
Convegno Nazionale sulla tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro

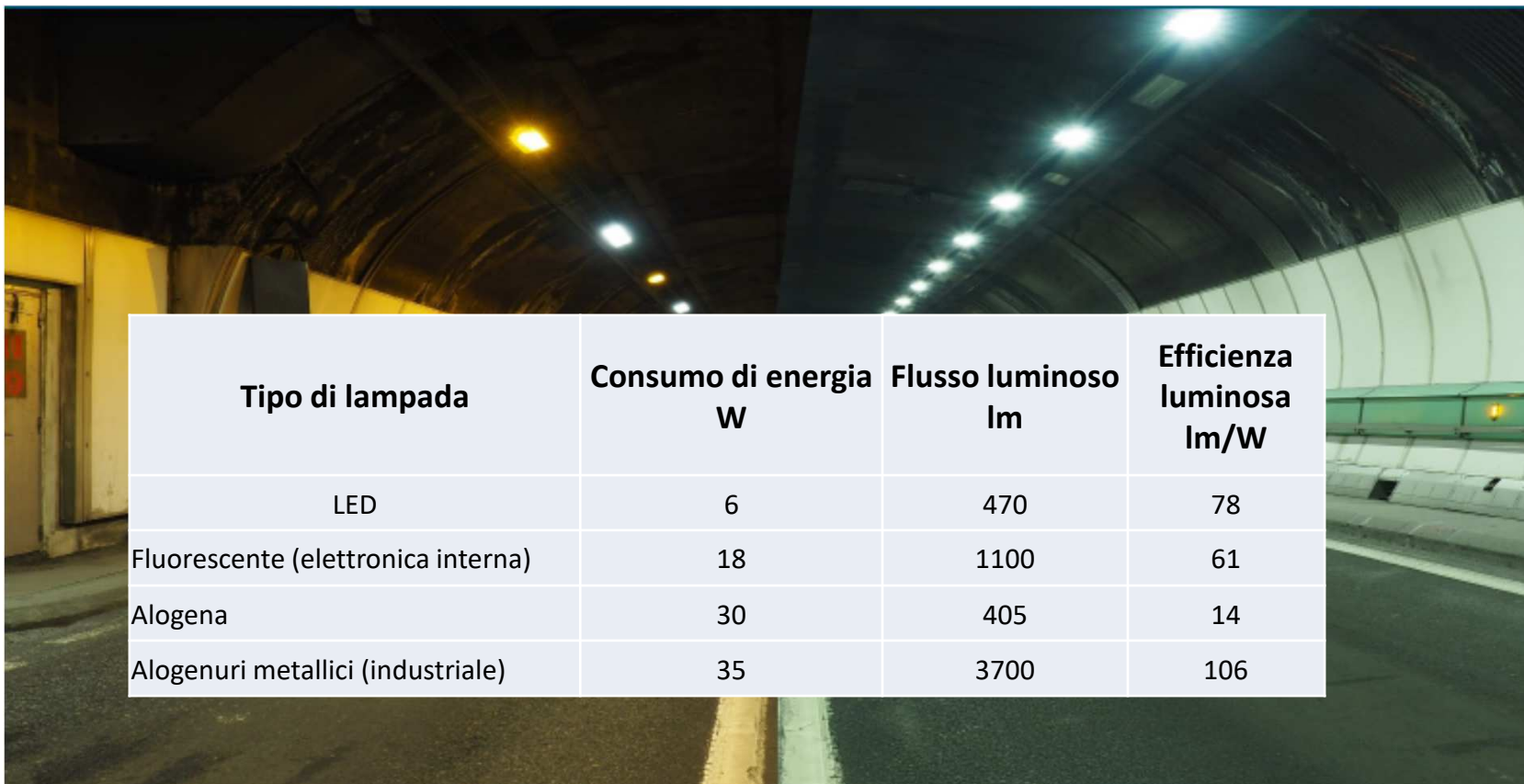
Quartiere Fieristico di Bologna

Giovedì 17 ottobre 2019

illuminazione a LED e rischio fotobiologico: cosa sappiamo e cosa crediamo di sapere.

(Francesco Frigerio –ICS Maugeri SPA; Luisa Biazzì – Università di Pavia)

L'introduzione dell'illuminazione a LED ha suscitato entusiasmi



**Convegno Nazionale sulla tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
Quartiere Fieristico di Bologna – Mercoledì 17 ottobre 2018**

Ma anche preoccupazioni

3.1 Les effets sur l'œil

Risques liés

Risques liés

3.2 Populations sensibles

The Director General

3.3 Phototoxicité de la lumière

ANSES Opinion

Request No 2014-SA-0253

3.4 Conclusions relatives

Maisons-Alfort, 5 April 2019

3.5 Risques liés à l'éblouissement

Eblouissement

Eblouissement

Luminances fortes

OPINION
of the French Agency for Food, Environmental
and Occupational Health & Safety

on the "effects on human health and the environment (fauna and flora) of systems using light-emitting diodes (LEDs)"

3.6 Autres effets

Risque de perturbation de l'horloge biologique

Risque lié au papillotement de la lumière émise par les LED

12

13

13

13

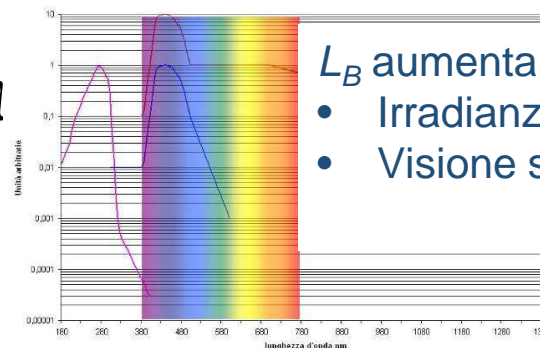
Il rischio fotobiologico è associato principalmente agli effetti fotochimici della luce blu

