

RAPPORTO 1/20

VALUTAZIONE DEL RISCHIO OCULARE DERIVANTE DALL'IMPIEGO DI LED AD INFRAROSSI IN SISTEMI DI CONTROLLO DELLO STATO DI ATTENZIONE DEL CONDUCENTE

A cura di:

Iole Pinto(1) , Andrea Bogi(1), Francesco Picciolo(2), Nicola Stacchini (1)

- 1) Azienda UsI Toscana Sud-Est – Laboratorio Sanità Pubblica – Agenti Fisici
- 2) Dipartimento di Scienze della Terra, Fisiche e Naturali Università degli Studi di Siena

16/01/2020

Introduzione

Nell'ambito del crescente impiego della tecnologia LED, sono stati recentemente introdotti sistemi innovativi per il monitoraggio e controllo dello stato di attenzione o sonnolenza dei conducenti dei mezzi di trasporto, basati su LED ad Infrarossi.

Tali sistemi sono costituiti da una telecamera ad infrarosso che registra il volto dell'operatore che viene illuminato con radiazione Infrarossa prodotta da diodi led che emettono prettamente nell'infrarosso A (IR-LED): essi consentono il controllo dello stato di vigilanza senza interferire con gli abituali compiti visivi dell'operatore, in quanto la radiazione IR-A non è visibile.

Nell'ambito del presente rapporto viene effettuata una valutazione del rischio oculare introdotta da tali sistemi alla luce di quanto prescritto dal D.lgvo 81/08 Titolo VIII Capo V.

La Valutazione del Rischio Fotobiologico dei sistemi di illuminazione

Con l'obbligo di valutazione del rischio da esposizione a ROA introdotta dal capo V del Titolo VIII del DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008 N. 81 è emersa l'esigenza di ottenere dai produttori di sistemi di illuminazione dati di emissione idonei ai fini della valutazione del rischio per i lavoratori. Questa esigenza ha indotto a modificare ed integrare le differenti norme di prodotto dei sistemi LED al fine di garantire un adeguato livello di sicurezza ottica e di normalizzare le informazioni da fornire all'utente.

La normativa di riferimento ai fini della valutazione della sicurezza fotobiologica dei sistemi LED ad IR lo standard CEI EN 62471:2009 che fissa i criteri di classificazione delle lampade in relazione al rischio fotobiologico.

Secondo tale standard CEI EN 62471:2009 le lampade e i sistemi di lampade sono classificati in 4 gruppi di rischio fotobiologico (4 classi di rischio evidenziate in Tabella 1). Questa norma prevede metodi di misura e classificazione ed anche se non definisce vincoli specifici per la marcatura, rappresenta attualmente lo stato dell'arte in termini di informazioni sulla sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampade (compresi i LED).

Sulla base dell'analisi delle caratteristiche dei sistemi LED tipicamente utilizzati in tali apparati e dei criteri dettati da tale norma CEI 62471 è possibile desumere che i valori di esposizione oculare prodotti da tali sistemi siano inferiori al limite di esenzione previsto dalla succitata normativa.

Tale valutazione potrebbe erroneamente portare alla conclusione che il dispositivo non presenti condizioni di rischio per l'impiego proposto, utilizzando peraltro sistemi LED utilizzati anche in beni di consumo o impieghi civili.

E' importante tenere presente al riguardo che la normativa CEI EN 62471:2009 fissa i criteri di classificazione delle lampade e dei sistemi di illuminazione in relazione al rischio fotobiologico.

Essa pertanto si basa sull'assunzione principale - valevole nel caso delle sorgenti di illuminazione - che la visione della sorgente **sia del tutto casuale ed avvenga in maniera del tutto accidentale** volgendo lo sguardo verso di essa, come tipicamente avviene nel caso dei sistemi di illuminazione.

