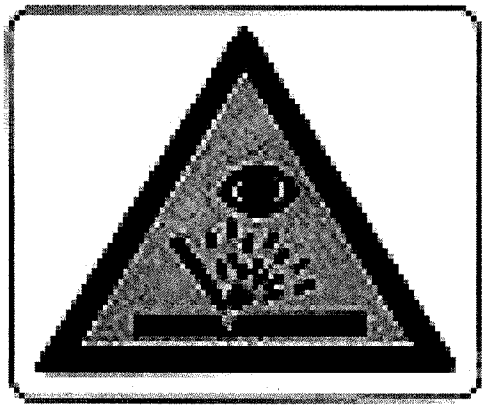
Valutazione dei rischi derivanti dall'esposizione professionale a Radiazioni Ottiche artificiali



CIMET S.R.L.

Via Casilina Nord Km 68.500

03013 – FERENTINO (FR)

INDICE

1. RIFERIMENTI NORMATIVI e SCIENTIFICI **Pag. 3**

1.1 La normativa nazionale sulle radiazioni ottiche artificiali Pag. 3

1.2 Effetti biologici delle radiazioni ottiche Pag. 6

2. PROCEDURE PER LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI ALLE RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI **Pag. 12**

2.1 Considerazioni generali per la valutazione delle saldatrici ad arco Pag. 12

2.2 Eventuali misure per sorgenti diverse da saldatrici ad arco Pag. 15

3. CONCLUSIONI **Pag. 16**

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

1.1 La normativa nazionale sulle Radiazioni Ottiche

Con la pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale n.101 del 30.04.2008 del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 *"Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro."* si conclude un percorso quasi trentennale per la normativa italiana sulle problematiche riferite alla salute e alla sicurezza del lavoro.

Fino alla pubblicazione di questo decreto, la tutela dall'esposizione professionale e residenziale non era regolamentata che attraverso i principi generali di tutela della salute dei lavoratori utilizzando, come riferimenti normativi, le linee guida dell'ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists) e dell'ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection).

Questo Decreto è il tanto atteso "Testo Unico" sulla sicurezza del lavoro che sostituisce tutta la normativa vigente in tale campo (ad esclusione del Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230, e sue successive modificazioni che regolamenta l'esposizione alle radiazioni ionizzanti) riordinandola in un unico articolato.

Limitando quindi l'analisi e le considerazioni su questo nuovo testo normativo alla sola valutazione dei rischi dovuti all'esposizione alle radiazioni ottiche riportiamo, di seguito, i principali riferimenti ivi contenuti:

> ***DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008, n.81*** *"Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.* G.U. n.101 del 30.04. 2008 (Suppl. Ord. N. 108/L)

Partendo dalle Definizioni (art. 2, comma 1, lettera q) nelle quali si definisce, tra l'altro, il significato di valutazione dei rischi

> ***Art. 2. Definizioni***
>
> *1. Ai fini ed agli effetti delle disposizioni di cui al presente decreto legislativo si intende per: ...*
>
> *q) **«valutazione dei rischi»: valutazione globale e documentata** di i rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori presenti nell'ambito dell'organizzazione in cui essi prestano la propria attivita', finalizzata ad individuare le adeguate misure di prevenzione e di protezione e ad elaborare il programma delle misure atte a garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di salute e sicurezza;*

si giunge all'art. 17 in cui si ricorda la diretta responsabilità del datore di lavoro nella stesura della valutazione dei rischi;

Art. 17. Obblighi del datore di lavoro non delegabili

1. Il datore di lavoro non puo' delegare le seguenti attivita':

a) la valutazione di tutti i rischi con la conseguente elaborazione del documento previsto dall'articolo 28;

b) la designazione del responsabile del servizio di prevenzione e protezione dai rischi.

L'obbligo del datore di lavoro di non delegare la valutazione del rischio e la stesura del relativo documento di valutazione (lettera a)) è richiamato dall'

Art. 28. Oggetto della valutazione dei rischi

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, nonche' 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, secondo i contenuti dell'accordo europeo dell'8 ottobre 2004, e quelli riguardanti le lavoratrici in stato di gravidanza, secondo quanto previsto dal decreto legislativo 26 marzo 2001, n. 151, nonche' quelli connessi alle differenze di genere, all'eta', alla provenienza da altri Paesi.*

2. ***Il documento*** *di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), redatto a conclusione della valutazione,* ***deve avere data certa e contenere:***

a) ***una relazione sulla valutazione di tutti i rischi per la sicurezza e la salute durante l'attivita' lavorativa, nella quale siano specificati i criteri adottati per la valutazione stessa;***

b) l'indicazione delle misure di prevenzione e di protezione attuate e dei dispositivi di protezione individuali adottati, a seguito della valutazione di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a);

... ...

