



DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA
INDUSTRIALE

PILLOLE DI ILLUMINOTECNICA - APPROFONDIMENTI PROGETTUALI

illuminazione per i beni culturali

con il contributo di



13 MARZO 2025

Biblioteca Storica dell'Università degli Studi di Napoli Federico II

Luce per l'arte



Gennaro Spada

Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Napoli Federico II
Ordine degli Ingegneri di Napoli – Commissione Impianti

I beni culturali nella Costituzione Italiana

Roma 27/12/1947



ART. 9

La Repubblica **promuove** lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione. Tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni.

ART. 117

La potestà legislativa è esercitata dallo Stato e dalle Regioni nel rispetto della Costituzione, nonché dei vincoli derivanti dall'ordinamento comunitario e dagli obblighi internazionali.

Lo Stato ha legislazione esclusiva nelle seguenti materie:

.....

s) **tutela** dell'ambiente, dell'ecosistema e dei beni culturali.

.....

CODICE DEI BENI CULTURALI Artt. 1 - 6
decreto legislativo n. 42 del 22 gennaio 2004 s.m.i.



Diritto al patrimonio culturale

Convenzione di FARO - Convenzione quadro del Consiglio d'Europa sul valore del patrimonio culturale per la società.

Trattato internazionale multilaterale del consiglio d'Europa, sottoscritto il 27 ottobre 2005, in cui gli stati firmatari (più di 20) concordano sul libero beneficio e sull'aumento della partecipazione al patrimonio culturale.

Ratificato dal Parlamento Italiano il 23 settembre 2020.

«Il diritto al patrimonio culturale è inerente al diritto a partecipare alla vita culturale così come definito nella **dichiarazione universale dei diritti dell'uomo (Art. 27)**

Ogni individuo ha diritto di prendere parte liberamente alla vita culturale della comunità, di godere delle arti e di partecipare al progresso scientifico ed ai suoi benefici (Parigi 10/11/1948).

Linee guida di indirizzo per il miglioramento dell'**efficienza energetica** nel patrimonio culturale (2015).

Le Linee di indirizzo forniscono indicazioni per la valutazione e per il miglioramento della prestazione energetica del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle norme italiane in materia di risparmio e di efficienza energetica degli edifici.

Sono state redatte da un gruppo di lavoro appositamente costituito, composto da dirigenti e funzionari del MiBACT e da docenti universitari, con l'intento di diffondere informazioni operative a progettisti e tecnici, sia esterni che interni al Ministero.

Emergono 3 obiettivi fondamentali

-  **FRUIZIONE**
-  **CONSERVAZIONE**
-  **EFFICIENZA ENERGETICA**



Parleremo di questi due aspetti in chiave illuminotecnica



Riferimenti normativi: Fruizione

NORMA EUROPEA	Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni	UNI EN 12464-1
		SETTEMBRE 2021
NORMA ITALIANA	Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - grandezze illuminotecniche e procedure di calcolo per la valutazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso	UNI 10819
		MARZO 2021
NORMA ITALIANA	Luce e illuminazione - Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico	UNI 11630
		MARZO 2016

NORMA EUROPEA

UNI EN 12464-2

FEBBRAIO 2025

Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno

Norma CEI 64-8 per impianti elettrici di bassa tensione

DATA PUBBLICAZIONE: 2024-09

ISBN: 978-88-432-0139-6

AUTORE: AA.VV.

EDIZIONE: NONA

PAGINE: 748



Riferimenti normativi: Conservazione

NORMA EUROPEA

UNI EN 16163

FEBBRAIO 2025

Conservazione del patrimonio culturale – Linee guida e procedure per la scelta dell'illuminazione appropriata per le esposizioni in ambienti confinati

NORMA ITALIANA

Beni di interesse storico e artistico
Condizioni ambientali di conservazione
Misurazione ed analisi

UNI 10829

LUGLIO 1999



Riferimenti normativi : Risparmio energetico

NORMA
EUROPEA

Conservazione dei beni culturali - Linee guida per migliorare la prestazione energetica degli edifici storici

UNI EN 16883

GIUGNO 2017

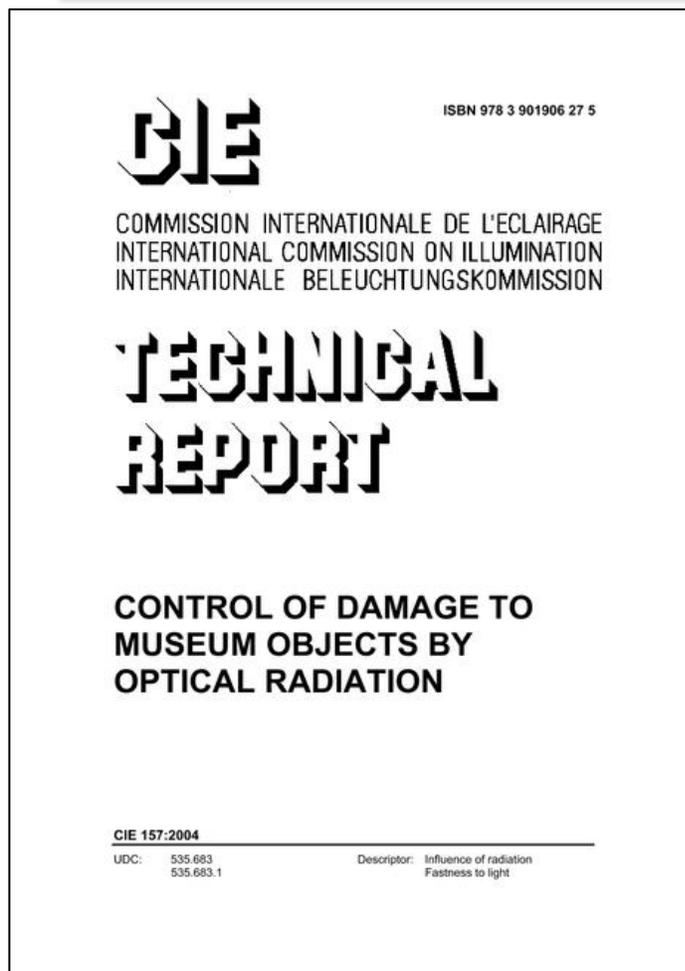
NORMA
EUROPEA

Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione - Parte 1: Specificazioni, Modulo M9

