luce del D.Lgs. 81/2008

## Illuminazione

Corso "Il D.Lgs. 81/08 e la vigilanza negli ambienti di lavoro"  
Napoli, 12-16 aprile 2010

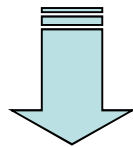
*Pietro Nataletti, Massimo Borra*

*Napoli, 12-16 aprile 2010*

# *illuminazione e radiazioni ottiche: inquadramento normativo all'interno del D.Lgs. 81/08*

## **illuminazione naturale e artificiale**

**illuminazione naturale e artificiale adeguata per salvaguardare la sicurezza, la salute e il benessere di lavoratori**



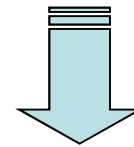
**Titolo I “Principi comuni”**

**Titolo II “Luoghi di lavoro”**

► *Allegato IV*

## **Radiazioni ottiche artificiali**

**Tutela la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare dagli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute**



**Titolo VIII “Agenti Fisici”**

**Capo I – Disposizioni generali**

**Capo V – Protezione dei lavoratori da rischi di esposizione a radiazioni ottiche artificiali**

► *Allegato XXXVII*

Attualmente non ci sono linee guida valide ai sensi del Testo Unico. Tutte le precedenti linee guida devono essere aggiornate al D.Lgs. 81/2008 e s.m. e poi approvate dalla Conferenza Stato-Regioni.

Lo stesso vale per le buone prassi: tutte le precedenti buone prassi e/o buone pratiche devono essere aggiornate al D.Lgs. 81/2008 e s.m. e poi approvate dalla Commissione consultiva permanente.

Ci sono invece numerose norme tecniche UNI, EN, IEC, CIE,...., che coprono sia l'illuminazione che le radiazioni ottiche.



COORDINAMENTO  
TECNICO  
INTERREGIONALE  
DELLA PREVENZIONE  
NEI LUOGHI DI LAVORO


**Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro**  
**Requisiti e standard Indicazioni operative e progettuali**  
**Linee Guida**  
in collaborazione con



**I.S.P.E.S.L.**  
**Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del Lavoro**


*Sono arrivate anche le FAQ sul Capo V del Titolo VIII*




**COORDINAMENTO  
TECNICO  
INTERREGIONALE  
DELLA PREVENZIONE  
NEI LUOGHI DI LAVORO**  
Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro  
delle Regioni e delle Province autonome

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

in collaborazione con:

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

 **Istituto Superiore di Sanità**

**Documento n° 1-2009**

<i>Revisione 01: approvata il 12/11/2009 – con aggiornamento relativo al DLgs.106/2009</i>
<i>Revisione 02: approvata il 11/03/2010 – con aggiornamento relativo al Capo V (ROA)</i>

Dipartimento Igiene del Lavoro

[http://www.ispesl.it/linee\\_guida/Fattore\\_di\\_rischio/LGAFisici08-07-10.pdf](http://www.ispesl.it/linee_guida/Fattore_di_rischio/LGAFisici08-07-10.pdf)

## Sezione II – Valutazione dei rischi

### *Oggetto della valutazione dei rischi - (Art. 28)*



1. La valutazione di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), anche nella scelta delle attrezzature di lavoro e delle sostanze o dei preparati chimici impiegati, nonché nella sistemazione dei luoghi di lavoro, deve riguardare **tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori**, ivi compresi quelli riguardanti gruppi di lavoratori esposti a rischi particolari, tra cui anche quelli collegati allo stress lavoro-correlato, ..., e quelli riguardanti le lavoratrici in stato di gravidanza, ..., nonché quelli connessi alle differenze di genere, all'età, alla provenienza da altri paesi e quelli connessi alla specifica tipologia contrattuale attraverso cui viene resa la prestazione di lavoro.

**Valutazione dell'illuminazione e di tutte le radiazioni ottiche, naturali e artificiali, presenti sul luogo di lavoro**

Le principali grandezze fotometriche sono:

- il **flusso luminoso ( $\Phi$ )** : esprime l'energia luminosa emessa da una sorgente puntiforme e ponderata in base alla curva di visibilità relativa; l'unità di misura è il **lumen (lm)**;
- l'**intensità luminosa (I)** : esprime il flusso luminoso emesso da una sorgente puntiforme in una determinata direzione entro un angolo solido unitario, l'unità di misura è la **candela (cd)**;
- la **luminanza (L)** : esprime l'intensità luminosa prodotta o riflessa da una superficie estesa in rapporto all'area di tale superficie così come è vista dall'osservatore (area apparente); l'unità di misura è la **candela per metro quadrato ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )**;
- l'**illuminamento (E)** : esprime il flusso luminoso incidente su una superficie in rapporto all'area di tale superficie; l'unità di misura è il lumen per metro quadrato ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ) e viene detta **lux (lx)**.

**Riferimento: UNI EN 12665:2004**

I principali parametri illuminotecnici sono:

- **Illuminamento medio mantenuto ( $\overline{E}_m$ )** : valore al di sotto del quale l'illuminamento medio, su una determinata superficie di riferimento, non può mai scendere, tenuto conto del fattore di manutenzione; l'unità di misura è il **lux (lx)**;
- **Fattore medio di luce diurna ( $FLD_m$ )** : esprime il rapporto percentuale tra l'illuminamento medio dell'ambiente e l'illuminamento che si ha nelle stesse condizioni di tempo e di spazio su una superficie esterna che riceve luce dall'intera volta celeste;
- **Indice unificato di abbagliamento (UGR)** : esprime l'abbagliamento molesto percepito prodotto dagli apparecchi di illuminazione artificiale; va da un minimo di 10 (appena percepibile) a più di 28 (intollerabile);
- **Indice di resa del colore ( $R_a$ )** : esprime l'effetto di una sorgente luminosa sull'aspetto cromatico di un oggetto, confrontato con quello ottenuto da una sorgente campione; va da 0 a 100;
- **Colore apparente della luce** : esprime il colore apparente della luce emessa da una sorgente luminosa, confrontandola con la sorgente campione di corpo nero; l'unità di misura è il grado Kelvin (**K**).

**Riferimento: UNI EN 12665:2004**



## Titolo II – LUOGHI DI LAVORO

### Articoli 62-67



### Articolo 63

#### *Requisiti di salute e sicurezza*

1. I luoghi di lavoro devono essere conformi ai requisiti indicati nell' **Allegato IV**.

# Articolo 64

## *Obblighi del datore di lavoro*



1. Il datore di lavoro provvede affinché:
  - a) i luoghi di lavoro siano conformi ai requisiti di cui all'articolo 63, commi 1, 2 e 3;
  - b) le vie di circolazione interne o all'aperto che conducono a uscite o ad uscite di emergenza e le uscite di emergenza siano sgombre allo scopo di consentirne l'utilizzazione in ogni evenienza;
  - c) i luoghi di lavoro, gli impianti e i dispositivi vengano sottoposti a regolare manutenzione tecnica e vengano eliminati, quanto più rapidamente possibile, i difetti rilevati che possano pregiudicare la sicurezza e la salute dei lavoratori;
  - d) i luoghi di lavoro, gli impianti e i dispositivi vengano sottoposti a regolare pulizia, onde assicurare condizioni igieniche adeguate;
  - e) gli impianti e i dispositivi di sicurezza, destinati alla prevenzione o all'eliminazione dei pericoli, vengano sottoposti a regolare manutenzione e al controllo del loro funzionamento.

# ALLEGATO IV

## REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

### *I. Ambienti di lavoro*

#### **1.10 Illuminazione naturale ed artificiale dei luoghi di lavoro**

1.10.1. A meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità delle lavorazioni e salvo che non si tratti di locali sotterranei, i luoghi di lavoro devono disporre di sufficiente luce naturale. In ogni caso, tutti i predetti locali e luoghi di lavoro devono essere dotati di dispositivi che consentano un'illuminazione artificiale adeguata per salvaguardare la sicurezza, la salute e il benessere di lavoratori.

1.10.2. Gli impianti di illuminazione dei locali di lavoro e delle vie di circolazione devono essere installati in modo che il tipo d'illuminazione previsto non rappresenti un rischio di infortunio per i lavoratori.

1.10.3. I luoghi di lavoro nei quali i lavoratori sono particolarmente esposti a rischi in caso di guasto dell'illuminazione artificiale, devono disporre di un'illuminazione di sicurezza di sufficiente intensità.

1.10.4. Le superfici vetrate illuminanti ed i mezzi di illuminazione artificiale devono essere tenuti costantemente in buone condizioni di pulizia e di efficienza.

1.10.5. Gli ambienti, i posti di lavoro ed i passaggi devono essere illuminati con luce naturale o artificiale in modo da assicurare una sufficiente visibilità.

1.10.6. Nei casi in cui, per le esigenze tecniche di particolari lavorazioni o procedimenti, non sia possibile illuminare adeguatamente gli ambienti, i luoghi ed i posti indicati al punto 1.10.5, si devono adottare adeguate misure dirette ad eliminare i rischi derivanti dalla mancanza e dalla insufficienza della illuminazione.

# Illuminazione naturale e artificiale dei luoghi di lavoro



Per la realizzazione di una corretta illuminazione è essenziale che i livelli di dell'illuminamento soddisfino esigenze qualitative e quantitative tali da soddisfare le seguenti tre esigenze fondamentali:

- il comfort visivo: la sensazione di benessere percepita dai lavoratori contribuisce indirettamente anche a ottenere alti i livelli di produttività;
- la prestazione visiva: i lavoratori sono in grado di svolgere i loro compiti visivi anche in circostanze difficili e protratti nel tempo;
- la sicurezza.

I principali parametri che caratterizzano l'ambiente luminoso sono:

- ✓ distribuzione delle luminanze;
- ✓ illuminamento;
- ✓ abbagliamento;
- ✓ direzione della luce;
- ✓ resa dei colori e colore apparente della luce;
- ✓ sfarfallamento;
- ✓ luce diurna.

**Riferimento: UNI EN 12464-1:2004 e Linee guida Regioni-Ispesl**

# illuminazione naturale e artificiale dei luoghi di lavoro



ISPEL BIBLIOTECA. Documento contenuto nel DVD Raccolta Completa UNI 2007.  
E' vietato l'uso in rete del singolo documento e la sua riproduzione. E' autorizzata la stampa per uso interno.

