

RAPPORTO 1/25

INDICAZIONI PER LA CORRETTA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A LUCE BLU GENERATA DA VIDEOTERMINALI

A cura di:
Riccardo Di Liberto¹, Alice Cimino²

1 - SC Fisica Sanitaria – Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo
2 – Centro Ricerche Ambientali ICS Maugeri, Pavia

INDICAZIONI PER LA CORRETTA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A LUCE BLU GENERATA DA VIDEOTERMINALI

All'interno dell'Allegato XXXVII del D. Lgs. 81/08 e s.m.i. sono presenti i VLE per l'esposizione degli occhi alla luce blu (effetti acuti), ovvero quei valori al di sotto dei quali non dovrebbero esserci danni a breve termine per la salute degli occhi.

Relativamente all'esposizione a luce blu negli ambienti di lavoro, sia per quanto riguarda l'emissione da videoterminali che da altre sorgenti, è necessario effettuare delle misure che portino ad ottenere dei valori di radianza da confrontare con i VLE riportati nella normativa e di seguito rappresentati.

Lunghezza d'onda (nm)	VLE	Unità di misura	Commenti	Parte del corpo	Rischio
300-700 (Luce blu)	$L_B = 10^6/t$ Per $t \leq 10\ 000s$	$L_B [W\ m^{-2}\ sr^{-1}]$ $t: [secondi]$	Per $\alpha \geq 11$ mrad (sorgenti estese)	Occhio: retina	fotoretinite
300-700 (Luce blu)	$L_B = 100$ Per $t > 10\ 000s$	$[W\ m^{-2}\ sr^{-1}]$			
300-700 (Luce blu)	$E_B = 100/t$ Per $t \leq 10\ 000s$	$E_B: [W\ m^{-2}]$ $t: [secondi]$	Per $\alpha < 11$ mrad (sorgenti puntiformi)		
300-700 (Luce blu)	$E_B = 0,01$ Per $t > 10\ 000s$	$[W\ m^{-2}]$			

A seconda degli strumenti di misura disponibili, potrebbe non essere semplice effettuare la misura diretta della radianza. Un metodo alternativo potrebbe essere quello di misurare l'irradianza e calcolare la radianza sfruttando la relazione che esiste tra le due grandezze radiometriche. Per fare ciò è necessario eseguire le misure conformemente alle norme tecniche applicabili, come la norma CEI EN 62471 (2010-01), in cui è descritto il "Metodo alternativo per la misura della radianza".

Questo metodo consiste nella misura dell'irradianza di una sorgente appositamente schermata, lasciando solo una fenditura di diametro F (vedere immagine).

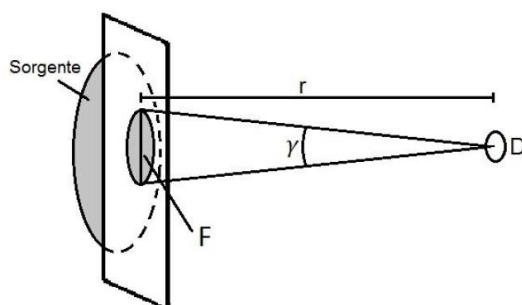


Figura 1 – rappresentazione schematica del "metodo alternativo" presente all'interno della norma CEI EN 62471 (2010-01).

Una volta misurata l'irradianza con uno spettroradiometro si può calcolare la radianza tramite la seguente relazione:

$$L = \frac{E}{\Omega} \quad (1)$$

con $\Omega = \frac{\pi \gamma^2}{4}$ e $\gamma = \frac{F}{r}$.

In riferimento alla figura 1, D rappresenta il rivelatore utilizzato per la misura.

Per quanto riguarda il valore dell'angolo γ bisogna rifarsi alle linee guida ICNIRP del 2013 poiché i movimenti dell'occhio tendono ad ingrandire l'area irradiata della retina, ed inoltre ad una maggiore durata della visione corrisponde anche un numero maggiore di movimenti (oltre che un maggiore tempo di irradiazione). Per tempi di esposizione degli occhi minori di 100 s viene consigliato un valore dell'angolo γ di 11 mrad, mentre per tempi maggiori (e nello specifico fino a 10000 s) viene indicato il valore di 110 mrad. L'angolo γ rappresenta l'angolo con cui il rivelatore D dello strumento di misura deve "vedere" la sorgente.

Date queste premesse, per effettuare la valutazione del rischio si può scegliere l'angolo γ più consono allo scenario espositivo.

Un'altra scelta che si dovrà effettuare riguarda la distanza r a cui effettuare le misure: questa varierà in base alla distanza a cui si vuole valutare il livello di esposizione.