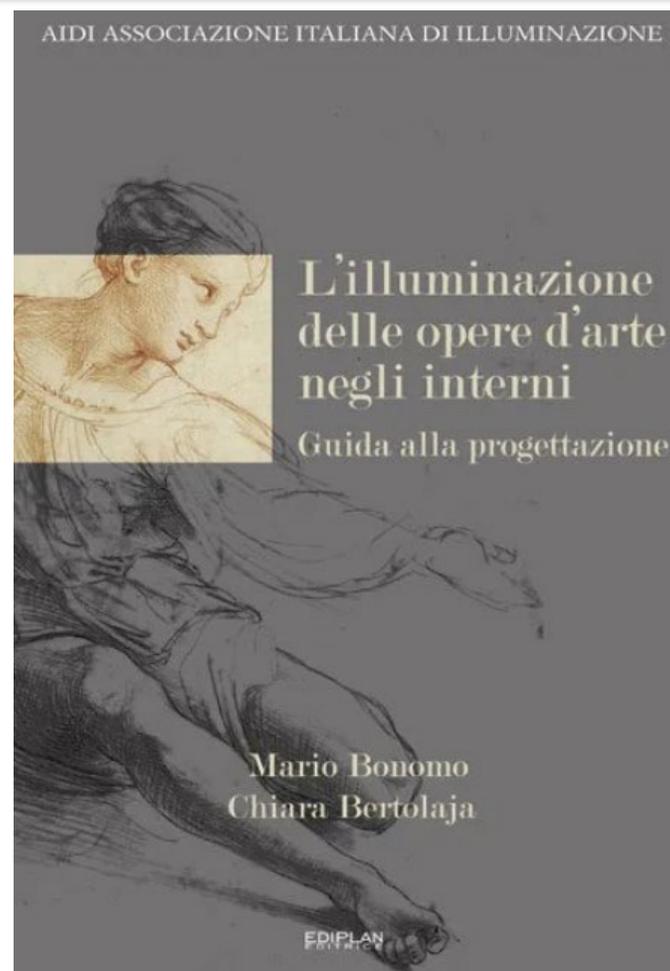
UNI EN 15193-1

SETTEMBRE 2021

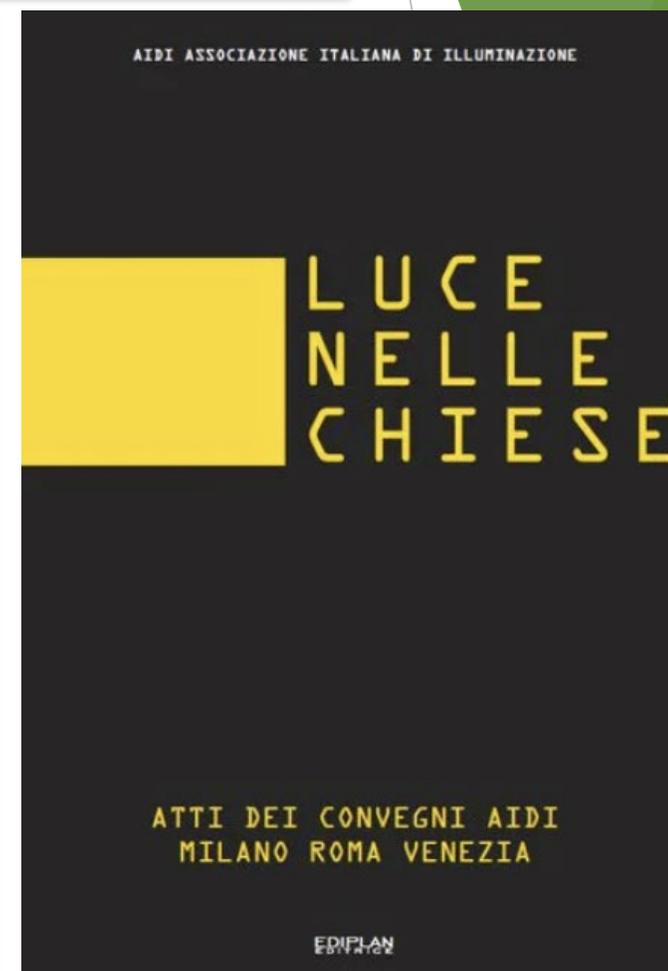
Manuali e linee guida



2004



2013



2014

In
collaborazione
con:

CONFERENZA
EPISCOPALE
ITALIANA

FRUIZIONE



Controllo degli illuminamenti



E = griglia degli illuminamenti

$$E_{\min}/E_{\text{medio}} > 0,5$$

$$E_{\max}/E_{\min} < 5$$

$$\Delta E < 0,20 E_{\text{medio}}$$

Distribuzione delle luminanze interne ai locali

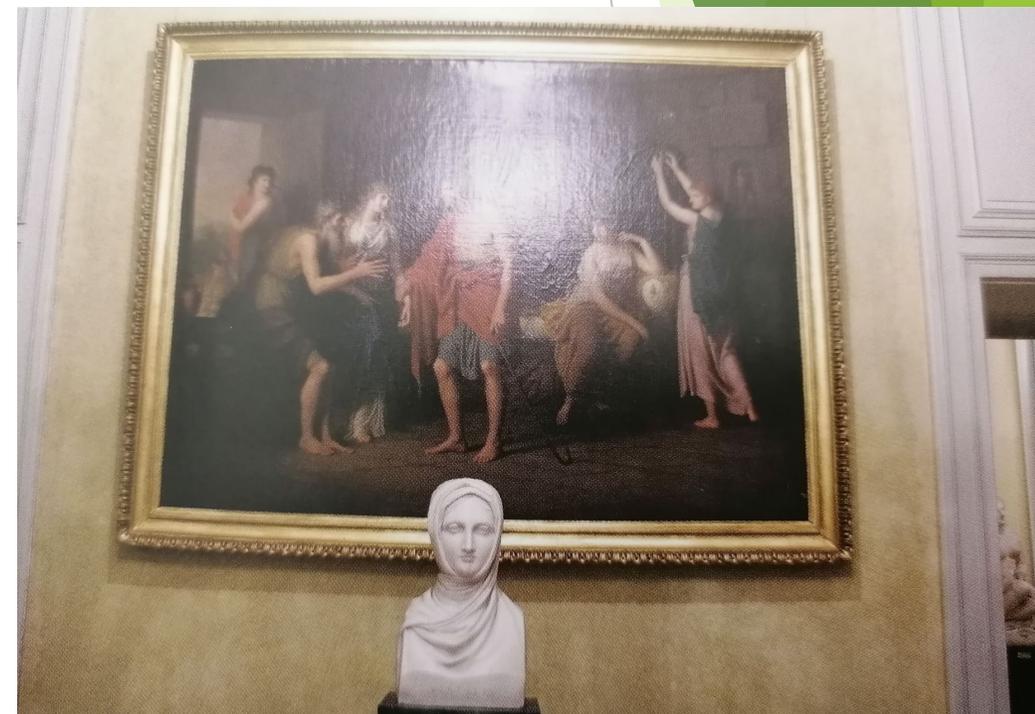
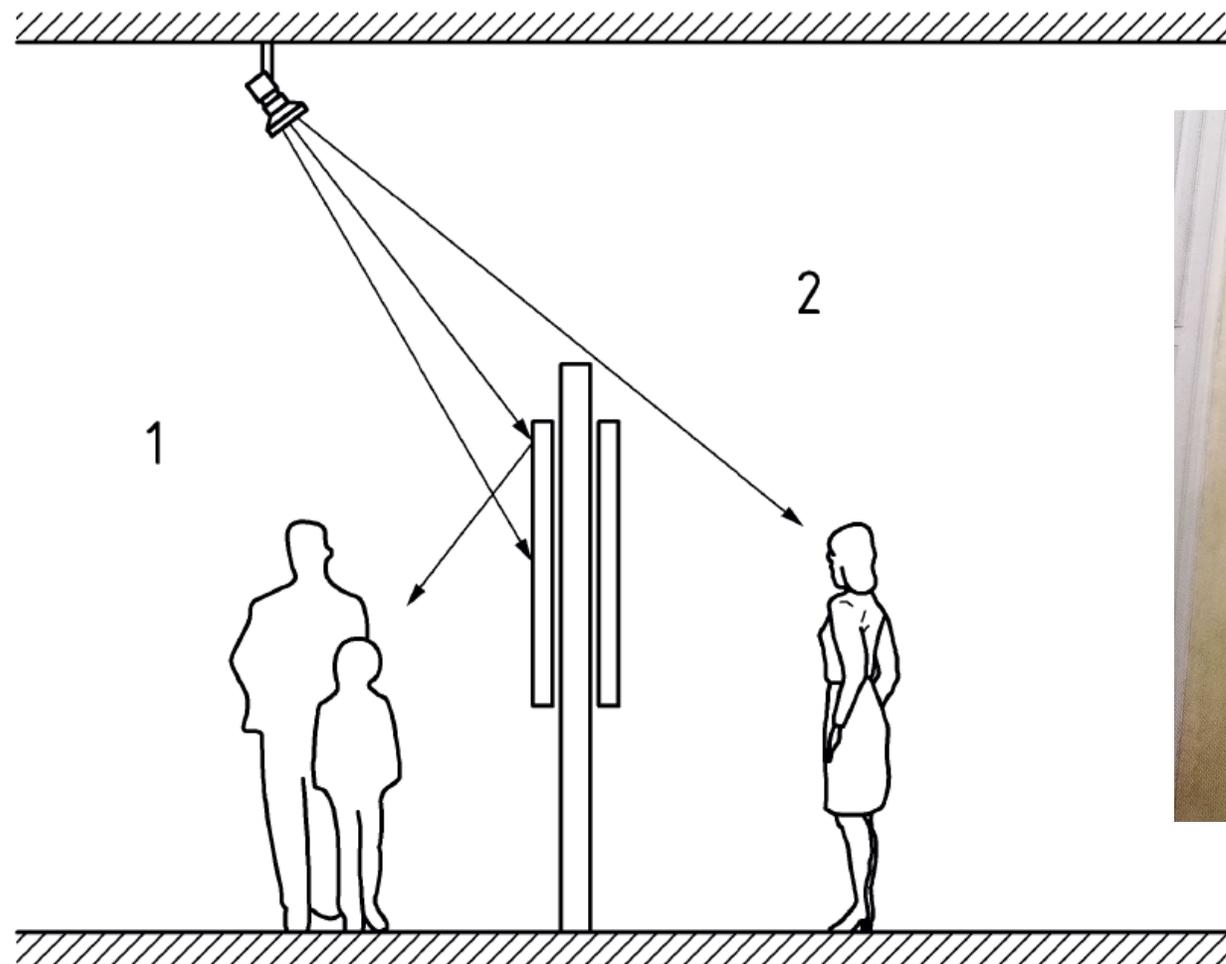
WHITE CUBE



