

## USURA LED

Le lampade a LED, siano esse lampadine o proiettori o qualsiasi altro elemento d'illuminazione, sono oggetti realizzati per avere una lunga durata e questo è proprio uno dei principali vantaggi tanto sbandierati dai sostenitori di questa tecnologia. Una lampada LED è costituita oltre che dai LED anche dall'elettronica di alimentazione e controllo, dagli elementi di trasferimento del calore, che mantengono i LED ad una bassa temperatura, dalle ottiche, dagli elementi di protezione e da quelli estetici.

La vita della lampada dipende da quella dei LED come da quella di tutti gli altri elementi, adesivi e materiali che la compongono. In particolare, la vita di un apparecchio LED è dato dalla somma,

o interazione, della vita di tutti questi elementi:

$$D_{Lampada} = D_{LED} * D_{Ottica} * D_{PCB} * D_{Meccanica} * D_{Dissipazione} * D_{Involucro} * D_{Sigillante} * D_{Elettronica} * D_{Alimentatore} * D_{Manodopera}$$

Per un funzionamento corretto nel tempo l'elettronica (e alimentazione) deve garantire una corrente costante ben controllata e non subire guasti nella vita del prodotto. Le lenti devono sopportare l'esposizione alla luce per anni senza ingiallire o creparsi, i materiali riflettenti non devono staccarsi e rimanere efficienti, il corpo dell'apparecchio deve garantire resistenza meccanica ma anche all'acqua ed alla polvere ed al tempo stesso favorire lo smaltimento del calore. Quando tutte le altre cause sono escluse, la fine della vita è determinata dal chip LED.

In una lampada LED ben progettata e ben assemblata il meccanismo principale che ne determina il fine vita è la riduzione graduale dell'intensità luminosa. Certi errori di progettazione possono accelerare questa riduzione come una temperatura di giunzione del LED ( $T_j$ ) ed una corrente di alimentazione elevate.

Tutti tipi di lampada subiscono un calo di flusso nel tempo di circa il 15-20%, solitamente prima che questo sia visibile a occhio nudo avviene la rottura della lampada per altre cause. Nel LED invece è proprio questo effetto che ne determina il fine vita. Attualmente in Italia ed a livello internazionale si definisce *vita media di un LED*, o apparecchio LED, il numero di ore di funzionamento prima che vi sia il decadimento del flusso luminoso al 70% (L70) di quello di partenza sul 50% dei prodotti testati. Non c'è nessuna norma scritta e precisa che lo stabilisce ma si è preso come valore di riferimento, considerando una variazione di flusso del 30% come variazione percepibile.

Gli apparecchi LED hanno solitamente vite medie che vanno dalle 30000 alle 100000 ore, testarli per un periodo così lungo significherebbe diventare obsoleti ancora prima della fine del test. L'Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) ha definito nel 2008 lo standard per misurare il decadimento del flusso delle sorgenti luminose a LED (IESNA LM-80) e nel 2011 un memorandum con un modello matematico per estrapolare dai test il decadimento fino a fine vita (IESNA TM-21).

## IES LM-80-2008

Lo standard LM-80 richiede 6000 ore di test e vale per i chip e moduli LED ma esclude gli apparecchi. Secondo LM-80 si misura il flusso luminoso, tensione e corrente ogni 1000 ore almeno, e si effettuano tre diversi set di misure a tre temperature diverse, 55°C, 85°C ed una terza a scelta del produttore. Vediamo due esempi presi da due dei principali produttori mondiali di LED ovvero Lumileds Philips e Cree.

