



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA
INDUSTRIALE

SEZIONE ENERGETICA,
TERMOFLUIDODINAMICA APPLICATA
E CONDIZIONAMENTI AMBIENTALI

La tecnica videografica per la verifica della normativa degli ambienti interni per luce naturale e artificiale

Ing. Gennaro Spada (PhD)

Laboratorio di Fotometria e Illuminotecnica - Dipartimento di Ingegneria Industriale
Università degli Studi di Napoli "Federico II"

Criteri di progettazione illuminotecnica

UNI EN 12464-1/2011

illuminamento medio mantenuto per zona, compito o attività, UGR_{Limite} e Uniformità di illuminamento

prospetto 5.26 Uffici

N° riferimento	Tipo di zona, compito o attività	\bar{E}_m lx	UGR_L -	U_o -	R_a -	Requisiti specifici
5.26.1	Archiviazione, copiatura, ecc.	300	19	0,40	80	
5.26.2	Scrittura, dattilografia, lettura, elaborazione dati	500	19	0,60	80	Per lavoro con attrezzature munite di videoterminale (DSE) vedere punto 4.9.
5.26.3	Disegno tecnico	750	16	0,70	80	
5.26.4	Postazioni CAD	500	19	0,60	80	Per lavoro con attrezzature munite di videoterminale (DSE) vedere punto 4.9.
5.26.5	Sale conferenze e riunioni	500	19	0,60	80	L'illuminazione dovrebbe essere regolabile.
5.26.6	Banco della reception	300	22	0,60	80	
5.26.7	Archivi	200	25	0,40	80	

Criteri di progettazione illuminotecnica

UNI EN 12464-1/2011

RIPARTIZIONE DELLE LUMINANZE - per la prestazione visiva

Una **luminanza di adattamento nel campo visivo ben bilanciata** è necessaria per aumentare:

- **l'acuità visiva** (nitidezza della visione);
- **la sensibilità al contrasto** (discriminazione di piccole differenze di luminanza);
- **l'efficienza delle funzioni oculari** (quali accomodamento, convergenza, contrazione pupillare, movimenti oculari, ecc.).

Criteri di progettazione illuminotecnica UNI EN 12464-1 / 2011

RIPARTIZIONE DELLE LUMINANZE - per il comfort visivo

La ripartizione delle luminanze nel campo visivo influenza anche il **comfort visivo**.
Conseguentemente si dovrebbe evitare quanto segue:

- **luminanze troppo elevate** che potrebbero provocare **abbagliamento**;
- **contrasti di luminanza troppo elevati** che causerebbero **affaticamento** a causa delle costanti variazioni di adattamento oculare;
- **luminanze troppo basse e contrasti di luminanza troppo bassi** che darebbero luogo ad un **ambiente di lavoro monotono e non stimolante**.

Criteri di progettazione illuminotecnica UNI EN 12464-1 / 2011

RIPARTIZIONE DELLE LUMINANZE - prescrizioni normative

Fattore di riflessione delle superfici

I fattori di riflessione consigliati per i **fattori di riflessione diffusa** delle principali superfici di un locale sono:

- **soffitto:** da 0,7 a 0,9;
- **pareti:** da 0,5 a 0,8;
- **pavimento:** da 0,2 a 0,4.

Nota Il fattore di riflessione dei principali oggetti (come arredi, macchine, ecc.) dovrebbe trovarsi nell'intervallo compreso tra 0,2 e 0,7.

Illuminamento sulle superfici

In tutti i luoghi chiusi i valori di **illuminamento mantenuto** sulle superfici principali devono essere i seguenti:

- $\bar{E}_m > 50 \text{ lx}$ con $U_o \geq 0,10$ sulle pareti e
- $\bar{E}_m > 30 \text{ lx}$ con $U_o \geq 0,10$ sul soffitto.

$\bar{E}_m > 75 \text{ lx}$ con $U_o \geq 0,10$ sulle pareti
 $\bar{E}_m > 50 \text{ lx}$ con $U_o \geq 0,10$ sul soffitto

UFFICI AULE
OSPEDALI

Criteri di progettazione illuminotecnica

RIPARTIZIONE DELLE LUMINANZE - prescrizioni normative

Supponendo che le superfici di soffitto e pareti siano assimilabili a **superfici lambertiane**, quindi a luminanza costante in tutte le direzioni, i valori indicati in termini di illuminamenti e fattori di riflessione possono tradursi in valori di luminanza.

AMBIENTI GENERICI			
	ρ	illum [lux]	luminanza [cd/m ²]
soffitto	70%	30	11
	90%	30	9
pareti	50%	50	8
	80%	50	13

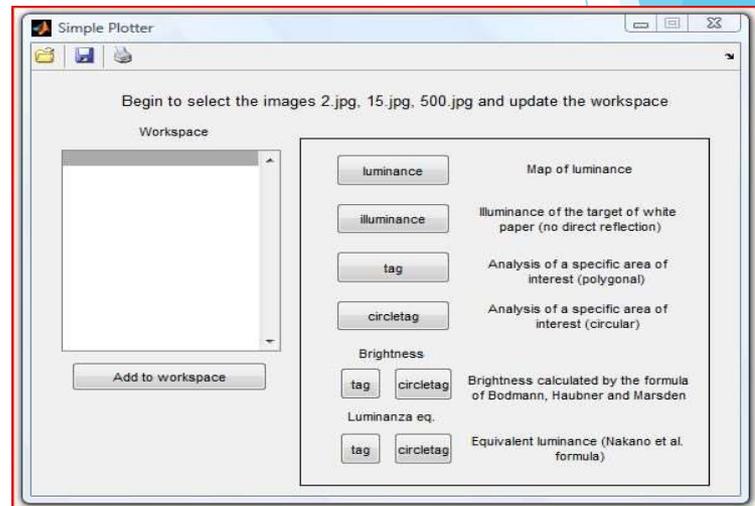
UFFICI - AULE SCOLASTICHE - OSPEDALI			
	ρ	illum [lux]	luminanza [cd/m ²]
soffitto	70%	50	11
	90%	50	14
pareti	50%	75	12
	80%	75	19

La tecnica videografica per la verifica e l'analisi dei parametri fotometrici: **luminanza**

Videofotometro HDR messo a punto presso il Laboratorio di Fotometria e Illuminotecnica del Dipartimento di Ingegneria Industriale Università degli Studi di Napoli "Federico II"

