

## Illuminazione al neon e a LED a confronto

L'illuminazione di un edificio è a tutti gli effetti un servizio per l'edificio stesso quanto il riscaldamento e il rinfrescamento ed il suo funzionamento coinvolge le medesime fonti di energia al pari, ad esempio, delle pompe di calore. Il fabbisogno energetico di un edificio, e quindi i consumi che esso induce, non è confinato solo alle sole esigenze di confort termico, ma si estende anche alla necessità di una adeguata illuminazione per lo svolgimento delle attività al suo interno.

La **riqualificazione energetica** di un edificio si pone come obiettivo quello di offrire agli occupanti di un immobile i medesimi confort attraverso soluzioni e tecnologie a minor consumo energetico e a maggiore efficienza per un impatto ambientale più contenuto.

Nel dubbio diventa fondamentale un riscontro oggettivo. Questo riscontro si può ottenere tanto con valutazioni teoriche preliminari all'attuazione, quanto a livello pratico con la messa in opera della modifica finalizzata alla riqualificazione energetica ed il rilievo sia oggettivo sia soggettivo degli effetti.

Quando valutazioni teoriche e attuazione conducono alla coerenza nelle conclusioni, si conferma la validità delle asserzioni ipotizzate e nel tempo stesso i risultati possono quantificare correttamente l'ordine di grandezza delle differenze e dei vantaggi di uno rispetto all'altro.

Il confronto va effettuato sulla resa in termini di radiazione luminosa riversata nell'area da illuminare, degli schemi di funzionamento e del consumo elettrico, a prova che l'intervento di sostituzione possa essere tranquillamente definito **riqualificazione energetica dell'edificio** per il risparmio energetico che introduce rispetto al precedente metodo di illuminazione.

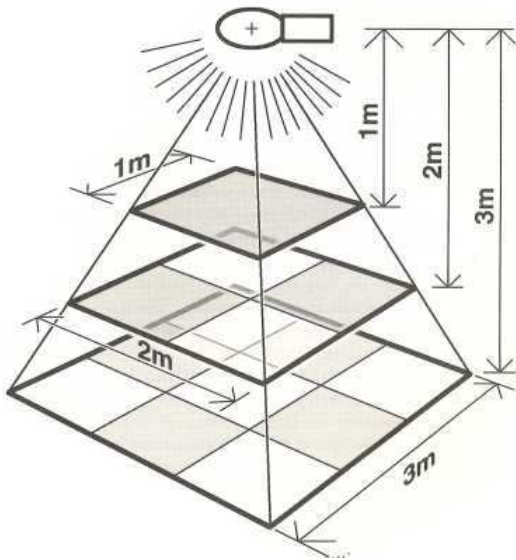
Il rapporto tra i valori numerici di calcolo e di misurazione potranno dare inoltre concreta valutazione dell'entità del beneficio introdotto. L'approssimazione dei numeri teorici e dei valori riscontrati nelle misure con strumenti a precisione hobbistica non compromette l'esito della dimostrazione quando l' "errore" che si potrebbe insinuare ha entità minima rispetto ai valori dei risultati che se ne ottengono e lo scarto numerico che ne risulta non è tale da offuscare o alterare il senso e il grado del beneficio.

L'esito sarà a favore della nuova tecnologia quando ad un pari o superiore effetto di illuminazione corrisponderanno consumi elettrici inferiori.

## Confronto tra due sistemi di illuminazione

La valutazione della tecnologia a LED e del metodo tradizionale al neon viene fatta ponendo a confronto la quantità di luce effettivamente proiettata da ciascuna delle due sorgenti luminose ed i consumi di ognuna di esse. Il confronto viene fatto sia a livello teorico sia a livello pratico come prova effettiva di quanto in ipotesi.

