

## ILLUMINAZIONE STRADALE A LED – 3<sup>a</sup> PARTE

Ancora una volta torno a parlare dei LED. Magari direte che sono fissato.

Eppure ho sentito il bisogno di scrivere ancora perché ci sono tante novità riguardanti questa tecnologia e la sua applicazione sulle strade.

Ormai molti impianti di prova che hanno superato i 3 o 4 anni ed è quindi possibile valutare le aspettative di vita confrontandole con le varie problematiche emerse, come rotture ed inefficienze; inoltre, a partire da quest'anno, incominciano ad affacciarsi sul mercato prodotti che dimostrano un buono sviluppo tecnico ed elettronico e che danno ampio spazio a margini di miglioramento nella parte fotometrica.

Un'altra notizia è quella che - chissà come mai - delle migliaia di ditte che si sono affacciate sul mercato per presentare questi prodotti ne sono sopravvissute poche e le poche rimaste sono costituite al 95% da chi l'illuminazione già la faceva da tempo.

Il tutto a dimostrare la tesi ormai consolidata che questa tecnologia è stata presentata sul mercato con almeno 3 anni di anticipo sulle sue reali possibilità e questo anticipo sta rischiando di bruciare l'espansione di questa tecnologia sul nascere.

### 1) Il consorzio Zhaga per la standardizzazione dei LED

Per molti di voi la standardizzazione degli apparecchi LED sembrerà l'ultimo dei problemi, ma quante volte avete lanciato contro la parete l'ennesimo carica-cellulare con una presa diversa dalla versione precedente dello stesso telefonino? Oppure avete inveito contro i produttori di pneumatici, quando siete venuti a sapere che la vostra versione di battistrada è quella più rara e per questo dovete pagare un treno di gomme 400 euro in più di tutti gli altri?

Ecco, moltiplicate il tutto per le centinaia di euro che servono per la manutenzione degli impianti di illuminazione e potete avere un'idea di quello che è il costo attuale della varietà pressoché infinita di apparecchi a LED sul mercato, pochissimi dei quali sono intercambiabili o comunque hanno parti comuni con altri.

Perché possiamo incrociare le dita e sperare che tutto vada bene, ma nel malaugurato caso in cui ci sia la necessità di cambiare un apparecchio LED dopo qualche anno dall'acquisto saremmo proprio nei guai: nel migliore dei casi la ditta non produrrà più l'apparecchio con caratteristiche simili a quelli già installati (basti pensare ad esempio che una delle marche più note, la RUUD, è già alla terza generazione in meno di quattro anni, con la prima generazione già fuori commercio e completamente rivisitata); nel peggiore dei casi la ditta sarà scomparsa dal mercato (vedi la nota in apertura) e occorrerà mettere "una pezza" di qualche tipo per non dovere cambiare per intero tutto l'impianto.

E anch'esse se non dovessimo cambiare per intero l'apparecchio le difficoltà sono sempre tante: ad esempio non esiste una tipologia unica di alimentatore per moduli LED e quindi se questo si rompe (e si rompe, fidatevi) occorre rivolgersi alla ditta produttrice del corpo illuminante per avere il pezzo di ricambio, senza la possibilità di sostituirlo con prodotti similari; per non parlare dell'impossibilità di organizzare una scorta di magazzino, poiché ogni ditta utilizza un alimentatore diverso dall'altro e quindi, a meno che non si voglia illuminare un intero Comune tramite "monomarca", occorrerebbe avere in scorta almeno un paio di alimentatori diversi per ogni tipologia di apparecchio installato.

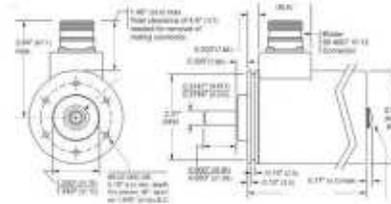
Come potete ben immaginare, questo significa porre un macigno alle eventuali economie di mercato e legare in maniera vincolante gli acquirenti ai produttori (vi siete mai chiesti perché non esiste ancora una presa "universale" per telefonini?).

Per porre un freno a questa "moltiplicazione infinita" e avvicinare la tecnologia LED a quella che è la standardizzazione già presente sul mercato è stato creato il consorzio Zhaga, di cui fanno parte

anche Acuity Brands Lighting, Cooper Lighting, OSRAM, Panasonic, Philips, Schröder, Toshiba, TRILUX, Zumtobel Group e che si occupa di fornire una standardizzazione per le interfacce dei cosiddetti "LED light engines": in pratica il consorzio vuole mettere a punto una base comune definita da 5 interfacce (supporto, alimentazione, controllo, fotometria e dissipazione) standardizzate su cui poi potranno inserirsi i vari "motori" LED.