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



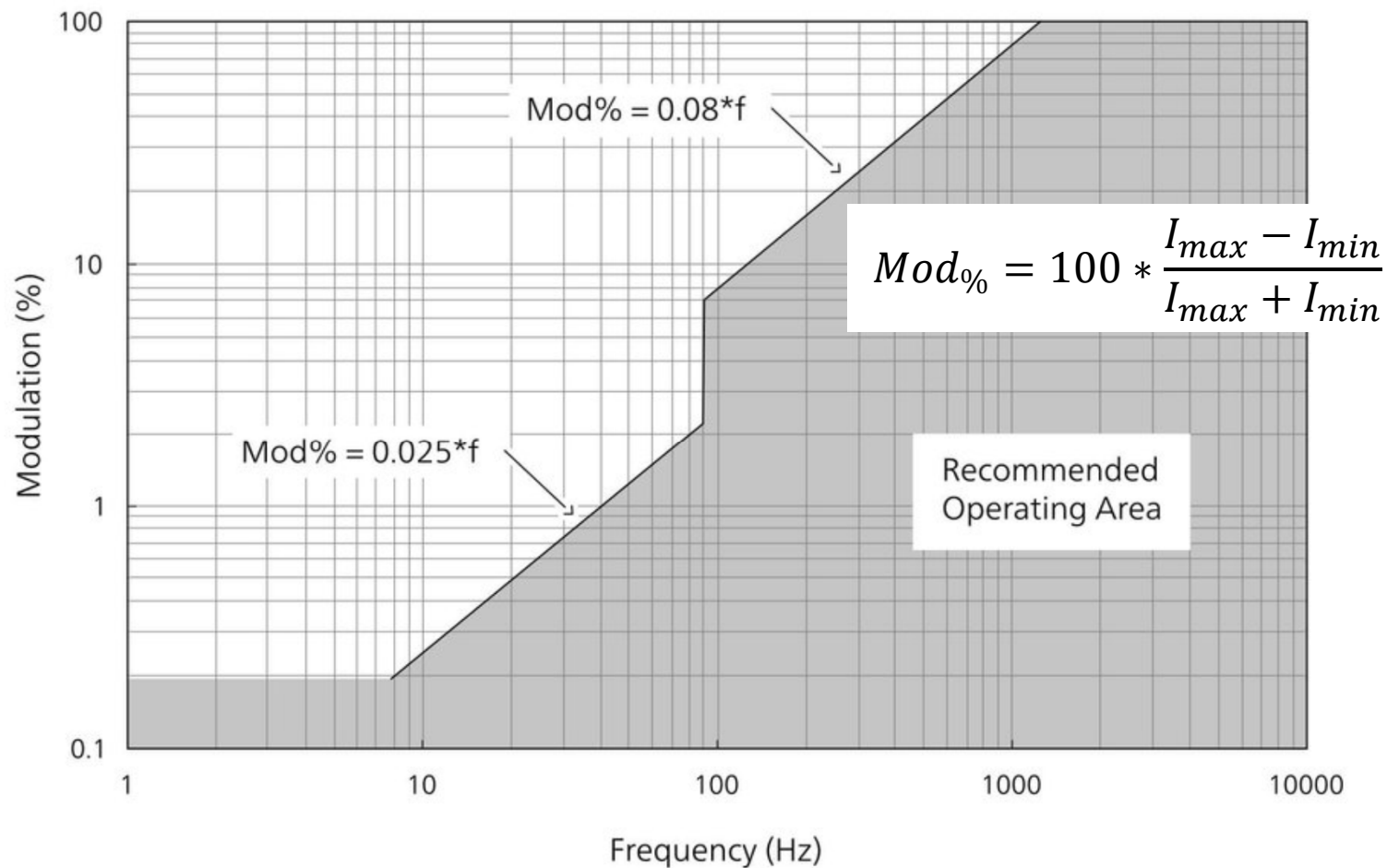
$$L_B = \int_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} L(\lambda)B(\lambda)d\lambda$$



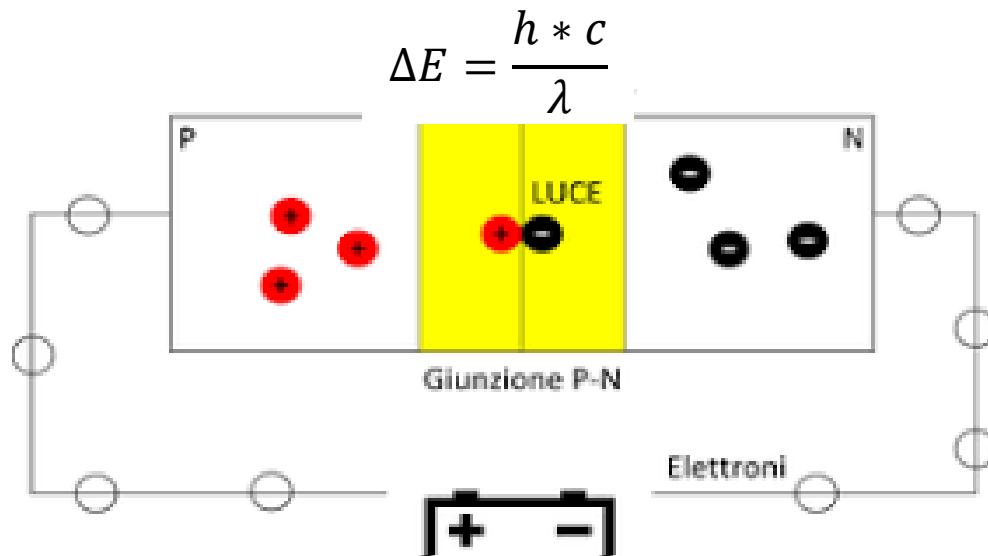
L_B aumenta con:

- Irradianza spettrale intorno alla regione del blu
- Visione sotto angoli piccoli

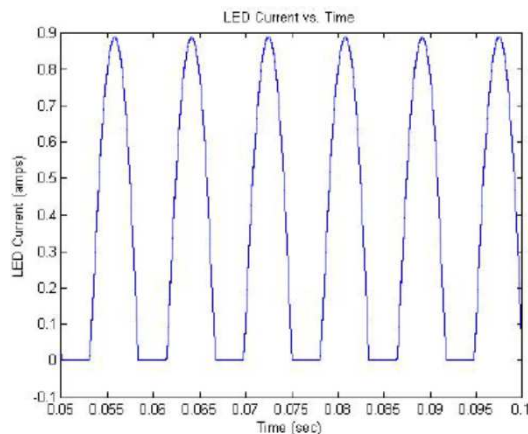
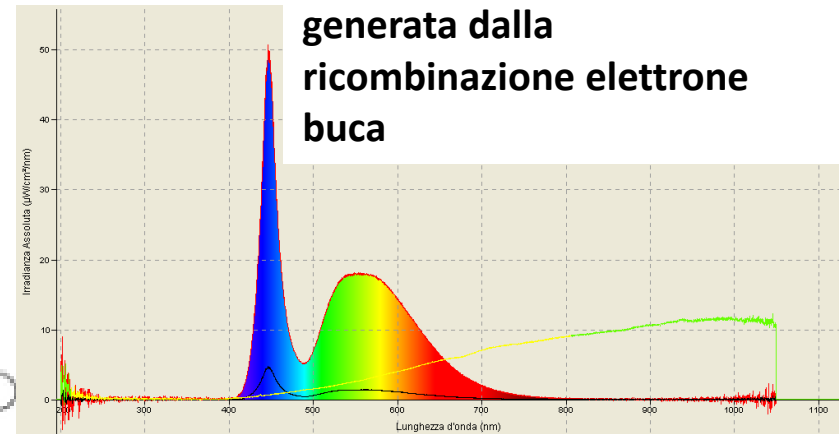
La norma IEEE 1789-2015 propone limiti alla modulazione temporale per limitare il rischio di indurre convulsioni, in particolare in soggetti predisposti