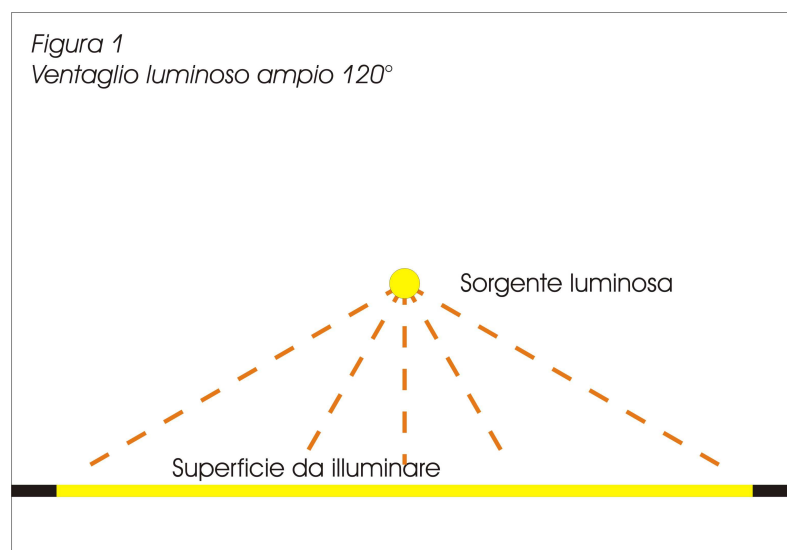
Lo sviluppo del confronto è svincolato dalla specifica distanza tra sorgente luminosa e area da illuminare a ragion del fatto che l'osservazione è fatta direttamente sul punto sorgente e non sull'area di destinazione.



### Area di distribuzione della radiazione luminosa.

Nell'illuminazione degli ambienti interni mediante plafoniere a soffitto, un elemento unitario di sorgente luminosa è posizionato per dare luce all'area ad esso sottostante.

Un ventaglio di luce ampio circa  $120^\circ$  è sufficiente a fare adeguato illuminamento di ciò che deve essere reso adeguatamente visibile.

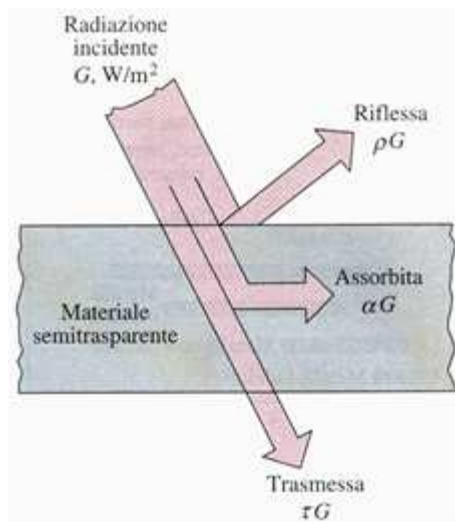


### Principio ed efficienza dei sistemi di riflessione

La radiazione luminosa, appena colpisce una superficie, viene frazionata e segue poi tre percorsi differenti.

Una parte viene riflessa, una parte viene assorbita dalla superficie stessa e solo nel caso di materiali trasparenti o semitrasparenti una terza parte la attraversa.

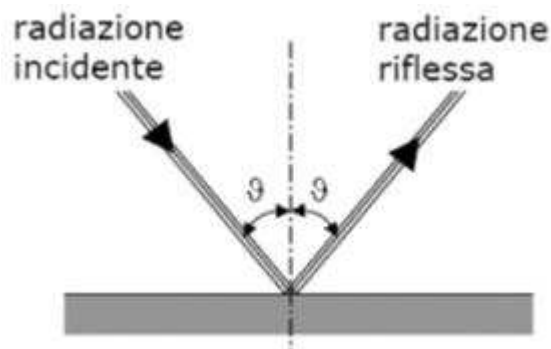
La maggiore o minore porosità della stessa superficie comporta che una quantità maggiore o minore di energia luminosa venga catturata ed attenuata dal materiale stesso.