3. Il contenuto del documento di cui al comma deve altresì rispettare le indicazioni previste dalle specifiche norme sulla valutazione dei rischi contenute nei successivi titoli del presente decreto.

che, al comma 1, sottolinea l'obbligo della valutazione di tutti i rischi, al comma 2 lettera a), la necessità di effettuare una relazione nella quale specificare i criteri di valutazione adottati e al comma 3 rimanda al rispetto delle indicazioni specifiche per la valutazione contenute nei successivi titoli del decreto.

Per le Radiazioni Ottiche il Titolo di riferimento è, come già detto, il Titolo VIII relativo agli Agenti Fisici diviso in sei Capi:

Capo I – Disposizoni Generali
Capo II – Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro
Capo III – Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a vibrazioni
Capo IV – Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici
Capo V – Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a radiazioni ottiche artificiali
Capo V – Sanzioni

Con l'art. 181 (Capo I) si definiscono gli "Agenti fisici" ed il campo di applicazione:

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, le atmosfere iperbariche, di origine artificiale, 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 quelle comportanti esposizione a vibrazioni si applica il Capo III, per quelle comportanti esposizione a campi elettromagnetici si applica il Capo IV, per quelle comportanti esposizione **a radiazioni ottiche artificiali si applica il Capo V.***

3. La protezione dei lavoratori dalle radiazioni ionizzanti è disciplinata unicamente dal decreto legislativo
17 marzo 1995, n. 230, e sue successive modifiche ed integrazioni.

Il comma 2 dell'art. 180 rimanda al Capo V, oltre a quanto previsto al Capo I, per le attività che comportino esposizioni a campi elettromagnetici.

L'articolo 306 (Disposizioni finali) determina l'entrata in vigore del Capo V al 26 aprile 2010.

Articolo 306. Disposizioni finali

*3. Le disposizioni di cui al titolo VIII, capo IV entrano in vigore alla data fissata dal primo comma dell'articolo 13, paragrafo 1, della direttiva 2004/40/CE; **le disposizioni di cui al capo V del medesimo titolo VIII entrano in vigore il 26 aprile 2010.***

ovvero la data prevista per l'entrata in vigore delle prescrizioni relative alla protezione dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali della Direttiva 2006/25/CE.

L'entrata in vigore del Capo V all'aprile 2010 non esime però il datore di lavoro dall'effettuare, ai sensi del comma 1 dell'art. 181, la valutazione dei rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici, radiazioni ottiche artificiali incluse, per la valutazione ai sensi dell'art. 28, comma 2, lettera a) che prevede, lo ricordiamo, "...una relazione sulla valutazione di tutti i rischi per la sicurezza e la salute durante l'attività lavorativa, nella quale siano specificati i criteri adottati per la valutazione stessa."

Articolo 181. Valutazione dei rischi

*1. Nell'ambito della valutazione di cui all'articolo 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 esposizioni ad agenti fisici è programmata ed effettuata, con cadenza almeno quadriennale, da personale qualificato nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia. La valutazione dei rischi è aggiornata ogni qual volta si verifichino mutamenti che potrebbero renderla obsoleta, ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione. I dati ottenuti dalla valutazione, misurazione e

calcolo dei livelli di esposizione costituiscono parte integrante del documento di valutazione del rischio.
3. Il datore di lavoro nella valutazione dei rischi precisa quali misure di prevenzione e protezione devono essere adottate. ***La valutazione dei rischi è riportata sul documento di valutazione di cui all'articolo 28****, essa può includere una giustificazione del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata.*

La moratoria relativa al Capo V si deve dunque intendere nella sola applicazione delle eventuali prescrizioni, misure di prevenzione, sorveglianza sanitaria e quant'altro collegato all'articolato specifico del Capo IV e ai relativi allegati riportanti i valori limite e i valori d'azione sulla base dei quali andrebbero effettuate azioni e misure di prevenzione; la valutazione dei rischi, anche se non in vigore l'art. 216, resta comunque un adempimento da effettuarsi ai sensi dell'art. 181.

Risulta quindi evidente la difficoltà di eseguire una valutazione dei rischi senza avere alcun riferimento normativo, anche se è possibile *riferirsi "...alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi"* come riportato alla fine del comma 1 dell'art. 181.

