



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Relazione relativa all'attività B: Ricerca sperimentale e qualificazione sistemi di illuminazione innovativa Punto 3: Rapporti di misura su sorgenti LED

Maurizio Rossi, Fulvio Musante, Daria Casciani



RELAZIONE RELATIVA ALL'ATTIVITÀ B: RICERCA SPERIMENTALE E QUALIFICAZIONE SISTEMI
DI ILLUMINAZIONE INNOVATIVA
PUNTO 3: RAPPORTI DI MISURA SU SORGENTI LED

Maurizio Rossi, Fulvio Musante, Daria Casciani (Politecnico di Milano, Dipartimento INDACO)

Settembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia: Tecnologie per il risparmio elettrico nell'illuminazione pubblica

Responsabile Progetto: Simonetta Fumagalli, ENEA



POLITECNICO DI MILANO
INDACO
DIPARTIMENTO DI
INDUSTRIAL DESIGN
DELLE ARTI
DELLA COMUNICAZIONE
E DELLA MODA

Accordo di collaborazione tra ENEA e Politecnico di Milano, Dipartimento INDACO, nell'ambito dell'Accordo di Programma MSE-ENEA sulla Ricerca di Sistema Elettrico, Piano Annuale di Realizzazione 2008-2009, Progetto 3.2 "Tecnologie per il risparmio elettrico nell'illuminazione pubblica", per una attività di ricerca dal titolo: "Advance LED Lighting Design nell'Illuminazione Pubblica".

Relazione relativa all'attività B: Ricerca sperimentale e qualificazione sistemi di illuminazione innovativa

Punto 3: Rapporti di misura su sorgenti LED

Sommario

1. Introduzione	2
2. Modalità di esecuzione delle misure	3
3. Dettaglio dispositivi esaminati	5
4. Rapporto di Rilievo	5
5. Commento sui risultati ottenuti	8

Milano, 31.3.2011

Il responsabile scientifico della ricerca

Prof. Maurizio Rossi

Politecnico di Milano



1. Introduzione

Per la scelta della tipologia di LED da utilizzare nella successiva fase di design del prodotto, sono state considerate le seguenti categorie di dispositivi:

- LED array
- Power LED di ultima generazione
- Moduli LED con lenti integrate

L'inserimento dei LED array tra le possibili sorgenti luminose da impiegarsi nel progetto si è reso necessario dato che rappresentano una soluzione tecnica che consente di gestire una quantità di flusso luminoso di dimensioni adeguate alle applicazioni di illuminazione pubblica; ad oggi trovano la maggiore applicazione negli interni per la realizzazione di proiettori con ottiche riflettenti, laddove è richiesto un indice di resa cromatica elevato e un flusso emesso consistente in rapporto allo spazio occupato (si semplifica la costruzione del prodotto riducendone il numero di componenti e quindi la complessità).

Si è quindi deciso di valutare la loro applicazione nell'ambito degli esterni, in abbinamento ad ottiche di riflessione, dal momento che sul mercato la loro offerta si sta arricchendo mese dopo mese con l'uscita di nuovi modelli e con l'ingresso in questo settore di mercato di alcuni costruttori tradizionalmente assenti (CREE).

Gli array considerati nella presente relazione sono i seguenti:

- BRIDGELUX BXRA
- EDISON POWER II

È stata inoltre considerata, la famiglia dei Power LED dato che ad oggi offre la più vasta scelta di prodotti e di ottiche (a riflessione e a rifrazione), con efficienze molto elevate (nell'ordine del 90% circa).

In particolare ci si è concentrati su lenti free-form asimmetriche per esterni di produzione LEDIL (strada), adatte per due tipologie di LED:

- OSRAM OSLON
- CREE XP_G

Sono inoltre stati considerati i seguenti prodotti, per i quali al momento non risultano disponibili lenti LEDIL strada, ma che potrebbero essere utilizzati per applicazioni di illuminazione urbana con ottiche a riflessione, opportunamente progettate.

- CREE XML
- CREE MCE

La combinazione di lenti con differente emissione, consente di creare dei moduli che realizzano distribuzioni fotometriche complesse, come quelle richieste per l'applicazione stradale nelle categorie illuminotecniche CE e S, oggetto della successiva fase progettuale.