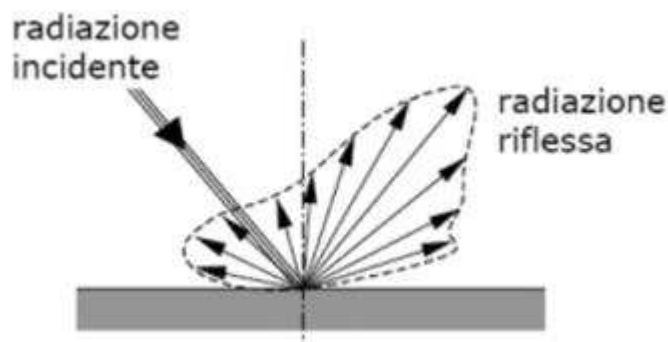
Ciascuna delle componenti sarà inferiore al valore dell'energia incidente e nel tempo stesso la somma dell'energia riflessa, assorbita e trasmessa (nulla nel caso di materiali opachi) sarà pari a quella incidente.

Il modo con cui avviene la riflessione della luce sulle superfici dipende dalle caratteristiche della superficie stessa. Fondamentalmente, si possono distinguere i seguenti tre modi:

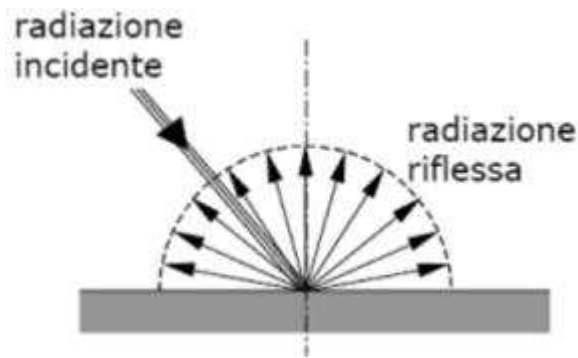
- mediante superficie a specchio, con riflessione regolare



- mediante superficie lucida satinata, con luce dispersa mista



- mediante superficie bianca, con luce diffusa



( cfr <http://giacomomarcucci.wordpress.com/tag/luce/> e <http://arching.wordpress.com/architettura/grandezze-illuminotecniche/> )

Di fatto, comunque, per l'effetto dell'assorbimento non nullo fatto da qualsiasi superficie, la radiazione riflessa sarà sempre inferiore alla luce incidente.

L'albedo (cfr <http://it.wikipedia.org/wiki/Albedo> e <http://arching.wordpress.com/2010/01/27/illuminazione-di-interni-a-led-uffici-e-scuole/> ) è un coefficiente che definisce il rapporto tra la radiazione riflessa e la radiazione incidente. Il suo valore massimo è 1, quando tutta la luce incidente è riflessa (caso di un oggetto perfettamente bianco), mentre il minimo è 0 quando nessuna frazione della luce viene riflessa (situazione di un oggetto perfettamente nero). Nella realtà tutti gli oggetti presentano coefficienti di albedo compresi tra i due valori estremi.

A seguire i coefficienti di albedo dei materiali più facilmente incontrati dalla luce negli ambienti interni e all'interno delle plafoniere stesse.

