

# Lampade semaforiche a basso consumo energetico<sup>1</sup>

Dr. Matteo Bosi <sup>2</sup>

Istituto IMEM-CNR, Parco Area delle Scienza 37/A, 44010 Fontanini, Parma

Questa relazione si propone come un documento puramente informativo su una nuova tipologia di lampade semaforiche, realizzate mediante una tecnologia innovativa, che permettono elevati risparmi energetici, maggiore affidabilità ed elevato tempo di vita. I vantaggi derivanti dall'impiego di questi nuovi dispositivi sono paragonati alla soluzione attualmente adottata.

## *Introduzione*

Con la recente entrata in vigore del protocollo di Kyoto tutti i paesi aderenti, tra cui l'Italia, sono chiamati a ridurre drasticamente le emissioni di gas inquinanti nell'atmosfera. Questo obiettivo può essere raggiunto utilizzando fonti energetiche rinnovabili (fotovoltaico, eolico, biomassa), razionalizzando i consumi industriali e individuali e l'utilizzo dei mezzi di trasporto. Una via parallela a queste è quella dell'utilizzo di materiali innovativi, ormai usciti dallo stadio di prototipo e già presenti sul mercato (specialmente estero), che permettono una significativa riduzione dei consumi energetici rispetto ai materiali attualmente utilizzati. Conseguenza diretta di questo "passaggio tecnologico" è una minore emissione di gas serra nell'atmosfera, in quanto nel nostro paese la percentuale più grande di elettricità è generata a partire da fonti non rinnovabili o acquistata dall'estero. Inoltre, nel panorama italiano, sono ancora pochissime le realtà che fanno uso di questa tecnologia, per cui non è da sottovalutare il carattere pubblicitario ed innovativo di eventuali progetti pilota incentrati su questi temi.

## *Le lampade dei semafori*

Gli oggetti in esame in questa relazione sono lampade utilizzate nei semafori stradali: attualmente la quasi totalità di queste lampade utilizza l'ormai obsoleta tecnologia a filamento incandescente. Come è noto, in questo caso la luce viene ottenuta riscaldando ad alta temperatura un filamento, che si illumina generando luce bianca. L'impiego di queste fonti luminose nei semafori è altamente inefficiente: innanzi tutto, la luce bianca prodotta deve passare attraverso dei filtri per ottenere i tre colori necessari al suo impiego (rosso, giallo, verde), perdendo quindi gran parte della luce prodotta; vi è inoltre una significativa quantità di calore generato, che non è utile ai fini

---

<sup>1</sup> Quest'opera è stata donata al pubblico dominio. Per leggere una copia della donazione al pubblico dominio visita il sito web <http://creativecommons.org/licenses/publicdomain/> o spedisci una lettera a Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.

<sup>2</sup> [bosi@imem.cnr.it](mailto:bosi@imem.cnr.it) - [matteo@alchemystudio.it](mailto:matteo@alchemystudio.it)  
0521-269288 (uff.), 328-3683787, 0521-494728 (abit.)

dell'illuminazione.

Questo significa che una grossa percentuale dell'energia utilizzata per la loro accensione rimane inutilizzata ed è di conseguenza sprecata. Se si considera l'assorbimento di una singola lampada semaforica (dagli 80 ai 150W a seconda del colore e delle dimensioni), il numero di semafori presenti in una cittadina di medie dimensioni come Parma (in ogni piccolo incrocio ne troviamo almeno 5 o 6), e il fatto che in pratica per ogni semaforo si ha una lampada accesa per quasi 24 ore al giorno (si può stimare una media di consumo di circa 2-2.5 KWh giornalieri), si può facilmente comprendere che l'energia utilizzata a questo scopo è notevole, e che una gran parte di essa è letteralmente “buttata via”: in breve la società non sarà più in grado di sopportare le conseguenze ecologiche ed economiche di tali sprechi. Ovviamente l'introduzione delle rotonde per la regolamentazione del traffico ha ridotto i semafori esistenti, ma il loro numero rimane comunque consistente.