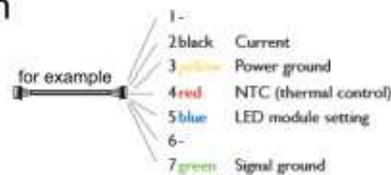
## The 5 interfaces

1. Dimensional / Mechanical  
(incl. "socket")



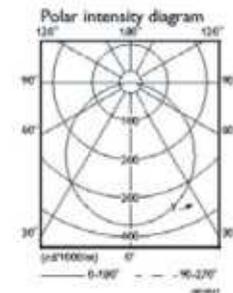
2. Power, insulation, earth

3. Controls



4. Photometric

(lumen output, colour, light distribution)



5. Thermal



Le 5 interfacce proposte da Zhaga

Per lavoro verifico circa una decina di apparecchi a LED al mese e non sapete la fatica nel catalogare e confrontare le varie soluzioni: perché alcuni sono alimentati a 350mA, altri a 525mA, altri ad altre correnti e quindi hanno emissioni, temperature di funzionamento e curve di decadimento completamente diverse fra loro. Per non parlare della temperatura di colore, della capacità di dissipazione o delle perdite dovute poi all'alimentatore. **Non esiste in pratica la possibilità di confrontare direttamente i prodotti fra di loro e l'unica soluzione è effettuare almeno un paio di calcoli illuminotecnici su strade tipo per vedere se l'apparecchio è buono oppure no** (ma anche in questo caso la scelta è quanto mai variegata, perché non avendo la possibilità di regolazioni con slitta come gli apparecchi a scarica, ogni apparecchio LED va bene unicamente in determinate soluzioni ed è completamente inutile in altre, senza possibilità di avere l'elasticità necessaria a coprire le varie esigenze).

Il lavoro svolto dal consorzio Zhaga fa quindi ben sperare, non solo perché è partecipato da tutte le più grandi aziende del settore (e quindi ha un certo peso nelle decisioni riguardanti lo sviluppo dei prodotti di illuminazione), ma anche perché - finalmente - non si avranno più prodotti a 3650K o 4215K, ma con temperature di colore standard, oppure moduli che emettono 5213lm e via discorrendo, ma emissioni scalate e univoche, e così via. **Questo renderebbe sicuramente più facile la scelta del prodotto, ottimizzerebbe i costi di manutenzione e sostituzione e diminuirebbe notevolmente i costi di produzione e commercializzazione.**

## 2) Manutenzione, luce bianca e tante bufale

Come si suol dire, prima o poi tutti i nodi vengono al pettine.

Quante volte ho richiamato l'attenzione sul mancato utilizzo dei corretti coefficienti di manutenzione nei calcoli illuminotecnici con apparecchi a LED oppure sull'uso errato e pericoloso della cosiddetta "declassificazione" dovuta alla luce bianca? Tanto più che, mentre per la manutenzione in effetti non esiste una legge che la regolamenti, per la luce bianca in Italia abbiamo l'unica norma al mondo che consente uno sconto oltre il 25% nella luminanza a terra per strade con traffico motorizzato (tutte le altre normative, quando lo consentono, prevedono uno sconto unicamente per strade pedonali o a traffico misto).

Mi chiedo inoltre perché nella norma non si parli semplicemente di tecnologie con  $Ra > 60$  o  $Ra < 60$  (discriminazione fra "luce bianca" e non) oppure di tecnologie con  $Ra < 20$  (assenza totale di discriminazione cromatica), ma tecnologie con  $Ra > 60$  e tecnologie con  $Ra < 30$  (perché se fosse stato solo  $Ra < 20$  ovviamente non sarebbero state ricomprese le sorgenti a sodio alta pressione).

### - Il corretto coefficiente di manutenzione

La norma di riferimento a questo proposito rimane la **CIE 154:2003 - "The maintenance of outdoor lighting systems"**; mentre fino a poco tempo fa esistevano pochissime indicazioni riguardo la corretta applicazione di tale norma (tranne ovviamente il mio sito :)), oggi cominciano a comparire anche su internet le corrette metodologie di calcolo.

Fra questi vorrei citare la brochure di SITECO e il libretto sull'efficienza dell'illuminazione pubblica pubblicata dall'agenzia per l'energia portoghese.

In realtà non può esserci una vera e propria normativa riguardante il coefficiente di manutenzione, poiché nessuno può imporre una tempistica riguardante i cambi lampada o la sostituzione dei dispositivi: **la decisione su durata e manutenzione deve essere fatta in base alle economie possibili e di comune accordo con il gestore/manutentore dell'impianto** e quindi nessuno vieta di cambiare ad esempio le lampade ogni anno, con coefficienti più alti, ma questo comporta anche costi molto alti.

D'altra parte **il piano di manutenzione è sempre obbligatorio** (si veda il **DPR 554/99, art 40**) e pertanto non è neppure corretta la presentazione di coefficienti di manutenzione "calati dall'alto", così come si vede nel 90% dei progetti illuminotecnici, senza una coerenza fra soluzioni manutentive e coefficienti utilizzati.

**Solo una volta definito il piano manutentivo, è possibile capire quali coefficienti adoperare.**

Il calcolo del coefficiente deve essere basato sulle caratteristiche dell'apparecchio, sulle condizioni del sito di installazione e sul piano di manutenzione programmato, secondo la seguente formula:

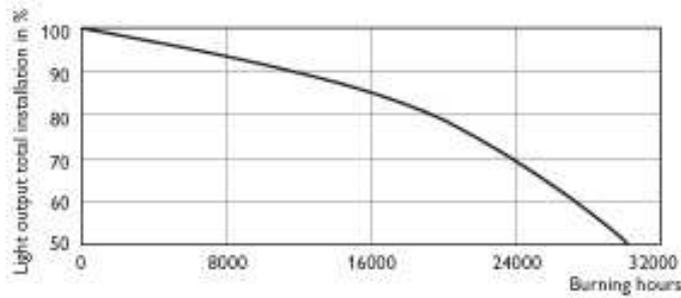
$$MF^* = LLMF \times LSF \times LMF$$

Maintenance Factor		Lamp Lumen Maintenance Factor		Lamp Survival Factor		Luminaire Maintenance Factor
--------------------	--	-------------------------------	--	----------------------	--	------------------------------