Questa rappresenta la soluzione tradizionalmente più diffusa per la realizzazione di apparecchi di illuminazione a LED in esterni, dato che consente di ottenere delle buone distribuzioni fotometriche senza effettuare costosi investimenti per lo studio e la produzione dei sistemi di controllo del flusso luminoso (siano essi a riflessione o a rifrazione).

Il principale svantaggio di questa soluzione consiste nel numero elevato di LED che occorre impiegare nelle applicazioni più impegnative, con i risvolti negativi che esso impone sulle scelte tecniche nella



fase di progettazione del prodotto, prima tra tutte le dimensioni imponenti che questo genere di apparecchi raggiungono con estrema facilità (il numero di LED da impiegare dipende essenzialmente dal modello, dalla tecnologia, dalla capacità di dissipazione del prodotto, ma soprattutto dal prezzo di acquisto del componente che rappresenta ancora il parametro di giudizio principale per alcuni costruttori di apparecchi di illuminazione).

Per quanto riguarda i moduli, la scelta è ricaduta su questa tipologia di sorgenti LED in quanto rappresentano ciò che maggiormente si avvicina al concetto di sorgente tradizionale: rappresentano dei componenti pronti all'uso che non necessitano né dello sviluppo di PCB o di circuiti elettronici, né della scelta e combinazione di lenti differenti per ottenere la distribuzione fotometrica desiderata.

Sono stati considerati i seguenti prodotti:

- Edison MPW-C60LORG-121U
- Edison MPW-C60MORG-121U
- Edison MPW-C60KORG-121U

I prodotti esaminati garantiscono un elevato grado di protezione contro l'ingresso dei liquidi e della polvere (IP 67); questa caratteristica consente di semplificare lo sviluppo del prodotto e potrebbe, almeno in linea di principio, eliminare la necessità di introdurre uno schermo di protezione delle ottiche migliorando le performance luminose del prodotto (si stima che l'introduzione di uno schermo comporti una perdita, in termini di flusso luminoso emesso, nell'ordine del 7-10%).

2. Modalità di esecuzione delle misure

Tutti i LED sono stati misurati nelle medesime condizioni di dissipazione utilizzando una cella di Peltier PowerCool DA-075-24-02 (75 W di potenza) e una interfaccia termica di produzione Bergquist per connettere termicamente la superficie della cella con la piastra di supporto dei LED, realizzata in alluminio e dotata di una serie di fori per il fissaggio del LED.

Tutti i LED utilizzati nelle misure sono stati montati su un apposito circuito stampato in metal-core (star) che è stato fissato sulla piastra di alluminio mediante viti autofilettanti e interponendo un sottile strato di pasta termo-conduttiva.

La Figura 1 mostra l'apparato utilizzato per le misure di flusso luminoso dei LED e dei sistemi costituiti da power LED e lenti free-form di produzione LEDIL.

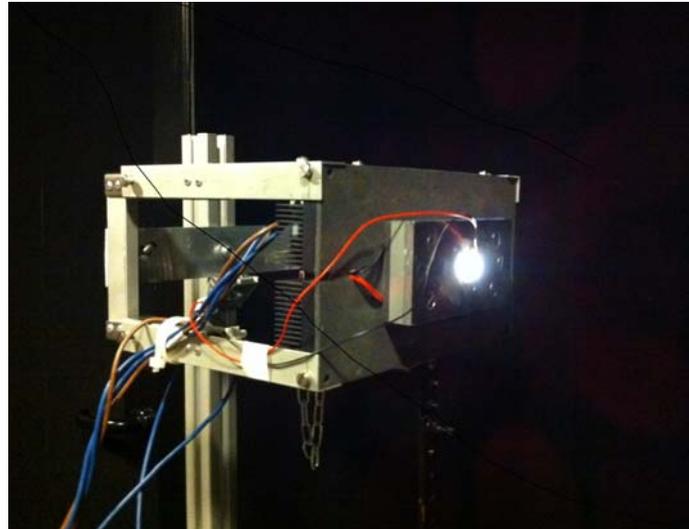


Figura 1 Cella di Peltier utilizzata per le misure di flusso luminoso

Per la valutazione delle performance dei moduli LED, si è utilizzato un dissipatore di alluminio 300x300x40 mm (Figura 2) con resistenza termica pari a 0.29 C/W, su cui sono stati montati i tre diversi moduli esaminati; tra il modulo LED e l'elemento dissipante è stato interposto un foglio di interfaccia termica Bergquist.