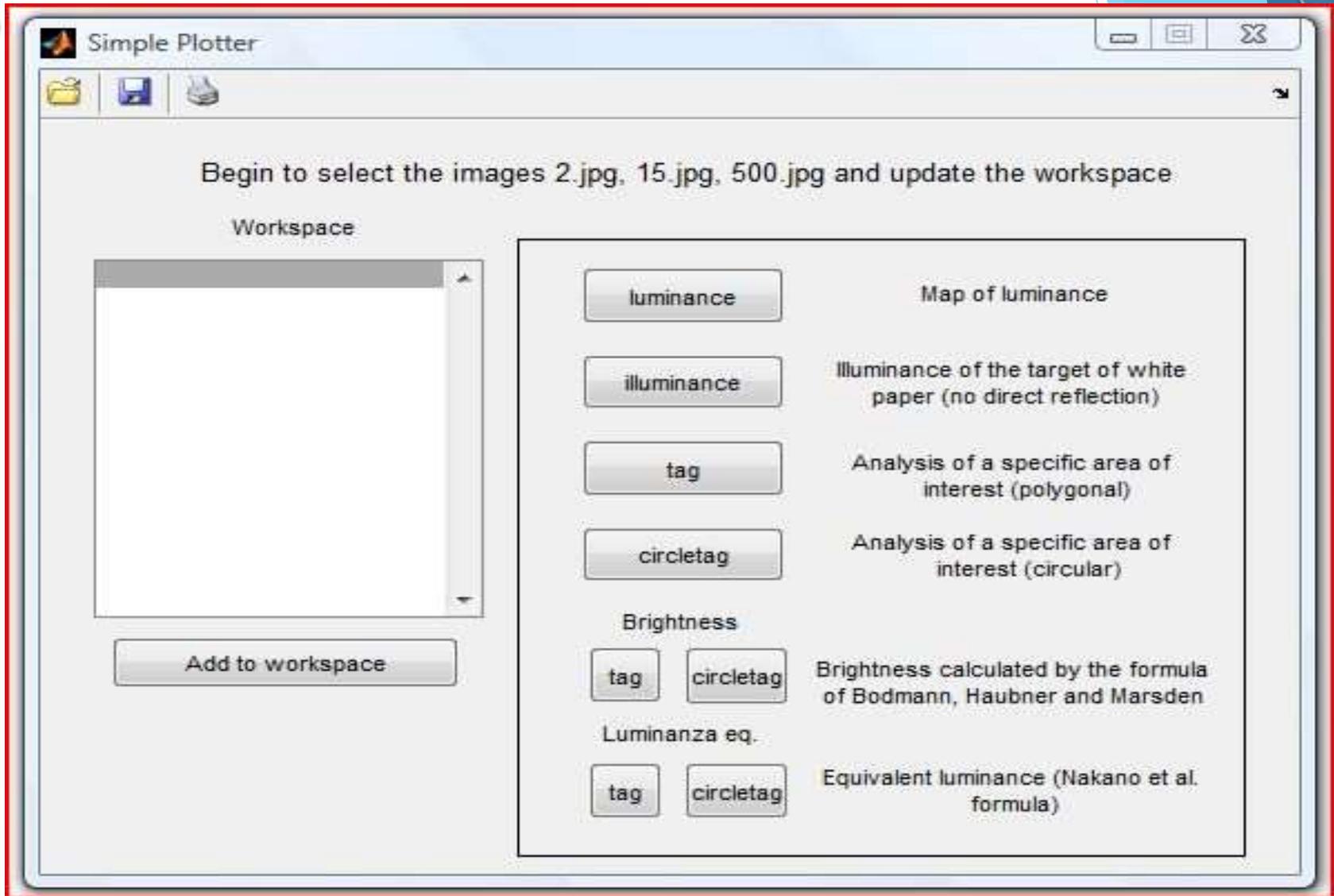


Fotocamera digitale reflex
Canon EOS 20D con filtro
fotopico

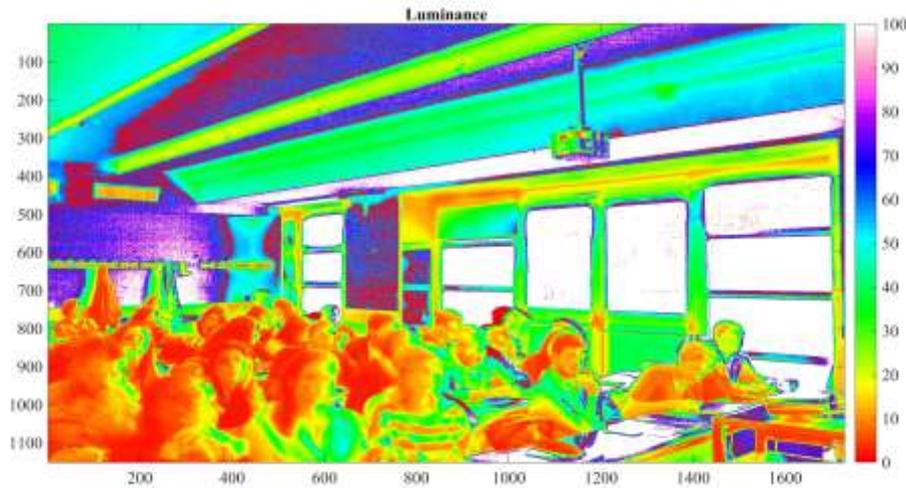
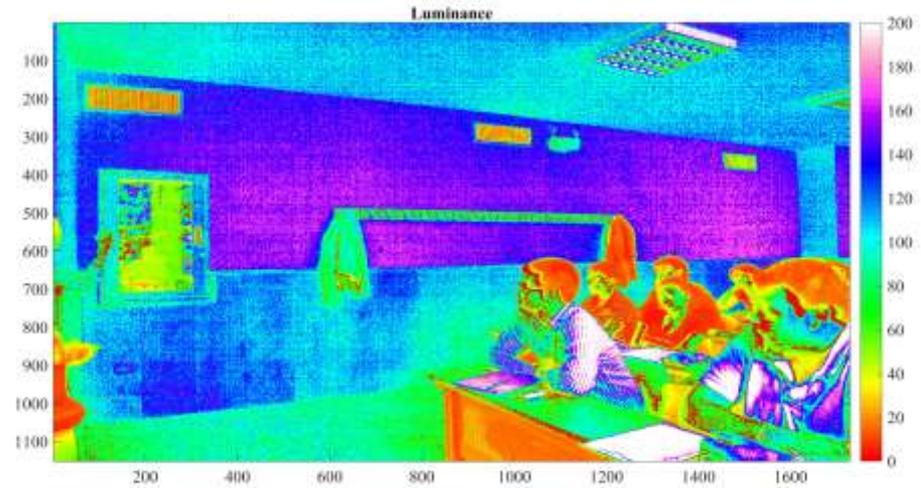


