

Dieci cose da sapere per combattere efficacemente gli effetti dell'inquinamento luminoso sul cielo notturno

Pierantonio Cinzano

ISTIL- Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso,
Via Roma 13, I-36016 Thiene, Italy
email:cinzano@inquinamentoluminoso.it

1) Quali soluzioni si possono adottare contro l'inquinamento luminoso?

La soluzione più naturale ed efficace, quella di spegnere tutte le luci, non è ovviamente realizzabile nel mondo moderno ove l'illuminazione artificiale è una necessità sociale. La seconda soluzione, in una ipotetica scala di efficacia decrescente, sarebbe quella di rinunciare all'installazione di qualunque nuovo impianto di illuminazione. Questo non eliminerebbe l'inquinamento luminoso ma almeno porterebbe a zero il suo tasso di incremento annuo che oggi in Italia raggiunge anche il 10% all'anno. Questa soluzione non creerebbe il buio ed è ben vista da più di qualcuno, tuttavia potrebbe essere in conflitto con le necessità di sviluppo di un Paese industriale avanzato come il nostro. La terza soluzione, proposta da più parti, è quella di consentire l'incremento dell'illuminazione ponendo, nel contempo, un tetto all'incremento annuo del flusso luminoso installato in ogni Comune e all'incremento annuo dei consumi di energia elettrica per illuminazione esterna. Come l'analogo tetto alla spesa sanitaria, lungi dal mirare alla dipartita dei malati, aveva come obiettivo quello di razionalizzare la spesa stessa, così questi tetti favorirebbero non "il buio" bensì la razionalizzazione dell'illuminazione, l'utilizzo di apparecchi ad elevato rendimento e la progettazione di impianti ad elevato coefficiente di utilizzazione, il primo, e l'utilizzo di lampade ad elevata efficienza, il secondo. Naturalmente questi tetti vanno affiancati da provvedimenti che evitino che il flusso entro il tetto venga disperso verso l'alto. Negli Stati Uniti si segue una strada leggermente diversa con l'introduzione di limiti - non del tutto convincenti - direttamente al flusso luminoso installato per acro quadrato.

Le leggi regionali finora approvate in Italia - compresa la LR 17/2000 della Regione Lombardia - hanno deciso di intraprendere una strada ancora più morbida. **Esse in generale hanno scelto di non porre alcun limite all'installazione di impianti di illuminazione. Ciascuno è libero di illuminare quello che vuole.** Naturalmente, se si vuole consentire una libertà così ampia ma nel contempo si vuole che la legge sia anche ragionevolmente efficace nel limitare l'inquinamento luminoso, bisogna perlomeno che si imponga di seguire, nel fare l'impianto, alcune efficaci regole fondamentali e che da queste non si prescindano. Se si cerca di lasciare spazi di libertà anche su queste, si finisce inevitabilmente per ottenere una legge inefficace. In questo caso è meglio non fare la legge, perché altrimenti di fatto si legalizza l'inquinamento luminoso.

2) Dove applicare le "regole fondamentali" sopra citate?

Tra le cose irrinunciabili, tipiche delle leggi più moderne c'è il fatto che i provvedimenti relativi agli impianti nuovi si applichino allo stesso modo all'intero territorio regionale, come nel caso della legge Veneta, Toscana e Lombardia. L'applicazione di seri provvedimenti all'intero territorio protegge in modo efficace la percezione del cielo di tutti i cittadini evitando di creare discriminazioni tra cittadini più o meno privilegiati a seconda che essi vivano più o meno vicini ad un sito protetto. Inoltre garantisce anche l'efficace protezione dei siti "sensibili". Infatti, il meccanismo per cui il flusso