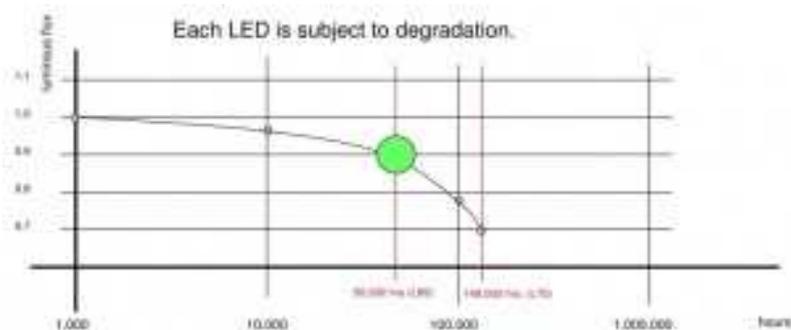
Il fattore di deprezzamento del flusso luminoso (**LLMF**) indica la riduzione del flusso della sorgente luminosa nel tempo.

Mentre per le lampade tradizionali è possibile fare riferimento ai cataloghi (o alla stessa **CIE 154:2003** che presenta valori cautelativi), per le sorgenti a LED occorre fare riferimento alle curve fornite dai produttori, diverse a seconda della temperatura di giunzione considerata e della corrente di pilotaggio (ben consci però che il comportamento nella reale applicazione risulta in genere molto

diverso da quello studiato in laboratorio, con alimentazione, sollecitazioni e temperature controllate).



Curva di decadimento di una lampada SAP



Curva di decadimento LED Lumileds rebel a 350mA e  $T_a=25^\circ\text{C}$

Fonte de Luz	Tempo de Operação (mil horas)				
	4	6	8	10	12
Vapor de Sódio de Alta Pressão	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Halogenetos Metálicos	0,82	0,78	0,76	0,74	0,73
Vapor de Sódio de Baixa Pressão	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
CFL	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84
LED	---	---	---	---	0,95

Nota: No caso da tecnologia LED dever-se-á considerar um FMLL de 0,7 para um tempo de operação de 65.000 horas.

LLMF come riportato nel documento portoghese

Quindi, mentre per una lampada a scarica è possibile prevedere in maniera abbastanza accurata il decadimento, per una sorgente a LED occorrerebbe conoscere il lotto utilizzato (non so se ne siete a conoscenza, ma non tutti i lotti della stessa tipologia di LED sono uguali e cambiano molto a seconda dei controlli e del costo), la corrente di pilotaggio, la temperatura di giunzione media di funzionamento per ogni diodo presente all'interno dell'apparecchio (visto e considerato che molti produttori alimentano alcuni diodi con correnti differenti all'interno dello stesso apparecchio), il tutto sapendo che questi dati possono variare in maniera sensibile, visto e considerato che non stiamo parlando di misure di laboratorio, ma di applicazioni sul campo. Quindi non mi sembra stupida l'indicazione fornita dal documento portoghese di definire sempre e comunque un decadimento L70 a 65000 ore.

**E a questo punto si capisce come le cosiddette "50000" ore significano poco o nulla: un apparecchio LED potrebbe essere usato anche per 150000 ore, ben sapendo che in questo caso il coefficiente di manutenzione utilizzato risulterebbe infimo.**

Il fattore di sopravvivenza della sorgente (**LSF**) indica la progressiva mortalità di una sorgente dopo un certo numero di ore di funzionamento.

Fonte de Luz	Tempo de Operação (mil horas)				
	4	6	8	10	12
Vapor de Sódio de Alta Pressão	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Halogenetos Metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
Vapor de Sódio de Baixa Pressão	0,92	0,86	0,80	0,76	0,62
CFL	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50
LED	---	---	---	---	0,95

Fattore di sopravvivenza sorgente

In questo caso il documento portoghese indica una percentuale di rottura del 5% oltre le 12000 ore di funzionamento; altri, come la SITECO, indicano una percentuale di rottura del 2% a 50000 ore; altri ancora prevedono che i LED siano indistruttibili.

In ogni modo la differenza principale fra un impianto a scarica ed uno a LED risiede nel fatto che un apparecchio a scarica monta in genere una sola sorgente, mentre all'interno di un apparecchio a LED possono convivere fino a un 100 di diodi: questo significa che quando una lampada a scarica si rompe, questa va sostituita immediatamente, per mantenere le condizioni di giusta uniformità ed illuminamento della strada, mentre la rottura di un diodo LED all'interno dell'apparecchio può non comportare la sua sostituzione immediata (anche perché altrimenti i costi sarebbero altissimi).