<b>NORMA ITALIANA</b>	<b>Luce e illuminazione Illuminazione dei posti di lavoro Parte 1: Posti di lavoro in interni</b>	<b>UNI EN 12464-1</b>
		OTTOBRE 2004
	Light and lighting Lighting of work places Part 1: Indoor work places	
<b>CLASSIFICAZIONE ICS</b>	91.160.10	
<b>SOMMARIO</b>	La norma specifica i requisiti illuminotecnici per i posti di lavoro in interni, che corrispondono alle esigenze di comfort visivo e di prestazione visiva. Sono considerati tutti i compiti visivi abituali, inclusi quelli che comportano l'utilizzo di attrezzature munite di videoterminali.	
<b>RELAZIONI NAZIONALI</b>	La presente norma sostituisce la UNI 10380:1994.	
<b>RELAZIONI INTERNAZIONALI</b>	= EN 12464-1:2002 La presente norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 12464-1 (edizione novembre 2002).	
<b>ORGANO COMPETENTE</b>	Commissione "Luce e illuminazione"	
<b>RATIFICA</b>	Presidente dell'UNI, delibera del 2 settembre 2004	

**NORMA EUROPEA**

# illuminazione naturale e artificiale dei luoghi di lavoro



2.6 Industria elettrica					
N° riferimento	Tipo di interno, compito o attività	$\bar{E}_m$ lx	UGR <sub>L</sub> -	R <sub>a</sub> -	Note
2.6.1	Fabbricazione di cavi e fili	300	25	80	Per grandi altezze vedere punto 4.6.2.
2.6.2	Avvolgimento:				
	- bobine di grandi dimensioni;	300	25	80	Per grandi altezze vedere punto 4.6.2.
	- bobine di medie dimensioni;	500	22	80	Per grandi altezze vedere punto 4.6.2.
	- bobine di piccole dimensioni.	750	19	80	Per grandi altezze vedere punto 4.6.2.
2.6.3	Impregnazione delle bobine	300	25	80	Per grandi altezze vedere punto 4.6.2.
2.6.4	Galvanizzazione	300	25	80	Per grandi altezze vedere punto 4.6.2.
2.6.5	Lavoro di assemblaggio:				
	- grossolano (per esempio grandi trasformatori);	300	25	80	Per grandi altezze vedere punto 4.6.2.
	- medio (per esempio quadri elettrici);	500	22	80	Per grandi altezze vedere punto 4.6.2.
	- fine (per esempio telefoni);	750	19	80	
	- di precisione (per esempio attrezzatura di misurazione).	1 000	16	80	
2.6.6	Laboratorio elettronico, prove, messa a punto	1 500	16	80	

$\bar{E}_m$

UGR

R<sub>a</sub>

= illuminamento medio mantenuto (min 20 max 5.000)

= abbagliamento molesto (Unified Glare Rating, min 16 max 28)

= indice di resa del colore (min 20 max 90)

# ALLEGATO IV

## REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

### *I. Ambienti di lavoro*

#### **1.10.7. Illuminazione sussidiaria**

1.10.7.1. Negli stabilimenti e negli altri luoghi di lavoro devono esistere mezzi di illuminazione sussidiaria da impiegare in caso di necessità.

1.10.7.2. Detti mezzi devono essere tenuti in posti noti al personale, conservati in costante efficienza ed essere adeguati alle condizioni ed alle necessità del loro impiego.

1.10.7.3. Quando siano presenti più di 100 lavoratori e la loro uscita all'aperto in condizioni di oscurità non sia sicura ed agevole; quando l'abbandono imprevedibile ed immediato del governo delle macchine o degli apparecchi sia di pregiudizio per la sicurezza delle persone o degli impianti; quando si lavorino o siano depositate materie esplodenti o infiammabili, l'illuminazione sussidiaria deve essere fornita con mezzi di sicurezza atti ad entrare immediatamente in funzione in caso di necessità e a garantire una illuminazione sufficiente per intensità, durata, per numero e distribuzione delle sorgenti luminose, nei luoghi nei quali la mancanza di illuminazione costituirebbe pericolo....

1.10.7.4. L'abbandono dei posti di lavoro e l'uscita all'aperto del personale deve, qualora sia necessario ai fini della sicurezza, essere disposto prima dell'esaurimento delle fonti della illuminazione sussidiaria.

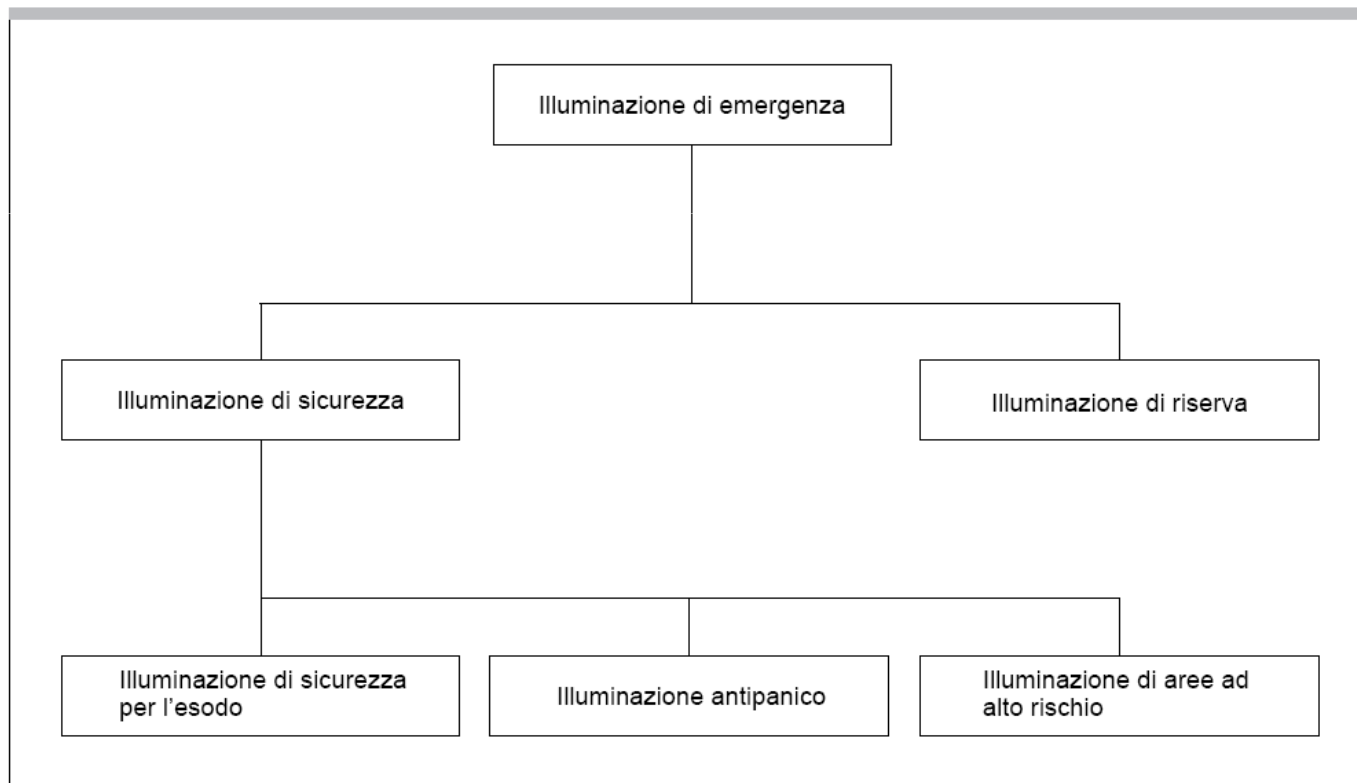
1.10.8. Ove sia prestabilita la continuazione del lavoro anche in caso di mancanza dell'illuminazione artificiale normale, quella sussidiaria deve essere fornita da un impianto fisso atto a consentire la prosecuzione del lavoro in condizioni di sufficiente visibilità.

# illuminazione sussidiaria o di emergenza



L'illuminazione di emergenza è prevista per essere utilizzata in caso di mancanza di alimentazione dell'illuminazione normale ed è quindi alimentata da una sorgente di energia indipendente.

figura 1 Forme specifiche di illuminazione di emergenza



**Riferimento: UNI EN 1838:2000 e Linee guida Regioni-Ispesl**



# Illuminazione sussidiaria o di emergenza



ISPEL BIBLIOTECA. Documento contenuto nel DVD Raccolta Completa UNI 2007.  
E' vietato l'uso in rete del singolo documento e la sua riproduzione. E' autorizzata la stampa per uso interno.

<b>NORMA ITALIANA</b>	<b>Applicazione dell'illuminotecnica Illuminazione di emergenza</b>	<b>UNI EN 1838</b>
		MARZO 2000
	Lighting applications Emergency lighting	
<b>DESCRITTORI</b>	Illuminotecnica, illuminazione, emergenza, requisito, ambiente pubblico, ambiente di lavoro	
<b>CLASSIFICAZIONE ICS</b>	91.160.10	
<b>SOMMARIO</b>	La norma definisce i requisiti illuminotecnici dei sistemi di illuminazione di emergenza, installati in edifici o locali in cui tali sistemi sono richiesti. Essa si applica principalmente ai luoghi destinati al pubblico o ai lavoratori.	
<b>RELAZIONI NAZIONALI</b>		
<b>RELAZIONI INTERNAZIONALI</b>	= EN 1838:1999 La presente norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 1838 (edizione aprile 1999).	
<b>ORGANO COMPETENTE</b>	Commissione "Luce e illuminazione"	
<b>RATIFICA</b>	Presidente dell'UNI, delibera del 21 febbraio 2000	
<b>RICONFERMA</b>		

**NORMA EUROPEA**

## UNI EN 1838:2000



**Illuminazione di emergenza:** illuminazione destinata a funzionare quando l'alimentazione dell'illuminazione normale viene a mancare

**Illuminazione di sicurezza:** parte dell'illuminazione di emergenza destinata a provvedere all'illuminazione per la sicurezza delle persone durante l'evacuazione di una zona

**Illuminazione di sicurezza per l'esodo:** parte dell'illuminazione di sicurezza destinata ad assicurare che i mezzi di fuga possano essere chiaramente identificati e utilizzati in sicurezza quando la zona è occupata

**Illuminazione antipanico di aree estese:** parte dell'illuminazione di sicurezza destinata a evitare il panico e a fornire l'illuminazione necessaria affinché le persone possano raggiungere una via di esodo

**Illuminazione di aree ad alto rischio:** parte dell'illuminazione di sicurezza destinata a garantire la sicurezza delle persone e consentire procedure di arresto in sicurezza di processi lavorativi o situazioni pericolose

**Illuminazione di riserva:** parte dell'illuminazione di emergenza che consenta di continuare la normale attività senza sostanziali cambiamenti

## UNI EN 838:2000 – Vie d'esodo



**Livello di illuminamento minimo al suolo di 1 lux sulla linea centrale**

**Rapporto tra l'illuminamento max e min sulla linea centrale < 40:1**

**Controllo dell'abbagliamento degli apparecchi di illuminazione**

**Indice di resa cromatica  $R_a$  minimo di 40**

**Durata minima dell'illuminazione di sicurezza 1 h**

**50% dell'illuminamento richiesto entro 5 s e 100% entro 60 s**

### **Decreto Ministeriale 18 Dicembre 1975**

*Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica.*

*(aggiornato secondo D.M.13-9-1977; abrogato ma valido come norma di buona tecnica).*

**5. Norme relative alle condizioni di abitabilità.**

**5.2. Condizioni dell'illuminazione e del colore.**

**5.2.1. Introduzione**

L'illuminazione naturale e artificiale degli spazi e dei locali della scuola deve essere tale da assicurare agli alunni il massimo del comfort visivo; pertanto deve avere i seguenti requisiti:

- i) livello d'illuminazione adeguato;
- ii) equilibrio delle luminanze;
- iii) protezione dai fenomeni di abbagliamento;
- iv) prevalenza della componente diretta su quella diffusa soprattutto nel caso di illuminazione artificiale.