Software di gestione in
linguaggio MatLab

Il software



Mappa delle luminanze

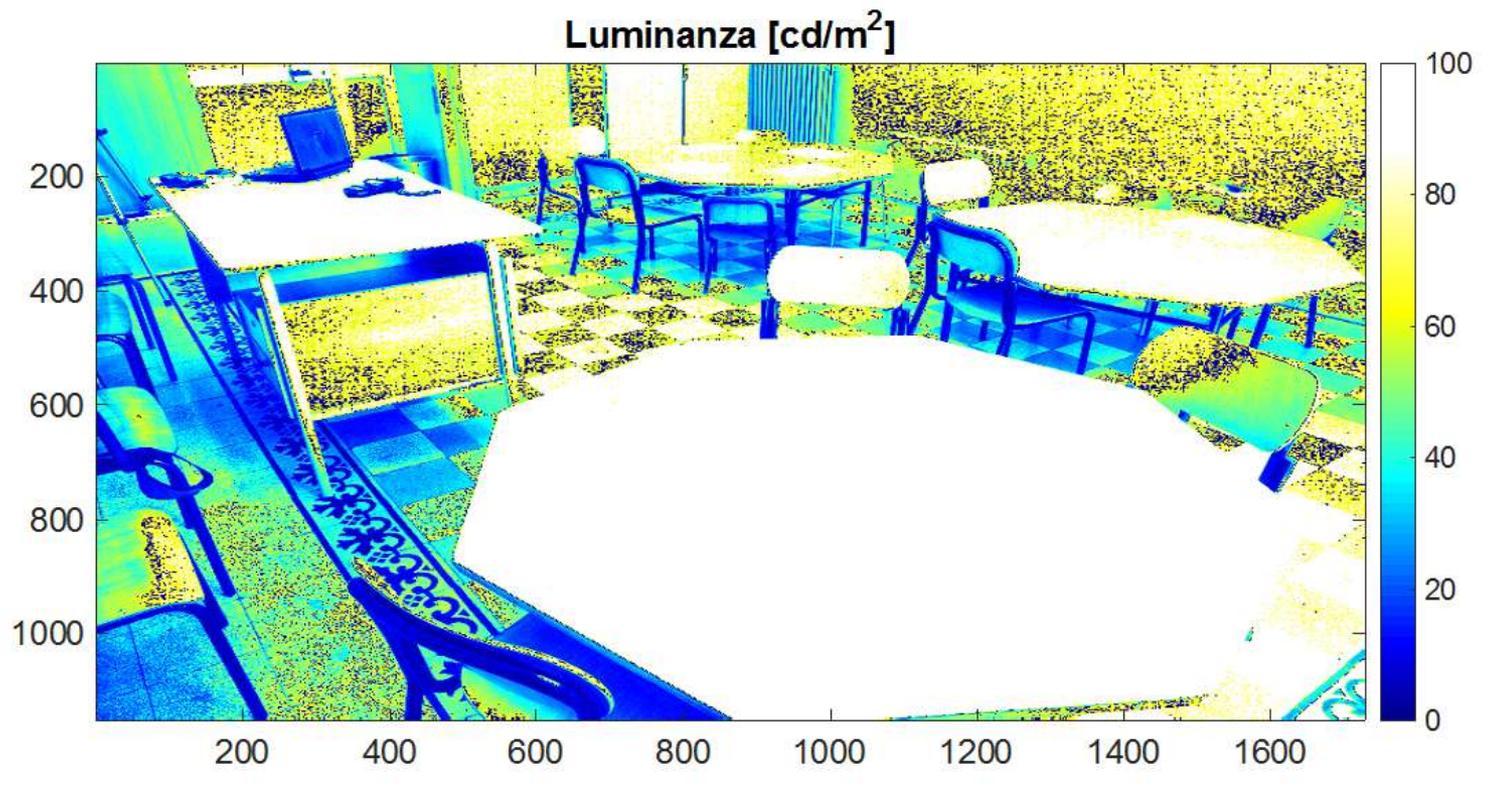


Luminanze e illuminamenti

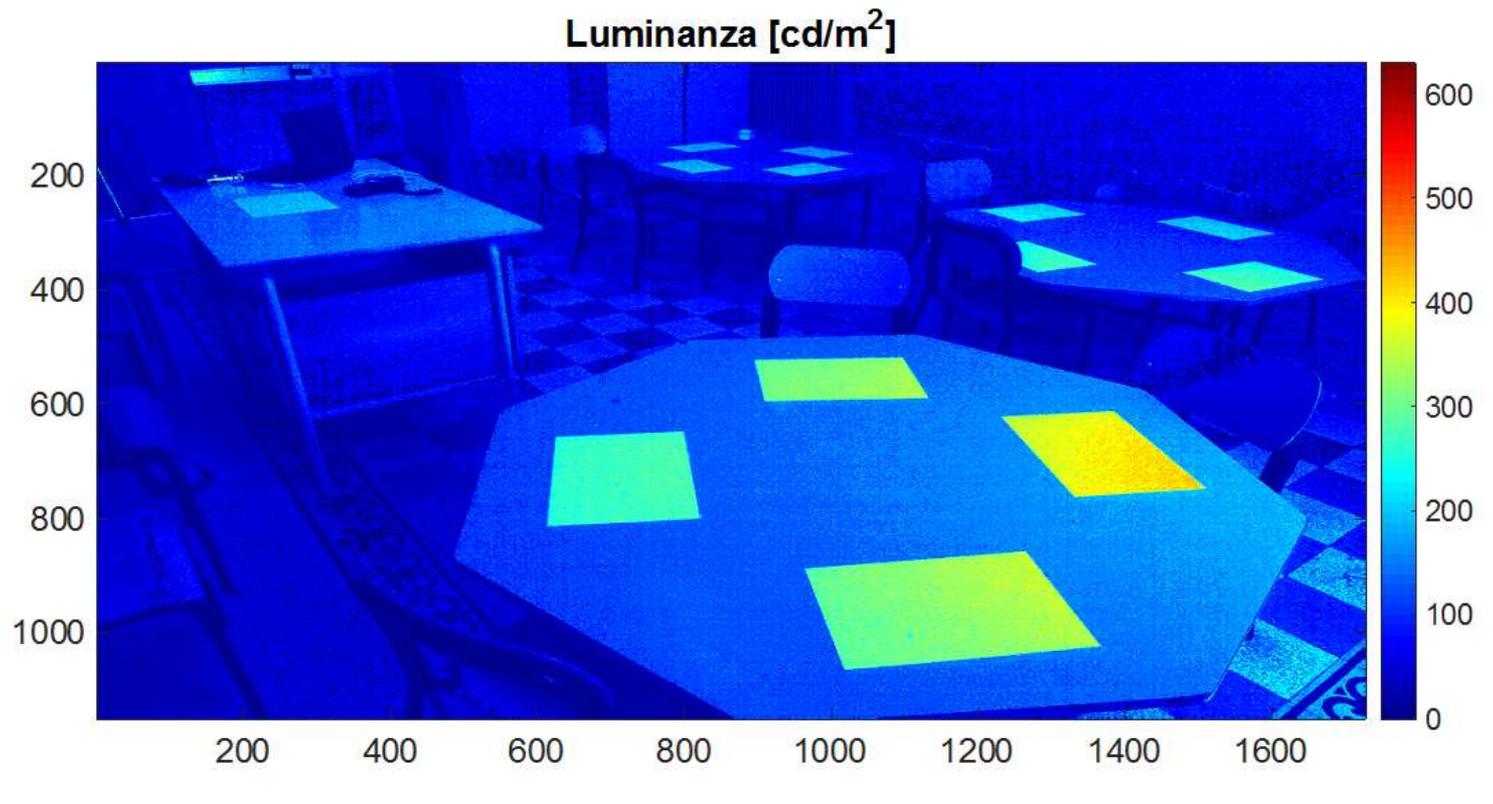
Scuola materna - Arzano (NA)



Luminanze delle superfici verticali



Luminanze di tutte le superfici



La tecnica videografica per la verifica e l'analisi dei parametri fotometrici: **illuminamento**

Sistemando opportunamente nella scena dei target assimilabili a superfici lambertiane di cui sia noto il fattore di riflessione, è possibile ottenere gli illuminamenti partendo dalla mappa delle luminanze.