**Nei calcoli per un apparecchio a LED va quindi adottato un fattore LSF=1,00 se si prevede di sostituire l'apparecchio (o il modulo se possibile) alla rottura del primo diodo all'interno (pari quindi al fattore per una lampada a scarica), va adottato invece un fattore di almeno LSF=0,98 (per 50000 ore di funzionamento) se invece si lascia l'apparecchio invariato (ben consci però del fatto che non sempre la fotometria rimane inalterata allo spegnimento di un diodo).**

Infine il fattore di deprezzamento dell'apparecchio (**LMF**) è dovuto in genere allo sporco che si accumula sul vetro di protezione (o alle lenti applicate ai diodi) e quindi è in funzione del grado di protezione IP dell'apparecchio, dell'intervallo di pulizia previsto dal piano di manutenzione e dall'inquinamento nell'area di installazione:

cleaning interval (years)	1,0			2,0			3,0			4,0		
	G	M	H	G	M	H	G	M	H	G	M	H
air pollution												
Protection rating lamp space												
IP2X	0,82	0,62	0,53	0,79	0,56	0,45	0,78	0,53	0,42	0,77	0,51	0,40
IP5X	0,92	0,90	0,89	0,90	0,86	0,84	0,88	0,82	0,76	0,87	0,79	0,69
IP6X	0,93	0,92	0,91	0,91	0,89	0,88	0,90	0,87	0,83	0,89	0,86	0,80
air pollution: G = Gering (Low) / M = Mittel (Medium) / H = Hoch (High)												

Fattore di deprezzamento dell'apparecchio secondo documento SITECO

Poluição	Definição
Alta	Fumo gerado por actividades relativamente próximas, envolvendo as luminárias.
Baixa	Nível de contaminação ambiente baixo, não existindo fumo ou poeiras gerados nas proximidades. Verifica-se em zonas residenciais ou áreas rurais, com tráfico ligeiro. Possui um nível de partículas no meio $\leq 150$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

## Definizione di inquinamento basso e alto

	Nível de Poluição	Tempo de Operação (mil horas)		
		4	8	12
IP 55 <i>Difusor de Plástico</i>	Baixo	0,92	0,80	0,71
	Alto	0,87	0,71	0,61
IP 65 <i>Difusor de Plástico</i>	Baixo	0,95	0,84	0,76
	Alto	0,89	0,76	0,66
IP 65 <i>Difusor de Vidro</i>	Baixo	0,97	0,90	0,82
	Alto	0,94	0,84	0,76
IP 66 <i>Difusor de Plástico</i>	Baixo	0,95	0,87	0,81
	Alto	-	0,81	0,74
IP 66 <i>Difusor de Vidro</i>	Baixo	0,97	0,93	0,88
	Alto	-	0,88	0,83

Fattore di deprezzamento dell'apparecchio come appare nel documento portoghese

Attenzione: tutti questi documenti ci dicono una cosa importante (e che già avevo sottolineato in passato).

**E' ASSOLUTAMENTE FALSO CHE UN APPARECCHIO LED NON RICHIEDE MANUTENZIONE!**

**Tutti gli apparecchi LED infatti** (così come gli apparecchi a scarica) **richiedono un ciclo di pulizia eseguito almeno una volta ogni quattro anni in ambiente pulito se non si vogliono fare calcoli illuminotecnici con coefficienti di manutenzione estremamente bassi.** E questa non è una cosa che mi sono inventato di sana pianta: basta fare un giro per la Bologna-Firenze ed accorgersi come non soffermarsi sugli aspetti manutentivi possa trasformare un buon impianto in galleria in una illuminazione "cimiteriale".

Inoltre, come si può notare dal documento portoghese, utilizzare materie plastiche (come le lenti secondarie utilizzate da numerosi produttori) comporta un peggioramento del 6% - 7% rispetto all'utilizzo della copertura in vetro; inoltre il cosiddetto vetro "autopulente" funziona solamente se leggermente convesso (altrimenti lo sporco non "scivola"): dimenticatevi quindi miglie per vetri piani così come richiesti da alcune leggi regionali (ed in ogni modo è possibile prevedere un miglioramento di non più del 5% rispetto ai dati presentati sopra).

A questo punto siamo in grado di calcolare il fattore di manutenzione da utilizzare nei calcoli illuminotecnici (e conseguentemente anche il costo di manutenzione) per apparecchi a scarica e apparecchi a LED: il fattore di manutenzione da utilizzare è pari al punto più basso del grafico manutentivo ricavato secondo le tabelle viste sopra.

