



LAMPADE LED PER L'ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Ing. Vincenzo Gabriele Stea

[In breve la tecnologia di illuminazione a LED sostituirà completamente l'attuale tecnologia che utilizza lampade a scarica nei gas, con una rivoluzione nel processo di illuminazione abitativo/industriale e di illuminazione stradale paragonabile –per entità e vastità degli effetti– al passaggio dalla lampada a gas alla lampada Edison, avvenuto alla fine dell'ottocento.]

www.blueingegneria.wordpress.com
www.blueingegneria.com

INDICE

<u>TECNOLOGIA LED</u>	3
<u>CARATTERISTICHE ILLUMINOTECNICHE DELLE LAMPADE A LED</u>	4
<u>APPARECCHI A LED PER L'ILLUMINAZIONE STRADALE</u>	8
<u>RISPARMIO ENERGETICO</u>	10
<u>IMPATTO AMBIENTALE</u>	11
<u>INQUINAMENTO LUMINOSO</u>	11
<u>CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLE LAMPADE LED</u>	12
<u>QUALITA' DELLA LUCE</u>	13
<u>DURATA</u>	14
<u>MANUTENZIONE</u>	18
<u>RIFERIMENTI NORMATIVI</u>	19
<u>FATTIBILITA'</u>	21

TECNOLOGIA LED

In breve la tecnologia di illuminazione a LED sostituirà completamente l'attuale tecnologia che utilizza lampade a scarica nei gas, con una rivoluzione nel processo di illuminazione abitativo/industriale e di illuminazione stradale paragonabile –**per entità e vastità degli effetti**–al passaggio dalla lampada a gas alla lampada Edison, avvenuto alla fine dell'ottocento.

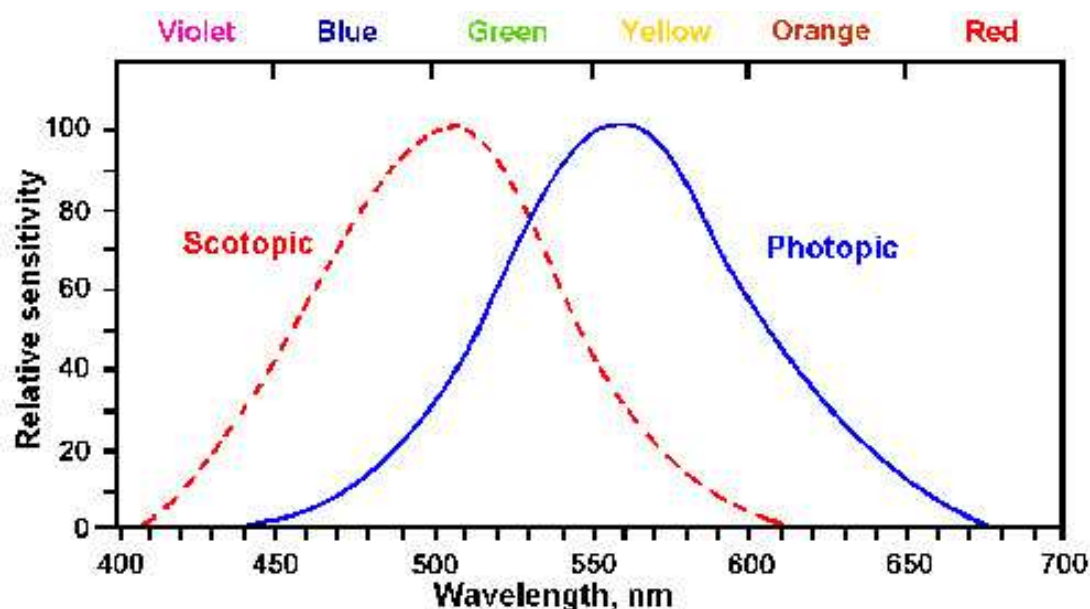
I vantaggi della tecnologia LED sono infatti tali e tanti da determinare una svolta epocale. Tale tecnologia (implementata da **Hewlett Packard** oltre 40 anni fa ed utilizzata sinora nelle stampanti) ha infatti di recente subito una radicale crescita grazie ai risultati della ricerca scientifica. Tali risultati hanno portato alla realizzazione di sorgenti luminose LED di dimensioni contenute ma ad elevatissima densità di potenza ed emissione luminosa(attualmente già pari a 120 Lumen per Led).

La peculiarità che tuttavia più contraddistingue questa tecnologia di illuminazione agli occhi dei non addetti ai lavori è legata al fatto che le sorgenti **LED** non generano luce bianca, ma ottengono il "bianco" attraverso la sintesi additiva dei tre colori fondamentali(da cui la definizione di tecnologia RGB:red-rosso,green-verde,blue-blu).Ciò consente di ottenere una migliore qualità di illuminazione, potendosi generare qualsiasi colore desiderato attraverso l'opportuno dosaggio delle tre fonti primarie di colore. Ciò consente la realizzazione di effetti cromatici di notevole impatto visivo, impensabili con le odierne tecnologie d'illuminazione.