$$L = (E \cdot \rho) / \pi$$

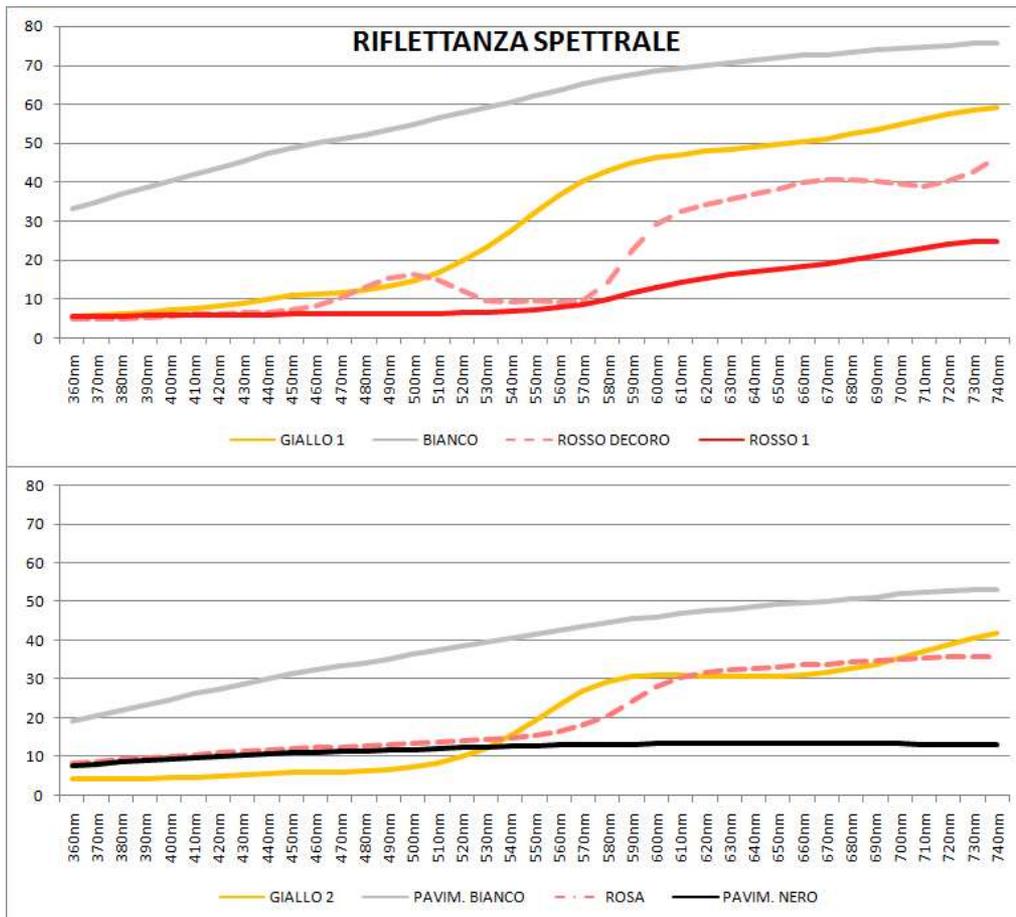
Per superficie opaca diffondente



$$E = (L \cdot \pi) / \rho$$

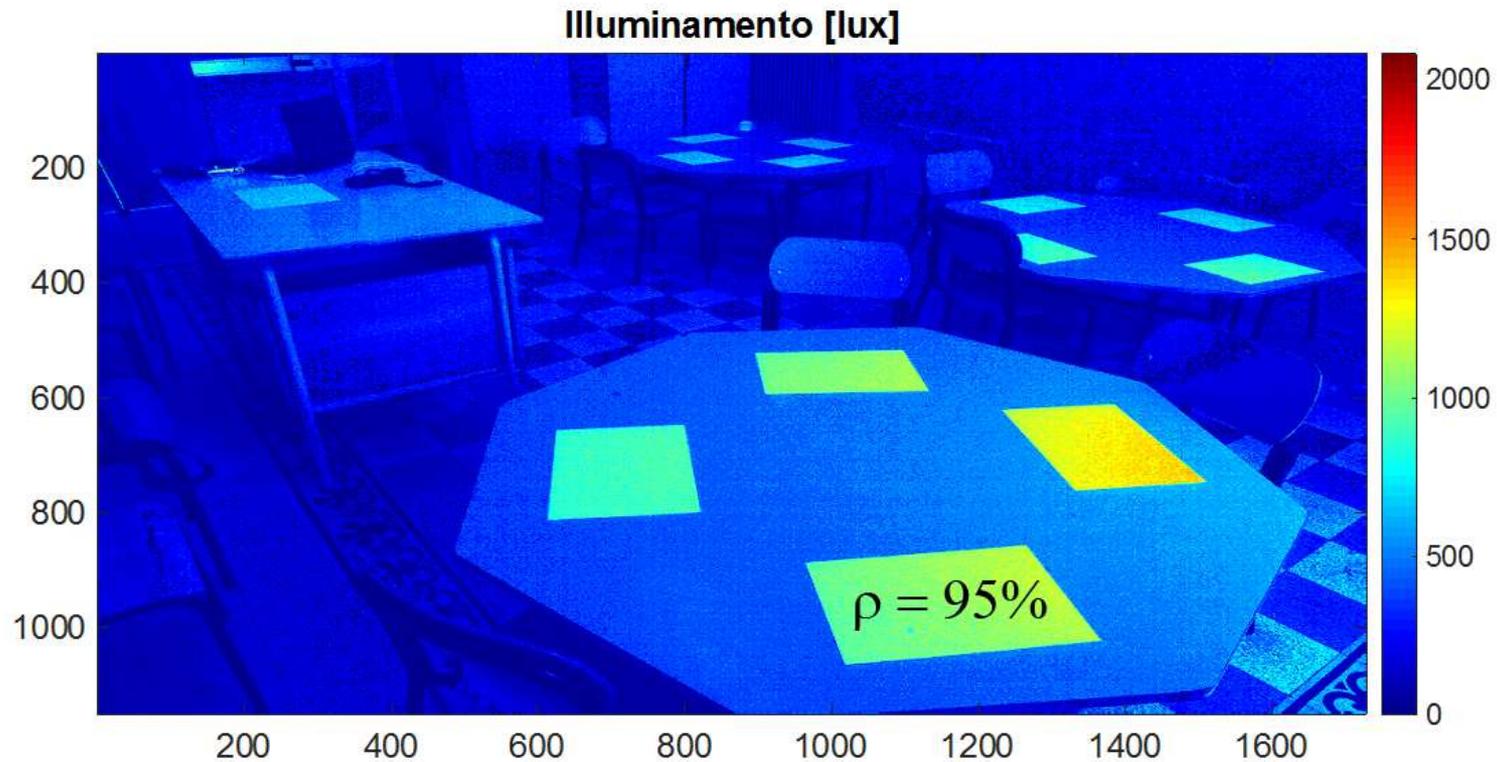
Foglio di carta A4 80 g/m² con fattore di riflessione con minima componente speculare