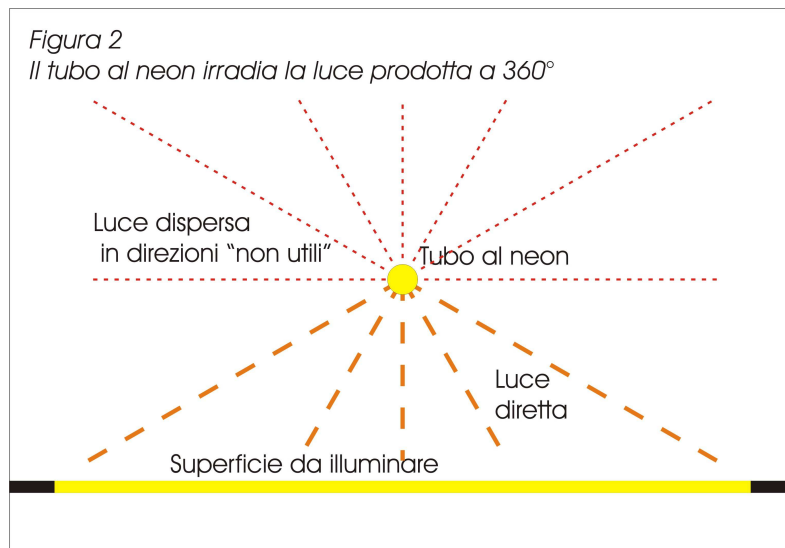
Intonaco comune bianco (latte di calce o simile)	0.8
Intonaco comune o carta molto chiara (avorio, giallo, grigio)	0.7
Intonaco comune o carta molto chiara (grigio perla, avorio, rosa chiaro)	0.6-0.5
Intonaco comune o carta di colore medio (verdino, azzurro, beige)	0.5-0.3
Intonaco comune o carta di colore scuro (verde oliva, rosso )	0.3-0.1
Pavimenti in tinta chiara	0.6-0.4
Pavimenti in tinta scura	0.2-0.1
Alluminio	0.8-0.9
Vernice bianca	0.5
Smalto bianco	0.6
Plastica chiara	0.55

### **Distribuzione della luce prodotta da un tubo al neon e rendimento effettivo**

Un tubo fluorescente (o tubo al neon), rispetto ad una sua sezione trasversale, genera e distribuisce la radiazione luminosa uniformemente nei 360°, destinando la luce tanto nel ventaglio approssimato di 120° sotteso quanto nelle altre direzioni.

La luce fornita direttamente verso la superficie interessata è un terzo dell'energia luminosa prodotta.

I restanti 2 / 3 sono dispersi in direzioni qualificabili come "non utili".



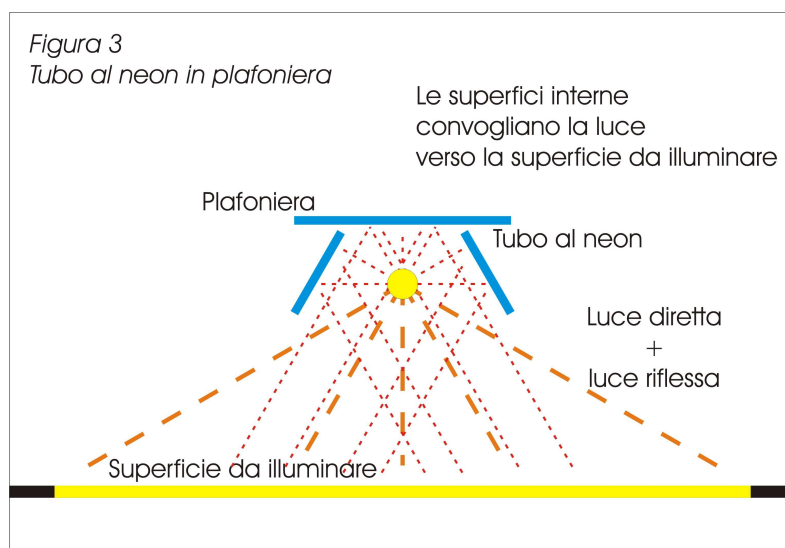
Negli ambienti interni il recupero della luce avviene in maniera spontanea sfruttando la riflessione sulle pareti o sul soffitto; in questo caso il recupero verso l'area da illuminare è molto contenuto.

Le soluzioni di recupero preferibilmente adottate nelle plafoniere si basano su superfici bianche o satinata come buon compromesso tra risultato che se ne ottiene e costo di produzione delle stesse, sebbene le superfici a specchio possano dare risultati molto migliori.

