

**Biblioteca Tecnica Hoepli**

**GIANNI FORCOLINI**

# **Illuminazione LED**

**Funzionamento - Caratteristiche -  
Prestazioni - Applicazioni**



**HOEPLI**

solidate e il progettista, rispettando norme e raccomandazioni in materia (in particolare quelle promulgate a livello internazionale dall'*International Council of Museum*), può avere la certezza di operare riducendo al massimo il rischio di nuocere alle opere.

## Come proteggere dalla luce le opere d'arte

I danni più frequenti arrecati alle opere d'arte dalla luce e dalle radiazioni a essa associate (ultraviolette e infrarosse) sono così sintetizzabili: alterazioni dei colori (scolorimento, sbiadimento) di pigmenti e rivestimenti, perdita di compattezza materica delle superfici verniciate (scropolamento e cedimento), scollamento degli strati pittorici, degrado strutturale con decremento della resistenza meccanica in vari tipi di supporti, in particolare quelli di origine organica (carte, cartoni, tessuti, legno, cuoio, pellami). Le radiazioni infrarosse (o termiche) provocano il riscaldamento delle superfici con conseguenti dilatazioni e tensioni meccaniche, oltre a ridurre il tasso di umidità relativa dei materiali.

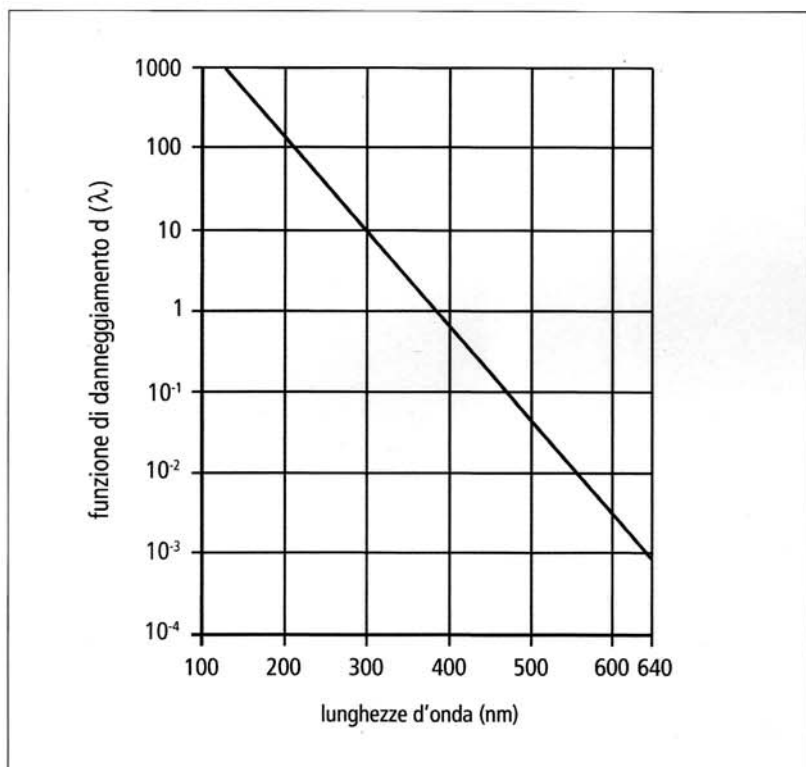
Per proteggere le opere da questi effetti nocivi ci si affida, in pratica, al controllo di due parametri: il livello di illuminamento (cioè la quantità di luce che investe l'opera) (tabella 3.1) e l'esposizione energetica (tabella 3.2). Quest'ultima attiene alle specifiche condizioni materiali e temporali della messa in mostra dell'opera, ed è espressa come il prodotto di tre fattori: il valore in lux dell'illuminamento medio di esercizio, il tempo di esposizione alla luce in ore, un fattore correttivo (*fattore di danno relativo*) che tiene conto delle caratteristiche di aggressività delle radiazioni e delle presenza di elementi di protezione, come vetri e filtri anti UV e IR. Dal diagramma della funzione di danneggiamento (figura 3.30) si può notare che le radia-