### Decreto Ministeriale 18 Dicembre 1975

#### 5.2.2. Livello di illuminamento ed equilibrio di luminanze



I valori minimi dei livelli di illuminamento naturale ed artificiale sono esposti nella seguente tabella:

Illuminamento sul piano di lavoro	lux.
Sul piano dei tavoli negli spazi per il disegno, il cucito, il ricamo, ecc.	300
Sulle lavagne e sui cartelloni	300
Sul piano di lavoro negli spazi per lezione, studio, lettura, laboratori, negli uffici	200
Negli spazi per riunioni, per ginnastica, ecc. misurati su un piano ideale posto a 0,60 m dal pavimento	100
Nei corridoi, scale, servizi igienici,atri, spogliatoi, ecc. misurati su un piano ideale posto a 1,00 m dal pavimento	100

### Decreto Ministeriale 18 Dicembre 1975

#### 5.2.5. Fattore medio di luce diurna

Allo scopo di assicurare l'economica realizzazione dei livelli di illuminamento prescritti al precedente punto 5.2.2. e contemporaneamente le esigenze derivanti dalla protezione dall'irraggiamento solare è opportuno che il fattore medio di luce, definito come il rapporto tra l'illuminamento medio dell'ambiente chiuso e l'illuminamento che si avrebbe, nelle identiche condizioni di tempo e di luogo, su una superficie orizzontale esposta all'aperto in modo da ricevere luce dall'intera volta celeste senza irraggiamento diretto del sole, risulti uguale ai seguenti valori:

#### Fattore medio di luce diurna

Ambienti ad uso didattico (aule per lezione, studio, lettura, laboratori, disegno, ecc.)

Palestre, refettori

Uffici, spazi per la distribuzione, scale, servizi igienici

**FLD<sub>m</sub>**

0,03

0,02

0,01



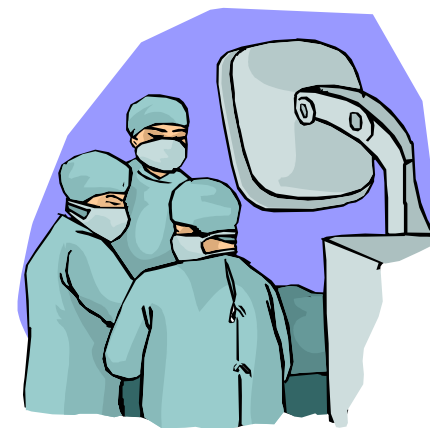
### **Decreto del Presidente della Repubblica 14 Gennaio 1997 n. 37.**

*Atto d'indirizzo e coordinamento alle regioni e alle province autonome di Trento e di Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private.*

In tutte le strutture sanitarie devono essere osservati i seguenti requisiti:

Requisiti minimi impiantistici:

- in tutti i locali devono essere di regola assicurate l'illuminazione e la ventilazione naturali
- in tutti i reparti deve essere presente un impianto di illuminazione di emergenza



# *Principale normativa tecnica di riferimento / illuminazione*



- ✚ **UNI EN 12665:2004.** Luce e illuminazione - Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici
- ✚ **UNI EN 12464-1:2004.** Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni
- ✚ **UNI EN 12464-2:2008.** Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno
- ✚ **UNI 10840:2007.** Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale
- ✚ **UNI EN 1838:2000.** Applicazione dell'illuminotecnica - Illuminazione di emergenza



# *Principale normativa tecnica di riferimento / radiazioni ottiche*



- ✚ **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
- ✚ **UNI EN 14255-3:2008.** Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti - Parte 3: Radiazioni UV emesse dal sole
- ✚ **UNI EN 14255-4:2007.** Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti - Parte 4: Terminologia e grandezze utilizzate per le misurazioni delle esposizioni a radiazioni UV, visibili e IR
- ✚ **UNI EN 12198-1:2009** Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 1: Principi generali
- ✚ **CEI EN 60825-1:2003** - Fascicolo 6822. Sicurezza degli apparecchi laser Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore
- ✚ **CEI EN 60825-1:2009** - Fascicolo 9891. Sicurezza degli apparecchi laser Parte 1: Classificazione delle apparecchiature e requisiti

# Titolo VIII – AGENTI FISICI

## Capo I – Disposizioni generali



Disposizioni generali per tutti gli agenti fisici di rischio, come definiti nell'art. 180, pienamente in vigore dal 1° gennaio 2009.

## Titolo VIII – AGENTI FISICI

### Capo I – Disposizioni generali

#### Articolo 180

#### *Definizioni e campo di applicazione*

1. Ai fini del presente decreto legislativo per agenti fisici si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche, di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.
2. Fermo restando quanto previsto dal presente capo, per le attività comportanti esposizione a rumore si applica il capo II, per le vibrazioni il capo III, per i campi elettromagnetici il capo IV, per le radiazioni ottiche artificiali il capo V.
3. La protezione dei lavoratori dalle radiazioni ionizzanti è disciplinata unicamente dal D.Lgs. 230/95 e s.m.

**Introduzione di tutti gli agenti fisici nella normativa**

# Articolo 181

## *Valutazione dei rischi*



1. Nell'ambito della valutazione di cui all'art. 28, 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 nell'ambito del SPP in possesso di specifiche conoscenze in materia....
3. Il datore di lavoro nella valutazione dei rischi precisa quali misure di prevenzione e protezione devono essere adottate. La VDR è riportata sul documento di cui all'art. 28, essa può includere la giustificazione dei rischi.

**Periodicità minima quadriennale per tutti gli agenti fisici**

## Personale qualificato: chi è?



Scegliere il “personale qualificato” sulla base del curriculum (richiedendo un curriculum specifico nel settore ed in particolare la partecipazione ad almeno un corso teorico-pratico sulla materia), del rispetto delle norme di buona tecnica e di buona prassi (apparecchiature adeguate, modalità tecniche appropriate) e del prodotto finale del proprio lavoro (una relazione tecnica con tutti gli elementi richiesti dal Capo V, Titolo VIII, DLgs.81/2008).

**Indicazioni sui requisiti di questa figura professionale che potrebbero orientare la scelta del datore di lavoro sono contenute nel documento *“La figura professionale dell’esperto nella valutazione dei rischi da campi elettromagnetici (0 Hz–300 GHz) e da radiazione ottica coerente e incoerente”* redatto a cura della CIIP (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione) e disponibile sul sito web della Consulta medesima (<http://www.ospedalesicuro.eu/>)**

## Quando si può “giustificare” il rischio?



Si può “giustificare” il rischio, ovvero affermare che non è necessario approfondire la valutazione dei rischi da ROA ad esempio quando è presente illuminazione standard per uso ufficio, monitor di computer, apparecchiature che emettono radiazione ottica non coerente di *categoria 0* (UNI EN 12198-1:2009), lampade classificate nel gruppo “*Esente*” (CEI EN 62471:2009), laser classificati in classe 1 e 2 (CEI EN 60825-1), che nelle usuali condizioni di impiego non danno luogo a esposizioni tali da presentare rischi per la salute e sicurezza.

## Articolo 182

### *Disposizioni miranti a eliminare o ridurre i rischi*



1. Tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, **i rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo.** La riduzione dei rischi si basa sui principi generali di prevenzione contenuti nel presente decreto.
2. **In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione** definiti nei capi II, III, IV V. Allorché, nonostante i provvedimenti presi i valori limite di esposizione risultino superati, **il datore di lavoro adotta misure immediate per ridurre l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione,** individua le cause del superamento e adegua le misure di prevenzione e protezione.

**Agenti fisici eliminati alla fonte. Valori limite non superabili**

**Articolo 183**  
*Lavoratori particolarmente sensibili*

**Articolo 184**  
*Informazione e formazione dei lavoratori*

**Articolo 185**  
*Sorveglianza sanitaria*

**Articolo 186**  
*Cartella sanitaria e di rischio*



## Lavoratori particolarmente sensibili: chi sono?



In base a dati forniti dalla letteratura scientifica sono attualmente da considerarsi soggetti particolarmente sensibili quelli di seguito indicati (ove non diversamente specificato si intende tutto lo spettro ottico):

- donne in gravidanza;
- minorenni;
- albinici e individui di fototipo 1 per esposizione a radiazioni UV;
- i portatori di malattie del collagene per esposizioni a radiazioni UV;
- i soggetti in trattamento cronico o ciclico con farmaci fotosensibilizzanti;
- i soggetti affetti da alterazioni dell'iride e della pupilla;
- i soggetti portatori di drusen per esposizioni a luce blu;
- lavoratori che abbiano lesioni cutanee maligne o pre-maligne, per esposizioni a radiazioni UV;
- lavoratori affetti da patologie cutanee fotoindotte o foto aggravate, per esposizioni a radiazioni UV e IR;
- lavoratori affetti da xeroderma pigmentosus, per esposizioni a radiazioni UV;
- soggetti epilettici per esposizioni a luce visibile di tipo intermittente cioè tra i 15 e i 25 flash al secondo.

**Titolo VIII – AGENTI FISICI**  
**Capo V – Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione  
a radiazioni ottiche artificiali**  
*Artt. 213-218*

Ha recepito la Direttiva 2006/25/CE del Parlamento e del Consiglio sulle radiazioni ottiche artificiali.

Disposizioni specifiche per le radiazioni ottiche artificiali, in vigore dal 26 aprile 2009 e quindi esigibili e sanzionabili da parte degli organi di vigilanza da tale data.