CARATTERISTICHE ILLUMINOTECNICHE DELLE LAMPADE A LED

I nuovi standard **IESNA/ANSI** definiscono un metodo per la progettazione di strade ed ambienti esterni basato sulla visibilità oggettiva percepita piuttosto che semplicemente sulla quantità di luce emessa da un corpo illuminante. Oltre a questo, vanno considerati ulteriori fattori quali la distribuzione spettrale delle sorgenti emettitrici che risulta essere un fattore determinante nella visione notturna, incrementando la sicurezza senza la necessità di aumentare l'illuminamento con conseguente diminuzione della potenza installata.

Quando l'intensità della radiazione diventa particolarmente debole, il massimo della sensibilità dell'occhio si ha per una sorgente monocromatica di lunghezza d'onda pari a 507 nm(colore verde-blu),passando dalla **visione fotopica**(in condizioni diurne) a quella di **visione scotopica**(condizione notturna):



La sensibilità dell'occhio alla luce gialla e rossa è fortemente ridotta, mentre la risposta alla luce blu è fortemente incrementata. Chiaramente se i valori di targa della lampada sono stati determinati usando la caratteristica fotopica, ma le condizioni di utilizzo sono scotopiche (come nella maggioranza dei casi di illuminazione notturna), i valori di targa non daranno una accurata indicazione dell'effettivo ammontare di luce prodotta.

L'esatto ammontare di luce prodotta si ottiene moltiplicando l'energia misurata ad ogni lunghezza d'onda per la curva di sensibilità dell'occhio e sommandone i risultati.

RELAZIONE TECNICA

In condizioni di illuminazione notturna le lampade a LED garantiscono un risparmio, rispetto alle lampade ai vapori di sodio ad alta pressione, variabile da un 26% ad un 59%.

Il vantaggio è molto più alto paragonandosi alle lampade ad incandescenza ed alogene(solitamente più utilizzate in ambienti interni)arrivando fino al 350%. Quindi tenendo conto delle informazioni sopra riportate, il quantitativo di luce misurato tramite luxmetro va moltiplicato per un coefficiente pari a (condizione di illuminamento fino a 0,6cd/m²):

Low pressure sodium	0,25
High pressure sodium(HPS) 250 W clear	0,63
HPS 400 W clear	0,66
HPS 400 w coated	0,66
Mercury vapor (Mv) 175 W coated	1,08
MV 400 W clear	1,33
Incandescent	1,36
Halogen headlamp	1,43
Fluorescent Cool White	1,48
Metal halide (MH) 400 W coated	1,49
MH 175 W clear	1,51
MH 400 W clear	1,57
MH headlamp	1,61
Fluorescent 5000 K	1,97
White LED 4300 K	2,04
Fluorescent 6500 K	2,19

Ad esempio se, in condizioni non fotopiche, si effettuano delle misure con il luxmetro rilevando il valore di 10Lux,l'illuminamento reale percepito dall'occhio umano sarà uguale a 6 Lux per le lampade ai vapori di sodio e 21,9 Lux per una lampada a LED da 6500K.

RELAZIONE TECNICA

Il colore non è solo una caratteristica dell'oggetto illuminato ma la risultanza della percezione della luce, che può variare da soggetto a soggetto, da osservatore a osservatore. Più propriamente il colore è dato dall'interazione tra diversi fattori:

- La composizione spettrale della luce emessa dalla sorgente;
- I fattori di riflessione o di trasmissione, per singole onde elettromagnetiche, delle superfici illuminate;
- La facoltà del soggetto di elaborare percettivamente i segnali luminosi ricevuti dall'ambiente circostante, sia quelli contenuti nel campo visivo, sia quelli memorizzati e contestualizzati.

Per ottenere una valutazione oggettiva della proprietà di resa del colore di una sorgente luminosa si utilizza l'indice R_a , il quale assume il valore 100 se la sorgente di cui intendiamo stimare la resa cromatica produce lo stesso effetto della sorgente luminosa di riferimento. Maggiore è la differenza di resa del colore rispetto alla sorgente luminosa di riferimento, minore è il valore dell'indice **R_a** . Malgrado le diverse distribuzioni spettrali l'indice **R_a** serve inoltre come una ulteriore misura della bontà della luce di una sorgente luminosa. Le lampade a LED hanno un indice $R_a > 70$, avendo nella luce tutte le componenti di colore in un rapporto equilibrato al contrario di quelle ai vapori di sodio caratterizzate da un basso indice di resa cromatica tra le lampade a LED $R_a > 70$ e quella ai vapori di sodio **$R_a = 45$** (rispettivamente sulla destra e sulla sinistra):



RELAZIONE TECNICA

Uno dei maggiori punti di forza di questa classe di lampade è la possibilità di direzionare il flusso luminoso in maniera tale da illuminare al meglio le superfici e ridurre al minimo **l'inquinamento luminoso**; ciò consente di abbassare il flusso totale emesso dalla lampada con conseguente diminuzione della potenza installata mantenendo alta la luminanza sulla superficie.

