



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

37° congresso AIDII
22-24 giugno 2021



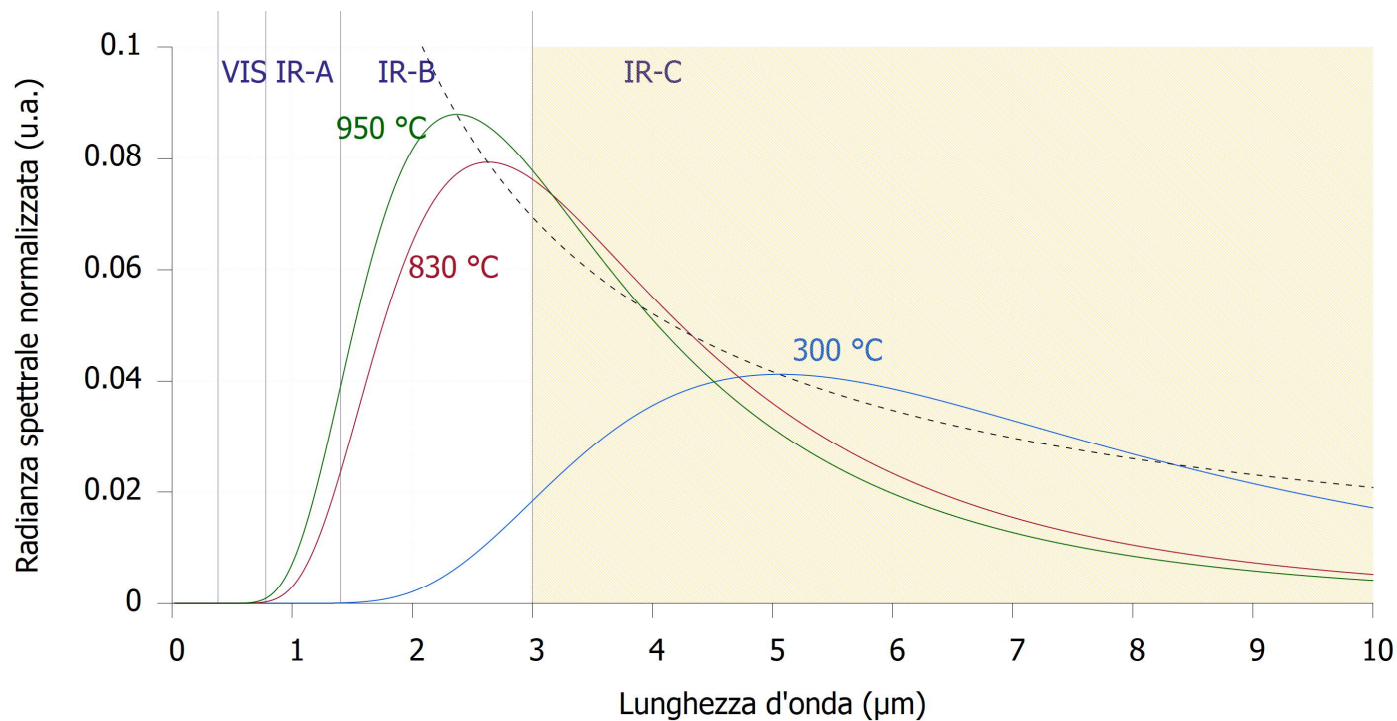
Gianluca Gambino (1), Andrea Bogi (2), Alessandro Merlino (1), Gabriele Quadrio (1), Daniele Meda (1)

(1) Ce.S.N.I.R. srl, Villasanta (MB)

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

Sorgenti incandescenti

Sorgenti la cui emissione è soggetta alla legge di **emissione spettrale** di Planck per un **corpo nero**, principalmente nella **banda infrarossa**.