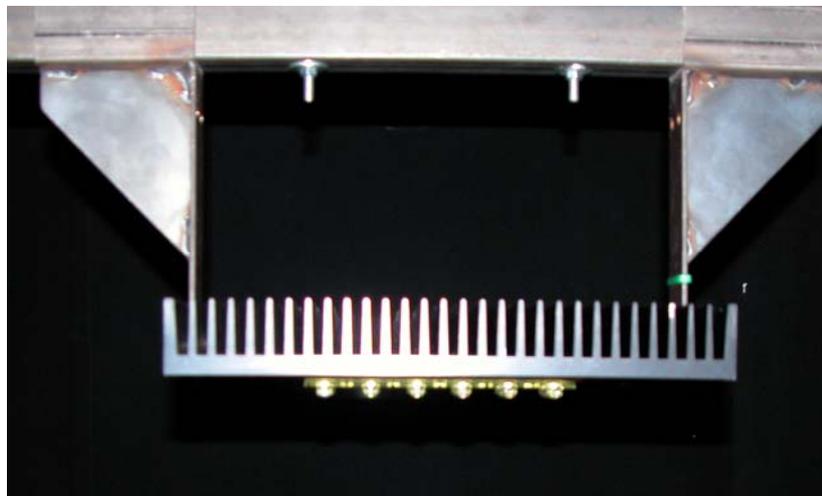


Figura 2 Dissipatore utilizzato per la misura dei moduli LED

La cella di Peltier non è stata alimentata durante le misure (si è utilizzata solo la sua capacità di dissipazione per convezione naturale) e il flusso luminoso del LED è stato calcolato mediante integrazione del solido fotometrico, misurato al goniofotometro.

Il valore di efficienza delle ottiche è stato ottenuto come rapporto tra il flusso emesso dal sistema LED+LENTE e quello emesso dal solo LED.

Per maggiori dettagli sulle modalità di esecuzione delle misure e sui risultati ottenuti, si rimanda ai rapporti di rilievo specifici, riportati in allegato alla presente relazione.



3. Dettaglio dispositivi esaminati

Produttore LED e moduli:	CREE BRIDGELUX EDISON OSRAM
Produttori lenti:	LEDIL
Modelli:	per i dettagli, si veda la Tabella 1
Data rapporto	29/03/2011
Allegati	per ciascun rilievo verrà fornito: - Matrice delle intensità - Diagramma polare e cartesiano dei piani CO-180 e C90-270 - File in formato LDT

4. Rapporto di Rilievo

Dati Produttore

Tipologia:	Power LED, LED array, Moduli
Modello	Vari
Dimensioni [mm] (moduli)	160 x 50 x 10 mm
Dimensioni area luminosa [mm] (moduli)	160 x 50 mm
Riferimenti Lampade/Alimentatori di Laboratorio	Per le prove si è utilizzato l'alimentatore da banco TTI EX355P

Dati Rilievo

Data Rilievo	FEBBRAIO-MARZO 2011
Tipo Rilievo	C- γ a passi costanti $\Delta C=5^\circ$ $\Delta \gamma=1.0^\circ$ (rilievo continuo)
Norma di Riferimento	UNI EN 13032, UNI 11356
Tempo di stabilizzazione lampada	tempo di riscaldamento - 45 minuti ¹
Numero di campioni testati per ciascun dispositivo	1

¹ Prima di essere sottoposti a misurazione i prodotti devono aver raggiunto l'equilibrio termico; il prodotto è considerato stabile quando ogni 3 letture fotometriche e della potenza elettrica, eseguite in 30 min a a distanza di 15 min, non si è verificano variazioni maggiori dell'1%.



Stima di Incertezze di Rilievo

Instabilità Sorgente	$\leq 1\%$
Incertezza Calcolo Rendimento (LOR)	2.5%
Valori Intensità Luminose Normalizzate	2.5%
Precisione Angolare in C e γ	$\pm 0.05^\circ$