Oltre a questo problema prettamente tecnico, è da considerare che l'impiego di queste lampade comporta in linea di principio notevoli pericoli al traffico: in caso di bruciatura del filamento (evento che statisticamente avviene ogni 1-2 anni) la luce viene immediatamente a cessare, con conseguente mancanza di indicazione semaforica e relativi problemi di sicurezza stradale. Tecnici specializzati devono costantemente monitorare la situazione delle lampade semaforiche e provvedere alla loro rapida sostituzione. I costi di manutenzione gravano ovviamente sul bilancio cittadino destinato alla manutenzione stradale.

### ***Una nuova tecnologia per l'illuminazione***

I LED (termine inglese contrazione di “Light Emitting Diode”, diodo ad emissione di luce) sono dispositivi elettronici a semiconduttore che utilizzano le stesse basi teoriche e la stessa tecnologia costruttiva degli apparecchi elettronici che adoperiamo ormai quotidianamente (televisori, computer, telefoni cellulari...). Anche se probabilmente non ce ne accorgiamo, siamo ormai circondati dai LED: essi sono le piccole “lampadine” che ci dicono ad esempio se la televisione è accesa, se il disco fisso del nostro PC o del lettore CD sta funzionando, e che illuminano le tastiere dei telefoni cellulari di nuova generazione.

Questi dispositivi, ormai entrati di nascosto nell'uso comune, sono caratterizzati da una emissione luminosa di un solo colore (“monocromatica”) e da un bassissimo assorbimento energia (poche decine di mW). La luce colorata che vediamo emessa da questi dispositivi non è “filtrata” (come accade per la luce che vediamo nei semafori), ma viene emessa dal dispositivo direttamente con quel “colore”: il colore del LED è intimamente legato alle proprietà fisico-chimiche del materiale con cui è costruito, e sono attualmente disponibili materiali che permettono di ottenere tutti i colori primari (rosso, verde, blu, oltre ad esempio ad ambra, arancione, etc..). Una diretta conseguenza della monocromaticità dei LED è che praticamente tutta l'energia elettrica utilizzata per accenderlo

viene effettivamente utilizzata per produrre luce; oltretutto non vi è generazione di calore in questi dispositivi (si dice spesso che i LED emettono “luce fredda”) e la luce emessa è estremamente direzionale. L'efficienza luminosa di queste “lampade” è quindi estremamente elevata.

Altra caratteristica fondamentale di questi tempi dispositivi è il loro “tempo di vita”, enormemente più elevato rispetto a quello delle lampade ad incandescenza, e che può raggiungere anche le 100.000 ore (circa 10 anni). Al contrario delle lampade ad incandescenza, che alla bruciatura del filamento cessano immediatamente di emettere luce, in genere i LED non si “spengono” immediatamente ma perdono progressivamente e lentamente la loro brillantezza.

### ***I LED come nuove luci per i semafori***

La tecnologia dei LED risale alla seconda metà del secolo scorso, ma solo nell'ultimo decennio sono stati superati impedimenti tecnologici e abbattuti costi di produzione, per cui è stato possibile introdurre sul mercato i cosiddetti “LED ad alta luminosità”, ovvero dispositivi estremamente più luminosi (anche di 10 volte) rispetto a quelli che siamo abituati a vedere nei nostri apparecchi elettronici. La disponibilità di LED di colore rosso, giallo-ambra e, recentemente, verde, ha consentito il loro impiego in sostituzione delle tradizionali lampade ad incandescenza montate sui semafori. Questo passaggio tecnologico è già avvenuto in molte cittadine estere (specialmente in Germania, Giappone, Svizzera, Gran Bretagna, USA) e ha permesso significativi risparmi energetici a fronte di una spesa iniziale per operare la sostituzione.

L'impiego di questi dispositivi come lampade semaforiche avviene integrando tra loro un numero molto elevato di LED (dai 50 ai 200, a seconda del colore e dell'utilizzo), in modo da ottenere l'illuminazione prevista dalle normative vigenti. Una singola lampada è quindi composta da un insieme di un centinaio di “pixel” (o punti di luce), che opera alla comune tensione di rete e che può essere montata in sostituzione della tradizionale lampada ad incandescenza.