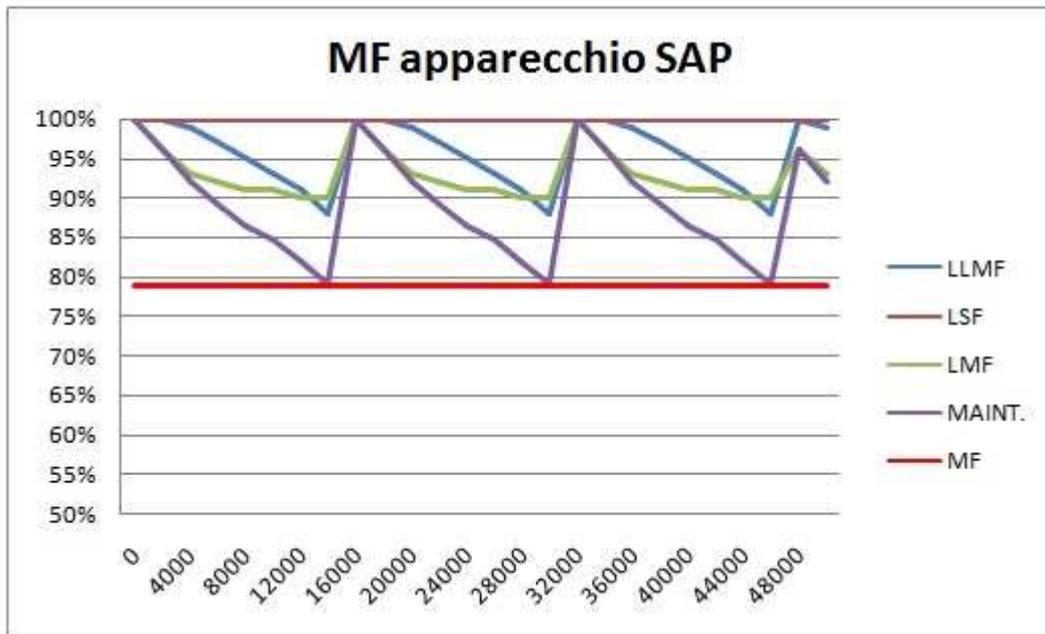


Grafico della manutenzione per un apparecchio sap

Tipo di manutenzione: cambio programmato lampada ogni 14000 ore (circa 3,5 anni) con contestuale pulizia del vetro

Costo intervento: 50 euro (prezzo lordo man. str. 2 operai con cestello, op. el. E.R.)

Costo annuale manutenzione: 14 euro circa

**Coefficiente di manutenzione: 0,79**

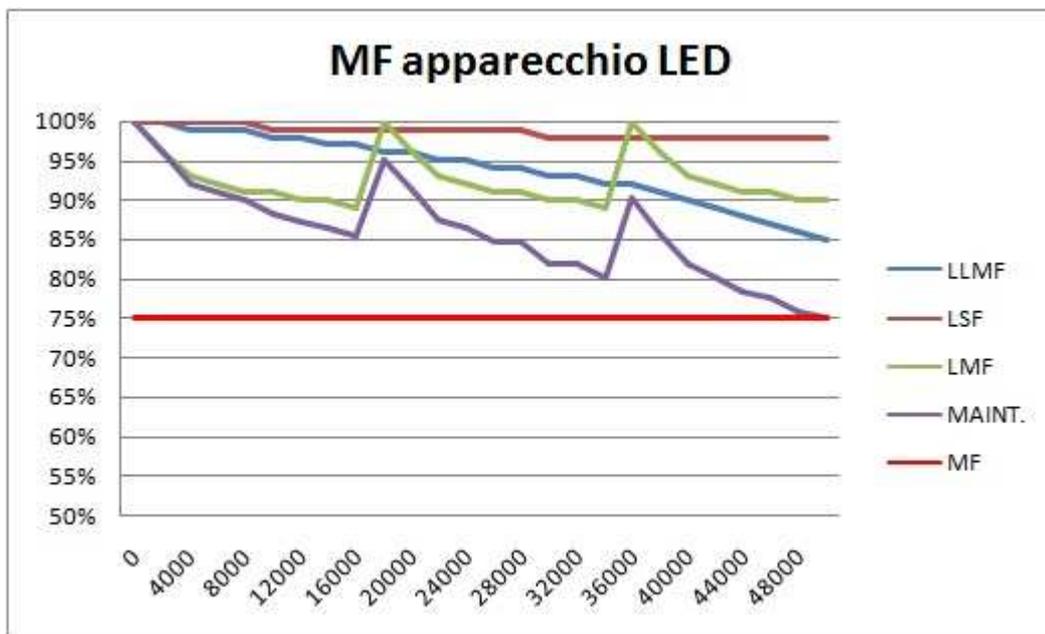


Grafico della manutenzione per un apparecchio LED

Tipo di manutenzione: cambio apparecchio a 50.000 ore (circa 12 anni) con fattore di decadimento L85 e pulizia del vetro ogni 16000 ore (circa 4 anni)

Costo intervento: 35 euro (prezzo lordo man. str. 2 operai con cestello, op. el. E.R.)

Costo annuale manutenzione: 9 euro circa

**Coefficiente di manutenzione: 0,75**

## - Luce bianca e declassificazione

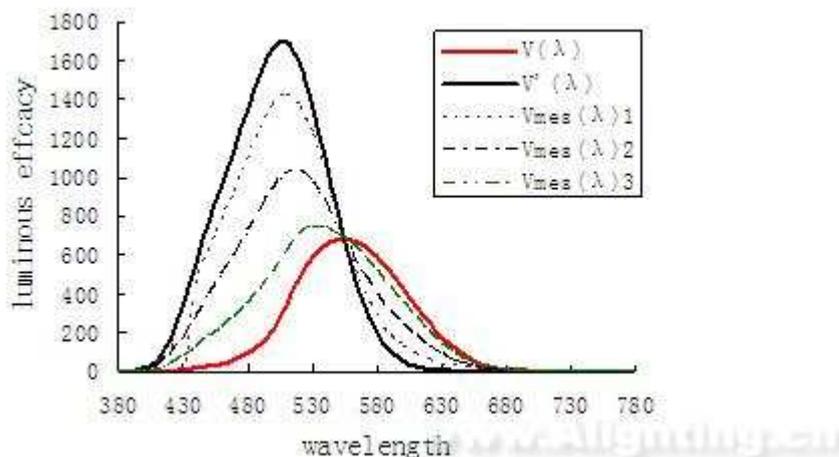
In base ai calcoli sopra (ma anche alle numerose evidenze sperimentali pubblicate ormai ovunque, si veda ad esempio: lo studio NLPiP sulle strade [principali](#) e [locali](#) o alle tesi pubblicate dall'Università di Padova sulle [prestazioni dei LED](#) e sui [sistemi di illuminazione LED](#)) si capisce come con prestazioni pressoché identiche (nel migliore dei casi) agli apparecchi a sodio e solo 5 euro di risparmio sulla manutenzione a fronte di circa 500 euro in più come acquisto iniziale, risultasse pressoché impossibile giustificare qualsiasi ipotesi di risparmio.