luminoso emesso verso l'alto si propaga nell'atmosfera andando ad illuminare molecole e particelle lungo la linea di vista di un osservatore (che creano quello sfondo luminoso che impedisce o disturba la percezione del cielo stellato) è caratterizzato dal fatto che la luce si propaga anche a 200 km di distanza dalla sorgente, essendo praticamente solo la curvatura della Terra a costituire nelle notti limpide uno schermo efficace. Perciò è chiaro che non avrebbe alcun senso l'adozione di quei vecchi schemi di protezione detti "a cipolla" che andavano di moda anni fa (vedi ad es. la norma UNI 10819), per cui si creavano una serie di "zone di protezione" l'una dentro l'altra con provvedimenti via via più stringenti mano a mano che ci si avvicinava al sito da proteggere, a meno che non si adottino zone di protezione con raggi dell'ordine di centinaia di chilometri.

In questo panorama qual è allora la funzione delle "aree di protezione"? Nelle leggi moderne contro l'inquinamento luminoso, le aree "sensibili" non si introducono per applicare provvedimenti più stringenti che nel resto del territorio, cosa che come abbiamo visto sarebbe inutile quando esse hanno raggi dell'ordine di qualche decina di chilometri. Esse vengono invece per lo più utilizzate per l'adeguamento degli impianti esistenti. Infatti, nonostante i costi limitati, la modifica degli impianti esistenti richiede un impegno non facile da svolgere "di colpo" su tutto il territorio regionale. Quando si sceglie di limitare l'adeguamento ad una frazione degli impianti è ragionevole che si decida di partire dalle aree più sensibili (vicino ad Osservatori e Parchi naturali) e magari di ampliarle pian piano negli anni futuri.

3) Quali devono essere i provvedimenti tecnici da adottare, per limitare efficacemente la brillantezza del cielo?

Non certo quelli della norma UNI 10819. Come è facile mostrare, per proteggere il cielo del territorio è assolutamente necessario: (a) ridurre al minimo le emissioni luminose sopra l'orizzonte con particolare attenzione alle emissioni a piccoli angoli di cui i maggiori responsabili sono gli apparecchi di illuminazione (vedi al punto 6) e (b) limitare al minimo necessario le emissioni luminose riflesse dalle superfici, evitando di illuminare più del dovuto. Il parametro principale della norma UNI 10819 è il flusso totale verso l'alto, anche detto *flusso superiore*. Esso è una quantità integrata che si ottiene sommando i flussi infinitesimi emessi nelle varie direzioni e non tiene conto che la direzione di emissione della luce ha un ruolo fondamentale nel produrre l'effetto inquinante. Per limitare efficacemente la brillantezza del cielo notturno sul territorio di una regione o nazione occorrono limiti al flusso emesso in ciascuna direzione, cioè all'*intensità luminosa* degli apparecchi (flusso per unità di angolo solido). Nella norma UNI10819 è presente anche una tabella con limiti all'intensità per unità di flusso emesso dalla sorgente, ma essa è prevista solo per alcuni casi e su base volontaria ed i limiti sono elevatissimi (vedi ai punti 7 ed 8) come altrettanto elevati sono i limiti al flusso previsti dalla stessa norma. Il sottoscritto ha fatto parte del "Gruppo Ristretto" che ha scritto la norma UNI10819 nell'ambito del Gruppo 8 "Inquinamento luminoso" della Commissione "Luce e illuminazione" dell'UNI e ha seguito da vicino la genesi di questa pessima norma.

4) Che significato hanno i limiti alla percentuale di flusso emesso verso l'alto?