Un esempio dell'aspetto esteriore di questa lampada è riportato nella seguente figura:



I vantaggi di questo improvement tecnologico sono molteplici e significativi, sia sul piano della sicurezza che su quello energetico ed economico.

La singola lampada semaforica a LED (si parla in questo caso di tutto l'insieme dei 50-200 dispositivi, come descritto in precedenza) consuma dai 10 ai 20 W, quindi una frazione dell'energia richiesta dalla tradizionale fonte luminosa, che ricordiamo essere tra gli 80 e 150W. Invece dei 2.5 KWh utilizzati quotidianamente al giorno d'oggi, è possibile ridurre il consumo a meno di 0.4 KWh, con un risparmio energetico che può quindi superare il 70%, arrivando in certi casi all' 85%.

Come accennato in precedenza, il tempo di vita di un singolo LED supera i 10 anni; ricordando che su una singola lampada sono montati dai 50 ai 200 dispositivi luminosi, è chiaro che se anche uno di essi dovesse terminare anzitempo il proprio ciclo vitale, ne rimarrebbe comunque un numero sufficientemente elevato da permettere di continuare l'utilizzo della lampada, sostituendo eventualmente solo il singolo LED danneggiato. Questo fatto comporta una drastica diminuzione innanzi tutto del pericolo di trovare un incrocio stradale privo della corretta segnalazione luminosa, e in secondo luogo consente un drastico abbattimento dei costi di manutenzione. Inoltre, l'estrema direzionalità della luce prodotta consente di ottenere luce molto più brillante, con conseguente aumento della sicurezza stradale: la luce dei semafori a LED è chiaramente visibile anche nelle giornate più luminose, con il sole direttamente in fronte o alle spalle del semaforo, oppure in condizioni di ridotta visibilità come ad esempio in presenza di nebbia.

### ***Costi***

Lo svantaggio attuale della tecnologia a LED è costituito quasi unicamente dagli elevati costi necessari ad operare il passaggio tecnologico, dato che possono essere utilizzate nelle stesse strutture attualmente utilizzate. Le lampada semaforiche a LED hanno un prezzo circa 20 volte maggiore rispetto alle lampade ad incandescenza, costo che comunque è drasticamente calato negli ultimi anni e con un trend in discesa. Questo elevato costo iniziale è ampiamente ripagato nel corso

di pochi anni a seguito dei risparmi indotti dalla loro elevatissima efficienza energetica, dalla ridotta richiesta di manutenzione e dai loro lunghi tempi di vita.

E' da considerare che le lampade per i tre colori impiegati hanno costi differenti: il rosso, la cui tecnologia è maggiormente sviluppata ha il prezzo minore, mentre il verde, di recente introduzione, è decisamente più costoso. Inoltre, considerando che la luce gialla è quella meno utilizzata, la sua sostituzione potrebbe non essere economicamente conveniente.

Per portare alcuni esempi, nel 1994 (quando ancora questa tecnologia era agli albori) la cittadina di Fresno, in California, ha speso 60.500\$ per equipaggiare 20 incroci con nuove lampade a LED. Nel 2004, dopo 10 anni, si iniziano a vedere le prime necessità di sostituzione. L'investimento iniziale è stato recuperato nel corso di 7-8 anni. Con la drastica diminuzione del prezzo dei LED avvenuto negli ultimi anni, l'ammortamento può avvenire in tempi drasticamente più brevi (2-3 anni), e i benefici potranno essere apprezzati così molto più velocemente.

Un altro esempio può essere cercato nella cittadina di Santa Barbara (California), che ha utilizzato per tutti gli incroci semafori con tecnologia a LED: i risparmi sulla energia elettrica destinata a questo uso sono dell'ordine del 70-80%. E' da considerare inoltre, che i tre diversi colori utilizzati (rosso, giallo, verde) hanno un diverso tempo di degrado, e quindi è possibile dilazionare nel corso degli anni i costi di sostituzione.

### ***Conclusione***

Per tutti i motivi elencati, il passaggio dalle tradizionali fonti di illuminazioni alla nuova luce "fredda" dei LED appare auspicabile e, in virtù degli impegni cui il nostro Paese è chiamato ad adempiere a seguito dell'entrata in vigore del protocollo di Kyoto, il più rapido possibile.