Riflettanza globale delle superfici rilevata con lo spettrofotometro

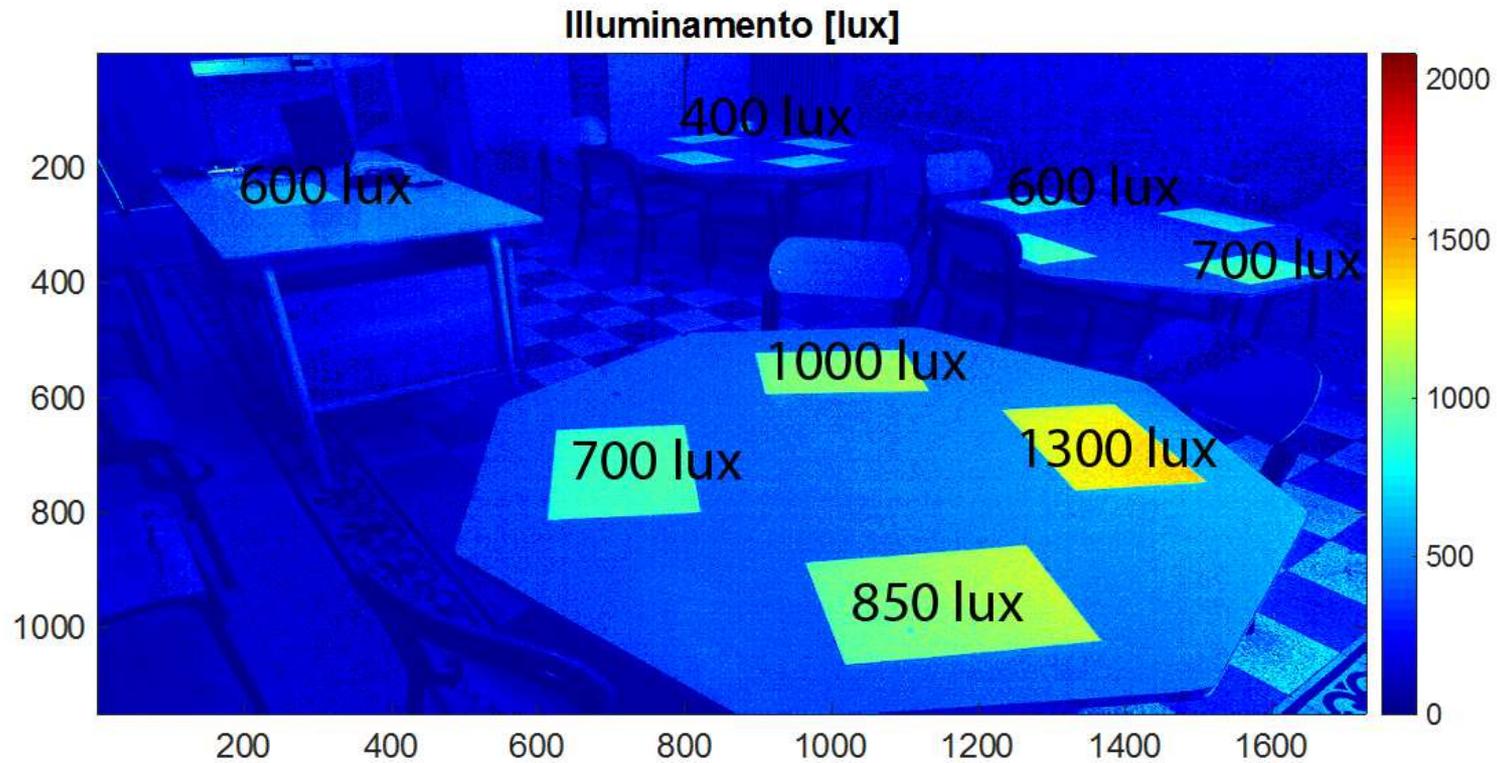


Num.	Nome Campione	$\rho(A)$ %	$\rho(D65)$ %
1	GIALLO 1 (parete)	37	33
2	ROSSO 1 (pannelli)	10	9
3	NERO 1 (decoro)	10	9
4	BIANCO (soffitto)	65	63
5	MARRONE (tendaggi)	17	16
6	NERO 2 (decoro)	5	5
7	ROSSO 2 (pannelli)	12	11
8	NERO 3 (pannelli)	8	8
9	ROSA (pannelli)	21	19
10	ROSSO 3 (decoro)	14	12
11	GIALLO 2 (parete)	24	21
12	ROSSO 4 (parete)	12	10
13	PAVIMENTO BIANCO	43	42
14	ROSSO DECORO	19	16
15	PAVIMENTO NERO	13	13
16	BIANCO RIV. COLONNA	56	54

Illuminamenti su target di riferimento



Illuminamenti



Fattore di Luce Diurna puntuale e medio