Ulteriore vantaggio della collimabilità del fascio luminoso è un maggiore penetrazione della luce attraverso pioggia fitta o nebbia, non a causa del colore della luce ma grazie alla composizione geometrica della lampada costituita da una matrice di punti luminosi con ottiche indipendenti che rende queste lampade molto più efficienti in presenza di cattive condizioni atmosferiche.

Gli apparecchi per illuminazione stradale devono soddisfare requisiti molto stringenti sia dal punto di vista fotometrico sia da quello costruttivo. Il flusso luminoso deve essere indirizzato con precisione nelle direzioni ottimali per la visibilità sulla strada e deve invece essere schermato nelle direzioni che possono procurare fastidio ai conducenti.

Le normative impongono valori di luminanza tali da garantire un buon discernimento degli ostacoli e al contempo una uniformità dell'illuminazione.

La luminanza è una grandezza vettoriale che esprime la densità con cui un'intensità luminosa viene emessa da una superficie e per questo motivo rappresenta in maniera adeguata la sensazione visiva prodotta da una sorgente luminosa sull'occhio umano (ad esempio una sorgente che emette una certa intensità da una superficie molto piccola produce sull'occhio una sensazione molto più forte di una sorgente analoga ma con una superficie molto più ampia). Questa grandezza si distingue dall'illuminamento visto sopra perché non definisce la componente "reale" di luce che arriva a terra, ma piuttosto una componente "soggettiva" che appare all'osservatore in funzione dell'angolo dal quale sta osservando l'oggetto: in questo modo è possibile calcolare la densità di luce emessa da una superficie e che raggiunge l'osservatore con un certo angolo di visuale.

Inoltre per le applicazioni stradali è particolarmente calzante, in quanto riferita alla luminosità del manto stradale e come questa viene percepita dagli automobilisti.

RELAZIONE TECNICA

Spesso viene valutata non tanto la luminanza in sé, quanto il rapporto fra questa e la luminanza degli oggetti vicini o dello sfondo. Anche nell'illuminazione stradale si tende ad ottenere una buona visibilità degli ostacoli aumentando il contrasto di luminanza fra il manto stradale e gli ostacoli stessi, cercando di rendere massima la luminanza del manto stradale nella direzione di vista prevalente di un osservatore (che si trova compresa in un angolo molto ristretto, da $-1,5^\circ$ a $0,5^\circ$ rispetto all'orizzonte). Per ottenere un adeguato livello di luminanza in questa direzione, si devono privilegiare le direzioni di incidenza della luce molto radenti, capaci di generare verso il conducente una luminanza elevata grazie alla riflessione del manto stradale e in particolare alla sua componente speculare.

APPARECCHI A LED PER L'ILLUMINAZIONE STRADALE

Spesso gli apparecchi tradizionali prevedono una certa possibilità di modificare le caratteristiche di emissione grazie a diverse posizioni di montaggio della lampada rispetto al riflettore, alle quali corrispondono **solidi fotometrici** con caratteristiche diverse: lo spostamento verticale da luogo a solidi fotometrici più o meno aperti in senso longitudinale rispetto alla strada, mentre lo spostamento orizzontale dà luogo a solidi più o meno asimmetrici in senso trasversale.

Ovviamente questa possibilità resta preclusa ad un apparecchio a LED, per i quali i produttori devono prevedere tanti modelli diversi per ogni curva fotometrica desiderata (e che quindi sono vincolati all'installazione prevista dal progetto illuminotecnico, senza poter essere spostati in situazioni differenti).

Questo limite incide in maniera pesante sulle possibilità di prefabbricazione delle componenti e quindi sui costi. Per ovviare a questo inconveniente e garantire al tempo stesso un'ottima resa i produttori di apparecchi a LED adottano le seguenti strategie:

RELAZIONE TECNICA

- 1 la prima soluzione consiste nel predisporre una piastra di LED in cui ognuno di questi abbia una diversa inclinazione, che possa portare ad un “mosaico” ottimale a terra; questa soluzione consente di sfruttare



al massimo le potenzialità dei LED, senza ridurre l'intensità con lenti correttive, ma ovviamente è molto dispendiosa, in quanto ogni piastra deve essere un pezzo unico appositamente sagomato con diverse inclinazioni all'interno. Inoltre ogni diversa configurazione dell'ottica va pensata come un nuovo “pezzo” unico da mettere in produzione, con ricadute economiche notevoli poiché è possibile serializzare solo un discreto numero di configurazioni

- 2 la seconda soluzione, più economica, consiste nel predisporre diverse file di LED su una piastra “standard” orizzontale e successivamente applicare a questi differenti micro-lenti, che hanno il compito di diffondere la



luce in modo appropriato; il prezzo contenuto è dovuto alla grande flessibilità data dall'utilizzo di diverse lenti applicate su una piastra di base comune a tutti i modelli (questo consente una grande standardizzazione dei pezzi). Lo scotto che si paga è quello di una riduzione del flusso luminoso, dovuta all'applicazione di lenti sopra ogni LED.

È da precisare inoltre che tali apparecchiature hanno un perfetto funzionamento, anche in presenza di forti vibrazioni e di forte oscillazione della tensione.