# Articolo 213

## *Campo di applicazione*



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

**Effetti sulla salute e sulla sicurezza**

# Articolo 214

## Definizioni



1. Agli effetti delle disposizioni del presente capo si intendono per:

a) **radiazioni ottiche**: tutte le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezza d'onda compresa tra 100 nm e 1 mm. Lo spettro delle radiazioni ottiche si suddivide in radiazioni ultraviolette, radiazioni visibili e radiazioni infrarosse:

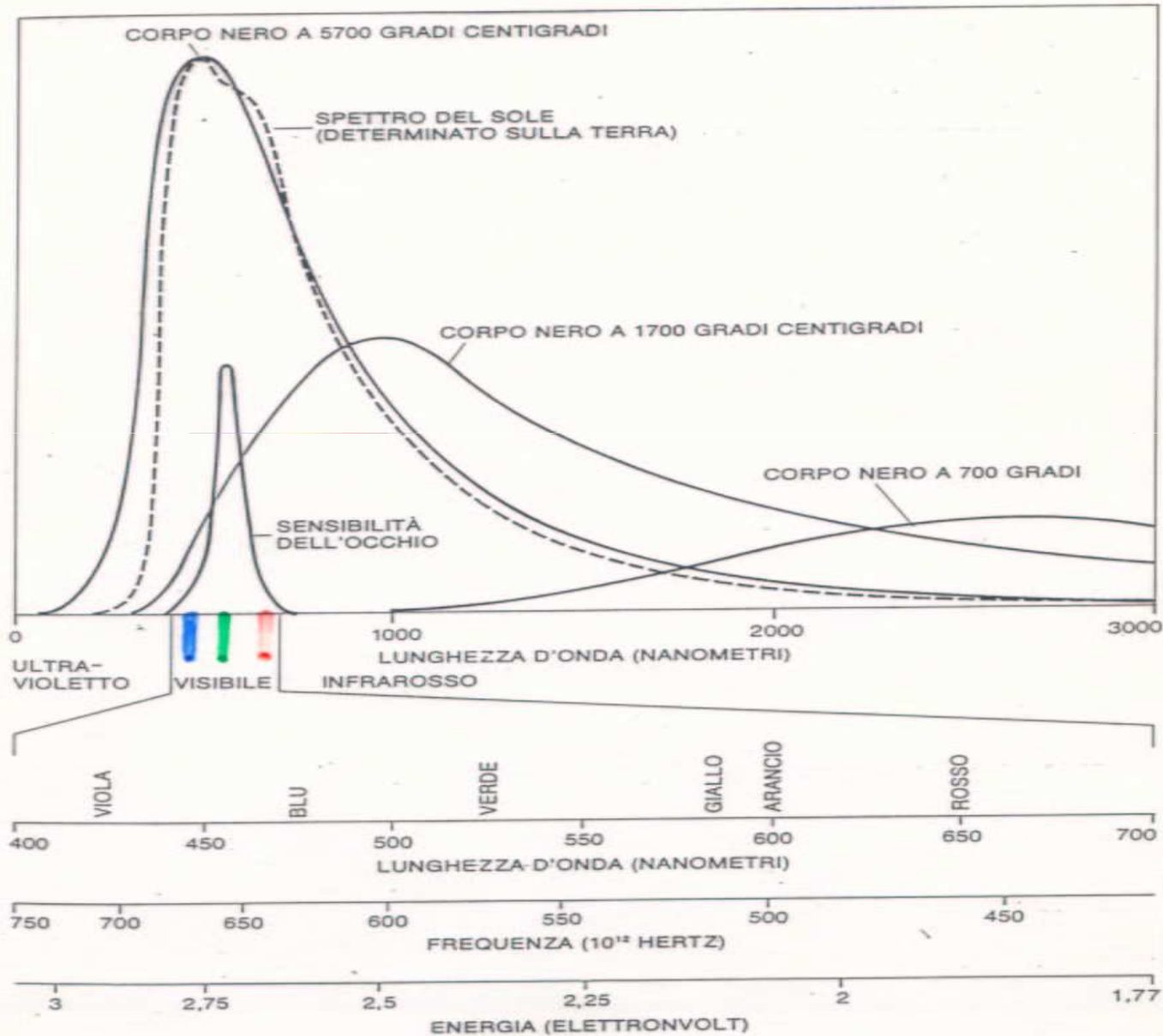
1) **radiazioni ultraviolette**: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 100 e 400 nm. La banda degli ultravioletti è suddivisa in UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) e UVC (100-280 nm);

2) **radiazioni visibili** : radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 380 e 780 nm;

3) **radiazioni infrarosse**: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 780 nm e 1 mm. La regione degli infrarossi è suddivisa in IRA (780-1400 nm), IRB (1400-3000 nm) e IRC (3000 nm-1 mm);

**Tutta la radiazione ottica, non solo quella visibile**

# Luce e visione



# Articolo 214

## Definizioni



- b) **laser** (amplificazione di luce mediante emissione stimolata di radiazione): qualsiasi dispositivo al quale si possa far produrre o amplificare le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezze d'onda delle radiazioni ottiche, soprattutto mediante il processo di emissione stimolata controllata;
- c) **radiazione laser**: radiazione ottica prodotta da un laser;
- d) **radiazione non coerente**: qualsiasi radiazione ottica diversa dalla radiazione laser;
- e) **valori limite di esposizione**: limiti di esposizione alle radiazioni ottiche che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. 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;
- f) **irradianza** (E) o densità di potenza: la potenza radiante incidente per unità di area su una superficie espressa in watt su metro quadrato ( $W m^{-2}$ );
- g) **esposizione radiante** (H): integrale nel tempo dell'irradianza espresso in joule su metro quadrato ( $J m^{-2}$ );
- h) **radianza** (L): il flusso radiante o la potenza per unità d'angolo solido per unità di superficie, espressa in watt su metro quadrato su steradiano ( $W m^{-2} sr^{-1}$ );
- i) **livello**: la combinazione di irradianza, esposizione radiante e radianza alle quali è esposto un lavoratore.

# Articolo 215

## *Valori limite di esposizione*



1. I valori limite di esposizione per le radiazioni incoerenti sono riportati nell'allegato XXXVII, parte I.
2. I valori limite di esposizione per le radiazioni laser sono riportati nell'allegato XXXVII, parte II.

**Solo valori limite, non valori di azione**

# Articolo 216

## *Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi*



1. Nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'articolo 181, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori. La metodologia seguita nella valutazione, nella misurazione e/o nel calcolo 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. Nelle situazioni di esposizione che esulano dalle suddette norme e raccomandazioni, fino a quando non saranno disponibili norme e raccomandazioni adeguate dell'Unione europea, il datore di lavoro adotta **le buone prassi** individuate od emanate dalla Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro o, in subordine, **linee guida** nazionali o internazionali scientificamente fondate. In tutti i casi di esposizione, la valutazione tiene conto dei dati indicati dai fabbricanti delle attrezzature, se contemplate da pertinenti direttive comunitarie di prodotto.

**Necessità di linee guida e buone prassi**



# Articolo 216

## *Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi*



2. Il datore di lavoro, in occasione della valutazione dei rischi, presta particolare attenzione ai seguenti elementi:

a) il livello, la gamma di lunghezze d'onda e la durata dell'esposizione a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche;

b) i valori limite di esposizione di cui all'articolo 215;

c) qualsiasi effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori appartenenti a gruppi **particolarmente sensibili** al rischio;

d) 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**;

e) qualsiasi effetto indiretto come l'accecamento temporaneo, le **esplosioni** o il **fuoco**;

...

g) la disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare i livelli di esposizione alle radiazioni ottiche;

....

m) le informazioni fornite dai fabbricanti delle sorgenti di radiazioni ottiche e delle relative attrezzature di lavoro in conformità delle pertinenti direttive comunitarie.

3. Il datore di lavoro nel documento di valutazione dei rischi deve precisare le misure adottate previste dagli articoli 217 e 218.

# Articolo 217

## *Disposizioni miranti a eliminare o ridurre i rischi*



1. Se la valutazione dei rischi di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), mette in evidenza che i valori limite d'esposizione possono essere superati, il datore di lavoro **definisce e attua un programma d'azione** che comprende misure tecniche e/o organizzative destinate ad evitare che l'esposizione superi i valori limite, tenendo conto in particolare:

- a) di altri metodi di lavoro che comportano una minore esposizione alle radiazioni ottiche;
- b) della scelta di attrezzature che emettano meno radiazioni ottiche, tenuto conto del lavoro da svolgere;
- c) delle misure tecniche per ridurre l'emissione delle radiazioni ottiche, incluso, quando necessario, l'uso di dispositivi di sicurezza, schermatura o analoghi meccanismi di protezione della salute;
- d) degli opportuni programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- e) della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- f) della limitazione della durata e del livello dell'esposizione;
- g) della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale;
- h) delle istruzioni del fabbricante delle attrezzature.

**Bonifiche oltre i valori limite**

# Articolo 217

## *Disposizioni miranti a eliminare o ridurre i rischi*



2. In base alla valutazione dei rischi di cui all'articolo 216, 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 é **limitato**, laddove ciò sia tecnicamente possibile.

3. Il datore di lavoro adatta le misure di cui al presente articolo alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio.

# Articolo 218

## *Sorveglianza sanitaria*



1. La sorveglianza sanitaria 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 é 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.

2. Fermo restando il rispetto di quanto stabilito dall'articolo 182 e di quanto previsto al comma 1, sono tempestivamente sottoposti a controllo medico i lavoratori per i quali é stata rilevata un'esposizione superiore ai valori limite di cui all'articolo 215.

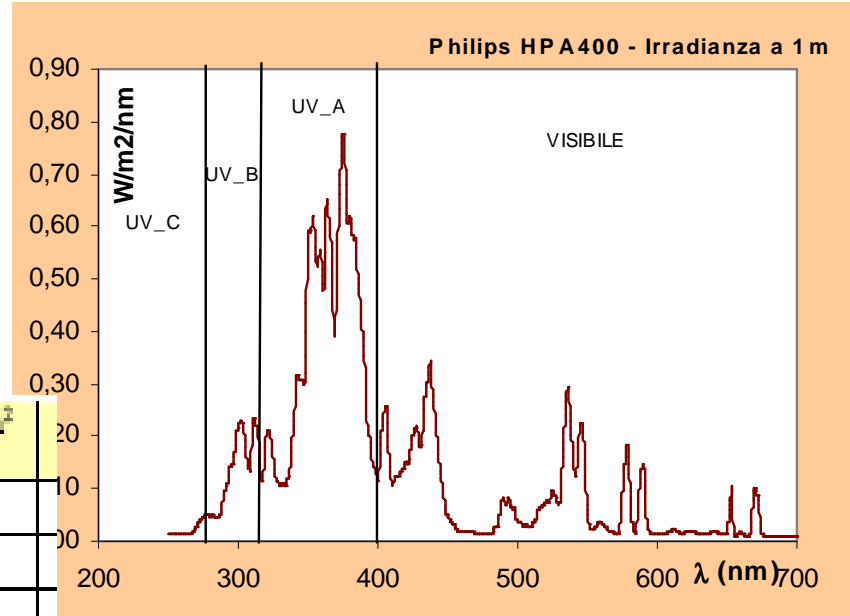
**Sorveglianza sanitaria annuale oltre il valore limite**

