

Iole Pinto¹, Andrea Bogi¹, Francesco Picciolo², Nicola Stacchini¹

La valutazione dei rischi da radiazioni ottiche: metodi, casi studio, criticità

¹ Laboratorio di Sanità Pubblica AUSL Toscana Sud Est - Agenti Fisici Siena

² Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente Università degli Studi di Siena

RIASSUNTO. *Obiettivi.* Il lavoro presenta alcuni elementi utili ai fini della valutazione del rischio da radiazioni ottiche negli ambienti di lavoro e alcune criticità emerse in attività ove tale rischio è rilevante.

Metodi. Vengono illustrate le principali metodiche per la valutazione ed il controllo del rischio in presenza di sorgenti in grado di esporre a radiazioni ottiche di elevata intensità, quali ad esempio saldatrici ad arco, forni di fusione di vetro o metalli, impiego di lampade germicida in cappe sterili e per la sterilizzazione di ambienti.

Risultati. Per i casi studio esaminati vengono presentati i principali risultati ottenuti in differenti scenari espositivi e le principali criticità riscontrate nell'attuazione delle misure di prevenzione e protezione.

Conclusioni. Alla luce delle criticità emerse nei casi studio illustrati, ove il rischio espositivo può essere rilevante, anche dal punto di vista degli infortuni causati da esposizioni accidentali ed incontrollate, appare indispensabile che gli attori aziendali della prevenzione acquisiscano un crescente grado di consapevolezza e competenza sul rischio da radiazioni ottiche e sulle appropriate misure di tutela da mettere in atto ai fini della prevenzione dello stesso.

Parole chiave: rischio ROA, fonderie, saldatori, lampade UV, lampade germicide.

ABSTRACT. *Purpose.* Currents methods for the evaluation and control of optical radiation hazards at workplaces are presented.

Methods. Safe exposure criteria that may be readily applied to practical situations are discussed. Hazard evaluation techniques are discussed for a number of intense optical radiation sources.

Examples include arc welding, germicidal lamps in medical and laboratories activities, metal and glass melting.

Results. Hazard data and PPE choice criteria are provided, taking account of varied critical aspects from the case studies discussed.

Conclusions. Some critical aspects in the optical radiation safety management have been discussed. The improvement of protection programmes is needed to raise awareness of the health hazards of optical radiation, and to achieve the application of simple engineering controls and/or administrative controls aimed at ensuring that workers are made aware of the presence of potentially harmful optical radiation and providing information to avoid such harmful exposure, according to AOR Directive.

Key words: AOR risk, foundry, welding, UV lamps, germicide lamps.

1. Introduzione

Le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezza d'onda compresa tra 100 nm e 1 mm prendono il nome di Radiazioni Ottiche. Lo spettro delle radiazioni ottiche si suddivide in radiazioni ultraviolette, radiazioni visibili e radiazioni infrarosse, come riportato in Tabella I.

Alcuni degli effetti nocivi provocati dall'esposizione alla radiazione ottica sono noti e documentati da secoli. Agli inizi del 1700 Ramazzini, il medico italiano fondatore della medicina del lavoro, nel libro "*De morbis artificum diatriba*", nel capitolo dedicato ai vetrai scriveva che i loro occhi "*Affrontano direttamente l'impeto del fuoco e spesso piangono la loro disgrazia con un'acuta infiammazione e si indeboliscono perché i loro umori naturali, che sono acquosi, vengono rissicati e consumati dall'eccessivo calore*". In un altro trattato di medicina del lavoro del Ferrannini dei primi del '900, si legge a proposito dei disturbi oculari connessi alla saldatura dei metalli "*è questa la sindrome dell'oftalmia elettrica, che si ha negli operai che saldano o fondono metalli con l'elettricità*". Per quanto riguarda l'effetto cancerogeno della radiazione UV - classificata dallo IARC come cancerogeno in classe 1 (1) - sono disponibili dati in letteratura scientifica da oltre 40 anni (2). Ciononostante l'assenza di valori limite e criteri specifici di valutazione del rischio da radiazioni ottiche nell'ambito del quadro normativo nazionale - prima dell'entrata in vigore del DLgs.81/2008 - fa riscontrare ancora oggi in attività lavorative che comportano elevate esposizioni a Radiazioni Ottiche, sia di origine naturale che di origine artificiale, notevoli carenze nell'attuazione delle misure di prevenzione minime a tutela della salute dei lavoratori, che in genere si accompagnano ad una scarsa consapevolezza del rischio da parte degli attori della prevenzione aziendale e conseguentemente dei lavoratori esposti. Nell'ambito del presente lavoro si individuano i principali aspetti relativi alla valutazione e prevenzione del rischio da radiazioni ottiche. Si esaminano quindi alcune attività e lavorazioni ove le esposizioni a radiazioni ottiche incoerenti di origine artificiale possono essere particolarmente elevate: saldatura ad arco, fusione di vetro e metalli, impiego di lampade germicide, e se ne discutono le principali criticità riscontrate nella valutazione e prevenzione del rischio in casi studio.