Caratteristiche della luce generata da LED



Luce bianca ottenuta per fluorescenza dalla radiazione generata dalla ricombinazione elettrone buca

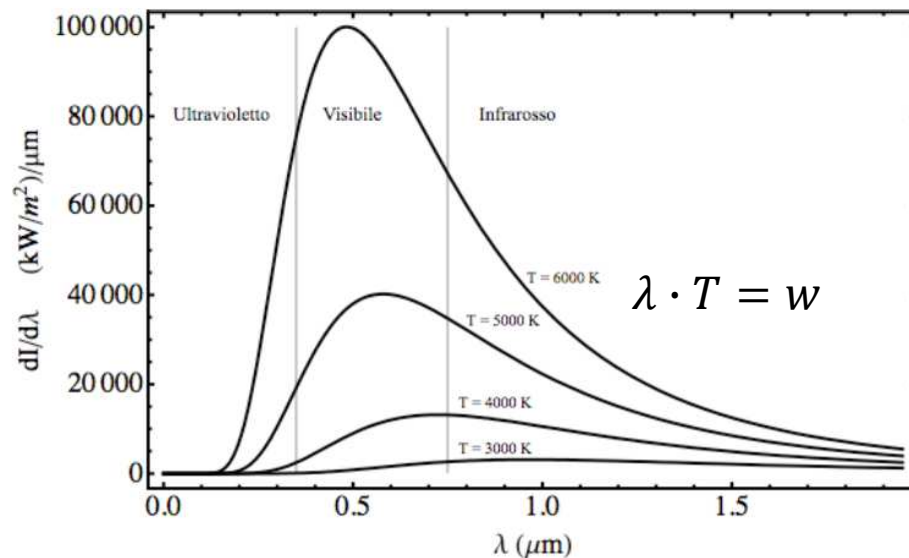


Il dispositivo emette luce solo quando polarizzato direttamente

L'informazione fornita dai produttori delle sorgenti normalmente limitata a flusso luminoso (lm) e CCT in °K

Temperatura correlata di colore CCT:

temperatura che dovrebbe avere un corpo nero affinché la radiazione luminosa emessa da quest'ultimo appaia cromaticamente la più vicina possibile alla radiazione considerata.



$w = 0,00289\text{ m}\cdot\text{K}$ e λ lunghezza d'onda corrispondente al picco della distribuzione spettrale

In generale, più la temperatura è alta, maggiore è il rischio da luce blu atteso.

Se, come nel caso dei led, lo spettro è molto diverso da un corpo nero, la temperatura di colore può fornire un'informazione troppo qualitativa

Confrontiamo sorgenti diverse in casi reali

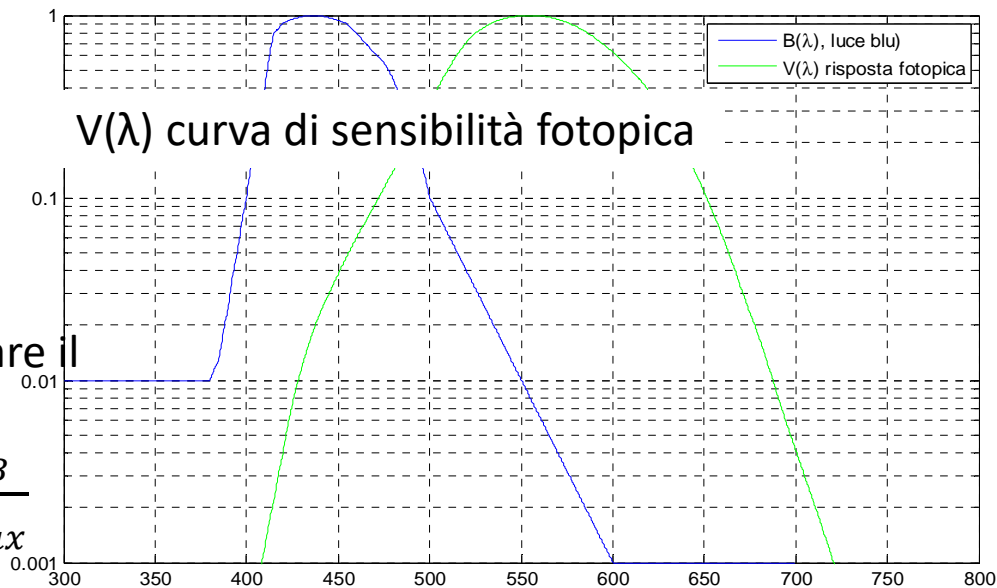
Materiali e metodi: misura mediante spettroradiometro del contenuto di luce blu di diverse sorgenti

$$L_B = \int_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} L(\lambda)B(\lambda)d\lambda = \frac{1}{\omega} \int_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} E(\lambda)B(\lambda)d\lambda = \frac{r^2 E_B}{A}$$

$$E_{lux} = 683 \int_{\lambda=380nm}^{\lambda=730nm} E(\lambda)V(\lambda)d\lambda$$