La media dei valori di illuminamento interno rapportata all'illuminamento esterno in assenza di ostruzioni in una giornata di cielo coperto, fornisce il Fattore medio di Luce Diurna (FLD) UNI 10840:2007 - Luce e illuminazione (Locali scolastici)

prospetto 2 Fattore medio di luce diurna

Tipo di interno, compito o attività	η_m (%)	Note
Asili nido e scuole materne		
Aule giochi	≥ 5	
Nido	≥ 5	
Aule per lavoro manuale	≥ 3	
Edifici scolastici		
Aule scolastiche	≥ 3	
Aule per corsi serali e per adulti	.	
Sale lettura	≥ 3	

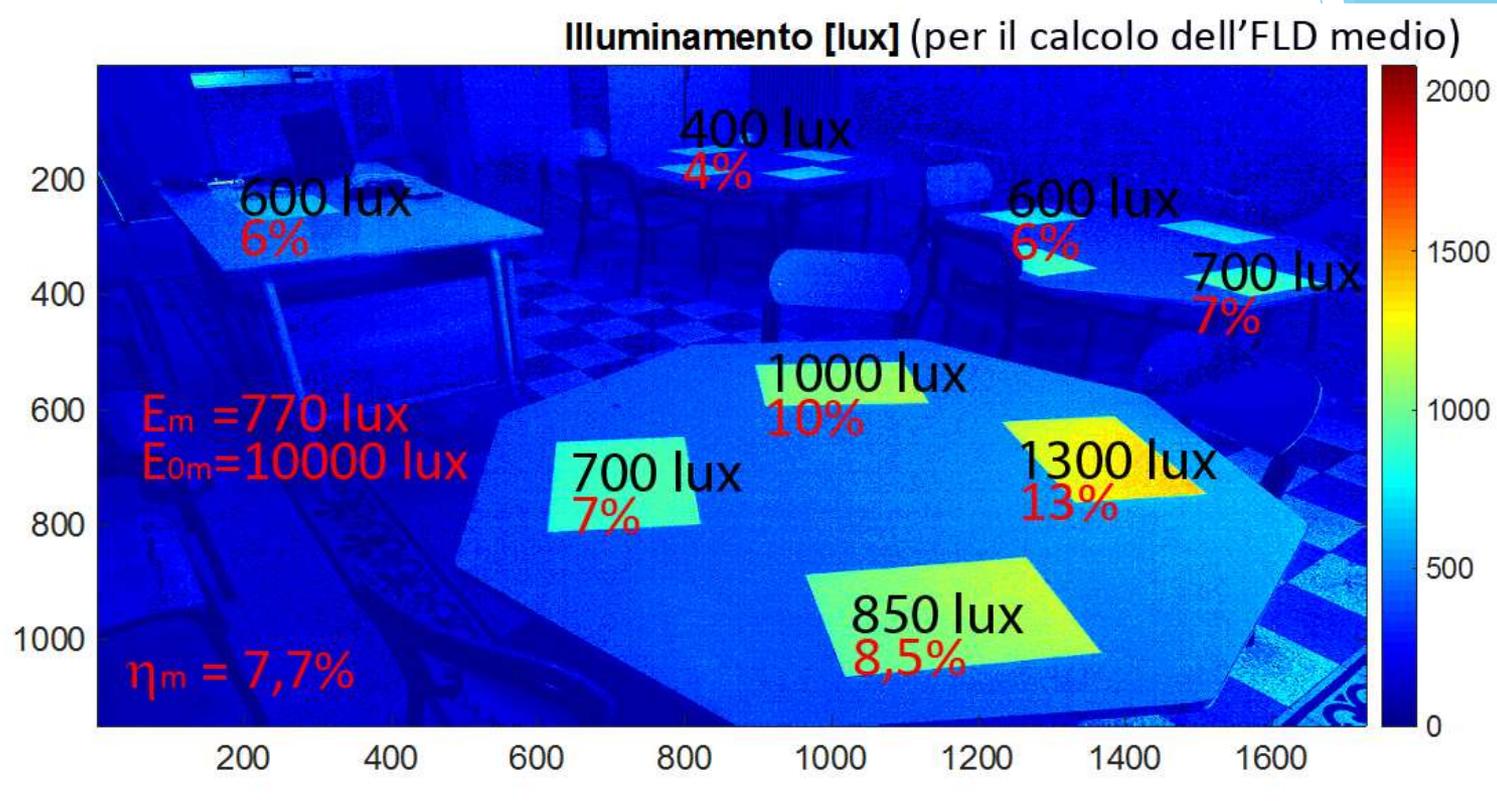
$$\eta_m = \frac{E_m}{E_{0m}}$$

dove:

E_m è la media dei valori di illuminamento rilevati all'interno;

E_{0m} è la media dei valori di illuminamento esterno rilevati durante le misurazioni.