---

# Alcuni casi studio

RADIAZIONI OTTICHE

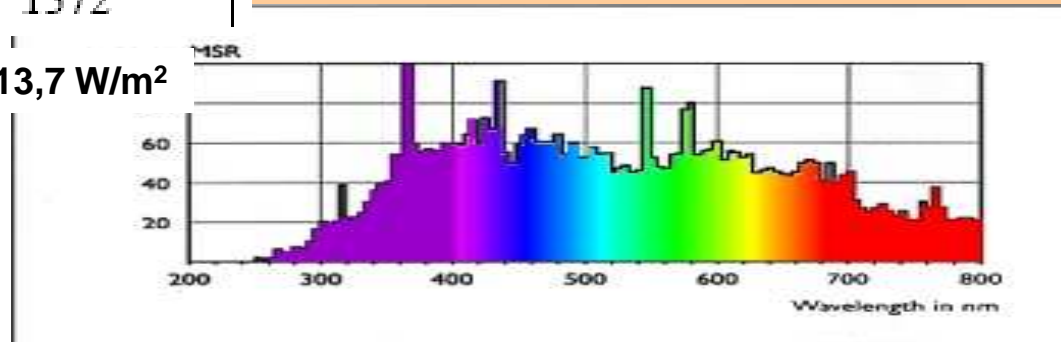
# Un esempio di sorgente UV



Range spettrale	Irradianza in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ Senza vetro	Irradianza in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ Con vetro
UV-C	64	1
UV-B	508	3
UV-A	3273	1372

**32,7 W/m<sup>2</sup>**

**13,7 W/m<sup>2</sup>**



**Il Limite per l'Esposizione radiante:**  
 $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J/m}^2$

**312 s**

**730 s**

RADIAZIONI OTTICHE

# Sorgente UV (2)

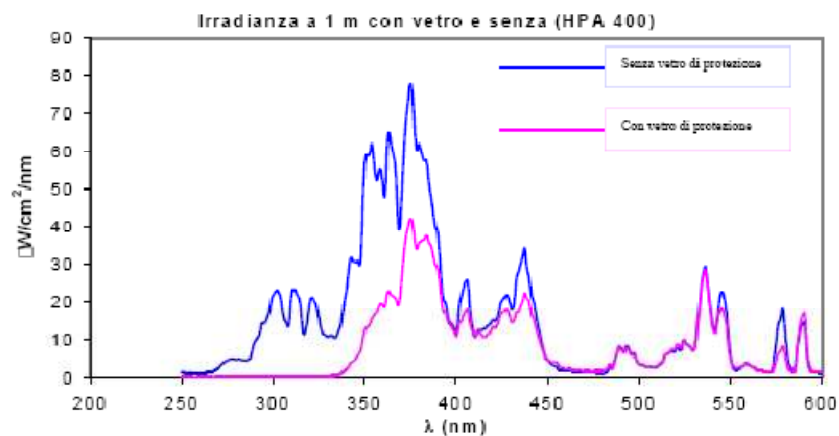
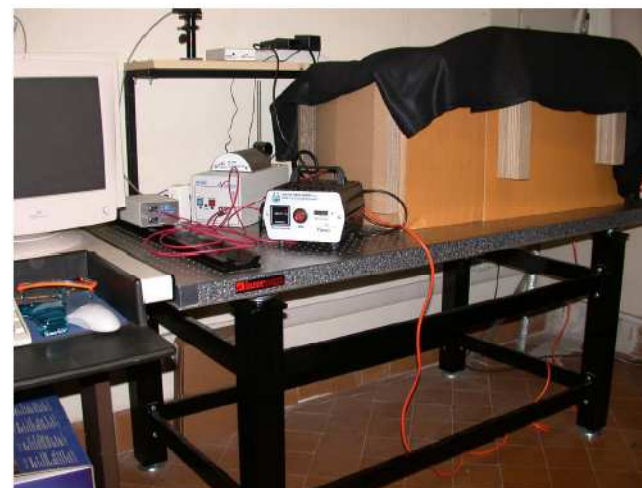
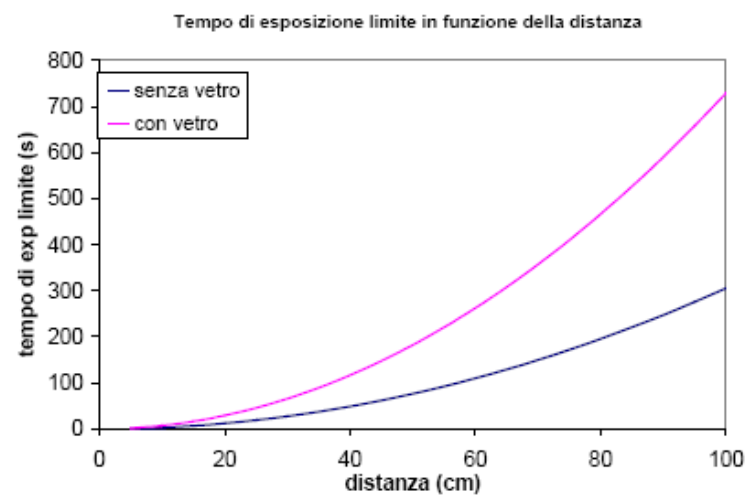
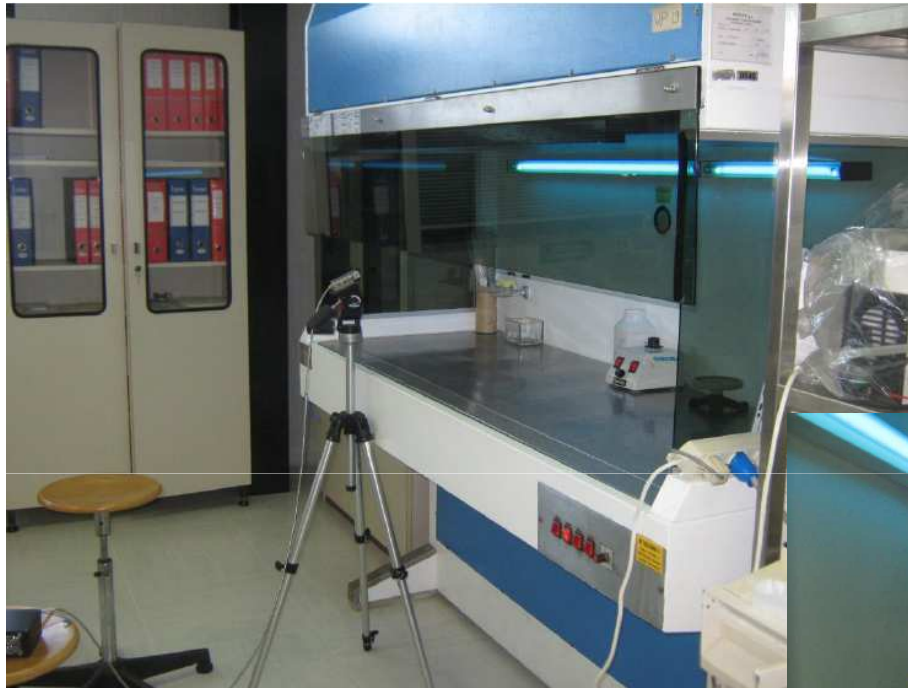


Fig. 8: Irradianza spettrale in  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  misurata a 1 m di distanza dalla lampada HPA 400 alloggiata nella torcia portalampe.

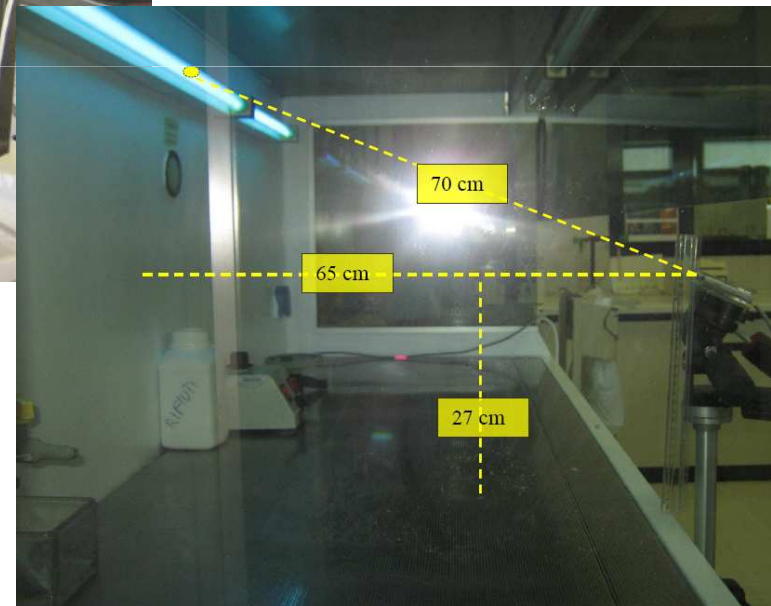




# Rischio da sorgenti UV Borra M.



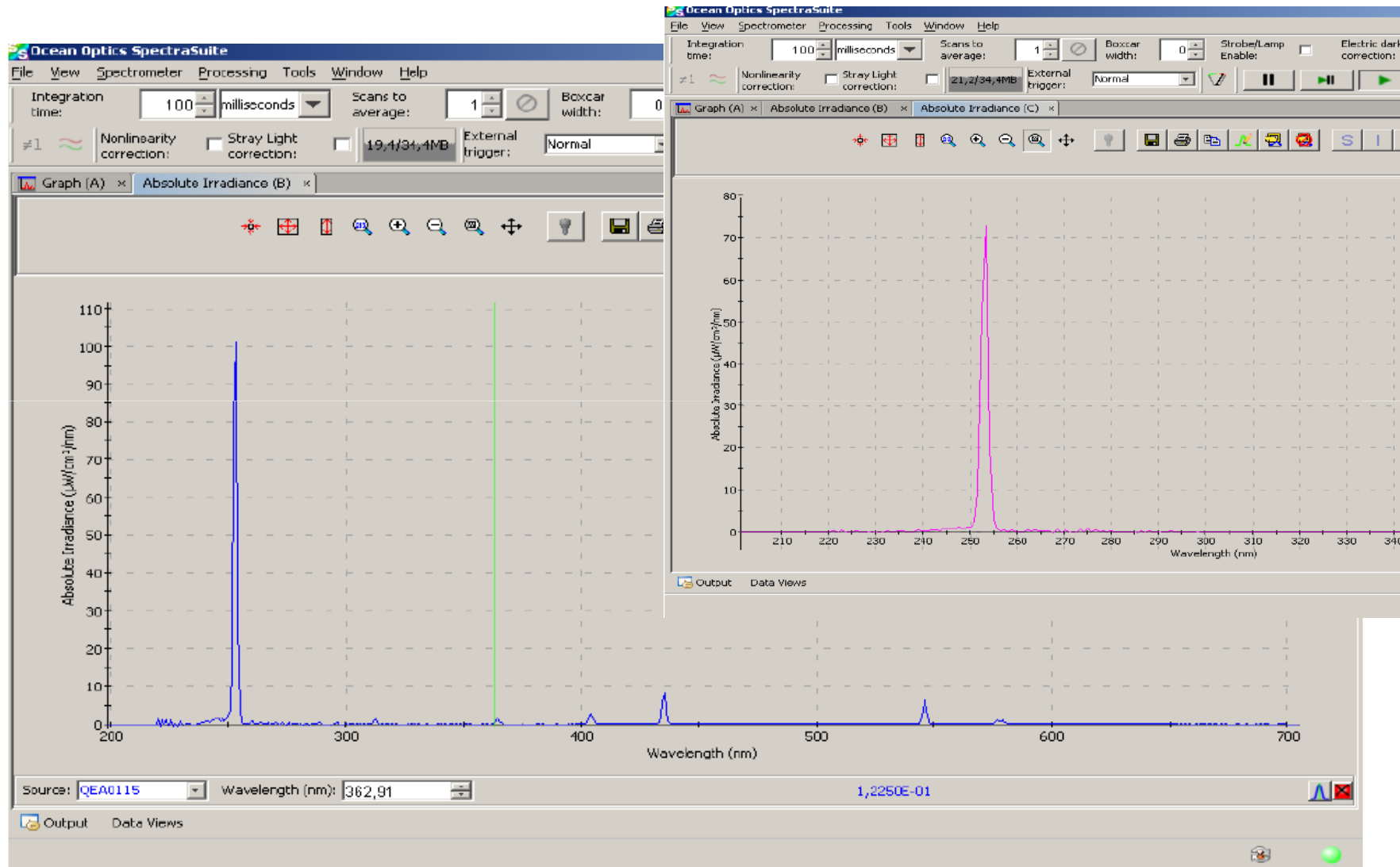
Cappa laminare per preparazioni cliniche con Lampada germicida UV presso un ospedale pediatrico