Un'altra possibilità è certamente quella di utilizzare ugualmente il Capo V per la sola valutazione dei rischi riportando i dati ottenuti dalla valutazione nella relazione contenuta nel documento da redigere ai sensi del già citato comma 3 dell'art. 181; **tale procedura è quella consigliata dall'ISPESL (Istituto Superiore per la Protezione E la Sicurezza del Lavoro).**

1.2 Effetti biologici delle Radiazioni Ottiche

La parte di spettro elettromagnetico che prende il nome di Radiazioni Ottiche è la parte più energetica del più esteso spettro elettromagnetico detto Non Ionizzante; in particolare si estende nell'intervallo di lunghezze d'onda comprese tra 1 mm e 100 nm e, al suo interno, si divide in altri sottointervalli spettrali noti come **infrarosso, visibile, ultravioletto**.

Per comprendere quali siano gli eventuali effetti biologici di rilevanza sanitaria dovuti all'interazione delle radiazioni ottiche con il corpo umano, è necessario partire proprio dalla consapevolezza che l'occhio è l'unico organo in grado di percepire lo stimolo luminoso ed è, quindi, l'organo che deve essere protetto da una errata esposizione alla luce, pena la cecità.

Anche la pelle, la barriera che isola e difende dall'esterno il corpo umano ed è ricca di altri ricettori sensibili all'infrarosso, deve essere protetta da un'esposizione a radiazioni ottiche che possano danneggiarla o, peggio, "mutarla" in un melanoma.

La pelle e l'occhio sono, dunque, i principali organi a rischio nel caso di esposizione a radiazioni ottiche; questo è dovuto alla diversa profondità di penetrazione della radiazione elettromagnetica nella materia che, a queste frequenze, è essenzialmente superficiale. In generale, parlando di effetti dovuti all'esposizione a un qualsiasi agente fisico, chimico o biologico, si deve distinguere tra gli effetti acuti, certi e immediati (deterministici)

eventualmente prodotti e gli effetti che potrebbero manifestarsi dopo un lungo periodo di latenza (stocastici).

Se, infatti, può essere evidente il nesso diretto "interazione - danno" per esposizioni che superino determinati valori della grandezza fisica di riferimento (i valori limite), soprattutto per radiazioni molto energetiche come quelle ionizzanti, meno diretti e più complessi sono i meccanismi alla base dello scambio energetico che avviene tra materia e radiazioni non ionizzanti al di sotto di questi valori, per i quali si hanno essenzialmente effetti di tipo termico all'interno di organi e tessuti.

Se per i campi elettromagnetici la protezione dall'esposizione è limitata alla protezione dal danno acuto quello di tipo deterministico non essendo noti, alla luce delle attuali conoscenze, possibili effetti a lungo termine, nel caso delle radiazioni ottiche, l'energia associata è tanto più in grado di produrre numerosi effetti biochimici e biofisici importanti, anche dal punto di vista stocastico (effetti a lungo termine) quanto più si raggiunge la regione spettrale dell'ultravioletto. In questa regione, infatti, l'energia dei fotoni è confrontabile con l'energia di legame di numerose strutture atomiche e molecolari, come le proteine e molti altri composti organici (effetti fotochimici), e la scarsa capacità di penetrazione della radiazione implica una deposizione dell'energia che è praticamente superficiale, coinvolgendo il primo strato di tessuto cutaneo.

A lunghezze d'onda più alte e corrispondenti a energie più basse, invece, aumenta la profondità di penetrazione della radiazione e l'energia da essa trasportata e ceduta si distribuisce su volumi di tessuto maggiori, interagendo con strutture biologiche sempre più in profondità, con un effetto più termico che fotochimico (si veda la *figura 1*).