I materiali utilizzati per le superfici interne delle plafoniere finalizzate alla riflessione sono una combinazione di superfici a vernice o smalto bianchi con superfici metalliche lucide o satinata i cui coefficienti di albedo sono compresi tra lo 0,50 e lo 0,90 ( <http://arching.wordpress.com/2010/01/27/illuminazione-di-interni-a-led-uffici-e-scuole/> ).

Come albedo abbastanza realistico per una plafoniera le cui superfici interne sono costituite in pari misura da superfici smaltate e superfici metalliche lucide può essere considerato con approssimazione ottimistica il un coefficiente di 0,75.

La radiazione luminosa complessiva, data dalla somma della luce diretta e della luce riflessa non supererà mai il valore nominale della luce generata dal tubo al neon stesso, ma ne sarà invece inferiore.



## Resa illuminante di un sistema al neon

L'effettiva quantità di luce orientata verso la destinazione è il parametro per valutare il grado di godimento dell'illuminazione.

Essa si compone quindi di due fattori, luce diretta e luce indiretta

Un tubo fluorescente T8 genera circa 80-100 lumen/watt in relazione al grado di efficienza energetica raggiunta sul singolo prodotto (cfr [http://it.wikipedia.org/wiki/Efficienza\\_luminosa](http://it.wikipedia.org/wiki/Efficienza_luminosa)). Il valore nominale qui riferito ovviamente va inteso per tubo fluorescente nuovo, ben sapendo che con l'uso la fluorescenza del tubo stesso decade.

Un prodotto in commercio come il "Lumilux T8 18W" riporta come il valore di radiazione luminosa prodotta sia di 75 lumen/watt (cfr relativa scheda tecnica, pg 4). Nei calcoli si utilizzerà questo valore in quanto è relativo ai tubi al neon in uso prima della trasformazione del sistema di illuminazione e quindi più coerente con il sistema in essere. Il valore dichiarato dal produttore si riferisce a prodotto nuovo e considerando anche che nel tempo la resa luminosa decade.

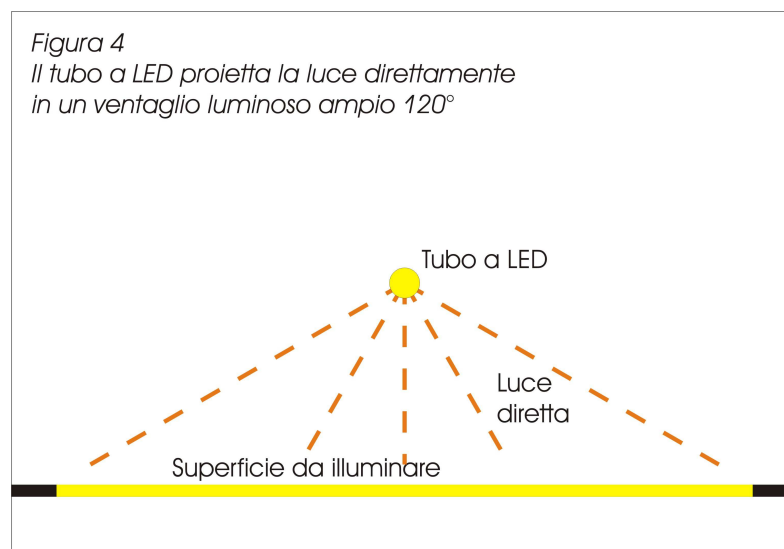
L'energia luminosa che il tubo al neon irradia in maniera diretta sulla zona da illuminare sarà un terzo della radiazione complessiva generata, cioè 25 lumen/watt.

La luce indiretta ricondotta nella zona da illuminare sarà come ipotesi ottimistica di 37 lumen/watt, ottenuto valore come prodotto tra la componente altrimenti dispersa (50 lumen/watt) ed il coefficiente di albedo (0,75) della superficie interna della plafoniera.

La somma dei due valori, luce diretta (25 lumen/watt) e luce indiretta (37 lumen/watt), raggiunge, nella migliore delle ipotesi, il totale di 62 lumen/watt.