BLACK BOX



Abbagliamento diretto e riflesso sulla superficie dell'opera



Riflessione del supporto

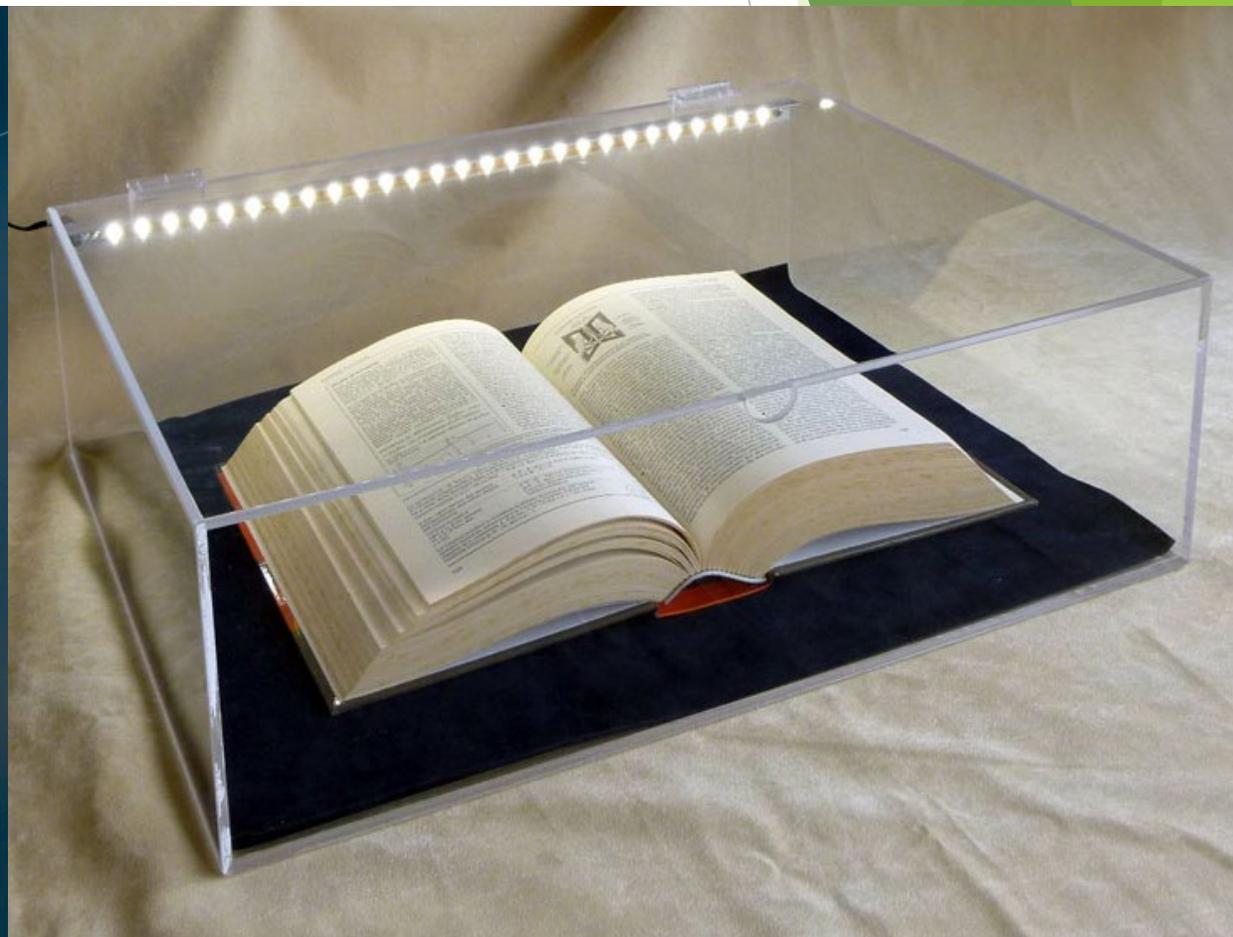


Riflessione del vetro



La Stele di Rosetta –
British Museum - Londra

illuminazione dall'interno



Direzionalità della luce

Luce drammatica

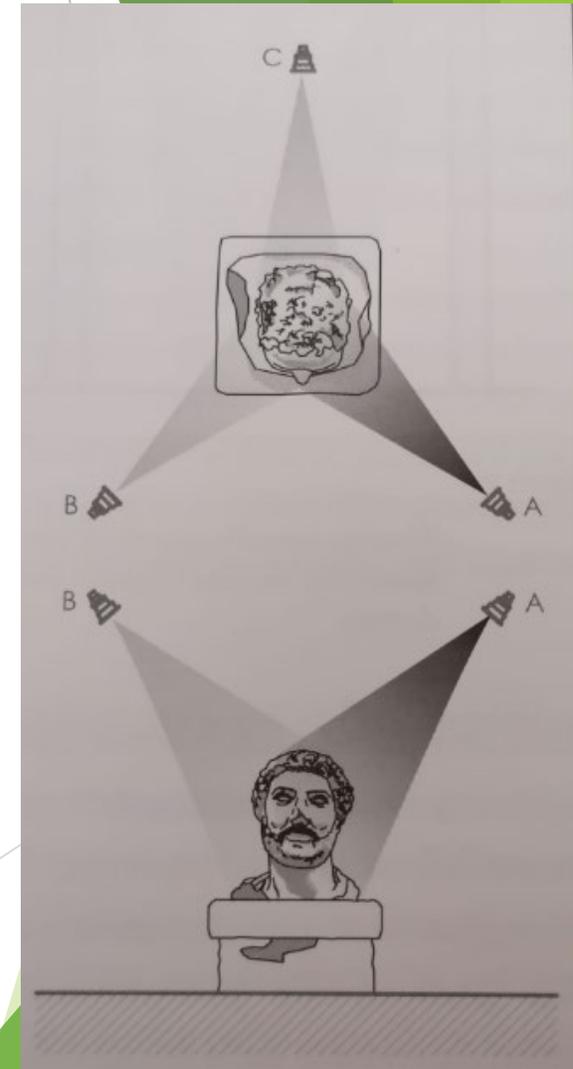
Luce morbida



Tridimensionalità



La gorgone Medusa di Gian Lorenzo Bernini -
Musei capitolini - Roma

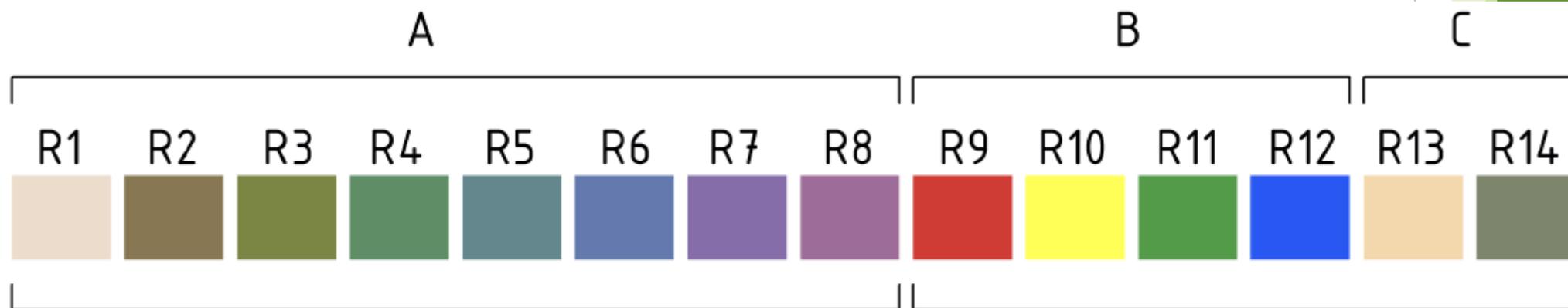


CRI - Color rendering index (CIE 1995)

Ra => da R1 a R8

Re => da R1 a R14

14 test-color tratti dall'atlante Munsell



A colori pastello

B colori saturi

C colori della terra

D CRI (valore medio)

E non inclusi nel calcolo del CRI