RISPARMIO ENERGETICO

I LED utilizzati hanno emissione superiori a 100 lumen e possono portare notevoli risparmi energetici, se confrontate con sorgenti tradizionali:

- Nelle lampade a scarica con alto indice di resa cromatica ($Ra > 60$) il risparmio energetico arriva fino al 30-40% in quanto tali sorgenti hanno emissioni, in termini di Lumen/W, inferiori.
- Nelle Lampade a scarica con basso indice di resa cromatica ($Ra < 30$), il risparmio energetico può superare il 55%.

Nel comparare un sistema di illuminazione a LED ad uno tradizionale occorre considerare i lumen per watt effettivi di un apparecchio e non i lumen iniziali della sorgente. I lumen per watt effettivi di un qualsiasi prodotto di illuminazione dipendono da diversi fattori, quali le perdite dell'alimentazione, le perdite dovute al controllo ottico e quelle legate alla temperatura. In un qualsiasi apparecchio a scarica queste perdite dimezzano, di fatto, l'efficacia iniziale (in lumen per watt) della sorgente al sodio o a ioduri metallici. Diversamente i prodotti LED, riducendo al minimo queste perdite, superano in efficacia qualsiasi tecnologia tradizionale.

In conclusione, in tema di risparmio energetico, i vantaggi della tecnologia a LED, rispetto alle tradizionali lampade a scarica, sono i seguenti:

- Efficienza luminosa elevata e ridotti consumi, grazie alle ampie possibilità di collimazione;
- A parità di illuminamento, con la tecnologia LED si ha un risparmio energetico superiore al 50%;
- Massima sicurezza elettrica (alimentazione in bassa tensione c.c.) ed elevatissime velocità di accensione (100 nanosecondi) e di regolazione

RELAZIONE TECNICA

luminosa in dimmeraggio, con possibilità di parzializzare il consumo a seconda delle esigenze. Inoltre questi corpi illuminanti possono prevedere un controllo elettronico a distanza che informa sui consumi in tempo reale.

IMPATTO AMBIENTALE

Le apparecchiature a LED presentano diversi vantaggi dal punto di vista dell'impatto ambientale:

- Assenza di sostanze tossico/nocive nei componenti quali gas/vapori di mercurio, sodio, ecc.) fattore che influisce positivamente sullo smaltimento delle sorgenti luminose esauste, rispetto le tradizionali lampade a scarica.
- Assenza di emissione di radiazione termica ed ultravioletta: nessun danno mutageno sia alle persone che alla pigmentazione monumentale e artistica illuminata. Inoltre, fattore da non trascurare, proprio a causa dell'assenza di queste emissioni, i diodi led non attirano insetti.
- Le lampade a LED, impiegando una potenza elettrica di circa il 40-50% inferiore rispetto ad una lampada tradizionale, contribuiscono alla riduzione delle emissioni di anidride carbonica nell'atmosfera.

INQUINAMENTO LUMINOSO

Il fenomeno comunemente indicato col termine "inquinamento luminoso", in realtà dovrebbe venir chiamato "**dispersione del flusso luminoso verso l'alto**". Per quanto non sia dannoso, si tratta di un fenomeno che può essere fastidioso, in particolare in vicinanza degli osservatori astronomici, oltre che a limitare fortemente la quantità di luce utile che raggiunge il piano illuminato. Si cerca pertanto di ridurlo al minimo riducendo le intensità luminose emesse per angoli superiori a 90° rispetto alla verticale.

In realtà questo accorgimento non è comunque sufficiente, in quanto (soprattutto in ambito urbano) gran parte del flusso luminoso verso l'alto è dovuto alla riflessione del manto stradale e dalle altre superfici investite dalla

luce.

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLE LAMPADE LED

Le sorgenti a LED come ogni altra sorgente luminosa, necessitano di ottiche o lenti affinché il fascio luminoso sia direzionato evitando le emissioni del flusso verso l'alto; dunque le ottiche impiegate nelle lampade a LED evitano fenomeni di inquinamento luminoso ,rendendo tutti i prodotti cut-off. Queste caratteristiche costruttive consentono di rispettare le Leggi Regionali e Nazionali contro l'inquinamento luminoso. Allo stesso tempo, le ottiche impiegate direzionano il fascio luminoso in modo tale da ottenere distribuzioni fotometriche, non soltanto idonee all'illuminazione, ma in molti casi addirittura migliorative rispetto alle ottiche tradizionali.

Ogni singolo LED viene equipaggiato con un rifrattore a contatto diretto che ne modella il fascio, ottimizzando la prestazione e ottenendo distribuzioni luminosi incredibilmente precise.

Questo sistema di lenti ha rendimenti ottici che vanno dall'80% al 95% valore nettamente superiori rispetto ai sistemi ottici utilizzati per le lampade a scarica. L'applicazione della lente direttamente sulla sorgente luminosa oltre ad aumentare il rendimento ottico del prodotto evita che esistano componenti del fascio luminoso che non possono essere gestite. Di fatto con questo sistema si direziona il 100% del flusso emesso dalla sorgente. Questo non può avvenire nel caso di apparecchi che utilizzano lampade a scarica in quanto l'emissione omnidirezionale del flusso luminoso genera una componente diretta non influenzata da riflettore ottico con conseguente limitazione dell'efficienza ottica.