Tabella I. Effetti delle Radiazioni Ottiche su occhi e cute in funzione delle differenti componenti spettrali della Radiazione Ottica

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

2. Metodiche di valutazione del rischio da Radiazioni Ottiche

La finalità principale della valutazione del rischio da esposizione a radiazioni ottiche è l'individuazione delle appropriate misure di tutela da mettere in atto per prevenire l'insorgenza dei danni che l'interazione della radiazione ottica con l'occhio e con la cute può provocare, sintetizzati in Tabella I.

Il capo V del titolo VIII del D.lgvo 81/08 stabilisce i criteri e i metodi da attuare per la prevenzione del rischio da esposizione a radiazioni ottiche di origine artificiale.

L'Art. 216 del D.lgvo 81/08 "Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi" prescrive che nell'ambito della valutazione dei rischi, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori. Nel caso delle radiazioni ottiche è in genere possibile acquisire dati adeguati ai fini della valutazione dei rischi senza effettuare alcuna misurazione, utilizzando ad esempio le fonti di seguito discusse, ovvero i dati forniti dai costruttori ai sensi di specifiche norme di prodotto, come espressamente previsto dalla normativa nel caso degli apparati Laser (3,4).

È da specificare al riguardo che la misurazione delle radiazioni ottiche sul posto di lavoro è in genere costosa, complessa e richiede personale altamente specializzato. Il costo della misura è solo in minima parte imputabile al costo intrinseco dello strumento di misura, ma è dovuto soprattutto alla complessità del controllo della correttezza dei dati acquisiti, che richiede la conoscenza a priori delle caratteristiche spettrali della sorgente ai fini della corretta calibrazione, acquisizione ed elaborazione delle misure (5). Qualora ciò non sia realizzato le misure possono essere affette da incertezze elevate e non quantificabili (6,7).

Ai fini della valutazione del rischio è possibile utilizzare la banca dati ROA contenuta nel Portale Agenti Fisici alla sezione Radiazioni Ottiche Artificiali (8). Essa include i dati di emissione dei principali apparati che emettono ROA di interesse fotobiologico, e riporta i risultati analitici delle misure di irradianza/radianza effettuate a differenti distanze e/o condizioni di impiego della sorgente. Viene inoltre fornita la durata massima di esposizione consentita per occhi/cute non protetti di un soggetto esposto alla distanza presa in esame (Figura 1). Vengono infine fornite informazioni sulle misure di tutela attuabili



Figura 1. Esempio di presentazione delle misure contenute in banca dati ROA del Portale Agenti Fisici: Misure su Lampada Germicida installata in cappa sterile da laboratorio

per la sorgente specifica (es. DPI, schermi, procedure operative etc.). Alla sezione radiazioni ottiche artificiali del Portale Agenti Fisici (8) sono altresì disponibili calcolatori interattivi di esposizione e procedure guidate on line che consentono di valutare il rischio di esposizione alle radiazioni ottiche emesse da sistemi per illuminazione a LED ed alogenuri, Laser, Saldatrici ad arco, acquisendo i dati relativi alle modalità di impiego ed alla geometria espositiva inseriti dall'utente. Nel caso delle saldatrici ad arco la procedura consente anche la scelta ed il dimensionamento dei DPI appropriati per gli operatori che si trovino ad operare nei pressi della postazione di saldatura e che sono co-

munque soggetti al rischio di superamento dei limiti di esposizione a radiazioni ottiche per occhi e cute qualora stazionino o transitino in prossimità dall'arco di saldatura (Figura 2).