**LUXEON Rebel CCT = 2650K, I<sub>f</sub> = 1A**  
Normalized Flux

	0	24	168	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000
<b>DATA SET 7</b> T <sub>amb</sub> = 105°C	median = 1.0000	0.9944	0.9957	0.9823	0.9595	0.9365	0.9360	0.9133	0.9045	0.8929
	average = 1.0000	0.9949	0.9951	0.9825	0.9589	0.9351	0.9353	0.9115	0.9018	0.8891
	st dev = 0.0000	0.0038	0.0050	0.0054	0.0060	0.0090	0.0087	0.0126	0.0132	0.0181
	min = 1.0000	0.9873	0.9819	0.9727	0.9418	0.9086	0.9153	0.8789	0.8677	0.8395
	max = 1.0000	1.0039	1.0013	0.9948	0.9684	0.9493	0.9492	0.9262	0.9158	0.9084
<b>DATA SET 8</b> T <sub>amb</sub> = 85°C	median = 1.0000	0.9964	0.9858	0.9895	0.9745	0.9640	0.9741	0.9555	0.9493	0.9420
	average = 1.0000	0.9974	0.9860	0.9892	0.9741	0.9644	0.9741	0.9544	0.9450	0.9367
	st dev = 0.0000	0.0042	0.0038	0.0054	0.0074	0.0080	0.0086	0.0099	0.0112	0.0141
	min = 1.0000	0.9894	0.9786	0.9763	0.9610	0.9506	0.9531	0.9288	0.9138	0.8963
	max = 1.0000	1.0064	0.9951	0.9983	0.9867	0.9812	0.9904	0.9721	0.9618	0.9579
<b>DATA SET 9</b> T <sub>amb</sub> = 55°C	median = 1.0000	0.9976	0.9817	0.9842	0.9688	0.9634	0.9851	0.9726	0.9640	0.9617
	average = 1.0000	0.9973	0.9778	0.9808	0.9663	0.9612	0.9816	0.9726	0.9627	0.9609
	st dev = 0.0000	0.0022	0.0107	0.0082	0.0073	0.0076	0.0078	0.0067	0.0087	0.0073
	min = 1.0000	0.9903	0.9487	0.9557	0.9434	0.9452	0.9656	0.9558	0.9410	0.9423
	max = 1.0000	1.0006	0.9859	0.9884	0.9744	0.9704	0.9955	0.9833	0.9742	0.9746

Risultati test LM-80 Luxeon Rebel LXM8-PW27

**XLAMP XT-E WHITE LEDs (REV 3)**

Revision: 3 (November 14, 2012)

**Description Of LED Light Sources**

XLamp XT-E White LEDs (Series: XTEAWT)

**Test Summary**

Data Set	Case Temp. (T <sub>c</sub> )	Ambient Temp. (T <sub>a</sub> )	Drive Current (I <sub>f</sub> )	Average Lumen Maintenance at 6,000 hours	Average Chromaticity Shift (Δu/v*) at 6,000 hours	Reported TM-21 L70 Lifetime
3	55°C	55°C	1000 mA	98.3%	0.0018	170,000 > 30,000 hrs
2	85°C	85°C	1000 mA	98.8%	0.0012	170,000 > 30,000 hrs
4	105°C	105°C	1000 mA	96.3%	0.0019	170,000 > 30,000 hrs

Risultati test LM-80 Cree XTE AWG

Questi dati sono disponibili nel sito dei relativi costruttori. Tutti e due i costruttori hanno fornito i dati relativi a tre serie di test a diverse temperature, 55°C, 85°C e 105°C come temperatura a scelta per entrambi. Lumileds riporta i valori di flusso normalizzati ad 1 per ogni misura con tanto di valore minimo, massimo e medio, mentre cree fornisce solo il dato finale, ed aggiunge la variazione cromatica dopo 6000 ore di funzionamento. In questi documenti sono anche fornite le previsioni al 70% di flusso (L70) calcolate con il TM-21.

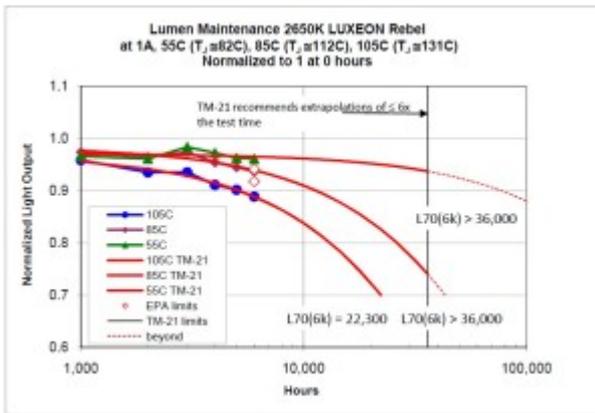
## IES TM-21-2011

I dati raccolti mediante lo standard LM-80 vengono poi inseriti nel modello matematico definito dal memorandum TM-21. Questo modello è stato scritto da 6 produttori mondiali di LED (Philips Lumileds, Osram, Nichia, Illumitex, GE, and Cree) e 2 laboratori governativi americani (PNNL, NIST).