Per consentire una appropriata gestione termica degli apparecchi a LED, ciascuna stringa di LED è montata su un apposito dissipatore di calore che permette ai diodi di lavorare sempre alla temperatura ideale.

L'eccezionale rendimento ottico e la migliore gestione termica, si uniscono a un driver di pilotaggio dei LED sviluppato espressamente per ottenere efficienza e

RELAZIONE TECNICA

durata elevatissime. L'alimentazione dei LED avviene in corrente continua attraverso un convertitore elettronico, dispositivo che agisce da stabilizzatore di tensione e fa sì che il circuito interno che alimenta i diodi non sia sensibile agli sbalzi o alle variazioni di tensione dell'impianto. I driver utilizzati hanno una protezione sulla sovratemperatura che salvaguarda la vita del prodotto nel suo complesso.

Un altro aspetto fondamentale è rappresentato dal fatto che la sorgente luminosa è costituita da più stringhe indipendenti di LED, ognuna collegata alla linea di alimentazione mediante un trasformatore elettronico ad alto rendimento. Qualora dovesse danneggiarsi un LED di una delle stringhe costituenti la lampada, o un alimentatore, (eventi comunque molto rari), tale stringa si spegne, mentre le restanti stringhe dell'apparecchiatura invece, essendo indipendenti tra loro, continuano a funzionare. Dunque il danneggiamento di una stringa (dovuto al mal funzionamento di un LED o dell'alimentatore), non pregiudica il funzionamento dell'apparecchiatura, ma ne causa solo la riduzione dell'intensità luminosa.

Le lampade tradizionali, essendo omnidirezionali, diffondono la luce in tutte le direzioni ed è necessario dotare l'armatura di parabola per recuperarne metà: l'efficienza luminosa finale è il 50% di quella emessa. Il LED, al contrario, è direzionale per costruzione ed emette un fascio luminoso definito, a 90 gradi, da 90 lumen/watt (alimentazione a 350mA) e quindi riduce al minimo l'inquinamento luminoso. Il LED può essere interfacciato con delle ottiche secondarie per restringere il fascio luminoso.

QUALITA' DELLA LUCE

La luce emessa dalle lampade al sodio è gialla, non corrispondente al picco della sensibilità dell'occhio umano: i colori non sono riprodotti fedelmente ed è quindi necessaria più luce per garantire una visione sicura. Le lampade a LED invece, emettono luce bianca fredda, che permette di raggiungere una illuminazione sicura per gli utenti della strada (abbassa i tempi di reazione all'imprevisto), con minor consumo di energia.

RELAZIONE TECNICA

La luce bianca attraversa molto meglio la nebbia, rendendo i veicoli più visibili . Inoltre i LED aumentano anche la qualità delle immagini catturate dalle telecamere di sicurezza. L'idea di legare la tecnologia LED all'illuminazione stradale deriva anche dalle ultime scoperte scientifiche in campo percettivo: gli studi sulla visibilità con luce bianca si basano sul fatto che a seconda della luminanza utilizziamo o meno tutti gli apparati percettivi del nostro occhio. I risultati indicano che sono da preferire le sorgenti luminose con spettro prevalente nella banda del blu come i LED, senza richiedere elevati valori di luminanza. Le lampade al sodio ad alta pressione presentano uno spettro centrato nella banda del rosso, molto al di fuori del picco di sensibilità dell'occhio umano. Si può quindi affermare che con le lampade al sodio occorre aumentare la potenza luminosa del 50% per garantire una visione sicura.

L'indice di resa colorimetrica (Ra) indica la fedeltà di riproduzione dei colori in una scala da 1 a 100: vale 20 per le lampade a vapori di sodio , 65 per le lampade a vapori di mercurio e 80 per lampade a LED.

DURATA

Un'appropriata gestione termica degli apparecchi a LED è la chiave per la loro durata. La durata di un apparecchio a LED dipende fondamentalmente dalla temperatura di giunzione del chip LED e la vita è calcolata non a completo spegnimento del prodotto, ma al raggiungimento di un decadimento del flusso emesso pari al 30%(standard internazionale LM 80).

Le prestazioni di una lampada di qualsiasi tipo(ad alogenuri metallici, a vapori di sodio, a vapori di mercurio, a LED, ecc.) decadono nel tempo per effetto di alcuni meccanismi fisici di invecchiamento . Il decadimento in genere riguarda sia un calo dell'intensità emessa che la modifica dello spettro di emissione.

Sui cataloghi sono spesso reperibili dati sulla durata delle lampade, che, grazie allo sviluppo delle tecnologie, negli ultimi anni si è andata allungando soprattutto per alcuni tipi di lampade.

RELAZIONE TECNICA

Questo dato viene determinato dal produttore seguendo normative ben definite, che tuttavia possono essere ben diverse dalle reali condizioni di esercizio in cui una lampada viene utilizzata.