2.1 Radiazione UV Solare

Le radiazioni ottiche naturali sono escluse dal campo di applicazione del titolo VIII. Ciò rappresenta un vuoto nell'impianto normativo, soprattutto se si considera che la radiazione UV solare è nel gruppo dei cancerogeni certi per l'uomo indicati dalla IARC (1). Le linee guida del Coordinamento tecnico delle regioni sugli agenti fisici (4),

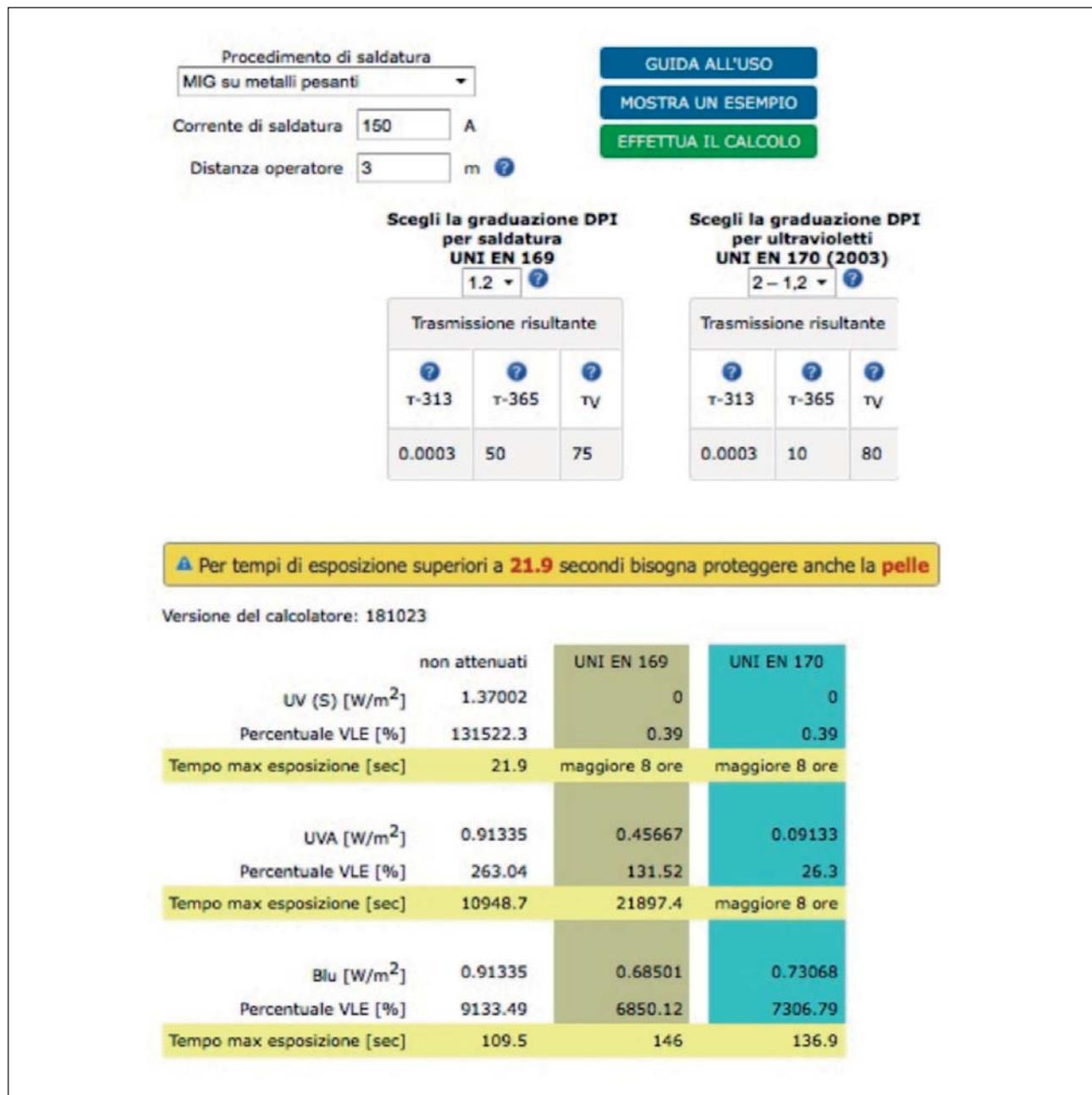


Figura 2. Risultati del calcolo dell'esposizione a Radiazione UV e luce blu da arco di saldatura sulla base dei parametri impostati dall'utente forniti dal calcolatore saldature disponibile on line sul Portale Agenti Fisici. Nell'esempio sono impostati i seguenti parametri: Saldatura MIG su metalli pesanti; Corrente di Saldatura 150 A; distanza del soggetto esposto: 3 metri dall'arco di saldatura. La scelta della graduazione dei DPI è effettuata nei due menu a tendina: Nella colonna UNI EN 169 si seleziona la graduazione qualora venga scelto un DPI da saldatore; nella colonna UNI EN 170 si sceglie la graduazione per un DPI da UV

da infrarosso). Durante le fasi di prelievo, trasferimento e lavorazione del materiale fuso, l'esposizione a radiazione infrarossa degli operatori risulta in genere superiore ai valori limite di esposizione (12,13). Pertanto gli operatori addetti alle fasi che danno luogo al superamento dei limiti di esposizione devono indossare ripari facciali o maschere di protezione specifici per IR. Talvolta in tali realtà si è riscontrato che vengono forniti agli operatori ripari facciali di protezione non idonei, tipicamente con filtro per UV (filtro n. 2 norma EN 170) (14) e non per Infrarosso (filtro n. 4 norma EN 171) (15). In genere i filtri per UV non sono efficaci nell'attenuazione dell'infrarosso, e possono comportare un incremento dell'esposizione oculare alla radiazione Infrarossa emessa dal corpo incandescente. La criticità scaturisce dal fatto che i DPI per infrarossi con attenuazione idonea per temperature di fusione intorno a 1200 °C (numero scala 4-3 o 4-4) sono molto scuri, e sono da utilizzarsi esclusivamente nelle fasi di maggiore esposizione ad infrarosso in prossimità del materiale incandescente, (prelievo da forno, colata etc.). Viceversa tali filtri non possono essere usati per mansioni