Si sente dire spesso che il limite alla percentuale di flusso luminoso emesso verso l'alto (chiamato *rapporto di emissione superiore*) previsto attualmente dalla legge Veneta, il 3% del flusso totale emesso dalla sorgente di luce, è troppo elevato. Come mai un valore apparentemente piccolo (tre) viene considerato elevato? La ragione è che le superfici stradali tipicamente, come ordine di grandezza, rimettono verso l'alto circa il 10% del flusso luminoso emesso dalla sorgente (naturalmente nella pratica questo dipende dal coefficiente di utilizzazione dell'impianto e da come questo è progettato, ma il 10% è universalmente accettato come valore indicativo pur essendo una stima per eccesso). Quindi per ogni 100 lumen emessi da un apparecchio la superficie illuminata ne riflette verso l'alto circa 10. Se permettiamo che un apparecchio ne disperda in cielo altri 3, il flusso totale che va in cielo sarà pari al 13. Quindi abbiamo aumentato del 30% l'emissione inquinante rispetto al caso in cui si utilizzasse un

impianto di pari prestazioni illuminotecniche ma totalmente schermato verso l'alto (si veda il punto 9 per alcuni commenti).

Una regoletta semplificata per valutare molto approssimativamente l'incremento dell'inquinamento luminoso consentito da un dato limite alla percentuale di flusso emesso verso l'alto è la seguente: si moltiplichi per dieci il limite. Mettere un limite del 10% al flusso emesso verso l'alto, come nella norma UNI10819, significa consentire il 100% di inquinamento luminoso in più (cioè raddoppiarlo) rispetto ad un impianto di pari prestazioni totalmente schermato verso l'alto. Infatti le due percentuali hanno un significato diverso: la prima è la percentuale di flusso emesso verso l'alto rispetto al flusso totale emesso dall'apparecchio e la seconda è l'incremento percentuale dell'inquinamento luminoso rispetto a quello ottenibile con apparecchi totalmente schermati. Quella che interessa ai fini della limitazione dell'inquinamento luminoso è la seconda percentuale. Ad esempio, il limite del 23%, che si trova di nuovo nella norma UNI10819, consente il 230% di inquinamento luminoso in più (in pratica è molto maggiore come mostra la tabella qui sotto). Si tratta di valori risibili per un provvedimento che pretende di voler limitare la luminosità artificiale del cielo. La Tabella 1 mostra l'incremento del flusso emesso verso l'alto consentito dai limiti al rapporto di emissione superiore previsti in alcune leggi e norme.

	norma	Diretto in alto	diretto in basso	riflesso in alto	totale in alto	incremento
1%	UNI 10819	1	99	9.9	10.9	+10%
3%	LR Veneto LR Toscana	3	97	9.7	12.7	+31%
5%	UNI 10819 CIE 126-1997	5	95	9.5	14.5	+53%
10%	UNI 10819	10	90	9	19	+111%
15%	CIE 126-1997	15	85	8.5	23.5	+176%
23%	UNI 10819	23	77	7.7	30.7	+298%

Tabella 1 Incremento del flusso emesso verso l'alto corrispondente a diversi rapporti di emissione superiore, a parità di prestazioni illuminotecniche.

Un limite dell'1% significa permettere che gli apparecchi aggiungano almeno un 10% di inquinamento luminoso in più a quello inevitabile prodotto dalle superfici illuminate. A questo punto qualcuno potrebbe pensare che un 5% - 10% di inquinamento luminoso in più rispetto a quello prodotto dalla riflessione delle superfici sia accettabile e che quindi un limite del 0.5% - 1% alla percentuale di flusso emessa verso l'alto dagli apparecchi sarebbe ragionevole. Purtroppo non è affatto così perché la percentuale di flusso emesso verso l'alto non è un parametro sufficiente per una efficace limitazione della brillantezza del cielo notturno nel territorio, come verrà illustrato al punto 6.

5) Come si calcola la percentuale di flusso verso l'alto (rapporto di emissione superiore) corrispondente ai limiti all'intensità per unità di flusso, a 90° ed oltre, previsti da alcune leggi?

Poiché i limiti al rapporto di flusso superiore e quelli all'intensità luminosa per unità di flusso hanno scopi diversi, come si vedrà al punto 6, di solito non c'è interesse a passare da una grandezza all'altra. Tuttavia il calcolo è semplice. La candela è l'unità di misura dell'intensità luminosa e corrisponde al flusso di un lumen entro un'area angolare di uno steradiante. Bisogna innanzitutto moltiplicare l'intensità in cd/klm tra 90 e 95 gradi per l'area angolare del settore sferico compreso tra 90 e 95 gradi.

