



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI GUGLIELMO MARCONI

FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE APPLICATE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INDUSTRIALE

INNOVAZIONI TECNICHE PER LA RIDUZIONE DELL'  
INQUINAMENTO LUMINOSO NEGLI IMPIANTI DI  
ILLUMINAZIONE ESTERNA

Relatore:

Chiar.<sup>mo</sup> Prof. GIOTTOLI GEREMIA

Candidato:

MISTRORIGO CRISTINA

Matr. N°: STA 02396-L9

ANNO ACCADEMICO

2011/2012



## INDICE

|                                                                                               |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| INTRODUZIONE                                                                                  | pag. 4   |
| CAPITOLO 1 : Nozioni                                                                          |          |
| 1.1 Nozioni fondamentali di illuminotecnica e fotometria                                      | pag. 6   |
| 1.2 Le sorgenti luminose                                                                      | pag. 14  |
| 1.3 Inquinamento luminoso                                                                     | pag. 21  |
| 1.4 Tipologia degli attuali sistemi di illuminazione esterna                                  | pag. 31  |
| CAPITOLO 2 : Tecniche suggerite e concesse dalle Leggi Regionali                              |          |
| 2.1 Tecniche suggerite e concesse nell'illuminazione esterna                                  | pag. 34  |
| 2.2 Dispositivi ausiliari concessi dal codice della strada                                    | pag. 73  |
| CAPITOLO 3 : Risparmio energetico e valutazione economica                                     |          |
| 3.1 Risparmio energetico e valutazione economica                                              | pag. 77  |
| CAPITOLO 4 : Esempio di applicazione di soluzioni proposte dalla<br>Legge Regionale N.17/2009 |          |
| 4.1 Esempio pratico di adeguamento dell'illuminazione di<br>un parcheggio privato             | pag. 95  |
| CAPITOLO 5 : Conclusioni                                                                      |          |
| 5.1 Conclusioni                                                                               | pag. 110 |
| APPENDICE 1: Schede tecniche apparecchi illuminanti                                           |          |
| APPENDICE 2: Legge Regionale N.17/2009                                                        |          |
| BIBLIOGRAFIA                                                                                  |          |
| ARTICOLI                                                                                      |          |
| SITOGRAFIA                                                                                    |          |

## INTRODUZIONE

Ho scelto di trattare nella mia tesi l'inquinamento luminoso, in quanto già durante un primo incontro tecnico effettuato per lavoro, nel 2010, il problema aveva attirato la mia attenzione. Guardando i siti in internet che scrivono dell'argomento colpiscono le foto, dove la luce artificiale mette in secondo piano quella delle stelle:



*Figura 1 - Inquinamento luminoso*



*Figura 2 - Via Lattea*

Le immagini sopra riportate parlano da sole: nella prima le luci urbane “illuminano” la notte, nella seconda si intravede la via lattea. Una riflessione spontanea mi ha spinto a ricordare le mie “notti di S.LORENZO” con il naso all'insù a fare a gara a chi vedeva più stelle cadenti. L'anno scorso ho voluto ripetere l'esperienza con le mie bambine, ma con loro grande delusione non ne hanno viste....e io una sola; mentre la luce della zona industriale, di fronte al mio luogo di

osservazione, catturava tutta la mia attenzione: tanto sembrava giorno. Così un po' per nostalgia, un po' per curiosità e soprattutto per capire come proteggere il futuro “stellato” della generazione futura, ho deciso di studiare l'argomento e capire in che modo si possa migliorare; perchè non basta spegnere solo la luce artificiale, serve migliorarla e usarla in maniera più coscienziosa.

## **CAPITOLO 1**

### **NOZIONI**

#### **1.1 Nozioni fondamentali di illuminotecnica e fotometria**

Per comprendere cosa provoca l'inquinamento luminoso si devono prima conoscere alcune definizioni che riguardano la luce, la nostra percezione e la sensibilità dell'occhio umano, la temperatura del colore delle sorgenti usate nell'illuminazione esterna, la fotometria. Per questo di seguito riporto le nozioni fondamentali per uno studio illuminotecnico (quelle necessarie al fine di redigere un progetto). Seguirà poi una panoramica delle sorgenti luminose usate e ancora commercializzate, introducendo quelle che stanno diventando di uso comune (LED) e quelle concesse dalle leggi contro l'inquinamento luminoso.

##### ***La luce***

La luce è una forma di energia (energia raggiante) emessa per irraggiamento da una sorgente e costituita da una serie di onde elettromagnetiche che si propagano nell'ambiente e nel vuoto. Si può vedere nel momento in cui colpisce un ostacolo e la riflessione sullo stesso eccita il nostro occhio. E' questa parte di energia raggiante che è in grado di suscitare la sensazione visiva.

Queste onde elettromagnetiche sono caratterizzate da una frequenza e una lunghezza d'onda (distanza tra due creste o tra i punti d'inizio delle

fasi ascendenti), compresa in uno spettro ben definito con valori limiti pari a  $0,380\mu\text{m}$  e  $0,780\mu\text{m}$ . Al di fuori di tale range le radiazioni non sono visibili.

Le radiazioni sono caratterizzate dalla loro lunghezza d'onda:

- 1° gruppo: radiazioni microonde (tra  $10^9$  fino a  $10^{11}\text{Hz}$ )
- 2° gruppo: radiazioni infrarosse (  $3 \times 10^{11}\text{Hz}$  fino a  $4 \times 10^{14}\text{Hz}$ )
- 3° gruppo: radiazioni luminose o spettro visibile ( $4 \times 10^{14}\text{Hz}$  fino a  $7,9 \times 10^{14}\text{Hz}$ ). Quando l'occhio umano è investito da un fascio di radiazioni del 3° gruppo, si ha la sensazione di “vedere la luce”, questo perchè la visione dipende dalle caratteristiche del fascio di radiazioni (es. potenza, colore, entità della sensazione)
- 4° gruppo: radiazioni ultraviolette ( $7,9 \times 10^{14}\text{Hz}$  fino a  $5 \times 10^{17}\text{Hz}$ )
- 5° gruppo: radiazioni X ( $5 \times 10^{17}\text{Hz}$  fino a  $5 \times 10^{19}\text{Hz}$ )
- 6° gruppo: radiazioni gamma ( oltre a  $5 \times 10^{19}\text{Hz}$ )

A seconda della lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica si ha una diversa sensibilità dell'occhio, l'intervallo tra  $0,380$ - $0,780\mu\text{m}$  è detto campo di visibilità dell'occhio umano.

La visibilità è una grandezza fotometrica che collega le proprietà fisiologiche dell'occhio e le proprietà fisiche dell'energia raggiante.

L'occhio umano percepisce meglio i colori della lunghezza d'onda di valore di  $0,555\mu\text{m}$ , cioè giallo-verde.

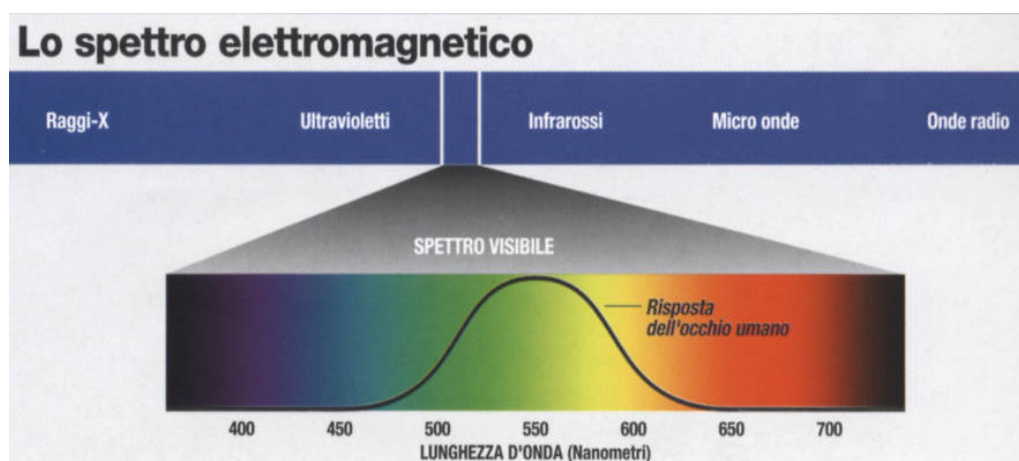


Figura 3 - Spettro elettromagnetico

La correlazione tra i colori e la lunghezza d'onda delle radiazioni luminose sono riportate nella tabella sottostante.

| Lunghezza d'onda ( $\mu\text{m}$ ) | Colore   |
|------------------------------------|----------|
| 0,380-0,420                        | Violetto |
| 0,420-0,495                        | Blu      |
| 0,495-0,566                        | Verde    |
| 0,566-0,589                        | Giallo   |
| 0,589-0,627                        | Arancio  |
| 0,627-0,780                        | Rosso    |

Tab.1 – Tabella di correlazione colori e lunghezza d'onda

La misura della sensibilità dell'occhio umano è data dal coefficiente di visibilità relativa che si esprime con

$$v(\lambda) = K(\lambda) / K_{\max}$$

dove  $K_{\max}$  corrisponde alla massima efficienza luminosa che vale 680 lumen/watt.

Il fattore di visibilità relativa si distingue per due tipologie di visione :

- la scotopica o notturna, dove la curva di visibilità va a traslare verso i valori di 0,400-0,500 $\mu\text{m}$
- la fotopica o diurna che trasla a valori di 0,550 $\mu\text{m}$

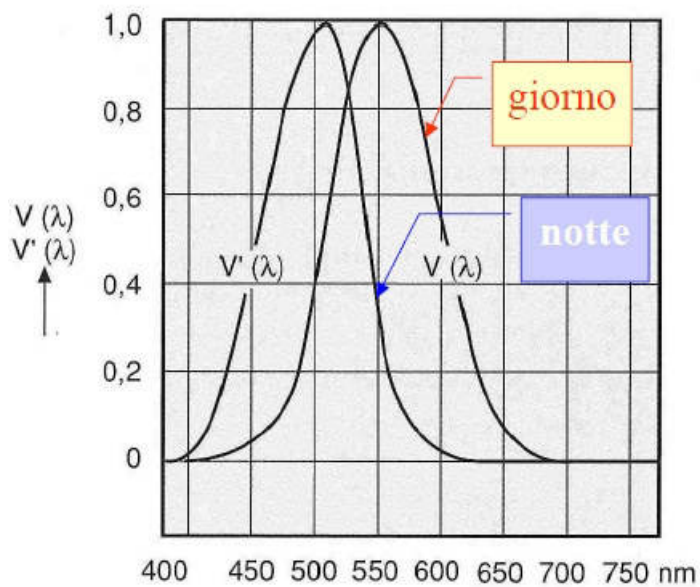


Figura 4 - Curva di visibilità

Il grafico della fig. 4 rappresenta la curva della visibilità relativa all'occhio umano in funzione della lunghezza d'onda.

Se in funzione della lunghezza d'onda e della temperatura mettiamo a confronto dei corpi neri e studiamo la loro emissione termica, possiamo ricavare graficamente un'area sottesa dal campo del visibile, che diminuisce con la riduzione della temperatura fino ad annullarsi e scomparire, ottenendo quindi una relazione fra il flusso luminoso e il flusso energetico.

Da tale relazione otteniamo una classificazione delle sorgenti luminose in base alla radiazione termica, infatti per classificare le lampade ci si basa sulla temperatura del colore con un'analogia con lo spettro cromatico.

Portando un corpo nero a una data temperatura assoluta misurata in kelvin (K), si ottiene la temperatura utile affinché il corpo nero emetta una luce, che abbia gli stessi effetti sull'occhio umano della luce che si sta considerando; quindi se si hanno basse temperature di colore si ha una luce con tonalità calde e con temperature alte si hanno toni freddi.

Oltre alla tonalità del colore sono necessarie altre nozioni tecniche, a tal fine la fotometria è la scienza che ci viene in aiuto, essa studia la misura della luce con le seguenti grandezze:

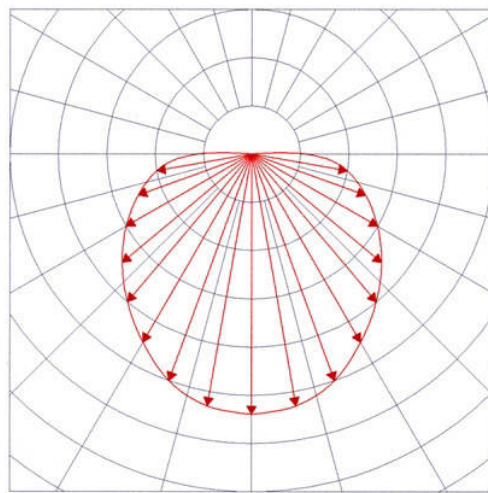
- *flusso luminoso*: rappresenta la quantità di energia luminosa emessa nell'unità di tempo dalla sorgente considerata, è il prodotto della potenza radiante luminosa per la visibilità

- *visibilità  $v$* : per introdurre questa grandezza si fa riferimento a una condizione di uguaglianza dei flussi luminosi  
 $v_1 W_1 = V_2 W_2$  [lumen/watt]
- *quantità di luce  $Q$* : detta anche energia luminosa; è il prodotto del flusso luminoso per il tempo
- *densità luminosa  $\Omega$* : quantità di luce per unità di volume
- *radianza  $M$  di una superficie emittente*: è il flusso emesso da una superficie per unità di superficie stessa. Ad esempio una superficie bianca ha radianza  $M$  pari all'illuminamento  $E$ , cioè la superficie riflette tutta la quantità di luce incidente e quindi ha una radianza che è il valore numerico dell'illuminamento.  $E'$  usata per indicare una qualità della sorgente luminosa
- *intensità luminosa  $I$  di una sorgente in una data direzione*: flusso luminoso emesso entro l'angolo solido unitario appoggiato alla direzione considerata, si usa solo per le sorgenti puntiformi. La candela è l'unità di riferimento del Sistema Internazionale di Misura, definita come l'intensità luminosa, in una prefissata direzione, di una sorgente monocromatica di energia raggiante con frequenza  $\nu = 540 \times 10^{12} \text{ Hz}$  e lunghezza d'onda pari a 555nm e che emette nella direzione considerata una radiazione di intensità pari a 1/683 W/steradiante. L'intensità luminosa è usata con riferimento alle curve fotometriche presenti nei cataloghi di

prodotti illuminotecnici per l'identificazione e caratterizzazione delle sorgenti luminose

- *luminanza  $L$  di un elemento di una superficie emittente in una direzione  $\theta$* : rapporto tra l'intensità luminosa emessa nella direzione considerata e l'area dell'elemento stesso proiettato sopra un piano perpendicolare alla direzione  $\theta$ . E' intesa anche come la quantità di luce che effettivamente colpisce i nostri occhi. La luminanza diretta è legata alle sorgenti primarie, quella indiretta a quelle secondarie, nel caso di superfici riflettenti, per questo le caratteristiche di riflessione dei materiali sono molto importanti nell'influenza della luminanza
- *illuminamento  $E$* : rapporto tra il flusso luminoso incidente sopra una superficie e la superficie stessa  $E=dQ/dS$  [lux=lumen/m<sup>2</sup>]
- *curva degli illuminamenti*: è una curva che facilita la scelta dell'apparecchio luminoso, solitamente per l'illuminazione esterna, ad esempio per illuminare i passaggi pedonali e le strade. Si usano valori reali, tipo l'altezza di installazione e il flusso della lampada installata, ottenendo in modo breve dei risultati
- *efficienza luminosa di una sorgente*: è un parametro che valuta quanta energia elettrica è convertita in luce
- *curva fotometrica*: raffigura la fotometria del sistema ottico o apparecchio illuminante, si ottiene ponendo quest'ultimo al

centro del grafico e tracciando per ogni direzione gamma un vettore radiale con lunghezza proporzionale all'intensità, usando una scala graduata concentrica e unendo le estremità delle direttrici delle intensità si ottiene quindi la figura di seguito riportata (fig.5)



*Figura 5 - Esempio di curva fotometrica*

Le curve fotometriche sono riportate per ogni apparecchio ottico sui cataloghi dei produttori per facilitare il lavoro di progettazione.

- *contrasto di luminanza*: rapporto di luminanza tra un oggetto che si vuole visualizzare e il suo sfondo. Si usa molto il contrasto di luminanza quando si vogliono creare effetti particolari nell'illuminare degli oggetti, degli edifici o dei luoghi di lavoro

- *indice di resa cromatica*: si tratta di un valore numerico che mette a confronto la resa cromatica di una lampada con la luce diurna, intesa come campione di riferimento e che ha indice pari a 100.

## 1.2 Le sorgenti luminose

Le sorgenti luminose sono distinte in artificiali (lampade) e naturali (luce del sole).

Le sorgenti luminose artificiali, presenti sul mercato sono divise in:

- *lampade ad incandescenza* erano le più usate, ma ora non più prodotte e commercializzate. Erano dotate di filamento al tungsteno in un contenitore di vetro o quarzo, con il riscaldamento del filamento al passaggio della corrente, questo diveniva incandescente ed emanava luce, con una tonalità calda pari a 2500-3200°K e ottima resa cromatica. Il modello al quarzo/iodio o alogena produceva un'intensa luce di lunga durata (detta anche luce solare)
- *lampade a scarica* formate da due elettrodi, un contenitore di quarzo con al suo interno un gas ad alta pressione e altri composti che servono per migliorare la resa cromatica. Si tratta di lampade che necessitano di un accenditore che crei e

mantenga una tensione alta per generare la scarica elettrica necessaria per farle funzionare, tuttavia hanno tempi di accensione lunghi. Hanno comunque un'ottima efficienza luminosa e resa cromatica.

Quest'ultime sono divise in :

- sodio a bassa pressione (LPS): usate per lo più nell'illuminazione stradale in zone con la possibile presenza di nebbia, con un'efficienza luminosa molto elevata e tonalità di colore gialla
- sodio ad alta pressione (HPS o SAP): usate quando la resa dei colori non è rilevante, tonalità di colore giallo, con un rendimento elevato. Sono molto usate nelle illuminazioni esterne in quanto la loro luce monocromatica gialla è ideale ai fini naturalistici in quanto non altera l'equilibrio di vita degli insetti e delle piante, le meno inquinanti di tutto lo spettro elettromagnetico
- a ioduri metallici (MH): sono lampade con una resa dei colori migliore rispetto alle sodio, con una temperatura di colore molto elevata che si aggira circa fra i 4000-5600K. Sono usate nelle illuminazioni esterne dove si richiede una luce bianca e non si necessita di efficienza luminosa. Molto usate nelle aree urbane, nei campi sportivi e nei parcheggi, oggi sono sostituite

dalle lampade al sodio, come richiesto dalla leggi regionali contro l'inquinamento luminoso.

- a vapori di alogenuri metallici (HQL): sono lampade al mercurio con sali di vari alogenuri, i quali servono per migliorare lo spettro luminoso. Usate per lo più nell'illuminazione d'interni per il settore commerciale.
- a luce miscelata (HML): sono lampade al mercurio ad alta pressione, il loro funzionamento è basato sul riscaldamento del filamento, che ha la funzione di limitatore di corrente, messo in un tubo secondario all'involucro principale. Una volta che il filamento diventa incandescente, emette luce come fosse una lampada ad incandescenza che miscelata con quella prodotta dal mercurio crea una luce dalla tonalità naturale.
- vapori di mercurio ad alta pressione (UHP): hanno una luce bianco-azzurra, venivano usate una volta, mentre ora si preferiscono altre soluzioni, non solo per la loro bassa efficienza e bassa durata di vita, ma soprattutto per la difficoltà e la spesa economica di smaltimento del mercurio (per l'elevata presenza di mercurio queste lampade non possono essere prodotte, commercializzate o installate dal 1°luglio 2006, come imposto dalla direttiva comunitaria 2002/95/CE, che mette al bando tali sorgenti luminose in tutto il territorio europeo)

- vapori di mercurio a bassa pressione: hanno una luce ionizzante e dannosa se diretta, sono solitamente usate in ambito medico o similare per sterilizzare ambienti e/o oggetti
- le lampade fluorescenti: sono diverse dalle precedenti in quanto la luce è prodotta dall'eccitazione chimico/fisica che l'arco elettrico crea nelle polveri fosforescenti presente nel tubo di vetro che fa da contenitore, che può essere lineare, circolare o sagomato. Il fosforo che ricopre la parte interna del vetro, investito dalle radiazioni, emette luce visibile. Si ha la possibilità di avere tonalità calde o fredde con composizioni diverse del materiale fluorescente. Sono meglio conosciute come lampade al neon, anche se la scarica avviene in vapore di mercurio.

Un terzo tipo di sorgente luminosa da prendere in considerazione sono i Led (Light Emitting Diodes).

Il Led è un componente elettronico che basa la propria tecnologia sull'uso di diodi a semiconduttore alimentati da un circuito elettronico. Al passaggio di una corrente anche minima, emette una luce priva di infrarossi ed ultravioletti. I led sono privi di sostanze tossiche; emettono luce di tonalità bianca e hanno una resa cromatica pari a 80, rendono i colori in modo ottimale<sup>1</sup>.

I vantaggi della tecnologia Led sono<sup>2</sup> :

---

1 Brochure lampioni 08-09.pdf, [www.Betalux.it](http://www.Betalux.it), Lighting Mode

2 Cosa sono i Led, [www.bassoconsumo.eu](http://www.bassoconsumo.eu)

- un risparmio energetico circa dell'80% se messi a confronto con le lampade a scarica, 93% se paragonati all'incandescenza e 65% rispetto alle fluorescenti.
- un impatto ambientale nullo per la non presenza di sostanze tossiche e nocive, e l'assenza di emissione di radiazione termica e ultravioletta (non ci sono danni mutageni per persone)
- un'alta efficienza luminosa pari a 120lm/W, rispetto a quella dell'incandescenti che vale 13lm/W e quella delle fluorescenti che vale 50lm/W
- una buona qualità della luce sia come indice di colore che di resa cromatica (per le lampade al sodio tale resa è pari a 20-50%, mentre per i Led vale 80%)
- una durata stimata in 50000 ore, mentre quelle a sodio hanno una vita di circa 14000 ore. Secondo gli standard EN50107 i Led mantengono il 70% dell'emissione luminosa oltre le 50000 ore, se tale riduzione non crea fastidi si possono usare fino alle 100000 ore, cioè quando perdono completamente la loro luminosità<sup>3</sup>
- una manutenzione degli impianti di illuminazione al Led stimata pari a un decimo rispetto a quella richiesta degli attuali impianti al sodio.

---

3 Cosa sono i Led, [www.bassoconsumo.eu](http://www.bassoconsumo.eu)

I led possono essere anche ad alta potenza, HPLED, attivati da correnti pari a centinaia di mA, invece delle decine di mA come nei Led prima descritti. Si ha poi una nuova tipologia denominata O-LED della LOMOX Ldt<sup>4</sup>, sono Led organici ultra efficienti e flessibili con la possibilità di essere prodotti come pellicola con tensioni di esercizio basse, circa 3-5volt tanto da poter essere alimentati direttamente dai pannelli solari, fotovoltaici o da batterie, utili in quelle zone dove non è presente la rete elettrica. Sono usati anche per le applicazioni video a schermo piatto. Gli OLED producono una luce più naturale rispetto ad altre forme di illuminazione e sono più efficienti (150lm/W).

Ad oggi le lampade al Led risultano avere un costo iniziale elevato, se messe a confronto con quelle a incandescenza e quelle fluorescenti o a risparmio energetico: le prime arrivano addirittura a una spesa di tre volte superiore a quelle a incandescenza.

A parità di durata quelle a incandescenza duravano 1500 ore, le fluorescenti funzionano fino a 6000 ore e i LED fino 50000 ore, mettendo a confronto quest'ultima tecnologia con le lampade a incandescenza (non più commercializzate) si ottiene un risparmio energetico del 93%, se confrontate con quelle fluorescenti si arriva ad un 70%.

Inoltre un impianto di illuminazione a Led ha una durata maggiore oltre che un elevato risparmio energetico, senza necessità di manutenzione, e si ottiene un risparmio netto che va da un 50% ad un massimo di 80%. Infine le lampade tradizionali sono inferiori ai Led anche come qualità di luce ed efficacia di proiezione.

---

4 [www.csiprogetti.com/it/nuove-tecnologie/o-led/](http://www.csiprogetti.com/it/nuove-tecnologie/o-led/)

Per concludere, dopo aver presentato le diverse sorgenti luminose ne vediamo il possibile uso. Esse vengono prima di tutto scelte in base al tipo, alla tensione e alla potenza elettrica, al flusso luminoso, all'intensità luminosa, alla temperatura del colore, all'indice resa cromatica, all'efficienza luminosa. Tutti dati che sono forniti nei cataloghi di illuminazione dai costruttori di lampade.

Poi in fase di progettazione degli ambienti si deve evitare l'effetto abbagliamento, sia il disability glare, cioè l'abbagliamento che provoca la reazione istintiva di rifiuto della visione (risulta debilitante nel lungo tempo), sia il discomfort glare, cioè quello che crea una sensazione di fastidio psicologico prolungata nel tempo (non confortevole)<sup>5</sup>.

Per evitare questo problema si considerano la posizione e l'inclinazione. Inoltre, per evitare l'abbagliamento e migliorare l'intensità, si inseriscono all'interno dei corpi illuminanti degli "specchi" che servono per raccogliere i raggi della sorgente luminosa e indirizzarli dove "vogliamo", essi sono detti "ottiche". Grazie a queste, dall'apparecchio illuminante esce la luce in una o più direzioni, mentre si bloccano tutte le altre emissioni.

I suddetti corpi illuminanti si distinguono in plafoniere, proiettori, riflettori industriali, armature stradali. Sono caratterizzati dalla lampada, dalla forma (qualità estetica), dal materiale dell'involucro, dal modello e materiale degli specchi, dalle parabole riflettenti (ottiche). Nel catalogo dei costruttori di apparecchi illuminanti si trovano tutte le caratteristiche necessarie per la loro scelta, tipo i diagrammi fotometrici di emissione, le dimensioni, le caratteristiche della sorgente luminosa.

---

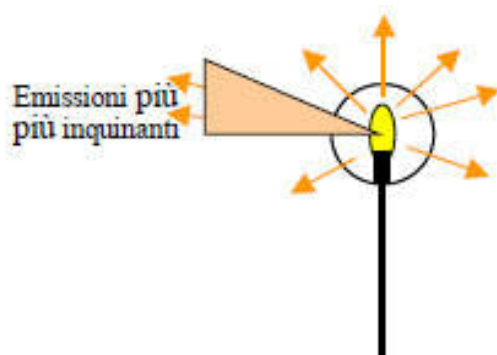
<sup>5</sup> P.Cinzano, La valutazione dell'impatto ambientale dell'inquinamento luminoso, [Www.lightpollution.it](http://www.lightpollution.it)

### 1.3 Inquinamento luminoso

Il cielo stellato è un patrimonio da tutelare. L'UNESCO, nella sua Dichiarazione Universale dei Diritti delle Generazioni Future ha sancito che “Le persone delle generazioni future hanno diritto a una terra indenne e non contaminata, includendo il diritto a un cielo puro”<sup>6</sup>.

Per affrontare il problema dell'inquinamento luminoso e le relative soluzioni per limitarlo, si devono conoscere alcune definizioni, che si trovano nelle Leggi Regionali in vigore, atte a contrastare e limitare il problema. Una delle Leggi Regionali a cui faccio riferimento è la L.R. 17 del 7 Agosto 2009 – BUR n. 65 del 11/08/2009 (Legge della Regione Veneto (appendice 2)), nella quale sono riportate le seguenti definizioni:

- inquinamento luminoso: ogni forma di irradiazione di luce artificiale che si disperda al di fuori delle aree cui essa è funzionalmente dedicata e, in particolare, oltre il piano orizzontale.



*Figura 6 - Esempio di apparecchio altamente inquinante*

---

6 M.Di Sora, Inquinamento luminoso e risparmio energetico, [www.cielobuio.org](http://www.cielobuio.org)

L'immagine sopra riportata (fig.6) mostra una sorgente luminosa irradiante luce a 360°: l'inquinamento luminoso si verifica a causa della luce inviata a piccoli angoli sopra la linea dell'orizzonte

- inquinamento ottico o luce intrusiva: ogni forma di irradiazione di luce artificiale diretta su superfici o cose cui non è funzionalmente dedicata o per le quali non è richiesta alcuna illuminazione
- abbagliamento: disturbo legato al rapporto tra intensità della luce che arriva direttamente al soggetto dalla sorgente e quella che gli arriva dalla superficie illuminata dall'impianto
- piano dell'illuminazione per il contenimento dell'inquinamento luminoso (PICIL): il piano redatto dai comuni per la programmazione delle nuove installazioni d'illuminazione, nonché degli interventi da eseguire sulle installazioni esistenti alla data di entrata in vigore della legge
- osservatorio astronomico: costruzione adibita in maniera specifica all'osservazione astronomica a fini scientifici e divulgativi, con strumentazione dedicata all'osservazione notturna.

L'inquinamento luminoso è un problema che solo in tempi relativamente recenti è giunto a scuotere la coscienza collettiva del mondo globalizzato. In realtà esso nasce moltissimi anni fa<sup>7</sup>. Grazie alla

---

7 P. Cinzano, Inquinamento luminoso e protezione del cielo notturno, pagg. 5-14

sensibilità di alcuni studiosi già nell'800 si possono avere delle testimonianze relative all'argomento, come quelle dell'astronomo inglese sir J. Herschel (1792-1871), poi confermato nei libri del francese A. Guillemin (1866), che scriveva di come nei centri urbani più importanti le stelle più deboli fossero offuscate dall'illuminazione nelle strade e/o delle abitazioni.

Nel 1888 anche gli astronomi J.A. Oliver e Searle di Boston evidenziavano di non riuscire a osservare in modo soddisfacente le parti meno luminose della luce zodiacale (la luce diffusa dalle particelle di polvere che sono disperse sul piano dell'eclittica del Sistema Solare).

Ma non solo all'estero si era riscontrata la difficoltà di osservare il cielo, anche in Italia l'astronomo padovano A. Antoniazzi, nei primi del Novecento, lamentava le stesse problematiche durante le sue osservazioni astronomiche.

Dopo molte lamentele, si passò a cercare di risolvere il problema e la prima soluzione proposta e applicata fu quella di spostare i siti astronomici in luoghi con condizioni migliori. Tale soluzione fu adottata, ad esempio, per l'osservatorio di Padova, che nel 1942 ha dovuto collocare la propria strumentazione ad Asiago e dopo trent'anni venne spostato nuovamente in una posizione migliore, ma non priva di inquinamento luminoso: Cima Ekar.

Ben presto, quindi, ci si accorse che non si trovavano dei siti ottimali ed era impensabile continuare a spostarsi all'infinito, così si cercò di affrontare il problema in modo diretto, cercando delle soluzioni per limitarlo.

L'inquinamento luminoso iniziò a crescere molto velocemente negli anni '60 e a metà di quegli anni l'astronomo M. Walker fece uno studio sullo stato del cielo in California, pubblicando alla fine nel 1970 i suoi risultati. L'interesse per il problema crebbe in modo direttamente proporzionale allo stesso inquinamento, infatti dopo M. Walker, altri astronomi si attivarono con varie pubblicazioni.

Piano piano più contee (in America) si unirono nel cercare di arginare il problema. Nel 1975 si osservò che grazie alle ordinanze emesse nelle varie città, l'inquinamento luminoso al Kitt Peak National Observatory si era arrestato.

Negli anni '70 l'interesse delle persone iniziò a crescere ulteriormente e si iniziò a considerare non solo l'inquinamento luminoso, ma anche l'aspetto relativo al risparmio energetico.

Grazie ai suoi studi l'astronomo M. Walker ricavò una prima legge empirica (Legge Walker) che lega la brillantezza del cielo e la distanza dalla città che la produce. Fu seguita da un'altra legge proposta nel '76 da Berry.

Negli anni ottanta l'International Astronomical Union e la Commission Internationale de L'Eclairage pubblicarono una guida per limitare la luminosità del cielo dovuta all'illuminazione urbana vicino agli osservatori astronomici.

In particolare, il 1988 fu un anno importante per l'inquinamento luminoso, in quest'anno si incontrarono centinaia di studiosi e nacque l'International Dark Sky Association, un'organizzazione internazionale senza fine di lucro, con lo scopo di aiutare a divulgare la conoscenza degli effetti dannosi dell'inquinamento luminoso.

In Italia, negli anni 90 nasce la commissione di studio sull'inquinamento luminoso che creò una proposta di legge presentata nel 1992 al Parlamento intitolata “Misure urgenti in tema di risparmio energetico da uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso”.

Si cercò di coinvolgere oltre al Parlamento anche i progettisti, gli installatori di impianti oltre agli astrofili e agli appassionati di astronomia.

Sempre nel 1992 venne pubblicato il primo libro sull'argomento “L'inquinamento luminoso” (P. Cinzano 1992) per affrontare in modo corretto il problema, seguito poi da altre pubblicazioni inerenti.

Al dibattito ha contribuito anche una nota marca di prodotti illuminotecnici, portando all'attenzione pubblica l'argomento “inquinamento luminoso” con la sua campagna pubblicitaria che aveva come slogan “Chi ha rubato la Via Lattea?”.

In riferimento a quest'ultima domanda, chi ha affrontato scientificamente la questione<sup>8</sup>, studiando il cielo ha potuto confrontare le mappe della brillantezza artificiale del cielo dal 1971 al 2000, e ha previsto che per l'anno 2025 se non si interviene attivamente al contenimento dell'inquinamento luminoso non si potrà davvero più osservare e vedere la Via Lattea. L'inquinamento luminoso crea, come accennato sopra, grandi difficoltà nell'osservare le stelle, ma non solo. Infatti, la definizione legislativa identifica l'inquinamento luminoso come “ogni forma di irradiazione di luce artificiale che si disperda al di fuori delle aree cui essa è funzionalmente dedicata e, in particolare, oltre il piano orizzontale”, questo vuol dire che se l'illuminazione è progettata in modo

---

8 P. Cinzano, F. Falchi , C.D. Elvidge

scorretto, si illuminano zone che non ne abbisognano, per cui si creano dei danni alla natura (animali e vegetazione), all'uomo stesso e, se non controllato, tale inquinamento luminoso può crescere velocemente in relazione alla popolazione dei centri abitati.

I danni a cui si fa riferimento sono<sup>9</sup>:

- danni ambientali, si considera la difficoltà degli animali nell'orientarsi nelle migrazioni notturne, le alterazioni fotoperiodo in alcune piante, l'alterazione dei cicli circadiani delle piante e degli animali; i danni possono essere inoltre riferiti anche all'uomo, perché l'elevata quantità di luce può arrecare dei cambiamenti nei ritmi biologici umani (scoperta fatta nel 2001)
- danni economici, lo spreco energetico per illuminare zone che non andrebbero illuminate: il cielo, i campi e i prati a lato delle carreggiate e le facciate delle abitazioni
- danni culturali, il cielo è sempre stato una fonte di ispirazione per la scienza, la filosofia, la religione, purtroppo oggi molte costellazioni sono ammirate solo sui libri di scuola

Di seguito si riportano alcuni esempi concreti di danni ambientali<sup>10</sup>:

- La presenza dell'illuminazione artificiale, soprattutto nelle lunghezze d'onda del violetto e del blu (lampade a luce

---

<sup>9</sup> L. Tirio, Cos'è l'inquinamento luminoso e come combatterlo, 23/3/11, [www.infoOggi.it](http://www.infoOggi.it)

<sup>10</sup> M.Di Sora, La luce e i danni al mondo animale vegetale, [www.inquinamentoluminoso.uai.it](http://www.inquinamentoluminoso.uai.it)

bianca) altera la fotosintesi clorofilliana e quindi il ciclo di vita.