Pertanto la valutazione basata sulla normativa CEI EN 62471:2009 è correttamente applicabile ai fini della valutazione del rischio occupazionale **solo qualora il compito lavorativo non preveda di fissare la sorgente di illuminazione.**

Per chiarire tale concetto si riporta in tabella 1 la classificazione dei diversi gruppi di rischio contenuti nella norma CEI EN 62471:2009

Tabella 1 Classificazione rischio fotobiologico lampade secondo lo standard CEI EN 62471:2009

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

In ogni gruppo di rischio sono stati stabiliti criteri temporali differenti per ogni tipo di effetto da prevenire. Tali criteri sono stati scelti di modo che il valore limite di esposizione applicabile non sia superato entro l'arco di tempo prescelto.

Tale classificazione per i sistemi che emettono radiazione Infrarossa corrisponde al rispetto dei seguenti requisiti:

a) Gruppo "esente"

Non vi sono rischi di radiazioni ottiche dirette ragionevolmente prevedibili, neppure in caso di utilizzo continuato senza restrizioni. Queste sorgenti non comportano nessuno dei seguenti rischi fotobiologici:

Valore limite da esposizione alle radiazioni infrarosse per l'occhio in 1000s;
Valore limite da esposizione alle radiazioni infrarosse senza un forte stimolo visivo in 1 000 s.

b) Gruppo "1"

Questi prodotti sono sicuri per la maggior parte delle applicazioni, eccetto in caso di esposizioni molto prolungate con prevedibili esposizioni oculari dirette. Queste sorgenti non comportano nessuno dei rischi seguenti grazie alle normali limitazioni comportamentali durante l'esposizione:

Valore limite da esposizione alle radiazioni infrarosse per l'occhio in 100 s;
Valore limite da esposizione alle radiazioni infrarosse senza un forte stimolo visivo in 100 s.

Dall'analisi delle specifiche tecniche dei sistemi LED IR correntemente impiegati in sistemi di prossimità o beni di consumo, riportati in tabella 2, emerge che gli stessi rispettano ampiamente le specifiche del gruppo "esente" nelle normali condizioni di lavoro. Ciò significa che tali sistemi producono un'esposizione al di sotto dei valori limite fissati per prevenire i danni oculari da radiazione IR per una esposizione oculare **quotidiana fino a 16 minuti di durata (1000 secondi)**.

Tale durata espositiva è considerata di fatto irraggiungibile per un normale sistema di illuminazione, o per qualsiasi applicazione civile, quale ad esempio un sistema di prossimità, in quanto per tali apparati la visione diretta della radiazione in uscita dal dispositivo **avviene del tutto casualmente, in brevi istanti**, non essendo previsto nell'impiego ordinario la fissazione del led continua e protratta. Viceversa nel caso dell'applicazione in esame il volto dell'operatore è illuminato intenzionalmente, pertanto non necessariamente il criterio di esenzione - cioè di classificazione nel gruppo di rischio irrilevante - può essere esteso a tale tipologia di impiego. In questo caso, così come in tutti i casi in cui il compito visivo preveda una fissazione diretta della sorgente di illuminazione, è necessario effettuare una valutazione dei rischi specifica, ai sensi di quanto prescritto dal D.lgvo 81/08 Titolo VIII Capo V.

Valutazione del rischio oculare ai sensi del D.lgvo 81/08

Ai sensi del D.lgvo 81/08, la valutazione del rischio ha come obiettivo la riduzione dello stesso.

Come precedentemente richiamato il gruppo "esente" prevede che il raggiungimento del valore limite per l'esposizione oculare ad IR avvenga in 1000 secondi, in quanto questa durata espositiva si ritiene una condizione non riscontrabile per un sistema di illuminazione, non essendo prevista la fissazione intenzionale diretta del LED da parte dell'operatore (messa a fuoco) E' da tenere presente che la classificazione di sicurezza sopra riportata è effettuata a distanza di 20 cm dalla sorgente LED. Essa fa riferimento al "normale" utilizzo del prodotto come sistema di illuminazione, che, in quanto tale, si suppone non venga intenzionalmente fissato dall'utilizzatore. E' inoltre da considerare che tale classificazione può non essere applicabile e non garantire il rispetto dei valori limite nel caso di attività di manutenzione o di utilizzo a distanze ravvicinate, oppure in caso di guasti o malfunzionamenti del sistema di alimentazione che comportino incrementi incontrollati nelle correnti di diodo. Pertanto la classificazione nel gruppo "**esente**" da sola non è sufficiente a garantire la sicurezza di tali sistemi nel corso delle attività lavorative o nei beni di consumo diversi dai sistemi di illuminazione.