Ecco allora spuntare dal cilindro magico l'ipotesi "mistica" della declassificazione; mistica perché è più che altro questione di fede pensare che con una "luce bianca" sia possibile ridurre dal 25% al 50% il flusso luminoso dell'apparecchio mantenendo al contempo gli stessi livelli di illuminazione. Tanto più che - correttamente - la norma **UNI 11248** "indica" e non "prescrive" la declassificazione per le sorgenti a luce bianca (si veda a riguardo l'articolo sui led precedente), lasciando quindi al progettista illuminotecnico la piena responsabilità di tale decisione (secondo gli **art. 1176 e 2236 del Codice Civile**). Questo significa che un progettista illuminotecnico deve applicare questa declassificazione con assennatezza e secondo criteri scientifici (e non fideistici): un impianto con meno luce del dovuto potrebbe non essere considerato a norma se non supportato da evidenze sperimentali che confermano la corretta progettazione.

E poiché noi siamo uomini di scienza e non di fede, facciamo sempre riferimento a studi scientifici consolidati e condivisi.

In questo caso il riferimento è dato dalla norma **CIE191:2010 - "Recommended system for mesopic photometry"**, che incorpora al suo interno gli studi ed approfondimenti nati in seno al progetto "MOVE", di cui ho già parlato in un altro articolo.

Lo studio definisce una nuova curva di ponderazione in ambito mesopico, in sostituzione a quella attuale fotopica, per valutare il flusso luminoso di una sorgente; questa nuova curva è fatta in maniera tale da raccordarsi alla curva scotopica (**CIE 1951**) per valori bassi di luminanza e a quella fotopica (**CIE 1931**) per valori alti di luminanza.



Le curve di ponderazione mesopiche

Per semplicità, riporto solamente i valori più comuni di luminanza in rapporto alle tipologie di sorgenti più diffuse (a sodio alta pressione e a "luce bianca" a diverse temperature di colore).

Photopic	0.800	0.810	0.820	0.830	0.840	0.850	0.860	0.870	0.880	0.890	0.900	0.910	0.920	0.930	0.940	0.950	0.960	0.970	0.980	0.990
Mesopic	0.746	0.755	0.765	0.775	0.785	0.795	0.805	0.815	0.825	0.835	0.845	0.855	0.865	0.875	0.884	0.894	0.904	0.914	0.924	0.934
Photopic	1.000	1.010	1.020	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.110	1.120	1.130	1.140	1.150	1.160	1.170	1.180	1.190
Mesopic	0.944	0.954	0.964	0.974	0.984	0.994	1.005	1.015	1.025	1.035	1.045	1.055	1.065	1.075	1.085	1.095	1.105	1.115	1.125	1.135
Photopic	1.400	1.410	1.420	1.430	1.440	1.450	1.460	1.470	1.480	1.490	1.500	1.510	1.520	1.530	1.540	1.550	1.560	1.570	1.580	1.590
Mesopic	1.348	1.359	1.369	1.379	1.389	1.399	1.410	1.420	1.430	1.440	1.450	1.461	1.471	1.481	1.491	1.502	1.512	1.522	1.532	1.543

Correlazioni fotopica/mesopica per sorgente SAP

Sorgente Sodio Alta Pressione:  
 0,75 cd/mq -> 0,83 cd/mq (+10%)  
 1,00 cd/mq -> 1,06 cd/mq (+6%)  
 1,50 cd/mq -> 1,55 cd/mq (+2%)

Photopic	0.600	0.610	0.620	0.630	0.640	0.650	0.660	0.670	0.680	0.690	0.700	0.710	0.720	0.730	0.740	0.750	0.760	0.770	0.780	0.790
Mesopic	0.627	0.637	0.648	0.658	0.668	0.678	0.688	0.698	0.709	0.719	0.729	0.739	0.749	0.759	0.769	0.779	0.790	0.800	0.810	0.820
Photopic	0.800	0.810	0.820	0.830	0.840	0.850	0.860	0.870	0.880	0.890	0.900	0.910	0.920	0.930	0.940	0.950	0.960	0.970	0.980	0.990
Mesopic	0.830	0.840	0.850	0.860	0.870	0.880	0.890	0.901	0.911	0.921	0.931	0.941	0.951	0.961	0.971	0.981	0.991	1.001	1.011	1.021
Photopic	1.400	1.410	1.420	1.430	1.440	1.450	1.460	1.470	1.480	1.490	1.500	1.510	1.520	1.530	1.540	1.550	1.560	1.570	1.580	1.590
Mesopic	1.430	1.440	1.450	1.460	1.470	1.480	1.490	1.500	1.510	1.520	1.530	1.540	1.550	1.560	1.569	1.579	1.589	1.599	1.609	1.619