Per valutare la quantità di luce blu generata dalla sorgente, è utile calcolare il rapporto di luce blu

$$R_B = \frac{E_B}{E_{lux}}$$



Materiali e metodi: misura della modulazione M%

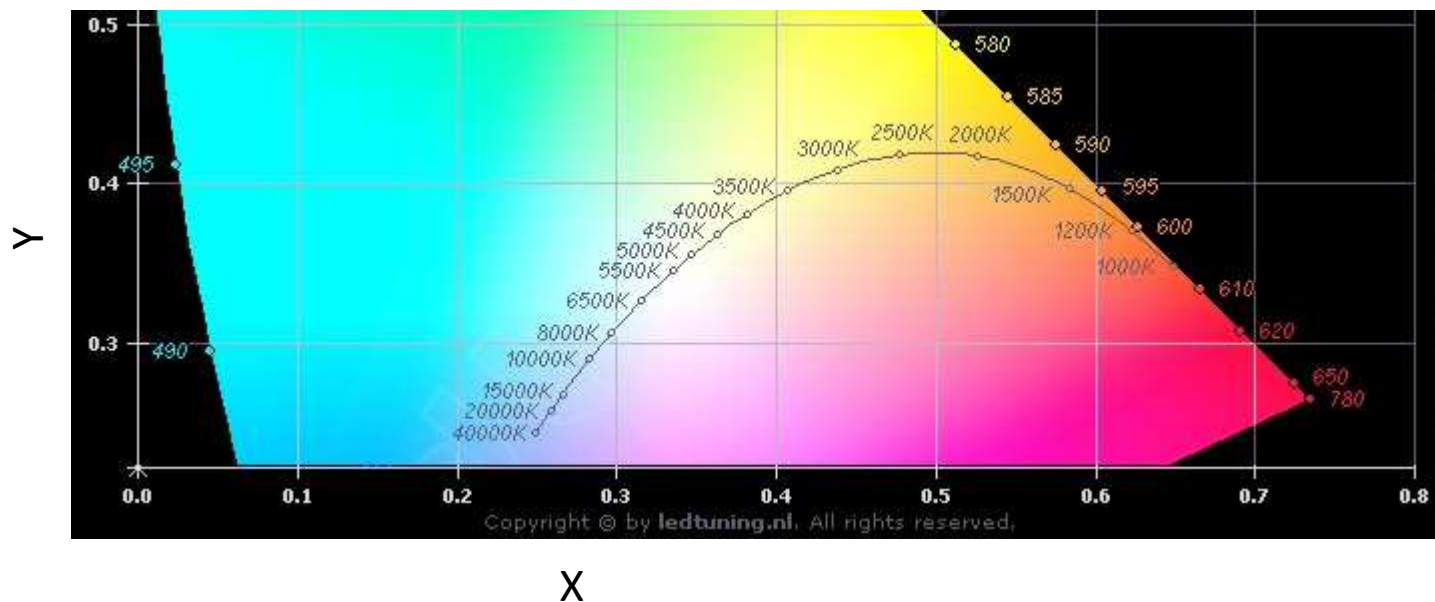
Fotodiode accoppiato ad oscilloscopio a memoria digitale

Materiali e metodi: stima della CCT da misure spettrali

Metodo approssimato di Mc Camy

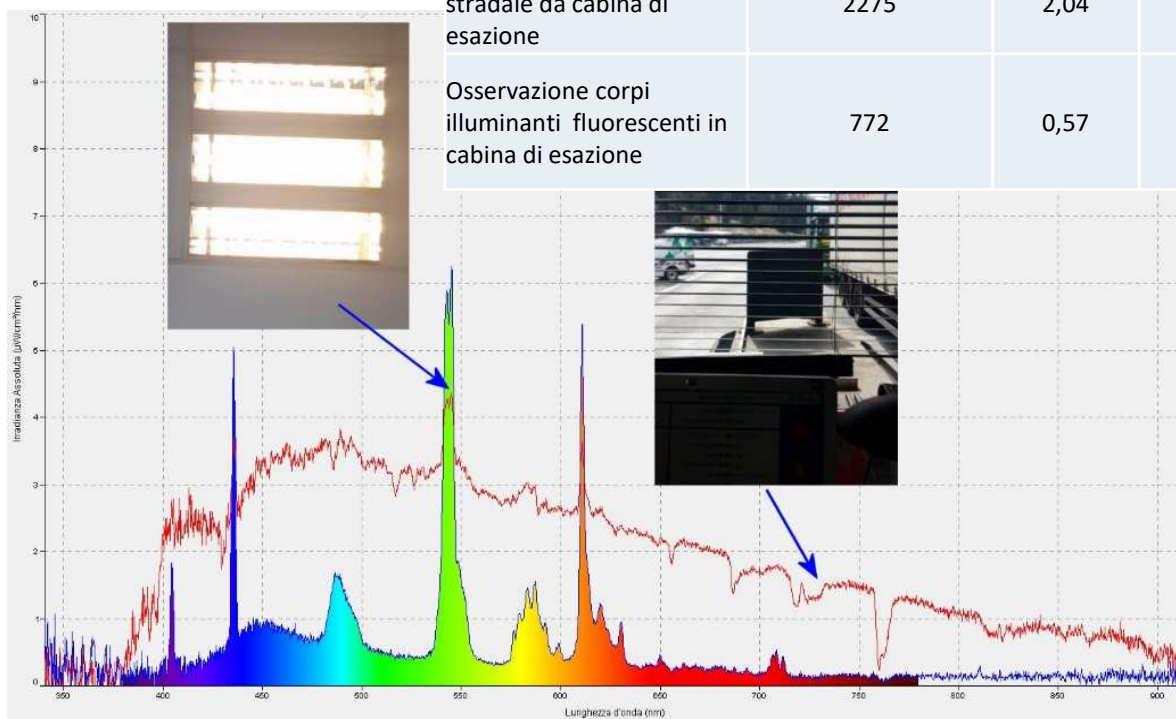
$$CCT = 449 * n^3 + 3525 * n^2 + 6823,3 * n + 5520,33 \quad n = \frac{x - 0,3320}{0,1858 - y}$$