RADIAZIONI OTTICHE



# Rischio da sorgenti UV Borra M.



RADIAZIONI OTTICHE

# Rischio da sorgenti UV Borra M.

Il valore di irradianza spettrale pesata della riga a 253 nm è pari a **72,0  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$** ; integrando sulla larghezza di riga di 1,5 nm (valore FWHM; alla base la riga è larga circa 3.0 nm) si ottiene, per l'irradianza efficace  $E_{\text{eff}}$ , il valore di **1,08  $\text{W}/\text{m}^2$** .

Il limite per l'esposizione radiante efficace  $H_{\text{eff}}$  previsto dal D.Lgs. n.81/08 (Allegato XXXVII Parte 1) è pari a **30  $\text{J}/\text{m}^2$** , valore assoluto ed indipendente dal tempo di esposizione. Dividendo questo valore per la misura effettuata si ottiene il tempo nel quale, in quella posizione, si raggiunge il limite suddetto. Nelle condizioni di misura questo valore limite viene raggiunto in **circa 30 secondi**.

FOTO 3 Vista diretta del riflesso sul banco

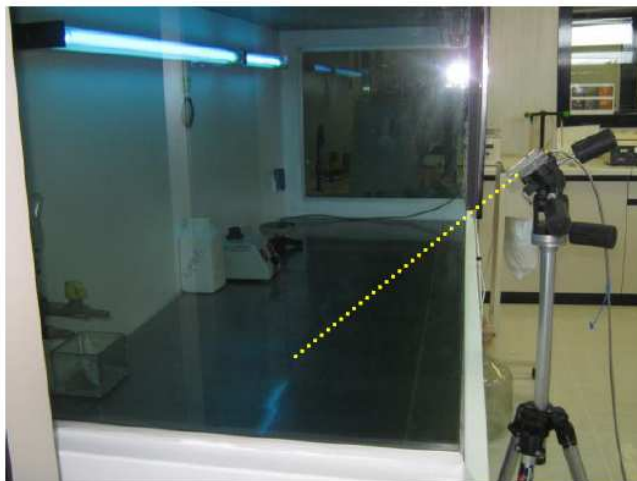


FOTO 5 Dall'angolo del bancone di fronte.



Posizione	$E_{\text{eff}}$ $\text{W}/\text{m}^2$	Tempo limite te sec
FOTO 3	0.63	48

RADIAZIONI OTTICHE

# Rischio da sorgenti UV Borra M.

GRAFICO 3 Vista diretta del riflesso sul banco  
(Foto 3)

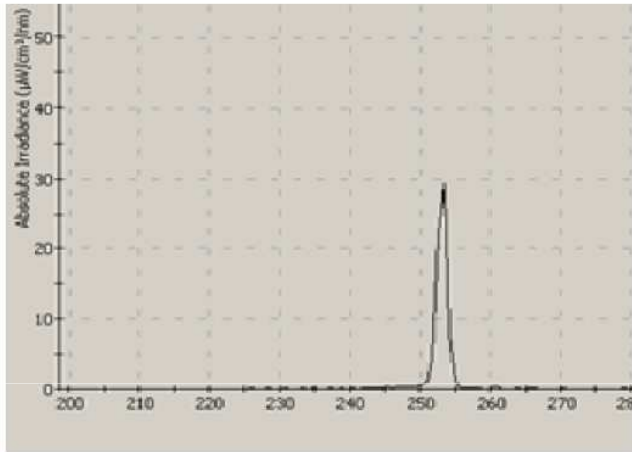
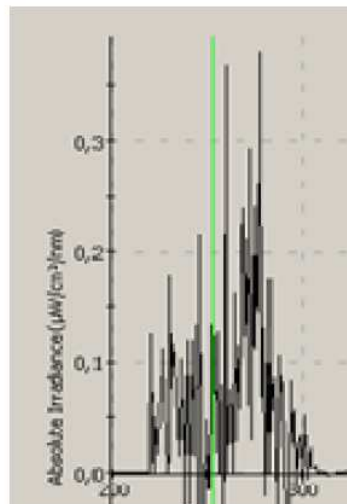


GRAFICO 5 Dall'angolo del bancone di fronte. (Foto 5)



VALORI		
Posizione	$E_{eff}$ $W/m^2$	Tempo limite te sec
FOTO 3	<b>0.63</b>	<b>48</b>
FOTO 5	<b>0.002</b>	<b>15000</b>

IONI OTTICHE

# Rischio da sorgenti UV Borra M.



## RILEVAZIONI SPETTROMETRICHE IN AMBIENTE LAVORATIVO SU UN PROIETTORE CON SORGENTE AD ALOGENURI METALLICI

- **Silvano Orsini - Servizio di Fisica Sanitaria –ICP - Milano**
- **Pierluigi Zambelli – Dipartimento di Medicina del Lavoro – Un.Studi - Milano**
- **Pasquale Troiano - Dipartimento di Oftalmologia – Fond. Pol- Milano**
- **Stefano Fontani – UOPSAL 1, ASL Città di Milano**
- **Andrea Magrini - Cattedra Medicina del lavoro- Un. Tor Vergata-Roma**
- **Bruno Piccoli – Dipartimento di Medicina del Lavoro – Un.Studi- Milano**

RADIAZIONI OTTICHE

# Rischio da sorgenti di LUCE BLU



## Sorgenti di radiazione ottica con riferimento al rischio di luce blu (400-500 nm., CIE 138/2000)

Sorgenti	Potenza (W)	Emissione (W)	Radianza ( $W/m^2sr^{-1}$ )	Lunghezza d'onda (nm)	% di Luce blu
Radiazione solare	-	(1kW/m <sup>2</sup> )	$2.2 \cdot 10^7$	300 - 2500	5 - 10
Lampade ad incandescenza	10 - 2000	9 - 1800	$1.0 \cdot 10^2$	300 - 2500	0.5 - 2.0
Lampade alogene a tungsteno	500 - 20000	450 - 9000	$1.0 \cdot 10^4$	270 - 2500	1.0 - 4.0
Lampade ad arco allo xenon	500 - 20000	250 - 10000	$10^6 - 10^8$	250 - 3500	6 - 10
Lampade a mercurio ad alta pressione	40 - 2000	25 - 1200	$10^3 - 10^5$	300 - 1000	8 - 20
Alogenuri metallici	100 - 2000	80 - 1500	$10^3 - 10^5$	300 - 1000	8 - 22
Saldatura ad arco	-	-	$10^8 - 10^{10}$	200 - 1000	5 - 40

B.P. DIP. MED. LAVORO - MI

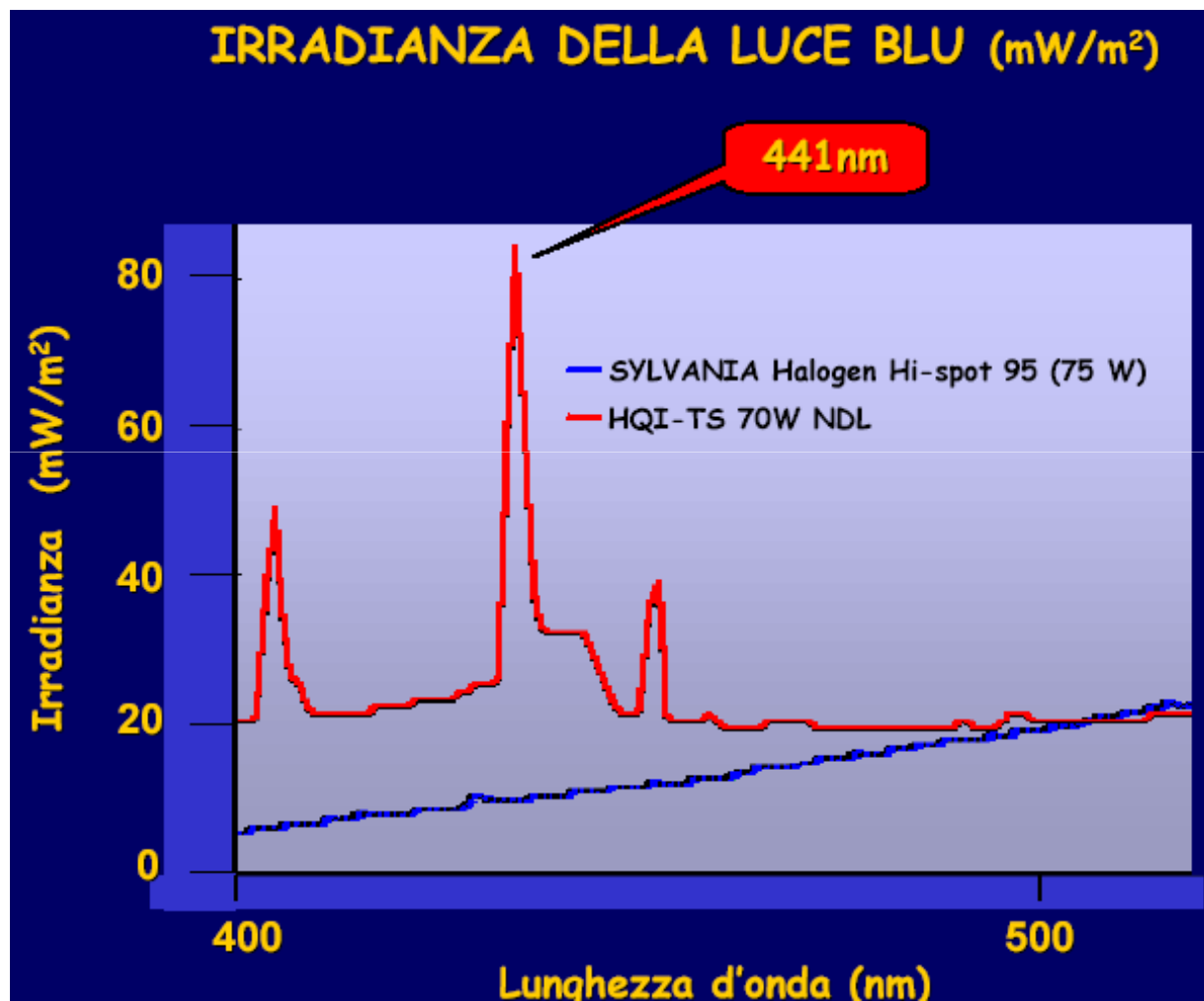


# Rischio da sorgenti di LUCE BLU



RADIAZIONI OTTICHE

# Rischio da sorgenti di LUCE BLU



RADIAZIONI OTTICHE



# Rischio da sorgenti di LUCE BLU

Lampada Goya HMI utilizzata per formare  
immagini di attori su un telo di PVC  
"Ombre cinesi"