<b>Materiali</b>	<b>Illuminamento medio di esercizio (valori massimi)</b>
<i>Materiali estremamente sensibili alla luce</i> Tessili (in particolare seta), tappeti, arazzi, opere d'arte su carta (in particolare acquarelli), manoscritti e libri, cuoio tinto, piume, materiali etnografici con prodotti vegetali, pitture e tempere non verniciate, pitture realizzate con tecniche miste o "moderne" o con materiali instabili, lacche, disegni a pennarello.	50 lx
<i>Materiali moderatamente sensibili alla luce</i> Pitture a olio e a tempera verniciate, affreschi, materiali organici non compresi nel gruppo di cui sopra (avorio, ossa, corni ecc.).	150 lx
<i>Materiali relativamente insensibili alla luce</i> Metalli, pietre, ceramiche, vetri.	Oltre 300 lx

**Tabella 3.1** Valori medi di illuminamento raccomandati, in condizioni di esercizio, per le tre categorie di materiali sensibili all'azione dannosa delle radiazioni.

Tipi di materiali	Esposizione energetica massima (lux per ora/anno)
Materiali estremamente sensibili alla luce	50.000
Materiali moderatamente sensibili alla luce	500.000

**Tabella 3.2** Valori massimi ammissibili dell'esposizione energetica in lux ora/anno.



**Figura 3.30**  
La funzione di danneggiamento  $d(\lambda)$  è utilizzata nel calcolo del fattore di danno, parametro fondamentale nella valutazione della nocività delle radiazioni incidenti su opere od oggetti sensibili alla luce. Per piccole lunghezze d'onda (radiazioni blu e UV) i valori della funzione  $d(\lambda)$  sono elevati. L'assenza di UV nello spettro dei LED è in questo senso un dato positivo.

zioni di corta lunghezza d'onda sono le più aggressive. L'assenza di UV nelle emissioni dei LED e l'impiego di modelli a bassa temperatura di colore (2900-3000 K, poca energia nelle radiazioni della regione spettrale del blu) consente di mantenere bassi i valori del fattore di danno.

## Uniformità degli illuminamenti e contrasti

Ma anche gli ingombri ridotti dei LED e la possibilità di usarli in aggregazioni modulari aiutano il progettista. Con le piccole dimensioni delle fonti luminose si riesce a ridurre fortemente il tasso di invasi-

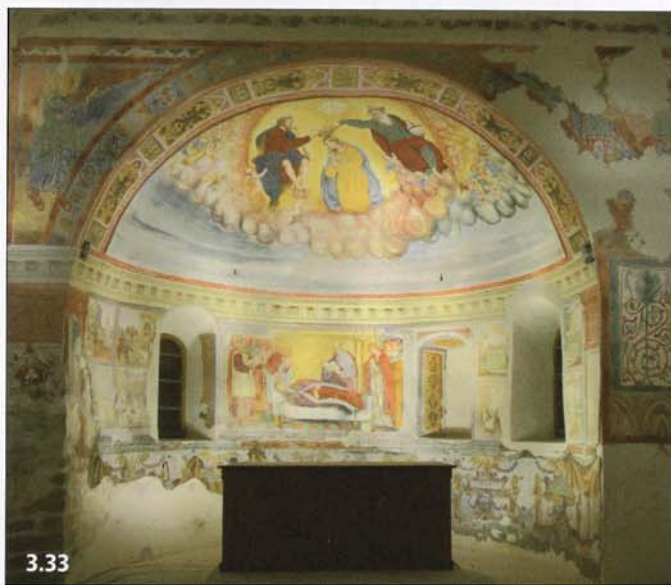




3.31



3.32



3.33

**Figura 3.31** Chiesa di San Giorgio in Braida a Verona, lato sinistro del presbiterio, Arcangelo Gabriele di Giovanni Caroto (seconda metà del XVI secolo). Gli apparecchi a LED multichip RGB sono collocati sul cornicione alla base dell'opera (documentazione e produzione Tecnoilluminazione).

**Figura 3.32** Chiesa di San Giorgio in Braida a Verona, Maria Vergine di Giovanni Caroto (seconda metà del XVI secolo). L'opera è collocata sul lato destro del presbiterio ed è accoppiata all'opera di figura 3.31 secondo il soggetto sacro dell'Annunciazione (documentazione e produzione Tecnoilluminazione).