Al fine di valutare l'esposizione degli operatori ai sistemi LED e diodi laser in oggetto, occorre conoscere sia l'irradianza da questi emessa - per confrontarsi con il corrispettivo valore limite Eir fissato dal D.lgvo 81/08 Titolo VIII Capo V all. XXXVII, che la radianza per confrontarsi con il limite fissato per danno termico retinico.

A tal fine si sono esaminate le specifiche tecniche dei diodi LED IR reperibili dai siti web dei costruttori. Dai dati di emissione forniti dal costruttore è stato possibile calcolare l'irradianza nell'Infrarosso a 70 cm dalla sorgente da confrontare con **il valore limite di irradianza Eir**

(W/m²) fissato dal D.lgvo 81/08 Titolo VIII Capo V per prevenire l'insorgenza della cataratta termica al cristallino per esposizioni di lungo termine, pari a 100 W/m².

Si è valutata altresì la radianza pesata con la funzione R(lambda) per il confronto con il valore limite della radianza pesata (Rad R) fissata dal **dal D.lgvo 81/08 Titolo VIII Capo V per prevenire l'insorgenza del danno termico alla retina.**

Tabella 2 - Risultati valutazioni esposizione IR sistemi LED IRA (calcolo a 70 cm)

Modello	radianza dichiarata	ap. angolare dichiarata	lunghezza d'onda	Irradianza Eir calcolata	Limite Eir	RadR R(lambda) IR	Limite RadR IR
	mW/sr	gradi	nm	W/m ²	W/m ²	W/m ² /sr	W/m ² /sr
LED TLN201	35	14	880	0,071	100	6,24	550000
DL TSHF5210	180	20	890	0,37	100	30,63	550000

Come si evince dai dati riportati in tabella 2, in entrambi i casi i valori espositivi risultano inferiori rispetto ai limiti di legge.

Va considerato al riguardo che i limiti di legge sono derivati da studi epidemiologici basati su esposizioni acute brevi e danni entro le 48 ore, com'è dichiarato espressamente nella linea guida ICNIRP *"On limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation"* 2013, che pur essendo redatta per le sorgenti incoerenti, si basa sullo stesso tipo di principi utilizzati per l'esposizione a radiazione Laser. Il documento ICNIRP dichiara infatti al riguardo: *"There is paucity of threshold data for long term chronic exposure. Therefore, the guidelines are based on the dataset of threshold data for short delay (up to 48 h) onset of damage. However, current knowledge suggests that there are no effects of chronic exposure to infrared radiation (IRR) below the exposure limits provided."*

Allo stato attuale non esistono studi sugli effetti di esposizioni croniche ad Infrarossi al di sotto dei limiti di esposizione stabiliti dalla normativa per esposizioni acute. D'altra parte la radianza di fondo pesata con R(lambda) a cui normalmente l'occhio è esposto è dell'ordine di **1-2 W/mq/sr**. Dai risultati presentati in tabella 2 appare che tali sistemi LED, pur rispettando i limiti di legge, sono comunque in grado di esporre l'occhio a valori da sei a trenta volte superiori al fondo ambientale a cui normalmente è esposto l'occhio di un individuo.

Un altro aspetto da tener presente è l'eventuale variazione che può riscontrarsi nell'emissione di radiazione IR dei sistemi LED, che può essere dovuta alla variabilità dei sistemi in commercio e alle derive nel corso di esercizio. In particolare la variazione della lunghezza d'onda di emissione del

diodo potrebbe portare ad emissioni non trascurabili nel campo del visibile, comportando possibile fastidio visivo e disturbo del conducente; parimenti una non attenta analisi delle specifiche di emissione del LED in fase di sostituzione di LED guasti potrebbe portare ad un incremento espositivo considerevole, anche nel caso in cui il diodo sostituito rientri nel gruppo di rischio fotobiologico “esente”.

Conclusioni

Alla luce dei risultati ottenuti, emerge che il sistema in esame non è in grado di esporre i lavoratori a valori superiori ai vigenti limiti nelle condizioni di installazione valutate, e per le tipologie di LED valutati.