Correlazioni fotopica/mesopica per sorgenti a luce bianca 3500K

Sorgente Luce Bianca 3500K:  
 0,75 cd/mq -> 0,73 cd/mq (-3%)  
 1,00 cd/mq -> 0,97 cd/mq (-3%)  
 1,50 cd/mq -> 1,47 cd/mq (-2%)

Photopic	0.600	0.610	0.620	0.630	0.640	0.650	0.660	0.670	0.680	0.690	0.700	0.710	0.720	0.730	0.740	0.750	0.760	0.770	0.780	0.790
Mesopic	0.650	0.661	0.671	0.681	0.692	0.702	0.712	0.722	0.733	0.743	0.753	0.763	0.774	0.784	0.794	0.804	0.814	0.825	0.835	0.845
Photopic	0.800	0.810	0.820	0.830	0.840	0.850	0.860	0.870	0.880	0.890	0.900	0.910	0.920	0.930	0.940	0.950	0.960	0.970	0.980	0.990
Mesopic	0.855	0.865	0.876	0.886	0.896	0.906	0.916	0.926	0.936	0.946	0.957	0.967	0.977	0.987	0.997	1.007	1.017	1.027	1.037	1.047
Photopic	1.400	1.410	1.420	1.430	1.440	1.450	1.460	1.470	1.480	1.490	1.500	1.510	1.520	1.530	1.540	1.550	1.560	1.570	1.580	1.590
Mesopic	1.456	1.466	1.476	1.485	1.495	1.505	1.515	1.525	1.535	1.545	1.554	1.564	1.574	1.584	1.594	1.604	1.613	1.623	1.633	1.643

Correlazioni fotopica/mesopica luce bianca 4000K

Sorgente Luce Bianca 4000K:  
 0,75 cd/mq -> 0,70 cd/mq (-7%)  
 1,00 cd/mq -> 0,95 cd/mq (-5%)  
 1,50 cd/mq -> 1,45 cd/mq (-3%)

Photopic	0.600	0.610	0.620	0.630	0.640	0.650	0.660	0.670	0.680	0.690	0.700	0.710	0.720	0.730	0.740	0.750	0.760	0.770	0.780	0.790
Mesopic	0.686	0.697	0.707	0.718	0.728	0.739	0.749	0.760	0.770	0.781	0.791	0.802	0.812	0.823	0.833	0.843	0.854	0.864	0.874	0.885
Photopic	0.800	0.810	0.820	0.830	0.840	0.850	0.860	0.870	0.880	0.890	0.900	0.910	0.920	0.930	0.940	0.950	0.960	0.970	0.980	0.990
Mesopic	0.895	0.905	0.916	0.926	0.936	0.947	0.957	0.967	0.977	0.988	0.998	1.008	1.018	1.029	1.039	1.049	1.059	1.069	1.079	1.090
Photopic	1.400	1.410	1.420	1.430	1.440	1.450	1.460	1.470	1.480	1.490	1.500	1.510	1.520	1.530	1.540	1.550	1.560	1.570	1.580	1.590
Mesopic	1.499	1.509	1.519	1.529	1.538	1.548	1.558	1.568	1.578	1.587	1.597	1.607	1.617	1.627	1.636	1.646	1.656	1.666	1.675	1.685

Correlazioni fotopica/mesopica luce bianca 5000K

Sorgente Luce Bianca 5000K:  
 0,75 cd/mq -> 0,66 cd/mq (-12%)  
 1,00 cd/mq -> 0,93 cd/mq (-7%)  
 1,50 cd/mq -> 1,43 cd/mq (-5%)

Come si può vedere, rimane ben poco della riduzione permessa dalla normativa, soprattutto per valori uguali o superiori a 1,00 cd/m (vorrei quindi capire come verranno giustificati i progetti di alcune strade che da ME2 sono passate a ME3 con una riduzione del 50% del flusso): spero che nella revisione imminente della **UNI 11248** si tenga conto di queste evidenze sperimentali perchè **E' ASSOLUTAMENTE ERRATO UTILIZZARE LA DECLASSIFICAZIONE SEMPRE E COMUNQUE.**

### 3) Un passo avanti e un passo indietro

A margine delle considerazioni fatte sopra, esistono altri problemi legati all'applicazione estensiva di apparecchi a LED. Sembra infatti che, per un problema risolto (o comunque per alcuni dati che finalmente incominciano ad essere pubblicati), ne spuntino in continuazione altri.

#### - La scelta della classe di isolamento

Da qualche mese diversi produttori di apparecchi LED dichiarano che non è possibile garantire il corretto funzionamento degli alimentatori nei casi in cui l'apparecchio sia in Classe II: un alimentatore elettronico è infatti una parte molto fragile del sistema ed esposta alle sovratensioni.

Questo di per se è già un dato significativo, e conferma che un apparecchio LED potrebbe richiedere comunque interventi di manutenzione straordinaria prima della fine vita dichiarata (tra l'altro, vi siete mai chiesti perché a fronte di 15 anni di funzionamento, la garanzia si ferma generalmente a soli 3 anni?). Inoltre, mentre negli apparecchi a scarica è facile accedere al vano alimentatore, in molti apparecchi a LED è impossibile intervenire all'interno dello stesso e quindi, in caso di guasto, occorre sostituire l'intera armatura.

I vantaggi della Classe II di isolamento sono molteplici, perché non occorre più verificare e ripristinare in continuazione il collegamento a terra del palo e quindi la sicurezza è maggiore. Tornare alla Classe I sarebbe sicuramente un passo indietro, senza poi contare i maggiori costi di manutenzione derivanti da questa scelta.