Riferimenti di legge pertinenti

D.Lgs. 81/08, Titolo VIII, Capo V, Allegato XXXVII

Valori limite di esposizione

Per gli occhi

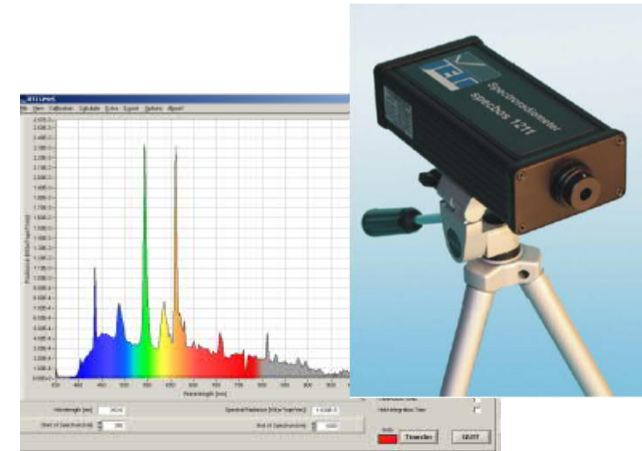
Indice	Lunghezza d'onda (nm)	Valore limite di esposizione	Tempo di esposizione
m.	780 – 3000 (IRA e IRB)	$E_{IR} = 18\,000 t^{-0.75} \text{ W m}^{-2}$	$t \leq 1\,000 \text{ s}$
n.		$E_{IR} = 100 \text{ W m}^{-2}$	$t > 1\,000 \text{ s}$

Per la cute

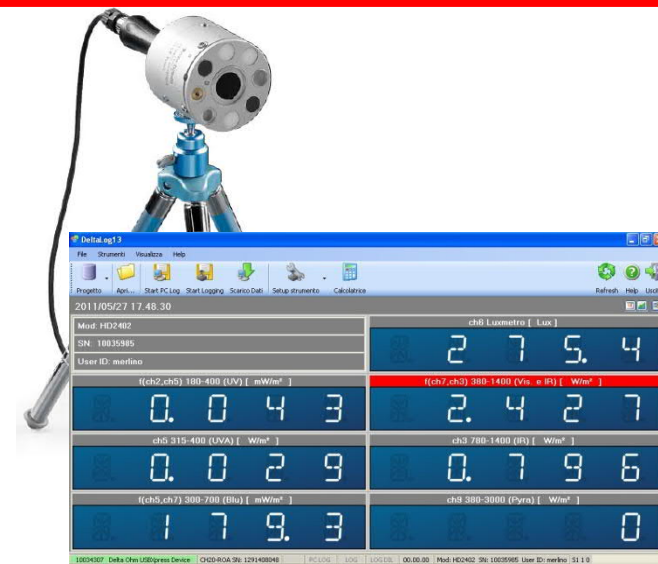
o.	380 – 3000 (VIS, IRA e IRB)	$H_{\text{skin}} = 20\,000 t^{0.25} \text{ J m}^{-2}$	$t < 10 \text{ s}$
----	--------------------------------	---	--------------------

Strumentazione utilizzabile

- ◆ **Spettroradiometri** per irradianza e radianza spettrali, in un intervallo di lunghezze d'onda limitato (ad es. 220 – 1500 nm)



- ◆ **Radiometri in banda larga** nell'intervallo 220 – 2800 nm, con risposta spettrale adeguata alle curve di pesatura S, B, R (irradianza integrata nelle bande di legge)