## Distribuzione della luce prodotta da un tubo a led

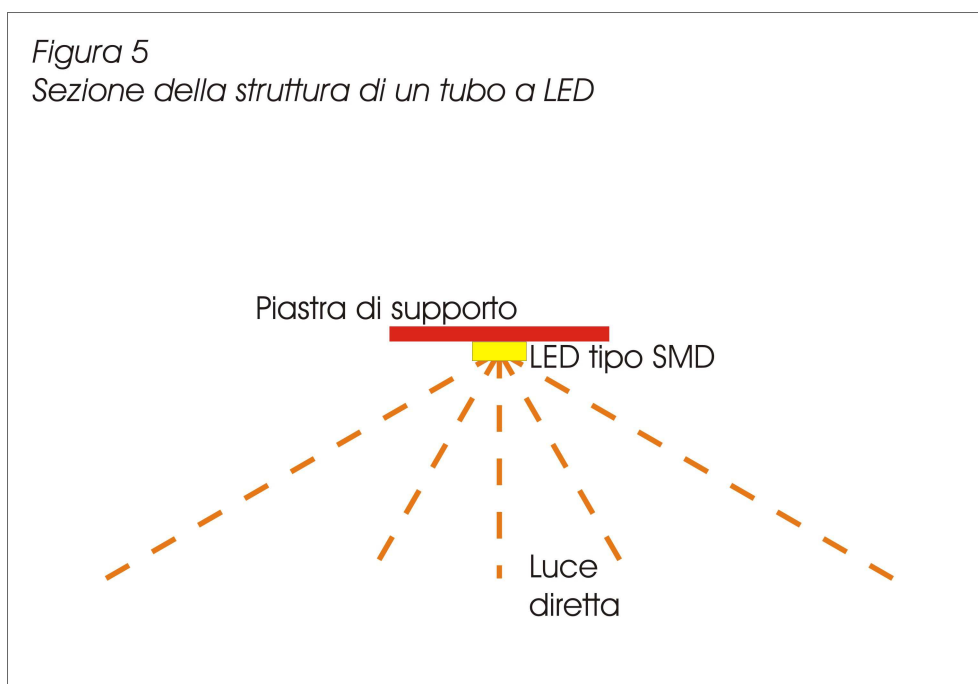
La luce generata da un tubo led, analizzato nella sezione trasversale, è proiettata direttamente nel ventaglio di 120° ad esso sotteso, senza dispersione nelle altre direzioni, realizzando quindi che il 100% della luce prodotta ricada direttamente nell'area da illuminare.



Il risultato è quindi che la luce prodotta di 76 lumen/watt è già orientata a destinazione senza la necessità di meccanismi di rifrazione/riflessione che ne ridurrebbero l'efficienza. Il valore è ricavato dalla scheda tecnica del tubo a LED utilizzato "RMS-T8AA600-10W" come rapporto tra il flusso luminoso generato (765 lumen) ed il consumo elettrico (10 watt).

Un tubo a LED infatti è costituito da una piastra di supporto su cui sono applicati nella medesima faccia diodi led SMD che proiettano l'energia luminosa direttamente nella superficie desiderata.

Figura 5  
Sezione della struttura di un tubo a LED



### Confronto dell'effetto illuminante dei due sistemi

Il confronto teorico sui numeri dimostra il sistema a led migliore rispetto al metodo al neon. Nel primo caso, la luce orientata nell'area di interesse è di 76 lumen/watt, nel secondo caso (cioè il metodo al neon) il valore ottimistico è di circa 62 lumen/watt.

Già nel confronto teorico la tecnologia a LED offre un illuminamento superiore del 22%, presentando uno scarto significativo. Tale percentuale può essere ancora maggiore in relazione al fatto che i 62 lumen/watt del sistema al neon sono il risultato di una stima ottimistica.