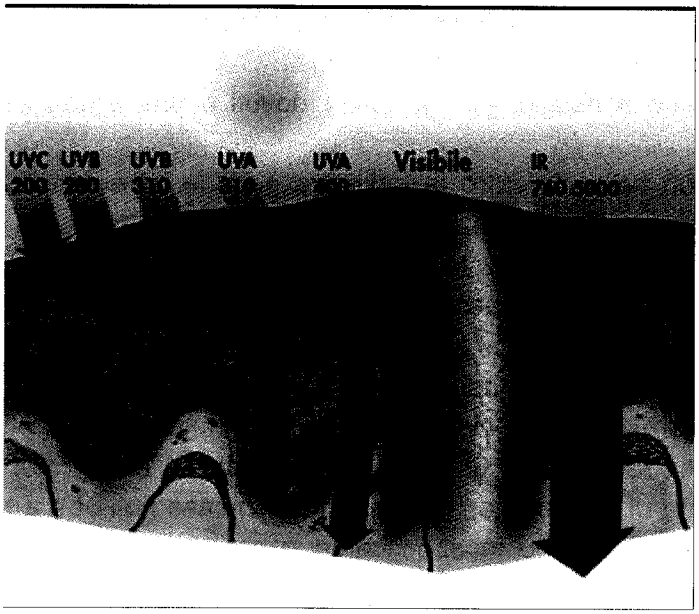


Figura 1 Profondità di penetrazione delle Radiazioni Ottiche nella cute

Per la pelle i possibili effetti coinvolgono gli strati sottocutanei, dove si trovano vasi sanguigni, terminazioni nervose, ghiandole e strutture cellulari attive. Se il massimo della profondità di penetrazione della radiazione viene raggiunto nell'infrarosso (IR) dove l'effetto dell'interazione che induce il danno è di tipo termico (ustione), gli effetti più pericolosi per la salute della pelle, soprattutto nel lungo periodo, si trovano spostandosi nella regione spettrale degli ultravioletti (UV) che, anche se meno penetranti degli IR, hanno energia maggiore e sono in grado di dare luogo ad effetti di tipo fotochimico. L'esposizione agli UV produce, come primo effetto acuto (effetto deterministico), l'eritema, che si manifesta come un arrossamento della pelle e che dipende fortemente dal fototipo cutaneo; la sua comparsa rappresenta il primo segnale di un'esposizione che darà origine ad una risposta fisiologica di difesa a questo agente fisico: la produzione di melanina (abbronzatura) e l'ispessimento dello strato corneo superficiale dell'epidermide.

Ma gli UV non sono solo eritemigeni ed abbronzanti; fin dal 1992 la IARC (International Agency for Research on Cancer) ha classificato le componenti UVA, UVB ed UVC artificiali, considerate separatamente, come "probabili cancerogeni per l'uomo" e come tali le ha inserite nel Gruppo 2A, il gruppo delle sostanze, agenti o misture per cui è accertata la cancerogenicità su animali e vi è evidenza epidemiologica di cancerogenicità sull'uomo. È forse il caso di ricordare che, sempre nella stessa pubblicazione la radiazione solare viene classificata come agente cancerogeno di Gruppo 1. Tale gruppo è quello nel quale vengono inserite le sostanze note per gli effetti cancerogeni certi sull'uomo derivanti sia da studi sperimentali che da studi epidemiologici.

In caso di esposizione acuta oppure prolungata nel tempo agli UV si possono dunque manifestare: eritema, fotoinvecchiamento della pelle (che si manifesta con la perdita di tonicità e di elasticità), reazioni fotoallergiche e fototossiche, immunosoppresione fotoindotta e, come danno più grave, la fotocancerogenesi.

L'altro organo a rischio, per gli effetti dovuti a una errata esposizione a radiazione ottica, è l'occhio.

L'occhio non ha nulla, oltre la palpebra e l'iride, che possa attenuare la radiazione incidente e proprio per la sua funzione fisiologica, è trasparente alla componente visibile e a quella del vicino infrarosso. Questa sua caratteristica, a cui si aggiunge una ridotta capacità di termoregolazione se non per semplice conduzione, espone parti di esso, come il cristallino, la cornea e la retina al possibile danno termico dovuto a elevati flussi di radiazione incidente. Inoltre, non essendo percepite dall'occhio le lunghezze d'onda superiori ai 780 nm, la radiazione infrarossa fino a circa 1400 nm (lunghezza d'onda oltre la quale il cristallino diventa opaco alla radiazione), incide sulla retina senza alcun intervento da parte dell'iride che ha la funzione di diaframma; sorgenti molto intense nell'IR ma scarsamente nel visibile (come può essere un corpo incandescente o comunque molto caldo), possono dunque provocare un abbagliamento non percepito come tale ed originare danni termici alla retina.

Anche il cristallino stesso, per l'eccessivo carico termico dovuto alla radiazione IR che lo attraversa e a causa della sua "adiabaticità" (ovvero l'impossibilità di scambiare

rapidamente il calore con i tessuti circostanti), si può surriscaldare e, quindi, modificare nel tempo la propria struttura opacizzandosi e sviluppando una cataratta di origine termica.

Ma il danno retinico (termico e fotochimico) può essere causato anche da una forte esposizione a luce blu, quella parte dello spettro visibile (tra 400 nm e 480 nm) che si avvicina all'estremo meno energetico degli UVA e di cui sono particolarmente ricche le lampade ad alogenuri metallici. Molte realtà commerciali (centri commerciali, grandi magazzini, negozi, ecc.) utilizzano queste sorgenti con facilità e abbondanza al fine di ottenere forti illuminamenti per la valorizzazione dei prodotti; spesso l'eccesso di illuminazione è anche associato all'uso di arredi metallici o comunque molto riflettenti. In tali situazioni gli operatori addetti alla commercializzazione possono risultare esposti a valori eccessivi di illuminamento e a forti dosi di luce blu per gran parte del tempo occupazionale.