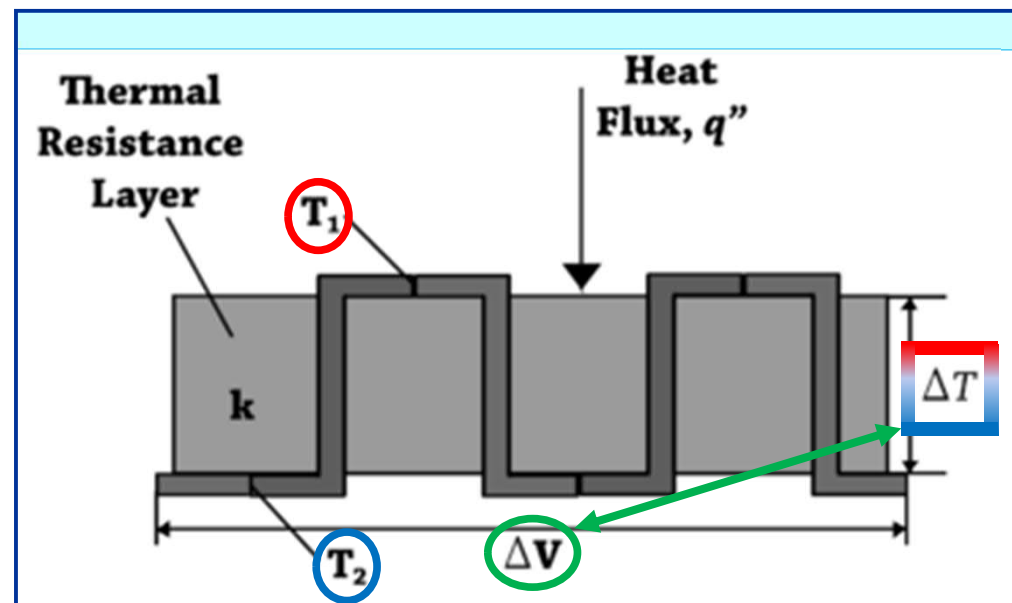


Funzionamento di un piranometro



Tempo di risposta del sensore ≈ 9 secondi

Radiometro

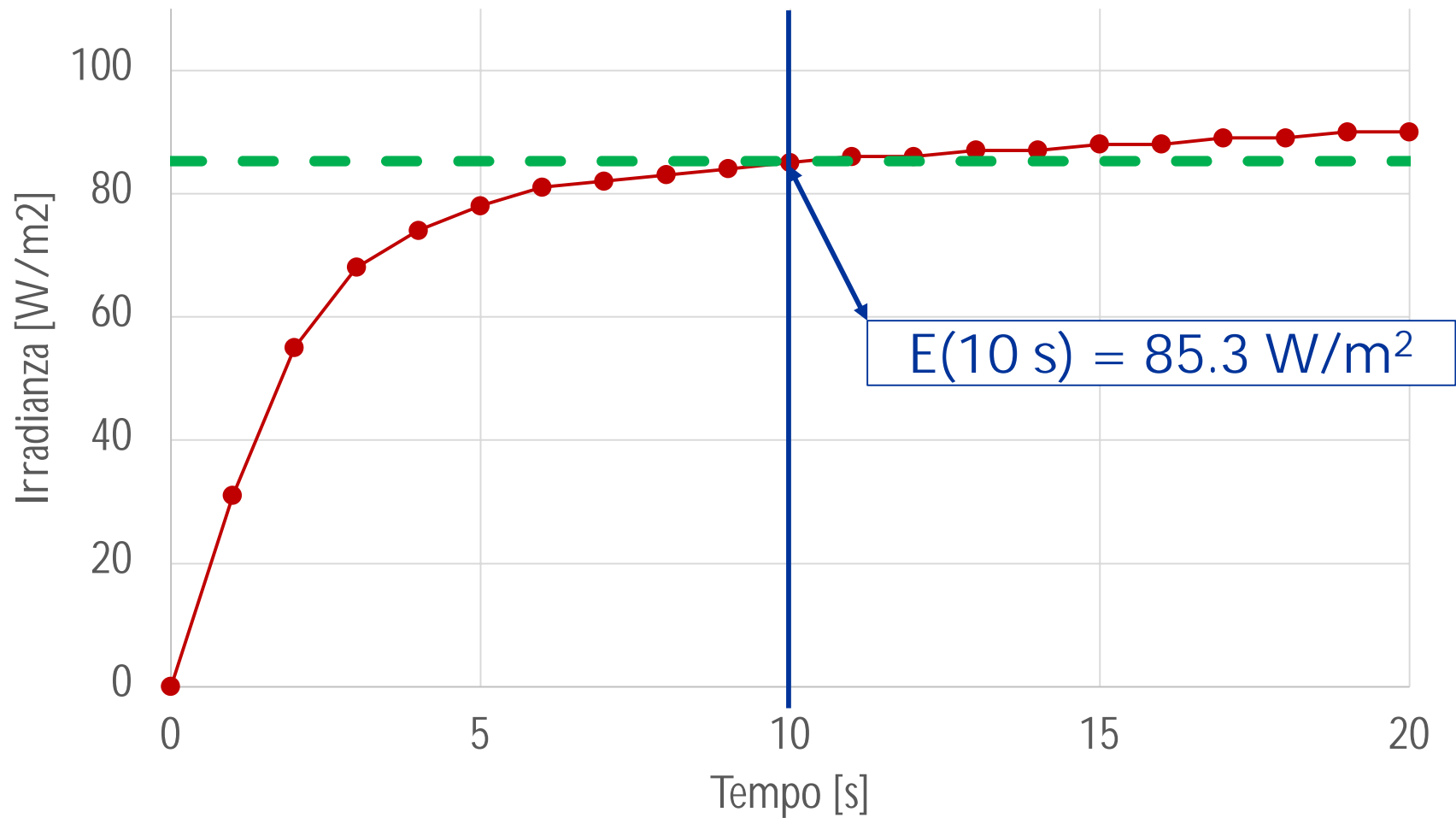


Filtro spettrale
380-3000 nm

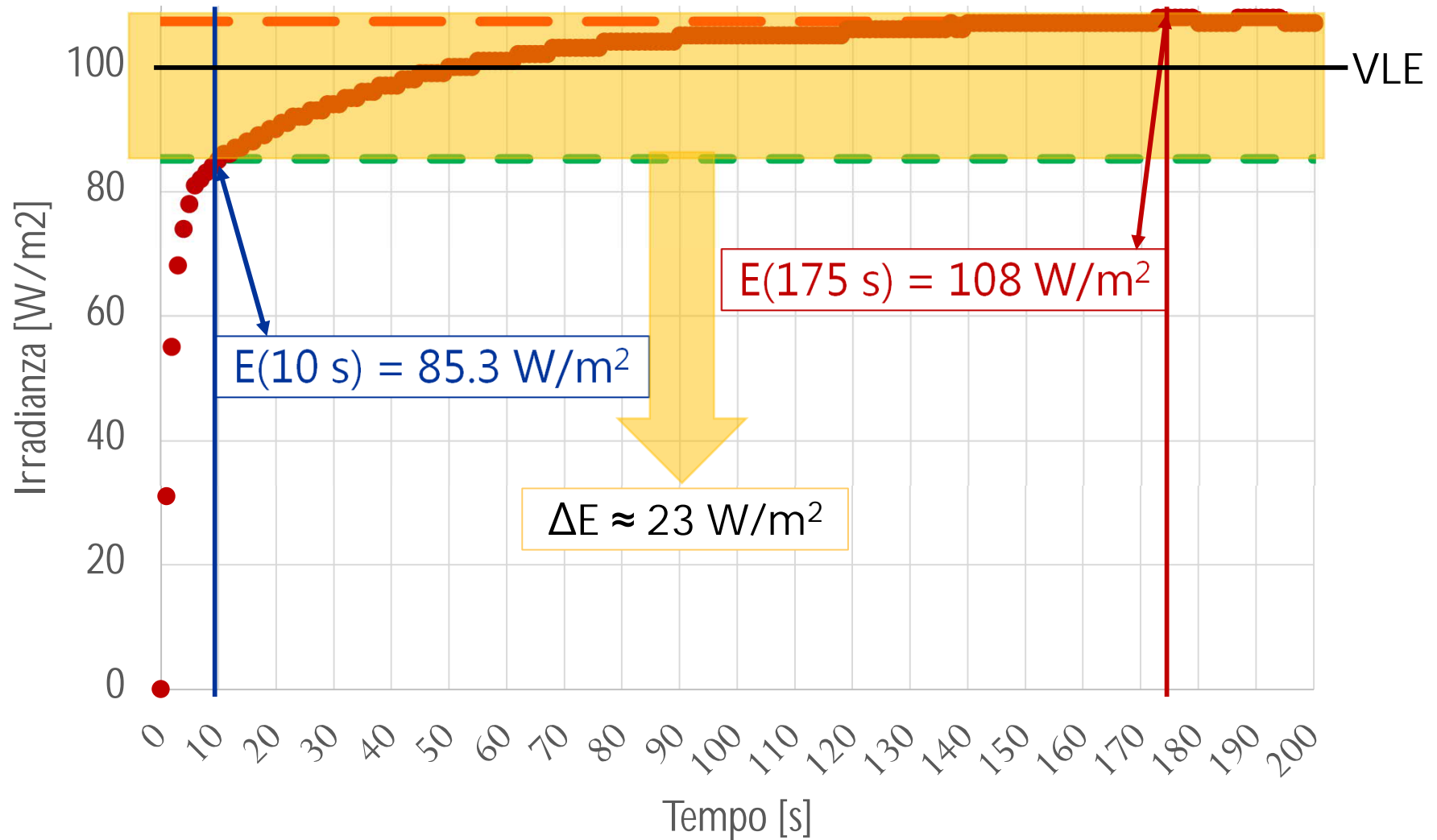
Termopila