- L'illuminazione artificiale notturna oltre a creare il fototropismo (le chiome che tendono ad orientarsi verso le sorgenti di luce), cambia il succedersi dei processi fisiologici (fotoperiodismo) e crea stress alle piante tanto che le foglie si surriscaldano e una delle conseguenze è l'aggressione da parte degli insetti, con conseguente necessità di disinfestazione. Studi effettuati hanno anche evidenziato una diminuzione dell'efficienza fotosintetica delle foglie illuminate direttamente da una lampada a vapori di mercurio<sup>11</sup>.

I danni al mondo animale sono sotto i nostri occhi tutte le notti:

- Consideriamo per primi gli insetti, in quanto gli effetti sono visibili ovunque, si pensi ai vetri degli apparecchi illuminanti che attirano per luce e per calore questi esserini che si appoggiano e rimangono arrostiti, un esempio: i tanti proiettori che illuminano sia facciate che piazzali. Altro esempio<sup>11</sup>: le falene (o lepidotteri) che usano la luce delle stelle (le più luminose) e della luna per il controllo della rotta migratoria, ma l'intensa luce artificiale delle grandi città le disorientano e le attraggono (fototropismo positivo), causando uno sterminio degli sciami in migrazione o solo dei singoli individui che si trovano in ambienti non idonei alla loro

---

<sup>11</sup> [www.DaniloPianini.org/areaprogetto4/data/florafauna/htm](http://www.DaniloPianini.org/areaprogetto4/data/florafauna/htm)

sopravvivenza. Ciò è stato confermato dallo studio condotto da A. Hausmann nelle zone industriali del sud Italia, in particolare vicino la città di Matera, dove è stato installato un proiettore con una lampada a vapori di mercurio da 2000W per illuminare una statua. L'entomologo A. Hausmann ha calcolato che ogni notte, da maggio a settembre, all'incirca 5000 falene vi si adagiano e muoiono

- Gli uccelli canori migratori volano di notte, e anch'essi usano l'orientamento astronomico, seguendo le stelle e la luna per arrivare a destinazione. In alcuni casi perdono l'orientamento vicino alle grandi città, anche loro fuorviati in quanto la luminosità del cielo notturno è troppo debole a confronto delle luci delle insegne e delle strade. Alcuni vagano senza meta fino a stramazze al suolo esausti. Altri si schiantano contro i fari delle automobili, o anche contro ad esempio le vetrate degli ultimi piani dei grattacieli di New York illuminati durante la notte. Si è calcolato, una media di 10.000 morti all'anno<sup>12</sup>; in particolare, a Chicago, contro un determinato grattacielo, muoiono circa 1480 esemplari nella stagione migratoria<sup>13</sup>
- Un altro esempio riguarda l'illuminazione degli aeroporti che richiamano e disorientano i volatili, tanto che arrivano a volteggiare sulle piste fin troppo vicini alle turbine degli aeroplani e vengono da queste aspirati.

---

<sup>12</sup> Illuminotecnica, Effetti dell'inquinamento luminoso sulla salute, [www.Lightitaly.it](http://www.Lightitaly.it)

<sup>13</sup> Quando gli uccelli si schiantano contro gli edifici, [www.e-biblioteca.it](http://www.e-biblioteca.it)

- E ancora si pensi ai Pettirossi che non cantano più solo nelle ore diurne ma anche di notte, perché i parchi sono illuminati a giorno, oppure le rondini che cacciano di notte per sfruttare l'annidarsi degli insetti attorno ai lampioni.
- Oltre ai volatili anche le tartarughe marine sono attratte dalla luce intensa delle riviere e, invece di dirigersi verso il mare, vanno a finire sulle strade, perché sono confuse dall'inquinamento luminoso. Appena nate e uscite dall'uovo, se vicine a sorgenti artificiali, che interferiscono con la loro sensibilità visiva, si orientano in direzione opposta al mare: convinte di vedere il riflesso delle stelle sulla superficie dell'acqua, vanno invece verso le strade o l'entroterra<sup>14</sup>.
- Anche i pesci sono attratti dalla luce, ad esempio i salmoni in Scozia migrano nella direzione sbagliata, perché attratti dalle luci dei villaggi posti vicino ai corsi d'acqua<sup>1</sup>.
- Non è da meno l'uomo, anch'esso subisce l'inquinamento luminoso. L'esposizione alla luce nella notte può modificare il nostro ciclo circadiano e la nostra funzione neuroendocrina e alcune funzioni vitali. L'interruzione del nostro orologio biologico può determinare alcuni problemi di salute, un esempio è la relazione tra luce artificiale e i disturbi del sonno, con delle conseguenze individuali, comportamentali e

---

14 [www.DaniloPianini.org/areaprogetto4/data/florafauna/htm](http://www.DaniloPianini.org/areaprogetto4/data/florafauna/htm)

lavorative e l'inibizione di melatonina, sostanza fondamentale per prevenire alcuni tipi di tumori<sup>15</sup>.

Tuttavia si è sempre pensato che illuminare tanto comporti una maggiore sicurezza contro la criminalità. Non esistono studi scientifici che affermino che la presenza della luce artificiale arresti i crimini. Si tratta di una considerazione soggettiva, nel senso che il singolo individuo si sente più sicuro perché il luogo è illuminato, infatti in alcune statistiche si rileva che il tasso di criminalità più alto corrisponda proprio alle città più illuminate (dal dossier criminalità 2007 del Sole 24 Ore). Di conseguenza sembrerebbe che una maggiore illuminazione aumenti la criminalità<sup>16</sup>.

Alcuni esempi, tratti dalla rubrica “Ambiente e sicurezza” del Sole 24 ore, n.19 del 31 ottobre 2000 testimoniano che: negli USA e in alcune aree metropolitane londinesi si è osservato un aumento degli atti vandalici nelle zone dotate di nuova illuminazione; in Nuova Zelanda, in un quartiere di Auckland durante un blackout prolungato, invece, il tasso della criminalità si è azzerato, perché i criminali hanno evitato la zona.

Anche nel caso dell'illuminazione stradale, si è pensato che illuminare le strade con valori superiori ai limiti imposti dalle norme avrebbe aumentato la sicurezza dell'automobilista. Purtroppo, invece, si ha un effetto contrario, il conducente ha un aumento della sensazione di sicurezza nella guida e in molti premono l'acceleratore violando i limiti

---

<sup>15</sup> Illuminotecnica, Effetti dell'inquinamento luminoso sulla salute, [www.Lightitaly.it](http://www.Lightitaly.it)

<sup>16</sup> Dal dossier criminalità 2007 e “Ambiente e sicurezza” n.19 del 31/10/2000 del Sole 24 Ore

di velocità. Infatti, si è riscontrato che dove c'è un maggior flusso luminoso si ha un'alta concentrazione di incidenti<sup>17</sup>.

### **1.4 Tipologia degli attuali sistemi di illuminazione esterna**

Per l'illuminazione esterna si ricorre a diversi tipi di apparecchi illuminanti.

**Le sfere** sono corpi altamente inquinanti e molto usate un tempo, sia per l'illuminazione esterna privata che pubblica. Alcuni modelli disperdevano un 75% della luce prodotta verso l'alto. Alcuni anni fa per contenere la dispersione si inserirono delle alette frangiluce sulla lampada all'interno di questi globi. Tuttavia questa soluzione non è delle migliori, in quanto alcuni raggi colpiscono le alette e vengono, dopo la riflessione, alcuni rivolti verso il basso e altri verso l'alto. Inoltre solo il 40% della luce prodotta esce dall'apparecchio illuminante, con conseguente riduzione del rendimento dello stesso. Successivamente, in alcune situazioni si preferì sostituire completamente le sfere installate (sia bianche che trasparenti) con dei globi full cut-off, praticamente una semisfera

**Le lanterne** si trovano soprattutto nei centri storici, per mantenere l'estetica si possono montare dei modelli schermati, che hanno la lampada incassata nell'armatura. La dispersione della luce è minima ed è dovuta ai vetri inclinati di protezione presenti nella lanterna.

---

<sup>17</sup> La luce è sinonimo di sicurezza? ,[www.inquinamentoluminoso.uai.it](http://www.inquinamentoluminoso.uai.it)

**I Fari e le torri faro** sono molto usati sia nell'illuminazione privata che pubblica, i modelli esistenti si dividono in simmetrico e asimmetrico, tale distinzione si riferisce al fascio di luce prodotto. Si consiglia l'uso degli asimmetrici montati orizzontalmente, in tale posizione presentano un massimo dell'intensità luminosa anche lontano dall'apparecchio, ottenendo una vasta area illuminata e una buona uniformità dell'illuminazione. Sono molto usati per illuminare parcheggi, campi sportivi, monumenti, piazze. Si possono, quindi usare proiettori asimmetrici per illuminare i monumenti storici e le facciate, ma bisogna tener conto delle diverse tipologie di installazione:

- per illuminare una facciata di un edificio industriale o di una casa, il proiettore deve illuminare la zona d'interesse dall'alto verso il basso
- per illuminare un edificio storico o un monumento di grande importanza storica è concessa l'illuminazione dal basso, fondamentale e importantissimo che il fascio luminoso rimanga interamente contenuto all'interno della sagoma dell'oggetto illuminato

**Illuminazione stradale** non tutti i comuni si sono adeguati, soprattutto per l'investimento iniziale richiesto per la sostituzione di centinaia, a volte migliaia, di apparecchi illuminanti. Per le nuove illuminazioni e per gli adeguamenti si utilizzano armature stradali full cut-off, con vetro piano. Con tale soluzione non è necessario diminuire l'interdistanza tra i pali per mantenere l'uniformità dell'illuminazione, inoltre si ha una

diminuzione del rischio abbagliamento ottenendo una visione più confortevole a vantaggio della sicurezza stradale.

## **CAPITOLO 2**

### **TECNICHE SUGGERITE E CONCESSE DALLE LEGGI REGIONALI**

#### **2.1 Tecniche suggerite e concesse nell'illuminazione esterna**

Le leggi regionali sono state presentate al Parlamento da astrofili e scienziati, che hanno pensato di coinvolgere più persone nella risoluzione del problema “inquinamento luminoso”.

Per indurre, anche, il privato e il pubblico ad adeguarsi alle nuove disposizioni, chi ha redatto il testo della prima bozza, poi adottato da più regioni, lo ha fatto in modo che il compito di sorvegliare e segnalare le irregolarità luminose fosse eseguito da ogni cittadino, da ogni Comune, da chiunque avesse interesse nel “proteggere” il cielo. In tal modo le segnalazioni arrivano ai comuni, che velocizzano i controlli imposti e contattano i proprietari, indicando loro la non regolarità dell'impianto e invitandoli ad adeguarsi entro un determinato tempo onde evitare eventuali sanzioni che arrivano anche 1.030,00 euro a punto luce<sup>18</sup>.

Anche l'ARPAV è coinvolta nell'adeguamento degli impianti alla legge, essa infatti controlla che i singoli Comuni si adeguino alla legge.

---

<sup>18</sup> Appendice 2, Legge Regionale n.17 Agosto 2009, Sanzioni

In alcuni casi il singolo cittadino, se dopo essersi rivolto al proprio Comune non ha ottenuto il suo intervento, può rivolgersi all'Arpav direttamente.

Le leggi regionali in vigore dettano poche e inderogabili regole da rispettare nell'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna esistenti e nella realizzazione di quelli nuovi.

Dette regole possono essere riassunte in:

- riduzione dell'inquinamento luminoso e ottico in tutto il territorio italiano, (per le regioni in cui non vige una propria legge regionale, si osserva la UNI10819 – Impianti di illuminazione esterna, requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso)
- riduzione dei consumi energetici dovuti all'illuminazione esterna
- uniformità dei criteri di progettazione per migliorare la qualità luminosa degli impianti esterni d'illuminazione
- protezione dell'attività di ricerca scientifica e divulgativa svolta dagli osservatori astronomici
- salvaguardia del cielo stellato
- protezione dei beni paesaggistici
- formazione di tecnici competenti in materia

- divulgazione al pubblico
- predisposizione di un piano dell'illuminazione per il contenimento dell'inquinamento luminoso (PICIL), cioè un atto di programmazione per la realizzazione dei nuovi impianti di illuminazione esterna e per ogni intervento di modifica, di adeguamento, di manutenzione, di sostituzione e d'integrazione sull'installazione di illuminazioni esterne già esistenti nel territorio comunale.

Impongono, inoltre, dei requisiti minimi riassumibili in:

- un'illuminazione con nessuna emissione di luce al di sopra dei 90° rispetto l'orizzonte
- l'utilizzo di lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza luminosa
- le sorgenti luminose devono essere installate in modo che la superficie illuminata non superi un certo valore di luminanza media
- i corpi illuminanti devono essere provvisti di idonei dispositivi atti ad abbassare il flusso luminoso entro le ore 23 e di conseguenza si diminuiranno i costi energetici e manutentivi, in quanto le lampade avranno una maggior durata di funzionamento espressa in ore.

Le leggi regionali concedono per alcuni impianti, definiti *specifici*, le seguenti deroghe:

- per le insegne, per le torri-faro, per i riflettori illuminanti dei parcheggi, delle piazze, dei cantieri, degli svincoli stradali e/o ferroviari, dei complessi industriali, delle zone miliari e/o di ordine pubblico
- per gli impianti sportivi,
- per gli edifici di interesse storico, artistico e monumentale,
- per l'illuminazione stradale

In ogni caso, si vieta l'uso di:

- lampade inquinanti come quelle al mercurio, ad incandescenza o qualunque lampada la cui emissione luminosa copra tutto lo spettro visibile
- fasci di luce fissi o rotanti, di qualsiasi potenza o colore
- fari laser
- giostre luminose o richiami pubblicitari
- sorgenti luminose che provochino l'abbagliamento ottico dei pedoni e/o degli automobilisti, e tutti i casi in cui ciò costituisca un pericolo

- sorgenti che illuminano gli edifici abitati creando disagio per le persone che li abitano
- apparecchi di illuminazione altamente inquinanti come ad esempio i globi o le lanterne privi di schermi

Per mettere in atto quello che richiedono le leggi regionali si deve innanzitutto analizzare l'impianto d'illuminazione, sia che sia esistente o che sia in fase progettuale, scegliendo: gli apparecchi illuminanti con un'intensità luminosa massima compresa fra 0 e 0.49 candele per 1000 lumen di flusso luminoso totale emesso a novanta gradi e oltre, in modo che non illumini sopra la linea dell'orizzonte.

Può essere utile, per esemplificare la suddetta esigenza, l'immagine di seguito riportata (fig. 7), la quale mostra come un apparecchio con vetro prismaticizzato incrementi l'inquinamento luminoso invece che contenerlo: le frecce gialle, in particolare, rappresentano il flusso luminoso emesso a piccoli angoli sopra l'orizzonte<sup>19</sup>:

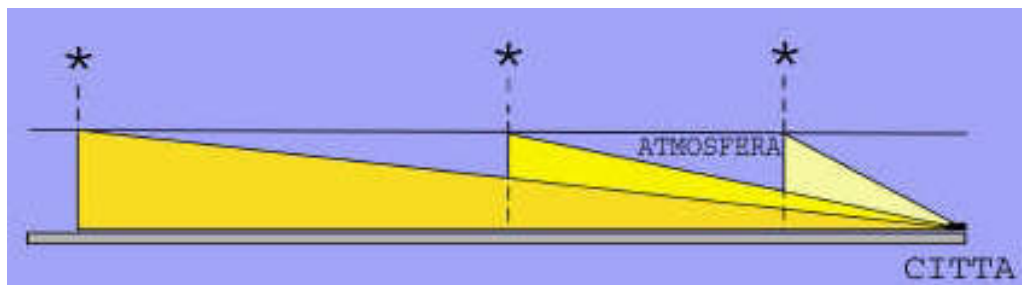


*Figura 7: Flusso luminoso emesso a piccoli angoli sopra l'orizzonte*

<sup>19</sup> P.Cinzano, Dieci cose da sapere per combattere efficacemente gli effetti dell'inquinamento luminoso sul cielo notturno, [www.cielobuio.org](http://www.cielobuio.org)

Il flusso luminoso emesso poco sopra l'orizzonte contribuisce in modo determinante al “processo di addizione” e nella produzione della luminanza artificiale del cielo notturno: “si valuta che circa il 95% della luminanza del cielo allo zenith 20 km da una città sia dovuto a luce emessa tra l'orizzonte e i 45 gradi e di questa più di metà sia dovuta a luce emessa nei primi 20 gradi sopra l'orizzonte”<sup>20</sup>.

Questo fenomeno dell' “addizione” è evidenziato dalla figura seguente (fig.8), dove si può considerare un primo apparecchio che emette il proprio flusso luminoso che va a sommarsi ai flussi emessi da altre sorgenti poste in zone più lontane.



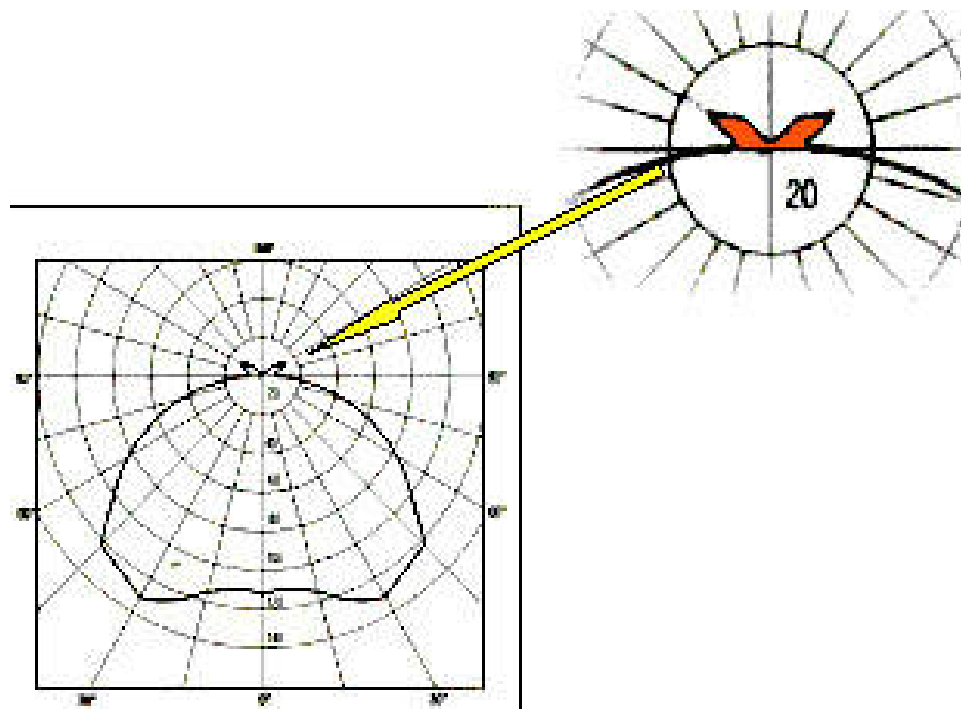
*Figura 8: Angoli di emissione della luce che illumina molecole e particelle lungo la linea di vista di un osservatore che guarda una stella allo zenith da luoghi distanti dalla sorgente*

L'inquinamento luminoso si propaga anche oltre 200km di distanza, questo è dovuto alla curvatura terrestre che fa da schermo. Quindi, per impedire il processo di addizione si deve ridurre al minimo l'emissione a piccoli angoli (gamma 90-120).

<sup>20</sup> P.Cinzano, Dieci cose da sapere per combattere efficacemente gli effetti dell'inquinamento luminoso sul cielo notturno, [www.cielobuio.org](http://www.cielobuio.org)

Per questo motivo, si considerano in fase progettuale le curve fotometriche degli apparecchi illuminanti, esse riportano graficamente l'emissione di luce della sorgente nello spazio.

Nella foto sotto riportata (fig.9) la sorgente scelta, ad esempio, non potrebbe essere usata, perché parte del flusso luminoso supera i 90° della linea d'orizzonte.



*Figura 9 - Curva fotometrica di un apparecchio luminoso inquinante*

Per quanto riguarda la scelta del tipo di sorgente luminosa, si consiglia l'uso di lampade con avanzata tecnologia ed elevata efficienza luminosa, optando per le lampade ai vapori di sodio sia a bassa pressione che ad

alta pressione, molto usate in quanto sono le meno inquinanti dell'intero spettro elettromagnetico.

Si consente l'uso di lampade con una resa cromatica (Ra) maggiore di 65 ed efficienza non inferiore ai 90 lm/W solo in alcuni casi, ad esempio l'illuminazione di zone pedonali o l'illuminazione di monumenti.

In generale si suggerisce l'uso di lampade al sodio ad alta pressione con un' efficienza luminosa pari a 100lumen/watt o superiore e con una potenza massima di 250W; ma è concesso anche l'uso di lampade con potenza pari a 400W solo se ci sono condizioni ambientali particolari in cui si giustifichi tale necessità. Sono concesse anche le lampade al sodio a bassa pressione con potenze massime pari a 135W e 180W, tuttavia sono poco usate a causa della loro caratteristica monocromatica.

Va segnalato che per l'adeguamento a norma di legge non basta cambiare la lampada esistente con una del tipo consentito e di pari potenza, in quanto questi elementi non sono sufficienti per limitare sia l' inquinamento luminoso che lo spreco energetico.

Per gli impianti esistenti, si può in molti casi ridurre la potenza impegnata scegliendo lampade ad alta efficienza e quindi riducendo così i consumi con conseguente minor spesa.

Mentre scegliendo le lampade inadeguate, si rischia di creare delle zone illuminate in modo non uniforme. Nella tabella (tab.2) di seguito

riportata si evidenzia un confronto fra le vecchie sorgenti luminose e le attuali in commercio, notando come dalla sostituzione si possa ottenere un notevole risparmio:

| VECCHIA LAMPADA |                        | NUOVA LAMPADA | INCREMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO | RISPARMIO INDICATIVO [W]         |
|-----------------|------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 80W Mercurio    | <b>SOSTITUITA CON:</b> | 50W Sodio AP  | - 6% (da 3600 a 3400 lumen)    | 60% (> se aumenta Interdistanza) |
| 80W Mercurio    |                        | 70W Sodio AP  | + 80% (da 3600 a 6500 lumen)   | 14% (> se aumenta Interdistanza) |
| 125W Mercurio   |                        | 70W Sodio AP  | + 5% (da 6200 a 6500 lumen)    | 70%                              |
| 125W Mercurio   |                        | 100W Sodio AP | + 61% (da 6200 a 10000 lumen)  | 25% (> se aumenta Interdistanza) |
| 250W Mercurio   | <b>SOSTITUITA CON:</b> | 150W Sodio AP | +19% (da 12500 a 14700 lumen)  | 60% (> se aumenta Interdistanza) |

Tabella 2: Tabella comparativa lampade

Oltre alle lampade ai vapori di sodio, la legge permette l'utilizzo degli apparecchi a Led, perché hanno delle caratteristiche di elevata efficienza luminosa, di risparmio energetico e di durata di funzionamento. L'importante è che le sorgenti luminose utilizzate abbiano un'efficienza maggiore di 90lm/W.

Quindi, una volta scelti gli apparecchi illuminanti e la sorgente luminosa, in un progetto a norma di legge:

- le superfici illuminate non devono superare il livello minimo di luminanza media mantenuta (il rapporto tra la luce sulla superficie e l'illuminamento che si percepisce) o illuminamento medio mantenuto richiesto dalle norme di sicurezza specifiche
- se non ci sono indicazioni specifiche, la luminanza media richiesta sulle superfici non deve superare 1 cd/mq

- è necessario prevedere appositi dispositivi che abbassino i costi energetici e manutentivi, che possano agire sull'intero impianto o su singole sorgenti luminose in modo da ridurre fino al trenta % il flusso luminoso. Inoltre, entro le ore ventitrè, è necessario spegnere gli impianti nelle zone dove non è richiesto, per la pubblica utilità, un illuminamento costante (per esempio le insegne luminose e l'illuminazione dei parcheggi delle fabbriche).

La legge concede alcune deroghe agli impianti esistenti :

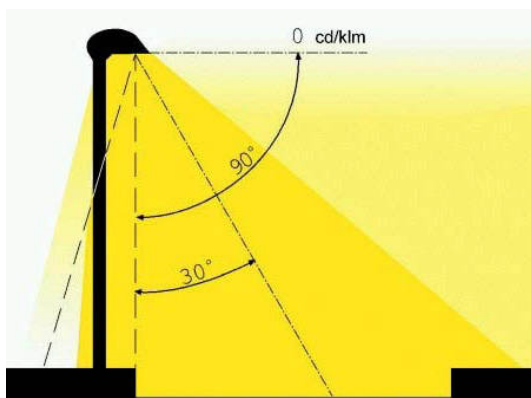
- per l'illuminazione interna, che non influenza l'attuale inquinamento luminoso, non sono necessari particolari interventi di adeguamento, come ad esempio, una sorgente luminosa posta sotto una tettoia. In quest'ultimo caso il flusso luminoso della lampada non si diffonde verso l'alto, e pertanto l'impianto può ritenersi corretto
- per l'illuminazione temporanea, se rimossa entro un mese dalla messa in opera o nel caso l'illuminazione venga spenta entro le ore ventuno, nel periodo di ora solare, o entro le ore ventidue nel periodo di ora legale
- per gli impianti che vengono accesi per meno di dieci minuti mediante un sensore di presenza o di movimento, anche se

dotati di lampade alogene e/o fluorescenti compatte (luce bianca)

- per tutte quelle installazioni o impianti di strutture non di competenza statale se necessarie, per garantire la sicurezza, o quelle che rispondono a una normativa statale
- per tutti quegli impianti caratterizzati da gruppi led o sorgenti fluorescenti che siano dotati di apparecchi che emettano singolarmente meno di 150 lumen verso l'alto, che abbiano un flusso luminoso totale che non superi i 1800 lumen e che non emettano complessivamente più di 2250 lumen verso l'alto
- per tutti quegli impianti installati per le manifestazioni all'aperto e itineranti con carattere di temporaneità e con regolare autorizzazione comunale
- per le insegne luminose cittadine, pubblicitarie e commerciali ad illuminazione propria, che devono possedere un flusso totale inferiore ai 4500 lumen. Tutte le altre devono essere illuminate dall'alto e mai dal basso. In tutti i casi, se non adibite a servizi di pubblica utilità e sicurezza, devono essere spente alla chiusura dell'esercizio e comunque entro le ore ventitré; è concesso una deroga in particolari festività

- per i fari e le torri-faro, i proiettori devono essere installati con un'inclinazione tale, rispetto al terreno, da non irradiare oltre 0cd per 1000 lumen a 90° o oltre. Si preferiscono, per tale motivo, i proiettori asimmetrici.

L'immagine sotto riportata (fig. 10) serve per comprendere la giusta inclinazione che deve possedere l'apparecchio illuminante rispetto, in questo caso, la strada da illuminare:



*Figura 10 - Illuminazione testa palo corretta - Fascicolo divulgativo Legge Regionale*

- per l'illuminazione degli edifici di particolare interesse storico: essa deve essere fatta in modo tale che il fascio di luce resti contenuto all'interno della sua sagoma. Si suggerisce di usare la tecnica di illuminazione radente dall'alto verso il basso. Per tali i monumenti e gli edifici di valore artistico e storico è consentito sia l'uso delle

lampade al sodio ad alta pressione che le ioduri metallici, a seconda del tipo e dei colori delle superfici da illuminare.

I monumenti possono essere illuminati anche dal basso verso l'alto, ma in ogni caso il fascio luminoso non deve uscire dalla sagoma dello stesso, se ciò risultasse di difficile realizzazione si deve progettare l'illuminazione in modo da ottenere un flusso, che non interessi il monumento, minore del 10% di quello emesso dagli apparecchi. E' comunque richiesta una luminanza massima pari a 1cd/mq

- per tutti gli impianti esistenti all'entrata in vigore delle leggi regionali, è consentita la modifica dell'inclinazione degli apparecchi installati secondo angoli prossimi all'orizzonte, con la possibilità di inserire degli schermi paraluce, utili a limitare l'emissione luminosa oltre i novanta gradi.

Il materiale divulgativo relativo all'inquinamento luminoso, per far comprendere in modo immediato che cosa richiede la legge regionale, riporta alcune immagini semplici (fig. 11 e fig.12) sul modo corretto di posizionare l'apparecchio e quale sistema esistente non è più consentito e quindi va adeguato:



Figura 11 - Apparecchi non conformi alla Legge Regionale - Fascicolo divulgativo



Figura 12 - Apparecchi conformi alla Legge Regionale - Fascicolo divulgativo

A tal fine le leggi regionali danno indicazioni precise per eseguire una corretta illuminazione stradale, ma anche per gli interventi dell'illuminazione privata: si devono usare apparecchi con impegni di potenza ridotti, che consentano di ottenere condizioni massime di interasse dei punti luce e che quindi minimizzino i costi e gli interventi di manutenzione

- la progettazione, quindi, deve essere studiata in modo da contenere al massimo la luce intrusiva all'interno delle abitazioni e degli ambienti adiacenti agli impianti, cercando di massimizzare la frazione del flusso luminoso emesso

dall'impianto, in ragione dell'utilanza, cioè dell'effettiva incidenza sulla superficie da illuminare.

Dopo l'approvazione delle varie leggi regionali, si sono svolti alcuni studi, i più recenti (2010-2011 Dott. P. Cinzano- Dott. F. Falchi) sono stati fatti per capire se l'uso attuale delle sorgenti luminose in commercio ha contribuito alla limitazione dell'inquinamento luminoso o se il problema è ancora in aumento<sup>21</sup>.

Si è scoperto che i Led non possono essere usati ovunque, tanto che gli studiosi ne sconsigliano il loro uso per i motivi sotto riportati.

Cosa è emerso durante questi studi dopo l'approvazione delle prime leggi regionali, dove si consigliava l'uso dei led?

In questi studi si è osservato che la quantità di inquinamento dipende dalle caratteristiche spettrali delle lampade, le più inquinanti sono le MH e i Led, in quanto entrambe hanno una forte emissione blu e la scelta di usare queste sorgenti ad esempio nell'illuminazione stradale accentuerebbe la differenza di prestazione di visione tra i giovani guidatori e quelli più anziani, penalizzando quest'ultimi.

Di seguito si riporta un'immagine (fig.13) di un'illuminazione stradale eseguita con tecnologia Led, si noti la forte tonalità blu emessa dagli apparecchi testa palo, in contrasto con la luce vicina all'osservatore che è più confortevole ed è prodotta da una sorgente con lampada a vapori di sodio.

---

21 F. Falchi, P. Cinzano, C. D. Elvidge, D. M. Keith, A. Haim, Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility, JEMA ,2011 1-9



*Figura 13: Illuminazione stradale con apparecchi al Led*

Di seguito una bellissima immagine invernale (fig.14), dove si può notare la confortevole luce calda delle lampade ai vapori di sodio.



*Figura 14: Illuminazione stradale con apparecchi al sodio*

Per meglio comprendere questo concetto, si può osservare il prossimo grafico (fig.15), che è la curva di Kruithof, una rappresentazione cartesiana fra illuminamenti e temperatura di colore, che rappresenta la piacevolezza di visione che si ottiene con una certa sorgente luminosa.

Le regioni all'interno delle due curve sono empiricamente la "luce gradevole" all'occhio umano e quelle esterne sono gli stati di luce disagiata e fastidiosa.

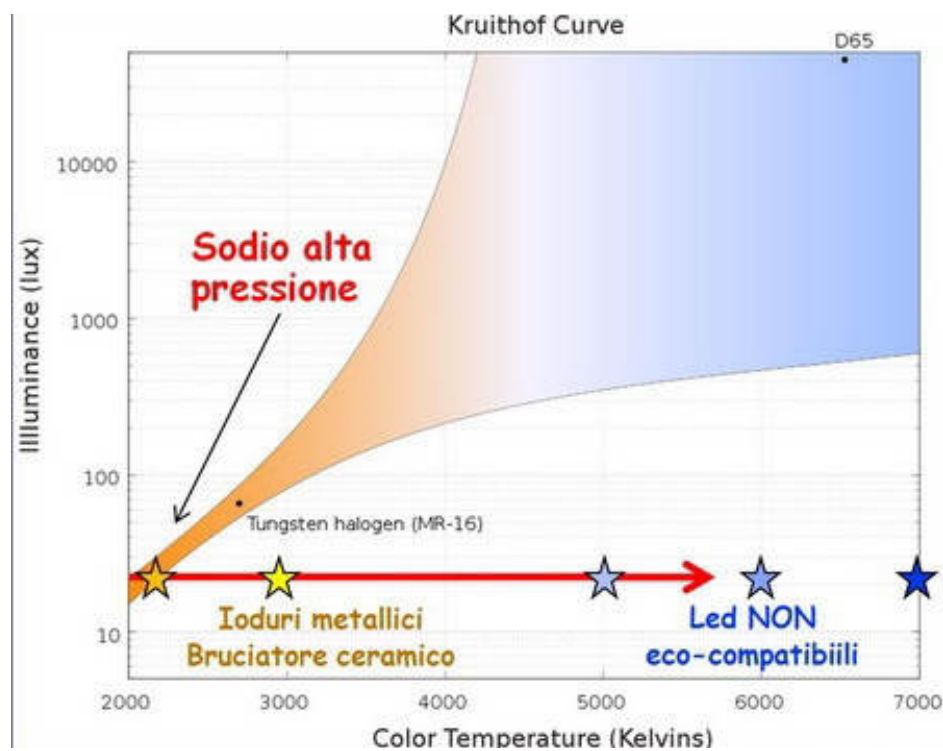


Figura 15: Curva di Kruithof, una rappresentazione cartesiana fra illuminamenti e temperatura di colore

Se si osserva il grafico sopra riportato (Fig. 15) in corrispondenza della linea orizzontale rossa, quella che identifica un illuminamento tipicamente notturno (fra 10 e 20 lux che sono gli illuminamenti tipici delle strade di media importanza quali le provinciali e/o le statali, comprendendo anche piazze e piste pedonali e ciclabili), si può capire come la luce più confortevole sia quella con la tonalità più calda e con temperature di colore inferiore a 2000°K (per es. lampade al sodio ad alta pressione), sia per gli interni che per gli esterni.

Per contro allontanandosi dal cono delimitato fra le curve di Kruithof, a bassi illuminamenti, la sorgente luminosa artificiale che meglio si presta ad una luce più confortevole è quella delle sorgenti a ioduri metallici a bruciatore ceramico (o CPO) con una temperatura di colore fra 2800 e 3200K; se poi ci si allontana di più, verso le aree del grafico che rappresentano la luce meno confortevole ci si avvicina alla luce delle sorgenti Led da 4000-5000-6000-7000K.

Questo fenomeno di "discomfort" visivo è ugualmente evidente se si guarda una strada illuminata a LED che appare fredda rispetto ad una illuminata con sorgenti al sodio alta pressione.

Di seguito si riportano due immagini (fig.16 e fig.17) di illuminazione stradale messe a confronto:



*Figura 16: Illuminazione stradale al led*



*Figura 17: Illuminazione stradale al sodio*

Come si nota la luce dei LED ha una forte componente blu, se rappresentato il picco di emissione si attesta attorno a 460nm (fig.18).