Occhi e pelle sono dunque gli organi bersaglio per l'esposizione a radiazioni ottiche e rispondono diversamente, come abbiamo accennato, alle diverse componenti spettrali. Per questo motivo è necessario "pesare" con uno "spettro d'azione" l'irradianza spettrale (la potenza per unità di lunghezza d'onda associata alla radiazione che raggiunge una specifica superficie) della sorgente in modo da associare ad ogni intervallo spettrale la sua "efficacia biologica".

Nel caso delle componenti ultraviolette, ad esempio, l'efficacia nell'arrecare un "danno" alla cute o all'occhio dovuto ad una certa quantità di energia radiante alla lunghezza d'onda di 270 nm è 100 volte maggiore dell'efficacia dovuta alla stessa energia di una radiazione che abbia una lunghezza d'onda leggermente diversa (310 nm oppure 180 nm).

Nel grafico sottostante (Fig. 2) è riportatato lo spettro d'azione $S(\lambda)$ (tratto dalla Tabella 1.2 dell'Allegato XXXVII - Parte 1) da utilizzare nel calcolo dell'*esposizone radiante efficace o dose efficace* H_{eff}, grandezza utilizzata per valutare il rischio espositivo agli ultravioletti che originano il danno fotochimico per la pelle e l'occhio.

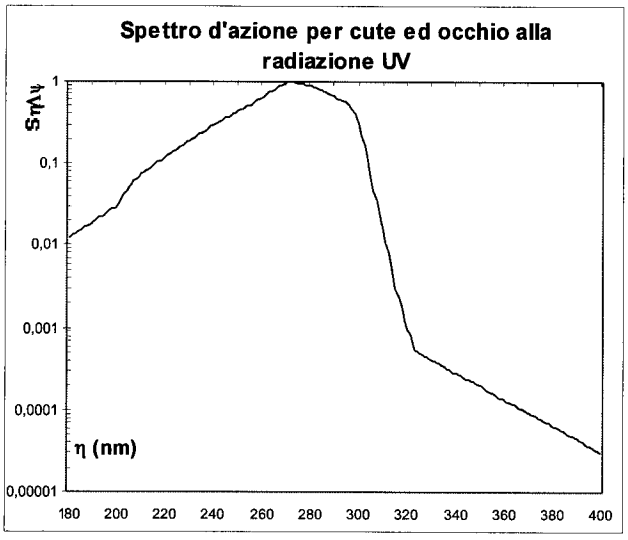


Figura. 2: Spettro d'azione S(λ) come definito in Tabella 1.2 dell'Allegato XXXVII - Parte 1

In modo del tutto analogo dovranno essere "pesate" le radianze misurate nel visibile L_B e nell'infrarosso L_R con gli spettri d'azione $B(\lambda)$ e $R(\lambda)$; a queste componenti si possono associare i danni all'occhio e alla pelle prodotti dalla radiazione per effetto termico. Questa operazione di pesatura del campo di radiazione incidente sull'organismo con i diversi spettri di ponderazione prevede che, per effettuare delle misure di radianza e irradianza, si debbano utilizzare strumenti, detti *spettroradiometri*, capaci di acquisire una misura del campo di radiazione incidente capaci di una determinata risoluzione in lunghezza d'onda.

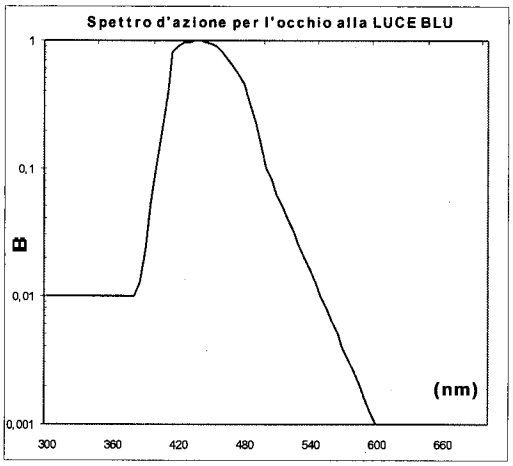
Non è quindi possibile, in generale, effettuare una misura "a larga banda", come nel caso della valutazione dei campi elettromagnetici, a meno di disporre di *dosimetri*, ovvero strumenti dotati di un filtro equivalente allo spettro d'azione che si vuole utilizzare.