<https://it.xcv.wiki/wiki/Thermopile>

Andamento dei primi secondi di un rilievo di irradianza



Andamento di un rilievo di irradianza

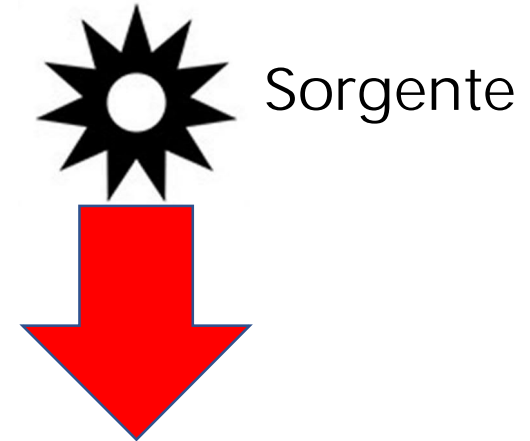


Riscaldamento della camera anteriore

Per convezione (aria calda)



Per irraggiamento (assorbimento di IR-C da parte del filtro)

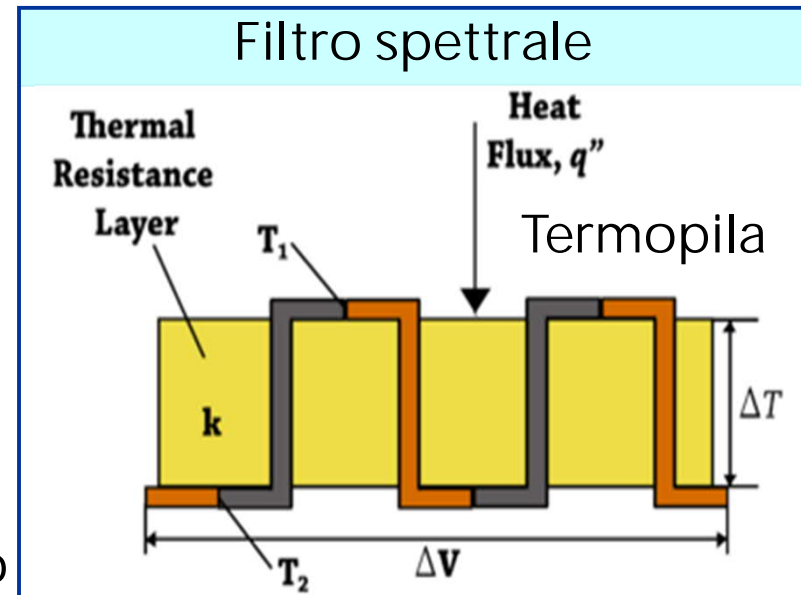


Aumento di ΔT rilevata;
Maggior ΔV ai capi della termopila



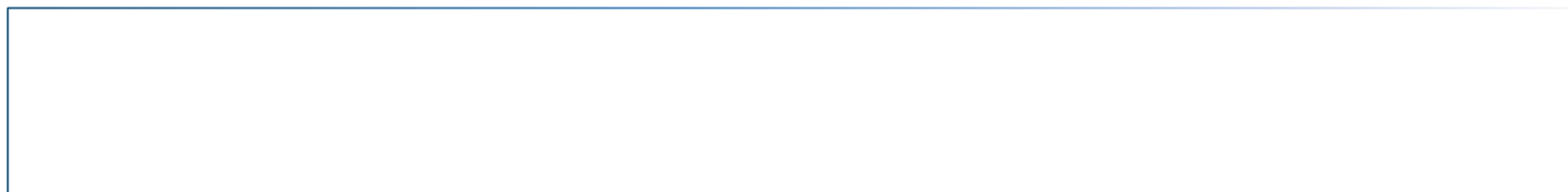
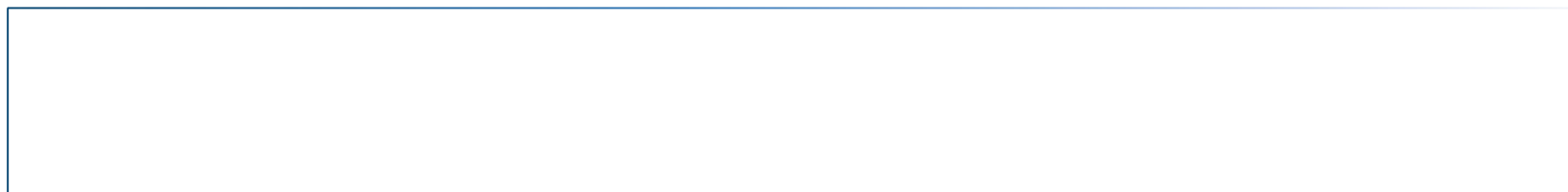
Sovrastima di Irradianza