Color fidelity index TM 30-18 (IESNA)

Creato nel 2015 e rivisto nel 2018, poi nel 2020, su iniziativa della Illuminating Engineering Society of North America, calcolato con la differenza colorimetrica (CAM02-UCS 2002) su 99 nuovi campioni di colore, selezionati da un pannello di oltre 100.000 colori naturali.

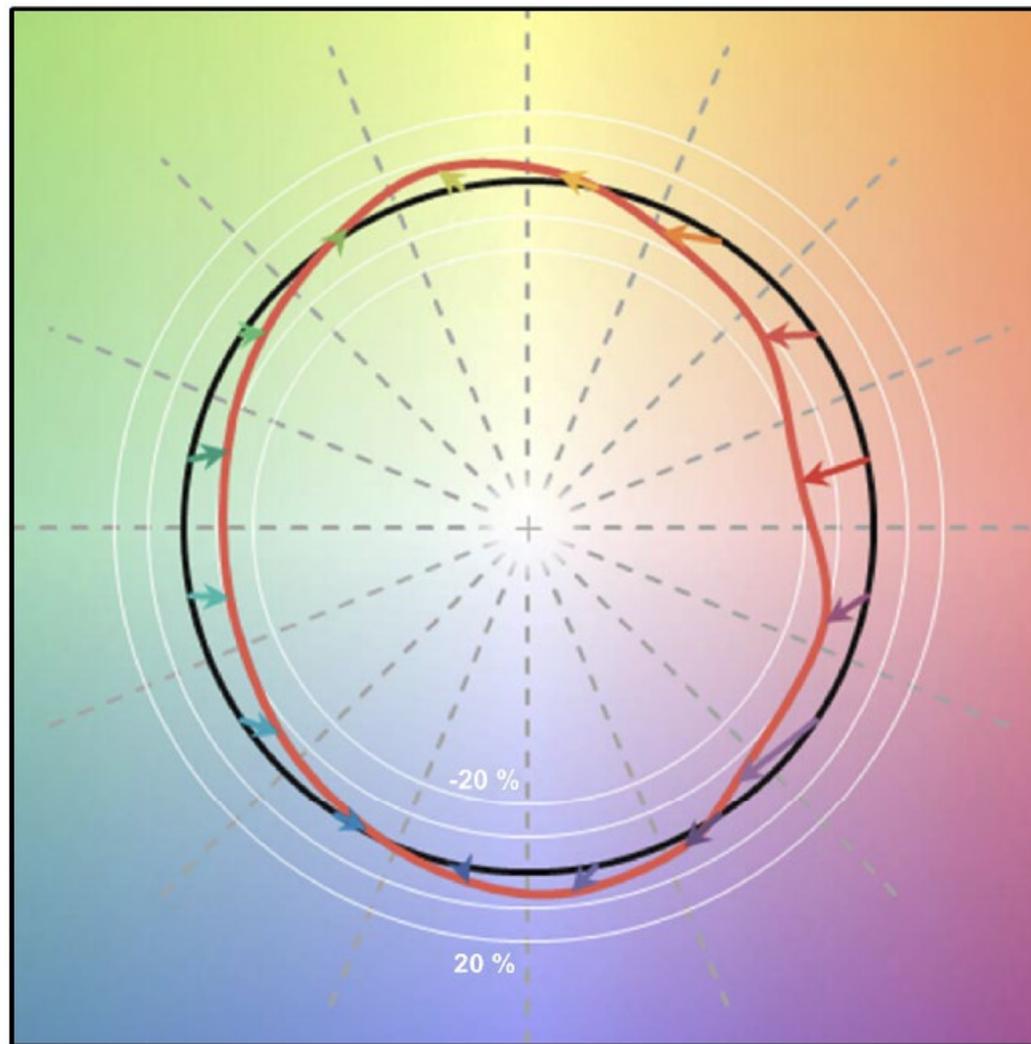
Sono divisi in diverse famiglie come i **colori della natura, della pelle, dei tessuti**, ecc.

È possibile calcolare **l'indice di fedeltà generale**, come un indice di colore singolo o un **indice specifico per l'applicazione**, come la fedeltà del colore della pelle, che viene calcolato, per es., sulla media di due soli indici (Rf15 e Rf18).