L'operazione di "pesatura" dello spettro fornisce tutte le "grandezze efficaci" che si ritrovano come "valori limiti di esposizione" nella Tabella 1.1 dell'Allegato XXXVII - Parte 1 al Capo V del Titolo VIII del D.Lgs. n.81/08 e che riportiamo, a titolo di esempio, nella sottostante tabella (Tabella 1), considerando di 8 ore il tempo corrispondente alla definizione di "giornata lavorativa".

Grandezza	Banda (nm)	Limite *	Unità
H_{eff} (esposizione rad. Efficace)	180 - 400	30	J/m^2
H_{UVA} (esposizione rad.)	315 - 400	10	kJ/m^2
H_{skin} (esposizione rad.)	380 - 3000	94	kJ/m^2
E_B (irradianza eff. LUCE BLU)	300 - 700	0.21	W/m^2
E_{IR} (irradianza eff. TERMICA)	780 - 3000	176	W/m^2

Tabella 1 – Limiti di Tabella 1.1 calcolati assumendo t = 480 minuti (corrispondenti ad una giornata lavorativa di 8 ore)

Nei grafici sottostanti (Fig. 3) sono riportatati gli alri due spettri d'azione, $B(\lambda)$ e $R(\lambda)$, tratti dalle Tabelle 1.2 e 1.3 dell'Allegato XXXVII - Parte 1.



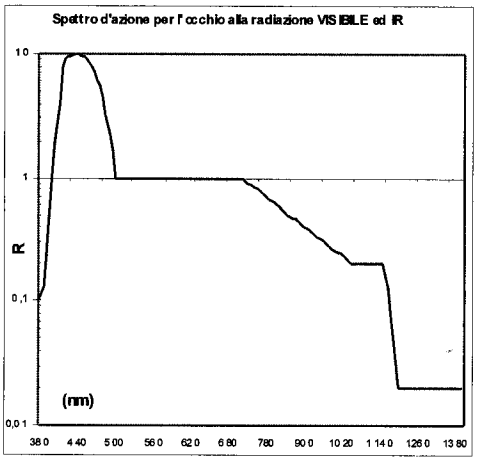


Fig. 3: Spettri d'azione B(λ) e R(λ) come definiti in Tabella 1.2 e 1.3 dell'Allegato XXXVII-Parte 1

2. PROCEDURE PER LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI ALLE RADIAZIONI OTTICHE

2.1 Considerazioni generali per la valutazione delle saldatrici ad arco.

La valutazione dei rischi associati all'esposizione professionale alle radiazioni ottiche apre uno scenario completamente nuovo e di non facile attuazione anche per coloro che si occupano di analisi e valutazione dei rischi; in molti ambienti lavorativi, infatti, sia che si tratti di piccole imprese che di grandi industrie, sono presenti attrezzature e macchinari che producono emissioni di radiazione ottica con un'altrettanto grande variabilità in termini di potenza radiante emessa.

Si pone quindi il problema, per il datore di lavoro o chi per lui debba affrontare la stesura del Documento di Valutazione del Rischio, di individuare con certezza le sorgenti di interesse protezionistico senza appesantire la valutazione con documentazione tecnica o misurazioni inutili. L'esposizione deve essere valutata, in generale, in corrispondenza della postazione di lavoro, ma anche dei luoghi comunque accessibili al lavoratore (i cosiddetti spazi di lavoro).

In questa prima fase di vita del D.Lgs. n.81/08 e fino alla piena entrata in vigore del Capo V, si ritiene sufficiente, nel caso dell'esposizione professionale alle radiazioni emesse dai processi di saldatura ad arco, di effettuare una valutazione dell'esposizione senza ricorrere a delle misure in loco ma utilizzando dati già pubblicati nella letteratura scientifica.

Questa assunzione appare pienamente giustificabile in quanto, come ampiamente riportato in letteratura, i tempi limite di esposizione per la pelle e l'occhio non protetti alla radiazione ultravioletta prodotta dalle operazioni di saldatura ad arco elettrico (di qualsiasi tipo e su qualsiasi supporto) sono dell'ordine dei minuti secondi. Nel seguente lavoro di **G. Mariutti e M. Matzeu (1998)**

MEASUREMENT OF ULTRAVIOLET RADIATION EMITTED FROM WELDING ARCS

Health Physics Vol. 54, No. 5 (May), pp. 529–532, 1988
Printed in the U.S.A.

G. Mariutti and M. Matzeu

Laboratorio di Fisica, Istituto Superiore di Sanità, Rome, Italy and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione Sanità, Rome, Italy

vengono riportati **tempi limite** di esposizione massima permessa pari a **circa 4 secondi** (vedi di seguito).