La tabella B.1 a pag. 6 della norma UNI 10819 fornisce l'area angolare in steradiani di settori di 5 gradi di larghezza, da moltiplicare quindi per 72 (in 360 gradi ci sono 72 settori da 5 gradi). Poi bisogna moltiplicare l'intensità tra 95 e 180 gradi per l'area angolare corrispondente (pari a 2π steradiani meno l'area precedente). La somma dei due è il flusso emesso verso l'alto in lumen per 1000 lumen di flusso della lampada. Dividendo per 10 si ottiene il flusso percentuale (lumen per 100 lumen di flusso della lampada). La percentuale della norma UNI non è riferita al flusso totale emesso dalla lampada ma a quello emesso dall'apparecchio, che è η volte più piccolo, dove η è il rendimento dell'apparecchio. Quindi la percentuale va divisa per η .

Esempio 1. Consideriamo un apparecchio da arredo urbano che emette 35 cd/klm tra 90° e 95° e 5cd/klm oltre 95° (legge Lazio), con rendimento tipico $\eta \sim 60\%$. L'apparecchio emette verso l'alto:
 $[35 * 0.00761 * 72 + 5 * (6,28 - 0.00761 * 72)] * 1/10 * (100/60) = 8.0\%$ del flusso totale emesso.

Esempio 2. Consideriamo un apparecchio da arredo urbano in aree protette che emette 25 cd/klm tra 90° e 95° e 5 cd/klm oltre 95° (legge Lazio), con rendimento tipico $\eta \sim 60\%$. Esso emette verso l'alto:
 $[25 * 0.00761 * 72 + 5 * (6,28 - 0.00761 * 72)] * 1/10 * (100/60) = 7.1\%$ del flusso totale emesso.

Esempio 3. Consideriamo un apparecchio stradale che emette 5 cd/klm tra 90° e 95° e 0 cd/klm oltre 95° (legge Lazio), con rendimento tipico $\eta \sim 70\%$. L'apparecchio emette verso l'alto:
 $5 * 0.00761 * 72 * 1/10 * (100/70) = 0.4\%$ del flusso totale emesso.

Esempio 4. Consideriamo un apparecchio stradale che emette 15 cd/klm a 90° e oltre (PDL 696), con rendimento tipicamente $\eta \sim 70\%$. L'apparecchio emette verso l'alto:
 $15 * 6,28 * 1/10 * (100/70) = 13.5\%$ del flusso totale emesso.

6) Perché la percentuale di flusso emesso verso l'alto non è un parametro sufficiente per una efficace limitazione della brillantezza del cielo notturno nel territorio?

Per comprendere perché la percentuale di flusso emesso verso l'alto non è un parametro sufficiente per una efficace limitazione della brillantezza o della luminanza del cielo notturno nel territorio consideriamo i punti seguenti, tutti facilmente dimostrabili:

1. L'inquinamento luminoso si propaga liberamente ad oltre 200 km di distanza, essendo praticamente solo la curvatura terrestre a fare in modo efficiente da schermo [1, 2]. Quindi in gran parte del territorio la luminanza artificiale allo zenith è prodotta per lo più dalla somma degli effetti delle sorgenti "lontane". Si calcola che persino in un quartiere situato all'interno di una città grande come Padova il 20% della luminanza del cielo allo zenith in notti limpide sia prodotta dalla luce delle sorgenti situate nel resto del territorio [3]. Il processo di propagazione e addizione è particolarmente efficiente per nazioni con aree densamente popolate come l'Italia. Si pensi che nel raggio di 150 km attorno ad un sito ai bordi della pianura veneta si contano più di 1800 comuni ognuno con centinaia o migliaia di lampioni.
2. Per ragioni geometriche facili da intuire, il flusso che si propaga a maggiore distanza e va a sommarsi con quello proveniente dalle altre sorgenti è quello emesso poco sopra l'orizzonte, a piccoli angoli. Il flusso emesso poco sopra l'orizzonte è quindi molto efficiente nel contribuire al processo di addizione e nel produrre la luminanza artificiale del cielo notturno nel territorio. Ad esempio 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 [4].