Dati Strumentazione Utilizzata

Goniofotometro	A specchio secondo EN 13032 e Raccomandazione CIE 121 - Modello T4 Oxytech – Distanza rilievo 9.580 m per moduli LED Distanza rilievo 3.57 m per i power LED e LED array
Alimentatore corrente costante	THURBY TTI EX355P
#	
Voltage Range:	0V to 35V minimum
Current Range:	0.01A to 5A minimum
Voltage Setting:	By coarse and fine rotary encoders or RS-232 interface. Resolution 10mV. Setting accuracy $0.3\% \pm$ 20mV (for $V > 0.1V$)
Current Setting:	By single rotary encoder or RS-232 interface. Resolution 10mA. Setting accuracy $0.6\% \pm 20mA$ (for I $> 0.1A$)
Operating Mode:	Constant voltage (CV) or constant current (CC) with automatic cross-over.
Output Impedance:	Typically $< 5m\Omega$ in CV mode. Typically $> 20k\Omega$ in CC mode.
Output Protection:	Output will withstand up to 40V forward voltage. Reverse protection by diode clamp for reverse currents up to 3A.
Load Regulation:	$< 0.01\%$ of maximum output for a 90% load change.
Line Regulation:	$< 0.01\%$ of maximum output for a 10% line change
Ripple & Noise (20MHz bandwidth):	Typically $< 2mV_{rms}$, $< 10mV$ pk-pk, constant voltage mode.
Transient Response:	$< 200\mu s$ to within 50mV of set level for 90% load change.
Temperature Coefficient:	Typically $< 100ppm/^\circ C$
Multimetro	Yokogawa modello WT230
Luxmetro	Czibula & Grundmann



Parametri Elettrici di Rilievo

Il rilievo è stato effettuato a corrente costante con intensità variabile tra 350mA e 1500mA, a seconda del dispositivo in esame.

Condizioni Ambientali

Temperatura di Laboratorio [°C]	25°C ± 1°C
Umidità Relativa	60%
Movimento Aria	< 0.2 m/s

Note Rilievo

- I dati del presente rapporto sono corrispondenti con quelli rilevati nelle modalità più sopra citate
- Il presente rapporto riguarda solo il campione sottoposto a prova
- L'estensione del presente rapporto ad altri esemplari esce dai limiti del rapporto stesso

Rilievi

POWER LED

CREE	XML	ND
CREE	XML	ND
CREE	XML	ND
CREE	XPG	E5CAQ4
CREE	XPG	E5CAQ4
CREE	MCE	ND
CREE	MCE	ND
OSRAM	OSLON	LUW-CP7P

POWER LED CON LENTI

CREE	XPG	LEDIL STRADA T-DN
CREE	XPG	LEDIL STRADA T-DW
CREE	XPG	LEDIL STRADA T-DW
OSRAM	OSLON	LEDIL STRADA T-DN
OSRAM	OSLON	LEDIL STRADA T-DW

LED ARRAY

BRIDGELUX	BXRA	BXRA-C800
BRIDGELUX	BXRA	BXRA-C800
BRIDGELUX	BXRA	BXRA-C800
BRIDGELUX	BXRA	BXRA-W1800-00Q0E
EDISON	EPSH	EPSH-VF44
EDISON	EPSH	EPSH-VF44
EDISON	EPSH	EPSH-VF55
EDISON	EPSH	EPSH-VF55
EDISON	EPSH	EPSH-VF55



EDISON	EPSH	EPSH-VF77
MODULI		
EDISON	MORG	EMPW-C60MORG-121U
EDISON	KORG	EMPW-C60KORG-121U
EDISON	LORG	EMPW-C60LORG-121U

5. Commento sui risultati ottenuti

Le tre sezioni della Tabella 1, contengono le risultanze ottenute dalle misure sia per quanto riguarda i LED (power o array) , sia per i moduli e i sistemi lente+ottica.

In particolare, sono stati considerati come significativi per la caratterizzazione delle performance dei LED i seguenti parametri (elettrici/fotometrici/cromatici/spettrali)

- V_F tensione di caduta diretta del power LED (o LED array)
- I_F corrente di alimentazione del LED, espressa in mA, a cui riferire il valore del flusso luminoso e di potenza elettrica
- Rapporto lm/W
- Flusso luminoso, espresso in lm
- Temperatura correlata di colore (CCT)
- Indice di Resa cromatica CRI
- Indice di Resa cromatica CQS

I valori ottenuti per i vari dispositivi non devono ritenersi necessariamente i migliori possibili per un dato modello di LED, dal momento che dipendono essenzialmente dalla selezione scelta (bin) per alcuni dei parametri precedentemente riportati (V_F , flusso, coordinate cromatiche).