Normalmente quella che viene indicata nei cataloghi europei è la cosiddetta vita media della lampada, che viene definita come il numero di ore di funzionamento dopo il quale il 50% delle lampade di un congruo e rappresentativo lotto, funzionante in condizioni stabilite, si spegne.

La vita media di una sorgente indica per quanto tempo mediamente una lampada può fornire luce prima di rompersi. È una grandezza che viene quindi calcolata in maniera statistica, tramite test di laboratorio compiuti su una serie di lampade dello stesso tipo. Si tratta di una grandezza che dipende criticamente dalla tensione che viene applicata alla lampada.

Un altro modo di rappresentare la vita media è di fornire un grafico che rappresenta la percentuale di lampade ancora funzionanti in funzione del tempo. Occorre però considerare che il flusso luminoso di tutte le lampade tende a decadere gradualmente nel tempo. Il mantenimento del flusso luminoso definisce la quantità di emissione luminosa delle lampade durante il loro funzionamento (in numero di ore). Anche questo dato varia da lampada a lampada. Questa informazione viene fornita dai costruttori assieme anche al valore del decadimento del flusso luminoso, misurato dopo 10 ore di funzionamento, nel caso delle lampade a incandescenza, o dopo 100 ore nel caso delle lampade a scarica; per le lampade a LED, invece si ha un decadimento del flusso luminoso del 30% del valore nominale dopo 50.000-60.000 ore di funzionamento, a seconda della temperatura di giunzione del LED. Il decadimento del flusso luminoso è generalmente rappresentato da un grafico che presenta il flusso luminoso emesso da una lampada in funzione del tempo di accensione.

metodo per definire la vita della lampada è quello chiamato vita economica, che definisce il numero di ore di funzionamento dopo il quale, per effetto combinato del decadimento del flusso luminoso e della mortalità della sorgente, il flusso residuo scende all'80% del valore iniziale.

RELAZIONE TECNICA

In particolare , nella scelta delle lampade per apparecchi di illuminazione, la velocità di decadimento del flusso luminoso e la durata utile sono fattori estremamente importanti da considerare. Mote delle più sofisticate lampade moderne offrono una vita utile estremamente lunga unita ad una efficienza eccezionalmente elevata. Infatti per le lampade a LED questi sono i punti di maggior forza. In definitiva , le lampade a LED possono costare di più al momento dell'acquisto, **ma la spesa aggiuntiva è rapidamente compensata dal risparmio sui costi dell'energia e dai lunghi intervalli di sostituzione.**

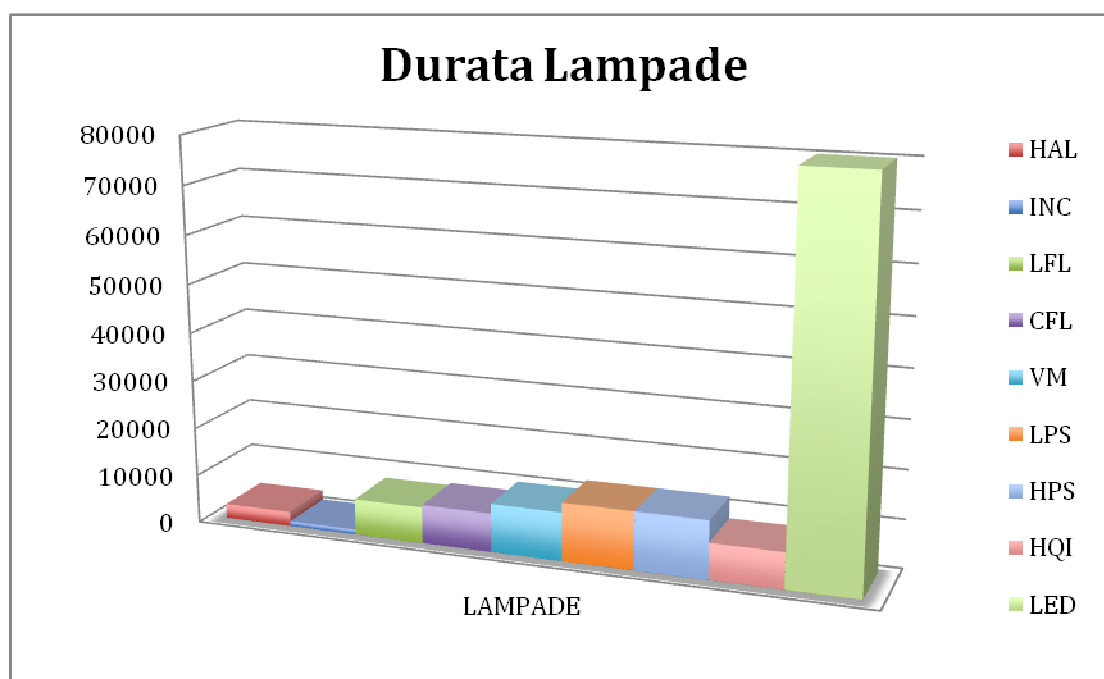
Nel grafico seguente sono indicate le curve di decadimento del flusso di tutte le lampade. Si nota facilmente come le lampade a LED siano nettamente superiori in termini di durata; infatti si stima che la vita utile di una lampada a LED sia compresa tra 50.000-60.000 ore di funzionamento, ma in realtà, in questo arco di tempo le lampade non si esauriscono, bensì hanno un decadimento del flusso del 30%, rispetto la prima accensione. Infatti le lampade a LED si esauriscono completamente solo dopo 10.000 ore di funzionamento.