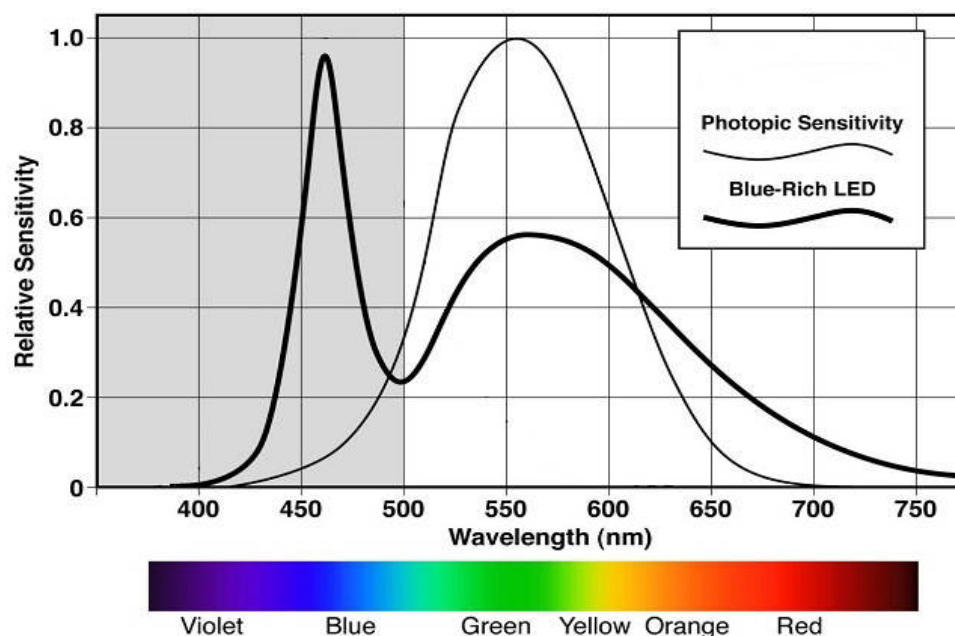


Figura 18: Curva emissione luce led, la linea continua "Blue-Rich LED" evidenzia la componente blu

Altre caratteristiche negative delle lampade a LED sono<sup>22</sup> :

- un'elevata luminanza che aumenta la probabilità di abbagliamento sia quello con carattere debilitante (condizione reversibile, ma se usato nell'illuminazione stradale può implicare dei rischi indiretti per la sicurezza), e quello fastidioso (che se protratto per lunghi periodi può essere causa di stress, affaticamento visivo o difficoltà di concentrazione)
- lo spettro di lunghezza d'onda che essendo spostato verso la regione del blu nell'intervallo spettrale del visibile, unito all'elevata luminanza, può creare il rischio di danni di natura

<sup>22</sup> Lampade a led, quali rischi per la salute?, 18 novembre 2011, [www.casa&clima.com](http://www.casa&clima.com)

fotochimica alle cellule della retina ed effetti negativi in soggetti molto sensibili quali i bambini, le persone fotosensibili e quelle esposte per lunghi periodi a questo tipo di illuminazione.

I Led, inoltre, a parità di visione fotopica producono una percentuale di luminanza inferiore rispetto alle strade illuminate mediante lampade ai vapori di sodio ad alta pressione.

Si è notato, anche, che l'esposizione a un'illuminazione con una forte componente di blu, sconvolge i ritmi normali di produzione della melatonina, con conseguenze tipo l'insonnia, lo stress e l'aumento del rischio di contrarre malattie, tra cui il cancro.

Si suggerisce, quindi, di limitare il blu con dei filtri di blocco sulla lunghezza d'onda inferiore a 530nm, che è il valore che consente di mantenere la produzione di melatonina notturna a livelli normali nell'uomo.

Oltre a tutto ciò, si è scoperto che la componente blu contribuisce di più all'aumento dell'inquinamento luminoso rispetto a quella rossa e verde, in quanto si diffonde facilmente.

Questo fenomeno è conosciuto come la diffusione di Rayleigh (vedi fig. 19) o scattering di Rayleigh, da Lord John Rayleigh, il fisico inglese che per primo la descrisse nella seconda metà dell'Ottocento; egli spiega la diffusione differenziale che dipende dalla lunghezza d'onda ( $\lambda$ ), o meglio,

come la quantità di luce diffusa risulti essere inversamente proporzionale alla quarta potenza della lunghezza d'onda.

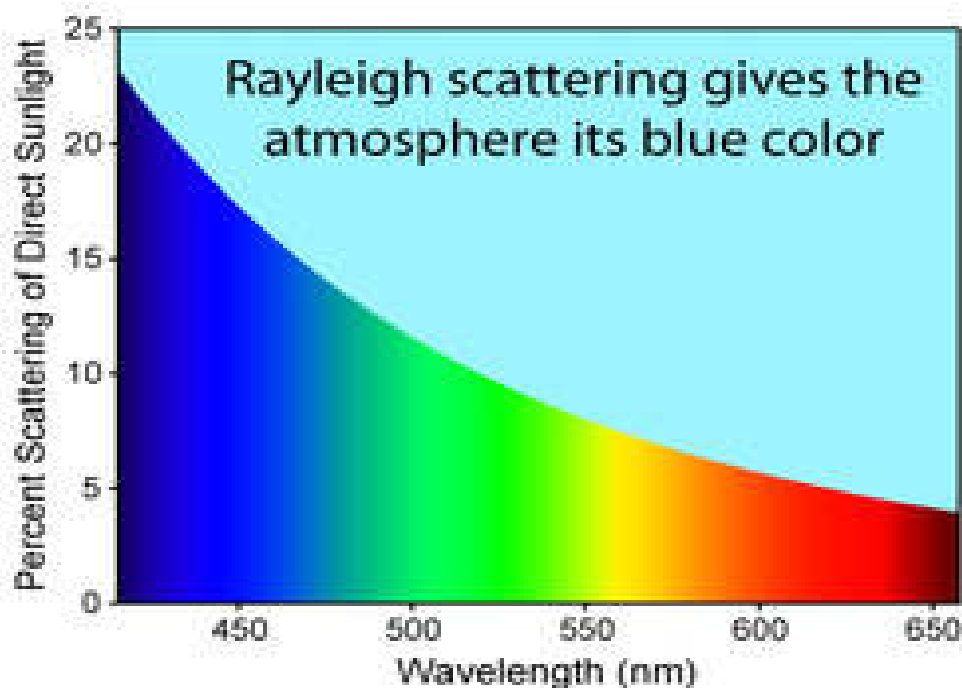
Lo scattering di Rayleigh diminuisce se la lunghezza d'onda ( $\lambda$ ) cresce.

Per essere più chiari: la luce viene diffusa in modo differente a seconda della sua lunghezza d'onda, ossia del suo colore. Le molecole dell'aria sono in grado di diffondere molto più decisamente la luce viola rispetto alla rossa, questo perché la minore lunghezza d'onda implica una maggiore diffusione. La luce viola è deviata più di quella blu, che a sua volta lo è più della verde e così via. La luce rossa è la meno deviata.

Questo tipo di diffusione, chiamata appunto diffusione cromatica di Rayleigh, è il fenomeno che spiega il colore del cielo, che è blu in quanto tale luce/colore è molto diffuso e particolarmente adatto al nostro apparato visivo. Infatti, oltre alla diffusione diversa dei vari colori, va considerata anche la sensibilità dell'occhio umano, che è particolarmente sensibile al blu, per cui ci arriva più facilmente la luce di questo colore. Poi di seguito arrivano gli altri colori che sono diffusi sempre meno.

Tutto questo funziona se non vi sono altre particelle nell'aria che modificano il fenomeno, come succede in presenza di un incendio e del relativo fumo.

Quindi, una volta entrata nell'atmosfera, la maggior parte della radiazione di maggior lunghezza d'onda prosegue la sua traiettoria rettilinea, mentre il blu si diffonde in tutte le direzioni. Per questo motivo, in qualunque direzione si osservi, è più facile che parte della luce blu giunga ai nostri occhi. Ecco perché l'essere umano risulta così sensibile anche alla luce dei Led di questa tonalità.



*Figura 19: Scattering di Rayleigh*

In sostanza, quindi, la luce viene diffusa molto di più dalle molecole dell'atmosfera per sorgenti con forti componenti bianco-blu (come i LED), piuttosto che per sorgenti con forte componente verso il giallo (come per le lampade al sodio alta pressione).

Pertanto, dopo i risultati degli studi recenti attuati per comprendere eventuali aspetti negativi dei Led, si sta considerando di impostare un limite massimo relativo al rapporto tra visione scotopica e fotopica, per poter controllare o prevenire la forte crescita della luminanza scotopica nel cielo notturno artificiale, in quanto c'è una forte tendenza a installare

lampade a Led e ciò comporterebbe un aumento della brillantezza artificiale del cielo.

Questo unito alla crescita del flusso luminoso dei nuovi impianti comporta un aumento della luminosità scotopica del cielo di dieci volte rispetto agli ultimi dieci anni.

Per capire quanto sono sconsigliati i Led si può effettuare un semplice confronto fra i tre tipi di sorgenti luminose più usate, basandolo sull'osservazione della energia emessa nella banda da 440nm e 500nm. Le lampade a ioduri metallici (Metal Halide) sono tre volte più inquinanti in questa banda rispetto quelle a vapori di sodio ad alta pressione (High Pressure Sodium), le Led bianco naturale risultano avere più del doppio del contenuto inquinante delle MH in questa banda .

Il risultato, dunque, è che adeguandosi alle leggi regionali e spostandosi, quindi, dalle lampade a vapori di sodio alta pressione alle lampade MH e ai Led bianchi-blu si potrebbero ottenere effetti molto peggiori sulla salute umana rispetto all'illuminazione odierna.

Nonostante quanto messo in evidenza da questi recenti studi, bisogna comunque ricordare che i Led hanno grande potenzialità, però si dovrebbero produrre con degli spettri diversi e si dovrebbero scegliere quelli meno inquinanti, cioè i Led caldi, senza emissione di blu.

La stessa logica dovrebbe essere usata per le altre sorgenti, infatti si sta cercando il modo per poter filtrare la luce nell'intervallo di gamma che va

da 440nm e 550nm per ogni lampada, ad esempio usando dei pigmenti da posizionare sul vetro della lampada (alcuni filtri sono già in commercio).

L'intervallo sopra riportato corrisponde al massimo della sensibilità scotopica di visione dell'occhio umano e dovrebbe essere stabilito come intervallo protetto.

In ogni caso si sconsiglia di usare tutte quelle sorgenti luminose che abbiano un'emissione di luce con lunghezza d'onda inferiori a 540nm e con una forte emissione di blu, che si manifesta con una luce estremamente fredda, con temperature di colore molto elevate, da 4000-5000-6000 e fino a 7000K.

Si riporta di seguito (fig. 20) il grafico di B. Clark, dove si può notare che nell'osservazione astronomica visuale scotopica le sorgenti a LED da 6000-7000K incrementano l'inquinamento luminoso (asse delle ordinate) di 3-3.5 volte rispetto alle sorgenti ai vapori di sodio ad alta pressione.

Lo stesso vale per le sorgenti a Led da 3000-4000 K che lo aumentano di 1.5-2 volte rispetto le stesse lampade.

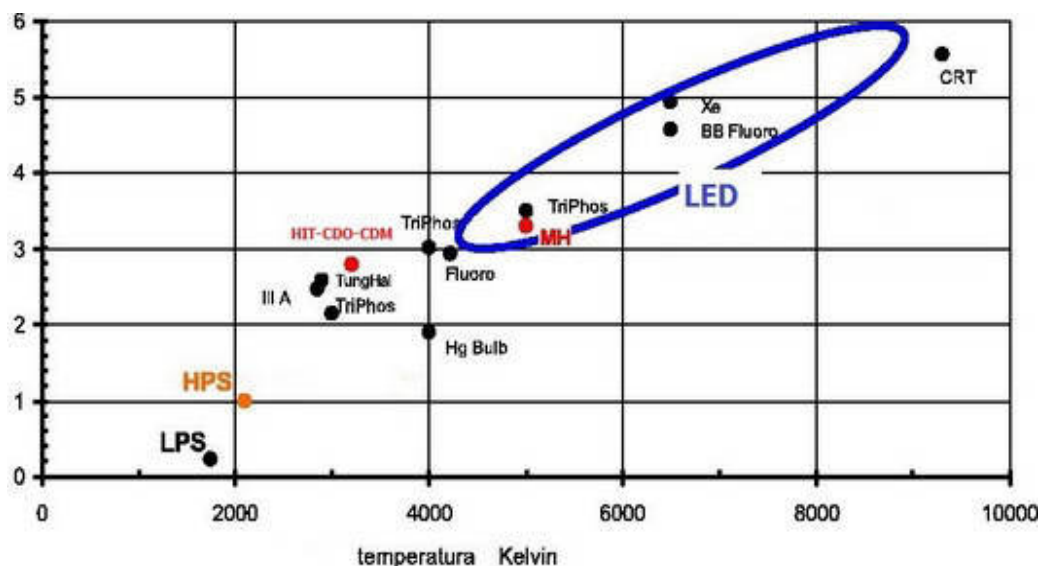


Figura 20: Incremento dell'inquinamento luminoso dovuto al tipo di lampada

Per ridurre il rischio che le città diventino blu e che si metta a rischio la salute dell'uomo, alcuni paesi stanno correndo ai ripari vietando l'uso dei led.

I led tuttavia si possono usare per l'illuminazione delle gallerie, dei monumenti, per le segnalazioni di sicurezza, nell'ambito decorativo, nell'illuminazione semaforica, nell'illuminazione votiva, e nei giardini di casa, rispettando sempre le leggi regionali, in quanto, se usati in modo corretto risultano essere la migliore scelta per il risparmio energetico.

L'ideale sarebbe usare i Led con tonalità color "ambra", cioè con ridotta temperatura di colore, perchè risultano essere le sorgenti più vicine come caratteristiche alle sorgenti al sodio ad alta pressione.

Si consiglia, perciò, di optare per l'installazione di Led con temperatura di colore inferiore ai 3000K e, altresì, di considerare la possibilità di utilizzare i nuovi apparecchi immessi sul mercato di recente,

completamente schermati e dotati di led ambra, che rispondono in modo soddisfacente alle esigenze di adeguamento delle leggi regionali contro l'inquinamento luminoso.

Per quanto riguarda il limitare il rischio per l'uomo, in Francia, per esempio, l' ANSES (Agenzia francese per l'alimentazione, l'ambiente, la salute e la sicurezza sul lavoro) consiglia di evitare l'uso di queste sorgenti luminose (i Led), in particolare quelle a luce fredda, di ridurre l'esposizione delle persone fotosensibili (limitando l'immissione nel mercato di led del gruppo 0 e 1), di realizzare appositi dispositivi di sicurezza e sistemi che non consentano la visione diretta del fascio luminoso<sup>23</sup>.

Anche il Ministero della Salute italiano ha dimostrato il suo interesse a questi studi e sta cercando di promuovere un approfondimento tecnico-regolamentare simile a quello francese da applicare a livello nazionale.

In Italia molti comuni sono sensibili al tema dell'inquinamento luminoso e senza dubbio ancora di più al risparmio energetico: alcune città infatti spengono gli impianti di illuminazione dei parchi chiusi nelle ore notturne.

Alcune nazioni sono più avanti nella ricerca per ridurre l'inquinamento luminoso: ad esempio in Francia dal 1° luglio 2013 sarà vietato tenere accese le insegne luminose e le luci delle vetrine dei negozi durante la notte e saranno spente entro l'una, mentre per gli uffici sarà obbligatorio lo spegnimento un'ora dopo la chiusura degli stessi; tutto questo con lo

---

23 S.Santo, Francia a luci spente, [www.ecodellecittà.it](http://www.ecodellecittà.it)

scopo di ottenere una riduzione dei consumi e dell'emissione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera (stimata in circa due TWh di elettricità e 250mila tonnellate di CO<sub>2</sub>).

In altre città i lampioni resteranno accesi solo negli incroci o dove si necessita di una maggiore sicurezza, mentre nelle zone extraurbane e nelle zone non pedonali si ridurrà l'illuminazione.

Altri paesi, rispetto alla decisione di adottare i Led, considerano prioritario il benessere del cittadino: la capitale dell'isola di Taiwan, Tapey City, per esempio, multa i commercianti che hanno insegne pubblicitarie con una luminanza maggiore dei livelli approvati. Il disegno di legge è stato elaborato dal dipartimento per la protezione ambientale di Tapey City (DEP), dopo le molte denunce per insonnia e stress notturno ricevute da parte dei cittadini<sup>24</sup>. Le multe variano da 130 fino a 1300 euro.

Per ottenere degli impianti antinquinamento luminoso e a ridotto consumo energetico, oltre ad adeguare la sorgente luminosa, si può dotare l'impianto esistente di sistemi che consentano di ridurre il flusso luminoso entro una certa ora e l'emissione di luci negli impianti non inferiore al 30% del loro flusso totale.

Tali sistemi possono essere:

---

<sup>24</sup> [www.osservatorioaquaviva.it](http://www.osservatorioaquaviva.it)

- tutta notte – mezzanotte: è una soluzione usata fino ad oggi. Si tratta di parzializzare l'impianto, prevedendo lo spegnimento alterno del 50% degli apparecchi illuminanti mediante un timer o un orologio astronomico. E' un metodo molto usato ma non consente una buona uniformità della luminanza del manto stradale come richiesta dalle norme
- regolatori di flusso luminoso centralizzati. Si collegano a un quadro di comando gli impianti luminosi da gestire, riducendo i consumi fino al 40-30%. Con questa soluzione si possono ottenere dei buoni risultati, mantenendo la tensione di alimentazione entro valori definiti, consentendo alla lampada una maggiore durata.

Non è un metodo applicabile se non sono state dimensionate in modo corretto le linee elettriche, in quanto la tensione di alimentazione è decrescente e non si possono variare in modo differente i punti luce. La tecnologia è limitata all'uso dei reattori ferromagnetici e non si possono applicare alle sorgenti fluorescenti o a ioduri metallici in quanto non regolabili, al contrario di quelle al sodio ad alta pressione che invece lo sono. Mediamente si rileva che grazie all'effetto della stabilizzazione e di periodi di alimentazione a tensione ridotta, la “vita media sul campo” delle lampade raddoppia, mantenendo elevati standard qualitativi della luce. Da ciò deriva una considerevole riduzione nella frequenza degli interventi di sostituzione delle stesse, e conseguentemente si ottiene una riduzione dei costi di gestione degli impianti,

garantendo il ritorno dell'investimento per l'adeguamento in un periodo estremamente breve

- reattori elettronici dimmerabili. Servono per la regolazione diretta del punto luce mediante ballast elettronico. E' una soluzione flessibile ed energeticamente efficiente, si ottiene un'elevata durata della lampada. Tuttavia, essendoci più reattori ferromagnetici negli impianti esistenti, non si ha un riscontro reale sull'effettiva durata negli anni
- reattori biregime. Sono simili a quelli sopra descritti, con i quali condividono anche l'elevato costo dovuto alla necessità di comando. Nell'impianto si devono evitare le variazioni di tensione elevate e repentine, in quanto possono danneggiare le sorgenti luminose, compromettendo la loro durata. E' una soluzione affidabile e collaudata e si propone a costi inferiori rispetto ai reattori elettronici<sup>25</sup>. Non si hanno però dati sulla durata effettiva delle lampade a potenza ridotta controllate dai reattori biregime.
- uso di sensori a raggi infrarossi. E' un sistema efficace per realizzare degli impianti di sicurezza psicologica anti-ladro, in quanto l'illuminazione o le singole sorgenti comandate dal dispositivo si accendono solo al passaggio e quindi alla rilevazione di una persona, rimanendo in funzione per un

---

25 Per i reattori elettronici dimmerabili il costo del sistema completo del comando è tra i 160 ed i 180 euro/punto luce , mentre per quelli a biregime tra 120 e 140 euro/punto luce

tempo impostato, creando così la sensazione ai malviventi di essere controllati.

Un esempio di sistema con sensori di movimento è in fase di realizzazione a Yverdon-les-Bains<sup>26</sup>, dove ci sono 3500 punti luce, dei quali 1500 illuminano zone con poco traffico. Questi lampioni sono dotati di lampade a Led, con la possibilità di riduzione della luminosità, e di rilevatori di presenza, in modo che al passaggio di un pedone, di ciclista o di un qualsiasi mezzo, il lampione si accende alla sua massima luminosità, al 100%.

I sensori, inoltre, inviano un segnale radio ai lampioni vicini, che si accendono in anticipo rispetto al passaggio del soggetto rilevato.

Si suppone, inoltre, a riguardo, un risparmio di elettricità per ciascun lampione pari a 50%, paragonato ad un risparmio annuo di CHF 20.000.

I primi lampioni sono stati installati nell'estate del 2012; si prevede il completamento dell'installazione dei 1500 lampioni entro dicembre 2015

- sistemi di telecontrollo. Questa metodologia consente mediante un centro di gestione remoto, solitamente posizionato nei quadri di alimentazione generale della pubblica illuminazione, di controllare lo stato degli apparecchi e degli impianti. È possibile mediante la centralina di gestione

---

26 Progetto "illuminazione pubblica dinamica", [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

di regolare alcuni parametri di funzionamento, come ad esempio l'orario di accensione/spegnimento e la riduzione del flusso luminoso durante le ore notturne, gestire alcuni allarmi, ad esempio se c'è un lampione spento o addirittura un'intera via al buio, si possono eseguire delle analisi e delle diagnosi energetiche.

E' un sistema dotato di una piattaforma che può gestire tutti i dispositivi che alimentano le lampade e quelli presenti nel quadro di comando stradale, si usa anche per la regolazione centralizzata del flusso.

Il sistema si basa sulla comunicazione fra i singoli lampioni dotati di adattatori e la centrale posta in un armadio, che invia i vari comandi e riceve le informazioni trasmesse.

E' un sistema che si basa sulla tecnologia GSM (molto utilizzata, per il basso costo d'installazione e poi di manutenzione), e GPRS (per i impianti complessi) e consente di monitorare, variare e gestire da un PC tutti i parametri dell'impianto di illuminazione, offrendo inoltre la possibilità di ricevere allarmi e misure elettriche, modificare i parametri elettrici o accendere e spegnere un singolo punto luce, nonché verificare lo stato di fatto e programmare la manutenzione.

Si applica agli impianti esistenti, migliora la qualità dell'illuminazione pubblica, consente risparmi energetici e di manutenzione (oltre 35%).

Questo sistema consente di utilizzare gli stessi cavi che servono per alimentare i lampioni per controllare a distanza lo

stato degli impianti, verificarne gli eventuali guasti, ridurre il flusso luminoso o spegnere il singolo punto luce, ricevere informazioni relative ad un'avaria prima dello spegnimento del lampione. Si ottiene così sia un risparmio energetico, sia una convenienza per la manutenzione programmata dell'illuminazione stradale da parte dei Comuni.

Tuttavia questa tecnologia è un sistema rigido, in quanto presenta il limite della programmazione a priori e non considera la situazione reale perché essa non è integrata a dei sistemi di rilevamento ambientale. Questi apparati, inoltre, devono essere controllati mediante connessioni quali Ethernet o wireless, e purtroppo attualmente la larghezza di banda non è adeguata.

- I limiti del sistema a telecontrollo con GSM possono oggi essere superati, grazie alla nuova tecnologia denominata a onde convogliate<sup>27</sup>: si tratta sempre di un sistema di telecontrollo, solo che può essere definito “intelligente”, essendo razionale, autonomo, e soprattutto rispondente alle esigenze territoriali d'illuminazione. Esso misura in tempo reale l'effettiva richiesta di luce e di conseguenza risponde ottimizzando il flusso luminoso dell'illuminazione pubblica.

Affinando ulteriormente il sistema, si potrebbe arrivare a sviluppare un metodo che evolve e si adatta alla domanda.

---

27 F. Moretti, M. Annunziato, S. Panzieri, Sviluppo di un sistema di controllo integrato ed adattivo per l'illuminazione pubblica, [www.enea.it](http://www.enea.it)

Un tale sistema non comporterebbe costi elevati, perché i sensori utilizzati hanno un basso costo e la tecnologia richiesta, per la ripetizione delle informazioni e l'attuazione della risposta, è minima. Questo sistema garantirebbe una crescita del risparmio energetico maggiore del 20%.

Un esempio di sistema di telegestione a onde convogliate, presente nel mercato odierno, all'avanguardia e che inizia ad essere sempre più richiesto e utilizzato, usa la tecnologia che viaggia sulla banda larga, conosciuta con il nome di PLC<sup>28</sup>(Power Line Communication). Realmente non è una tecnica nuovissima, è usata per la trasmissione delle informazioni ai treni in marcia e per leggere i contatori elettronici.

I dispositivi che sono installati nell'impianto di illuminazione pubblica, permettono di trasmettere attraverso le linee elettriche di alimentazione dei singoli centri luminosi anche contenuti digitali, quali immagini rilevate da telecamere installate sui lampioni (circa 9 immagini).

Si usano in questo caso le linee esistenti di alimentazione dei singoli lampioni come mezzo di trasmissione, come linea dati. In questo modo si può anche controllare a distanza lo stato degli impianti. Si usa la rete elettrica preesistente trasformata in una rete di comunicazione senza dover eseguire nuovi cablaggi, con la possibilità, altresì, di attivare altri servizi,

---

28 F. Gugliermetti, F. Bisegna, L. Monti, Illuminazione urbana e scenari di progettazione, ENEA RdS/2011/195

come la connettività internet mediante Wi-Fi, la videosorveglianza, i sensori ambientali, i pannelli di messaggio, i verificatori di velocità, i sistemi di allarme.

Tutti i dati inviati vengono registrati ed elaborati in tempo reale da appositi software, in modo da poter inviare in un momento successivo ai punti luce gli eventuali comandi di accensione, di spegnimento e di riduzione del flusso luminoso.

Il sistema che sfrutta le onde convogliate funziona realizzando la sovrapposizione dell'energia elettrica necessaria alla sorgente luminosa, dotata di una frequenza di 50Herzt, e un segnale con una frequenza diversa e maggiore della precedente, che è modulato dell'informazione da inviare e ricevere. Le due frequenze sono successivamente divise mediante dei filtraggi e delle separazioni degli intervalli di frequenza.

Si suppone che questa tecnologia, applicata sull'illuminazione pubblica, possa essere un'ottima soluzione per la riduzione dell'inquinamento luminoso e in fatto di risparmio energetico. Infatti dal punto di vista energetico si ha una riduzione dei consumi pari a circa il 45% e questo si può ottenere con delle semplici azioni quali:

- l'accensione o lo spegnimento dei punti luce mediante un orologio astronomico
- la riduzione graduale del flusso luminoso degli apparecchi illuminanti
- l'ottimizzazione dei cicli di funzionamento
- l'eliminazione delle accensioni durante il giorno alla ricerca di eventuali sorgenti luminose guaste (controllo visivo), questo comporta una riduzione del 55% dei costi di manutenzione
- la riduzione di eventuali dispersioni presenti sulla linea elettrica causate dal basso fattore di potenza

Questa tecnologia offre inoltre altri servizi, semplicemente inserendo degli altri sensori si può, ad esempio, rilevare la qualità dell'aria, attuare una semplice videosorveglianza, una trasmissione wi-fi, il monitoraggio dei consumi energetici degli edifici pubblici e del traffico, o creare delle colonnine per la ricarica delle automobili elettriche.

Tutto questo introduce una delle nuove tecnologie dell'illuminazione pubblica, denominata “smart city”.

Per “smart city” si intende un insieme di interventi atti a rendere la città più sostenibile dal punto di vista energetico e ambientale, migliorando anche la qualità di vita dei cittadini.

I lampioni, presenti in questo tipo di impianti, sono definiti “intelligenti e multifunzionali<sup>29</sup>”. Dotati dei sensori adeguati possono rilevare il profilo di attività di una zona pubblica o di una strada e, in base a questa informazione, regolare in modo automatico e adattativo per ogni giorno dell'anno, il flusso luminoso di ogni singola sorgente. Questi lampioni sono utili nelle arterie veicolari o pedonali importanti.

Inoltre va sottolineato come il progresso continui ad avanzare, tanto che si sta già parlando di lampioni che trovano il parcheggio! A Bologna<sup>30</sup> si stanno testando i lampioni del “futuro”, messi a punto all'interno dello “Smart service cooperation lab”, a San Giovanni in Persiceto, Cesenatico.

Gli “smart street light” sono dotati di sensori che captano tutte le informazioni dell'ambiente circostante, di centraline Arpa per le rilevazioni atmosferiche, in grado di fornire informazioni sul meteo, sul vento e sull'umidità.

Inoltre, questi lampioni sono collegati ai sensori a energia solare situati nei posti auto delineati dalle strisce blu: una volta che si posteggia l'auto, il sensore viene coperto e comunica che il posto auto é occupato. Si possono collegare inoltre i “totem multimediali” con touch-screen o i pannelli a led per fornire informazioni agli automobilisti.

Il tutto funziona sempre con la tecnologia a onde convogliate, considerando la rete elettrica come un'estesa rete Lan: su ogni

---

29 [www.progettolumiere.enea.it](http://www.progettolumiere.enea.it)

30 A. Rinaldi, I lampioni del futuro? Ti trovano il parcheggio, Corriere di Bologna, 09/03/13

lampioni è installato un modem Plc, che permette di trasmettere i dati digitali con una velocità di trasmissione di 100 megabit al secondo.

Indubbiamente tutti questi sistemi elencati permettono notevoli risparmi energetici, ciò nonostante vanno usati dove il rientro economico dell'investimento iniziale è calcolato in tempi inferiori alla vita media dell'impianto da adeguare, ad esempio per impianti con potenza inferiore a 3,5kW non è consigliabile eseguire un sistema centralizzato, in quanto non risulterebbe economicamente conveniente.

Tuttavia, non si può non considerare che l'illuminazione pubblica rappresenta circa il 12,6%<sup>31</sup> del consumo energetico annuo italiano e l'uso delle nuove tecnologie comporterebbe una riduzione del 30%, che corrisponde a un risparmio di 400 milioni di euro all'anno.

Dopo questa veloce panoramica, di seguito si possono riassumere le regole base per contenere i costi di gestione e nel contempo limitare l'inquinamento luminoso:

- evitare che qualsiasi tipo di luce illumini direttamente ed oltre l'orizzonte

---

31 A.Lamboglia, Illuminazione pubblica: stop agli sprechi, arriva il progetto Lumiere, 31/01/13, [www.ilcambiamento.it](http://www.ilcambiamento.it)

- non sprecare il basso flusso luminoso al di fuori della zona da illuminare
- evitare un eccesso di illuminazione
- spegnere le luci quando l'area non è in uso. In alcuni comuni si sta sperimentando anche lo spegnimento programmato di alcune zone e in alcuni orari particolari per ottenere un risparmio energetico, coinvolgendo anche la polizia municipale per ottenere il loro benestare in fatto di sicurezza
- obiettivo per la crescita zero del flusso totale installato
- limitare la lunghezza d'onda corta, cioè l'emissione di luce blu

Si possono riassumere anche le sorgenti luminose consentite, che sono<sup>32</sup> :

- per l'illuminazione stradale le lampade a vapori di sodio ad alta e bassa pressione con potenze relative alla classificazione illuminotecnica della strada
- per l'illuminazione pedonale le lampade a vapori di sodio ad alta pressione e, in casi specifici e limitati, come nelle zone ritenute pericolose perché caratterizzate da una difficile individuazione dei pedoni, è consentito l'uso delle ioduri metallici con efficienza maggiore di 90 lm/W,

---

32 Legge Provinciale 16/07, allegato D

- per l'illuminazione di impianti sportivi si possono usare le tradizionali lampade a ioduri metallici
- per l'illuminazione di parchi, di piste ciclabili e di zone residenziali si possono usare le lampade a fluorescenza, a vapori di sodio ad alta pressione e, in casi specifici e limitati, le ioduri metallici con efficienza maggiore di 90lm/W

## **2.2 Dispositivi ausiliari concessi dal codice della strada**

Oltre alle tecnologie e sorgenti luminose esposte, si possono utilizzare anche dispositivi di segnalazione denominati passivi, tipo gli eyes-cat (comunemente chiamati occhi di gatto<sup>33</sup> o delineatori) e la segnaletica orizzontale stradale effettuata mediante vernice luminescente, per contenere l'inquinamento luminoso determinato dall'illuminazione stradale pubblica.

Gli occhi di gatto sono dispositivi inventati nel 1934, usati nel Regno Unito per l'illuminazione stradale, funzionanti ad energia solare, dotati di catarifrangente a depressione e, solitamente, di una base in ghisa (gli ultimi modelli omologati, sono prodotti in plastica riciclata), di un inserto in gomma e di catadiottri di cristallo di altissima qualità (Swarovski), utilissimi in condizioni meteorologiche avverse, come ad esempio in caso di nebbia o di pioggia intensa, in quanto studiati per essere visti

---

33 Quelle luci salvavita.pdf, [www.instrada.eu](http://www.instrada.eu)

nitidamente in tali frangenti e garantire un'eccellente percezione all'automobilista dell'eventuale presenza di ostacoli sulla carreggiata.

Gli occhi di gatto (fig.21) sono nati sulle strade britanniche come dispositivi integrativi di sicurezza.

In Italia, sono usati a Orzinuovi, Brescia, dal 2007, per cercare di ridurre gli incidenti mortali su un tratto di strada scarsamente visibile di notte, ottenendo il risultato sperato, infatti dopo sei mesi dall'installazione su quel tratto non si è verificato nessun incidente.

Di seguito si può vedere un modello installato (fig.21):



*Figura 21: Esempio di eyes-cat*

La parte di ghisa viene incassata nella pavimentazione, la cavità viene riempita con un materiale bicomponente che integra il dispositivo all'asfalto.

Il passaggio dei veicoli sull'inserito in gomma crea un'azione di strofinamento della gomma stessa sui cristalli Swarovski che assicura

una costante pulizia del corpo riflettente e quindi un'azione illuminante costante nel tempo.

Esistono i modelli monofacciali e bifacciali e per la loro disposizione si rispettano determinate distanze, a seconda che si tratti di un rettilineo, di una curva più o meno pericolosa o di uno svincolo autostradale.

Questa tecnologia comincia ad essere molto usata nei tratti di autostrada simili a quelli presenti nella pianura padana.

La casa produttrice garantisce una vita media del dispositivo pari a cinque anni.

Anche il codice della strada accenna ai segnalatori luminosi a luce fissa incassati nella carreggiata e rivolti verso la direzione di provenienza dei veicoli, con colorazione corrispondente alla segnaletica orizzontale, posti ai bordi della carreggiata, lungo le strisce continue o di mezzzeria.

Nell'immagine successiva (fig.22) si può osservare un tratto di strada dotato di questi dispositivi.



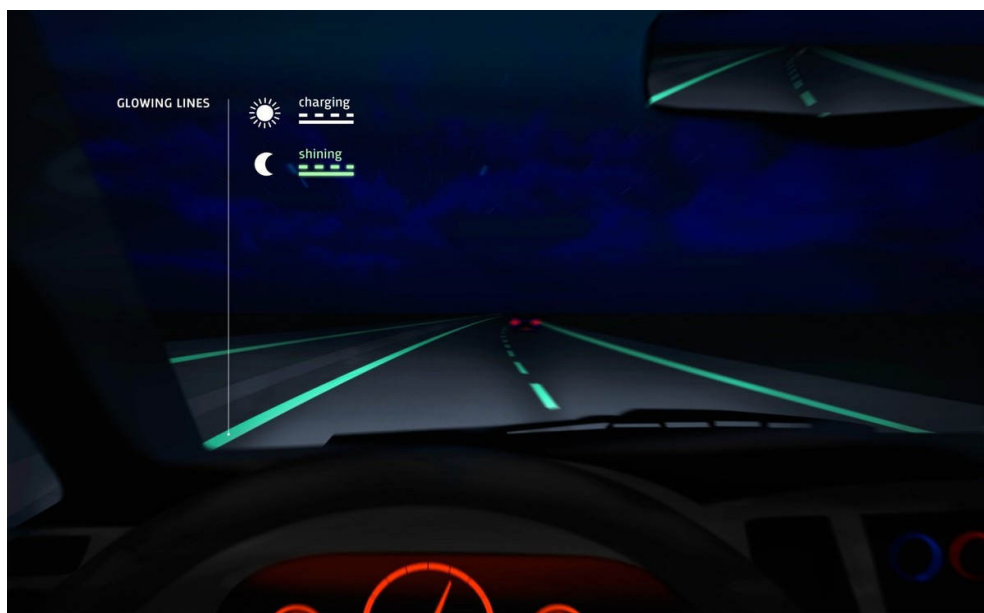
*Figura 22: Svincolo autostradale dotato di eyes-cat*

Oltre agli occhi di gatto, si può evitare di illuminare con la tradizionale illuminazione alcuni svincoli stradali usando la segnaletica orizzontale

eseguita con vernice luminescente, che è in grado di assorbire l'energia solare durante il giorno, risparmiando l'energia della rete elettrica, e utilizzandola per illuminare durante la notte il manto stradale.