La selezione utilizzata per la valutazione risulta un compromesso tra le caratteristiche desiderate per il dispositivo, in dipendenza della particolare applicazione (illuminazione pubblica) e la disponibilità di campionature da parte dei distributori.

Particolarmente interessanti, risultano i valori di CRI e CQS, che sono per tutti i dispositivi esaminati sufficientemente elevati per l'applicazione considerata, anche se in alcuni casi (soprattutto quando i LED risultano accoppiati con lenti) leggermente variabili con la direzione di osservazione a causa delle aberrazioni introdotte dalla lente stessa (particolarmente evidente nei power LED con lenti primarie e per selezioni con elevata CCT).

La tensione V_F , rappresenta uno dei parametri su cui i produttori di power LED stanno lavorando al fine di migliorare le performance dei loro prodotti, abbassandone il valore (e quindi anche quello di potenza dal momento che questi dispositivi lavorano a corrente imposta) a parità di flusso luminoso emesso si migliora il rapporto lm/W e le caratteristiche termiche di regime (la frazione di flusso luminoso di cui bisogna ridurre il dato a $T_j=25^\circ\text{C}$ per ottenere il valore emesso alla temperatura di giunzione di esercizio).

Le temperature di colore dei dispositivi misurati sono molto variabili (approssimativamente in un intervallo tra 3200K a 7000K), anche se il valore più indicato per la nostra applicazione appare quello di bianco neutral, corrispondente a un valore di 4200K-4500K.



Tabella 1 Riepilogo caratteristiche elettriche, fotometriche, cromatiche e spettrali dei dispositivi misurati

	MODELLO	CODICE	I _f	V _f	W	FLUSSO	lm/W	CCT	CRI	CQS
POWER LED										
CREE	XML	ND	350	2.969	1.04	142	137	-	-	-
CREE	XML	ND	700	3.143	2.20	272	124	-	-	-
CREE	XML	ND	1050	3.314	3.48	394	113	-	-	-
CREE	XPG	E5CAQ4	350	3.237	1.13	92	81	4095	80	79
CREE	XPG	E5CAQ4	700	3.586	2.51	153	61	4136	80	79
CREE	MCE	ND	350	12.171	4.26	329	77	3112	83	82
CREE	MCE	ND	700	12.829	8.98	527	59	3111	83	81
OSRAM	OSLON	LUW-CP7P	350	3.189	1.12	109	98	6614	69	72
POWER LED CON LENTI										
CREE	XPG	LEDIL STRADA T-DN	350	3.131	1.10	81	74	-	-	-
CREE	XPG	LEDIL STRADA T-DW	350	3.229	1.13	87	77	-	-	-
CREE	XPG	LEDIL STRADA T-DW	700	3.343	2.34	142	61	-	-	-
OSRAM	OSLON	LEDIL STRADA T-DN	350	3.171	1.11	97	87	6614	69	72
OSRAM	OSLON	LEDIL STRADA T-DW	350	3.171	1.11	103	93	-	-	-
LED ARRAY										
BRIDGELUX	BXRA	BXRA-C800	700	12.957	9.07	718	79	3410	83	82
BRIDGELUX	BXRA	BXRA-C800	900	13.556	12.20	875	72	3440	82	82
BRIDGELUX	BXRA	BXRA-C800	1200	14.325	17.19	1083	63	-	-	-
BRIDGELUX	BXRA	BXRA-W1800-00Q0E	700	35.457	24.82	1655	67	-	-	-
EDISON	EPSH	EPSH-VF44	700	12.157	8.51	781	92	4315	82	79



EDISON	EPSH	EPSH-VF44	1000	12.680	12.68	1052	83	4331	82	79
EDISON	EPSH	EPSH-VF55	700	14.743	10.32	943	91	-	-	-
EDISON	EPSH	EPSH-VF55	1000	15.130	15.13	1274	84	-	-	-
EDISON	EPSH	EPSH-VF55	1200	15.417	18.50	1481	80	-	-	-
EDISON	EPSH	EPSH-VF77	1500	21.007	31.51	2497	79	-	-	-
MODULI										
EDISON	MORG	EMPW-C60MORG-121U	700	19.643	13.75	1087	79	-	-	-
EDISON	KORG	EMPW-C60KORG-121U	700	20.257	14.18	1227	87	-	-	-
EDISON	LORG	EMPW-C60LORG-121U	700	19.786	13.85	1183	85	-	-	-