Fattore medio di Luce Diurna



Criteri di progettazione illuminotecnica UNI EN 12464-1

ABBAGLIAMENTO (DIRETTO) - MOLESTO

L'abbagliamento molesto, direttamente prodotto dagli apparecchi di un impianto d'illuminazione di interni, deve essere determinato utilizzando il metodo tabellare CIE dell'indice unificato di abbagliamento *UGR* (Unified Glare Rating), basato sulla formula:

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_B} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad (2)$$

dove:

L_B è la **luminanza di sfondo** calcolata con $E_{ind} \times \pi^{-1}$, dove E_{ind} è l'illuminamento verticale indiretto sull'occhio dell'osservatore, in $cd \times m^{-2}$;

L è la **luminanza**, in $cd \times m^{-2}$, delle parti luminose di ogni apparecchio di illuminazione nella direzione dell'occhio dell'osservatore;

ω è l'**angolo solido**, in steradiani, delle parti luminose di ogni apparecchio di illuminazione sull'occhio dell'osservatore;

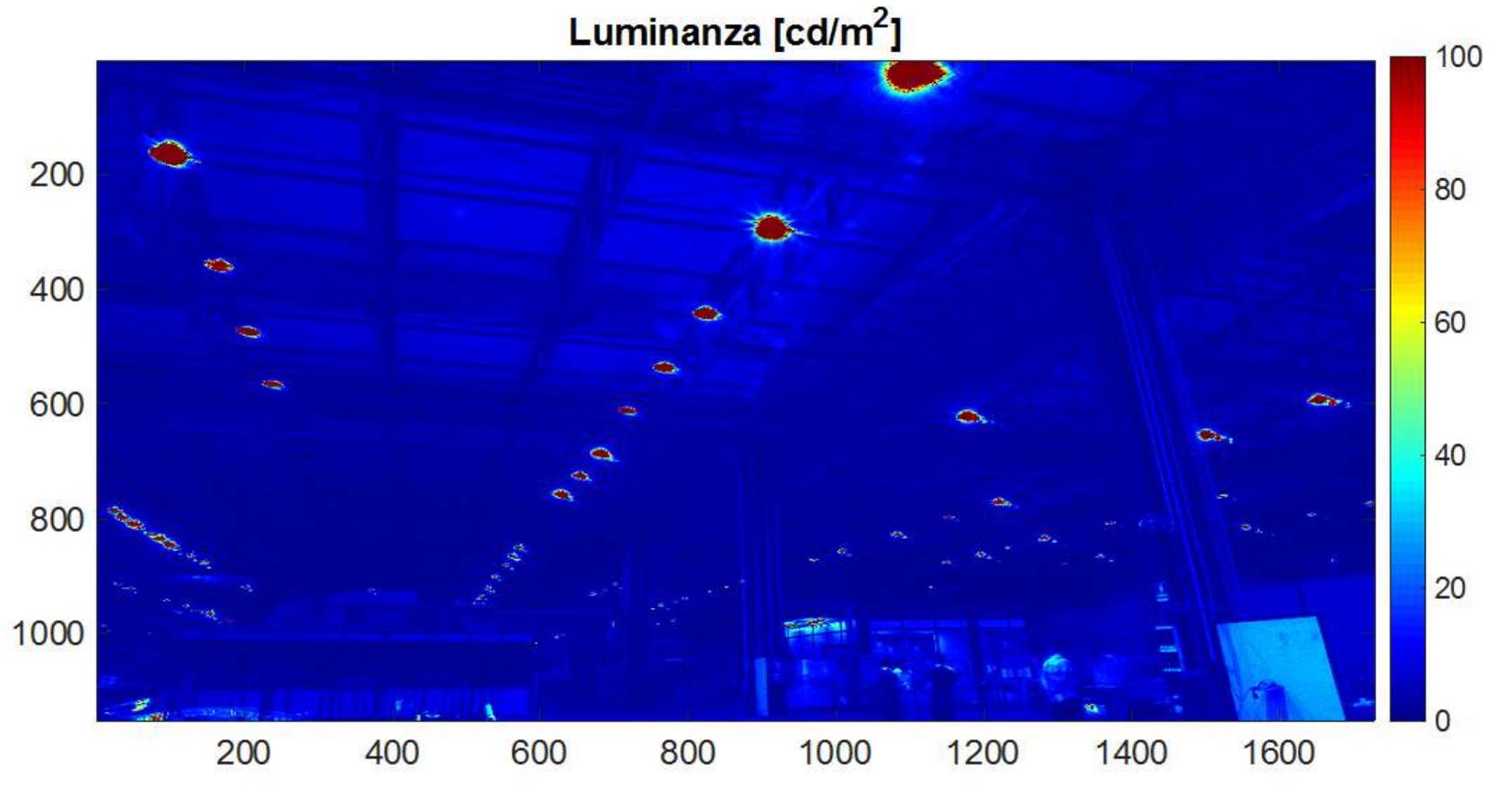
p è l'**indice di posizione di Guth**, che è funzione dello scostamento angolare rispetto all'asse della visione, per ogni singolo apparecchio di illuminazione.