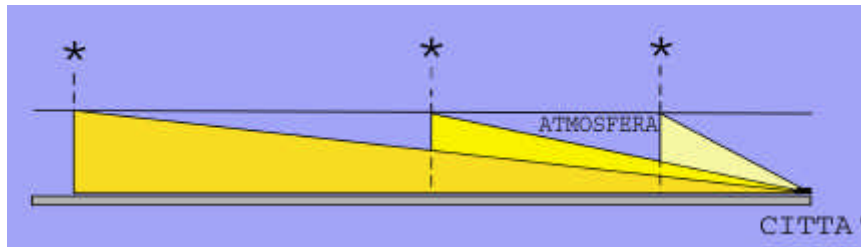


Figura 1 Angoli di emissione della luce che illumina molecole e particelle lungo la linea di vista di un osservatore che guarda una stella allo zenith da luoghi distanti dalla sorgente

3. Per impedire il processo di addizione è dunque fondamentale ridurre al minimo l'emissione a piccoli angoli (gamma 90-120). Il flusso totale verso l'alto (parametro principale ad es. della norma UNI 10819) è una quantità integrale: la somma dei flussi infinitesimi emessi nelle varie direzioni. Non tiene quindi conto della direzione di emissione della luce che invece è fondamentale nel produrre l'effetto inquinante. L'intensità luminosa invece, che è un flusso per unità di angolo solido e dipende dalla direzione, assicura una limitazione in ogni direzione.
4. Gli apparecchi di illuminazione che emettono meno del 1%-3% di flusso verso l'alto normalmente sono apparecchi che per loro costruzione emettono tale flusso a piccoli angoli, poco sopra la linea dell'orizzonte. La loro luce va ad illuminare molecole e particelle atmosferiche molto lontane, sommandosi all'altra luce proveniente da altre sorgenti lontane e creando un effetto di addizione molto efficiente nel produrre la luminosità artificiale del cielo. Ad esempio, un apparecchio a vetro prismatico emette il 3% o più della sua luce tutto a piccoli angoli sopra l'orizzonte ed è quindi assolutamente da evitare.



Fig. 2 Apparecchio stradale prismatico: grande emissione a piccoli angoli sopra l'orizzonte

5. Le superfici orizzontali (es. le strade) hanno un'emissione di tipo quasi-Lambertiano con piccole intensità luminose a piccoli angoli ed elevate intensità verso lo zenith (vedi figura 3). Il loro flusso è poco propagativo e, quindi, poco additivo. Esse tendono ad illuminare il cielo vicino alle sorgenti.

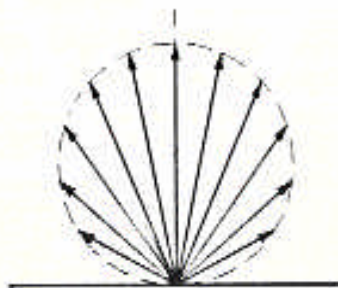


Fig. 3 Superficie diffondente: piccola emissione a piccoli angoli sopra l'orizzonte

6. Poiché la luce emessa a piccoli angoli sopra l'orizzonte è prodotta quasi esclusivamente dagli apparecchi, l'emissione degli apparecchi è praticamente l'unica responsabile della luminosità

artificiale del cielo allo zenith nel territorio, oltre qualche chilometro di distanza dalle sorgenti. In conclusione, il flusso luminoso prodotto dagli apparecchi anche quando può sembrare trascurabile come quantità rispetto a quello emesso dalle superfici (es. 1%), in realtà costituisce la quasi totalità del flusso inquinante ad una certa distanza dalle sorgenti. Per impedire il processo di addizione è dunque fondamentale limitare l'intensità dell'emissione luminosa degli apparecchi a piccoli angoli (gamma 90-120).