differenti da quelle che comportano la visione diretta del materiale fuso, in quanto la trasmissione nel visibile è inadeguata per l'espletamento di altre attività lavorative. Per altre mansioni in prossimità della sorgente è possibile scegliere - in funzione della durata dell'esposizione alla radiazione IR effettivamente necessaria all'espletamento delle differenti mansioni - occhiali per infrarossi meno scuri, che attenuano in misura minore la radiazione infrarossa e con una maggiore trasmissione nel visibile, e quindi più confortevoli sotto il profilo del comfort visivo per il lavoratore.

3.3 Lampade Germicida

Una lampada germicida è un tipo particolare di lampada che produce radiazione ultravioletta con componente spettrale dominante nella regione UV-C. La radiazione ultravioletta nella regione UV-C modifica il DNA o l'RNA dei microorganismi e quindi impedisce loro di riprodursi o di essere dannosi. Per tale motivo viene utilizzata in diverse applicazioni, quali la disinfezione di cibo, acqua e aria. Tipicamente le lampade germicida, installate in cappe sterili di laboratorio o a parete per sterilizzare ambienti, sono costituite da lampade al mercurio, con emissione dominante nella riga spettrale a 253 nm (UVC). Gli organi bersaglio sono la cornea e la cute. Le misurazioni effettuate in condizione di esposizione diretta dell'operatore (ad altezza operatore) alla radiazione emessa da lampade installate a soffitto a 3 metri dal pavimento, evidenziano esposizioni particolarmente elevate, che comportano il superamento dei limiti di legge per la radiazione UV in pochi secondi di esposizione, per un soggetto non protetto (16). Analoghi risultati sono stati ottenuti per lampade germicida installate in cappe da laboratorio, in posizione operatore ed a cappa aperta (16).

Sulla base di tali evidenze appare indispensabile che vengano stabilite procedure di sicurezza per l'impiego di tali lampade e che tutti i lavoratori che a qualsiasi titolo accedano ai locali ove sono installate tali lampade siano a conoscenza delle procedure di sicurezza e le rispettino con consapevolezza. È indispensabile prevenire l'accesso al lo-

cale a soggetti non protetti ed inconsapevoli del rischio, nel caso in cui l'accesso avvenga con le lampade in funzione.