Ad esempio , l'indice di caduta del flusso luminoso dei LED nelle prime 5000 ore aumenta leggermente. Le lampade al sodio, invece dopo 12000 ore presentano una riduzione del flusso fino al 50%.

RELAZIONE TECNICA

Tipo lampada	Sigla	Durata(h)	Ra	TCC(K)	η (lm/W)	Pff(W)	Gruppo alimentatore	Decadimento del flusso luminoso
Incandescente	INC	1000	100	2700	16	20-200	NO	12%
Alogena	HAL	3000	100	3000	20	20-500	NO	12%
Fluorescente lineare	LFL	7500	85-95	2700-5400	83-104	18-58	Esterno	30%
Fluorescente compatta	CFL	8000	82	2700-4000	40-80	5-55	Esterno/incorporato	30%
Vapori di mercurio	VM	10000	50	3000-4200	36-60	50-1000	Esterno	45%
Sodio Bassa pressione	LPS	12000	5	1800	100-170	35-180	Esterno	10%
Sodio alta pressione	HPS	12000	25,80,60	2000-2500	70-130	35-1000	Esterno	30%
Ioduri metallici	HQI	7500	81-95	3000-6000	64-107	23-3500	Esterno	40%
LED	LED	80000	75-80	2700-10000	70-90	1-300	Esterno/incorporato	30%

*Al termine della vita media



MANUTENZIONE

Una cattiva manutenzione può portare, dopo un periodo di tempo variabile da caso a caso, anche al 50% di riduzione del flusso luminoso disponibile ad impianto nuovo.

Un semplice metodo per stabilire il programma di manutenzioni periodiche è quello di misurare ad intervalli di tempo prestabiliti i livelli di illuminamento in un certo numero di punti delle strade, e di procedere con la sostituzione delle lampade quando gli illuminamenti si sono ad esempio ridotti al 50% dei valori massimi. In realtà la sostituzione delle lampade avviene, nella maggior parte dei casi, quando cessano di funzionare. Questo metodo richiede interventi non programmati e frequenti; l'impiego di personale e mezzi può risultare inutilmente oneroso. È ragionevole solo per impianti di piccole dimensioni dove la manutenzione non comporta intralcio alle attività e alla circolazione stradale.

Nel caso di impianti di grandi dimensioni con una forte utilizzazione annua è più vantaggioso prevedere la sostituzione programmata di un intero lotto di lampade ad intervalli di tempo calcolati in base alla vita media dichiarata per la sorgente e alle sue ore di funzionamento giornaliero. Per tale motivo, la manutenzione degli apparecchi di illuminazione è di fondamentale importanza perché permette di conservare efficiente l'impianto mantenendo i livelli di illuminamento adeguati ai vari compiti visivi, cui è stato progettato.

I fattori che influiscono sulle perdite di flusso luminoso utile sono principalmente la polvere che si deposita sugli apparecchi e sulle lampade, oltre alla diminuzione con il tempo dell'efficienza delle lampade stesse, soprattutto per le lampade tradizionali.

La manutenzione è strettamente correlata alla durata di tutti gli apparati elettronici interni al corpo lampada: infatti, in condizioni ottimali di funzionamento (temperatura di 20°C), l'apparato può avere un tempo di vita utile superiore alle 50.000 ore.

RELAZIONE TECNICA

In definitiva possiamo considerare che le apparecchiature a LED, rispetto a quelle tradizionali, nell'arco di tempo della loro vita utile(circa 10-12 anni) hanno un costo di manutenzione quasi nulla e di conseguenza nessun costo relativo ai materiali di consumo. I costi di manutenzione di un impianto di illuminazione a LED sono stimati nell'ordine di un decimo rispetto agli impianti tradizionali in uso.

I sistemi a LED hanno un costo iniziale maggiore rispetto alle soluzioni tradizionali. Considerando però la maggiore durata, il risparmio energetico e la manutenzione quasi assente, si ha un risparmio netto dal **50% all'80%** sull'intero impianto.

Per ogni impianto può essere effettuato uno studio nel quale si calcola il tempo di rientro dell'investimento relativo sia all'acquisto delle lampade a LED rispetto a quelle tradizionali, sia all'ammontare del risparmio netto annuale dell'impianto.

In conclusione, le lampade tradizionali, per qualità della luce, consumo energetico, impatto ambientale, efficacia della proiezione e inquinamento luminoso, risultano essere inferiori alle lampade LED.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Il panorama normativo italiano ha subito recentemente una radicale trasformazione dovuta alla pubblicazione delle nuove norme europee sull'illuminazione.