CES 1 Type C	CES 2 Type C	CES 3 Type A	CES 4 Type A	CES 5 Type D	CES 6 Type C	CES 7 Type E	CES 8 Type D
CES 9 Type F	CES 10 Type G	CES 11 Type C	CES 12 Type A	CES 13 Type F	CES 14 Type E	CES 15 Type B	CES 16 Type C
CES 17 Type C	CES 18 Type B	CES 19 Type E	CES 20 Type F	CES 21 Type D	CES 22 Type D	CES 23 Type G	CES 24 Type E
CES 25 Type A	CES 26 Type C	CES 27 Type A	CES 28 Type G	CES 29 Type C	CES 30 Type A	CES 31 Type D	CES 32 Type C
CES 33 Type D	CES 34 Type G	CES 35 Type G	CES 36 Type A	CES 37 Type A	CES 38 Type A	CES 39 Type F	CES 40 Type F
CES 41 Type C	CES 42 Type F	CES 43 Type C	CES 44 Type F	CES 45 Type G	CES 46 Type E	CES 47 Type C	CES 48 Type D
CES 49 Type D	CES 50 Type F	CES 51 Type F	CES 52 Type F	CES 53 Type E	CES 54 Type F	CES 55 Type G	CES 56 Type G
CES 57 Type C	CES 58 Type D	CES 59 Type E	CES 60 Type G	CES 61 Type F	CES 62 Type C	CES 63 Type F	CES 64 Type E
CES 65 Type F	CES 66 Type E	CES 67 Type E	CES 68 Type F	CES 69 Type F	CES 70 Type F	CES 71 Type F	CES 72 Type F
CES 73 Type F	CES 74 Type C	CES 75 Type F	CES 76 Type F	CES 77 Type A	CES 78 Type F	CES 79 Type C	CES 80 Type G
CES 81 Type A	CES 82 Type C	CES 83 Type C	CES 84 Type F	CES 85 Type A	CES 86 Type C	CES 87 Type F	CES 88 Type F
CES 89 Type A	CES 90 Type E	CES 91 Type A	CES 92 Type A	CES 93 Type D	CES 94 Type C	CES 95 Type A	CES 96 Type A
CES 97 Type F	CES 98 Type A	CES 99 Type E					

Saturation index (gamut) TM 30-18 (IESNA)

Utilizzato per valutare la distribuzione della saturazione, o desaturazione, **lungo tutta la distribuzione spettrale** della sorgente data rispetto alla sorgente di riferimento.



CERCHIO NERO
rappresenta
l'illuminante di
riferimento (100 %)

LINEA ROSSA valori
riscontrati per la
sorgente in prova

CERCHI BIANCHI
incremento o
decrement del 10 %
del gamut index

Temperatura di colore



3000 K



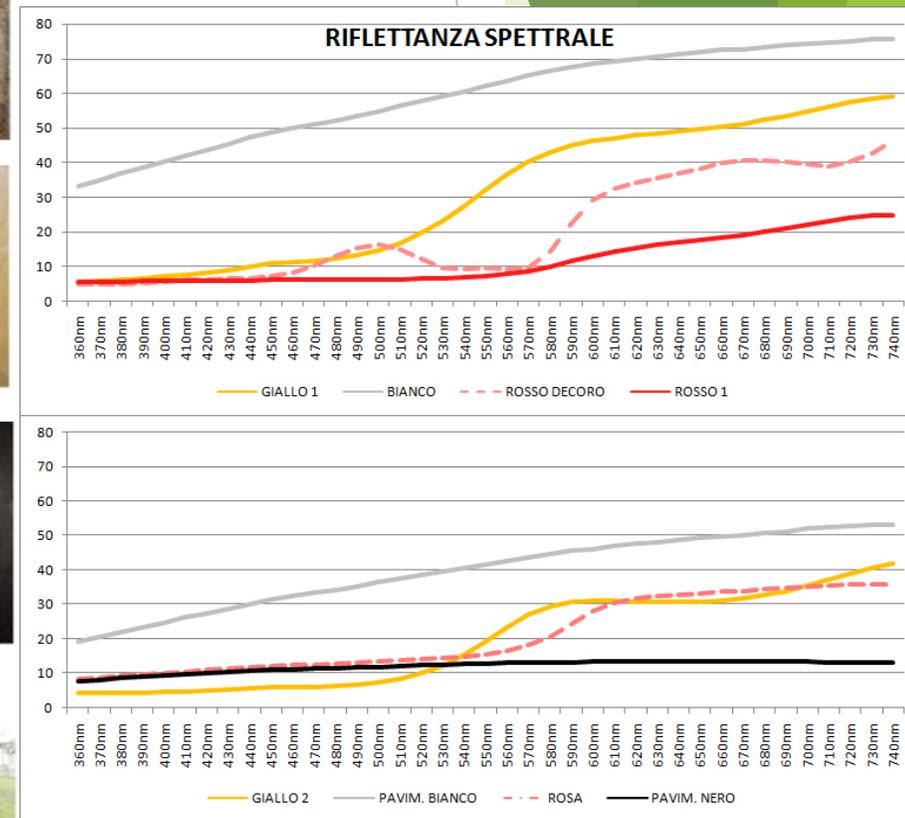
6000 K



4500 K

Campo di grano con volo di corvi - Vincent van Gogh

Caratterizzazione spettrofotometrica delle superfici

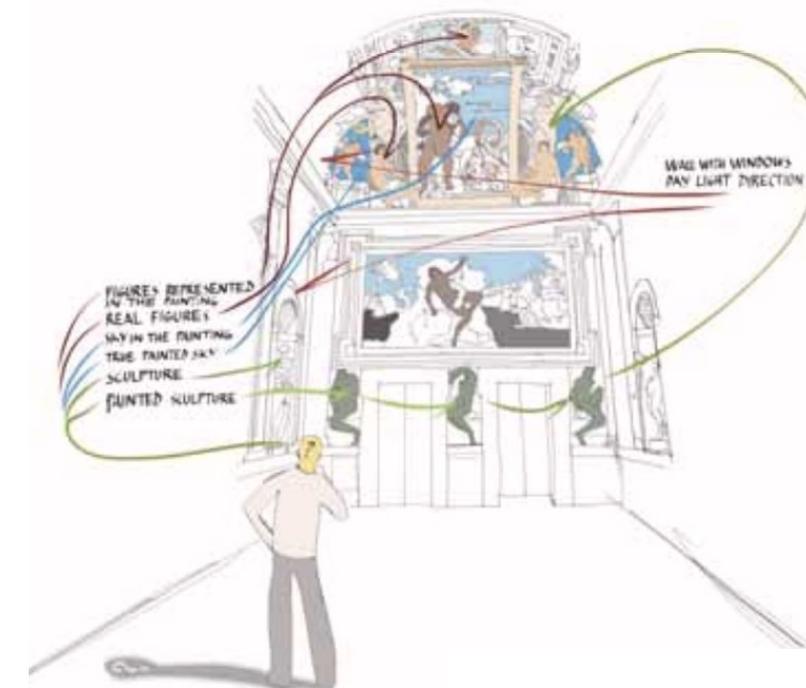
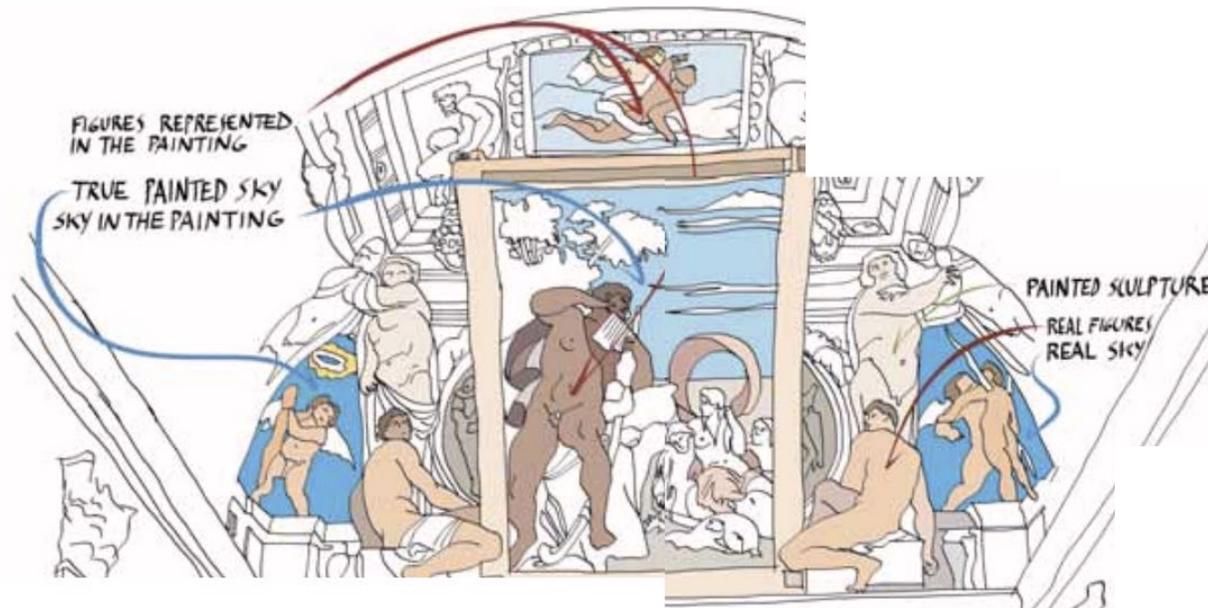