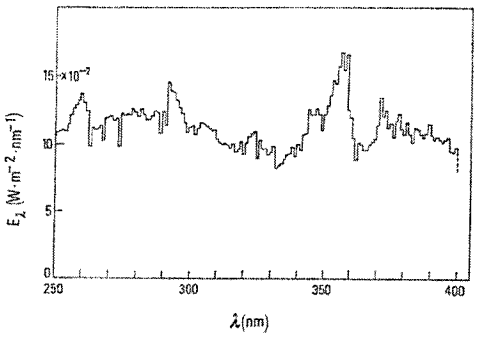


Fig. 3. Spectral irradiance E_λ of GTAW arc measured by time integrated (10-s) readings at single wavelengths and at a distance of 40 cm.

$$E_{eff} = (6.6 \pm 1.6)\ \mathrm{W\ m^{-2}},$$

$$t_{max} = \mathrm{MPE}_{270}/E_{eff} \simeq 4\mathrm{s},$$

where $\mathrm{MPE}_{270} = 30\ \mathrm{J\ m^{-2}}$

DISCUSSION

From measurements on the welding arc previously described, the maximum exposure time (without protective equipments) was on the order of seconds. In various workplaces, we observed that operators start the welding process without protecting their eyes to see the exact position of the electrode with respect to the work piece. For this reason, the maximum exposure time may be exceeded during an 8-h period. This result suggests the need for personal monitoring devices, if available, to evaluate doses due to repeated exposures for long-term studies of biological effects.

Nella Discussione riportata a lato l'autore evidenzia un aspetto molto importante che riguarda le modalità tipiche di lavorazione utilizzate da molti operatori alla saldatura: l'inizio della saldatura stessa senza alcuna protezione per effettuare il **primo punto di saldatura**.

In tali condizioni di utilizzo appare evidente che, laddove il numero di saldature effettuate nel corso della giornata lavorativa sia elevato, la possibilità di superare i limiti previsti (ovvero alcuni secondi ad occhio nudo) nell'arco delle 8 ore non sia affatto improbabile.

Un lavoro più recente (2007) di **C. Peng et all.** (vedi sotto), effettuato per saldature su alluminio riporta, oltre che le irradianze pesate (e quindi i tempi massimi di esposizione) per l'ultravioletto, anche l'irradianza pesata (e i tempi di esposizione) per **luce blu.**

EXPOSURE ASSESSMENT OF ALUMINUM ARC WELDING RADIATION

Health Physics October 2007, Volume 93, Number 4

Chiung-yu Peng,* Cheng-hang Lan,† Yow-jer Juang,† Ta-ho Tsao,† Yu-tung Dai,†
Hung-hsin Liu,‡ and Chiou-jong Chen§

Anche in questo caso (vedi tabelle e grafici successivi) **i tempi di esposizione ad occhio nudo sono dell'ordine dei secondi**.

Table 1. Welding measurement conditions.

Welding items	Welding properties
Wire	Solid wire (Indalco Alloys Co., Lt Alloy IA 5356) 1.6 mm in diameter
Machine	AC ARC Welder, Trans Puls Synergie TPS450 Fronius (Lemh Enterprise Co. Ltd.)
Welding current	Set internally by the machine as 250 ~ 280 A
Working current	Steady around 268 A
Arc voltage	220 V
Shielding gas	Argon 50 L min^{-1}
Measurement distance	100 cm from welding torch
Measurement time	70 s continuous
Spectroradiometer record	Data log with 0.5 s per data point
Wavelength scan range	200 ~ 880 nm
Scan mode	Spectral irradiance ($\mu W\ cm^{-2}\ nm^{-1}$ vs. wavelength (nm)

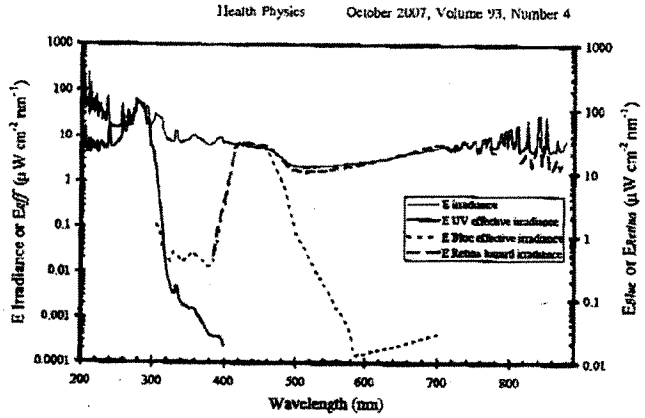


Fig. 2. The spectral irradiances of the worst case from aluminum arc welding.