Inoltre, negli ultimi anni molte regioni hanno emanato leggi contro l'inquinamento luminoso, dai contenuti più o meno restrittivi, ma tendenzialmente simili, A livello generale tali leggi vogliono limitare la dispersione di flusso luminoso verso l'alto, dovuta agli apparecchi di illuminazione installati nelle aree esterne. Per quanto riguarda l'illuminazione di ambienti e spazi interni invece le norme forniscono le linee guida per la scelta di apparecchiature ad elevata efficienza luminosa.

Sono oggi disponibili norme, raccomandazioni e leggi per ogni tipo di ambiente di interni o di esterni, in particolare

RELAZIONE TECNICA

- Norme caratteristiche del CEN, l'ente normativo europeo;
- Raccomandazioni internazionali come la CIE, spesso base delle normative nazionali o di quelle CEN.

Di seguito si elencano le principali Norme e Prescrizioni Legislative di riferimento:

- **LEGGE 1 marzo 1968, n.186**, Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici.
- **UNI 12665:2004**, Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici
- **UNI EN 13032-1:2005**, Misurazione e presentazione dei dati fotometrici di lampade e apparecchi di illuminazione-Parte 1:Misurazione e formato di file
- **DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 5 Novembre 2001, n.6792**, Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.
- **UNI 11248:2012**, illuminazione stradale-Selezione delle categorie illuminotecniche;
- **UNI 13201-2:2004**,illuminazione stradale-Parte 2:Requisiti prestazionali;
- **UNI 13201-3:2004**, Illuminazione stradale-Parte 3:Calcolo delle prestazioni
- **UNI 13201-4:2004**,Illuminazione stradale-Parte 4:Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche;
- **UNI 10819:1999**, Impianti di illuminazione esterna: Requisiti per la limitazione delle dispersioni verso l'alto del flusso luminoso;

oltre al rispetto di leggi e norme, la progettazione illuminotecnica può essere soggetta ad altri vincoli:

- Norme e tabelle UNEL e UNI per quanto riguarda i materiali già unificati, gli impianti ed i loro componenti, i criteri di progetto le modalità, di esecuzione e di collaudo, etc..

RELAZIONE TECNICA

- Ogni altra prescrizione , regolamentazione, raccomandazione ed indicazione da eventuali altri enti(Beni culturali, Belle Arti, Enti di Sorveglianza, Uffici Tecnici Comunali), emanate ed applicabili agli impianti oggetto della presente relazione tecnica.

FATTIBILITA'

Realizzare un impianto di illuminazione significa creare le migliori condizioni di confort, efficienza e sicurezza per i destinatari di uno spazio dove si svolge una attività visiva impiegando una certa quantità di luce artificiale. Il raggiungimento di questi obiettivi deve seguire il progetto illuminotecnico che partendo dall'analisi degli oggetti da illuminare e dei luoghi nei quali si trovano, ed effettuando valutazioni di ordine normativo, economico, energetico, ambientale ed estetico vada a determinare tipo, numero e posizione degli apparecchi di illuminazione e delle lampade da installare per ottenere l'effetto desiderato.

Per quanto riguarda la progettazione illuminotecnica di aree a e ambienti stradali è comunque possibile definire alcuni elementi caratteristici del progetto:

- Livelli di illuminamento e di luminanza
- Uniformità degli illuminamenti
- Limiti dei valori di abbagliamento
- Colore della luce
- Limitazione dell'inquinamento luminoso
- Efficienza luminosa
- Integrazione dell'impianto con l'ambiente circostante
- Economia generale dell'impianto

I valori di questi parametri progettuali sono reperibili nelle normative illuminotecniche, nelle leggi o nelle raccomandazioni di riferimento oppure derivano da valutazioni economiche o di impatto ambientale.

Gli apparecchi di illuminazione vengono scelti in base alla capacità di assolvere alle funzioni elettrica, fotometrica e meccanica.

La scelta della sorgente luminosa va effettuata secondo i seguenti parametri:

RELAZIONE TECNICA

- Potenza
- Efficienza luminosa
- Vita media e deprezzamento
- Posizione di funzionamento
- Resa e temperatura del colore
- Facilità di manutenzione

La scelta degli apparecchi di illuminazione permette di completare la progettazione di un impianto consentendo una valutazione di massima dell'impegno economico del committente per la messa in opera dell'impianto che oltre gli apparecchi tiene conto dei costi di:

- Installazione
- Gestione
- Manutenzione

Per consentire alle persone lo svolgimento efficace ed accurato dei compiti visivi dovrebbe essere fornita una illuminazione adeguata ed appropriata. Il livello di visibilità e di comfort richiesti nella maggior parte dei posti di lavoro dipendono dal tipo e dalla durata dell'attività.

In riferimento alle specifiche normative per l'illuminazione stradale, in particolare seconda la UNI EN 12464-1, bisogna individuare i requisiti relativi agli impianti di illuminazione in termini di quantità e qualità della luce, differenziati per zone, compiti e attività.