A questo punto è chiaro perché le leggi Lombardia e Lazio siano le due leggi tecnicamente più efficaci e perché la norma UNI10819, che non tiene conto di quanto esposto, sia assolutamente inadeguata a proteggere il cielo notturno, tanto che in Piemonte è stata presentata una nuova proposta di legge simile a quella della Lombardia per rimpiazzare la legge in vigore, che fa riferimento a tale norma.

7) Quali dovrebbero essere i limiti alla intensità luminosa degli impianti a 90 gradi e oltre?

La tabella qui sotto mostra l'intensità luminosa per unità di flusso installato di una superficie stradale in senso longitudinale (lungo l'asse della strada) per piccoli angoli sopra l'orizzonte. Essa è stata ottenuta facendo la media su un campione di 21 impianti di tipo comune.

Angolo	95 gradi	100 gradi	110 gradi
Intensità media in senso longitudinale di un campione di 21 strade	2.0 cd/klm	4.0 cd/klm	7.8 cd/klm
In senso trasversale l'intensità della luce emessa dalla strada è molto più piccola (meno di 2/3)			

Tabella 2. Intensità media in senso longitudinale di un campione di 21 strade

Se vogliamo che ai piccoli angoli sopra l'orizzonte l'effetto inquinante degli apparecchi sia piccolo (10%) rispetto a quello delle superfici, il limite alla loro intensità luminosa deve essere **qualche decimo** dell'intensità delle superfici cioè **qualche decimo di candela per chilolumen** di flusso installato.

Limiti all'intensità della luce emessa dagli apparecchi nelle principali leggi e PDL	>90 gradi	>95 gradi
Lombardia LR 22/2000	0 cd/klm ±0.5	
PDL 696 in generale <small>se corretto l'errore di stampa</small>	0 cd/klm	
Lazio LR 23/2000 - PDL 2403 stradale aree prot.	0 cd/klm	
Lazio LR 23/2000 - PDL 2403 lanterne aree prot.	2 cd/klm	0 cd/klm
Lazio LR 23/2000 - PDL 2403 stradale/lanterne	5 cd/klm	0 cd/klm
Lazio LR 23/2000 - PDL 2403 torri-faro	10 cd/klm	0 cd/klm
PDL 696 torri-faro	10 cd/klm	
PDL 696 globi, lanterne <small>(già esistenti?)</small>	15 cd/klm	
Lazio LR 23/2000 - PDL 2403 arredo urbano aree pr.	25 cd/klm	5 cd/klm
Lazio LR 23/2000 - PDL 2403 arredo urbano	35 cd/klm	5 cd/klm
PDL 696 globi, lanterne <small>(già esistenti?)</small>	30 cd/klm	
Per confronto: intensità di una lampadina nuda	79.6 cd/klm	

Tabella 3. Limiti all'intensità della luce emessa dagli apparecchi nelle principali leggi e PDL. In rosso quelli che superano l'intensità della strada nell'intervallo 95°-100°.

La tabella 3 mostra per confronto i limiti presenti nelle principali leggi e PDL. In rosso quelli che superano l'intensità della strada nell'intervallo 95°-100°. Si tenga conto che il flusso installato di un impianto stradale con qualche decina di apparecchi può raggiungere parecchie centinaia di klm.

8) Qual è l'impatto dei limiti alla intensità luminosa per unità di flusso a 90 gradi e oltre, previsti da alcuni provvedimenti di legge e PDL?