Spazio dei colori definito dalla Commission International d'Eclairage

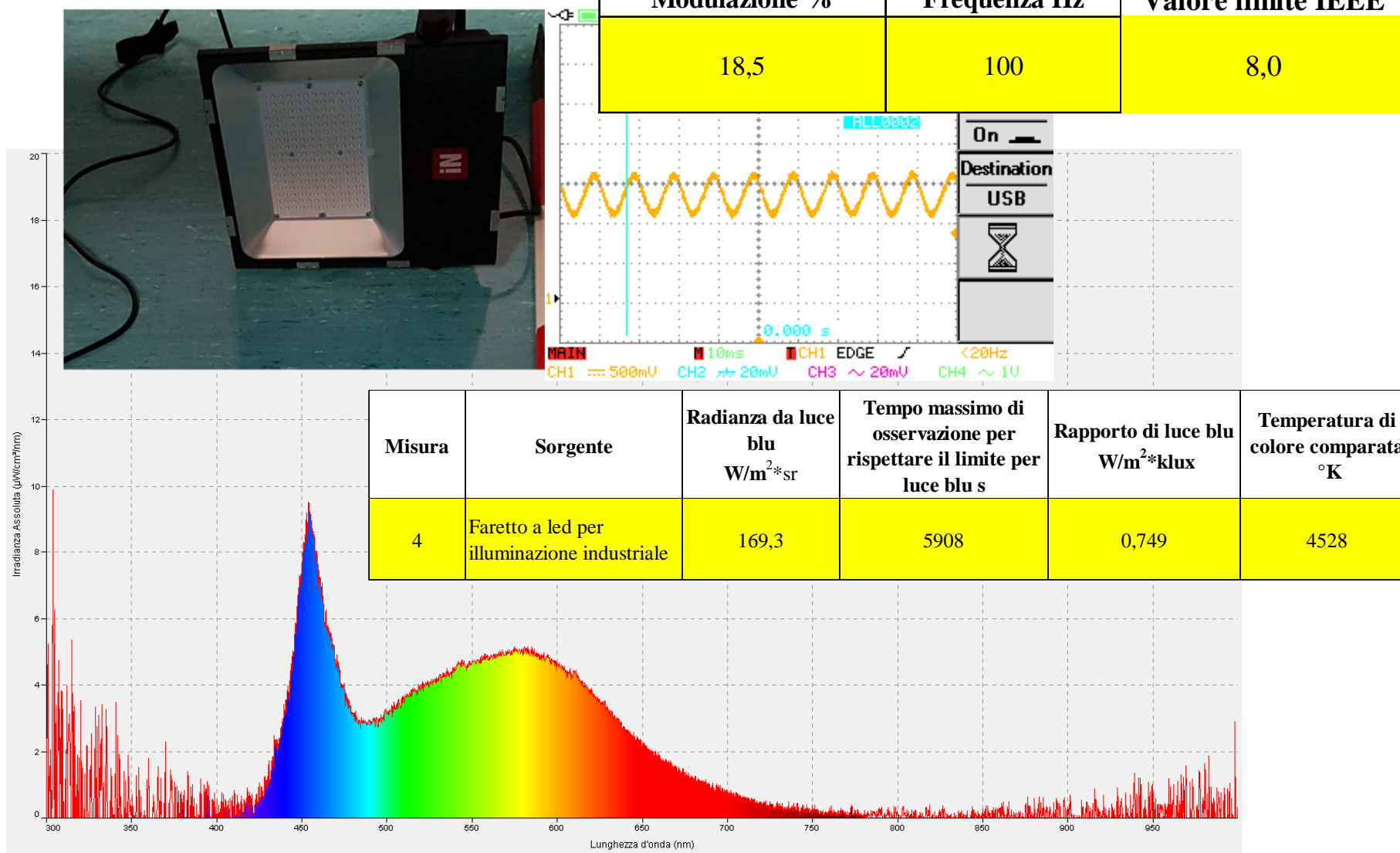


Risultati: come facevamo quando non c'erano i LED ?

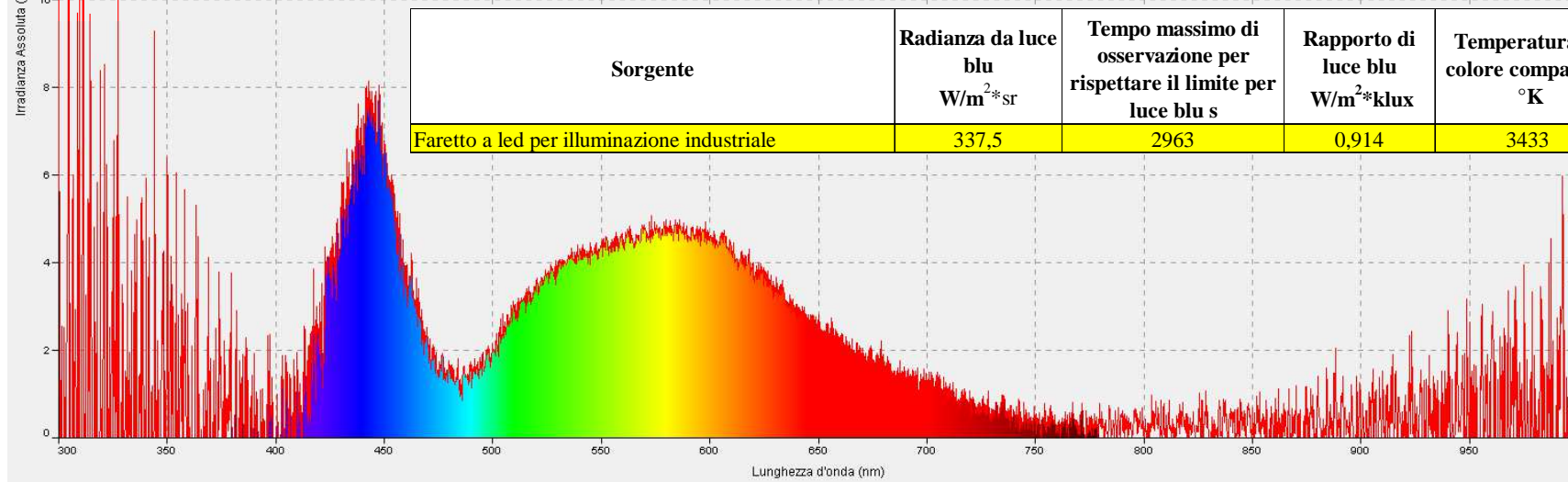
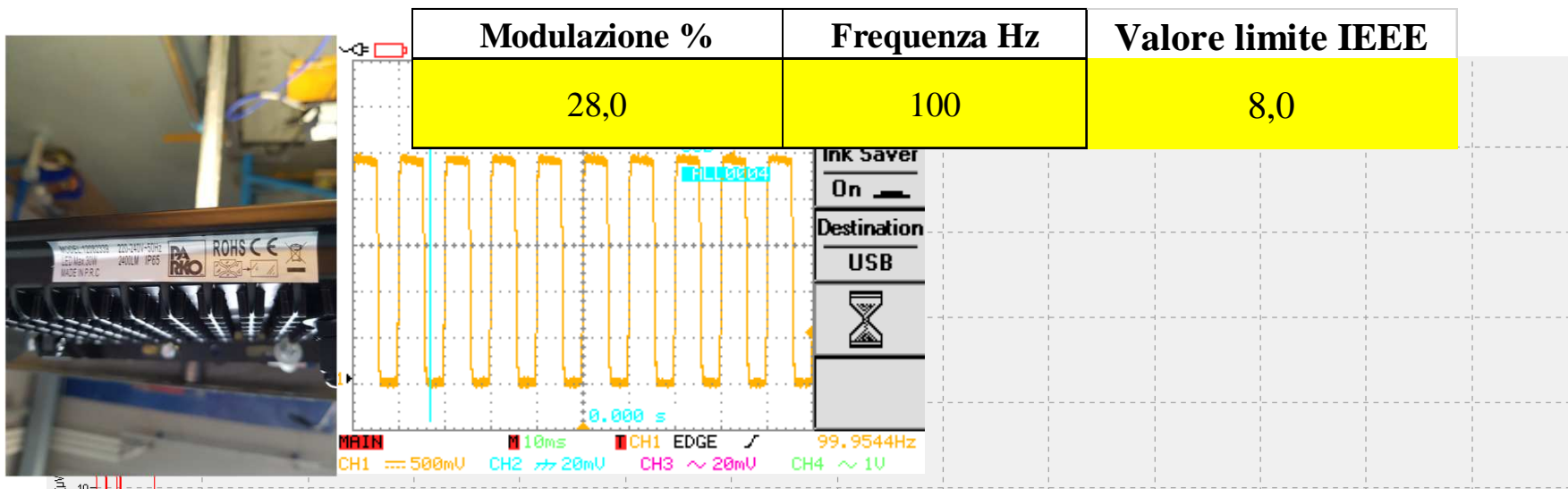
Sorgente	Illuminamento lux	Irradianza pesata E_b W/m^2	Radianza da luce blu $W/m^2 \cdot sr$	Tempo massimo di osservazione per rispettare il limite per luce blu s	Rapporto di luce blu $W/m^2 \cdot klux$	Temperatura di colore comparata °K
Osservazione piano stradale da cabina di esazione	2275	2,04	8,1	> 2,5 h	0,895	3521
Osservazione corpi illuminanti fluorescenti in cabina di esazione	772	0,57	1,0	> 2,5 h	0,741	4792