Il "riscontro visivo", anche se la valutazione è soggettiva, conferma che il tubo a LED illumina di più di un tubo al neon, ed è più che coerente con lo scarto percentuale tra i due sistemi illuminanti.

Il fatto che la percezione sensoriale dia già la sensazione di trovarsi in un'area maggiormente illuminata porta a concludere che le valutazioni numeriche iniziali si pongono a favore del LED e nel confronto la misurazione strumentale mediante fotometri rileverà anch'essa che il sistema a led produce una quantità di luce abbondantemente superiore rispetto al sistema al neon.

L'illuminazione a led è di fatto una "nuova tecnologia" e sono prevedibili ulteriori miglioramenti e il raggiungimento di efficienza energetica maggiore (cfr [http://it.wikipedia.org/wiki/Efficienza\\_luminosa](http://it.wikipedia.org/wiki/Efficienza_luminosa) ).

### Rendimento e durata nel tempo

La resa illuminante del tubo fluorescente decade nel tempo per effetto del deterioramento delle sostanze fluorescenti che eccitate generano la luce. Un altro fattore che riduce la luce effettivamente irradiata è lo sporco che si deposita sulla superficie stessa del tubo neon per effetto elettrostatico e del calore prodotto dal tubo stesso. Il funzionamento stimato è di 15.000 ore.

I tubi a led, invece, oltre ad avere una durata media dichiarata dal costruttore di 50.000 ore che conduce a ritenere che il calo di prestazioni sia più lento nel tempo, la luce irradiata non è attenuata dai possibili offuscamenti per il deposito in superficie di particelle velanti in quanto generano meno calore e minori effetti elettrostatici.

## Misure dei consumi e precisione

Lo scopo delle misure strumentali non è tanto quello di ottenere dei risultati a precisione assoluta quanto a rilevare dei valori indicativi coerenti con la realtà e trarne le dovute conclusioni.

Le misure rilevate inoltre sono specifiche e riferibili alla configurazione oggetto della misura. Il medesimo schema con un elemento differente può portare a misure differenti. A titolo di riscontro, la misura del consumo di un tubo al neon T8 da 150 cm ha è risultato differente per il solo fatto di aver sostituito nella configurazione il reattore del sistema.

Il senso logico della misura rimane inalterato se lo scopo è di rilevare i consumi delle varie “unità illuminanti” e di verificare, dai confronti, quali siano più efficienti.

Per “unità illuminante” si intende un singolo modulo costituito da un neon da 150 cm nel suo schema di funzionamento, cioè con reattore e starter per l’attivazione, e l’equivalente a led, oppure una plafoniera da 4 neon da 60 cm con i relativi accessori e l’equivalente a led.

Lo strumento è un semplice misuratore digitale settato ad indicare in maniera diretta i watt del carico ad esso applicato.



Gli eventuali errori di linearità, precisione e offset dello strumento comunque non devono essere tali da influire ed inficiare le conclusioni che se ne possono trarre.

La precisione si avvale di un numero limitato di cifre, comunque più che sufficiente per i rilievi e per i confronti a seguire.

L’eventuale errore di offset è nullo.

Il fatto stesso che venga usato in tutte le misurazioni esclusivamente il medesimo strumento e il confronto dei risultati sia limitato a definire semplici conclusioni di “maggiore” o “minore” sono condizioni tali da considerare ininfluenti anche errori di precisione, linearità e sensibilità.

## Schema elettrico e consumo nel sistema a neon

Nell’illuminazione fluorescente al neon, lo schema di funzionamento prevede la presenza, oltre che della lampada stessa, anche di un reattore e di uno starter.



## Schema collegamento tubo neon



Il consumo complessivo del sistema è la somma dei consumi dei singoli costituenti, e sarà superiore al consumo nominale del tuo al neon stesso.