Per un accurato confronto tra intensità della luce riflessa a piccoli angoli sopra l'orizzonte dalle strade e quella consentita agli apparecchi dai limiti di alcune leggi e PDL si veda la bozza preliminare della pubblicazione "Intensità luminosa di una superficie stradale per unità di flusso luminoso installato, agli angoli gamma per cui risulta più inquinante" [5].

9) Quali sono le principali contestazioni all'uso di apparecchi di illuminazione totalmente schermati?

Talvolta per ignoranza o per malafede (cioè allo scopo di ottenere nelle leggi limiti ampi che producano cambiamenti minimi allo status quo) vengono presentati da ambienti illuminotecnici confronti tra apparecchi totalmente schermati ma di scarsa qualità ottica e di scarse prestazioni illuminotecniche e apparecchi non schermati di ottima qualità, allo scopo di dimostrare un'ipotetica supremazia dei secondi in termini di maggiore interdistanza, maggiore rendimento e minore emissione di luce verso l'alto per riflessione da parte delle superfici. E' vero che un apparecchio con un solido fotometrico scadente (cono stretto) può richiedere un maggiore illuminamento sulla strada (e quindi produrre più luce riflessa verso l'alto) per ottenere la stessa luminanza che si ottiene con un apparecchio avente un solido fotometrico migliore (cono più ampio). Però il risultato dei confronti dipende dalla qualità dell'ottica degli apparecchi confrontati e dalle lampade utilizzate e non dal fatto che essi siano totalmente schermati o meno. E' ovvio che se si fanno confronti tra apparecchi totalmente schermati di pessima qualità o con lampade inadatte e i migliori apparecchi non schermati si ottiene che i secondi danno un risultato migliore. Però si trovano facilmente in commercio apparecchi totalmente schermati con elevata qualità ottica, elevati rendimenti verso il basso (downward light output ratio DLOR) e che consentono un'interdistanza di quattro volte l'altezza del sostegno laddove negli impianti esistenti le interdistanze raramente superano le tre volte come si può verificare facilmente misurando un campione di impianti stradali in qualunque città. Un apparecchio il cui solido fotometrico abbia il massimo a più di 70 gradi – di solito con lampada tubolare - illumina bene almeno fino a 3 volte la sua altezza, infatti $\tan(70^\circ)=2,7$. Alcuni esempi di apparecchi di questo tipo sono visibili anche nel mio libro [6] nelle figure 2.3, 2.6, 2.9.

In alcuni studi vengono confusi tra loro gli apparecchi *cut-off* (CIE) e gli apparecchi *full-cut-off* (IDA-IES) o *fully shielded* (IDA). Questi ultimi sono chiamati in italiano *totalmente schermati*. Gli apparecchi classificati *cut-off* CIE devono avere un'intensità massima =10 cd/klm a 90° rispetto la verticale (e comunque non superiore a 1 kcd) e =30 cd/klm ad 80° per limitare l'abbagliamento. Invece gli apparecchi *fully-shielded* o *totalmente schermati* secondo la definizione dell'IDA devono avere intensità zero a 90° ed oltre per limitare l'inquinamento luminoso, ma sono liberi di avere qualsiasi emissione sotto i 90°. Gli apparecchi *full-cut-off* corrispondono ai *fully-shielded* nella definizione dell'IDA e dell'IES¹. Spesso vengono presentati ai convegni della CIE confronti tra apparecchi *cut-off* e *semi-cut-off*² allo scopo di dimostrare un'ipotetica supremazia dei secondi. Avendo un limite di 30 cd/klm all'intensità ad 80° gli apparecchi *cut-off*, soprattutto se scadenti, possono avere un solido fotometrico caratterizzato da un "cono" di luce meno ampio di quello dei migliori apparecchi *semi-cut-off* e quindi non sorprende che

¹ A confondere ulteriormente le cose, in uno dei documenti IES i *full-cut-off* sono stati erroneamente definiti come apparecchi aventi intensità =30 cd/klm ad 80° e zero a 90° ed oltre, un misto tra *fully shielded* e *cut-off*.