Alcune autostrade dei Paesi Bassi useranno questo metodo di illuminazione sperimentale a partire dalla metà del 2013 e, se i risultati ottenuti saranno quelli ipotizzati e sperati, questo sistema sarà eseguito in altri tratti di strade e autostrade, anche in altri Paesi.

L'immagine di seguito riportata (fig. 23) rappresenta come saranno le strade se saranno dotate di questo sistema di segnaletica orizzontale.



*Figura 23: Nuova segnaletica orizzontale*

## **CAPITOLO 3**

### **RISPARMIO ENERGETICO E VALUTAZIONE ECONOMICA**

#### **3.1 Risparmio energetico e valutazione economica**

Applicando le regole suggerite dalle leggi regionali, si possono ottenere degli ottimi risultati in fatto di risparmio energetico. Considerando semplici esempi, come la sostituzione di lampade esistenti con dei modelli di potenza inferiore, ma con efficienza luminosa maggiore, oppure l'installazione nell'impianto esistente dei sistemi di riduzione del flusso sopra esposti o semplicemente attraverso lo spegnimento dell'impianto in orari prestabiliti.

Per chiarire meglio, si possono considerare alcuni esempi: in Italia si calcola che la spesa energetica relativa all'illuminazione pubblica si aggiri attorno al miliardo di euro.

Se si confronta l'Italia ad altri paesi, si può notare che la spesa della Gran Bretagna è un terzo rispetto all'Italia, e quella della Germania è metà<sup>34</sup>. Si ipotizza che entro il 2015 si potrà ottenere un dimezzamento dei consumi e del flusso luminoso e che negli anni successivi la spesa energetica continuerà a diminuire.

---

34 Legge di stabilità: risparmio energetico nell'illuminazione pubblica, [www.cielobuio.org](http://www.cielobuio.org) e [www.casa&clima.com](http://www.casa&clima.com)

I vantaggi derivanti dagli interventi per l'adeguamento degli impianti di illuminazione potrebbero, perciò, tradursi in un risparmio pari a qualche centinaio di milioni all'anno.

Il Comune di Chiampo, nella provincia di Vicenza, ad esempio, ha sostituito 502 lampade a vapori di mercurio, nel 2009, installando quelle a vapori di sodio ad alta pressione con una potenza di 70W, inferiore a quella delle precedenti sorgenti luminose; ottenendo così un risparmio energetico pari a 50%, con delle punte che arrivano anche al 73%.

Se si adeguano gli impianti, sostituendo le lampade e installando i riduttori di flusso, si possono ottenere dei risparmi sulla fattura pari al 25-30%; se invece di attuare questi interventi si decide di sostituire solo gli alimentatori ferromagnetici con quelli elettronici, si ottiene un risparmio minore che si aggira intorno al 5-10%.

In ogni caso, se si traducono queste percentuali di risparmio energetico in euro, si notano sicuramente degli importi che nessun ente pubblico può permettersi di ignorare.

Molti Comuni dall'entrata in vigore della Legge hanno effettuato interventi più o meno importanti nel proprio territorio. A tal proposito di seguito si evidenziano alcuni dati che possono far comprendere l'importanza del risparmio energetico, soprattutto perchè la spesa pubblica finisce con l'incidere poi sulla spesa pro-capite dei cittadini.

In alcune città italiane con i primi interventi si è installato un sistema di telecontrollo punto-punto, dotato di un orologio astronomico abbinato a un sensore crepuscolare, per poter spegnere l'illuminazione pubblica nelle zone extraurbane a traffico limitato, ottenendo un risparmio energetico quotidiano di circa 10%, sulle ore totali di funzionamento dell'impianto. Se aggiungiamo questo alla percentuale del 35%, già accennata e ottenuta grazie al telecontrollo, si può parlare certamente di un ottimo risparmio.

Alcuni comuni, per poter rientrare con le spese di gestione, hanno pensato di sperimentare lo spegnimento programmato dell'impianto d'illuminazione dalle ore 1:00 alle ore 5:00, cioè quando si suppone non ci sia necessità di illuminare alcune strade, soprattutto dove il traffico veicolare si riduce dell'80% nelle ore notturne.

In particolare, il Comune di Piove di Sacco nel padovano, per passare dalla fase sperimentale alla fase definitiva, ha chiesto anche un parere alla Polizia Municipale, che ha dato il suo benestare.

Per capire di che risparmio si sta parlando, si può fare un esempio di un vecchio impianto con le classiche lampade a vapori di mercurio da 125W e quelle a vapori di sodio da 70W.

Nel calcolo seguente, per rendere lo stesso molto semplice, si può considerare la sola potenza della lampada, senza considerare tutti gli altri dispositivi che compongono l'apparecchio illuminante.

Nell'esempio a seguire, per la valutazione economica di un impianto di illuminazione esterna, si farà un confronto fra una lampada a vapori di mercurio che ha una potenza di 125W e un consumo energetico di 125Wh e che fornisce un flusso luminoso pari a 6300 lumen, e una lampada a vapori di sodio.

Per l'adeguamento alle leggi regionali, si ipotizza di installare una lampada a vapori di sodio ad alta pressione, che sarà scelta in base ai lumen forniti; per cui tenendo in considerazione questa caratteristica, dai cataloghi dei produttori, si sceglierà quella che possiede il flusso luminoso più vicino alle caratteristiche della lampada a vapori di mercurio da 125W, per cui la scelta cadrà su una lampada a vapori di sodio ad alta pressione con potenza 70W e con un flusso luminoso di 6000 lumen.

Per semplicità, nei prossimi calcoli si considererà un impianto di 100 lampade, con accensione mediante crepuscolare e con funzionamento nel periodo invernale, questo per avere un lasso di tempo maggiore di funzionamento.

Il primo passo, sarà calcolare il consumo giornaliero di energia relativo alla prima sorgente luminosa, cioè quella a vapori di mercurio e che corrisponde a:

potenza singola lampada = 125W

quantità di lampade = 100pz

potenza totale = 125W x 100 lampade = 12500W

potenza totale x il tempo di funzionamento considerato

$$12500W \times 12 \text{ ore di funzionamento} = 150.000Wh$$

che trasformati in kWh (unità che poi si userà per il calcolo economico, in quanto la tariffa relativa all'energia è riferita ai kWh) diventano 150kWh.

Il calcolo del risparmio monetario che si sta per eseguire, non considera l'aumento negli anni della tariffa energetica, ma si vuole riferire solo a un calcolo delle potenze totali impegnate, mantenendo fisso il costo del kWh odierno.

Questo valore corrisponde ad una media dei costi presenti nella fattura energetica, che si riferisce alle due fasce orarie notturne (F2 e F3), nelle quali l'illuminazione pubblica è in funzione.

Il valore che se ne ottiene è comprensivo di corrispettivo, oneri e imposte, ed è pari a Euro 0,176 a kWh. In conclusione, riportando i valori ottenuti in precedenza :

totale energia x il costo energetico x un anno (in giorni)

$$150\text{kWh} \times 0,176\text{Euro} \times 352\text{giorni} = 9.292,80 \text{ Euro}$$

L'impianto, usato come esempio, senza aver effettuato alcun adeguamento alla legge regionale, comporta una spesa energetica annua di Euro 9.292,80.

Si ipotizza, ora, di eseguire un primo intervento all'impianto, decidendo di sostituire solo le lampade e installando quelle a vapori di sodio ad alta pressione da 70W. Per semplificare il calcolo, si esclude l'investimento iniziale e il relativo ammortamento:

potenza lampada a vapori di sodio = 70W,

quantità di lampade = 100pz

potenza totale = 70W x 100lampade = 7000W

potenza totale x il tempo di funzionamento considerato

$$7000\text{W} \times 12 \text{ ore di funzionamento} = 84.000\text{Wh}$$

che trasformati in kWh diventano 84kWh

potenza totale energia x il costo energetico x un anno (in giorni)

$$84\text{kWh} \times 0,176\text{Euro} \times 352\text{giorni} = 5.203,968\text{Euro}$$

Quindi, dopo l'adeguamento dell'impianto di illuminazione esterna alle leggi regionali, si può ottenere un risparmio annuo di Euro 4.088,832, corrispondente ad un risparmio energetico pari al 44%.

E questo sostituendo solo le sorgenti luminose.

Se a questa soluzione, se ne aggiungono altre, come per esempio applicare la riduzione del flusso o lo spegnimento in determinati orari, si può aumentare ulteriormente tale risparmio.

L'impianto sopra descritto ci fa risparmiare qualche migliaia di euro, impianti esistenti e dotati già di lampade di adeguata potenza, se spenti con sistemi riconosciuti e consentiti dalla legge, consentono di risparmiare anche centinaia di migliaia di euro, per arrivare anche a dimezzare la spesa sostenuta finora dai Comuni.

Si ipotizza che se si applicassero gli stessi sistemi per il risparmio energetico sul territorio nazionale, si potrebbero risparmiare anche milioni di euro.

Alcuni produttori di apparecchi illuminanti, per incentivare l'acquisto dei loro nuovissimi prodotti a led, hanno inserito nel proprio sito un file excel che evidenzia il risparmio energetico annuo che deriva dalla sostituzione della vecchia illuminazione con quella proposta a led.

Di seguito riporto un esempio del foglio "valutazione economica per la sostituzione dei corpi illuminanti".

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| Costo energia                   | 0,18€/kWh |
| Ore giornaliere accensione      | 10h       |
| Giorni di accensione in un anno | 240gg     |

Tabella 3 : dati iniziali per la valutazione economica

In questa tabella (tab.3) sono riportati solo i dati essenziali per convincere il futuro acquirente della validità della tecnologia led in fatto di risparmio energetico.

I dati iniziali sono valori standard e preimpostati, tuttavia è concesso di poter aumentarli e/o variare.

Come apparecchio illuminante si riporta un modello con lampada a ioduri metallici da 400W e lo si confronta con uno completo di tecnologia led, scegliendo i due corpi illuminanti in base al loro flusso luminoso.

Il primo dato da inserire nella seguente tabella di confronto dei consumi ( tab. 4) è la quantità di corpi illuminanti, che per semplicità si ipotizza nuovamente sia pari a 100:

|                                    |             |          |
|------------------------------------|-------------|----------|
| Corpi illuminanti                  | 100         | 100      |
| Potenza singolo corpo              | Ioduri 400W | Led 135W |
| Potenza singolo corpo+alimentatore | Ioduri 480W | Led 153W |

Tabella 4 : Confronto fra i consumi delle lampade a ioduri metallici e quelle al Led

In automatico, tramite formule preimpostate nel foglio di calcolo, si compileranno le caselle successive (tab.5):

|                             |           |          |
|-----------------------------|-----------|----------|
| Potenza totale (kW)         | 48kW      | 15,30kW  |
| Consumo energia annuo (kWh) | 115200kWh | 36720kWh |
| Costo annuo energia (€)     | 20736,00€ | 6610,00€ |

Tabella 5 : Confronto fra i consumi annui delle lampade a ioduri metallici e quelle al Led

Si ottengono nella prima colonna i risultati riferiti al modello con lampada a ioduri metallici da 400W, con un consumo di energia pari a 20.736 euro all'anno. Mentre nella seconda colonna, si ottiene il costo dell'energia per i modelli a Led e si ha un notevole risparmio.

Inoltre, va notato come la tecnologia led consenta di risparmiare 14.126, spendendo solo 6.610 euro all'anno.

Indubbiamente, dopo un semplicissimo click, si è spinti ad acquistare subito i proiettori a led; però, con la consapevolezza di quanto esposto in precedenza relativamente agli ultimi studi sui led e la loro pericolosa influenza sulla salute dell'uomo, si dovrebbe scegliere la tonalità calda; in particolare, preferendo la temperatura di colore inferiore a 3300K, meglio se 2700K.

Le immagini di seguito riportate servono per comprendere la diversità di visione e di sensazione che la tonalità di una sorgente luminosa infonde

nell'osservatore, la prima rappresenta un ambiente illuminato con tonalità calda, la seconda uno con quella fredda:



*Figura 24: Illuminazione con tonalità calda*



*Figura 25: Illuminazione con tonalità fredda*

Un altro esempio, più concreto, può essere quello relativo all'adeguamento dell'illuminazione pubblica eseguita da un comune padovano<sup>35</sup>.

Con più interventi e nuove realizzazioni dell'illuminazione pubblica, quest'ultimo è riuscito ad adeguarsi alla legge regionale 17/2009 e ad abbassare la spesa energetica relativa a questo settore.

Il progetto per realizzare il piano per il contenimento della spesa pubblica è iniziato con un rilievo dell'esistente: quantità dei punti luce,

---

<sup>35</sup> Si fa riferimento al Comune di Piove di Sacco, visione della relativa documentazione per gentile concessione del Dott. A. Bertolo

stato di fatto dei quadri elettrici di comando e dei corpi illuminanti dell'illuminazione stradale.

Tutti i dati rilevati sono stati poi informatizzati, creando una cartografia digitalizzata. Si è potuto, così, evidenziare dove si dovesse intervenire immediatamente e dove in futuro, creando un programma annuale riferito ai lavori pubblici di illuminazione.

Si è valutato, in questo programma di lavori, non solo l'aspetto tecnico impiantistico, ma anche quello progettuale e di controllo della gestione energetica, nonché quello contrattuale per la fornitura di energia.

Analizzando l'intera illuminazione pubblica, questo Comune ha potuto identificare delle zone dove è possibile spegnere completamente gli apparecchi illuminanti dall'una di notte fino alle cinque del mattino, ottenendo anche il parere favorevole della Polizia Municipale.

La quale, inoltre, afferma che questa nuova ordinanza del Sindaco, che obbliga lo spegnimento dell'illuminazione ad una certa ora in determinate zone, non aumenta la criminalità né diminuisce la sicurezza dei cittadini o delle strade.

Si è potuto, quindi, programmare tale spegnimento dell'illuminazione pubblica, usando in modo intelligente le risorse naturali e pubbliche.

Di seguito si riportano delle tabelle, dei grafici e delle immagini che sono stati realizzati per redigere il progetto illuminotecnico dell'illuminazione pubblica del Comune in questione.

Nella prima parte della documentazione di progetto è stata eseguita un'accurata analisi storica dell'evoluzione dell'illuminazione pubblica negli anni, dal 1999 nel quale si è fatto il primo rilievo degli impianti esistenti, fino al 2011, anno in cui si è redatto il progetto (Tab.6).

| <b>Anno</b> | <b>Spesa annua energia<br/>(in migliaia di euro)</b> | <b>Numero<br/>punti luce</b> |
|-------------|------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1999        | € 187                                                | 2338                         |
| 2000        | € 168                                                | 2515                         |
| 2001        | € 181                                                | 2623                         |
| 2002        | € 166                                                | 2648                         |
| 2003        | € 156                                                | 2818                         |
| 2004        | € 147                                                | 3166                         |
| 2005        | € 163                                                | 3437                         |
| 2006        | € 225                                                | 3514                         |
| 2007        | € 245                                                | 3719                         |
| 2008        | € 300                                                | 3850                         |
| 2009        | € 277                                                | 3981                         |
| 2010        | € 305                                                | 4159                         |
| 2011        | € 328                                                | 4480                         |

Tabella 6 : Analisi storica della spesa annua energetica e crescita dei punti luce

Nella tabella sopra esposta (tab. 6) si evidenzia come la crescita dei punti luce sia raddoppiata dal 1999, mentre la spesa energetica è aumentata ma non raddoppiata.

I dati sopra esposti sono stati inseriti in un grafico lineare (fig. 26). Come si può notare, anche se i punti luce sono raddoppiati, la spesa annua non è raddoppiata, bensì è rimasta pressochè invariata.

Nel grafico (fig. 26), infatti, si nota come le due linee non abbiano un andamento parallelo, ma crescano in modo differente. L'inclinazione della linea dei punti luce (di colore rosso) è crescente, mentre quella della spesa economica (di colore blu) rimane pressochè costante.

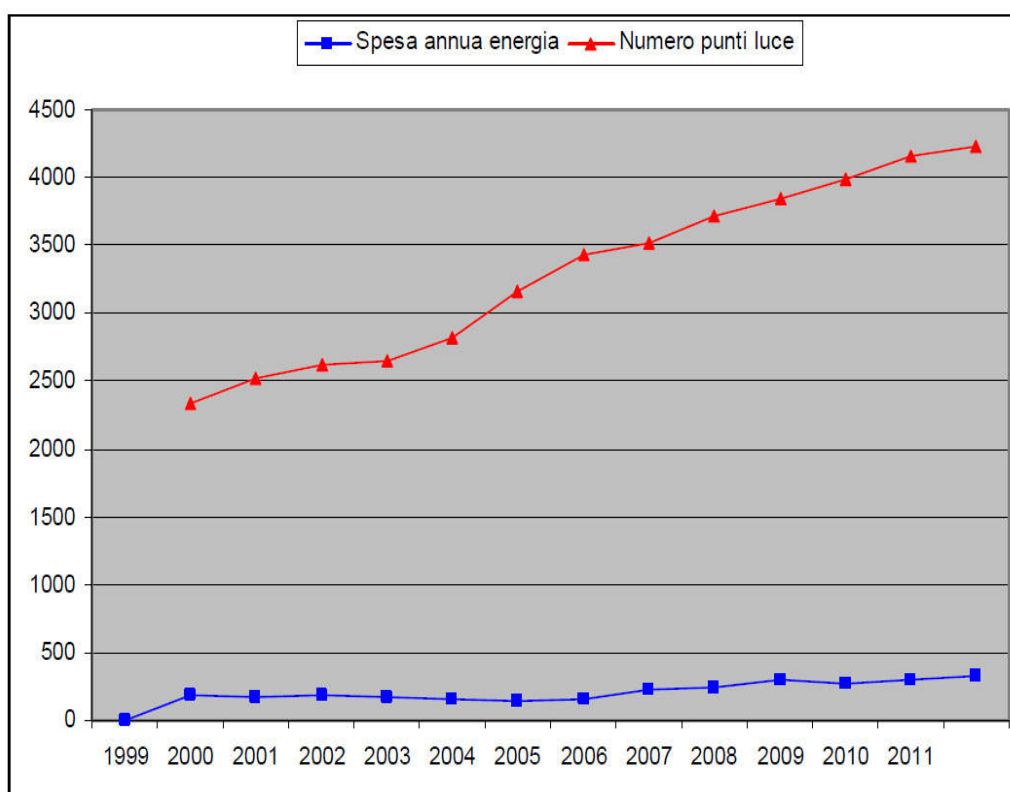


Figura 26: Grafico lineare andamento consumo energetico e crescita punti luce

Si riporta di seguito (fig. 27) l'analisi economica relativa alla previsione di spesa ipotizzata per l'anno 2012. L'analisi si è basata sullo studio di

una fattura di fornitura energetica, nella quale i consumi sono differenziati in tre fasce:

- le ore di fascia F1 sono comprese dalle ore 8.00 alle ore 19.00;
- di fascia F2 sono comprese dalle 7.00 alle 8.00 e dalle 19.00 alle 23.00;
- di fascia F3 sono comprese dalle 00.00 alle 7.00 e dalle 23.00 alle 24.00;

Nell'esempio riportato (fig. 27), le tariffe usate sono quelle applicate nell'anno 2011 dalla Cev-Global Power .

**ANNO 2012 (01/01/12-31/12/12)**

| Tariffe CEV-GLOBAL POWER 2012 (€/MWh)              | Lotto 4 |       |       |       |
|----------------------------------------------------|---------|-------|-------|-------|
|                                                    | Mono    | Multi |       |       |
|                                                    | F0      | F1    | F2    | F3    |
| Utenze in bassa tensione di illuminazione pubblica | 61,28   | 96,94 | 85,41 | 57,81 |
| Altre utenze in bassa tensione                     | 86,23   | 98,13 | 86,46 | 58,52 |
| Utenze in media tensione di illuminazione pubblica |         | 88,61 | 78,07 | 52,83 |
| Altre utenze in media tensione                     |         | 80,28 | 70,73 | 47,85 |

*Figura 27: Fattura Enel con in evidenza le tre fasce di consumo*

Nel calcolo di progetto riportato nelle prossime pagine si è ipotizzato che le stesse tariffe vengano applicate anche per l'anno 2012.

Nel progetto, si evidenzia, per il suddetto anno, una stima dei consumi suddivisa nelle tre fasce, con un consumo totale stimato, con il quale poi eseguire la valutazione economica di previsione (vedi fig. 28).

| <b>Distribuzione % dei consumi</b> |          |          |
|------------------------------------|----------|----------|
| F1 %                               | F2 %     | F3 %     |
| 3,7718%                            | 24,9381% | 71,2901% |

| <b>Consumi stimati per il 2012</b> |           |
|------------------------------------|-----------|
| kwh                                | 2.180.000 |

*Figura 28: Ipotesi dei consumi per l'anno 2012 nelle tre fasce*

Il valore di consumo calcolato verrà poi inserito nel foglio di calcolo, che darà origine alla fattura energetica (denominata anche bolletta di fornitura di energia) (vedi fig.29 e fig.30).

La fattura energetica si divide in quattro parti rappresentati rispettivamente:

- il corrispettivo per l'acquisto dell'energia, in questa voce si trova il costo pulito dell'energia, l'adeguamento e le perdite relative agli oneri distributivi
- gli oneri di dispacciamento
- i corrispettivi per l'uso della rete e il servizio di misura, cioè tutte quelle voci che servono per le sistemazioni impiantistiche, come ad esempio lo smaltimento delle centrali nucleari, la trasformazione del gasolio o di altre fonti energetiche
- le imposte, i costi erariali

| illuminazione pubblica                                     |     |            |             |            |  |
|------------------------------------------------------------|-----|------------|-------------|------------|--|
| Corrispettivo per acquisto energia                         |     |            |             |            |  |
| Energia assorbita                                          | UM  | Quantità   | Prezzo Uni  | Addebito   |  |
| F1: Peak                                                   | kWh | 82225,24   | € 0,096940  | 7.970,91   |  |
| F2:Mid level                                               | kWh | 543650,58  | € 0,085410  | 46.433,20  |  |
| F3: Off Peak                                               | kWh | 1554124,18 | € 0,057810  | 89.843,92  |  |
| Adeguamento indice                                         | UM  |            |             |            |  |
| F1: Peak                                                   | kWh | 82225,24   | € 0,009983  | 820,86     |  |
| F2:Mid level                                               | kWh | 543650,58  | € 0,009983  | 5.427,31   |  |
| F3: Off Peak                                               | kWh | 1554124,18 | € 0,009983  | 15.514,95  |  |
| Perdite di rete                                            |     |            |             |            |  |
| F1: Peak                                                   | kWh | 8880,33    | € 0,096940  | 860,86     |  |
| F2:Mid level                                               | kWh | 58714,26   | € 0,085410  | 5.014,79   |  |
| F3: Off Peak                                               | kWh | 167845,41  | € 0,057810  | 9.703,14   |  |
| Totale corrispettivo per acquisto e vendita                |     |            |             | 181.589,93 |  |
| Oneri dispacciamento                                       |     |            |             |            |  |
| Altri Oneri (del AEEG)                                     | kWh | 2415440    | 0,007338158 |            |  |
| Totale oneri di dispacciamento                             |     |            |             | 17.724,88  |  |
| Corrispettivi per l'uso della rete e il servizio di misura |     |            |             |            |  |
| Comp MIS3                                                  | kWh | 2180000,00 | € 0,000650  | 1.417,00   |  |
| Cmp TRAS                                                   |     |            |             |            |  |
| Energia assorbita                                          | kWh | 2180000,00 | € 0,004260  | 9.286,80   |  |
| Distr. Quota energia                                       | kWh | 2179999,00 | € 0,012940  | 28.209,19  |  |
| Corr. Commmerc. Vendita                                    | kWh | 2179999,00 | € 0,001330  | 2.899,40   |  |
| Rid Prezzo Comm Vendita                                    | kWh | 2179999,00 | -€ 0,000360 | - 784,80   |  |
| Parte A2                                                   | kWh | 2180000,00 | € 0,001500  | 3.270,00   |  |
| Parte A3                                                   | kWh | 2180000,00 | € 0,018200  | 39.676,00  |  |
| Parte A4                                                   | kWh | 2180000,00 | € 0,001500  | 3.270,00   |  |
| Parte A5                                                   | kWh | 2180000,00 | € 0,000200  | 436,00     |  |
| Parte UC3                                                  | kWh | 2180000,00 | € 0,000830  | 1.809,40   |  |
| Parte UC6                                                  | kWh | 2180000,00 | € 0,000390  | 850,20     |  |
| Comp MCT                                                   | kWh | 2180000,00 | € 0,000170  | 370,60     |  |
| Cop utenze disagiate                                       | kWh | 2180000,00 | € 0,000590  | 1.286,20   |  |
| Totale corrispettivi per uso rete e servizio misura        |     |            |             | 91.995,99  |  |

Figura 29: Fattura energia elettrica

| Imposte            |     |            |            |            |
|--------------------|-----|------------|------------|------------|
| Imposta erariale   | kWh | 2180000,00 | € 0,012100 | 26.378,00  |
| Totale Imposte     |     |            |            | 26.378,00  |
| Imponibile         |     |            |            | 317.688,80 |
| Totale con iva 21% |     |            |            | 384.403,45 |

Figura 30: Fattura energetica

Tutti i dati sopra esposti si possono riassumere nella tabella sotto riportata (fig. 31):

| NUMERO IMPIANTI | NUMERO PUNTI LUCE | POTENZA (kW) | CONSUMO ANNUO (kWh) | SPESA PREVISTA 2012 (€) |
|-----------------|-------------------|--------------|---------------------|-------------------------|
| 154             | 4.480             | 495          | 2.180.000           | 383.000                 |

Figura 31: Tabella riassuntiva dei dati previsionali

Il progetto illuminotecnico di Piove di Sacco introduce la richiesta da parte dell'amministrazione comunale di ridurre la spesa energetica, in quanto nel bilancio dell'anno precedente la stessa spesa ha un importo molto minore di quello sopra esposto.

Da qui la necessità di ideare un sistema immediato per risparmiare sull'energia pubblica.

Il suggerimento del tecnico incaricato del progetto illuminotecnico relativo all'illuminazione stradale è semplice. Se non c'è la possibilità di intervenire sull'impianto, perchè non ci sono i fondi necessari, l'unica soluzione ovvia è lo spegnimento di parte dell'illuminazione stradale.

Utilizza la tecnica tuttanotte-mezzanotte applicata non solo ai singoli punti luce alterni di uno stesso impianto, ma ad un'intera zona o via.

La sperimentazione attuata nel padovano, di spegnere l'illuminazione in alcune zone, ha dato in conclusione un ottimo risultato.

## **CAPITOLO 4**

### **ESEMPIO DI APPLICAZIONE DI SOLUZIONI PROPOSTE DALLA LEGGE REGIONALE N.17/2009**

#### **4.1 Esempio pratico di adeguamento dell'illuminazione di un parcheggio privato**

A conferma di quanto possa essere semplice applicare ciò che si è affermato in linea teorica, viene prospettato un esempio pratico per realizzare l'adeguamento dell'illuminazione di un parcheggio privato, secondo i requisiti richiesti dalla Legge Regionale n.17/2009.

Le leggi regionali prevedono la redazione di un progetto illuminotecnico, per l'adeguamento degli impianti esistenti di illuminazione esterna, se dotati di un numero di apparecchi luminosi non minore di cinque, eseguito solo da progettisti accreditati.

Nell'esempio pratico seguente viene considerato lo studio di un impianto di illuminazione esterna privata esistente, dotato di sei apparecchi, e poi sistemato come richiesto dalla Legge Regionale n.17/2009, utilizzando due soluzioni concesse dalla normativa stessa.

Si procede inizialmente elaborando una relazione valutante le due soluzioni proposte: vengono confrontati i dati tecnici e i risultati illuminotecnici degli apparecchi illuminanti, il tutto è presentato poi nelle schede tecniche elaborate (vedi appendice 1) dal software illuminotecnico usato; e a conclusione viene effettuato un confronto economico tra l'investimento iniziale e l'effettivo risparmio energetico raggiunto con le varie soluzioni.

Nella rilevazione iniziale del sito considerato, un parcheggio privato, si rileva un impianto dotato di sei proiettori asimmetrici con lampada a ioduri metallici da 250W. La posizione degli apparecchi illuminanti è a terra, con proiezione del fascio luminoso dal basso verso l'alto.

Tale sistema era un tempo molto usato e ancora oggi viene scelto da qualcuno per nascondere all'osservatore la sorgente luminosa. Questo metodo, tuttavia, è sconsigliato dalle leggi regionali, perché, pur posizionando il proiettore nel miglior dei modi in traiettoria, una minima parte del fascio luminoso dello stesso esce dalla sagoma dell'edificio che si sta illuminando.

La legge esorta ad illuminare i parcheggi e le facciate private con il metodo di illuminazione dall'alto verso il basso, scegliendo i proiettori di tipo asimmetrico e posizionandoli con una inclinazione entro i 90°, quindi parallela al suolo. L'illuminazione che si ottiene ha un effetto completamente diverso dal precedente, ovviamente il primo è più omogeneo rispetto al secondo. Quest'ultimo realizza un'illuminazione a

fasci e, sulla facciata dell'edificio illuminato, si vedono delle zone d'ombra.

Anche per quanto riguarda le illuminazioni notturne dei parcheggi privati, esse sono eseguite, solitamente, come deterrente per la criminalità, nella diffusa convinzione che più luce equivalga a meno furti. Come esposto nella prima parte di questo elaborato (vedi pag.30), questa teoria non ha un riscontro nella realtà, infatti, illuminando a giorno una facciata si agevolano i criminali: la visibilità creata dall'illuminazione esterna è ottima per qualsiasi loro operazione (ad esempio lo scasso e la fuga evitando qualsiasi ostacolo).

Se, infine, l'obiettivo è quello di illuminare l'area privata durante la notte per agevolare il controllo da parte delle guardie notturne, l'illuminazione dall'alto verso il basso risulta la migliore, perché non c'è il problema dell'abbagliamento, presente nel primo metodo con i proiettori posizionati a terra.

Quindi, per eseguire l'intervento nel caso analizzato, nel rispetto delle leggi regionali, il primo passo da effettuare è cambiare la posizione dei proiettori, spostandoli da terra e posizionandoli sulle facciate.

Il secondo passo consiste nel valutare la possibilità di sostituire la sorgente luminosa, per abbassare la potenza a parità di flusso luminoso. Come prima soluzione alternativa, si propone un proiettore asimmetrico con lampada a vapori di sodio ad alta pressione da 150W. La scelta di questo modello di apparecchio è stata fatta mettendo a confronto i flussi luminosi delle due sorgenti, questa appena proposta e quella da 250W

presente sul sito analizzato. I dati dei singoli apparecchi sono riportati nelle prime pagine del progetto, eseguito con un programma dedicato allo scopo, che utilizza le più importanti marche di apparecchi illuminotecnici.

Si propone, infine, un'ulteriore soluzione: un proiettore asimmetrico con sorgente luminosa a Led da 170W, con flusso luminoso leggermente maggiore di quello della lampada a vapori di sodio ad alta pressione da 250W. Questo per evidenziare il risparmio energetico che si potrebbe ottenere, scegliendo l'apparecchio illuminante in base al flusso luminoso, come richiesto dalle leggi regionali.

Il lavoro di adeguamento prevede un progetto iniziale formato da schede tecniche che evidenziano le caratteristiche dei tre proiettori, tabelle di luminanza (richieste dai comuni nei progetti di adeguamento) e rendering 3D per mostrare l'effetto visivo delle tre soluzioni. Il programma usato non contempla il risparmio energetico, che si riporta, comunque, di seguito.

Nel calcolo successivo si usano le potenze delle singole lampade (si fa riferimento alle allegate schede degli apparecchi) moltiplicate per la quantità usata nell'illuminazione, per le ore, per i giorni di funzionamento. Per eseguire un progetto completo si inseriscono anche i prezzi dei singoli proiettori, considerando, quindi, anche l'investimento iniziale.

Il primo ipotetico investimento da considerare è quello per l'acquisto di sei proiettori con lampada a vapori di sodio ad alta pressione da 250W, il prezzo riportato è preso dal listino del produttore del proiettore, ed è pari a una spesa di acquisto di euro 1.182,00 (euro 197,00 cadauno per sei proiettori).

Innanzitutto si considerano i dati esposti per tutte e tre le soluzioni prese in esame, in quanto i valori di riferimento non dipendono dalla tipologia dell'impianto, ma dalla tariffazione dell'energia e dal tempo di funzionamento.

Per calcolare la spesa energetica annua dell'impianto realizzato si devono eseguire i calcoli esposti nelle seguenti tabelle.

Nella tabella sotto riportata (tab. 8) si evidenziano i parametri iniziali di caratterizzazione dell'impianto:

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| Costo energia                   | 0,18€/kWh |
| Ore giornaliere accensione      | 10h       |
| Giorni di accensione in un anno | 240gg     |

Tabella 8: Parametri iniziali di calcolo

Si riportano, poi, le caratteristiche dei proiettori con lampada ai vapori di sodio da 250W (fig. 32 e tab.9), presenti nelle schede tecniche di progetto:

### Scena esterna prima dell' adeguamento / Lista pezzi lampade

6 Pezzo Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5  
 Articolo No.:  
 Flusso luminoso lampade: 13120 lm  
 Potenza lampade: 274.0 W  
 Classificazione lampade secondo CIE: 100  
 CIE Flux Code: 44 87 100 97 64  
 Dotazione: 1 x HPI-TP250W/643 (Fattore di correzione 1.000).

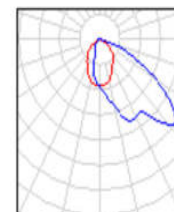


Figura 32: Caratteristiche tecniche proiettori con lampada a vapori di sodio da 250W

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| Quantità dei corpi illuminanti | 6    |
| Potenza singolo corpo          | 250W |
| Potenza proiettore             | 274W |

Tabella 9: Quantità e potenza corpi illuminanti

Di seguito (tab. 10) si calcola la potenza totale (kW) data dalla potenza del singolo proiettore per la quantità di corpi illuminanti presenti nello stesso, il tutto diviso 1000.

Successivamente si determina il valore di consumo annuo dell'impianto: si moltiplica la potenza totale (kW) per il numero di ore e per i giorni di funzionamento dell'illuminazione esterna (kWh).

Infine, si determina il costo annuo dell'energia, moltiplicando il consumo annuo in kWh per il costo del kWh (0,18 Euro):

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| Potenza totale (kW)         | 1,64kW    |
| Consumo energia annuo (kWh) | 3945,6kWh |
| Costo annuo energia (€)     | 710,21€   |

Tabella 10: Potenza e consumi proiettori da 250W ai vapori di sodio

Riassumendo:

Costo acquisto proiettori sodio da 250W : Euro 1182,00

Costo energetico per un anno di funzionamento: 710,21 Euro

Nel rendering 3D successivo si può osservare l'effetto visivo dell'illuminazione non adeguata, da terra, della facciata (fig. 33). Si è cercato di posizionare i proiettori con angoli molto piccoli, tuttavia dall'immagine si può notare il fascio luminoso che esce dalla sagoma dell'edificio.

