

Misure di irradianza da corpi incandescenti nell'ambito della valutazione del rischio da esposizione a ROA: possibili sovrastime e metodiche per evitarle

GIANLUCA GAMBINO¹, ANDREA BOGI², ALESSANDRO MERLINO¹, GABRIELE QUADRIO¹, DANIELE MEDA¹

¹ Ce.S.N.I.R. srl, Villasanta (MB)

² Laboratorio di Sanità Pubblica A.U.S.L. Toscana Sud Est

Introduzione

L'esposizione occupazionale alla radiazione ottica emessa da corpi incandescenti necessita di una valutazione del rischio secondo D.Lgs 81/08 (Titolo VIII, capo V) che, in caso di approfondimento strumentale, richiede la stima dell'irradianza non pesata nella banda visibile e nell'infrarosso (IRA+IRB)^[1, 2, 3]. Per acquisire l'irradianza fino a lunghezze d'onda di 3000nm è possibile utilizzare una termopila posta in sequenza a un filtro passa-banda che seleziona l'intervallo spettrale di interesse. Nel seguito si fa riferimento agli esiti di misurazioni eseguite con l'unico strumento ad indirizzo specificatamente igienistico attualmente sul mercato, il radiometro in banda larga DeltaOhm HD2402 che, per la frazione infrarossa, utilizza tale soluzione^[4].

La stima dell'irradianza tramite un sistema di questo tipo può essere influenzata dal surriscaldamento del filtro passa-banda, con questo lavoro si propone una metodica che consente di stimare il valore dell'irradianza al netto dei falsi contributi dovuti a tale fenomeno.

Materiali e Metodi

Il valore di irradianza misurato dal suddetto sistema ha un andamento temporale che segue l'equazione (1):

$$E(t) = E_{IR} + (E_{IR} - E_0) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}\right) \quad (1)$$

dove EIR è il valore all'equilibrio raggiunto con un tempo di risposta di circa 10 secondi.

In presenza della radiazione emessa da un corpo incandescente, la componente convettiva dell'energia e quella radiativa dell'IR-C assorbita dal filtro possono riscaldare il sistema, contribuendo sensibilmente all'innalzamento del valore misurato secondo una dinamica descritta anch'essa dall'eq. (1) con costante di tempo molto maggiore di 10 secondi.

L'interpolazione dei dati di irradianza misurati, utilizzando una doppia funzione esponenziale, permette di separare il contributo dovuto alla parte radiativa IRA+IRB da quello spurio (IRC + aria calda).

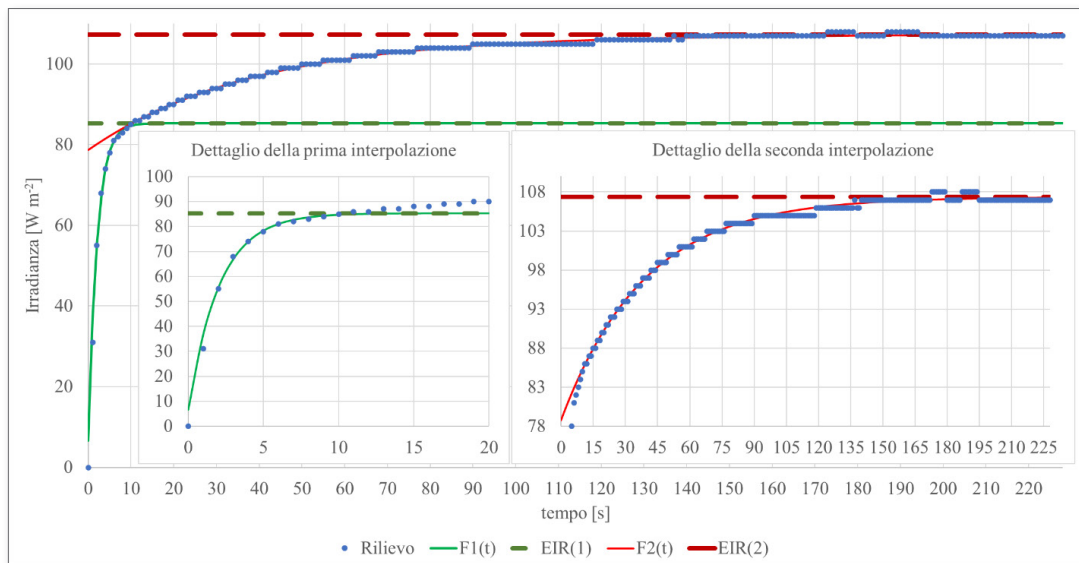


Figura 1. Esempio di interpolazione: dati (punti azzurri); funzione interpolante della prima parte del rilievo (linea verde continua) e suo valore asintotico (linea tratteggiata verde); seconda funzione interpolante (linea continua rossa) e corrispondente valore asintotico (linea tratteggiata verde).