Come funziona in breve l'algoritmo matematico TM-21:

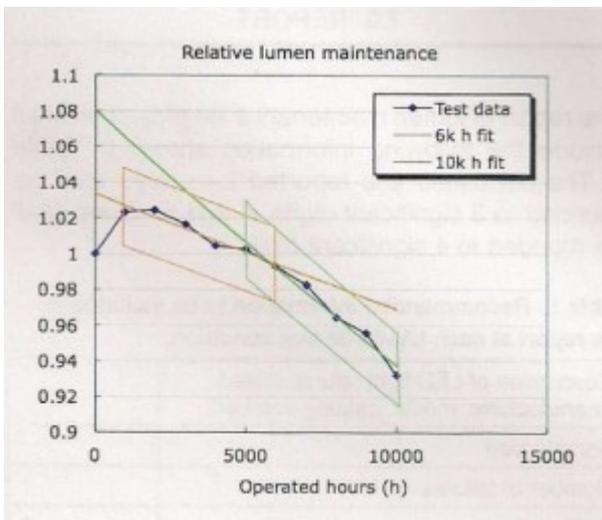
- Il dato medio di flusso a zero ore viene normalizzato a 1.
- I dati raccolti da 0 a 1000 ore vengono rimossi.
- Per il calcolo su misure a 6000 ore: dai dati raccolti da 1000 a 6000 ore si estrapola una curva esponenziale col metodo dei minimi quadrati.
- Per il calcolo su misure fino a 10000 ore: si usano i dati delle ultime 5000 ore per l'estrapolazione.
- Per il calcolo su misure superiori a 10000 ore: si usa l'ultimo 50% dei dati raccolti.
- Per la definizione della vita del LED (L70) non si può dichiarare oltre sei volte la durata dei test, ovvero 36000 ore di vita media per 6000 ore di test e 60000 ore per test di 10000 ore.

Vediamo ad esempio le previsioni di durata di due LED fornite dai due costruttori di prima. Cree fornisce solo il dato come previsto dal memorandum tm-21 per test di 6000 ore mentre Lumileds pubblica un grafico con i punti di misura e la curva calcolata per estrapolazione per ognuna delle tre serie di misure:

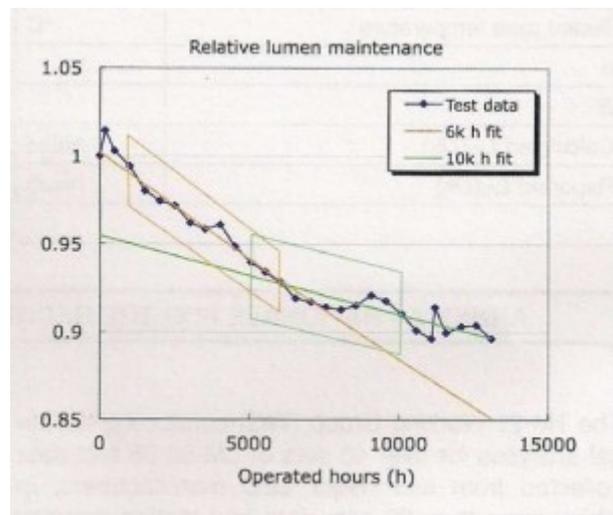


Applicazione metodo IES TM-21 su Luxeon Rebel LXM8-PW27

Si vede chiaramente che per le misure a 55°C e 85°C la vita del LED risulta superiore alle 36000 ore, ma più lungo è il tempo tra le misure reali ed i valori teorizzati e maggiore è l'incertezza. Vediamo con due esempi presentati all'EPA ENERGY STAR Lamp Round Table a San Diego, CA il 24 October 2011 di quanto possono variare le previsioni se fatte su misure a 6000 o 10000 ore:



1.000-6.000 ore:  $L70(6k) = 60.000$  ore  
 5.000-10.000 ore:  $L70(10k) = 30.000$  ore



1.000-6.000 ore:  $L70(6k) = 30.000$  ore  
 5.000-10.000 ore:  $L70(10k) > 60.000$  ore limitato dal  $x6$

Questo modello ha senza dubbio diverse limitazioni ma è stato proposto per rispondere alla richiesta dei molti costruttori e clienti che necessitavano di un metodo per definire l'importante