#### Scena esterna prima dell' adeguamento / Rendering 3D

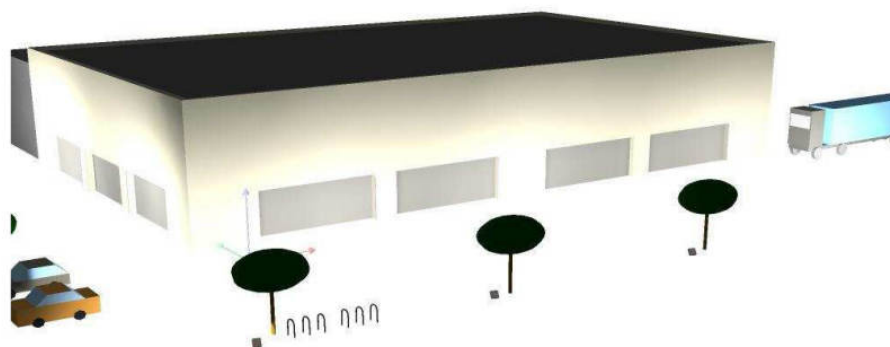
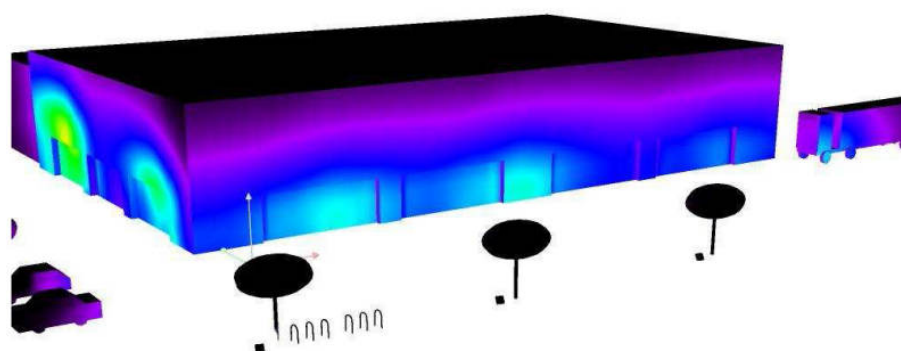


Figura 33: Illuminazione da terra con proiettori dotati di lampada a vapori di sodio da 250W

Di seguito si riporta un'altra immagine (fig. 34) a colori sfalsati della stessa illuminazione.

Scena esterna prima dell' adeguamento / Rendering colori sfalsati



*Figura 34: Illuminazione, a colori sfalsati, con proiettori dotati di lampada a vapori di sodio da 250W*

Si procede con gli stessi calcoli, precedentemente esposti, per la soluzione con otto proiettori, con lampada a vapori di sodio ad alta pressione da 150W, installati a parete sulla facciata dell'edificio.

Si realizza, in questo modo, un'illuminazione con proiezione del fascio luminoso dall'alto verso il basso, come richiesto dalla Legge Regionale.

In questa proposta si considerano otto proiettori, perchè installandone solo sei non si riuscirebbe ad illuminare entrambi i lati dell'edificio. La scelta della potenza da 150W, a discapito dell'illuminazione, perchè il flusso luminoso è inferiore a quello dei proiettori da 250W, è stata fatta per ottenere un risparmio energetico pari a quello ottenibile con la seconda alternativa suggerita: i proiettori con lampade a Led.

L'investimento per l'acquisto degli otto proiettori è pari a euro 1.240,00 (euro 155,00 cadauno per otto proiettori).

Nella tabella successiva (tab. 11), si evidenziano le caratteristiche dei proiettori con lampada a vapori di sodio ad alta pressione da 150W, (fig. 35):

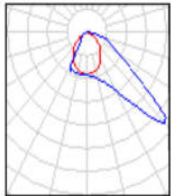
| Scena esterna dopo l' adeguamento / Lista pezzi lampade |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 Pezzo                                                 | Philips RVP251 1xSON-T150W A/45<br>Articolo No.:<br>Flusso luminoso lampade: 8700 lm<br>Potenza lampade: 169.0 W<br>Classificazione lampade secondo CIE: 100<br>CIE Flux Code: 51 90 100 97 57<br>Dotazione: 1 x SON-T150W (Fattore di correzione 1.000). |   |

Figura 35: Caratteristiche tecniche proiettori con lampada a vapori di sodio da 150W

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| Quantità dei corpi illuminanti | 8    |
| Potenza singolo corpo          | 150W |
| Potenza proiettore             | 169W |

Tabella 11: Quantità e potenza corpi illuminanti

e il consumo e il costo annuo dell'energia (tab. 12):

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| Potenza totale (kW)         | 1,35kW  |
| Consumo energia annuo (kWh) | 3240kWh |
| Costo annuo energia (€)     | 583,20€ |

Tabella 12: Potenza e consumi proiettori da 150W ai vapori di sodio

Riassumendo:

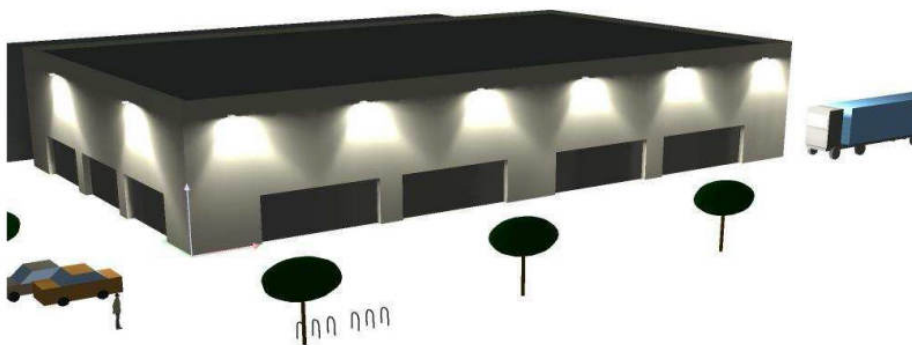
Costo acquisto proiettori a vapori di sodio da 150W : Euro 1240,00

Costo energetico per un anno di funzionamento: 583,20 Euro

Nel rendering 3D successivo si può osservare l'effetto visivo dell'illuminazione dalla facciata con la prima soluzione proposta: sorgenti luminose ai vapori di sodio (fig. 36). Si è cercato di posizionare i proiettori con angoli prossimi all'orizzonte e con un'inclinazione di 90° rispetto alla parete di ancoraggio. Si nota, dall'immagine, la creazione delle zone d'ombra e dei coni di luce sulla facciata da parte dei fasci luminosi dei proiettori.

---

**Scena esterna dopo l' adeguamento / Rendering 3D**



*Figura 36: Illuminazione dall'alto con proiettori dotati di lampada a vapori di sodio da 150W*

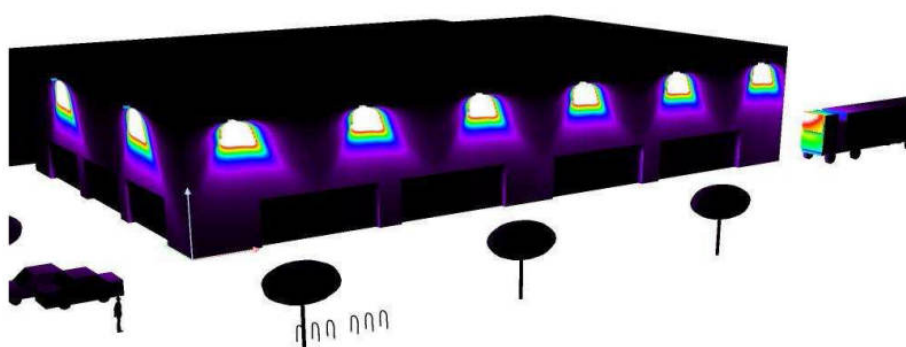
Di seguito si riporta un'altra immagine (fig. 37) a colori sfalsati della

stessa illuminazione.

---

**Scena esterna dopo l' adeguamento / Rendering colori sfalsati**

---



*Figura 37: Illuminazione a colori sfalsati con proiettori dotati di lampada a vapori di sodio da 150W*

Lo stesso identico procedimento è usato per la soluzione successiva, nella quale si cambia il modello di proiettore, scegliendo un modello con tecnologia a Led da 170W.

Il proiettore scelto è dotato di 96 Led ad alta efficienza e con tonalità del colore pari a 4000K. Questo modello è molto impegnativo a livello economico, infatti il singolo apparecchio costa, secondo un listino 2012, euro 2.170,00. L'investimento iniziale è, quindi, pari a 17.360 euro (euro 2.170,00 cadauno per otto proiettori).

Di seguito si riportano le stesse tabelle delle soluzioni precedenti, per analizzare le caratteristiche della soluzione con la tecnologia Led (fig. 38 e tab. 13):

### Scena esterna dopo l' adeguamento c/led / Lista pezzi lampade

8 Pezzo Philips BVP506 GCA 1xEco170-2S/740 A/60  
 Articolo No.:  
 Flusso luminoso lampade: 14275 lm  
 Potenza lampade: 164,8 W  
 Classificazione lampade secondo CIE: 100  
 CIE Flux Code: 36 73 98 100 83  
 Dotazione: 1 x ECO170-2S/740 (Fattore di  
 correzione 1.000).

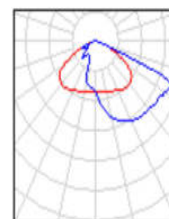


Figura 38: Caratteristiche tecniche proiettori con lampada a Led da 170W

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| Quantità dei corpi illuminanti | 8      |
| Potenza singolo corpo          | 170W   |
| Potenza proiettore             | 164,8W |

Tabella 13: Quantità e potenza corpi illuminanti

e il consumo e il costo annuo dell'energia (tab. 14):

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| Potenza totale (kW)         | 1,32kW  |
| Consumo energia annuo (kWh) | 3168kWh |
| Costo annuo energia (€)     | 570,24€ |

Tabella 14: Potenza e consumi proiettori a Led da 170W

Riassumendo:

Costo acquisto proiettori con lampada a Led da 170W : Euro 17.360,00

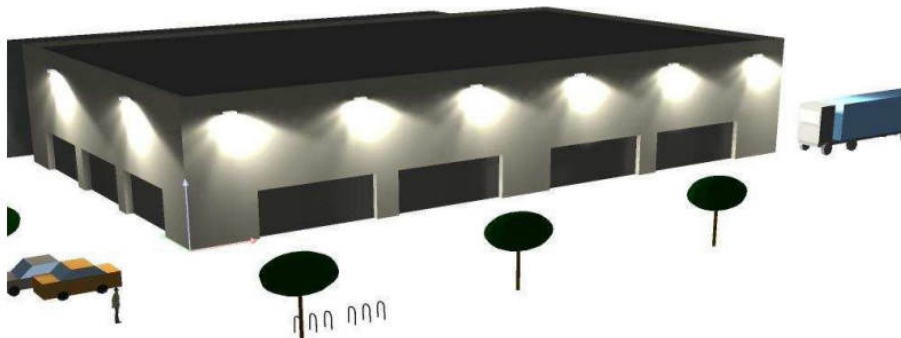
Costo energetico per un anno di funzionamento: 570,24 Euro

Si nota, dall'immagine (fig. 39), che anche con questa soluzione, si ha la creazione delle zone d'ombra e dei coni di luce sulla facciata da parte dei fasci luminosi dei proiettori. Questo è dovuto dal tipo di installazione e non dal modello dei proiettori scelti.

---

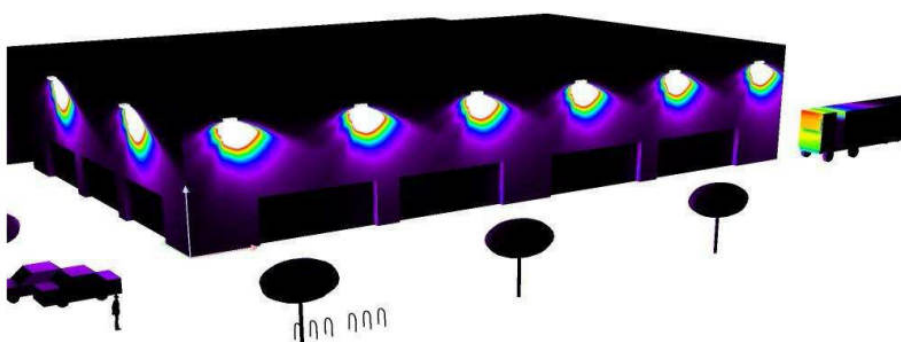
**Scena esterna dopo l' adeguamento c/led / Rendering 3D**

---



*Figura 39: Illuminazione dall'alto con proiettori a Led da 170W*

Di seguito si riporta un'altra immagine (fig. 40) a colori sfalsati della stessa illuminazione.



*Figura 40: Illuminazione a colori sfalsati con proiettori a Led da 170W*

Quest'ultima proposta presenta un notevole costo dei proiettori, rispetto alle altre due tipologie decisamente più economiche. Inoltre, quest'ultimo modello, secondo gli ultimi studi sui Led, sarebbe sconsigliato per la sua tonalità tendente al blu.

Confrontando, invece, i costi annui energetici, la soluzione a Led sarebbe la più conveniente, però vista la spesa iniziale si suggerisce di considerare anche in quanti anni verrà ammortizzato l'impianto grazie al risparmio ottenuto.

La stessa considerazione viene applicata a tutti e tre i casi: nella prima soluzione l'ammortamento coprirà circa un anno e mezzo, per la seconda due anni e per ammortizzare il costo dei Led ci vorranno trent'anni.

Come si può notare, delle due soluzioni sopra esposte, quella con

lampada a vapori di sodio ad alta pressione da 150W risulta essere la migliore, sia per il costo di investimento che per il risparmio ottenuto.

## **CAPITOLO 5**

### **CONCLUSIONI**

#### **5.1 Conclusioni**

Riassumendo quanto esposto in questo elaborato, si può asserire che l'inquinamento luminoso è un problema che riguarda tutto il mondo e ogni suo singolo abitante, sia umano, che animale e/o vegetale.

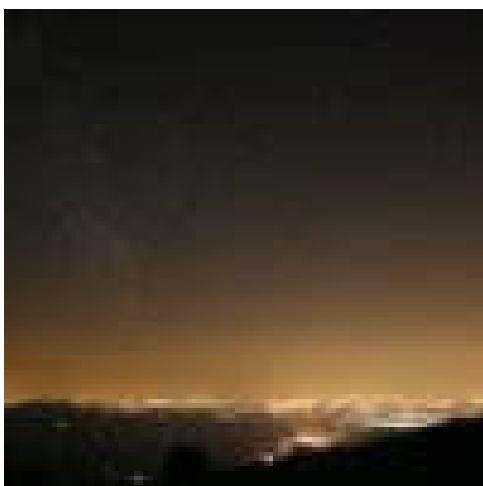
Tuttavia solo l'uomo ne è responsabile ed è l'unico che può porvi rimedio.

Le leggi regionali sono state fatte per arginare e limitare il dilagare di questo problema, ma i comportamenti scorretti ci sono ancora.

A volte, per esempio, anche l'interpretazione sbagliata del testo della legge comporta degli errori di installazione. Per questo la legge richiede, espressamente, che i progetti illuminotecnici siano eseguiti da professionisti accreditati.

Le regole imposte sono poche e chiare, e seguendo i suggerimenti degli esperti sono stati fatti, e se ne faranno ancora, molti progressi nella limitazione dell'illuminazione della volta celeste; in quanto tale illuminazione è solo uno spreco inutile e volto ad imbruttire lo spettacolo naturale.

Quale delle due immagini seguenti (fig.33 e fig.34) a prima vista cattura lo sguardo?



*Figura 41: Inquinamento luminoso dal Monte Matajur*



*Figura 42: Via Lattea vista dal Monte Matajur*

Entrambe sono state fatte dal Monte Matajur e la seconda mostra la Via Lattea, la costellazione che si ipotizza che dal 2025 non riusciremo più a scorgere ad occhio nudo.

Sicuramente la seconda è più affascinante; per la prima, invece, si può solo dire: “Quanta luce!!” e si può aggiungere “sprecata”.

Parigi è una delle città più belle del mondo e di seguito si vede un'immagine<sup>36</sup> (fig.34) della città illuminata di notte:

---

36 A.Mattioli, Perché la Francia spegne le luci, La Stampa 31/01/2013, [www.lastampa.it](http://www.lastampa.it)



*Figura 43: Parigi illuminata di notte*

Anche in questo caso non si economizza certo sulla luce artificiale, e purtroppo la maggioranza delle città segue questo tipo di esempi.

Per essere più precisi, di seguito si possono osservare alcune mappe della brillantezza artificiale del cielo, che servono per capire il progredire negli anni dell'inquinamento luminoso.

Le immagini sotto riportate (fig. 44) permettono di osservare, in particolare, l'evolvere e l'aumentare dell'inquinamento luminoso in Italia:

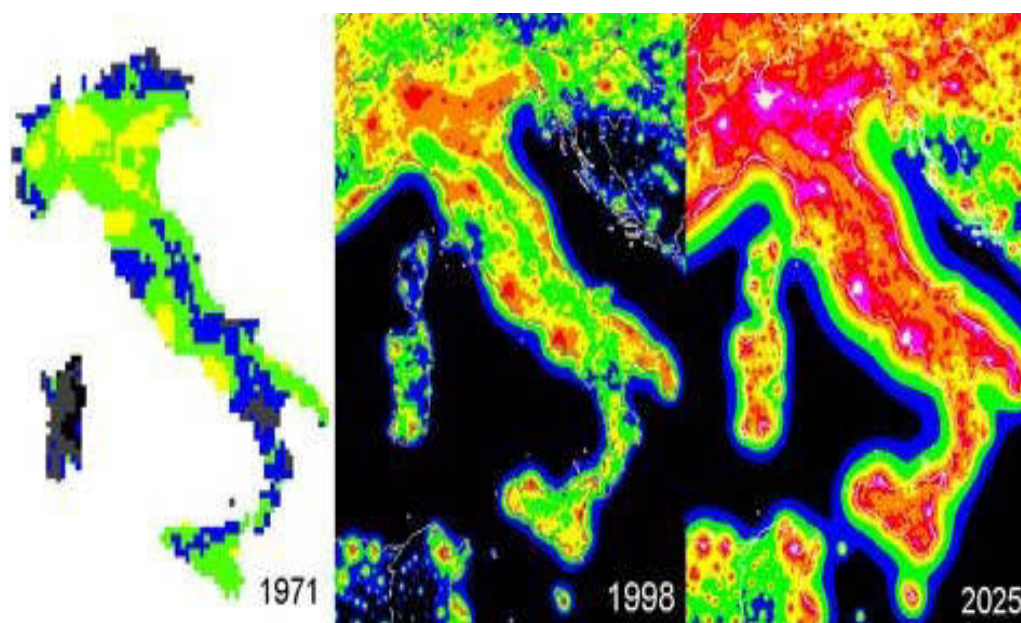


Figura 44: La crescita dell'inquinamento luminoso in Italia

Le suddette mappe (fig. 44) raffigurano l'inquinamento luminoso in tre periodi distinti: nell'immagine a sinistra il nostro Paese nel 1971, al centro una mappa rappresentante la situazione a livello del mare nel 1998 e infine, a destra, si mostra come potrebbe essere il cielo nel 2025.

Tuttavia, quest'ultima, non è corretta in quanto si è usato lo stesso incremento medio dell'intervallo fra le prime due mappe, mentre nel frattempo ci si è attivati, con leggi regionali e interventi sull'illuminazione pubblica, per rallentare l'inquinamento luminoso e la mappa, invece, nella sua previsione non tiene conto di tutto ciò.

Lo Stato italiano e, in modo più concreto, le singole regioni hanno dato il via ad una serie di obblighi volti a salvaguardare l'ambiente da sorgenti luminose inquinanti, richiedendo un adeguamento degli impianti esistenti

di illuminazione esterna privata e pubblica e, soprattutto, di quelli di nuova realizzazione.

Anche grazie ai mass media, il materiale divulgativo inerente ha potuto raggiungere un notevole numero di cittadini, rendendo l'argomento di pubblica conoscenza.

Questo é molto importante, perché si è visto che, altrimenti, la risposta attiva da parte della popolazione avviene solo di fronte ad un intervento deciso delle autorità preposte, sotto forma di obblighi legislativi, controlli e sanzioni pecuniarie.

Alcune regioni, molto sensibili al problema, stanno ottenendo buoni risultati nella riduzione dell'inquinamento, anche tramite la richiesta di azioni molto semplici, quali: cambiare l'inclinazione dell'apparecchio luminoso oppure spegnere, dove possibile, l'illuminazione dopo l'orario lavorativo, in caso di fabbriche e altri luoghi di lavoro, o comunque dalle ore 23 alle 5 del mattino nei luoghi pubblici.

A dimostrazione di come si possa procedere praticamente ad un facile adeguamento di un impianto illuminante esistente, si è proceduto in questa tesi ad esemplificare quello che potrebbe essere un progetto attuativo di limitazione dell'inquinamento luminoso di un parcheggio privato. Nell'esempio valutato si sono confrontate due soluzioni: l'uso di proiettori con lampade ai vapori di sodio e di proiettori con lampade a Led, e mettendo a confronto costi di adeguamento, risparmio energetico e tempi di ammortamento dell'apparecchio scelto, si è giunti alla

conclusione che la sorgente luminosa più conveniente nel caso analizzato è quella ai vapori di sodio.

A prima vista, con la pubblicità battente a favore della tecnologia a Led, invece, un qualsiasi utente sarebbe portato ad optare per questo tipo di lampade, sottovalutando quelle ai vapori di sodio e con esse perdendo la possibilità di risparmiare.

Avrebbe dovuto ragionare sul fattore economico anche lo Stato italiano, prendendo in considerazione la possibilità di risparmio sulla spesa pubblica ottenibile spegnendo o limitando l'illuminazione in alcune zone e orari; per tale motivo, nel 2012, si è cercato di far approvare dal Parlamento la spending review<sup>37</sup> sull'illuminazione pubblica, presente nella legge di stabilità e conosciuta anche come “operazione cieli bui”.

Tuttavia i politici non hanno considerato in modo adeguato il problema e hanno pensato di evidenziare che tagliando la spesa dell'illuminazione pubblica si sarebbero create delle zone non sicure, contrariamente a quanto, invece, provato dalla realtà dei fatti, che dimostra come una zona ben illuminata abbia un elevato tasso di criminalità (vedi quanto esposto a pag. 30).

Basandosi su questa credenza comune non sono intervenuti, quindi, su una riduzione dell'illuminazione pubblica, decidendo che le luci debbano rimanere sempre accese nelle ore previste, ignorando anche il fatto che, razionalizzando, inoltre, tale illuminazione, si sarebbe avuto anche un considerevole risparmio, come documentato in precedenza.

---

<sup>37</sup> Operazione cieli bui , [www.cielobuio.org](http://www.cielobuio.org) in data 10 ottobre 2012

Comunque, ciò nonostante in Veneto, dove risiedo, per esempio, si è sulla buona strada per limitare l'inquinamento luminoso, perchè dal 2009, anno di pubblicazione della Legge regionale n. 17, ad oggi molti cittadini e Comuni si sono interessati all'argomento e alla sistemazione dell'illuminazione pubblica esterna, anche se a volte solo per una questione economica.

Ma questo indica comunque un'attenzione, una sensibilità e una partecipazione dell'opinione pubblica, utilissima in queste situazioni.

Dunque, in questa regione si è compreso come non serva illuminare tutto e tutti, ma sia importante farlo solo con metodo e intelligenza, illuminando bene e con coscienza del mondo che ci circonda e di cui facciamo parte, ricordandoci che possiamo rovinare l'ambiente con le nostre idee e con le nostre azioni.

Si dice che siamo solo di passaggio, allora dovremmo cercare di lasciare qualcosa che valga la pena di osservare con ammirazione, facendo in modo che lo possano fare tutti gli abitanti del mondo, ma soprattutto le generazioni future.

## **APPENDICE 1**

### **SCHEDE TECNICHE**

### **APPARECCHI ILLUMINANTI**

## **Illuminazione parcheggio privato**

Responsabile: Mistrorigo Cristina  
No. ordine:  
Ditta:  
No. cliente:

Data: 27.02.2013  
Redattore: Mistrorigo Cristina

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

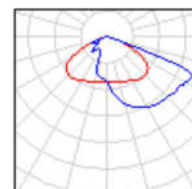
## Indice

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| <b>Illuminazione parcheggio privato</b>        |    |
| Copertina progetto                             | 1  |
| Indice                                         | 2  |
| Lista pezzi lampade                            | 3  |
| <b>Philips RVP251 1xSON-T150W A/45</b>         |    |
| Scheda tecnica apparecchio                     | 4  |
| Diagramma della luminanza                      | 5  |
| Tabella di intensità luminosa                  | 6  |
| Tabella della luminanza                        | 8  |
| <b>Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5</b>      |    |
| Scheda tecnica apparecchio                     | 10 |
| Diagramma della luminanza                      | 11 |
| Tabella di intensità luminosa                  | 12 |
| Tabella della luminanza                        | 14 |
| <b>Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60</b> |    |
| Scheda tecnica apparecchio                     | 16 |
| Diagramma della luminanza                      | 17 |
| Tabella di intensità luminosa                  | 18 |
| Tabella della luminanza                        | 20 |
| <b>Scena esterna prima dell' adeguamento</b>   |    |
| Lista pezzi lampade                            | 22 |
| Rendering 3D                                   | 23 |
| Rendering colori sfalsati                      | 24 |
| <b>Scena esterna dopo l' adeguamento</b>       |    |
| Lista pezzi lampade                            | 25 |
| Rendering 3D                                   | 26 |
| Rendering colori sfalsati                      | 27 |
| <b>Scena esterna dopo l' adeguamento c/led</b> |    |
| Lista pezzi lampade                            | 28 |
| Rendering 3D                                   | 29 |
| Rendering colori sfalsati                      | 30 |

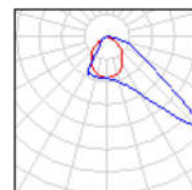
Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

**Illuminazione parcheggio privato / Lista pezzi lampade**

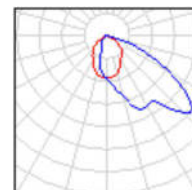
8 Pezzo Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60  
Articolo No.:  
Flusso luminoso lampade: 14275 lm  
Potenza lampade: 164.8 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 36 73 98 100 83  
Dotazione: 1 x ECO170-2S/740 (Fattore di correzione 1.000).



8 Pezzo Philips RVP251 1xSON-T150W A/45  
Articolo No.:  
Flusso luminoso lampade: 8700 lm  
Potenza lampade: 169.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 51 90 100 97 57  
Dotazione: 1 x SON-T150W (Fattore di correzione 1.000).



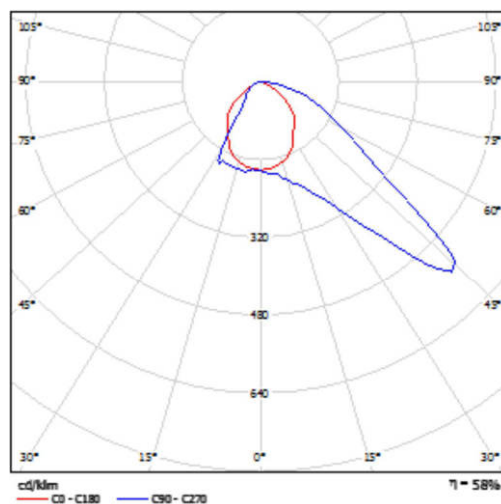
6 Pezzo Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5  
Articolo No.:  
Flusso luminoso lampade: 13120 lm  
Potenza lampade: 274.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 44 87 100 97 64  
Dotazione: 1 x HPI-TP250W/643 (Fattore di correzione 1.000).



Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

## Philips RVP251 1xSON-T150W A/45 / Scheda tecnica apparecchio

Emissione luminosa 1:



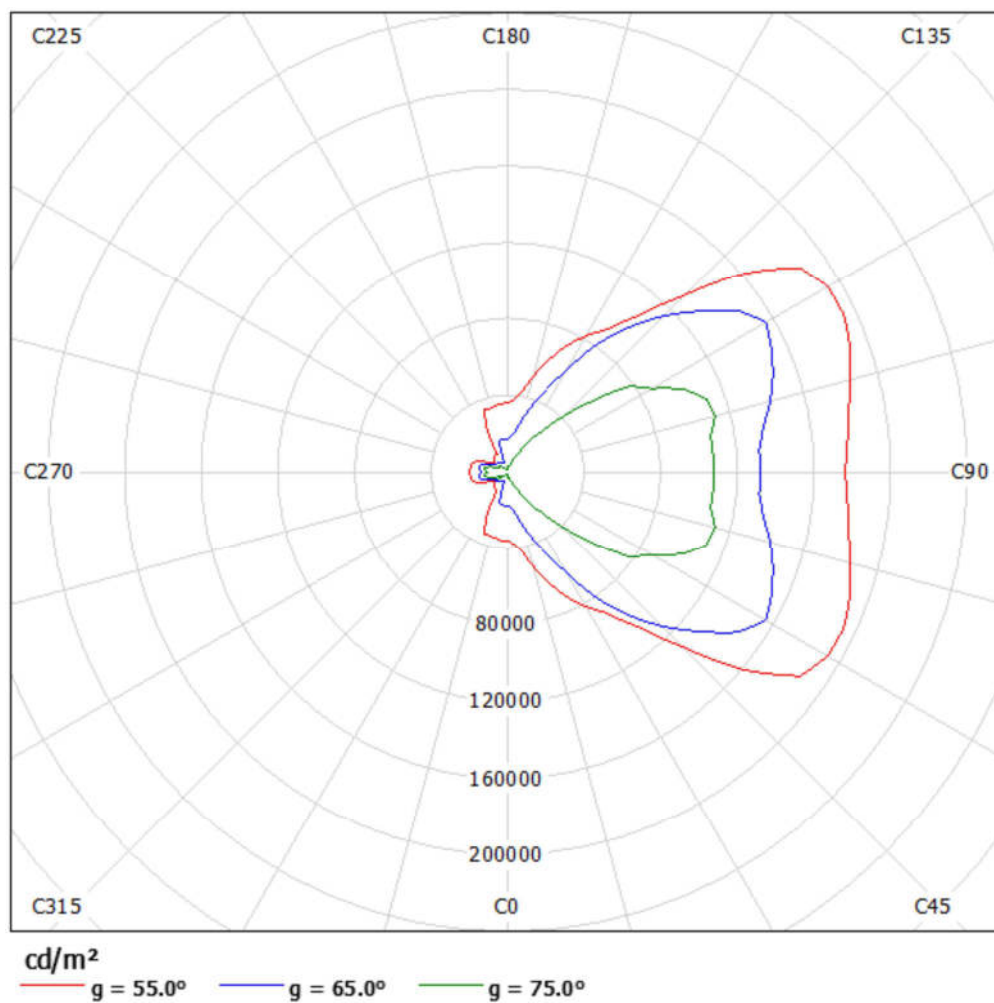
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 51 90 100 97 57

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

### Philips RVP251 1xSON-T150W A/45 / Diagramma della luminanza

Lampada: Philips RVP251 1xSON-T150W A/45  
Lampade: 1 x SON-T150W



Redattore Mistrorigo Cristina  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

### Philips RVP251 1xSON-T150W A/45 / Tabella di intensità luminosa

Lampada: Philips RVP251 1xSON-T150W A/45  
 Lampade: 1 x SON-T150W

| Gamma | C 90° | C 105° | C 120° | C 135° | C 150° | C 165° | C 180° | C 195° | C 210° | C 225° |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0°  | 182   | 182    | 182    | 182    | 182    | 182    | 182    | 182    | 182    | 182    |
| 5.0°  | 189   | 188    | 188    | 187    | 183    | 180    | 180    | 178    | 177    | 179    |
| 10.0° | 192   | 191    | 187    | 183    | 180    | 178    | 177    | 173    | 175    | 178    |
| 15.0° | 208   | 206    | 199    | 183    | 173    | 175    | 171    | 168    | 175    | 177    |
| 20.0° | 224   | 219    | 209    | 193    | 172    | 165    | 163    | 163    | 169    | 175    |
| 25.0° | 252   | 244    | 227    | 199    | 175    | 153    | 151    | 153    | 162    | 172    |
| 30.0° | 290   | 286    | 267    | 216    | 172    | 140    | 132    | 136    | 147    | 159    |
| 35.0° | 357   | 366    | 318    | 238    | 170    | 131    | 118    | 123    | 122    | 125    |
| 40.0° | 450   | 465    | 388    | 252    | 171    | 121    | 107    | 107    | 99     | 83     |
| 45.0° | 552   | 515    | 405    | 260    | 159    | 112    | 94     | 93     | 78     | 26     |
| 50.0° | 421   | 471    | 436    | 235    | 145    | 97     | 76     | 73     | 53     | 18     |
| 55.0° | 262   | 275    | 287    | 193    | 122    | 76     | 53     | 51     | 16     | 15     |
| 60.0° | 194   | 202    | 207    | 152    | 97     | 55     | 35     | 35     | 11     | 10     |
| 65.0° | 145   | 156    | 171    | 126    | 66     | 30     | 19     | 18     | 6.03   | 7.03   |
| 70.0° | 111   | 117    | 117    | 79     | 36     | 14     | 8.04   | 3.01   | 3.01   | 5.02   |
| 75.0° | 72    | 75     | 58     | 27     | 7.03   | 2.01   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 2.01   |
| 80.0° | 42    | 38     | 24     | 8.04   | 2.01   | 1.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 1.00   |
| 85.0° | 4.02  | 3.01   | 2.01   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| 90.0° | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |

Valori in cd/klm

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

### **Philips RVP251 1xSON-T150W A/45 / Tabella di intensità luminosa**

Lampada: Philips RVP251 1xSON-T150W A/45  
Lampade: 1 x SON-T150W

| <b>Gamma</b> | <b>C 240°</b> | <b>C 255°</b> | <b>C 270°</b> |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>0.0°</b>  | 182           | 182           | 182           |
| <b>5.0°</b>  | 180           | 181           | 181           |
| <b>10.0°</b> | 182           | 186           | 188           |
| <b>15.0°</b> | 180           | 183           | 185           |
| <b>20.0°</b> | 181           | 182           | 184           |
| <b>25.0°</b> | 178           | 179           | 179           |
| <b>30.0°</b> | 168           | 165           | 159           |
| <b>35.0°</b> | 114           | 78            | 71            |
| <b>40.0°</b> | 46            | 50            | 51            |
| <b>45.0°</b> | 31            | 39            | 40            |
| <b>50.0°</b> | 21            | 33            | 37            |
| <b>55.0°</b> | 14            | 28            | 29            |
| <b>60.0°</b> | 12            | 24            | 25            |
| <b>65.0°</b> | 9.04          | 16            | 15            |
| <b>70.0°</b> | 6.03          | 10            | 11            |
| <b>75.0°</b> | 3.01          | 7.03          | 7.03          |
| <b>80.0°</b> | 1.00          | 3.01          | 4.02          |
| <b>85.0°</b> | 0.00          | 0.00          | 0.00          |
| <b>90.0°</b> | 0.00          | 0.00          | 0.00          |

Valori in cd/klm

Redattore Mistrorigo Cristina  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

### Philips RVP251 1xSON-T150W A/45 / Tabella della luminanza

Lampada: Philips RVP251 1xSON-T150W A/45  
 Lampade: 1 x SON-T150W

| Gamma | C 90°  | C 105° | C 120° | C 135° | C 150° | C 165° | C 180° | C 195° | C 210° | C 225° |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0°  | 70036  | 70036  | 70036  | 70036  | 70036  | 70036  | 70036  | 70036  | 70036  | 70036  |
| 5.0°  | 73022  | 72634  | 72634  | 72245  | 70692  | 69527  | 69527  | 68750  | 68361  | 69138  |
| 10.0° | 75045  | 74652  | 73081  | 71509  | 70330  | 69545  | 69152  | 67580  | 68366  | 69545  |
| 15.0° | 82922  | 82121  | 79316  | 72907  | 68901  | 69702  | 68100  | 66898  | 69702  | 70504  |
| 20.0° | 91825  | 89766  | 85648  | 79060  | 70413  | 67530  | 66707  | 66707  | 69178  | 71648  |
| 25.0° | 107162 | 103746 | 96488  | 84534  | 74287  | 64895  | 64041  | 64895  | 68737  | 73007  |
| 30.0° | 129125 | 127337 | 118848 | 96062  | 76402  | 62105  | 58531  | 60318  | 65233  | 70594  |
| 35.0° | 167689 | 171941 | 149267 | 111950 | 79830  | 61407  | 55267  | 57628  | 57156  | 58573  |
| 40.0° | 226290 | 233867 | 194973 | 126783 | 85869  | 60613  | 53542  | 53542  | 50006  | 41924  |
| 45.0° | 300420 | 280721 | 220527 | 141728 | 86460  | 60741  | 51438  | 50891  | 42683  | 14228  |
| 50.0° | 252225 | 282324 | 261255 | 140861 | 86684  | 58391  | 45750  | 43944  | 31904  | 10835  |
| 55.0° | 176072 | 184842 | 192937 | 129524 | 81627  | 51270  | 35754  | 34405  | 10794  | 10119  |
| 60.0° | 149358 | 155549 | 159419 | 116855 | 75066  | 42563  | 27086  | 27086  | 8513   | 7739   |
| 65.0° | 131843 | 141914 | 155648 | 114447 | 60428  | 27467  | 17396  | 16480  | 5493   | 6409   |
| 70.0° | 124447 | 131235 | 131235 | 89375  | 40728  | 15839  | 9051   | 3394   | 3394   | 5657   |
| 75.0° | 107641 | 112126 | 86711  | 40365  | 10465  | 2990   | 1495   | 1495   | 1495   | 2990   |
| 80.0° | 93588  | 84675  | 53479  | 17826  | 4457   | 2228   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 2228   |
| 85.0° | 17758  | 13319  | 8879   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |

Valori in Candela/m².