Risultati e Discussione

Si eseguono due fit con funzioni esponenziali su intervalli temporali contigui: il primo sui primi istanti del rilievo, determina i parametri di $F_1(t)$, fino al tempo $T_{1|2}$, il secondo parte dall'istante $T_{1|2}$ fino a fine misura e individua i parametri liberi di $F_2(t)$.

In Tabella I si riportano i valori dei parametri E_0 , EIR e τ risultanti dalla procedura di interpolazione, utilizzati per definire le curve $F_1(t)$ e $F_2(t)$ esemplificate in Figura 1. Esempio di interpolazione: dati (punti azzurri); funzione interpolante della prima parte del rilievo (linea verde continua) e suo valore asintotico (linea tratteggiata verde); seconda funzione interpolante (linea continua rossa) e corrispondente valore asintotico (linea tratteggiata verde). su un caso reale, al variare del parametro $T_{1|2}$. Il valore dell'asintoto della prima interpolazione varia di circa 3 W/m^2 ($83.69 \div 86.63 W/m^2$, terza colonna) mentre il secondo è fondamentalmente costante (circa 107 W/m^2 , sesta colonna). Il parametro $\Delta F(T_{1|2})$ (penultima colonna) definito nell'eq. (2) è un indicatore del raccordo tra i due fit e la sua minimizzazione può essere usata per definire il miglior accordo, rappresentato dalla riga evidenziata in tabella.

$$\Delta F(T_{1|2}) = |F_2(T_{1|2}) - F_1(T_{1|2})| \quad (2)$$

La sovrastima dell'irradianza, calcolata come differenza dei valori asintotici delle due funzioni esponenziali è riportata nell'ultima colonna, nel caso in esame assume valori nell'intervallo $20.72 \div 23.56 \text{ W/m}^2$ Tabella I: Valori dei parametri liberi E_0 , E_{IR} e τ calcolati nei due fit, al variare dell'istante di separazione fra gli intervalli di interpolazione ($T_{1|2}$). Nella penultima colonna è riportato l'indicatore $\Delta F(T_{1|2})$, nell'ultima la sovrastima dell'irradianza (ΔE_{IR}).

Tabella I. Valori dei parametri liberi E_0 , E_{IR} e τ calcolati nei due fit, al variare dell'istante di separazione fra gli intervalli di interpolazione ($T_{1|2}$). Nella penultima colonna è riportato l'indicatore $\Delta F(T_{1|2})$, nell'ultima la sovrastima dell'irradianza (ΔE_{IR}).

$T_{1 2}$ [s]	$F_1(t)$			$F_2(t)$			$\Delta F(T_{1 2})$ [W/m ²]	$\Delta E_{IR}(1 2)$ [W/m ²]
	E_0 [W/m ²]	E_{IR} [W/m ²]	τ [s]	E_0 [W/m ²]	E_{IR} [W/m ²]	τ [s]		
5	0.00	83.69	1.84	77.43	107.25	36.96	3.05	23.56
6	0.00	84.12	1.87	77.98	107.29	37.75	1.53	23.17
7	0.00	84.04	1.86	78.21	107.31	38.08	1.01	23.27
8	0.00	84.08	1.86	78.41	107.32	38.37	0.92	23.25
9	0.00	84.28	1.88	78.57	107.34	38.60	0.97	23.06
10	2.95	84.74	1.95	78.68	107.34	38.76	0.95	22.60
11	6.60	85.29	2.06	78.73	107.35	38.82	0.88	22.06
12	8.45	85.58	2.12	78.68	107.34	38.75	1.01	21.77
13	11.15	85.99	2.21	78.75	107.35	38.85	1.10	21.36
14	12.84	86.25	2.27	78.73	107.35	38.81	1.30	21.09
15	15.23	86.63	2.37	78.83	107.35	38.94	1.44	20.72

Conclusioni

Il metodo proposto permette di individuare la sovrastima dovuta al contributo del riscaldamento del sistema alla misura di irradianza emessa da corpi incandescenti, effettuata con un sistema composto da termopila e filtro spettrale. Nel caso in esame l'entità dell'errore è stimata tra il 24% e il 28% del valore imperturbato; la mancata quantificazione di questo contributo spurio comporterebbe la restituzione di un esito superiore al limite di esposizione di 100 W/m^2 definito all'indice n. del D.Lgs. 81/08, in una situazione reale conforme a tale limite.

BIBLIOGRAFIA

1. Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81, Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro, Titolo VIII Agenti fisici, Capo V Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a radiazioni ottiche artificiali, versione 11/2020.
2. 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, Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome, rev.03, 2014.
3. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 2013. ICNIRP guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation. *Health Physics*, 105 (1), 74-96.
4. Delta Ohm, 2019, Manuale di istruzioni del Foto-Radiometro / Dosimetro R.O.A. HD2402 V1.4.