Metodo Monza

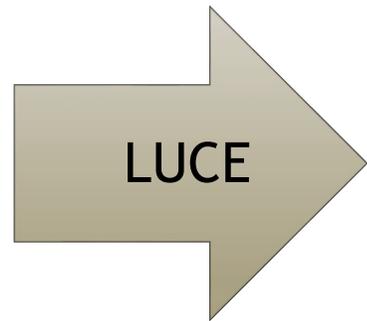
Tecnica che prevede una **illuminazione dinamica** che richiede uno sforzo aggiuntivo da parte del cervello per determinare lo stato emotivo che l'opera dimostra. L'osservatore aumenta automaticamente la sua attenzione.



Galleria dei Carracci - Palazzo Farnese - Roma



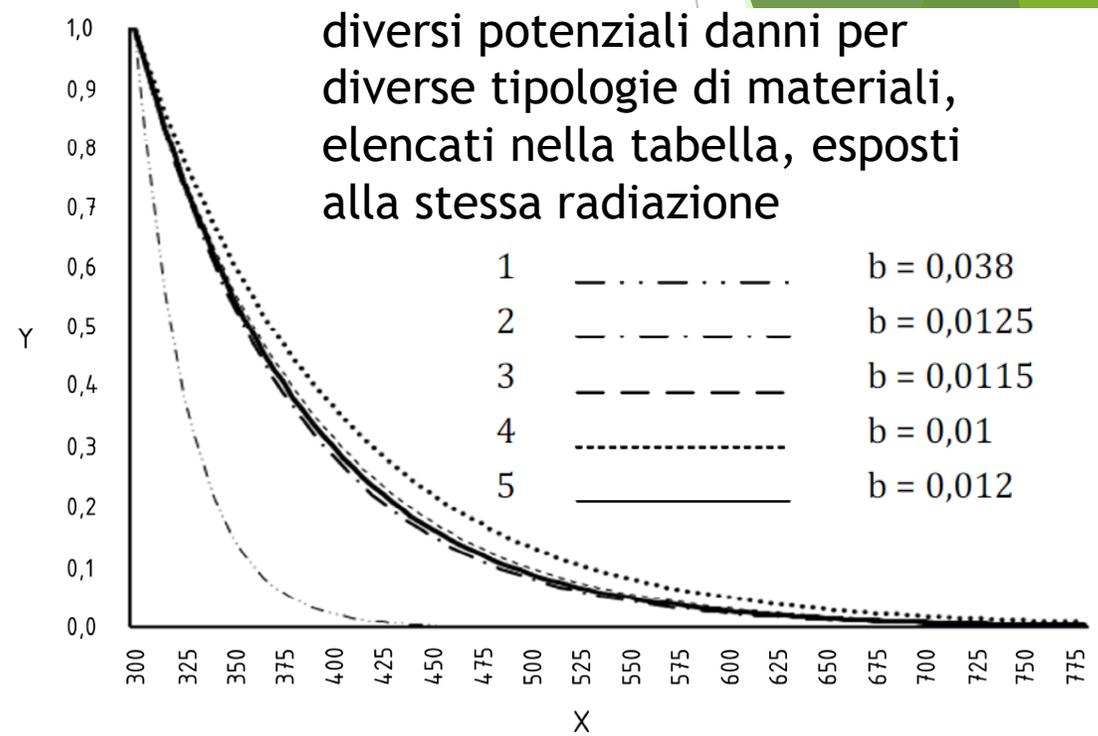
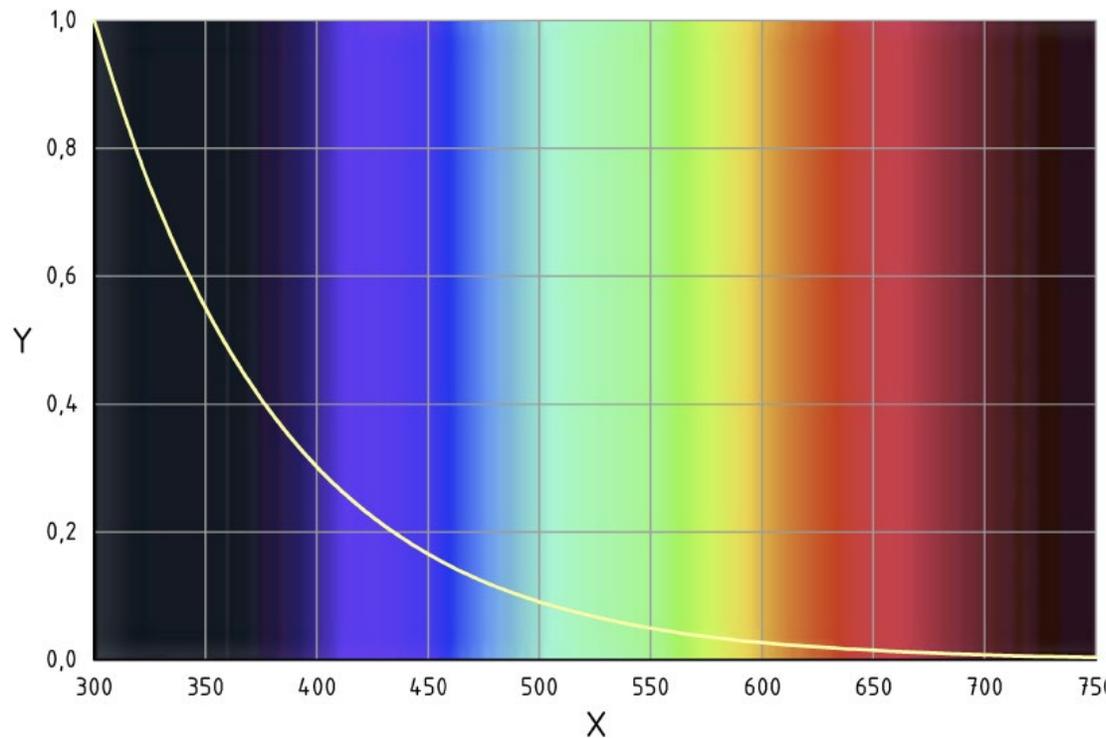
CONSERVAZIONE