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

---

**Philips RVP251 1xSON-T150W A/45 / Tabella della luminanza**

---

Lampada: Philips RVP251 1xSON-T150W A/45  
Lampade: 1 x SON-T150W

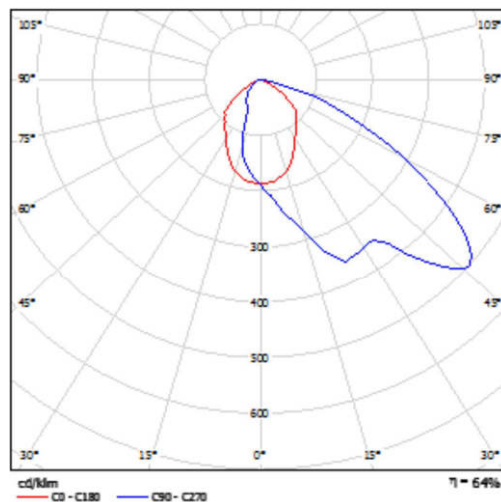
| Gamma | C 240° | C 255° | C 270° |
|-------|--------|--------|--------|
| 0.0°  | 70036  | 70036  | 70036  |
| 5.0°  | 69527  | 69915  | 69915  |
| 10.0° | 71116  | 72688  | 73474  |
| 15.0° | 71705  | 72907  | 73708  |
| 20.0° | 74119  | 74531  | 75354  |
| 25.0° | 75568  | 75995  | 75995  |
| 30.0° | 74615  | 73275  | 70594  |
| 35.0° | 53377  | 36844  | 33538  |
| 40.0° | 23235  | 25256  | 25761  |
| 45.0° | 16964  | 21341  | 21889  |
| 50.0° | 12641  | 19865  | 22273  |
| 55.0° | 9444   | 18889  | 19564  |
| 60.0° | 9287   | 18573  | 19347  |
| 65.0° | 8240   | 14649  | 13734  |
| 70.0° | 6788   | 11313  | 12445  |
| 75.0° | 4485   | 10465  | 10465  |
| 80.0° | 2228   | 6685   | 8913   |
| 85.0° | 0.00   | 0.00   | 0.00   |

Valori in Candela/m².

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

## Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5 / Scheda tecnica apparecchio

Emissione luminosa 1:



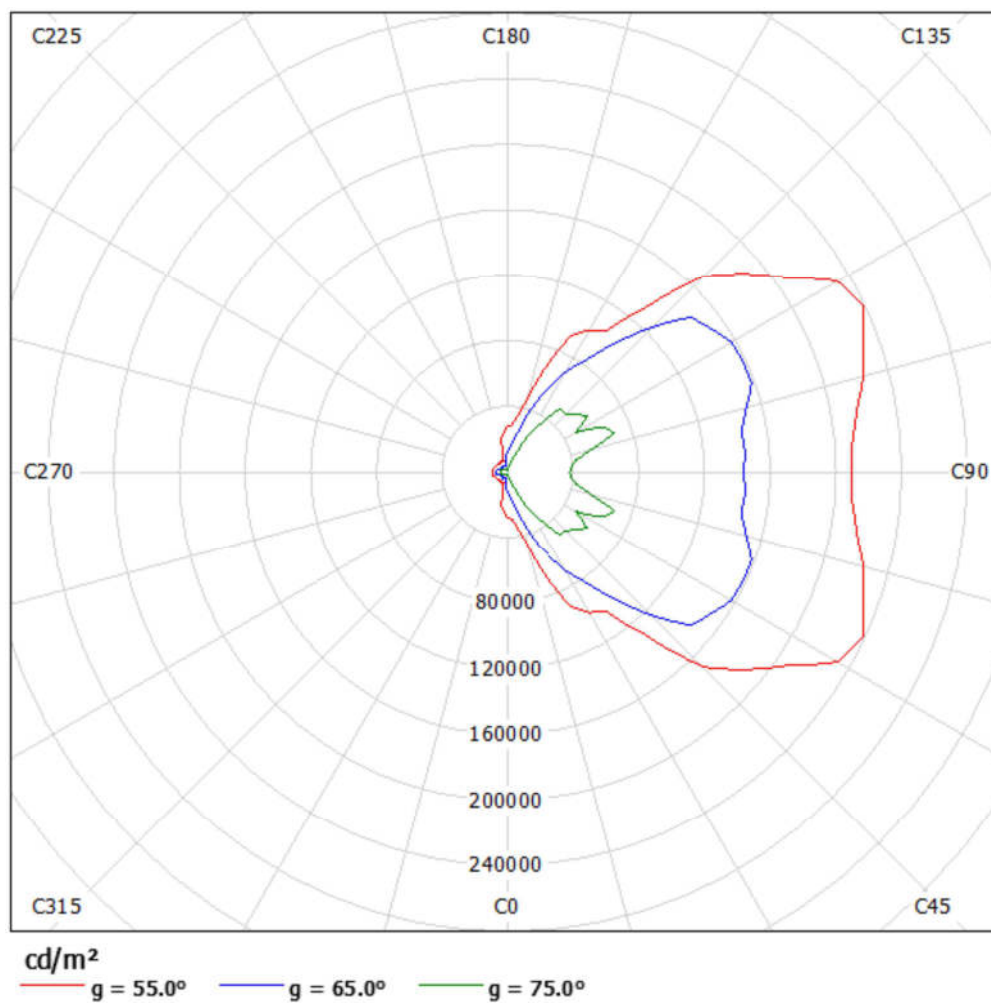
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 44 87 100 97 64

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

### Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5 / Diagramma della luminanza

Lampada: Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5  
Lampade: 1 x HPI-TP250W/643



Redattore Mistrorigo Cristina  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

### Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5 / Tabella di intensità luminosa

Lampada: Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5  
 Lampade: 1 x HPI-TP250W/643

| Gamma | C 90° | C 105° | C 120° | C 135° | C 150° | C 165° | C 180° | C 195° | C 210° | C 225° |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0°  | 188   | 188    | 188    | 188    | 188    | 188    | 188    | 188    | 188    | 188    |
| 5.0°  | 209   | 208    | 207    | 205    | 200    | 193    | 185    | 179    | 175    | 173    |
| 10.0° | 245   | 242    | 232    | 218    | 202    | 195    | 180    | 167    | 161    | 157    |
| 15.0° | 274   | 270    | 255    | 235    | 210    | 189    | 172    | 157    | 145    | 140    |
| 20.0° | 327   | 312    | 284    | 250    | 217    | 181    | 158    | 139    | 128    | 118    |
| 25.0° | 362   | 350    | 313    | 272    | 213    | 168    | 140    | 121    | 106    | 82     |
| 30.0° | 356   | 362    | 365    | 295    | 207    | 154    | 123    | 102    | 85     | 50     |
| 35.0° | 352   | 385    | 395    | 329    | 206    | 136    | 111    | 88     | 54     | 41     |
| 40.0° | 410   | 428    | 427    | 373    | 217    | 125    | 97     | 77     | 37     | 36     |
| 45.0° | 478   | 502    | 490    | 382    | 252    | 125    | 89     | 62     | 27     | 27     |
| 50.0° | 492   | 524    | 503    | 351    | 234    | 128    | 77     | 43     | 20     | 19     |
| 55.0° | 419   | 449    | 464    | 336    | 199    | 89     | 55     | 22     | 15     | 14     |
| 60.0° | 317   | 334    | 345    | 270    | 141    | 57     | 34     | 10     | 10     | 9.04   |
| 65.0° | 212   | 222    | 232    | 183    | 102    | 38     | 18     | 5.02   | 6.03   | 6.03   |
| 70.0° | 131   | 135    | 128    | 103    | 76     | 27     | 9.04   | 3.01   | 3.01   | 4.02   |
| 75.0° | 34    | 47     | 43     | 45     | 24     | 4.02   | 2.01   | 1.00   | 2.01   | 2.01   |
| 80.0° | 12    | 11     | 11     | 12     | 5.02   | 1.00   | 1.00   | 0.00   | 0.00   | 1.00   |
| 85.0° | 3.01  | 3.01   | 2.01   | 1.00   | 1.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| 90.0° | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |

Valori in cd/klm

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

### **Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5 / Tabella di intensità luminosa**

Lampada: Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5  
Lampade: 1 x HPI-TP250W/643

| Gamma | C 240° | C 255° | C 270° |
|-------|--------|--------|--------|
| 0.0°  | 188    | 188    | 188    |
| 5.0°  | 173    | 173    | 173    |
| 10.0° | 153    | 154    | 154    |
| 15.0° | 135    | 130    | 129    |
| 20.0° | 100    | 85     | 79     |
| 25.0° | 58     | 53     | 53     |
| 30.0° | 47     | 49     | 49     |
| 35.0° | 43     | 47     | 45     |
| 40.0° | 37     | 37     | 36     |
| 45.0° | 29     | 31     | 31     |
| 50.0° | 23     | 24     | 24     |
| 55.0° | 15     | 18     | 19     |
| 60.0° | 10     | 13     | 14     |
| 65.0° | 7.03   | 9.04   | 10     |
| 70.0° | 4.02   | 6.03   | 7.03   |
| 75.0° | 3.01   | 4.02   | 4.02   |
| 80.0° | 1.00   | 2.01   | 2.01   |
| 85.0° | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| 90.0° | 0.00   | 0.00   | 0.00   |

Valori in cd/klm

Redattore Mistrorigo Cristina  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

### Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5 / Tabella della luminanza

Lampada: Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5  
 Lampade: 1 x HPI-TP250W/643

| Gamma | C 90°  | C 105° | C 120° | C 135° | C 150° | C 165° | C 180° | C 195° | C 210° | C 225° |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0°  | 53839  | 53839  | 53839  | 53839  | 53839  | 53839  | 53839  | 53839  | 53839  | 53839  |
| 5.0°  | 60114  | 59825  | 59536  | 58958  | 57513  | 55490  | 53177  | 51443  | 50287  | 49709  |
| 10.0° | 71333  | 70456  | 67533  | 63440  | 58762  | 56716  | 52331  | 48530  | 46776  | 45607  |
| 15.0° | 81372  | 80179  | 75708  | 69747  | 62296  | 56036  | 50969  | 46498  | 42921  | 41431  |
| 20.0° | 99882  | 95286  | 86707  | 76290  | 66179  | 55149  | 48103  | 42281  | 38911  | 36154  |
| 25.0° | 114362 | 110867 | 99114  | 86089  | 67346  | 53051  | 44156  | 38121  | 33673  | 26049  |
| 30.0° | 118019 | 119681 | 120679 | 97740  | 68484  | 50865  | 40559  | 33910  | 28258  | 16622  |
| 35.0° | 123366 | 134613 | 138128 | 115283 | 72052  | 47449  | 39013  | 30929  | 18979  | 14410  |
| 40.0° | 153342 | 160107 | 159731 | 139436 | 81181  | 46604  | 36456  | 28939  | 13906  | 13530  |
| 45.0° | 193810 | 203582 | 198696 | 154722 | 102198 | 50488  | 36238  | 25244  | 10993  | 10993  |
| 50.0° | 219474 | 233807 | 224401 | 156767 | 104362 | 56884  | 34489  | 19260  | 8958   | 8510   |
| 55.0° | 209314 | 224373 | 231902 | 168154 | 99387  | 44674  | 27607  | 11043  | 7529   | 7027   |
| 60.0° | 181958 | 191747 | 198081 | 154895 | 80614  | 32822  | 19578  | 5758   | 5758   | 5182   |
| 65.0° | 143744 | 150556 | 157369 | 123987 | 69487  | 25887  | 12262  | 3406   | 4087   | 4087   |
| 70.0° | 109432 | 112800 | 106907 | 86704  | 63976  | 22728  | 7576   | 2525   | 2525   | 3367   |
| 75.0° | 37821  | 52282  | 47833  | 50058  | 26697  | 4450   | 2225   | 1112   | 2225   | 2225   |
| 80.0° | 19896  | 18238  | 18238  | 19896  | 8290   | 1658   | 1658   | 0.00   | 0.00   | 1658   |
| 85.0° | 9910   | 9910   | 6607   | 3303   | 3303   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |

Valori in Candela/m².

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

### Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5 / Tabella della luminanza

Lampada: Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5  
Lampade: 1 x HPI-TP250W/643

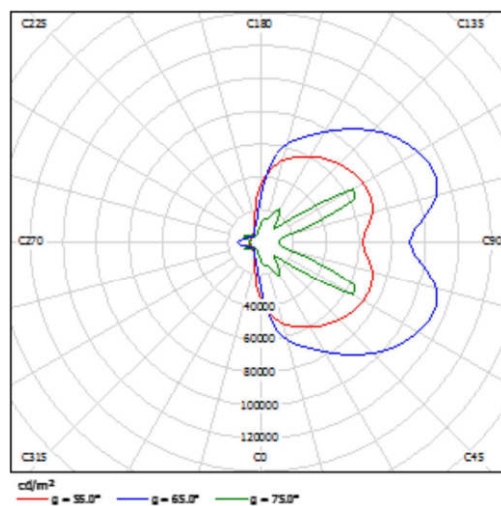
| Gamma | C 240° | C 255° | C 270° |
|-------|--------|--------|--------|
| 0.0°  | 53839  | 53839  | 53839  |
| 5.0°  | 49709  | 49709  | 49709  |
| 10.0° | 44437  | 44730  | 44730  |
| 15.0° | 39941  | 38450  | 38152  |
| 20.0° | 30639  | 26043  | 24204  |
| 25.0° | 18425  | 16837  | 16837  |
| 30.0° | 15625  | 16290  | 16290  |
| 35.0° | 15113  | 16519  | 15816  |
| 40.0° | 13906  | 13906  | 13530  |
| 45.0° | 11808  | 12622  | 12622  |
| 50.0° | 10302  | 10750  | 10750  |
| 55.0° | 7529   | 9035   | 9537   |
| 60.0° | 5758   | 7486   | 8061   |
| 65.0° | 4769   | 6131   | 6812   |
| 70.0° | 3367   | 5051   | 5893   |
| 75.0° | 3337   | 4450   | 4450   |
| 80.0° | 1658   | 3316   | 3316   |
| 85.0° | 0.00   | 0.00   | 0.00   |

Valori in Candela/m².

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

**Philips BVP506 GCA 1xEco170-2S/740 A/60 / Scheda tecnica apparecchio**

Emissione luminosa 1:



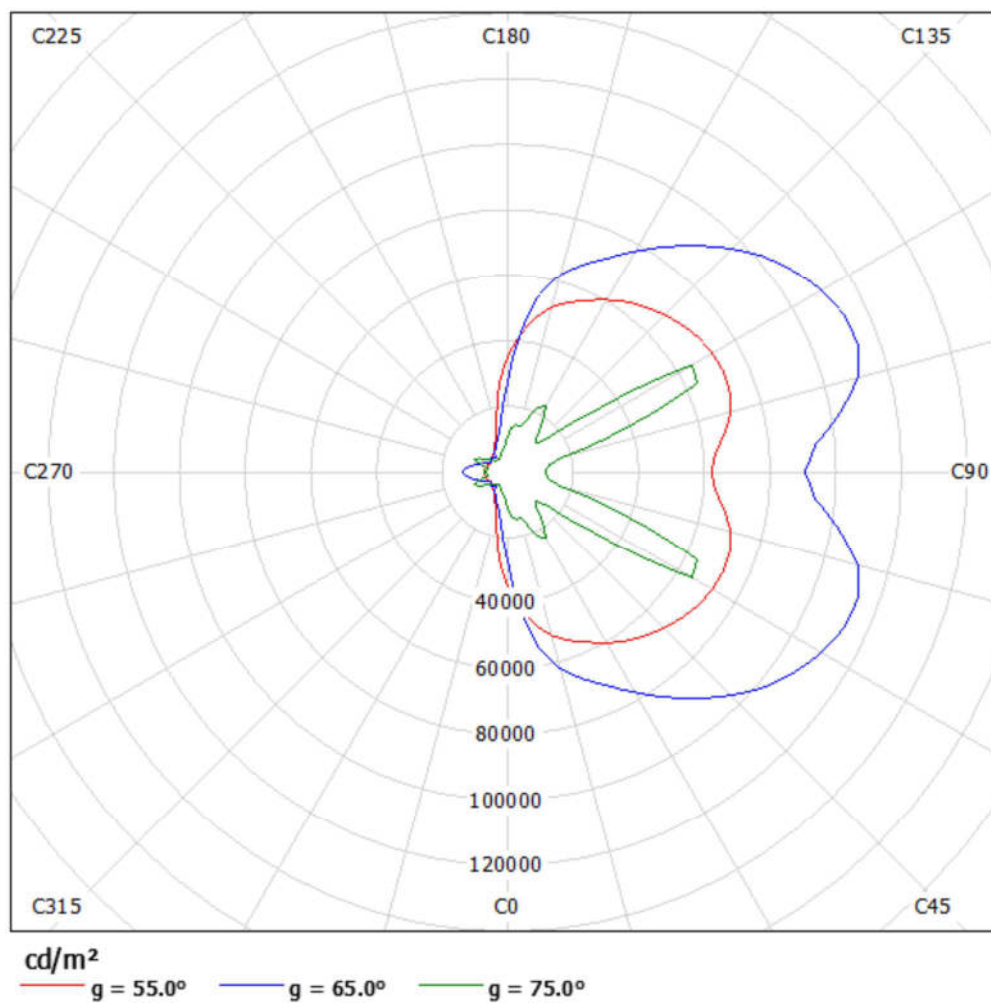
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 36 73 98 100 83

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

### Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60 / Diagramma della luminanza

Lampada: Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60  
Lampade: 1 x ECO170-2S/740



Redattore Mistrorigo Cristina  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

### **Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60 / Tabella di intensità luminosa**

Lampada: Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60  
 Lampade: 1 x ECO170-2S/740

| Gamma | C 90° | C 105° | C 120° | C 135° | C 150° | C 165° | C 180° | C 195° | C 210° | C 225° |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0°  | 170   | 170    | 170    | 170    | 170    | 170    | 170    | 170    | 170    | 170    |
| 5.0°  | 204   | 203    | 199    | 193    | 186    | 178    | 170    | 165    | 162    | 161    |
| 10.0° | 237   | 235    | 229    | 218    | 203    | 186    | 171    | 164    | 160    | 156    |
| 15.0° | 263   | 260    | 253    | 241    | 222    | 196    | 174    | 165    | 158    | 152    |
| 20.0° | 281   | 277    | 271    | 260    | 239    | 207    | 178    | 167    | 158    | 148    |
| 25.0° | 294   | 291    | 286    | 276    | 254    | 217    | 184    | 169    | 157    | 119    |
| 30.0° | 305   | 303    | 301    | 291    | 267    | 226    | 191    | 171    | 145    | 73     |
| 35.0° | 315   | 315    | 316    | 306    | 280    | 234    | 198    | 173    | 104    | 56     |
| 40.0° | 320   | 324    | 330    | 322    | 298    | 253    | 206    | 168    | 71     | 49     |
| 45.0° | 320   | 334    | 347    | 348    | 322    | 265    | 205    | 136    | 57     | 45     |
| 50.0° | 331   | 359    | 379    | 357    | 321    | 270    | 200    | 96     | 50     | 42     |
| 55.0° | 332   | 377    | 385    | 361    | 323    | 277    | 187    | 72     | 43     | 35     |
| 60.0° | 343   | 401    | 405    | 373    | 327    | 277    | 154    | 56     | 37     | 28     |
| 65.0° | 357   | 436    | 436    | 380    | 306    | 245    | 107    | 44     | 30     | 24     |
| 70.0° | 137   | 340    | 445    | 244    | 167    | 139    | 62     | 31     | 21     | 18     |
| 75.0° | 28    | 40     | 157    | 30     | 56     | 34     | 26     | 16     | 12     | 12     |
| 80.0° | 6.13  | 11     | 12     | 6.48   | 6.93   | 4.71   | 5.68   | 5.15   | 4.71   | 5.68   |
| 85.0° | 1.33  | 1.42   | 1.42   | 1.42   | 1.42   | 1.24   | 0.98   | 0.98   | 1.15   | 1.33   |
| 90.0° | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |

Valori in cd/klm

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

**Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60 / Tabella di intensità luminosa**

Lampada: Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60  
Lampade: 1 x ECO170-2S/740

| Gamma | C 240° | C 255° | C 270° |
|-------|--------|--------|--------|
| 0.0°  | 170    | 170    | 170    |
| 5.0°  | 160    | 159    | 159    |
| 10.0° | 154    | 152    | 151    |
| 15.0° | 148    | 144    | 143    |
| 20.0° | 129    | 105    | 96     |
| 25.0° | 75     | 63     | 61     |
| 30.0° | 56     | 54     | 55     |
| 35.0° | 51     | 52     | 53     |
| 40.0° | 49     | 55     | 63     |
| 45.0° | 48     | 64     | 76     |
| 50.0° | 43     | 53     | 62     |
| 55.0° | 32     | 35     | 39     |
| 60.0° | 27     | 30     | 39     |
| 65.0° | 24     | 37     | 54     |
| 70.0° | 20     | 42     | 49     |
| 75.0° | 19     | 19     | 17     |
| 80.0° | 13     | 7.28   | 8.08   |
| 85.0° | 1.60   | 1.78   | 1.33   |
| 90.0° | 0.00   | 0.00   | 0.00   |

Valori in cd/klm

Redattore Mistrorigo Cristina  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

### Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60 / Tabella della luminanza

Lampada: Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60  
 Lampade: 1 x ECO170-2S/740

| Gamma | C 90° | C 105° | C 120° | C 135° | C 150° | C 165° | C 180° | C 195° | C 210° | C 225° |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0°  | 18219 | 18219  | 18219  | 18219  | 18219  | 18219  | 18219  | 18219  | 18219  | 18219  |
| 5.0°  | 21882 | 21773  | 21396  | 20756  | 19973  | 19086  | 18293  | 17745  | 17444  | 17301  |
| 10.0° | 25771 | 25568  | 24854  | 23705  | 22121  | 20267  | 18626  | 17815  | 17390  | 16984  |
| 15.0° | 29115 | 28814  | 28042  | 26703  | 24596  | 21771  | 19270  | 18315  | 17562  | 16873  |
| 20.0° | 31977 | 31572  | 30853  | 29599  | 27231  | 23598  | 20329  | 19054  | 17982  | 16919  |
| 25.0° | 34713 | 34351  | 33826  | 32635  | 30033  | 25684  | 21776  | 19987  | 18586  | 14117  |
| 30.0° | 37760 | 37519  | 37200  | 36003  | 33061  | 27900  | 23596  | 21191  | 17897  | 9037   |
| 35.0° | 41145 | 41186  | 41325  | 40037  | 36624  | 30611  | 25846  | 22659  | 13570  | 7336   |
| 40.0° | 44699 | 45332  | 46127  | 44997  | 41671  | 35427  | 28835  | 23448  | 9868   | 6840   |
| 45.0° | 48459 | 50604  | 52580  | 52755  | 48694  | 40168  | 30983  | 20622  | 8674   | 6771   |
| 50.0° | 55061 | 59839  | 63182  | 59484  | 53478  | 45060  | 33344  | 15977  | 8269   | 6923   |
| 55.0° | 62061 | 70358  | 71950  | 67441  | 60295  | 51757  | 34856  | 13354  | 8024   | 6565   |
| 60.0° | 73428 | 85942  | 86664  | 79780  | 69948  | 59260  | 32996  | 11981  | 7854   | 5953   |
| 65.0° | 90473 | 110430 | 110408 | 96323  | 77625  | 62145  | 27023  | 11115  | 7560   | 6075   |
| 70.0° | 42815 | 106399 | 139178 | 76373  | 52296  | 43372  | 19434  | 9592   | 6673   | 5533   |
| 75.0° | 11500 | 16643  | 64846  | 12271  | 23146  | 14182  | 10655  | 6429   | 4776   | 4997   |
| 80.0° | 3778  | 7064   | 7393   | 3997   | 4271   | 2902   | 3505   | 3176   | 2902   | 3505   |
| 85.0° | 1637  | 1746   | 1746   | 1746   | 1746   | 1527   | 1200   | 1200   | 1418   | 1637   |

Valori in Candela/m².

Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

### Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60 / Tabella della luminanza

Lampada: Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60  
Lampade: 1 x ECO170-2S/740

| Gamma | C 240° | C 255° | C 270° |
|-------|--------|--------|--------|
| 0.0°  | 18219  | 18219  | 18219  |
| 5.0°  | 17191  | 17124  | 17110  |
| 10.0° | 16695  | 16492  | 16472  |
| 15.0° | 16356  | 15968  | 15849  |
| 20.0° | 14723  | 11981  | 10979  |
| 25.0° | 8824   | 7386   | 7218   |
| 30.0° | 6917   | 6731   | 6753   |
| 35.0° | 6698   | 6762   | 6930   |
| 40.0° | 6840   | 7721   | 8739   |
| 45.0° | 7201   | 9655   | 11565  |
| 50.0° | 7086   | 8802   | 10311  |
| 55.0° | 5885   | 6582   | 7361   |
| 60.0° | 5800   | 6523   | 8425   |
| 65.0° | 5985   | 9338   | 13680  |
| 70.0° | 6116   | 13150  | 15347  |
| 75.0° | 7715   | 8046   | 7201   |
| 80.0° | 8214   | 4490   | 4983   |
| 85.0° | 1964   | 2182   | 1637   |

Valori in Candela/m².

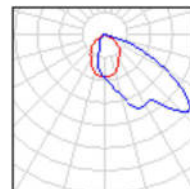
Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

---

**Scena esterna prima dell' adeguamento / Lista pezzi lampade**

---

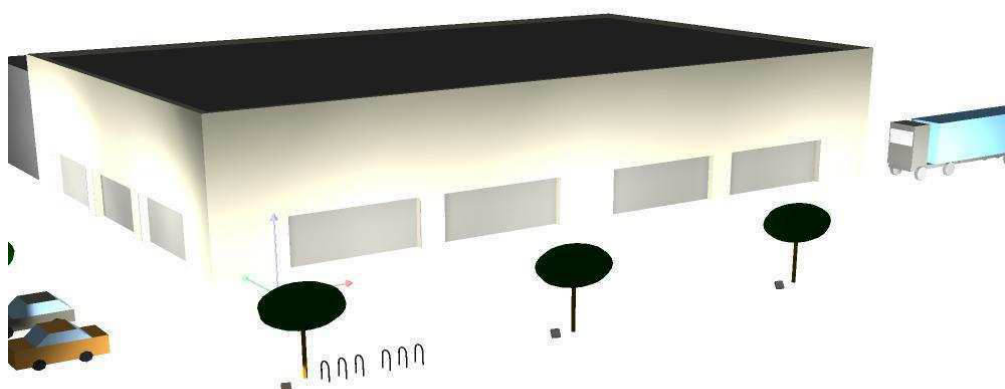
6 Pezzo Philips RVP351 1xHPI-TP250W A/47.5  
Articolo No.:  
Flusso luminoso lampade: 13120 lm  
Potenza lampade: 274.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 44 87 100 97 64  
Dotazione: 1 x HPI-TP250W/643 (Fattore di  
correzione 1.000).



Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

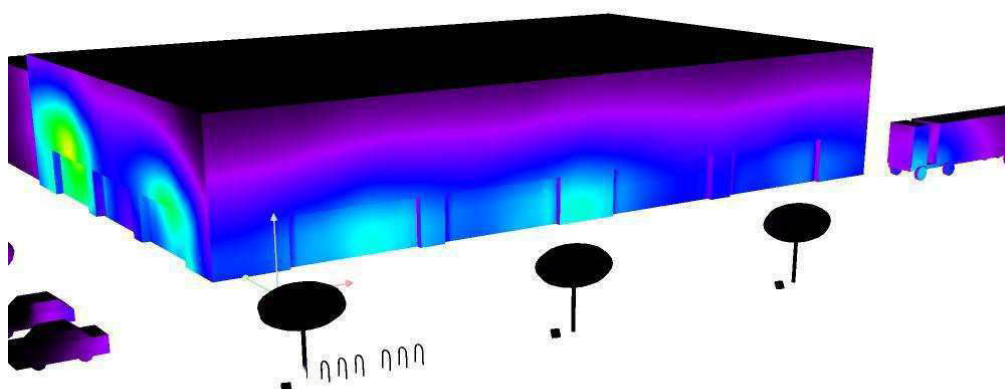
**Scena esterna prima dell' adeguamento / Rendering 3D**

---



Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

Scena esterna prima dell' adeguamento / Rendering colori sfalsati



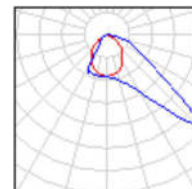
Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

---

**Scena esterna dopo l' adeguamento / Lista pezzi lampade**

---

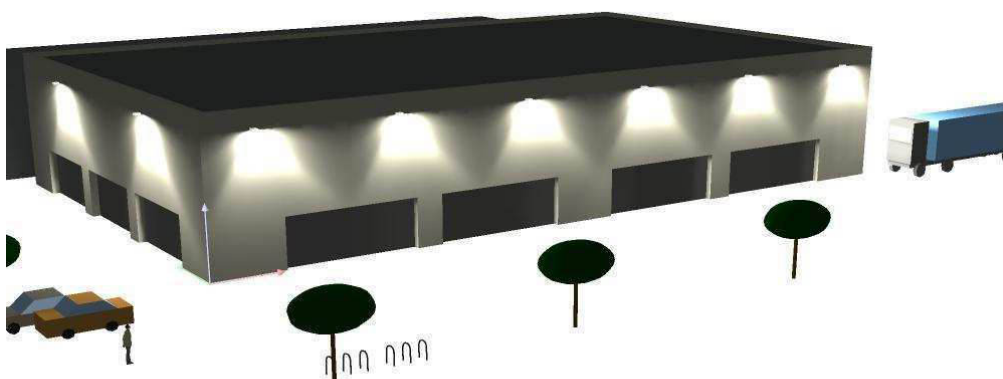
8 Pezzo Philips RVP251 1xSON-T150W A/45  
Articolo No.:  
Flusso luminoso lampade: 8700 lm  
Potenza lampade: 169.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 51 90 100 97 57  
Dotazione: 1 x SON-T150W (Fattore di  
correzione 1.000).



Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

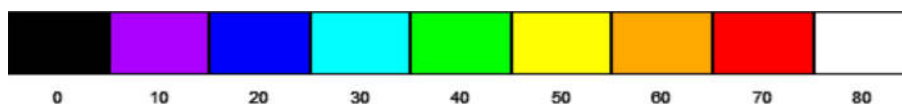
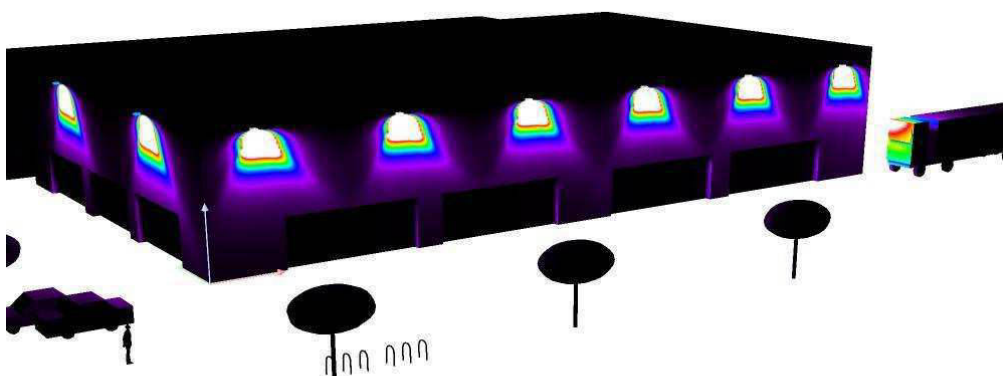
### Scena esterna dopo l' adeguamento / Rendering 3D

---



Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

Scena esterna dopo l' adeguamento / Rendering colori sfalsati



lx

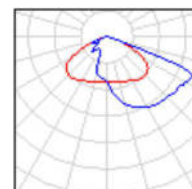
Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

---

**Scena esterna dopo l' adeguamento c/led / Lista pezzi lampade**

---

8 Pezzo Philips BVP506 GCA 1xECO170-2S/740 A/60  
Articolo No.:  
Flusso luminoso lampade: 14275 lm  
Potenza lampade: 164.8 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 36 73 98 100 83  
Dotazione: 1 x ECO170-2S/740 (Fattore di  
correzione 1.000).