Piranometro



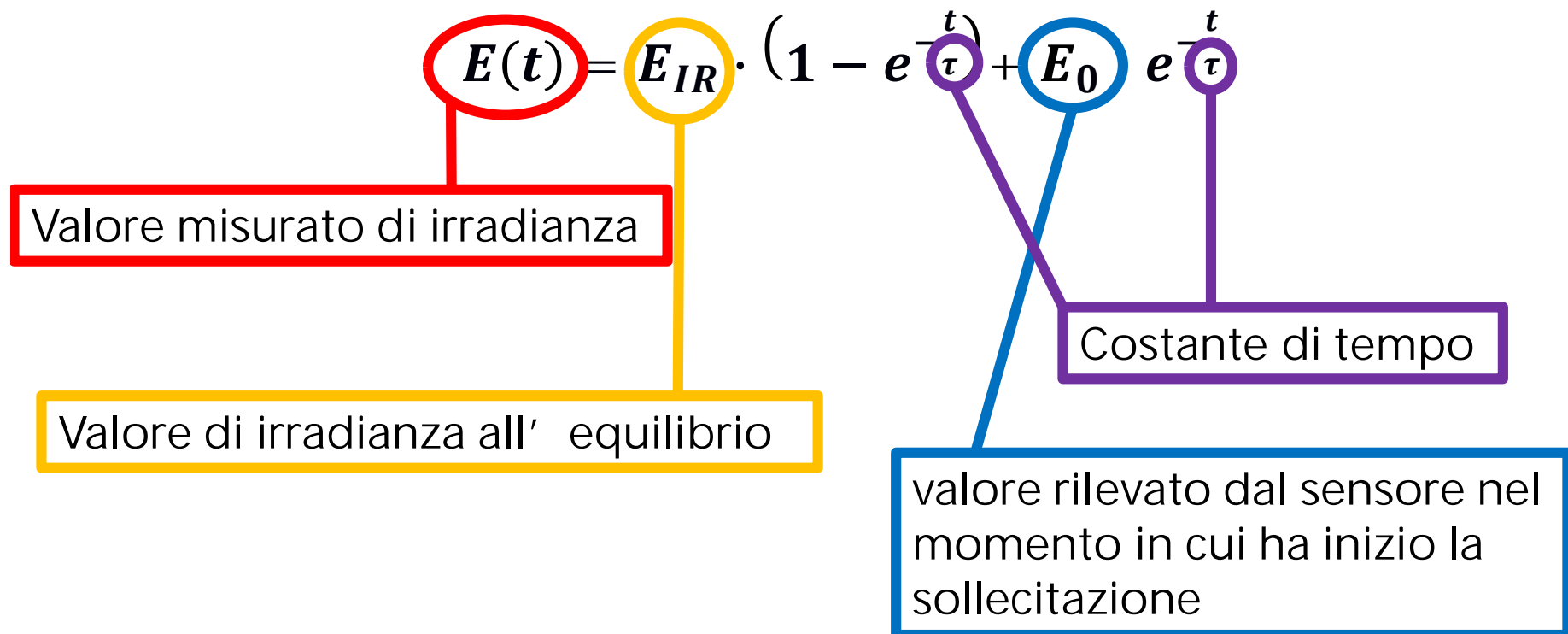


Una possibile
soluzione

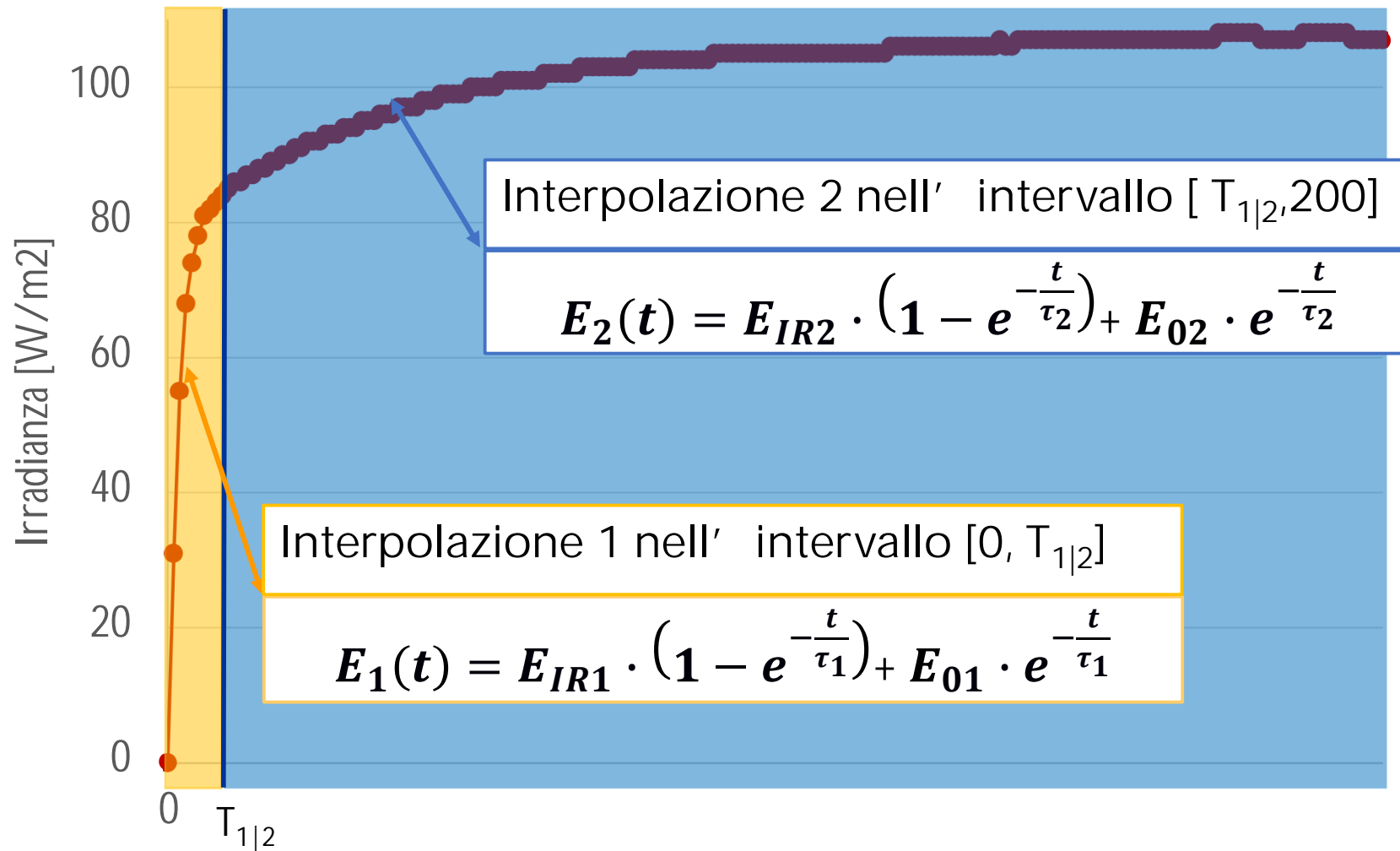


Definizione della funzione interpolante

In un sistema stazionario, un sensore tende all' equilibrio termodinamico secondo la legge (da *La valutazione del Microclima*, INAIL, 2018):