Più che il consumo specifico del tubo al neon interessa rilevare il consumo del sistema completo a regime. Non vengono considerati i consumi nella fase di spunto negli istanti iniziali di accensione e stabilizzazione del sistema in quanto sono dei transitori di breve durata rispetto al tempo complessivo in cui il sistema è in funzione. Sono stati misurati i consumi di tre configurazioni al neon.

Una prima configurazione prevede un tubo al neon da 150 cm con relativo starter e reattore. Il consumo rilevato è stato di circa 53 watt.



Una nuova configurazione, differente dalla precedente perché realizzata con un altro reattore realizza, ad esempio, un consumo maggiore.



Il consumo di una plafoniera di 4 neon da 60 cm è di circa 90 watt



e può essere suscettibile di leggere variazioni durante il funzionamento.



### Schema elettrico e consumo nel sistema a led

Lo schema di funzionamento dei tubi a led prevede che i tubi vengano connessi direttamente alla rete elettrica.

Nella soluzione più spiccia ed immediata in caso di trasformazione di un sistema a neon in un sistema a led è sufficiente installare il tubo a led in sostituzione del tubo al neon previa la sola rimozione dello starter, pur lasciando connesso il reattore.

Per una soluzione a maggior efficienza è consigliabile escludere completamente reattore e starter modificando il cablaggio in maniera tale che la tensione di rete giunga direttamente al tubo senza l'interposizione di altri elementi passivi, che, per quanto poco, collaborano sempre al consumo di energia elettrica.

#### Schema collegamento tubo LED



La configurazione adottata è stata quella a collegamento diretto per un maggiore risparmio energetico. Il valore rilevato del tubo a led da 150 cm è stato di circa 25 watt. Il consumo, confrontato con l'equivalente soluzione al neon, è di poco inferiore alla metà.



Il consumo della plafoniera trasformata ad accogliere 4 tubi a led da 60 cm è di quasi 39 watt. Anche in questo caso, il consumo, confrontato con l'equivalente soluzione al neon, è più che dimezzato.



## Conclusioni

I risultati ottenuti ed il relativo confronto dimostrano di fatto quanto in ipotesi.

La sostituzione dei tubi al neon con quelli a led, finalizzata all'ottimizzazione dell'energia, pone almeno come vincolo l'illuminazione sia almeno pari ed in alcun modo inferiore. Questo limite è stato abbondantemente rispettato, anzi col risultato che nella sostituzione con i tubi a led l'effetto illuminante è ben superiore.

L'obiettivo comunque di ridurre il consumo elettrico per illuminare l'ambiente invece è conseguito con un risultato di tutto rispetto: la tecnologia led consente, accompagnata anche da illuminazione superiore, **un risparmio superiore al 50%**, potendola quindi definire **molto più efficiente** rispetto al sistema al neon.

L'illuminazione con tecnologia a LED consente un risparmio energetico notevole in termini percentuali rispetto ai meno recenti sistemi di illuminazione per ambienti interni ed al momento attuale **non sono disponibili nel mercato alternative per l'illuminazione interna che consentano maggiore risparmio**. Ne scaturisce che l'impatto ambientale è decisamente più contenuto.

La sostituzione quindi di una illuminazione esistente a tubi al neon con la nuova tecnologia dei tubi a led costituisce un intervento di evidente risparmio energetico senza sacrificio sul confort, creando di fatto **una riqualificazione energetica dell'edificio stesso**, al pari della riqualificazione prodotta da altri sistemi a funzionamento elettrico a ridotto impatto ambientale quali le pompe di calore.

Naturale riscontrare che questa nuova tecnologia, da poco disponibile nel mercato, non sia ancora citata tra le opere di ristrutturazione che riqualificano un edificio e di conseguenza beneficiaria di agevolazioni fiscali.

Di fatto quindi l'installazione o l'aggiornamento dell'impianto di illuminazione con questa tecnologia **è da considerare e va considerata** a tutti gli effetti al pari degli interventi di ristrutturazione e miglioramento della vivibilità dell'edificio.

Bortolato Daniele