Una misura di tutela particolarmente efficace a tale proposito è quella di predisporre che l'accensione delle lampade avvenga solo grazie ad appositi interruttori a chiave, e che queste siano affidate solo a personale adeguatamente formato (16). Tali elementari e fondamentali misure di tutela non sembra siano ancora sistematicamente messe in atto in tutte le realtà operative ove tali lampade sono utilizzate, sia in ambito sanitario che nel terziario (palestre, pubblici esercizi etc.); talvolta gli operatori non sono consapevoli dell'esistenza del rischio espositivo a radiazione UVC e ciò può causare esposizioni rilevanti con danni gravi ad occhi e cute dei soggetti accidentalmente esposti.

4. Conclusioni

L'attuale quadro normativo, in vigore ormai da dieci anni, dovrebbe rappresentare un'importante opportunità per la prevenzione del rischio da esposizione a radiazioni ottiche, definendo in maniera puntuale gli obblighi e i criteri cui i datori di lavoro devono attenersi ai fini della riduzione e del controllo del rischio. Nel presente lavoro si sono discusse alcune delle principali criticità emerse ai fini della prevenzione e protezione dei lavoratori in attività ove tale rischio è rilevante, anche dal punto di vista degli infortuni causati da esposizioni accidentali ed incontrollate. Appare indispensabile che gli attori della prevenzione ed in particolare gli addetti ai servizi di prevenzione e protezione rischi, i medici competenti, i responsabili dei lavoratori per la sicurezza e gli operatori della vigilanza acquisiscano un crescente livello di consapevolezza e competenza sul rischio da radiazioni ottiche e sulle appropriate misure di tutela da mettere in atto ai fini della prevenzione dello stesso.

Bibliografia

- 1) International Agency for research on cancer WHO. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, Volume 100 D: Radiation ([http://http://monographs.iarc.fr](http://monographs.iarc.fr)).
- 2) ICNIRP 14/2007 Protecting Workers from Ultraviolet Radiation International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection In Collaboration with: International Labour Organization World Health Organization ISBN 978-3-934994-07-2.
- 3) Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva 2006/25/CE "Radiazioni ottiche artificiali" ISBN 978-92-79-19811 Unione Europea, 2011.
- 4) 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/>
- 5) Larason TC, Cromer CL. Sources of Error in UV Radiation Measurements J Res Natl Inst Stand Technol 2001; 106: 649-656.
- 6) UNI EN 14255-1: 2006 Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti - Parte 1: Radiazioni ultraviolette emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro.
- 7) 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.

- 8) <https://www.portaleagentifisici.it>
- 9) UNI EN 1598:2004 Salute e sicurezza in saldatura e tecniche connesse - Tende, strisce e schermi trasparenti per procedimenti di saldatura ad arco.
- 10) UNI EN 169: 2003 Protezione personale degli occhi - Filtri per saldatura e tecniche connesse - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate.
- 11) UNI EN 379: 2004 Protezione personale degli occhi - Filtri automatici per saldatura.
- 12) ICNIRP Guidelines on Limits of Exposure To Incoherent Visible And Infrared Radiation Published In: Health Physics 105(1): 74-96; 2013.
- 13) Sisto R, Pinto I, Stacchini N, et al. AIHAJ - American Industrial Hygiene Association 01/2000; 61(1): 5-10 Infrared Radiation Exposition Risk in "Glass Traditional Factories".
- 14) UNI EN 170: 2003 Protezione personale degli occhi - Filtri ultravioletti - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate.
- 15) UNI EN 171: 2003 Protezione personale degli occhi - Filtri infrarossi - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate.
- 16) Pinto I, Bogi A, Picciolo F, et al. Procedure operative per la prevenzione del rischio da esposizione a Radiazioni Ottiche Artificiali: Cappe sterili e Lampade Germicide Rapporto PAF 1/15: 2015 https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/ROA_DOCUMENTAZIONE/report_paf_roa_2_04_2015_UVC.pdf?lg=IT

Corrispondenza: Iole Pinto, Laboratorio di Sanità Pubblica AUSL Toscana Sud Est, Agenti Fisici, Strada di Ruffolo 4, 53100 Siena, Italy, E-mail: iole.pinto@uslsudest.toscana.it