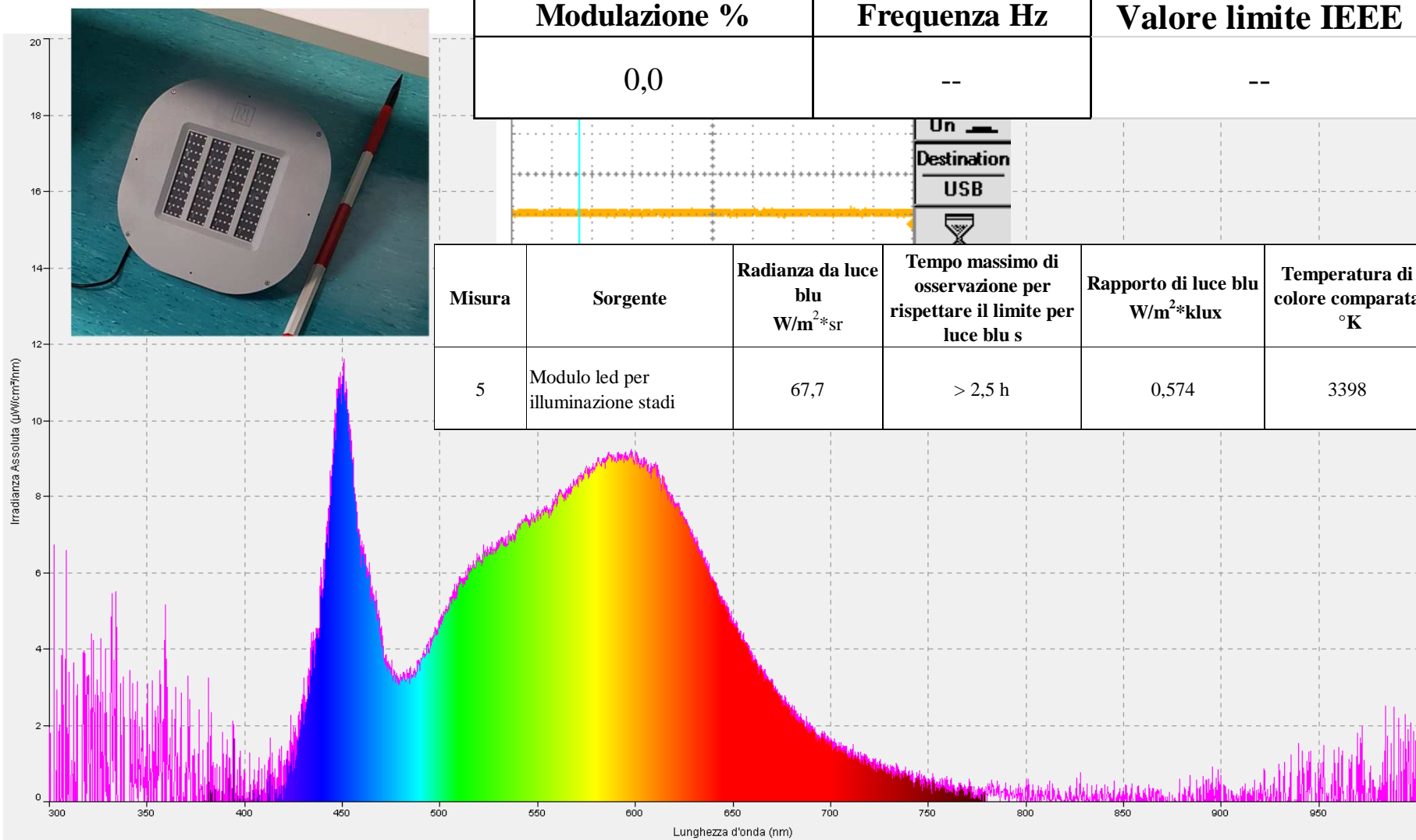
Risultati: faro industriale a led



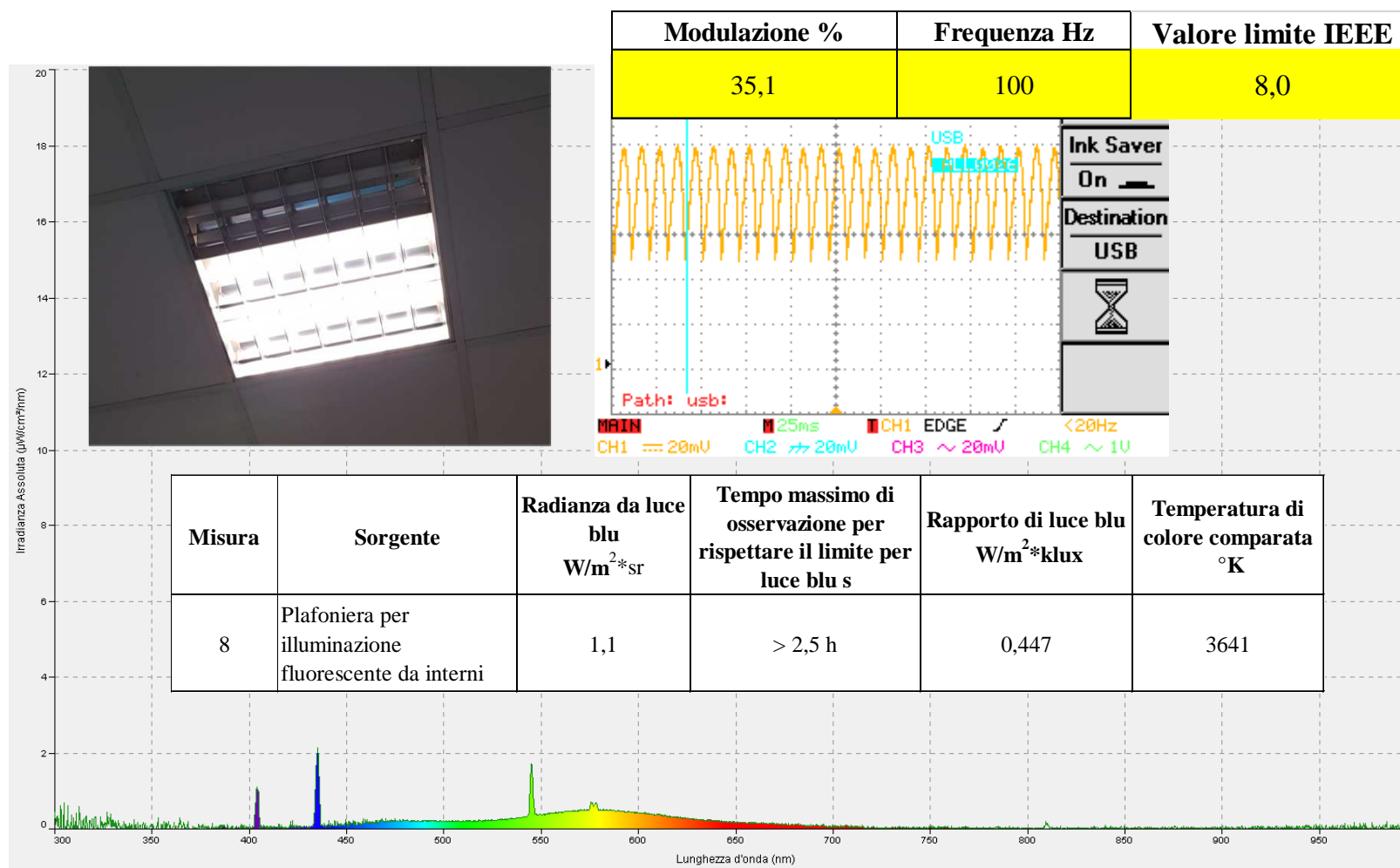
Risultati: altro faretto industriale a led