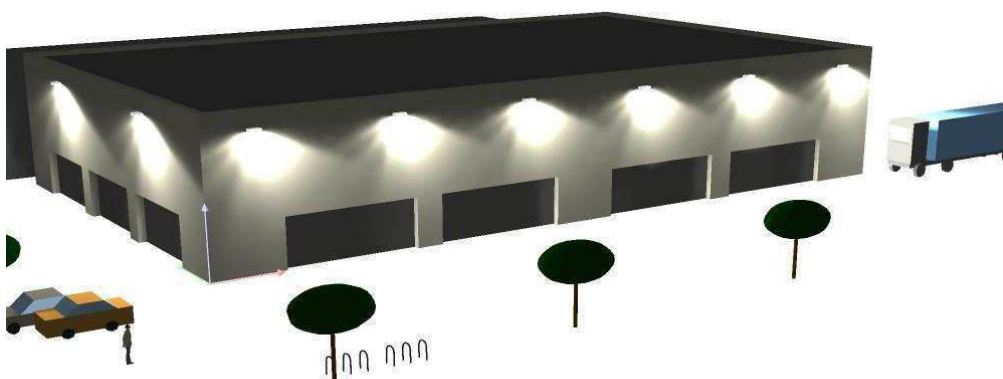


Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

---

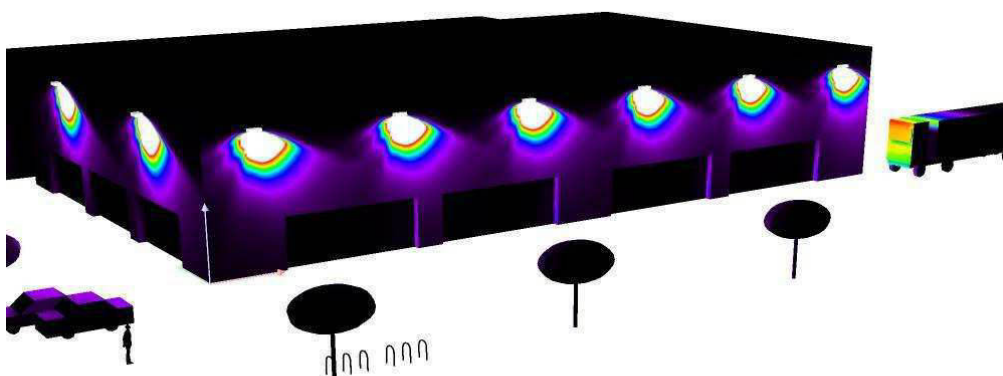
**Scena esterna dopo l' adeguamento c/led / Rendering 3D**

---



Redattore Mistrorigo Cristina  
Telefono  
Fax  
e-Mail

Scena esterna dopo l' adeguamento c/led / Rendering colori sfalsati



**APPENDICE 2**

**LEGGE REGIONALE N. 17/2009**

LEGGE REGIONALE 7 agosto 2009, n. 17

**Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici.**

Il Consiglio regionale ha approvato

Il Presidente della Giunta regionale

**p r o m u l g a**

la seguente legge regionale:

#### Art. 1 Finalità

1. La Regione del Veneto promuove, con la presente legge:

- a) la riduzione dell'inquinamento luminoso e ottico, nonché la riduzione dei consumi energetici da esso derivanti;
- b) l'uniformità dei criteri di progettazione per il miglioramento della qualità luminosa degli impianti per la sicurezza della circolazione stradale;
- c) la protezione dall'inquinamento luminoso dell'attività di ricerca scientifica e divulgativa svolta dagli osservatori astronomici;
- d) la protezione dall'inquinamento luminoso dell'ambiente naturale, inteso anche come territorio, dei ritmi naturali delle specie animali e vegetali, nonché degli equilibri ecologici sia all'interno che all'esterno delle aree naturali protette;
- e) la protezione dall'inquinamento luminoso dei beni paesistici, così come definiti dall'articolo 134 del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137" e successive modificazioni;
- f) la salvaguardia della visione del cielo stellato, nell'interesse della popolazione regionale;
- g) la diffusione tra il pubblico delle tematiche relative all'inquinamento luminoso e la formazione di tecnici con competenze nell'ambito dell'illuminazione.

2. Ai fini della presente legge il cielo stellato è patrimonio naturale da conservare e valorizzare.

#### Art. 2 Definizioni

1. Ai fini della presente legge si intende per:

- a) inquinamento luminoso: ogni forma di irradiazione di luce artificiale che si disperda al di fuori delle aree cui essa è funzionalmente dedicata e, in particolare, oltre il piano dell'orizzonte;
- b) inquinamento ottico o luce intrusiva: ogni forma di irradiazione artificiale diretta su superfici o cose cui non è funzionalmente dedicata o per le quali non è richiesta alcuna illuminazione;
- c) abbagliamento: disturbo legato al rapporto tra l'intensità della luce che arriva direttamente al soggetto dalla sorgente

e quella che gli arriva dalla superficie illuminata dall'impianto;

- d) Piano dell'illuminazione per il contenimento dell'inquinamento luminoso (PICIL): il piano di cui all'articolo 5, comma 1, lettera a), redatto dai comuni, per la programmazione delle nuove installazioni d'illuminazione, nonché degli interventi da eseguire sulle installazioni esistenti alla data di entrata in vigore della presente legge;
- e) osservatorio astronomico: la costruzione adibita in maniera specifica all'osservazione astronomica a fini scientifici e divulgativi, con strumentazione dedicata all'osservazione notturna;
- f) fascia di rispetto: l'area circoscritta agli osservatori astronomici, ai siti di osservazione, nonché le intere aree naturali protette, la cui estensione di raggio è determinata dall'articolo 8, comma 7, lettere a), b), c).

#### Art. 3 Compiti della Regione

1. La Regione:

- a) incentiva l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna esistenti alle norme di contenimento dell'inquinamento luminoso;
- b) vigila sulla corretta applicazione della presente legge da parte dei comuni e delle province per quanto di loro competenza, anche attraverso verifiche periodiche, compiute dalla struttura regionale competente per materia;
- c) promuove corsi di formazione e aggiornamento professionale per tecnici con competenze nell'ambito dell'illuminazione, avvalendosi della collaborazione degli ordini professionali e delle associazioni di cui alla lettera d);
- d) definisce, con provvedimento approvato dalla Giunta regionale, previo parere della competente commissione consiliare, l'elenco delle associazioni a carattere almeno regionale, aventi a scopo statutario lo studio ed il contenimento del fenomeno dell'inquinamento luminoso.

#### Art. 4 Compiti delle Province

1. Le Province:

- a) esercitano il controllo sul corretto e razionale uso dell'energia elettrica negli impianti di illuminazione esterna e provvedono a diffondere i principi dettati dalla presente legge anche attraverso la stipula, con i comuni di riferimento, di accordi di programma, finalizzati alla riduzione dell'inquinamento luminoso e ottico mediante l'adeguamento degli impianti esistenti a quanto previsto dall'articolo 9. Gli accordi di programma fissano i criteri generali cui i comuni si attengono nell'elaborazione dei Piani dell'illuminazione per il contenimento dell'inquinamento luminoso di cui all'articolo 5, comma 1, lettera a);
- b) individuano, entro un anno dalla data di entrata in vigore della presente legge, gli impianti di grande inquinamento luminoso rispetto ai quali prevedere, entro un ulteriore anno, le priorità di bonifica, anche su segnalazione degli osservatori astronomici di cui all'articolo 8, delle associazioni di cui all'articolo 3, comma 1, lettera d) e dell'Osservatorio permanente sul fenomeno dell'inquinamento luminoso di cui all'articolo 6;

- c) redigono, entro e non oltre due anni dalla data di entrata in vigore della presente legge, un piano di adeguamento alla presente legge degli impianti d'illuminazione di loro proprietà, secondo i criteri previsti dall'articolo 12.

#### Art. 5

##### Compiti dei Comuni

###### 1. I Comuni:

- a) entro tre anni dalla data di entrata in vigore della presente legge si dotano del Piano dell'illuminazione per il contenimento dell'inquinamento luminoso (PICIL), che è l'atto di programmazione per la realizzazione dei nuovi impianti di illuminazione e per ogni intervento di modifica, adeguamento, manutenzione, sostituzione ed integrazione sulle installazioni di illuminazione esistenti nel territorio comunale alla data di entrata in vigore della presente legge. Il PICIL risponde al fine del contenimento dell'inquinamento luminoso, per la valorizzazione del territorio, il miglioramento della qualità della vita, la sicurezza del traffico e delle persone, il risparmio energetico ed individua i finanziamenti disposti per gli interventi programmati e le relative previsioni di spesa;
- b) adeguano i regolamenti edilizi alle disposizioni della presente legge;
- c) sottopongono al regime dell'autorizzazione comunale tutti gli impianti di illuminazione esterna, anche a scopo pubblicitario;
- d) provvedono, con controlli periodici effettuati autonomamente o su segnalazione degli osservatori astronomici di cui all'articolo 8, delle associazioni di cui all'articolo 3, comma 1, lettera d) e dell'Osservatorio di cui all'articolo 6, a garantire il rispetto e l'applicazione della presente legge sul territorio di propria competenza;
- e) provvedono, entro tre anni dalla individuazione delle priorità di cui all'articolo 4, comma 1, lettera b), alla bonifica degli impianti e delle aree di grande inquinamento luminoso o, per gli impianti d'illuminazione esterna privati, ad imporre la bonifica ai soggetti privati che ne sono i proprietari;
- f) provvedono, anche su segnalazione degli osservatori astronomici di cui all'articolo 8, delle associazioni di cui all'articolo 3 e dell'Osservatorio permanente sul fenomeno dell'inquinamento luminoso di cui all'articolo 6, alla verifica dei punti luce non corrispondenti ai requisiti previsti dalla presente legge, disponendo affinché essi vengano modificati o sostituiti o comunque uniformati ai requisiti ed ai criteri stabiliti;
- g) provvedono a individuare gli apparecchi di illuminazione pericolosi per la viabilità stradale e autostradale, in quanto responsabili di fenomeni di abbagliamento o distrazione per i veicoli in transito, e dispongono immediati interventi di normalizzazione, nel rispetto dei criteri stabiliti dalla presente legge;
- h) applicano le sanzioni amministrative di cui all'articolo 11, destinando i relativi proventi per le finalità di cui al comma 4 del medesimo articolo.

2. I comuni possono svolgere le attività di verifica e controllo di propria competenza con l'avvalimento dell'Agenzia regionale per la prevenzione e protezione ambientale del Veneto (ARPAV), di cui alla legge regionale 18 ottobre 1996, n.

32, "Norme per l'istituzione ed il funzionamento dell'Agenzia regionale per la prevenzione e protezione ambientale del Veneto (ARPAV)" e successive modifiche.

3. In armonia con i principi del Protocollo di Kyoto, i comuni assumono le iniziative necessarie a contenere l'incremento annuale dei consumi di energia elettrica per illuminazione esterna notturna pubblica nel territorio di propria competenza entro l'uno per cento del consumo effettivo registrato alla data di entrata in vigore della presente legge.

4. Ai fini di cui al comma 3 i comuni, entro sei mesi dalla data di entrata in vigore della presente legge, rilevano il consumo di energia elettrica per illuminazione esterna notturna pubblica nel territorio di propria competenza, misurato in chilowattora/anno, nonché la quota annuale di incremento massima (IA) ammissibile.

5. Fra le iniziative di cui al comma 3 i comuni:

- a) provvedono alla sostituzione dei vecchi impianti con nuovi impianti a più elevata efficienza e minore potenza installata e, quando possibile, realizzano nuovi impianti con sorgenti luminose di potenze inferiori a 75W a parità di punti luce;
- b) adottano dispositivi che riducono il flusso luminoso installato.

6. Il risparmio di consumo di energia elettrica che, all'esito dell'assunzione delle iniziative di cui al comma 3, risulti effettivamente conseguito, può essere contabilizzato ai fini della quantificazione delle quote annuali d'incremento (IA); dette quote possono essere inoltre cumulate, previa adeguata e dettagliata contabilizzazione.

7. Tutti i capitolati relativi all'illuminazione pubblica e privata devono essere conformi alle disposizioni della presente legge e le gare d'appalto devono privilegiare criteri di valutazione di favore per le soluzioni che garantiscano maggior risparmio energetico, manutentivo, minori potenze installate e minor numero di corpi illuminanti, a parità di area da illuminare e di requisiti illuminotecnici.

#### Art. 6

##### Osservatorio permanente sul fenomeno dell'inquinamento luminoso

1. È istituito, presso la direzione generale dell'Agenzia regionale per la prevenzione e protezione ambientale del Veneto (ARPAV), di cui alla legge regionale 18 ottobre 1996, n. 32, l'Osservatorio permanente sul fenomeno dell'inquinamento luminoso, di seguito indicato come "Osservatorio".

2. Spetta all'Osservatorio:

- a) la segnalazione ai comuni ed alle province dei siti e delle sorgenti luminose, pubbliche e private, di grande inquinamento luminoso che richiedono interventi di bonifica;
- b) l'elaborazione di atti di indirizzo e documenti d'informazione per la predisposizione dei PICIL di cui all'articolo 5, comma 1, lettera a);
- c) l'assunzione delle segnalazioni relative a violazioni, sul territorio regionale, delle disposizioni della presente legge;
- d) l'acquisizione dei dati relativi all'attuazione della presente legge da parte dei soggetti competenti, al fine di favorire l'assunzione di informazioni in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e dei consumi energetici;
- e) la predisposizione di una relazione biennale al Consiglio regionale sul fenomeno dell'inquinamento luminoso nella

Regione Veneto e sullo stato d'attuazione della presente legge, in cui si rende conto dell'andamento del fenomeno dell'inquinamento luminoso nel territorio regionale e del risparmio energetico conseguito.

3. L'Osservatorio è composto dai seguenti membri:

- a) il direttore generale dell'ARPAV, con funzioni di presidente;
- b) un rappresentante designato dalle associazioni di cui all'articolo 3, comma 1, lettera d);
- c) un rappresentante designato dagli osservatori di cui all'articolo 8;
- d) un rappresentante designato congiuntamente dagli enti gestori delle aree naturali protette regionali istituite nel territorio della Regione Veneto;
- e) un esperto in materia di inquinamento luminoso designato dal presidente dell'Osservatorio, sentite le associazioni di cui all'articolo 3, comma 1, lettera d).

4. I componenti dell'Osservatorio sono nominati dalla Giunta regionale e durano in carica per la durata della legislatura.

5. Ai componenti dell'Osservatorio spetta il rimborso delle spese sostenute nello svolgimento dell'incarico, secondo le disposizioni vigenti in materia di rimborso spese.

#### Art. 7

##### Progetto illuminotecnico

1. Il progetto illuminotecnico relativo agli impianti di cui all'articolo 5, comma 1, lettera c), è redatto da un professionista appartenente alle figure professionali dello specifico settore, iscritto agli ordini o collegi professionali, con curriculum specifico e formazione adeguata, conseguita anche attraverso la partecipazione ai corsi di cui all'articolo 3, comma 1, lettera c).

2. Il progetto illuminotecnico, sviluppato nel rispetto delle norme tecniche vigenti del Comitato elettrotecnico italiano (CEI) e dell'ente nazionale di unificazione (UNI), è accompagnato da una certificazione del progettista di rispondenza dell'impianto ai requisiti della presente legge.

3. Sono esclusi dal progetto illuminotecnico gli impianti di modesta entità o temporanei e gli altri impianti per i quali è sufficiente il deposito in comune della dichiarazione di conformità ai requisiti di legge rilasciata dall'impresa installatrice. Questi sono:

- a) gli impianti di cui all'articolo 9, comma 4, lettere a), b), c), d), e) ed f);
- b) gli impianti di rifacimento, ampliamento e manutenzione ordinaria di impianti esistenti con un numero di sostegni inferiore a cinque;
- c) le insegne pubblicitarie di esercizio non dotate di illuminazione propria, come indicate all'articolo 23 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, "Nuovo codice della strada" e successive modificazioni e al decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495, "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada" e successive modificazioni, e quelle con superfici comunque non superiori a sei metri quadrati, installate con flusso luminoso in ogni caso diretto dall'alto verso il basso, realizzate secondo le prescrizioni di cui all'articolo 9, comma 2, lettera a);
- d) gli apparecchi di illuminazione esterna delle superfici

vetrate, in numero non superiore a tre per singola vetrina, installati secondo le prescrizioni di cui all'articolo 9, comma 2, lettera a);

- e) le insegne a illuminazione propria, anche se costituite da tubi fluorescenti nudi;
- f) le installazioni temporanee per l'illuminazione di cantieri comunque realizzate secondo le prescrizioni di cui all'articolo 9, comma 2, lettera a).

4. Il progetto illuminotecnico deve essere corredato dalla seguente documentazione obbligatoria:

- a) documentazione relativa alle misurazioni fotometriche dell'apparecchio utilizzato nel progetto esecutivo, sia in forma tabellare numerica su supporto cartaceo, sia sotto forma di file standard normalizzato, del tipo del formato commerciale "Eulumdat" o analogo verificabile, emesso in regime di sistema di qualità aziendale certificato o rilasciato da ente terzo quale l'IMQ. Detta documentazione deve riportare la posizione di misura del corpo illuminante, il tipo di sorgente, l'identificazione del laboratorio di misura, il nominativo del responsabile tecnico del laboratorio e la sua dichiarazione circa la veridicità delle misure effettuate;
- b) istruzioni di installazione ed uso corretto dell'apparecchio in conformità alla legge.

#### Art. 8

##### Disposizioni in materia di osservatori astronomici

1. La presente legge tutela gli osservatori astronomici professionali che svolgono attività di ricerca scientifica di cui all'allegato A, gli osservatori astronomici non professionali ed i siti di osservazione che svolgono attività di rilevanza culturale, scientifica e popolare d'interesse regionale e/o provinciale di cui all'allegato B.

2. Ai fini di tutela dall'inquinamento luminoso si considerano siti di osservazione le aree naturali protette che interessano il territorio regionale.

3. L'elenco degli osservatori astronomici professionali di cui all'allegato A è aggiornato periodicamente dalla Giunta regionale, con contestuale individuazione delle fasce di rispetto relative agli osservatori di nuovo inserimento, anche su proposta della Società astronomica italiana (SAIT), sentita la competente commissione consiliare.

4. L'elenco degli osservatori astronomici non professionali e dei siti di osservazione di cui all'allegato B è aggiornato periodicamente dalla Giunta regionale, con contestuale individuazione delle fasce di rispetto relative agli osservatori e dei siti di nuovo inserimento, anche su proposta degli osservatori astronomici e delle associazioni di cui all'articolo 3, comma 1, lettera d), sentita la competente commissione consiliare.

5. Nei casi di cui ai commi 3 e 4, il provvedimento della Giunta regionale che approva l'aggiornamento dell'elenco è pubblicato nel Bollettino Ufficiale della Regione del Veneto (BUR).

6. Gli osservatori astronomici:

- a) forniscono ai comuni ogni utile indicazione ai fini dell'adeguamento delle sorgenti di luce esistenti alle disposizioni della presente legge;
- b) segnalano ai comuni le sorgenti di luce non rispondenti alle disposizioni della presente legge, richiedendone l'intervento ai fini del loro adeguamento;

c) collaborano con gli enti territoriali competenti a sostegno di ogni azione in attuazione della presente legge, partecipando attivamente alle campagne informative per la divulgazione degli obiettivi e dei contenuti della legge medesima.

7. Le fasce di rispetto degli osservatori astronomici professionali, non professionali e dei siti di osservazione, di cui al comma 1, e le fasce di rispetto costituite dalle aree naturali protette, ai sensi del comma 2, hanno un'estensione di raggio, fatti salvi i confini regionali, pari:

- a) a 25 chilometri di raggio per gli osservatori professionali;
- b) a 10 chilometri di raggio per gli osservatori non professionali e per i siti di osservazione;
- c) all'estensione dell'intera area naturale protetta.

8. La Giunta regionale, entro centoventi giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge, individua con proprio provvedimento, mediante cartografia in scala 1:250.000, le fasce di rispetto di cui al comma 7, provvedendo all'invio di copia della documentazione cartografica ai comuni interessati.

9. Restano confermate le zone di protezione che, alla data di entrata in vigore della presente legge, risultino già individuate, mediante cartografia in scala 1:250.000, dalla Giunta regionale, in forza della disposizione di cui all'articolo 9, comma 5 della legge regionale 27 giugno 1997, n. 22, "Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso" e successive modificazioni.

10. All'interno delle fasce di rispetto di cui al comma 7 da individuare, ai sensi del comma 8 e delle zone di protezione già individuate e confermate, ai sensi del comma 9, gli impianti d'illuminazione pubblica e privata esistenti che alla data di entrata in vigore della presente legge risultino non ancora conformi alle prescrizioni della legge regionale 27 giugno 1997, n. 22, "Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso", devono adeguarsi ai requisiti di cui all'articolo 9, comma 2, lettera a) entro due anni dalla data medesima.

11. All'interno delle fasce di rispetto di cui al comma 7 da individuare, ai sensi del comma 8 e delle zone di protezione già individuate e confermate, ai sensi del comma 9, gli impianti d'illuminazione pubblica e privata esistenti che alla data di entrata in vigore della presente legge risultino conformi alle prescrizioni della legge regionale 27 giugno 1997, n. 22, "Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso", sono dispensati dagli interventi di adeguamento alle prescrizioni di cui alla presente legge.

12. All'interno delle fasce di rispetto di cui al comma 7 da individuare, ai sensi del comma 8 e delle zone di protezione già individuate e confermate, ai sensi del comma 9, gli impianti d'illuminazione pubblica e privata nuovi debbono essere progettati e realizzati secondo i requisiti di cui all'articolo 9, commi 2 e 3; per tali impianti non è ammessa la deroga di cui al comma 4 del medesimo articolo 9.

13. Su richiesta degli osservatori di cui agli allegati A e B, in coincidenza con particolari fenomeni e comunque per non più di tre giornate all'anno, i sindaci dei comuni ricadenti all'interno delle fasce di rispetto di cui al comma 7 dispongono, compatibilmente con le esigenze di sicurezza della circolazione veicolare, lo spegnimento integrale ovvero la riduzione del flusso luminoso degli impianti pubblici di illuminazione esterna.

## Art. 9

### Regolamentazione delle sorgenti di luce e dell'utilizzazione di energia elettrica da illuminazione esterna

1. Ai fini di cui all'articolo 1, dalla data di entrata in vigore della presente legge la progettazione e l'esecuzione successiva degli impianti di illuminazione esterna, pubblica e privata devono conformarsi alle disposizioni di cui al presente articolo. Per gli impianti di illuminazione esterna, pubblica e privata, per i quali, alla data di entrata in vigore della presente legge, il progetto sia stato approvato o che siano in fase di realizzazione, è prevista la sola predisposizione di sistemi che garantiscano la non dispersione della luce verso l'alto.

2. Si considerano conformi ai principi di contenimento dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico gli impianti che rispondono ai seguenti requisiti:

- a) sono costituiti di apparecchi illuminanti aventi un'intensità luminosa massima compresa fra 0 e 0.49 candele (cd) per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso a novanta gradi ed oltre;
- b) sono equipaggiati di lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza luminosa, come quelle al sodio ad alta o bassa pressione, in luogo di quelle ad efficienza luminosa inferiore. È consentito l'impiego di lampade con indice di resa cromatica superiore a  $R_a=65$ , ed efficienza comunque non inferiore ai 90 lm/w esclusivamente per l'illuminazione di monumenti, edifici, aree di aggregazione e zone pedonalizzate dei centri storici. I nuovi apparecchi d'illuminazione a led possono essere impiegati anche in ambito stradale, a condizione siano conformi alle disposizioni di cui al comma 2 lettere a) e c) e l'efficienza delle sorgenti sia maggiore di 90lm/W;
- c) sono realizzati in modo che le superfici illuminate non superino il livello minimo di luminanza media mantenuta o di illuminamento medio mantenuto previsto dalle norme di sicurezza specifiche; in assenza di norme di sicurezza specifiche la luminanza media sulle superfici non deve superare 1 cd/mq;
- d) sono provvisti di appositi dispositivi che abbassano i costi energetici e manutentivi, agiscono puntualmente su ciascuna lampada o in generale sull'intero impianto e riducono il flusso luminoso in misura superiore al trenta per cento rispetto al pieno regime di operatività, entro le ore ventiquattro. La riduzione di luminanza, in funzione dei livelli di traffico, è obbligatoria per i nuovi impianti d'illuminazione stradale.

3. Si considerano conformi ai principi di contenimento dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico i lampi fotovoltaici autoalimentati che utilizzano pannelli aventi rendimento pari o superiore al dieci per cento e comunque corrispondenti alle caratteristiche indicate al comma 2, lettere a), b), c).

4. È concessa deroga ai requisiti di cui al comma 2:

- a) per le sorgenti di luce internalizzate e quindi non inquinanti, quali gli impianti di illuminazione sotto tettoie, portici, sottopassi, gallerie e strutture similari, con effetto totalmente schermante verso l'alto;
- b) per le sorgenti di luce facenti parte di installazione temporanea, che vengano rimosse entro un mese dalla messa in opera, o che vengano spente entro le ore ventuno nel periodo di ora solare ed entro le ore ventidue nel periodo di ora legale;

- c) per gli impianti che vengono accesi per meno di dieci minuti da un sensore di presenza o movimento, dotati di proiettori ad alogeni o lampadine a fluorescenza compatte o altre sorgenti di immediata accensione;
- d) per i porti, gli aeroporti e le altre strutture non di competenza statale, limitatamente agli impianti e ai dispositivi di segnalazione strettamente necessari a garantire la sicurezza della navigazione marittima e aerea;
- e) per le installazioni e per gli impianti di strutture, la cui progettazione, realizzazione e gestione sia regolata da specifica normativa statale;
- f) per impianti dotati di piccole sorgenti tipo fluorescenza, gruppi di led o di sorgenti simili, caratterizzati dai seguenti requisiti:
  - 1) in ciascun apparecchio, il flusso totale emesso dalle sorgenti non sia superiore a 1800 lumen;
  - 2) ogni apparecchio emetta meno di 150 lumen verso l'alto;
  - 3) gli apparecchi dell'impianto d'illuminazione non emettano, complessivamente, più di 2.250 lumen verso l'alto;
- g) per gli impianti installati per le manifestazioni all'aperto e itineranti con carattere di temporaneità regolarmente autorizzate dai comuni;
- h) per le insegne ad illuminazione propria, anche se costituite da tubi di neon nudi.

5. L'illuminazione delle insegne non dotate di illuminazione propria deve essere realizzata utilizzando apparecchi che illuminino dall'alto verso il basso. Le insegne dotate di luce propria non devono superare i 4.500 lumen di flusso totale, emesso in ogni direzione per ogni singolo esercizio. In ogni caso tutte le insegne luminose non preposte alla sicurezza e ai servizi di pubblica utilità devono essere spente alla chiusura dell'esercizio e comunque entro le ore ventiquattro.

6. Fari, torri-faro e riflettori illuminanti parcheggi, piazzali, cantieri, svincoli ferroviari e stradali, complessi industriali e grandi aree di ogni tipo devono avere, rispetto al terreno, un'inclinazione tale, in relazione alle caratteristiche dell'impianto, da non irradiare oltre 0 cd per 1.000 lumen a 90° e oltre. Si privilegiano gli apparecchi d'illuminazione con proiettori di tipo asimmetrico. In particolare, l'installazione di torri-faro deve prevedere una potenza installata inferiore, a parità di luminanza delle superfici illuminate, a quella di un impianto con apparecchi tradizionali; qualora il fattore di utilizzazione di torri-faro, riferito alla sola superficie di utilizzo, superi il valore di 0,5, gli impianti devono essere dotati di appositi sistemi di spegnimento o di riduzione della luminanza, nei periodi di non utilizzazione o di traffico ridotto.

7. Nell'illuminazione degli impianti sportivi progettati per contenere oltre cinquemila spettatori, le disposizioni di cui al comma 2, lettera a) sono derogabili, salvo l'obbligo di contenere al minimo la dispersione di luce verso il cielo e al di fuori delle aree verso le quali l'illuminazione è orientata. Devono essere tecnicamente assicurate la parzializzazione dell'illuminazione, funzionale alla natura del suo utilizzo, e l'accensione dell'impianto limitata al tempo necessario allo svolgimento della manifestazione sportiva. Negli impianti sportivi è ammesso l'utilizzo di sorgenti luminose diverse da quelle di cui al comma 2, lettera b). L'illuminazione delle piste da sci deve aver luogo, compatibilmente con le esigenze di sicurezza, contenendo la dispersione di luce al di fuori

della pista medesima ed il calcolo della luminanza deve tener conto dell'elevata riflettività del manto nevoso.

8. È vietato, su tutto il territorio regionale, l'utilizzo anche temporaneo, di fasci di luce fissi o rotanti, di qualsiasi colore e potenza, come i fari, i fari laser, le giostre luminose e ogni tipo di richiamo luminoso, a scopo pubblicitario o voluttuario, come i palloni aerostatici luminosi e le immagini luminose che disperdono luce verso la volta celeste. È altresì vietata l'illuminazione di elementi del paesaggio e l'utilizzo delle superfici di edifici o di elementi architettonici o naturali, per la proiezione o l'emissione di immagini, messaggi o fasci luminosi, a scopo pubblicitario o voluttuario.

9. Le modalità di illuminazione degli edifici devono essere conformi ai requisiti di cui al comma 2, lettera a), con spegnimento o riduzione della potenza d'illuminazione pari ad almeno il trenta per cento, entro le ventiquattro ore. Qualora l'illuminazione di edifici di interesse storico, architettonico o monumentale non sia tecnicamente realizzabile secondo i requisiti di cui al comma 2, lettera a), è ammesso il ricorso a sistemi d'illuminazione dal basso verso l'alto, con una luminanza media mantenuta massima sulla superficie da illuminare pari a 1 cd/m<sup>2</sup> o ad un illuminamento medio fino a 15 lux. In tal caso i fasci di luce devono comunque essere contenuti all'interno della sagoma dell'edificio e, qualora la sagoma sia irregolare, il flusso diretto verso l'alto non intercettato dalla struttura non deve superare il dieci per cento del flusso nominale che fuoriesce dall'impianto di illuminazione.

10. Per gli impianti di illuminazione esistenti alla data d'entrata in vigore della presente legge e non rispondenti ai requisiti di cui al presente articolo, fatte salve le norme vigenti in materia di sicurezza, è disposta la modifica dell'inclinazione degli apparecchi secondo angoli prossimi all'orizzonte, con inserimento di schermi paraluce atti a limitare l'emissione luminosa oltre i novanta gradi.

11. Ai fini dell'alta efficienza degli impianti si osservano le seguenti prescrizioni:

- a) impiegare, a parità di luminanza, apparecchi che conseguano impegni ridotti di potenza elettrica, condizioni massime di interesse dei punti luce e che minimizzino costi e interventi di manutenzione nell'illuminazione pubblica e privata per esterni. In particolare per i nuovi impianti di illuminazione stradale è fatto obbligo di utilizzare apparecchi con rendimento superiore al sessanta per cento, intendendosi per rendimento il rapporto fra il flusso luminoso che fuoriesce dall'apparecchio e quello emesso dalla sorgente interna allo stesso. Gli impianti di illuminazione stradale devono altresì garantire un rapporto fra interdistanza e altezza delle sorgenti luminose non inferiore al valore di 3,7; sono consentite soluzioni alternative solo in presenza di ostacoli, fisici o arborei, o in quanto funzionali alla certificata e documentata migliore efficienza generale dell'impianto; soluzioni con apparecchi lungo entrambi i lati della strada sono consentite nei casi in cui le luminanze di progetto debbano essere superiori a 1.5cd/m<sup>2</sup> o per carreggiate con larghezza superiore ai 9 metri;
- b) massimizzazione della frazione del flusso luminoso emesso dall'impianto, in ragione dell'effettiva incidenza sulla superficie da illuminare (utilanza). La progettazione degli impianti di illuminazione esterna notturna dev'essere tale da contenere al massimo la luce intrusiva all'interno delle abitazioni e di ogni ambiente adiacente l'impianto.

#### Art. 10 Contributi regionali

1. La Regione concede contributi ai comuni per la predisposizione dei PICIL.

2. La Regione concede contributi ai comuni per gli interventi di bonifica e adeguamento degli impianti alla presente legge e per la realizzazione dei nuovi impianti di illuminazione pubblica e di illuminazione stradale, secondo le disposizioni di cui alla presente legge.

3. Con provvedimento della Giunta regionale da approvarsi entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge, previo parere della competente commissione consiliare, sono disposti i criteri e le modalità per l'erogazione dei contributi di cui ai commi 1 e 2.

#### Art. 11 Sanzioni

1. Chiunque realizza impianti di illuminazione pubblica e privata in difformità alla presente legge è punito, previa diffida a provvedere all'adeguamento entro sessanta giorni, con la sanzione amministrativa da euro 260,00 a euro 1.030,00 per punto luce, fermo restando l'obbligo all'adeguamento entro novanta giorni dall'irrogazione della sanzione. L'impianto segnalato deve rimanere spento sino all'avvenuto adeguamento.

2. L'importo delle sanzioni amministrative di cui al comma 1 è triplicato qualora la violazione sia compiuta all'interno delle fasce di rispetto di cui all'articolo 8, comma 3.

3. La Regione interviene in caso d'inosservanza della presente legge da parte delle province e dei comuni, promuovendo le azioni a tal fine opportune e disponendo con proprio provvedimento, l'esclusione degli enti inosservanti dall'erogazione dei contributi regionali di cui all'articolo 10.

4. I proventi delle sanzioni erogate sono destinati dai comuni al finanziamento degli interventi di adeguamento degli impianti di pubblica illuminazione alle disposizioni di cui alla presente legge.

#### Art. 12 Disposizioni relative all'adeguamento degli impianti esistenti

1. L'adeguamento degli impianti esistenti ha luogo secondo le seguenti modalità:

- a) entro cinque anni dall'entrata in vigore della presente legge, gli impianti con apparecchi d'illuminazione con singola sorgente di luce di potenza maggiore o uguale a 400 watt non rispondenti ai requisiti e criteri di cui all'articolo 9 sono sostituiti o modificati;
- b) entro dieci anni dall'entrata in vigore della presente legge, gli impianti d'illuminazione con apparecchi con singola sorgente di luce di potenza maggiore o uguale a 150 watt ma inferiore a 400 watt non rispondenti ai requisiti e criteri di cui all'articolo 9 sono sostituiti o modificati;
- c) salve le disposizioni di cui all'articolo 9, comma 4, entro quindici anni dall'entrata in vigore della presente legge, gli impianti d'illuminazione con singola sorgente di luce di potenza inferiore a 150 watt, non rispondenti ai requisiti e criteri di cui all'articolo 9, commi 2 e 3, sono sostituiti o modificati.

2. I prioritari interventi di bonifica, ai sensi dell'articolo 4, comma 1, lettera b), sono eseguiti secondo i requisiti ed i criteri per la realizzazione dei nuovi impianti, di cui all'articolo 9.

3. Per l'adeguamento di cui al comma 1 e la bonifica di cui al comma 2, i soggetti privati possono procedere all'installazione di appositi schermi sulla armatura, ovvero alla sola sostituzione dei vetri di protezione delle lampade o alla sostituzione delle lampade stesse, a condizione di assicurare caratteristiche finali omogenee a quelle previste dal presente articolo e dall'articolo 9.

4. Al fine di favorire la riduzione del consumo energetico e nel rispetto delle condizioni di sicurezza previste dalla normativa vigente, i soggetti interessati possono procedere, in assenza di regolatori del flusso luminoso, allo spegnimento del cinquanta per cento delle sorgenti di luce entro le ore ventitre. La riduzione del valore della luminanza media mantenuta, indipendentemente dall'indice percentuale di traffico, avviene comunque nel rispetto delle prescrizioni delle vigenti norme.

#### Art. 13 Norma finanziaria

1. Agli oneri derivanti dall'attuazione della presente legge, quantificati in euro 1.000.000,00 per ogni esercizio del triennio 2009-2011, si fa fronte con le risorse allocate nell'upb U0186 "Fondo speciale per le spese d'investimento", partita n. 5, del bilancio di previsione 2009 e pluriennale 2009-2011; contestualmente la dotazione dell'upb U0111 "Interventi di tutela ambientale" viene incrementata di euro 1.000.000,00 per ciascuno degli esercizi 2009, 2010 e 2011.