E' necessario comunque che in sede di valutazione dei rischi ai sensi del D.lgvo 81/08 vengano predisposte e messe in atto appropriate procedure di acquisto e manutenzione del sistema finalizzate a:

- per prevenire possibili derive nel funzionamento dei LED che potrebbero portare a variazioni nelle lunghezze d'onda emesse dal diodo e comportare - qualora venga prodotta emissione di luce visibile - disagio o distrazione del conducente,
- prevenire che siano installati LED che comportino **esposizioni oculari significative**, pur rientrando nel gruppo fotobiologico “esente”.

Dovranno pertanto essere predisposte procedure per la corretta manutenzione di tali sistemi, per gli acquisiti di nuovi sistemi e per la sostituzione dei componenti LED, prevedendo di richiedere al produttore/fornitore che i LED installati non solo siano classificati nel gruppo “esente” ma che siano rispettati i valori di irradianza alle distanze di installazione riscontrate nell'ambito del presente rapporto, (tabella 2) per poter garantire il minor livello di esposizione ad IR per il conducente.

E' comunque da tenere presente che il sistema presenta una modalità espositiva oculare nuova, che va tenuta sotto controllo in relazione a possibili effetti a lungo termine derivanti da esposizioni croniche a valori inferiori ai valori limite prescritti dalla normativa. Tali effetti infatti non sono ancora stati adeguatamente studiati e descritti in letteratura. Si ribadisce al riguardo quanto precedentemente esposto che gli attuali limiti di legge sono derivati da studi epidemiologici basati su esposizioni **acute brevi e danni entro le 48 ore**, come è espressamente dichiarato *nella linea guida ICNIRP “On limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation” 2013*. Allo stato attuale non esistono studi sugli effetti di esposizioni croniche ad Infrarossi al di sotto dei limiti di esposizione stabiliti dalla normativa per esposizioni acute.

E' da considerare che dai risultati presentati in tabella appare che i sistemi LED oggetto della presente valutazione, pur rispettando i limiti di legge, sono comunque in grado di esporre l'occhio a valori **molto più elevati del fondo ambientale a cui normalmente è esposto l'occhio di un individuo.**

In conclusione l'apparato in esame introduce all'interno del luogo di lavoro un rischio da esposizione a radiazioni ottiche che deve essere opportunamente controllato e gestito, individuando opportune procedure di acquisto, manutenzione ed impiego.

Il personale dovrà essere opportunamente formato su tale rischio ed anche sulle modalità di riconoscere eventuali malfunzionamenti o anomalie che portino ad una variazione dell'emissione dell'apparato.

Si fa presente che alla luce di quanto prescritto dal D.lgvo 81/08 Titolo VIII Capo V Art. 216 il datore di lavoro nell'ambito della valutazione del rischio da radiazioni ottiche artificiali è tenuto a valutare *"l'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali"*.

In tale contesto appare opportuno prendere in esame - da parte del datore di lavoro e dei produttori di tali sistemi- la possibilità di utilizzare o sviluppare sistemi alternativi per il monitoraggio della fatica del guidatore di pari efficacia, che siano basati su sistemi di rilevazione e sensoristica di tipo passivo, quali ad esempio telecamere di tipo passivo per rilevare il battito delle ciglia e movimenti oculari ed altri sensori passivi di parametri fisiologici o posturali correlabili allo stato di affaticamento, che non introducano alcun rischio specifico e non richiedano la messa a punto di procedure di controllo dello stesso, discusse nel presente rapporto.

Bibliografia

1. Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva 2006/25/CE «Radiazioni ottiche artificiali» ISBN 978-92-79-19811 Unione Europea, 2011
2. 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" <http://www.portaleagentifisici.it/DOCUMENTI/>
3. 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 nel posto di lavoro
4. ICNIRP Guidelines on Limits of Exposure To Incoherent Visible And Infrared Radiation Published In: Health Physics 105(1):74- 96; 2013
5. https://www.portaleagentifisici.it/fo_ro_artificiali_documentazione.php?lg=IT