Risultati: modulo led per illuminazione stadi



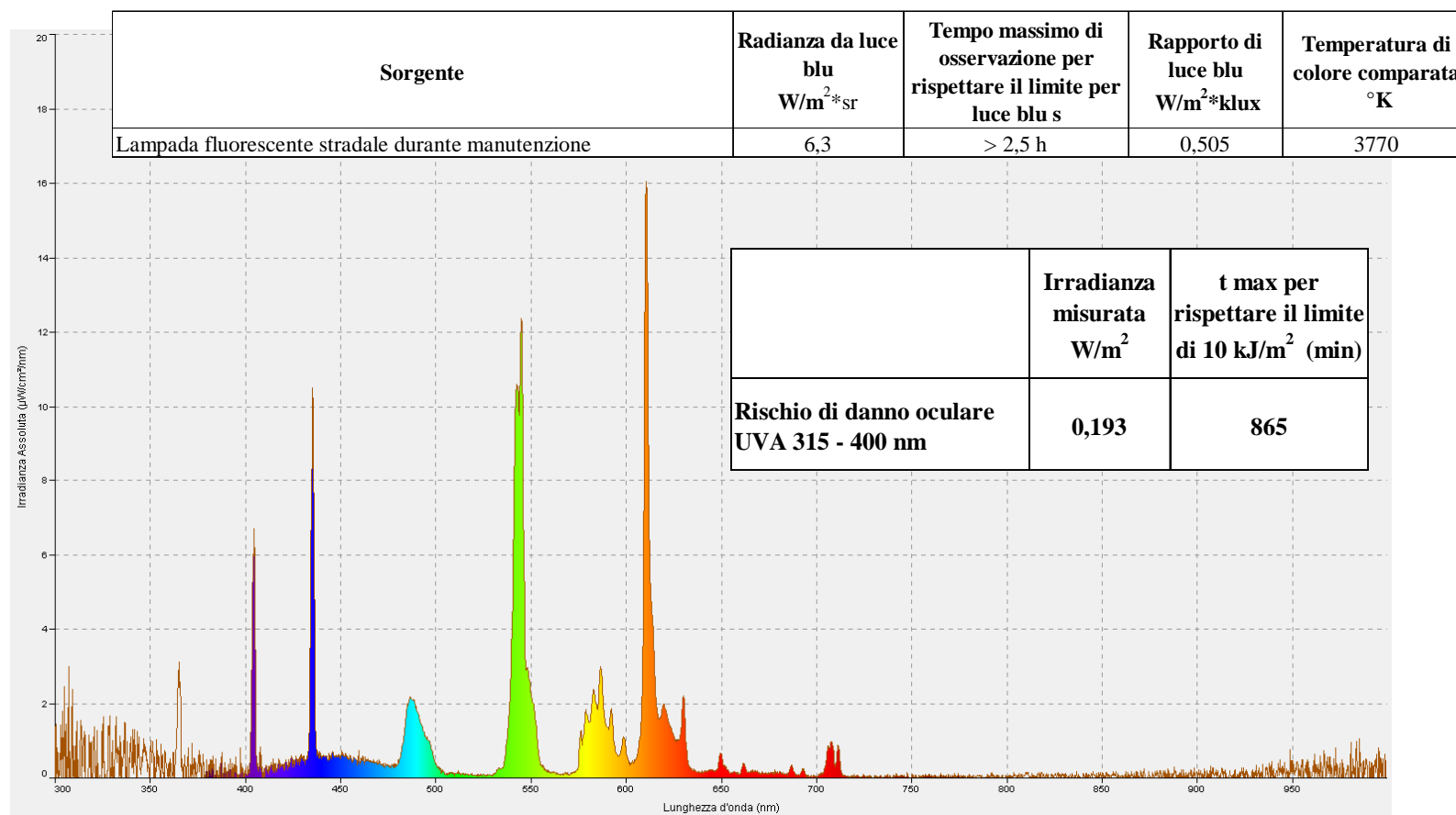
Risultati: Plafoniera per illuminazione fluorescente da interni



Risultati: I LED emettono luce blu pericolosa?