La scelta del valore dell'angolo γ e del valore di r andranno poi ad influenzare il diametro della fenditura F , realizzabile ad esempio con un cartoncino nero opaco. È infatti importante scegliere con cura il materiale con cui realizzare la schermatura della sorgente in quanto, in presenza di altre sorgenti di radiazioni ottiche, esse potrebbero generare riflessioni in ambiente e falsare i dati acquisiti dallo strumento di misura. Nel caso di misure con uno spettroradiometro è bene quindi sottrarre le eventuali componenti di radiazioni ottiche ambientali prima di eseguire la misura.

Una volta misurata l'irradianza della sorgente da valutare, questa va convertita in radianza e pesata tramite la funzione di ponderazione spettrale per la luce blu $B(\lambda)$, facilmente reperibile in letteratura.

Potrebbero esserci dei casi, come ad esempio i monitor per PC, in cui lo spettroradiometro non risulta abbastanza sensibile per la misura dell'irradianza con la sorgente schermata.

In questi casi si consiglia il seguente metodo: nel caso in cui si disponga di un luxmetro, che tendenzialmente presenta una sensibilità maggiore anche in caso di sorgenti poco intense, si può effettuare la misura dell'emissione della sorgente senza schermatura, e poi con la schermatura. In questo modo si ricava il rapporto:

$$f = \frac{\text{acquisizione con la schermatura}}{\text{acquisizione senza schermatura}}$$

chiamato per semplicità *fattore di forma*.

Si noti che nel caso di utilizzo del luxmetro questo equivale ad un rapporto tra valori di *illuminamento* (*lux*).

Dopo aver eseguito delle prove con sorgenti più intense – in cui lo spettroradiometro non presenta problemi di sensibilità – è stato osservato che effettuando le misure utilizzando i due strumenti, nelle due configurazioni con e senza schermatura, questo rapporto è invariante (entro le incertezze strumentali).

Conseguentemente, eseguendo semplicemente il prodotto:

$$E_{\text{schermatura}} = f \cdot E_{\text{senza schermatura}}$$

si ottiene il valore di irradianza che si misurerebbe con lo spettroradiometro nel caso di misura diretta e sorgente schermata.

Utilizzando questo metodo, la misura può essere riassunta nei seguenti punti:

- se non si dispone di uno spettroradiometro di adeguata sensibilità, acquisire con un luxmetro l'illuminamento in condizioni di sorgente schermata e non schermata secondo il metodo illustrato in precedenza (CEI EN 62471);
- calcolare il fattore di forma;
- acquisire l'irradianza della sorgente non schermata con lo spettroradiometro;
- pesare l'irradianza spettrale con la funzione $B(\lambda)$ in modo da ottenere l'irradianza efficace E_B ;

- calcolare l'irradianza efficace spettrale da 300 nm a 700 nm;
- moltiplicare il valore di irradianza ottenuto per il fattore di forma;
- dividere il valore ottenuto per l'angolo solido Ω indicato in equazione (1).

Per quanto riguarda i fattori di forma, andrebbero calcolati di volta in volta per tutte le sorgenti. Tuttavia, relativamente a monitor da refertazione, per modelli uguali spesso corrispondono valori simili (vedasi tabella 1).

È bene precisare che la misura dell'irradianza tramite uno spettroradiometro dotato di sonda correttore del coseno, in assenza del diaframma per ottenere un angolo γ pari al valore indicato da ICNIRP e a cui si riferiscono i VLE dell'Allegato XXXVII, parte I del D. Lgs. 81/8 e s.m.i., comporta una sovrastima fino a due ordini di grandezza (vedasi tabella 1). Si raccomanda quindi di valutare con attenzione tali risultati in quanto la sovrastima potrebbe comportare delle azioni correttive per la riduzione del livello di esposizione impegnative e costose, ancorchè non necessarie.

Modello Monitor	Fattore di forma a 20 cm	Fattore di forma a 40cm
Barco MDCC 6430	0,007	0,011
Barco Coronis Uniti	0,007	0,010
Barco Coronis Uniti	0,007	0,009
Barco MDRC 2324	0,009	0,016
Barco MDCC 6430	0,007	0,011
Barco MDCC 6430	0,007	0,011
Barco MDCC 6430	0,008	0,012
Barco MDCC 6430	0,008	0,012
EIZO MX242W	0,009	0,015
EIZO MX242W	0,009	0,017

Tabella 1 - Questi valori si riferiscono a fattori di forma ottenuti posizionando il luxmetro ad una distanza pari a 20cm e poi pari a 40cm dal monitor.

Ulteriori dettagli su questo metodo di misura sono contenuti nell'articolo: Cimino, A., Di Liberto, R. Measurement method for an assessment of blue light retinal risk due to monitors light emissions in a healthcare work environment. *Eur. Phys. J. Plus* **138**, 1133 (2023).
<https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-023-04755-y>