Luminanze

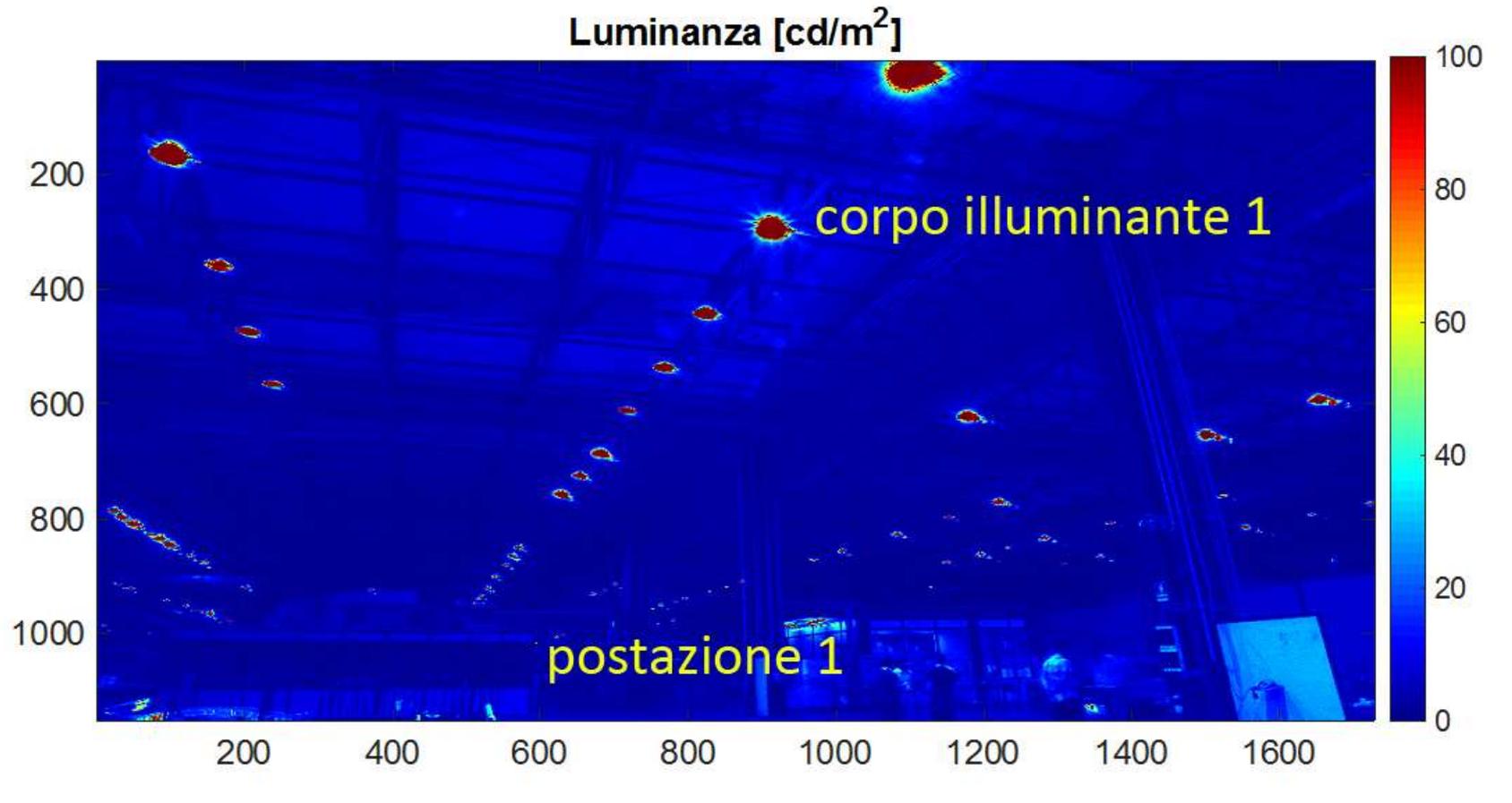
Impianto Industriale- Nola (NA)



Luminanze delle superfici verticali e del soffitto



Verifica dell'UGR



UGR corpo illuminante1 da postazione 1

TARGET

Luminance AVG = 36714.5062 [cd/m²]

Solid angle = 0.00010775 [sr]

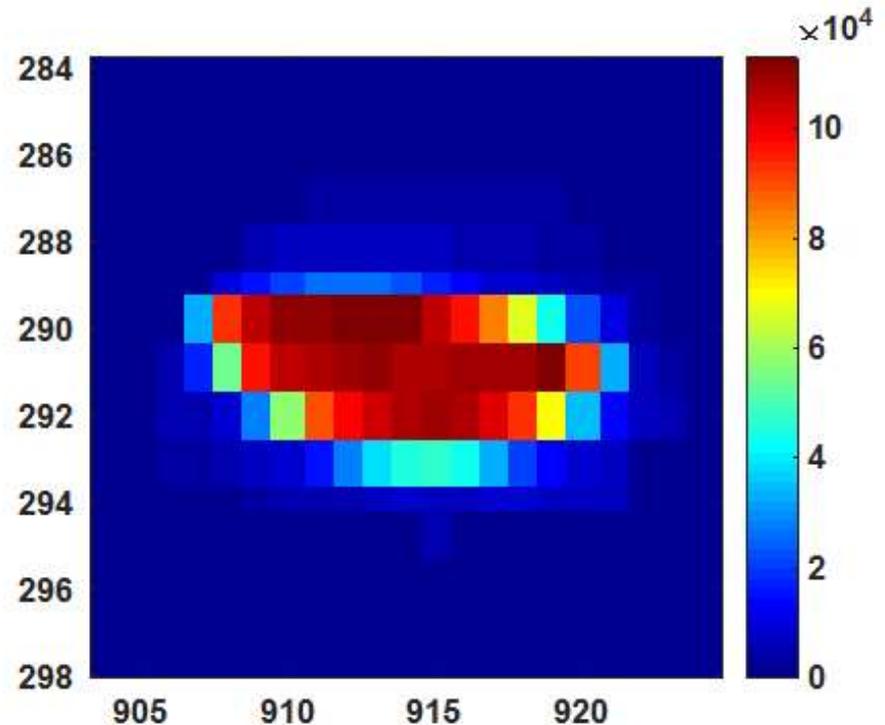
Solid angle (guth) = 4.652e-05 [sr]

TOTAL

Luminance AVG = 20.9723 [cd/m²]

Solid angle = 1.4947 [sr]

Solid angle (guth) = 0.63612 [sr]



L'utilizzo della tecnica videografica risulta utile per diverse verifiche in campo:

- 1) Luminanze su piano orizzontale e verticale di intere scene
- 2) Illuminamento su target predisposti, con contemporaneità di rilievo
- 3) Fattore medio e puntuale di Luce Diurna
- 4) Parametri fotometrici e geometrici per il calcolo dell'UGR

Grazie per l'attenzione

The background features a white central area with decorative elements. In the top-left corner, there are several realistic water droplets of varying sizes. The right side of the image is dominated by a large, abstract geometric shape composed of overlapping translucent blue triangles and polygons, creating a dynamic, modern look. Additional water droplets are scattered along the bottom edge, particularly near the blue geometric shapes.