$P = 4 \text{ kW}$

$CCT \approx 5600 \text{ K}$

Spettroradiometro MACAM mod. 9910-pc

RADIAZIONI OTTICHE

# Rischio da sorgenti di LUCE BLU

## Misure fra la lampada ed il telo (esposizione degli attori)



RADIAZIONI OTTICHE

# Rischio da sorgenti di LUCE BLU



## Esposizione a UV e a luce blu

Condizioni di esposizione	UV 240-400 nm Irradianza efficace W/m <sup>2</sup>	Durata massima dell'esposizione minuti	Blue 400-500 nm Radianza ponderata W/(m <sup>2</sup> sr)	Durata massima dell'esposizione minuti
Lampada spenta (illuminazione ambientale)	< 1·10 <sup>-9</sup>	---	8·10 <sup>-3</sup>	---
Lampada nuda	6,02·10 <sup>-4</sup>	>480	931	18
Lampada con filtro opaco	1,39·10 <sup>-4</sup>	>480	746	22
Lampada con filtro anti UV	4,19·10 <sup>-5</sup>	>480	836	20
Luce riflessa dal telo	-	-	0,45	>480
Luce trasmessa dal telo	-	-	0,59	>480

$$t_{\max}(UV) = \frac{3 \cdot 10^{-3} (J \cdot m^{-2})}{E_{\text{eff}} (W \cdot m^{-2})}$$

$$t_{\max}(Blu) = \frac{10^6 (J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1})}{L_{\text{blu}} (W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1})}$$

RADIAZIONI OTTICHE

# Rischio da sorgenti di LUCE BLU

**Proiettore ARRIMAX 18/12 con  
lampada ad alogenuri metallici HMI 18000 W/SE/GX51**



- Studi e palcoscenici
- Studi fotografici
- Teatri
- Effetti di luce
- Set cinematografici
- Mostre

RADIAZIONI OTTICHE



# Rischio da sorgenti di LUCE BLU



Lampada allo Xenon

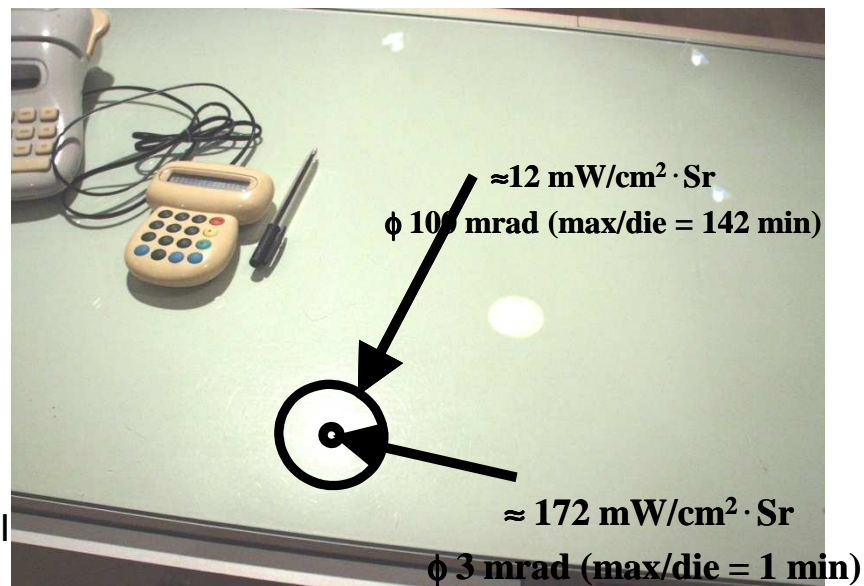
7000 W

CCT  $\approx$  6500 K



Rischio da sorgenti di LUCE BLU Orsini S,  
Piccoli B,

RADIAZI



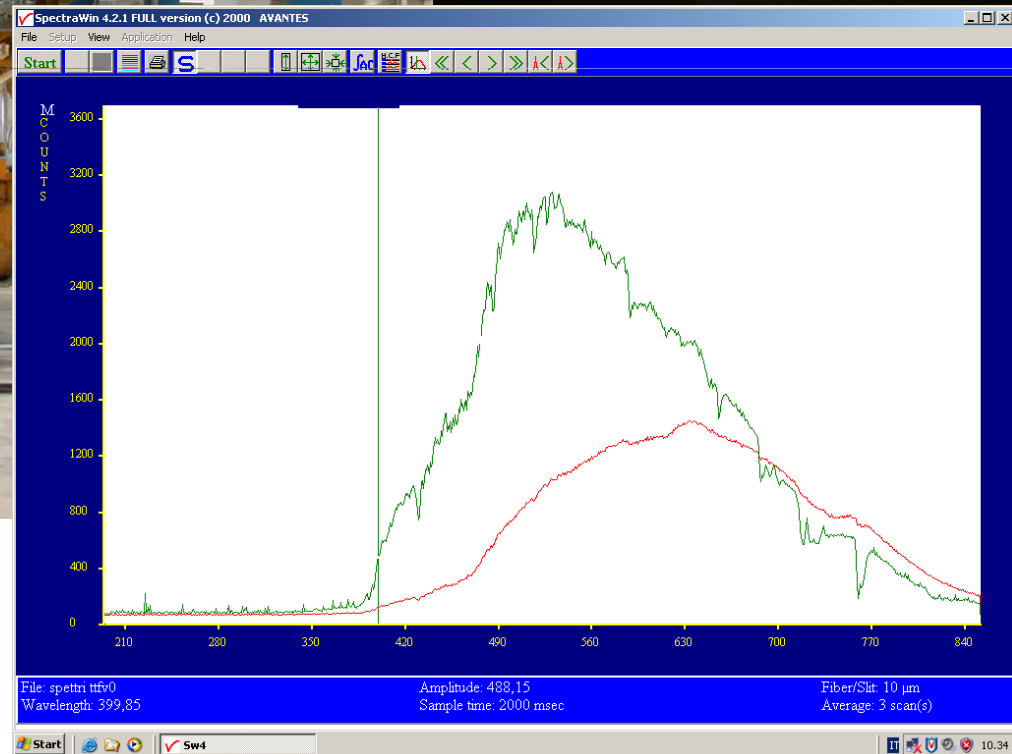


# Sorgenti Infrarosse



RADIAZIONI OTTICHE

# Sorgenti Infrarosse (2)





# SCELTA DEI LIMITI DI ESPOSIZIONE

---

- Quali limiti di esposizione, nella Tabella 1 dell'Allegato XXXVII considerare?
- Consideriamo il caso peggiore, quello di chi è esposto ad una sorgente per 8 ore:

# Misurazione si o no?



<b>a</b>	180-400 (UVA, UVB, UVC)	$J m^{-2}$
<b>b</b>	315 – 400 (UVA)	$J m^{-2}$
<b>c</b>	300 -700 (Blue Light) (where $\alpha \geq 11$ mrad and $t \leq 10000$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$
<b>d</b>	300 -700 (Blue Light) (where $\alpha \geq 11$ mrad and $t > 10000$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$
<b>e</b>	300 -700 (blue light) (where $\alpha < 11$ mrad and $t \leq 10000$ s)	$W m^{-2}$
<b>f</b>	300 -700 (blue light) (where $\alpha < 11$ mrad and $t > 10000$ s)	$W m^{-2}$
<b>g</b>	380 – 1400 (visible and IRA) (for $t > 10$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$
<b>h</b>	380 – 1400 (visible and IRA) (for $t 10 \mu s$ to 10 s)	$W m^{-2} sr^{-1}$
<b>i</b>	380 – 1400 (visible and IRA) (for $t < 10 \mu s$ )	$W m^{-2} sr^{-1}$

- Si, se la sorgente emette radiazione UV

No, il caso peggiore è per l'esposizione più lunga

- Si, se la sorgente emette nel visibile; questo limite copre il caso di esposizione di 8 ore

- Non spesso; di solito le sorgenti sono abbastanza grandi.

Si, se la sorgente emette nel visibile; questo limite copre il caso di esposizione di 8 ore

- No, il caso peggiore è per le esposizione più lunghe

## Valutazione preliminare per sorgenti di “luce bianca” (no emissione di UV)



- Non è necessario effettuare una completa valutazione spettrale di una generica sorgente luminosa (rischio retinico) se la sua **luminanza,  $L_v < 10^4$  (cd m<sup>-2</sup>)**
- Ricordiamo che  $L_v = E_v / \omega$  ; quindi una misura di illuminamento  $E_v$  (lux) permette di fare una valutazione preliminare ricavando  $L_v$  noto  $\omega$  .
- I LED emettono in bande abbastanza strette; un LED verde può essere misurato da 400 a 600 nm;
- Sorgenti che emettono UV al di sotto di 254 nm sono molto rare;
- Quasi tutti gli apparecchi luminosi sono dotati di vetro di protezione che taglia al di sotto dei 350 nm;
- Tranne le sorgenti incandescenti, le più comuni sorgenti hanno emissione infrarossa trascurabile.

## Esempio 1



- 3 x 36 W fluorescenti dietro un diffusore.
- 57.5 cm X 117.5 cm misure del diffusore
- Non c'è emissione significativa di IR. Rischio possibile solo da visibile e UV
- UV comunque attenuati dal diffusore plastico; quindi solo il limite  $d$  è da considerare.