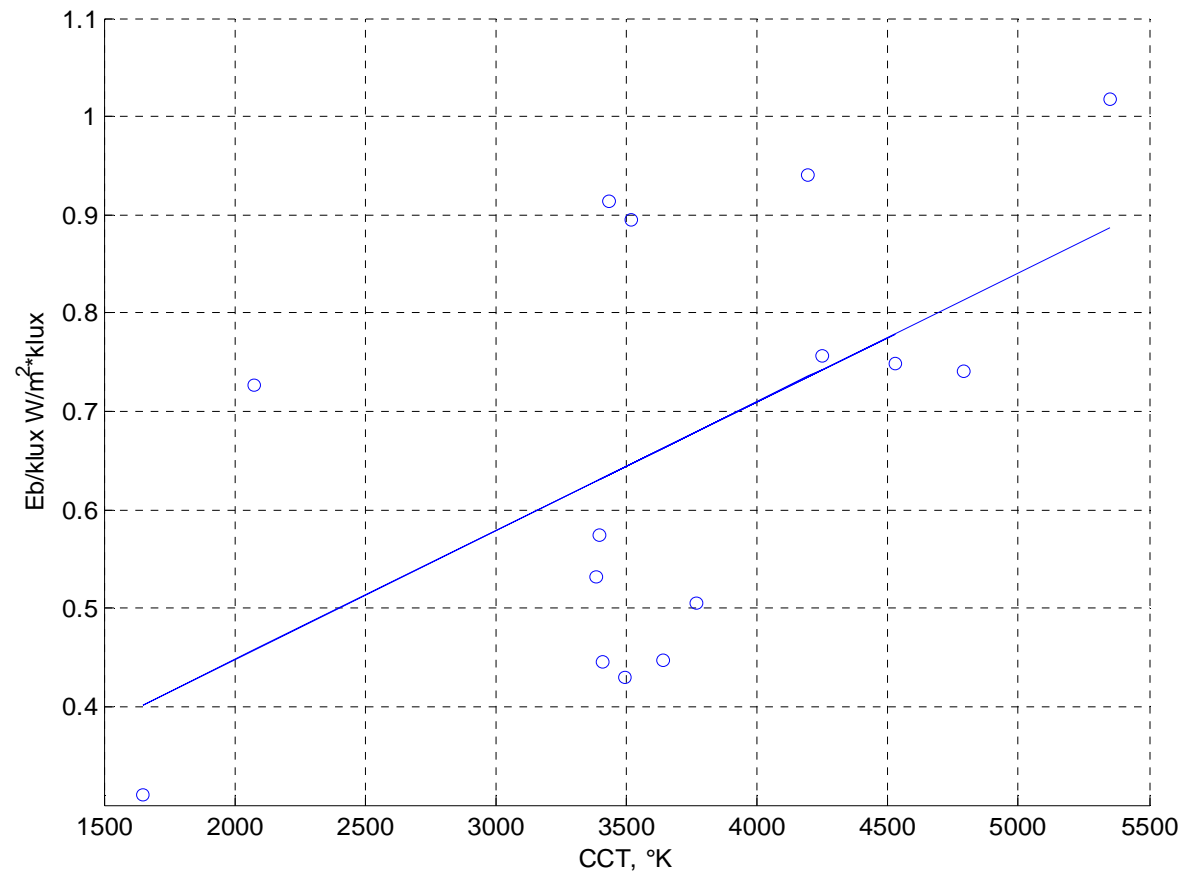
Misura	Sorgente	Radianza da luce blu $W/m^2 \cdot sr$	Tempo massimo di osservazione per rispettare il limite per luce blu s	Rapporto di luce blu $W/m^2 \cdot klux$	Temperatura di colore comparata $^{\circ}K$
1	Led stradale, osservazione laterale in galleria	3,0	> 2,5 h	0,532	3385
2	Led stradale durante manutenzione	58,0	> 2,5 h	0,446	3410
3	Lampada fluorescente stradale durante manutenzione	6,3	> 2,5 h	0,505	3770
4	Faretto a led per illuminazione industriale	169,3	5908	0,749	4528
5	Modulo led per illuminazione stadi	67,7	> 2,5 h	0,574	3398
6	Plafoniera per illuminazione fluorescente da interni	1,9	> 2,5 h	0,430	3496
7	Faretto a led per illuminazione industriale	337,5	2963	0,914	3433
8	Plafoniera per illuminazione fluorescente da interni	1,1	> 2,5 h	0,447	3641
9	Faro ad alogenuri metallici per illuminazione industriale	90,0	> 2,5 h	0,941	4195
10	Faro a led per illuminazione industriale	178,6	5600	0,756	4251
11	Faretto alogeno piattaforma idraulica	19,4	> 2,5 h	0,310	1650
12	Osservazione piano stradale da cabina di esazione	8,1	> 2,5 h	0,895	3521
13	Osservazione corpi illuminanti fluorescenti in cabina di esazione	1,0	> 2,5 h	0,741	4792
14	Torcia led	13614,7	73	1,017	5351

Risultati: I LED emettono luce blu pericolosa?



Almeno non emettono UV

Lo stesso valore di CCT può corrispondere a diverse percentuali di luce blu



Conclusioni:

- I dispositivi a led sono potenzialmente pericolosi per la caratteristica di produrre alti livelli di luminanza.
- L'etichettatura del costruttore in applicazione delle nuove norme potrà aiutare a prevenire il rischio oculare.
- I rischi legati alla percentuale di luce blu e alla modulazione dell'intensità devono essere considerati con maggiore attenzione ma non sono prerogativa delle sole sorgenti a led.