**Figura 3.33** Chiesa di San Vittore e Corona a Tonadico (provincia di Trento), piccola chiesa, risalente all'XI secolo, dedicata a Santi Vittore e Corona, abside con affreschi medievali, interamente illuminata con sorgenti LED. Gli apparecchi sono collocati dietro l'altare e orientati verso la semi-volta (documentazione e produzione Tecnoilluminazione).

vità dell'impianto. Ogni operazione di integrazione, mascheramento, occultamento, risulta facilitata (figure 3.31-3.37).

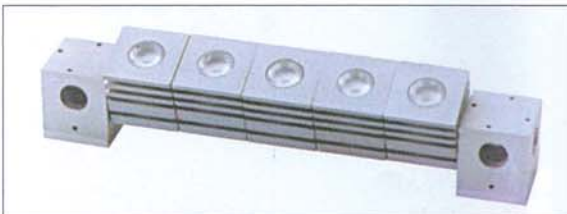
D'altro canto, con le aggregazioni modulari, si ha in pratica a disposizione una serie di fonti, ciascuna fornita di una propria ottica secondaria che è possibile orientare verso specifiche zone dell'opera



**Figura 3.34** Chiesa di San Tomaso Becket a Verona, pala d'altare con Maria Vergine e i SS. Giovanni Battista, Cirillo, Tomaso Cantuariense e Alberto (che regge il modello della chiesa), opera di Felice Brusasorzi (seconda metà del XVI secolo). L'illuminazione è realizzata con apparecchi a LED collocati alla base del coro con i fasci luminosi orientati dal basso verso l'alto. La temperatura di colore è di 3600 K (documentazione e produzione Tecnoilluminazione).



**Figura 3.35** L'opera di figura 3.34 illuminata con gli stessi apparecchi ma con temperatura di colore a 4500 K (documentazione e produzione Tecnoilluminazione).



**Figura 3.36** Apparecchio modulare utilizzato negli impianti di cui alle figure 3.31-3.35, per installazione su piani orizzontali e verticali, equipaggiati con 5 LED da 2,6 W, con corpi orientabili in lega di alluminio con alettature per ladiSSIPazione del calore (modello *Gemini*, documentazione e produzione Tecnoilluminazione).



L'assenza di UV e di IR contribuisce alla tutela delle piante in parchi e giardini e consente di evitare anomalie nello sviluppo e nella riproduzione della vegetazione.

Infine, la possibilità di gestire i colori già selezionando le sorgenti luminose e le loro aggregazioni modulari si rivela una potente risorsa per il progetto (figure 3.83 e 3.84).



**Figura 3.83** Apparecchio utilizzato nella realizzazione di figura 3.83 (modello *Crux*, documentazione e produzione Tecnoilluminazione).



**Figura 3.84** Bordatura verde con fioriture rischiarata con micro-apparecchi equipaggiati con LED di bassa potenza infissi nel terreno vegetale.

**Figura 3.85**  
Illuminazione  
a LED della piscina  
del Grand'Hotel  
Bristol a Stresa del  
Gruppo Zacchera  
(per gentile  
concessione del  
Grand'Hotel  
Bristol Zacchera  
Hotels).

## Luce e acqua

Masse d'acqua grandi e piccole, statiche o in movimento, sono presenti sotto varie forme nel contesto urbano o nel territorio extra-urbano. Da quelle naturalistiche (fiumi, torrenti, canali, laghi, mari), a quelle legate a opere monumentali come nel caso delle fontane, oppure con funzioni ludiche, sportive o terapeutiche: vasche, piscine, bacini artificiali (figure 3.85 e 3.86). Effetti decorativi ad alto impatto visivo si ottengono dal connubio tra acqua e luce, special-



mente quando è possibile installare le fonti di luce all'interno delle masse d'acqua tramite apparecchi di tipo subacqueo, con adatto grado di protezione e alimentati a bassissima tensione di sicurezza, come prescritto dalle normative elettriche a tutela degli utilizzatori (figure 3.87-3.90). Sono queste le principali ragioni che possono portare a preferire le soluzioni a LED, facilmente integrabili nel contesto costruito (o naturalistico) grazie ai minimi ingombri. Si consi-



**Figura 3.86** L'illuminazione della piscina di figura 3.85 è stata realizzata con apparecchi subacquei equipaggiati con LED (modelli *Lyra* e *Hydra*, documentazione produzione Tecnoilluminazione).