Table 2. The biological effective irradiances and t_{max} from aluminum arc welding processing.

	ΣE_{eff} (220 ~ 400 nm) $\mu W\ cm^{-2}$	$E_{eff}\ t_{max}$ (s)	ΣE_{blue} (300 ~ 700 nm) $\mu W\ cm^{-2}$	$\Sigma E_{blue}\ t_{max}$ (s)	ΣE_{retina} (385 ~ 875 nm) $mW\ cm^{-2}$	ΣL_{retina} (385 ~ 875 nm) $mW\ cm^{-2}\ sr^{-1}$
Average	1,100	2.79	1,840	5.45	25.4	320
Minimum	759	3.95	1,820	5.50	25.1	315
Maximum	1,490	2.02	1,850	5.41	25.8	324
Std. dev.	176	0.45	12	0.03	0.49	6.16

Gli autori sottolineano, nelle conclusioni, sia il pericolo per l'esposizione agli ultravioletti che per la forte irradianza spettrale nella parte blu dello spettro; per queste sorgenti l'emissione pesata nel Blu è tale da raggiungere i limiti a occhio nudo in circa 5 secondi ad una distanza di 100 cm. Considerando inoltre che la distanza occhio mano dell'operatore è certamente inferiore (e che l'irradianza scala con il quadrato della distanza) l'evidenza del rischio espositivo è certamente chiara.

for risk criteria evaluation. The obtained E_{eff} effective irradiance of 759–1,490 $\mu W\ cm^{-2}$ at 100 cm from the arc, with the range of permissible exposure time per day of 2.02–3.95 s, suggests that UVR from aluminum arc welding is actually hazardous to the eye and skin.

general arc welding. The obtained E_{Blue} effective irradiance of 1,820–1,850 $\mu W\ cm^{-2}$ at 100 cm from the arc, with the range of permissible exposure time per day of 5.41–5.50 s, demonstrates that blue-light from aluminum arc welding is hazardous to the eye. Besides, the arc contact positions of welders must be even closer than those in measurements because the welders are usually less than 100 cm away from the strike of arcs and the effective irradiance is inversely proportional to the square of the distance.

2.2 Eventuali misure per sorgenti diverse da saldatrici ad arco

Nessuna

3. CONCLUSIONI

Considerando quanto discusso nel Capitolo 2 nel quale si evidenziava che il superamento dei tempi limite per l'esposizione dell'occhio e della pelle non protetti alla radiazione ultravioletta e alla luce blu prodotta da saldatrici ad arco avviene in pochi minuti secondi, appare evidente che laddove sia previsto l'uso di queste apparecchiature **è necessario che l'operatore addetto sia sempre dotato degli adeguati dispositivi di protezione individuale (DPI) previsti per tale agente fisico, ovvero maschera, grambiule in cuoio, guanti di protezione e abiti adeguati alla protezione da UV.**

In particolare si evidenzia che l'uso di maschere non attive, ovvero dotate di vetro per saldatura nero, deve comunque prevedere l'uso contestuale e obbligatorio di occhiali del tipo antischeggia a protezione dell'occhio dall'emissione UV durante il primo punto di saldatura.

Laddove la mansione e/o la lavorazione prevedano tempi di saldatura non occasionali ma che si estendano su gran parte dell'orario di lavoro, si consiglia di utilizzare maschere a controllo attivo adeguate alla lavorazione e debitamente certificate nonché abiti certificati per la protezione da radiazione ultravioletta.

Particolare attenzione deve essere posta alla definizione e schermatura dei volumi operativi dell'attività di saldatura, al fine di rendere minima o nulla la radiazione diffusa; analoga attenzione deve essere posta nella applicazione della segnaletica di obbligo all'oso dei DPI.

Si raccomanda che i lavoratori addetti alle operazioni di saldatura non occasionale siano sottoposti a sorveglianza sanitaria specifica per il rischio da radiazioni ottiche e soggetti a visita oculistica e dermatologica almeno annuale o con la frequenza che il medico competente, sentiti gli specialisti, riterrà più opportuna.

Ferentino 29 aprile 2010

Massimo BORRA
(Fisico Sanitario, Esperto Qualificato)

	Nominativo	Data	Firma
Datore di lavoro	MIZZONI MAURIZIO	29/04/10	
R.S.P.P.	MIZZONI MAURIZIO	29/04/10	
R.L.S.	FEDERICI GIANDOMENICO	29/04/10	
Medico Competente	APRIGLIANO GIANCARLO	29/04/10	