La spesa iniziale per l'installazione di nuove lampade nei semafori cittadini viene recuperata nel giro di pochi anni, con benefici a lungo termine sia sul piano della sicurezza che sul bilancio comunale.

Come ultima considerazione, è opportuno sottolineare che vi sono modelli di lampade LED per semafori che possono essere alimentati anche a bassa tensione (12V-24V): questo potrà consentire (in un futuro si spera non troppo remoto) di alimentare tutti i semafori di ogni incrocio con una serie di pannelli solare accoppiato ad una batteria, di modo da svincolare completamente i consumi destinati alla regolazione della viabilità cittadina dalla rete elettrica nazionale e passare quindi a fonti rinnovabili. Quest'ultima soluzione è attualmente adottata per la segnalazione mediante lampeggianti di tratti pericolosi di diverse strade statali e provinciali, e ovviamente mi auspico che le scelte adottate continuino in questa direzione.

Tabella comparativa

	Sistema tradizionale (lampada ad incandescenza)	Sistema a LED
<b>Sicurezza</b>	Tempo di vita di 1-2 anni	Tempo di vita di 10 anni
	Illuminazione non uniforme	Illuminazione direzionale ed uniforme
	Basso contrasto in giornate molto luminose	Alto contrasto anche in giornate molto luminose
	La luce del sole può riflettersi nello specchio interno e provocare una "illuminazione fantasma"	Non è presente l'"illuminazione fantasma" perché non vi è necessità di installare uno specchio interno
	Ritardo nell'illuminazione del filamento una volta che questo passa nella condizione "on"	Non c'è nessun ritardo nella commutazione "off" / "on"
	In caso di rottura del filamento la luce cessa immediatamente	Ogni lampada è formata da decine di pixel e la rottura di un singolo pixel è ininfluente
<b>Manutenzione</b>	Sostituzione immediata di tutte le lampade bruciate	Eventuale sostituzione dei pixel danneggiati.
	Tempo di vita di 1-2 anni	Tempo di vita di 10 anni, ridotto numero di addetti alla manutenzione

Fonti:

<http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightingTransformation/LED/index.asp>

<http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35551.pdf>

[http://www.energymaine.com/LED\\_traffic.htm](http://www.energymaine.com/LED_traffic.htm)

[http://www.neo.state.ne.us/neq\\_online/dec2004/dec2004.09.htm](http://www.neo.state.ne.us/neq_online/dec2004/dec2004.09.htm)

[http://www.eere.energy.gov/state\\_energy\\_program/project\\_brief\\_detail.cfm/pb\\_id=717](http://www.eere.energy.gov/state_energy_program/project_brief_detail.cfm/pb_id=717)

<http://www.aixtron.com/redirect.php?url=http://www.aixtron.com/press/140501.htm>

<http://web-japan.org/trends98/honbun/ntj971126.html>

<http://www.fire-italia.it/caricapagine.asp?target=forum/semafori.asp>

[http://www.newton.rcs.it/PrimoPiano/News/2004/03\\_Marzo/29/Led.shtml](http://www.newton.rcs.it/PrimoPiano/News/2004/03_Marzo/29/Led.shtml)

[http://www.spazioambiente.com/segnalazione\\_semaforica.htm](http://www.spazioambiente.com/segnalazione_semaforica.htm)

[http://www.veneziaenergia.it/pec%20161204\\_file/PDF/TESSARI.pdf](http://www.veneziaenergia.it/pec%20161204_file/PDF/TESSARI.pdf)

[http://www.poloenergia.com/lampade\\_led.htm](http://www.poloenergia.com/lampade_led.htm)

[http://www.lasemaforica.com/semafori/semafori\\_led.html](http://www.lasemaforica.com/semafori/semafori_led.html)

Una relazione su un progetto di semafori a LED a Bressanone con costi e tabelle comparative:

[http://www.fire-italia.it/forum/semafori/Bressanone\\_Greenlight.pdf](http://www.fire-italia.it/forum/semafori/Bressanone_Greenlight.pdf)