Il danno fotochimico

Macrocategorie	Categorie ISO	Descrizione ed esempi	Limite di illuminamento [lux]	Limite di esposizione annua [lux h/anno]
			CIE 157 (2004)	
Insensibile	-	Oggetti costituiti interamente da materiali che sono permanenti, in quanto non sensibili alla luce. <u>Esempi</u> : la maggior parte dei metalli, la pietra, la maggior parte dei vetri, la ceramica pura, lo smalto, la maggior parte dei minerali.	nessun limite	nessun limite
Bassa sensibilità	7, 8	Oggetti composti da materiali resistenti che sono poco sensibili alla luce. <u>Esempi</u> : i dipinti a olio e a tempera, l'affresco, il legno e il cuoio non tinti, il corno, l'osso, l'avorio, la lacca, alcuni tipi di plastica.	200	600.000
Media sensibilità	4, 5, 6	Oggetti composti da materiali labili che sono moderatamente sensibili alla luce. <u>Esempi</u> : gli abiti, gli acquerelli, i pastelli, le tappezzerie, le stampe e i disegni, i manoscritti, le miniature, i dipinti a tempera, la carta da parato, il guazzo, il cuoio tinto, la maggior parte degli oggetti storici di origine naturale, incluse le specie botaniche, la pelliccia e le piume.	50	150.000
Alta sensibilità	1, 2, 3	Oggetti composti da materiali altamente sensibili alla luce. <u>Esempi</u> : seta, coloranti altamente instabili, carta di giornale.	50	15.000

Sensibilità fotochimica Y rispetto alla lunghezza d'onda della radiazione incidente X.

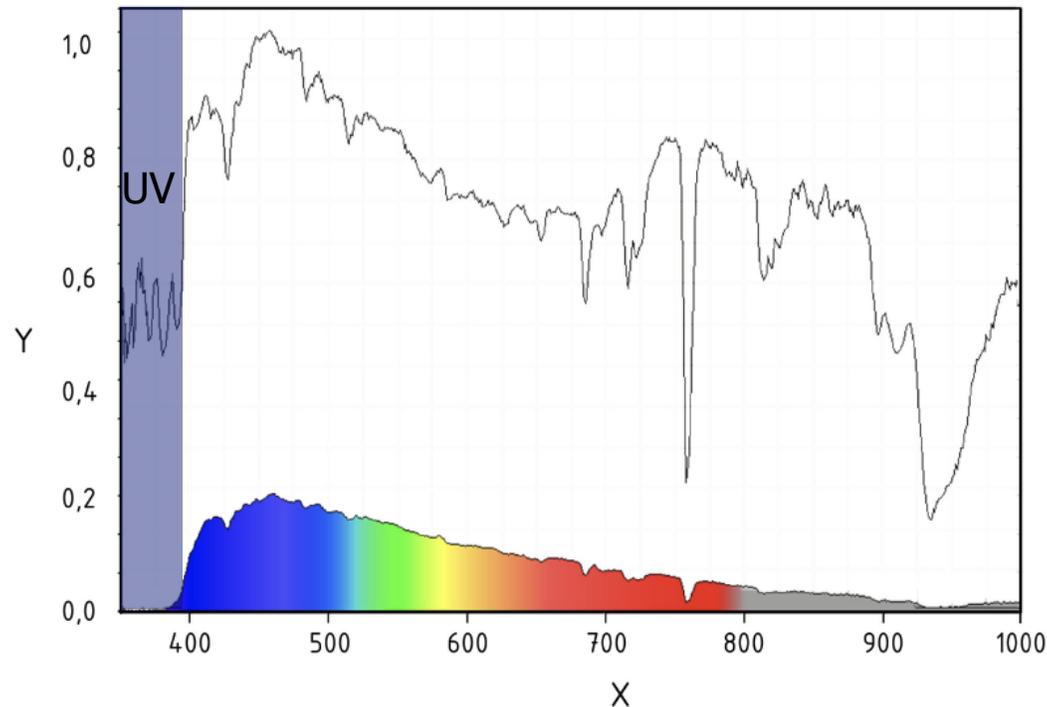


X lunghezza d'onda [nm]

Y danno $s(\lambda)_{dm,rel} = e^{-b (\lambda/[nm] - 300)}$

Line	Samples	b
1	Low-grade paper	0,0380
2	Rag paper	0,0125
3	Oil paints on canvas, Water colour on rag paper	0,0115
4	Textiles	0,0100
5	Mixed samples (without newspaper)	0,012