² Gli apparecchi *semi-cut-off* CIE devono avere un'intensità massima =50 cd /klm a 90° dalla verticale (e comunque non superiore a 1 kcd) e =100 cd /klm a 80°.

in qualche caso possano avere prestazioni leggermente inferiori in termini di interdistanza, rendimento e maggiore emissione di luce verso l'alto per riflessione da parte delle superfici. Tuttavia gli apparecchi che interessano per la limitazione degli effetti dell'inquinamento luminoso sul cielo notturno non sono quelli *cut-off* ma quelli *totalmente schermati* e quindi gli studi citati non riguardano gli apparecchi previsti da leggi come la legge Lombardia o Lazio. La foto qui sotto mostra - come esempio limite - due apparecchi a vetro prismatico, con tutte le caratteristiche fotometriche che questa ottica comporta, che però sono totalmente schermati a norma di legge lombardia. Tuttavia non occorre ricorrere ad apparecchi di questo tipo perché sono in commercio moltissimi eleganti apparecchi "a vetro piano" con prestazioni sufficienti a rimpiazzare adeguatamente gli apparecchi a vetro curvo o prismatico.



Figura 4. Due casi limite: apparecchi totalmente schermati pur con vetro prismatico (semi-cut-off)

Esiste infine una piccola serie di studi che tenta invano di dimostrare la inutilità di applicare limiti piccoli alla percentuale di flusso emesso verso l'alto dagli apparecchi basandosi sul fatto che sarebbe trascurabile rispetto al flusso emesso verso l'alto dalle superfici. Essi tipicamente trascurano di fare una valutazione dell'impatto della luce emessa verso l'alto sul cielo notturno e non tengono conto del maggiore inquinamento prodotto dalla luce emessa a piccoli angoli. Inoltre confrontano l'emissione degli apparecchi con quella delle superfici includendo in quest'ultima anche la luce riflessa da superfici diverse da quelle stradali che non dovrebbero essere illuminate, in modo da far crescere il totale. Infine talvolta assumono la presenza di strutture architettoniche che schermano la luce degli apparecchi in modo inusuale. Sono quindi studi di scarsissimo interesse.

10) Come limitare la luce riflessa dalle superfici?

Un criterio irrinunciabile per un efficace limitazione dell'inquinamento luminoso è quello di non sovrailluminare. Si debbono adottare i livelli minimi di luminanza ed illuminamento consentiti dalle normative di sicurezza e ridurli ogniqualvolta le condizioni di uso della superficie lo consentono, come previsto dalle normative di sicurezza (es. UNI10439). Per le superfici per cui non vi siano specifiche normative di sicurezza è necessario non superare un limite massimo, individuato dalla legge della regione Lazio e dal D.G.R. Lombardia n. 7/6162 in 1 cd/klm.

Riferimenti

- 1 Garstang, R.H., Model for artificial night-sky illumination, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 98, 364-375 (1986)
- 2 Cinzano P., Falchi F., Elvidge C.D., Naked eye star visibility and limiting magnitude mapped from DMSP-OLS satellite data, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 323, 34-46 (2001)
- 3 Cinzano P., Disentangling artificial sky brightness from single sources in diffusely urbanized areas, in *Measuring and modelling light pollution* (ed. P.Cinzano), Mem. Soc. Astron. Ital., 71, 113-130 (2000)
- 4 Cinzano P., Diaz Castro F.J., The artificial sky luminance and the emission angles of the upward light flux, in *Measuring and modelling light pollution* (ed. P.Cinzano), Mem. Soc. Astron. Ital., 71, 251-256 (2000)
- 5 Cinzano P., Intensità luminosa di una superficie stradale per unità di flusso luminoso installato agli angoli gamma per cui risulta più inquinante, *draft*, in preparazione (2002)
- 6 Cinzano P., Inquinamento luminoso e protezione del cielo notturno, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia (1997).