D'altronde questo problema è comune a tutti gli alimentatori elettronici (anche quelli per gli apparecchi a scarica) e pertanto sarebbe auspicabile che venissero adottati sistemi di protezione adatti a garantire il giusto isolamento, senza dover per questo tornare a progettare impianti in Classe I.

#### - Le dimensioni contano

Tutti i manuali in circolazione che parlano dei LED pongono l'accento sulle piccole dimensioni dei diodi e quindi sulla possibile riduzione degli ingombri.

Questa è un'ottima cosa, perché riducendo le dimensioni degli apparecchi non solo si riducono le spese per i materiali, ma anche quelle per l'imballaggio e il trasporto, con conseguente abbattimento di CO2 (e soprattutto dei costi del carburante, che di questi tempi non fa mai male).

Già in passato diverse ditte del settore si sono impegnate alla riduzione degli ingombri con gli apparecchi a scarica (arrivando a lunghezze totali di circa 50 cm, di contro ai soliti 70 - 80 cm) diminuendo, tra l'altro, anche il carico sul sostegno.

Purtroppo, nonostante le buone premesse, ancora gli apparecchi a LED si aggirano su lunghezze di 80 - 100 cm ed hanno pesi notevoli. Ovviamente non è colpa dei produttori, ma del numero necessario di diodi per avere un sufficiente flusso luminoso totale e dal conseguente apparato di smaltimento del calore (a proposito: diffidate di tutti quegli apparecchi che non sembrano avere abbastanza "materiale" dissipativo, importantissimo per la garanzia di durata e mantenimento del flusso luminoso).

Progettare un apparecchio non significa semplicemente "mettere in fila" un paio di LED, ma rifinire il prodotto a 360°, occupandosi della fotometria e della parte elettrica, così come della dissipazione e del design. Un apparecchio a LED bellissimo ma che costringe ad aumentare le sezioni di un palo o la profondità di scavo dei plinti risulta inutile come un apparecchio mediocre, perché fa lievitare in maniera incontrollata ed inutile i costi di installazione.

#### 4) Sapere fare i conti

Chiudo la discussione con un accenno a come dovrebbero essere eseguiti i conti economici in vista di una riqualificazione o nuova installazione di un impianto di illuminazione.

In questi casi occorre SEMPRE tenere in considerazione che:

1. tutti gli apparecchi illuminanti di ultima generazione (siano essi a scarica o a LED) **sono comunque migliori** di quelli già installati e con qualche anno alle spalle: questo significa che necessariamente una riqualificazione con apparecchi prestazionali comporta sempre un miglioramento in termini di costo energetico e manutentivo (se questo non avviene o l'apparecchio scelto è scadente oppure l'impianto presenta talmente tante complicazioni/vincoli da non consentire margini di risparmio);
2. in base al punto 1, risultano **perfettamente inutili** tutti quei documenti che dimostrano come la sostituzione di un apparecchio esistente con uno nuovo (sia esso a scarica o a LED) porta a dei risparmi: quale pazzoide mi chiedo vorrebbe sostituire un apparecchio esistente con uno che consumi più energia o faccia meno luce? Per capire quale tecnologia porti il maggiore risparmio (o un minore tempo di ritorno) **occorre fare confronti fra diversi apparecchi performanti di ultima generazione (siano essi a scarica o a LED) e di diversi produttori che forniscano le stesse prestazioni illuminotecniche;**
3. in questo caso, come riporta il documento del [NLPIP](#), *"a complete comparison should demonstrate the system's performance compared to alternative technologies that meet all of the required performance criteria. Evaluations should be measured or simulated excluding ambient light and should include consideration of the full system costs"* ovvero **"una comparazione completa [fra apparecchi illuminanti] dovrebbe dimostrare le performace del sistema confrontandole con tecnologie alternative che soddisfino tutti i criteri prestazionali richiesti dall'analisi. Tali valutazioni dovrebbero essere misurate o simulate escludendo le luci dell'ambiente circostante e dovrebbero includere un'analisi dei costi dell'intero sistema"**. Quindi ad esempio non ha alcun senso presentare [comparazioni](#) in cui venga messo sullo stesso livello un apparecchio LED che produce circa la metà dell'illuminamento a terra rispetto al corrispettivo apparecchio a sodio alta pressione;
4. includere i costi dell'intero sistema significa **innanzitutto prevedere quale piano di manutenzione si vuole adottare** per un determinato apparecchio e poi, in base a questo, definire le prestazioni raggiungibili ed i costi energetici e di manutenzione: ha poco senso presentare un risultato illuminotecnico con coefficienti di manutenzione alterati (tipo MF=0,90) ed in base a questo affermare che un apparecchio LED risparmia ed in più non necessita di manutenzione. **Servono dati concreti e - purtroppo per loro - non possono essere i produttori a fornirli perché non sono loro a gestire l'impianto e rispondere dell'eventuale inadeguatezza dello stesso nel tempo;**
5. infine occorre eseguire analisi di TCO (Total Cost of Ownership) che includano TUTTI i costi inerenti all'impianto presentato (come ad esempio i costi di posa dei sostegni e linee, di posa dell'apparecchio, di manutenzione e pulizia).

Tutto il resto sono chiacchiere da bar.