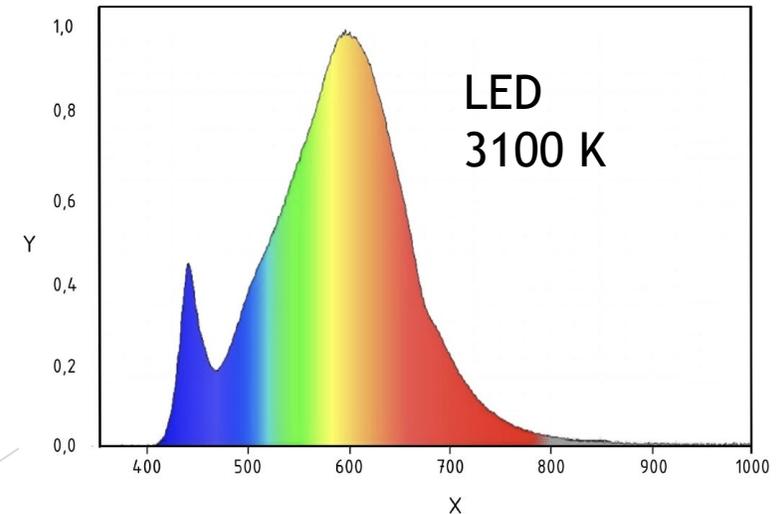
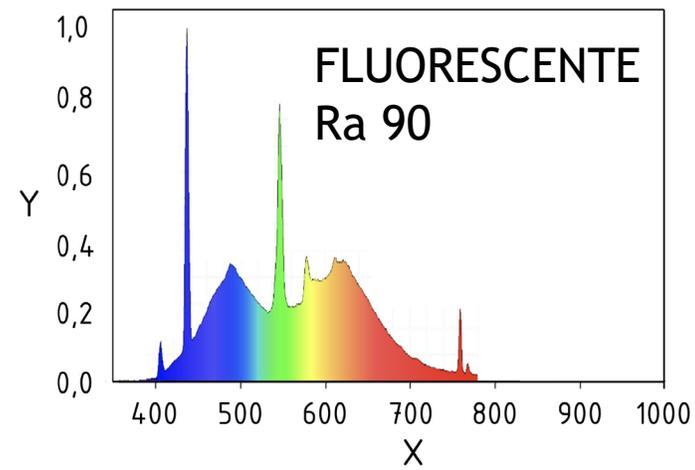
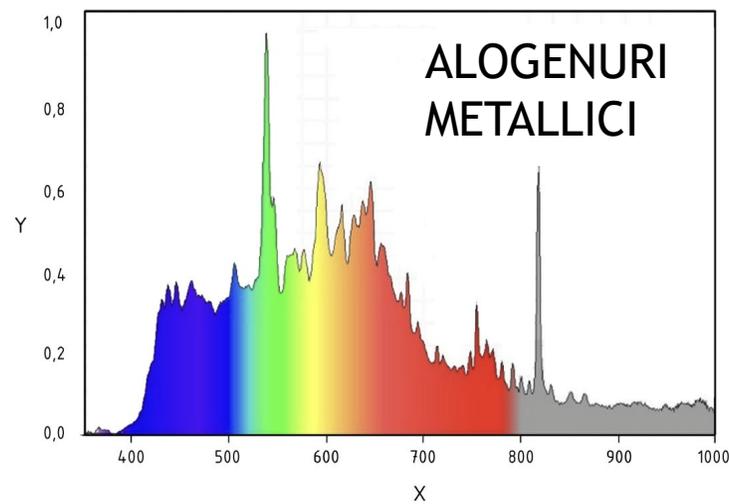
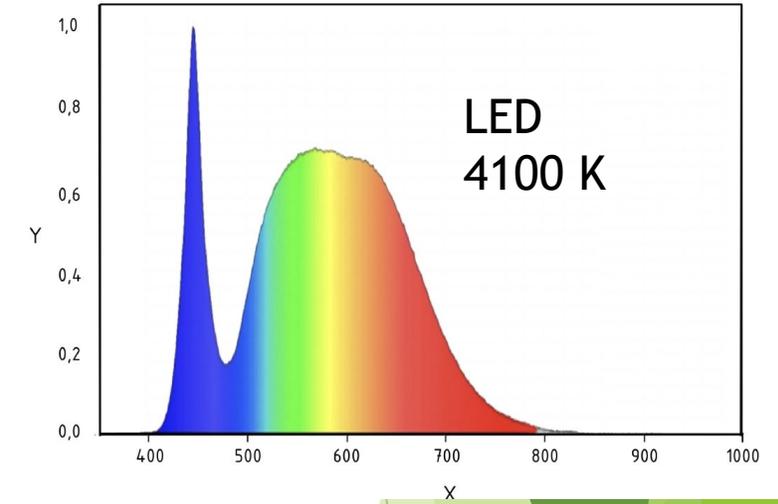
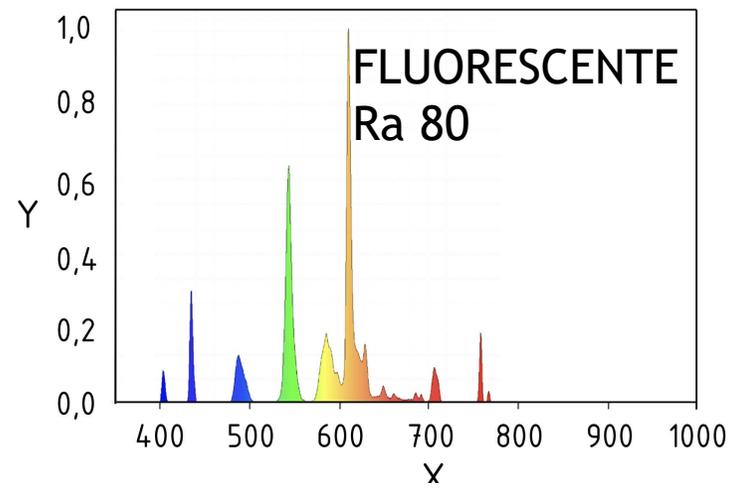
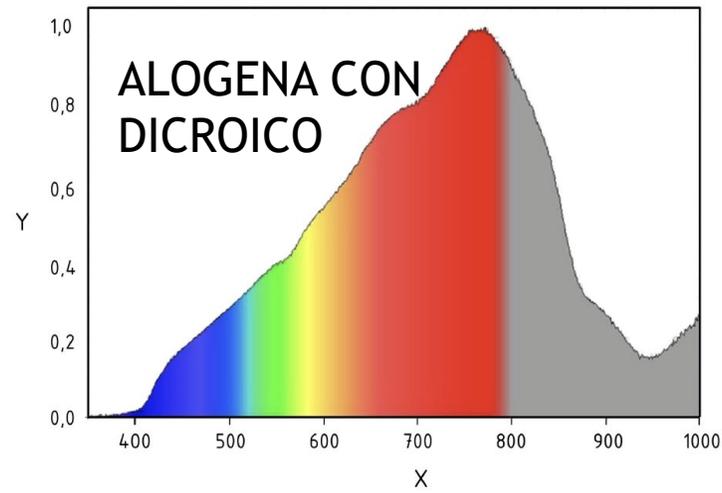
Controllo della radiazione UV - luce naturale



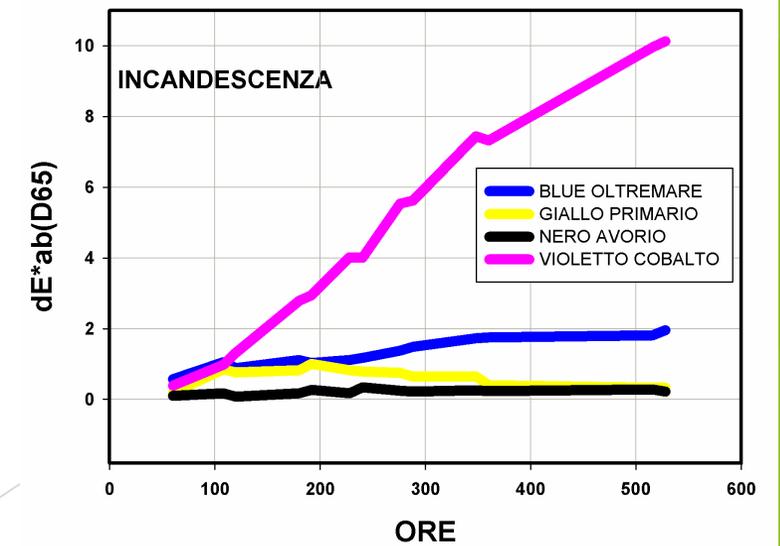
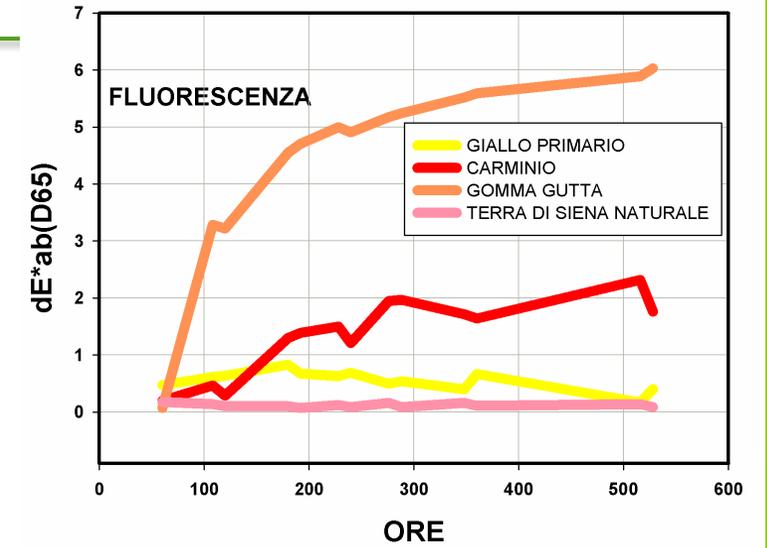
Controllo della
radiazione UV:
confronto tra luce
naturale all'esterno e
all'interno filtrata con
vetro stratificato

X lunghezza d'onda [nm]
Y radianza spettrale normalizzata

Controllo della radiazione UV - luce artificiale



Monitoraggio



Parametri da monitorare



Decreto Legislativo 112 del 1998

Decreto Ministeriale del 10 maggio 2001

“Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei”

- Illuminamento (lux)
- Radianza UV (W/m^2)
- Radianza totale (W/m^2)
- Luminanza (cd/m^2)
- Temperatura di colore (K)



Grazie per l'attenzione.

Ing. Gennaro Spada (PhD)
Università degli Studi di Napoli Federico II
spada@unina.it