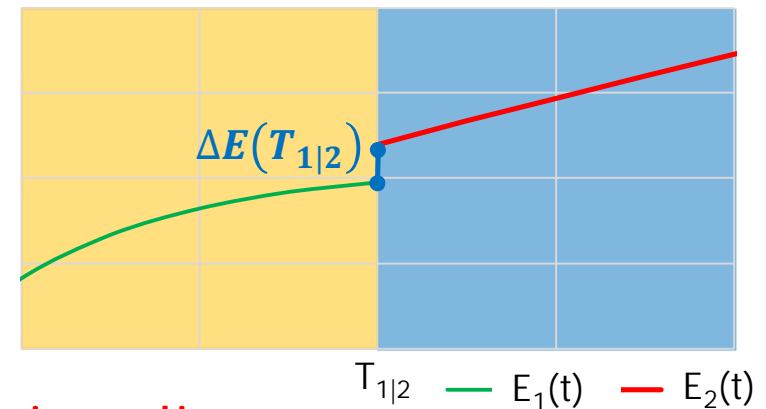
Doppia interpolazione su intervalli temporali contigui



Indicatori

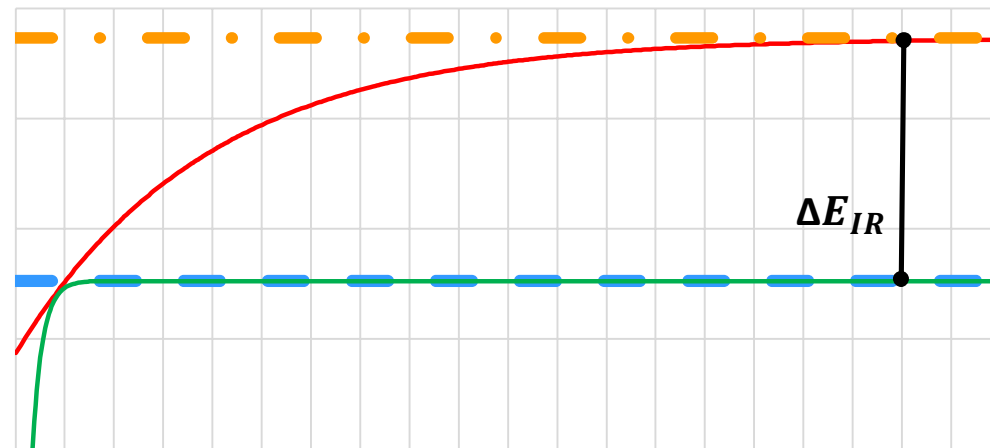
1. Indicatore di buon adattamento delle interpolazioni

$$\Delta E(T_{1|2}) = |E_2(T_{1|2}) - E_1(T_{1|2})|$$



2. Indicatore di sovrastima dell' irradianza

$$\Delta E_{IR} = E_{IR2} - E_{IR1}$$



Risultati delle interpolazioni al variare di $T_{1|2}$

$T_{1 2}$ [s]	$E_1(t)$		$E_2(t)$		$\Delta E(T_{1 2})$ [W/m ²]	ΔE_{IR} [W/m ²]
	E_{IR1} [W/m ²]		E_{IR2} [W/m ²]			
5	83.69		107.25		3.05	23.56
6	$E_{IR1} = 83.7 \div 86.6 \text{ W/m}^2$		107.29		1.53	23.17
7	84.04		107.31		1.01	23.27
8	84.08		$E_{IR2} = 107.3 \text{ W/m}^2$		0.92	23.25
9	84.28		107.34		0.97	23.06
10	84.74		107.34		$\Delta E = 0.9 \div 3 \text{ W/m}^2$	22.60
11	85.29		107.35		0.88	22.06
12	85.58		107.34		1.01	$\Delta E_{IR} = 20.7 \div 23.6 \text{ W/m}^2$
13	85.99		107.35		1.10	21.36
14	86.25		107.35		1.30	21.09
15	86.63		107.35		1.44	20.72

Conclusioni generali

- ◆ La **misurazione** dell' esposizione a radiazioni ottiche emesse da **corpi incandescenti**, effettuata con un sistema composto da termopila e filtro spettrale, può essere **afetta da sovrastima** dovuta al riscaldamento della camera anteriore dello strumento.
- ◆ Il **metodo a doppia interpolazione** proposto permette di isolare tale sovrastima.

Conclusioni sul caso in esame

- ◆ 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/m²** definito all' indice n. del D.Lgs. 81/08, in una **situazione reale conforme** a tale limite.

Grazie per l'attenzione
g.gambino@cesnir.com