2. Per gli esercizi successivi al 2011, gli oneri saranno determinati dalle rispettive leggi finanziarie, con particolare riferimento al finanziamento di interventi che promuovano il risparmio energetico mediante l'adeguamento degli impianti con la sostituzione dei soli apparecchi e sorgenti obsolete, con analoghi a più elevata efficienza e potenze installata inferiore almeno del 3 per cento, riferita alla potenza nominale della sorgente.

#### Art. 14 Norma di abrogazione

1. A far data dall'entrata in vigore della presente legge è abrogata la legge regionale 27 giugno 1997, n. 22, "Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso".

---

La presente legge sarà pubblicata nel Bollettino ufficiale della Regione veneta. È fatto obbligo a chiunque spetti di osservarla e di farla osservare come legge della Regione veneta.

Venezia, 7 agosto 2009

Galan

## INDICE

- Art. 1 - Finalità
- Art. 2 - Definizioni
- Art. 3 - Compiti della Regione
- Art. 4 - Compiti delle Province
- Art. 5 - Compiti dei Comuni
- Art. 6 - Osservatorio permanente sul fenomeno dell'inquinamento luminoso
- Art. 7 - Progetto illuminotecnico
- Art. 8 - Disposizioni in materia di osservatori astronomici
- Art. 9 - Regolamentazione delle sorgenti di luce e dell'utilizzazione di energia elettrica da illuminazione esterna
- Art. 10 - Contributi regionali
- Art. 11 - Sanzioni
- Art. 12 - Disposizioni relative all'adeguamento degli impianti esistenti
- Art. 13 - Norma finanziaria
- Art. 14 - Norma di abrogazione

## ALLEGATO A

(previsto dall'articolo 8, comma 1)

Osservatori astronomici professionali:

- 1) Osservatorio astronomico di Padova a Cima Ekar, in comune di Asiago (Vicenza);
- 2) Osservatorio astrofisico dell'Università degli studi di Padova, in comune di Asiago (Vicenza).

## ALLEGATO B

(previsto dall'articolo 8, comma 1)

Osservatori astronomici non professionali e siti di osservazione:

- 1) Osservatorio del Col Drusciè, Associazione Astronomica Cortinese, località col Drusciè, in comune di Cortina d'Ampezzo (Belluno);
- 2) Osservatorio di Vignui, Associazione Feltrina Astrofili, località Vignui, in comune di Feltre (Belluno);
- 3) Sito astronomico del Monte Lagazuoi, Rifugio Lagazuoi, in comune di Cortina d'Ampezzo (Belluno);
- 4) Osservatorio "Giuseppe Colombo" Gruppo Astrofili di Padova, via Cornaro 1b, in comune di Padova;
- 5) Osservatorio Collegio Pio X, Associazione Astrofili Trevigiani, Borgo Cavour 40, in comune di Treviso;
- 6) Osservatorio del "Centro Incontri con la natura", Casa don Bosco, Via Santa Lucia 45, in comune di Crespano del Grappa (Trevise);
- 7) Osservatorio pubblico, Associazione Astrofili di Vittorio Veneto, Via Piadara, in comune di Fregona (Trevise);
- 8) Osservatorio Luciano Lai, Via Mantovana 130, Madonna di Dossobuono, in comune di Verona;
- 9) Osservatorio "Le Pleiadi", località Settimo, in comune di Pescantina (Verona);
- 10) Sito astronomico "Bocca di Selva", località Bocca di Selva, in comune di Boscochiesanuova (Verona);

- 11) Sito astronomico "Pozza Morta", località Pozza Morta, in comune di Boscochiesanuova (Verona);
- 12) Osservatorio del Monte Novegno, Gruppo Astrofili di Schio, località La Busa, in comune di Schio (Verona);
- 13) Sito astronomico del Monte Toraro (riferimento geografico: installazioni militari), in comune di Arsiero (Vicenza);
- 14) Osservatorio comunale "G.Toaldo", Gruppo Astrofili Monte Grappa, Via L. Nodari, in comune di Nove (Vicenza). Latitudine: 45° 44' 28". Longitudine: 11h 40' 47" E;
- 15) Osservatorio del Monte Baldo Località Novezzina sn, in comune di Ferrara di Monte Baldo (Verona). Latitudine: 45° 41' 52". Longitudine: 10h 51' 32" E;
- 16) Osservatorio: Casa Marina - Parco delle Stelle, Via Sottovenda n. 3, Comune di Galzignano Terme (Padova). Latitudine: 45° 18' 39". Longitudine: 11° 41' 42" E;
- 17) Osservatorio Astronomico G. Beltrame, Gruppo Astrofili Vicentini Giorgio Abetti, Via S. Giustina n. 81, in comune di Arcugnano (Vicenza). Latitudine: 45° 29' 50". Longitudine: 11h 32' 09" E;
- 18) Osservatorio Astronomico pubblico di Marana di Crespadoro Contrada Pasquali, in comune di Crespadoro (Vicenza). Latitudine: 45° 38' 20". Longitudine: 11° 12' 37" E;
- 19) Osservatorio Fiamene, Via Papa Luciani, in comune di Negrar (Vicenza). Latitudine: 45° 34' 60". Longitudine: 010h 58' 31";
- 20) Sito astronomico, Roccolo Bonato, Via Scala in comune di Torreglia (Padova);
- 21) Sito astronomico, Monte Baiamonte, sito in comune di Teolo (Padova);
- 22) Sito astronomico, del Monte Pizzoc, in comune di Fregona (Trevise);
- 23) Sito astronomico Sant'Anna, Col Indes, in comune di Tambre (Belluno);
- 24) Sito astronomico Monte Croce, in comune di Sossano (Vicenza);
- 25) Sito astronomico Monte calvarina, in comune di Arzignano (Vicenza);
- 26) Sito astronomico di S. Giovanni Ilarione Località Cattignano (Verona);
- 27) Sito astronomico di Marano di Piave (Trevise);
- 28) Sito astronomico di Campo Fontana in comune di Selva di Progno (Verona);
- 29) Osservatorio Astronomico pubblico di S. Apollinare (Rovigo), gestito dal Gruppo Astrofili Polesani (GAP).

**Dati informativi concernenti la legge regionale 7 agosto 2009, n. 17**

Il presente elaborato ha carattere meramente informativo, per cui è sprovvisto di qualsiasi valenza vincolante o di carattere interpretativo. Pertanto, si declina ogni responsabilità conseguente a eventuali errori od omissioni.

Per comodità del lettore sono qui di seguito pubblicati a cura del direttore:

- 1 - Procedimento di formazione
- 2 - Relazione al Consiglio regionale
- 3 - Note agli articoli
- 4 - Leggi regionali abrogate
- 5 - Struttura di riferimento

## 1. Procedimento di formazione

- La proposta di legge è stata presentata al Consiglio regionale in data 23 novembre 2007, dove ha acquisito il n. 277 del registro dei progetti di legge su iniziativa dei Consiglieri Ciambetti e Conte;
- Il progetto di legge è stato assegnato alla 7° commissione consiliare;
- La 7° commissione consiliare ha completato l'esame del progetto di legge in data 23 aprile 2009;
- Il Consiglio regionale, su relazione del consigliere Roberto Ciambetti, ha esaminato e approvato il progetto di legge con deliberazione legislativa 22 luglio 2009, n. 9880.

## 2. Relazione al Consiglio regionale

Signor Presidente, colleghi consiglieri,

### 1. Premessa

A causa dell'eccesso d'illuminazione pubblica e privata, anche nella nostra Regione diventa sempre più difficile trovare luoghi dove l'oscurità sia tale da permettere un'adeguata visione della volta celeste. In luoghi bui le stelle normalmente visibili ad occhio nudo sarebbero circa 3.000 e invece dalle zone urbane e sub-urbane del nostro territorio è ormai possibile ammirare solo poche centinaia di astri. Il diffondersi incontrollato dell'inquinamento luminoso costituisce, come vedremo, uno spreco energetico ingiustificato, un'alterazione dell'equilibrio dell'ecosistema e un impedimento, di fatto, all'osservazione del cielo. Alcuni studi hanno evidenziato i disturbi alla fauna e alla flora dovuti alla rottura dell'equilibrio luce/buio o giorno-notte nelle zone troppo illuminate; ad esempio è intuibile il danno per gli uccelli migratori, i quali usano le stelle per orientarsi nel volo notturno. Nella recente legislazione statale italiana, un riferimento preciso alla necessità di prevenire l'inquinamento luminoso è reperibile nella legge quadro sulle aree naturali protette - legge 6 dicembre 1991, n. 394 - laddove, all'articolo 11, si indicano anche le "emissioni luminose" tra le attività che il regolamento del parco deve disciplinare, allo scopo di garantire il perseguimento delle finalità di conservazione e protezione del patrimonio naturale.

Al Convegno organizzato a Venezia con il patrocinio dell'UNESCO e della Regione Veneto nel Maggio 2002, "Venezia: salvare la notte", venne presentata una richiesta sostenuta da oltre 6000 firme di cittadini veneti, dove si chiedeva ai governanti di adottare leggi contro l'inquinamento luminoso, contenenti provvedimenti analoghi a quelli della regione Lombardia - legge n. 17/2000 - e del relativo regolamento di attuazione, apprezzate dalle organizzazioni impegnate nella tutela dall'inquinamento luminoso.

Nella nostra Regione sono attive numerose associazioni astronomiche che dedicano, con passione e impegno, le loro energie alla divulgazione dell'astronomia, presso il pubblico e presso le scuole (dalle elementari all'Università della terza età), ed hanno un ruolo anche nella ricerca scientifica ufficiale. L'attività di tali associazioni è fortemente frustrata dall'incontrollato diffondersi dell'inquinamento luminoso.

La tutela dall'inquinamento luminoso è dunque anche esigenza di tutela del patrimonio culturale (oltre che turistico e paesaggistico) che è il cielo stellato.

### 2. Cos'è l'inquinamento luminoso

L'inquinamento luminoso, inteso come aumento della luminanza del cielo, è causato dalla diffusione in atmosfera del chiarore prodotto dalle luci degli insediamenti urbani. L'origine del problema, sta nel

fatto che spesso la progettazione degli impianti d'illuminazione e il disegno dei punti luce, non tiene conto delle possibili dispersioni luminose all'esterno dell'area da illuminare.

L'assenza di una legislazione efficace in materia favorisce, infatti, un'incontrollata (e talvolta controproducente) illuminazione ed un conseguente spreco d'energia, da parte di enti pubblici, enti privati e singoli cittadini.

L'inquinamento luminoso, inteso come alterazione dei livelli naturali di luce presenti in ambiente notturno, ha purtroppo documentati effetti negativi su tutto l'ecosistema, alterando, tra le altre cose, le abitudini di caccia e di alimentazione degli animali, il comportamento riproduttivo, le migrazioni, comportando la morte diretta di miliardi di insetti e, di conseguenza, modificando la catena alimentare degli animali superiori che di essi si cibano. Da non trascurare gli effetti che nuove ricerche stanno dimostrando cagioni sulla salute umana, modificando i ritmi circadiani.

Studi condotti in questi anni su alcune città italiane, hanno evidenziato che la dispersione media del flusso luminoso prodotto dagli impianti di illuminazione è compresa tra il 15 ed il 25 per cento. Questo dato, rapportato all'intero territorio nazionale, evidenzia che il flusso totale disperso è stimabile in oltre 50 miliardi di lumen, corrispondenti ad uno spreco di energia valutabile in circa 3 miliardi di kWh (circa 300 milioni di euro, al costo medio di 0,10 euro/kWh). Questo è il solo spreco della luce inviata in cielo. Evitare il sovrailuminare comporterebbe aggiuntivi risparmi, spesso superiori al 50 per cento. L'ottimizzazione e la corretta progettazione degli impianti permetterebbe una ulteriore diminuzione dei consumi. Migliorando con ciò la qualità dell'illuminazione esterna.

In comuni di medie dimensioni (circa 50.000 abitanti), mediante interventi di solo uso razionale dell'energia ai fini dell'illuminazione pubblica, si possono conseguire risparmi valutabili in oltre 200.000 euro annui, diminuendo al contempo i livelli di inquinamento luminoso e realizzando anche un risparmio di combustibile e una minor emissione in atmosfera di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), la maggior responsabile dell'effetto serra".

Ogni normale apparecchio d'illuminazione da 150 W funziona ad energia elettrica, per produrre la quale immettiamo in atmosfera tanto biossido di carbonio quanto ne immagazzinano, crescendo, circa 10-20 alberi. Per mantenere positivo il bilancio dei gas serra sarebbe quindi necessario piantare una ventina di alberi per ogni nuovo lampione.

Si può calcolare che l'ipotetico abbattimento dell'inquinamento luminoso su tutto il territorio italiano comporterebbe un risparmio di 430.000 tonnellate di combustibile in un anno; di conseguenza non sarebbero immesse in atmosfera 1.356.000 tonnellate di anidride carbonica e non verrebbero bruciati 1.480.000 tonnellate di ossigeno.

All'ingente sperpero di denaro pubblico, e al danno ambientale provocati dall'inquinamento luminoso, si unisce il danno irreparabile per la ricerca astronomica e la cultura. L'importanza della ricerca astronomica è dimostrata dai finanziamenti che a questo settore della ricerca scientifica dedicano tutti i paesi industrializzati avanzati, il nostro compreso. Il danno alla cultura è più generale infatti, l'inquinamento luminoso impedisce alla popolazione in genere e alle nuove generazioni in particolare, uno degli accessi privilegiati alla scienza.

Bisogna altresì rilevare la vetustà di molti impianti basati sull'utilizzo di lampade ad incandescenza e a vapori di mercurio, altamente inquinanti su tutto lo spettro del visibile; queste ultime, tra l'altro, sono anche considerate rifiuti speciali dalla normativa vigente, con più elevati costi di smaltimento. In ambito locale il problema è ulteriormente aggravato dall'installazione di fari rotanti

pubblicitari utili, forse, a pochi privati ma dannosi certamente per l'intera collettività costretta a subire, senza alcun vantaggio, un nuovo tipo di degrado paesaggistico. Tali fari inoltre violano palesemente l'articolo 23 del Nuovo Codice della Strada che ne vieta, per motivi di sicurezza, l'installazione.

Da queste considerazioni si evince l'importanza e l'urgenza di approvare una legge regionale che sia al passo con i tempi e tragga vantaggio dalle esperienze maturate in questa ed altre regioni, nonché delle nuove evidenze scientifiche dei danni provocati dalla luce artificiale immessa nell'ambiente notturno.

### 3. Rimedi e soluzioni

È importante evidenziare che il problema dell'inquinamento luminoso è tecnicamente risolvibile, senza compromettere la richiesta dei cittadini ad avere le strade illuminate in modo adeguato. Ad esempio si possono adottare lampade diverse da quelle abitualmente impiegate sostituendole, ove possibile, con lampade ad alta efficienza, come quelle al sodio a bassa pressione, le meno inquinanti e le più efficienti; si potrebbero inoltre limitare le dispersioni verso l'alto con sistemi full cut-off (totalmente schermati) oppure con fari asimmetrici e appropriate schermature, dirigendo con la giusta angolatura il fascio luminoso, dall'alto verso il basso (evitando perciò i proiettori a pavimento). Altrettanto importante sarebbe attenersi ai valori di luminanza indicati dalle normative, evitando di raddoppiarli o triplicarli inutilmente. I suggerimenti sono numerosi ed anche i produttori d'impianti offrono, nei loro cataloghi, soluzioni al riguardo purché qualcuno le richieda. L'adozione di questi accorgimenti potrebbe portare ad un risparmio annuo di denaro pubblico per punto luce, anche superiore al 40 per cento, che moltiplicato per migliaia di punti luce costituisce un ingente risparmio. Ciò in armonia con il criterio della reale e congrua esigenza di cui alla legge n. 10/1991 "Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".

Va, infine, osservato - sul piano delle finalità della presente proposta di legge - che ridurre l'inquinamento luminoso mediante l'adozione di criteri progettuali più moderni, significa anche avere città meglio illuminate: infatti, evitare che una parte di luce prodotta dagli impianti di illuminazione vada dispersa verso lo spazio, vuol dire renderla immediatamente disponibile per una migliore visibilità dei corpi al suolo.

### 4. La proposta di legge

La Regione Veneto è stata la prima in Italia a prendere coscienza del fenomeno dell'inquinamento luminoso, a tal proposito approvando, nel giugno 1997, la legge n. 22, "Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso". A distanza di dieci anni dall'entrata in vigore di quel testo se ne costata la sua parziale disapplicazione. Il Piano regionale di prevenzione dell'inquinamento luminoso che avrebbe dovuto disciplinare le attività regionali e comunali di prevenzione dell'inquinamento luminoso non è stato infatti mai approvato. La legge regionale peraltro appare ormai invecchiata, in ragione delle nuove tecnologie intervenute nel campo dell'illuminazione a consentire qualità dell'illuminazione, contenimento della dispersione di luce e del consumo energetico.

La presente proposta di legge guarda ai più evoluti testi normativi approvati da altre Regioni, in particolare alla recentissima legge regionale del Friuli, per consentire al Veneto una risposta legislativa al fenomeno dell'inquinamento luminoso efficace ed al passo coi tempi.

Se ne espongono di seguito i contenuti essenziali:

- l'articolo 1 ne indica le finalità di riduzione dell'inquinamento luminoso ed ottico nel territorio regionale e di contenimento dei consumi energetici;
- l'articolo 2 offre le definizioni di inquinamento luminoso ed ottico, di abbagliamento, di piano comunale per il contenimento dell'inquinamento luminoso, di osservatorio astronomico e di fascia di rispetto;
- l'articolo 3 individua i compiti essenzialmente di vigilanza sull'applicazione della legge e di promozione della formazione e dell'aggiornamento professionale per tecnici dell'illuminazione, propri della Regione;
- l'articolo 4 si occupa dei compiti delle province, il principale dei quali è quello di individuare gli impianti di grande inquinamento luminoso rispetto ai quali prevedere le priorità di bonifica;
- l'articolo 5 ha ad oggetto i compiti dei comuni, veri soggetti della prevenzione del fenomeno dell'inquinamento luminoso. I comuni si dotano del Piano dell'illuminazione per il contenimento dell'inquinamento luminoso (PICIL). Il PICIL è atto di programmazione per la realizzazione dei nuovi impianti di illuminazione e per ogni intervento di modifica, adeguamento, manutenzione. I comuni sottopongono al regime dell'autorizzazione comunale tutti gli impianti di illuminazione esterna, svolgono un'attività di controllo periodico della conformità dei nuovi e vecchi impianti ai requisiti ed ai criteri tecnici antinquinamento previsti dal testo e provvedono alla bonifica degli impianti e delle aree di grande inquinamento luminoso presenti nel loro territorio;
- l'articolo 6 istituisce presso l'Arpav l'Osservatorio permanente sul fenomeno dell'inquinamento luminoso, con compiti di segnalazione ai soggetti competenti dei siti che richiedono interventi di bonifica, di acquisizione di dati, di informazioni in ordine al fenomeno in questione, allo stato di attuazione della legge e di predisposizione di una relazione biennale al Consiglio regionale su quest'ultimo punto;
- l'articolo 7 si occupa del progetto illuminotecnico degli impianti d'illuminazione esterna, dall'obbligo del quale sono esclusi gli impianti di modesta entità e quelli temporanei;
- l'articolo 8 detta disposizioni a tutela degli osservatori astronomici professionali e non e dei siti di osservazione. Si considerano, ai fini di tutela dall'inquinamento della legge, siti di osservazione anche le aree naturali protette. All'interno delle fasce di rispetto degli osservatori e dei siti di osservazione si applicano ancor più rigorosamente i requisiti ed i criteri tecnici cui debbono adeguarsi gli impianti per rispondere ai principi di contenimento dell'inquinamento luminoso;
- l'articolo 9 individua per l'appunto detti requisiti e criteri tecnici;
- l'articolo 10 dispone contributi regionali favore di comuni per gli adempimenti in attuazione della legge;
- l'articolo 11 prevede le sanzioni applicabili in caso di mancata realizzazione dei nuovi impianti o adeguamento degli impianti esistenti alle disposizioni della legge;
- l'articolo 12 detta disposizioni relative all'adeguamento degli impianti esistenti;
- l'articolo 13 è la norma finanziaria;
- l'articolo 14 abroga la legge regionale n. 22/1997.

Seguono gli allegati A e B alla legge, con l'elenco degli osservatori professionali (A) e non professionali (B) esistenti. Gli allegati sono i medesimi della legge regionale n. 22/1997, con integrazione, nell'allegato B di ulteriori osservatori astronomici non professionali.

Per quanto riguarda l'iter istruttorio si ricorda che il progetto

di legge, licenziato dalla Settima commissione consiliare nella seduta del 2 dicembre 2008, con parere favorevole all'unanimità dei presenti, è stato riassegnato alla Commissione per supplemento di istruttoria, dal Consiglio regionale nella seduta n. 164 del 5 marzo 2009.

Nella fase di riesame da parte della Commissione sono stati sentiti il Sindaco del comune di Teolo e l'assessore all'ambiente del comune di Ponte nelle Alpi che hanno illustrato le esperienze dei propri comuni sull'argomento.

Il dato sicuramente più significativo emerso nel corso dell'inccontro è riferito all'interesse non solo ambientale ma anche a quello economico. Gli accorgimenti tecnici adottati hanno consentito, infatti, notevoli risparmi dei consumi elettrici con conseguenti risparmi per i bilanci comunali.

Nel corso dell'istruttoria sono stati, in particolare, approfonditi e rivisti alcuni temi riguardanti l'articolo 9 - "Regolamentazione delle sorgenti di luce e dell'utilizzazione di energia elettrica da illuminazione esterna".

Il nuovo testo elaborato dalla Commissione si differenzia dal primo testo per quanto riguarda i seguenti contenuti:

- articolo 9, primo comma: è stata estesa la sola obbligatorietà di predisposizione di sistemi che garantiscano la non dispersione verso l'alto anche agli impianti il cui progetto sia stato approvato all'entrata in vigore della legge, è stato, inoltre, eliminato l'obbligo di adeguamento entro quattro anni ai requisiti di cui al comma 2 del medesimo articolo;
- articolo 9, quarto comma: per le tipologie di sorgente di luce ivi indicate è stata estesa la concessione di deroga a tutti i requisiti indicati al comma 2 del medesimo articolo. Alle lettere e), f), g) ed h) sono state ridefinite le descrizioni delle tipologie di sorgente di luce soggette a deroga, in particolare le originarie categorie contemplate alle lettere g) ed h) sono state riunite in un'unica tipologia alla lettera g);
- articolo 9, undicesimo comma: sono state meglio specificate le condizioni necessarie per favorire impianti ad alta efficienza;
- articolo 13, primo e secondo comma: è stata modificata la norma finanziaria prevedendo il reperimento di fondi nel bilancio regionale per l'attuazione della legge.

La Settima Commissione consiliare permanente, nella seduta del 23 aprile 2009, concluso l'esame dell'argomento indicato in oggetto, ha espresso all'unanimità (presenti e rappresentati i gruppi Forza Italia - Verso il nuovo partito dei moderati e dei liberali, Liga Veneta - Lega Nord - Padania, Alleanza Nazionale e L'Ulivo - Partito Democratico Veneto) parere favorevole in ordine alla sua approvazione da parte del Consiglio regionale nel testo modificato dalla Commissione.

### 3. Note agli articoli

#### Nota all'articolo 1

- Il testo dell'art. 134 del decreto legislativo n. 42/2004 è il seguente:

"134. Beni paesaggistici.

1. Sono beni paesaggistici:

- a) gli immobili e le aree di cui all'articolo 136, individuati ai sensi degli articoli da 138 a 141;
- b) le aree di cui all'articolo 142;
- c) gli ulteriori immobili ed aree specificamente individuati a termini dell'articolo 136 e sottoposti a tutela dai piani paesaggistici previsti dagli articoli 143 e 156."

#### Nota all'articolo 7

- Il testo dell'art. 23 del decreto legislativo n. 285/1992 è il seguente:

"23. Pubblicità sulle strade e sui veicoli.

1. Lungo le strade o in vista di esse è vietato collocare insegne, cartelli, manifesti, impianti di pubblicità o propaganda, segni orizzontali reclamistici, sorgenti luminose, visibili dai veicoli transitanti sulle strade, che per dimensioni, forma, colori, disegno e ubicazione possono ingenerare confusione con la segnaletica stradale, ovvero possono renderne difficile la comprensione o ridurre la visibilità o l'efficacia, ovvero arrecare disturbo visivo agli utenti della strada o distrarre l'attenzione con conseguente pericolo per la sicurezza della circolazione; in ogni caso, detti impianti non devono costituire ostacolo o, comunque, impedimento alla circolazione delle persone invalide. Sono, altresì, vietati i cartelli e gli altri mezzi pubblicitari rifrangenti, nonché le sorgenti e le pubblicità luminose che possono produrre abbagliamento. Sulle isole di traffico delle intersezioni canalizzate è vietata la posa di qualunque installazione diversa dalla prescritta segnaletica.

2. È vietata l'apposizione di scritte o insegne pubblicitarie luminose sui veicoli. È consentita quella di scritte o insegne pubblicitarie rifrangenti nei limiti e alle condizioni stabiliti dal regolamento, purché sia escluso ogni rischio di abbagliamento o di distrazione dell'attenzione nella guida per i conducenti degli altri veicoli.

3. (abrogato)

4. La collocazione di cartelli e di altri mezzi pubblicitari lungo le strade o in vista di esse è soggetta in ogni caso ad autorizzazione da parte dell'ente proprietario della strada nel rispetto delle presenti norme. Nell'interno dei centri abitati la competenza è dei comuni, salvo il preventivo nulla osta tecnico dell'ente proprietario se la strada è statale, regionale o provinciale.

5. Quando i cartelli e gli altri mezzi pubblicitari collocati su una strada sono visibili da un'altra strada appartenente ad ente diverso, l'autorizzazione è subordinata al preventivo nulla osta di quest'ultimo. I cartelli e gli altri mezzi pubblicitari posti lungo le sedi ferroviarie, quando siano visibili dalla strada, sono soggetti alle disposizioni del presente articolo e la loro collocazione viene autorizzata dalle Ferrovie dello Stato, previo nulla osta dell'ente proprietario della strada.

6. Il regolamento stabilisce le norme per le dimensioni, le caratteristiche, l'ubicazione dei mezzi pubblicitari lungo le strade, le fasce di pertinenza e nelle stazioni di servizio e di rifornimento di carburante. Nell'interno dei centri abitati, limitatamente alle strade di tipo E) ed F), per ragioni di interesse generale o di ordine tecnico, i comuni hanno la facoltà di concedere deroghe alle norme relative alle distanze minime per il posizionamento dei cartelli e degli altri mezzi pubblicitari, nel rispetto delle esigenze di sicurezza della circolazione stradale.

7. È vietata qualsiasi forma di pubblicità lungo e in vista degli itinerari internazionali, delle autostrade e delle strade extraurbane principali e relativi accessi. Su dette strade è consentita la pubblicità nelle aree di servizio o di parcheggio solo se autorizzata dall'ente proprietario e sempre che non sia visibile dalle stesse. Sono consentiti i cartelli indicanti servizi o indicazioni agli utenti purché autorizzati dall'ente proprietario delle strade. Sono altresì consentite le insegne di esercizio, con esclusione dei cartelli e delle insegne pubblicitarie e altri mezzi pubblicitari, purché autorizzate dall'ente proprietario della strada ed entro i limiti e alle condizioni stabilite con decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti.

8. È parimenti vietata la pubblicità, relativa ai veicoli sotto qualsiasi forma, che abbia un contenuto, significato o fine in contrasto con le norme di comportamento previste dal presente codice.

La pubblicità fonica sulle strade è consentita agli utenti autorizzati e nelle forme stabilite dal regolamento. Nei centri abitati, per ragioni di pubblico interesse, i comuni possono limitarla a determinate ore od a particolari periodi dell'anno.

9. Per l'adattamento alle presenti norme delle forme di pubblicità attuate all'atto dell'entrata in vigore del presente codice, provvede il regolamento di esecuzione.

10. Il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti può impartire agli enti proprietari delle strade direttive per l'applicazione delle disposizioni del presente articolo e di quelle attuative del regolamento, nonché disporre, a mezzo di propri organi, il controllo dell'osservanza delle disposizioni stesse.

11. Chiunque viola le disposizioni del presente articolo e quelle del regolamento è soggetto alla sanzione amministrativa del pagamento di una somma da euro 389 a euro 1.559.

12. Chiunque non osserva le prescrizioni indicate nelle autorizzazioni previste dal presente articolo è soggetto alla sanzione amministrativa del pagamento di una somma da euro 155 a euro 624.

13. Gli enti proprietari, per le strade di rispettiva competenza, assicurano il rispetto delle disposizioni del presente articolo. Per il raggiungimento di tale fine l'ufficio o comando da cui dipende l'agente accertatore, che ha redatto il verbale di contestazione delle violazioni di cui ai commi 11 e 12, trasmette copia dello stesso al competente ente proprietario della strada.

13-bis. In caso di collocazione di cartelli, insegne di esercizio o altri mezzi pubblicitari privi di autorizzazione o comunque in contrasto con quanto disposto dal comma 1, l'ente proprietario della strada diffida l'autore della violazione e il proprietario o il possessore del suolo privato, nei modi di legge, a rimuovere il mezzo pubblicitario a loro spese entro e non oltre dieci giorni dalla data di comunicazione dell'atto. Decorso il suddetto termine, l'ente proprietario provvede ad effettuare la rimozione del mezzo pubblicitario e alla sua custodia ponendo i relativi oneri a carico dell'autore della violazione e, in via tra loro solidale, del proprietario o possessore del suolo. Chiunque viola le prescrizioni indicate al presente comma e al comma 7 è soggetto alla sanzione amministrativa del pagamento di una somma da euro 4.351 a euro 17.405; nel caso in cui non sia possibile individuare l'autore della violazione, alla stessa sanzione amministrativa è soggetto chi utilizza gli spazi pubblicitari privi di autorizzazione.

13-ter. (*abrogato*). In caso di inottemperanza al divieto, i cartelli, le insegne di esercizio e gli altri mezzi pubblicitari sono rimossi ai sensi del comma 13-bis. Le regioni possono individuare entro dodici mesi dalla data di entrata in vigore della presente disposizione le strade di interesse panoramico ed ambientale nelle quali i cartelli, le insegne di esercizio ed altri mezzi pubblicitari provocano deturpamento del paesaggio. Entro sei mesi dal provvedimento di individuazione delle strade di interesse panoramico ed ambientale i comuni provvedono alle rimozioni ai sensi del comma 13-bis.

13-quater. Nel caso in cui l'installazione dei cartelli, delle insegne di esercizio o di altri mezzi pubblicitari sia realizzata su suolo demaniale ovvero rientrante nel patrimonio degli enti proprietari delle strade, o nel caso in cui la loro ubicazione lungo le strade e le fasce di pertinenza costituisca pericolo per la circolazione, in quanto in contrasto con le disposizioni contenute nel regolamento, l'ente proprietario esegue senza indugio la rimozione del mezzo pubblicitario. Successivamente alla stessa, l'ente proprietario trasmette la nota delle spese sostenute al prefetto, che emette ordinanza - in giunzione di pagamento. Tale ordinanza costituisce titolo esecutivo ai sensi di legge.

13-quinquies. Se il manifesto riguarda l'attività di soggetti elencati nell'articolo 20 del decreto legislativo 15 novembre 1993, n. 507, e successive modificazioni, il responsabile è esclusivamente colui che materialmente è colto in flagranza nell'atto di affissione. Non sussiste responsabilità solidale.”.

#### **Nota all'articolo 8**

- Il testo dell'art. 9, comma 5 della legge regionale n. 22/1997 è il seguente:

“Art. 9 - Misure minime di protezione dall'inquinamento luminoso degli osservatori astronomici.

5. Entro centoventi giorni dall'entrata in vigore della presente legge, la Giunta regionale provvede a individuare, mediante cartografia in scala 1:25.000, le zone di protezione di cui al comma 2, nonché la fascia di cui al comma 4; copia della documentazione cartografica è inviata ai Comuni interessati.”.

#### **4. Leggi regionali abrogate**

L'art. 14 abroga la legge regionale 27 giugno 1997, n. 22.

#### **5. Struttura di riferimento**

Unità complessa tutela dell'atmosfera

## BIBLIOGRAFIA

P. CINZANO, *Inquinamento luminoso e protezione del cielo notturno*,  
Venezia, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 1997

*Contro l'inquinamento luminoso*, Editoriale Domus, “**Collana Guzzini**”  
1999

M. Di Sora, *L'inquinamento luminoso*, Gremese Editore, 2009

P.CANDY, *Il cielo stellato patrimonio dell' umanità- Salvaguardare il  
buio notturno*, ed.Travel Factory, 2002

## Articoli

F. Falchi, P. Cinzano, C. D. Elvidge, D. M. Keith, A.Haim, *Limiting the  
impact of light pollution on human health, environment and stellar  
visibility*, in Journal of Environmental Management (2011), volume 92,  
Issue 10, October 2011, Pages 2714-2722

## SITOLOGIA

[archivistorico.corriere.it](http://archivistorico.corriere.it)  
[www.arpav.veneto.it](http://www.arpav.veneto.it)  
[www.astrofilisenesi.it](http://www.astrofilisenesi.it)  
[astrolazio.marioesposito.eu](http://astrolazio.marioesposito.eu)  
[www.bassoconsumo.eu](http://www.bassoconsumo.eu)  
[www.betalux.it](http://www.betalux.it)  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)  
[www.casa&clima.com](http://www.casa&clima.com)  
[www.cielobuio.org](http://www.cielobuio.org)  
[www.cielostellato.it](http://www.cielostellato.it)  
[www.comune.teolo.pd.it](http://www.comune.teolo.pd.it)  
[www.consiglioveneto.it](http://www.consiglioveneto.it)  
[corrieredibologna.corriere.it](http://corrieredibologna.corriere.it)  
[www.csiprogetti.com](http://www.csiprogetti.com)  
[www.danilopianini.org](http://www.danilopianini.org)  
[www.dinemalighting.it](http://www.dinemalighting.it)  
[www.disano.it](http://www.disano.it)  
[www.duralamp.it](http://www.duralamp.it)  
[www.e-biblioteca.it](http://www.e-biblioteca.it)  
[www.ecodellecitta.it](http://www.ecodellecitta.it)  
[embruti.altervista.org](http://embruti.altervista.org)  
[www.enea.it](http://www.enea.it)

[www.greenstyle.it](http://www.greenstyle.it)  
[www.iguzzini.com](http://www.iguzzini.com)  
[www.ilcambiamento.it](http://www.ilcambiamento.it)  
[www.ilsole24ore.com](http://www.ilsole24ore.com)  
[www.infooggi.it](http://www.infooggi.it)  
[www.inquinamentoluminoso.it](http://www.inquinamentoluminoso.it)  
[inquinamentoluminoso.uai.it](http://inquinamentoluminoso.uai.it)  
[www.instrada.eu](http://www.instrada.eu)  
[www.lastampa.it](http://www.lastampa.it)  
[lexambiente.it](http://lexambiente.it)  
[www.lighting.philips.it](http://www.lighting.philips.it)  
[www.lightitaly.it](http://www.lightitaly.it)  
[www.lightpollution.it](http://www.lightpollution.it)  
[www.nextville.it](http://www.nextville.it)  
[www.osram.it](http://www.osram.it)  
[www.osservatorioacquaviva.it](http://www.osservatorioacquaviva.it)  
[www.padovanet.it](http://www.padovanet.it)  
[www.progettolumiere.enea.it](http://www.progettolumiere.enea.it)  
[www.rinnovabili.it](http://www.rinnovabili.it)  
[it.wikipedia.org](http://it.wikipedia.org)  
[wol.jw.org](http://wol.jw.org)  
[www.yeslife.it](http://www.yeslife.it)