- Misure di irradianza a 100 cm
- $Z = 87.5$  cm misure media del diffusore;  $\alpha = Z/r$  ovvero  $\alpha = 87.5/100 = 0.875$  rad
- $Area = 6756 \text{ cm}^2$  da cui  $\omega = A/r^2 = 0.68 \text{ sr}$  . Quindi  $\omega_B = \omega_R = 0.68 \text{ sr}$
  
- Una misura con il luxmetro fornisce  $E_v = 1010 \text{ lux}$  pari ad una
- Luminanza di  $L_v = 1500 \text{ cd m}^{-2}$ 
  - **NON SONO NECESSARIE ULTERIORI MISURE**

## Esempio 1



- **DATI RADIOMETRICI**

- Irradianza efficace  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$
- Irradianza UVA  $E_{\text{UVA}} < 17 \text{ mW m}^{-2}$
- Irradianza efficace BLU  $E_{\text{B}} < 338 \text{ mW m}^{-2}$
- Irradianza efficace IR  $E_{\text{R}} < 5424 \text{ mW m}^{-2}$
- Radianza efficace BLU  $L_{\text{B}} < 338 \text{ mW m}^{-2} / 0.68 \text{ sr} = 0.5 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}$
- Radianza efficace IR  $L_{\text{R}} < 5424 \text{ mW m}^{-2} / 0.68 \text{ sr} = 8 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}$

- **CONFRONTO CON I LIMITI DI ESPOSIZIONE**

- Limite a è  $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2} \text{ ----> } E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2} \text{ ----> } T_{\text{max}} \gg 8 \text{ ore}$
- Limite b è  $H_{\text{UVA}} = 10.000 \text{ J m}^{-2} \text{ ----> } E_{\text{UVA}} = 17 \text{ mW m}^{-2} \text{ ----> } T_{\text{max}} \gg 8 \text{ ore}$
- Limite d è  $L_{\text{B}} = 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } L_{\text{B}} = 0.5 \text{ W m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } \text{LIMITE NON SUPERATO}$
- Limite g è  $L_{\text{R}} = 280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } L_{\text{B}} = 8 \text{ W m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } \text{LIMITE NON SUPERATO}$

## Esempio 2



- 70 W lampada metal halide in apparato con riflettore e vetro protettivo per illuminare area sottostante
- 18 cm X 18 cm misure del riflettore; 5 mm dimensioni arco di scarica.
- Rischio possibile solo da visibile e UVA
- UV comunque attenuati dal vetro;
- limite  $b$ ,  $d$  e  $g$  da considerare.

- Misure di irradianza a 100 cm;
- dimensioni arco **0.5 cm**;  $\alpha = Z/r$  ovvero  $\alpha = 0.5/100 = 0.005$  rad che è **< di 11 mrad**
- **Area = 0.2 cm<sup>2</sup>** da cui  $\omega = A/r^2 = 0.00002$  sr . Quindi  $\omega_B = 0.01$  e  $\omega_R = 0.0001$  sr
- Una misura con il luxmetro fornisce  $E_v = 2984$  lux pari ad una
- Luminanza di  $L_v = 2984 / 0.00002 = 149.000.000$  cd m<sup>-2</sup>
  - **SONO NECESSARIE ULTERIORI MISURE**

## Esempio 2



- **DATI RADIOMETRICI**
- Irradianza efficace  $E_{\text{eff}} < 110 \mu\text{W m}^{-2}$
- Irradianza UVA  $E_{\text{UVA}} < 915 \text{ mW m}^{-2}$
- Irradianza efficace BLU  $E_{\text{B}} < 2329 \text{ mW m}^{-2}$
- Irradianza efficace IR  $E_{\text{R}} < 30172 \text{ mW m}^{-2}$
  
- Radianza efficace BLU  $L_{\text{B}} < 2329 \text{ mW m}^{-2} / 0.01 \text{ sr} = 233 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}$
- Radianza efficace IR  $L_{\text{R}} < 30172 \text{ mW m}^{-2} / 0.0001 \text{ sr} = 302 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}$
  
- **CONFRONTO CON I LIMITI DI ESPOSIZIONE**
- Limite a è  $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2} \text{ ----> } E_{\text{eff}} < 110 \mu\text{W m}^{-2} \text{ ----> } T_{\text{max}} \gg 8 \text{ ore}$
- Limite b è  $H_{\text{UVA}} = 10.000 \text{ J m}^{-2} \text{ ----> } E_{\text{UVA}} = 915 \text{ mW m}^{-2} \text{ ----> } T_{\text{max}} \text{ circa } 3 \text{ ore}$
- Limite d è  $L_{\text{B}} = 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } L_{\text{B}} = 233 \text{ W m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } \text{LIMITE SUPERATO}$
- Limite g è  $L_{\text{R}} = 280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } L_{\text{B}} = 302 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } \text{LIMITE SUPERATO}$

## Esempio 3



- 4 lampade fluorescenti da 18 W 57 cm x 2 cm in apparato 57 cm x 57 cm con riflettore e aperto davanti; sorgente non omogenea.
- 18 cm X 18 cm misure del riflettore; 5 mm dimensioni arco di scarica.
- Emissione di IR insignificante
- Rischio possibile solo da visibile e UVA
- limite  $a$ ,  $b$  e  $d$  da considerare.

- Misure di irradianza a 100 cm guardando direttamente le lampade;
- Dimensioni medie di ogni lampada:  $Z = (57 + 2)/2 \text{ cm} = 29.5 \text{ cm}$
- Quindi, se  $\alpha = Z/r$  allora  $\alpha = 29.5/100 = 0.295 \text{ rad}$
- $\text{Area} = (57 \times 2) = 114 \text{ cm}^2$  da cui  $\omega = A/r^2 = 0.011 \text{ sr}$ . Quindi  $\omega_B = \omega_R = 0.011 \text{ sr}$
- Una misura con il luxmetro, per ogni lampada, fornisce  $E_v = 305 \text{ lux}$  pari ad una
- **Luminanza** di  $L_v = 305/0.011 = 28.000 \text{ cd m}^{-2}$ 
  - **SONO NECESSARIE ULTERIORI MISURE** per il RISCHIO RETINICO (BLU).
  - MISURE ANCHE PER UV





- **DATI RADIOMETRICI**
  - Irradianza efficace  $E_{\text{eff}} = 1.04 \text{ mW m}^{-2}$
  - Irradianza UVA  $E_{\text{UVA}} = 115 \text{ mW m}^{-2}$
  - Irradianza efficace BLU  $E_{\text{B}} = 555 \text{ mW m}^{-2}$  totali,
    - equivalenti a  $E_{\text{B}} = 139 \text{ mW m}^{-2}$  per lampada
  - Irradianza efficace IR  $E_{\text{R}} = 8035 \text{ mW m}^{-2}$  pari a  $2009 \text{ mW m}^{-2}$  per lampada
  - Radianza efficace BLU  $L_{\text{B}} = 139 \text{ mW m}^{-2} / 0.011 \text{ sr} = 13 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}$
  - Radianza efficace IR  $L_{\text{R}} = 2009 \text{ mW m}^{-2} / 0.011 \text{ sr} = 183 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}$
- 
- **CONFRONTO CON I LIMITI DI ESPOSIZIONE**
  - Limite a è  $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2} \text{ ----> } E_{\text{eff}} = 1.04 \text{ mW m}^{-2} \text{ ----> } T_{\text{max}} = 28800 \text{ sec} = 8.01 \text{ ore}$ 
    - In pratica la distanza di una lampada è superiore ai 100 cm di misura
  - Limite b è  $H_{\text{UVA}} = 10.000 \text{ J m}^{-2} \text{ ----> } E_{\text{UVA}} = 115 \text{ mW m}^{-2} \text{ ----> } T_{\text{max}} > 8 \text{ ore}$
  - Limite d è  $L_{\text{B}} = 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } L_{\text{B}} = 13 \text{ W m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> LIMITE NON SUPERATO}$
  - Limite g è  $L_{\text{R}} = 280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } L_{\text{B}} = 183 \text{ W m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> LIMITE NON SUPERATO}$

## Esempio 4



- Proiettore con lampada da 150 w e lenti di diametro di 4.7 cm; proiettata immagine bianca
- 18 cm X 18 cm misure del riflettore; 5 mm dimensioni arco di scarica.
- Emissione di IR e UV trascurabile
- Rischio possibile solo da visibile
- Limiti  $d$  e  $g$  da considerare.

- Misure di irradianza a 200 cm con messa a fuoco a questa distanza; non tutta la lente appare utilizzata dal fascio ma solo un'area di circa 3 cm di diametro.
- Dimensioni medie di ogni lampada:  $Z = 3$  cm
- Quindi, se  $\alpha = Z/r$  allora  $\alpha = 3/200 = 0.02$  rad
- $Area = (1.5 \times 1.5) \times 3.14 = 7$  cm<sup>2</sup> da cui  $\omega = 0.0001$  sr .
- Quindi  $\omega_B = 0.01$  sr e  $\omega_R = 0.0001$  sr
- Una misura con il luxmetro fornisce  $E_v = 2038$  lux pari ad una
- Luminanza di  $L_v = 2038/ 0.0001 = 20.000.000$  cd m<sup>-2</sup>
  - **SONO NECESSARIE ULTERIORI MISURE** per il RISCHIO RETINICO (BLU).



- **DATI RADIOMETRICI**

- Irradianza efficace  $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$
- Irradianza UVA  $E_{\text{UVA}} = 1.0 \text{ mW m}^{-2}$
- Irradianza efficace BLU  $E_{\text{B}} = 2237 \text{ mW m}^{-2}$
- Irradianza efficace IR  $E_{\text{R}} = 24988 \text{ mW m}^{-2}$
- Radianza efficace BLU  $L_{\text{B}} = 2237 \text{ mW m}^{-2} / 0.01 \text{ msr} = 224 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}$
- Radianza efficace IR  $L_{\text{R}} = 24988 \text{ mW m}^{-2} / 0.0001 \text{ sr} = 250 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}$

- **CONFRONTO CON I LIMITI DI ESPOSIZIONE**

- Limite a è  $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2} \text{ ----> } E_{\text{eff}} = 1.04 \text{ mW m}^{-2} \text{ ----> } T_{\text{max}} > 8 \text{ ore}$
- Limite b è  $H_{\text{UVA}} = 10.000 \text{ J m}^{-2} \text{ ----> } E_{\text{UVA}} = 1 \text{ mW m}^{-2} \text{ ----> } T_{\text{max}} > 8 \text{ ore}$
- Limite d è  $L_{\text{B}} = 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } L_{\text{B}} = 224 \text{ W m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> LIMITE SUPERATO}$
- Limite c è  $L_{\text{B}} < 10^6 / t \text{ W m}^{-2} \text{ ----> } T_{\text{max}} = 10^6 / L_{\text{B}} \text{ ----> pari a circa 70 minuti}$
- Limite g è  $L_{\text{R}} = 280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> } L_{\text{B}} = 250 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr} \text{ ----> LIMITE NON SUPERATO}$

***Grazie per l'attenzione!***