

## ALLEGATO G

### COME LEGGERE LE CURVE FOTOMETRICHE E VERIFICARE LA CONFORMITÀ DI UN CORPO ILLUMINANTE ALLA D.G.R. del 29 novembre 2007, n. 48/31

#### 1. Le curve fotometriche

Il principale strumento di controllo del rispetto della conformità degli impianti alla normativa regionale è la **verifica dei requisiti illuminotecnici** degli apparecchi di illuminazione.

Per effettuare correttamente tale verifica sono fondamentali le misure fotometriche degli apparecchi d'illuminazione, come indicato all'art. 7, comma 1, punto IV, del D.G.R. del 29 novembre 2007, n. 48/31.

Come già evidenziato nell'Allegato B, pertanto, è di estrema importanza imparare a leggere e comprendere le Curve Fotometriche, che consentono di fatto di prevedere l'impatto sull'ambiente circostante di un apparecchio d'illuminazione e le sue effettive performance.

Il **Solido Fotometrico** rappresenta graficamente come una sorgente luminosa emette luce nello spazio. Vale a dire in quali direzioni e con quale intensità. A qualsiasi oggetto che emette luce può essere associata una curva fotometrica, sia esso una semplice lampadina, che un apparecchio illuminante o uno schermo che riflette luce.

Per costruire un solido fotometrico è necessario misurare l'intensità luminosa, cioè "vedere" con quale intensità la sorgente emette luce in una determinata direzione. In pratica è come se si girasse attorno alla sorgente e a diverse angolazioni, si misurasse l'intensità della luce emessa.

Nella seguente Figura 1 si riporta in esempio di curva fotometrica (che si ottiene tagliando con un piano passante per l'asse dell'apparecchio il solido fotometrico) di un apparecchio che emette in tutte le direzioni (ad es. una sfera trasparente) anche se con intensità differenti lungo un piano specifico.

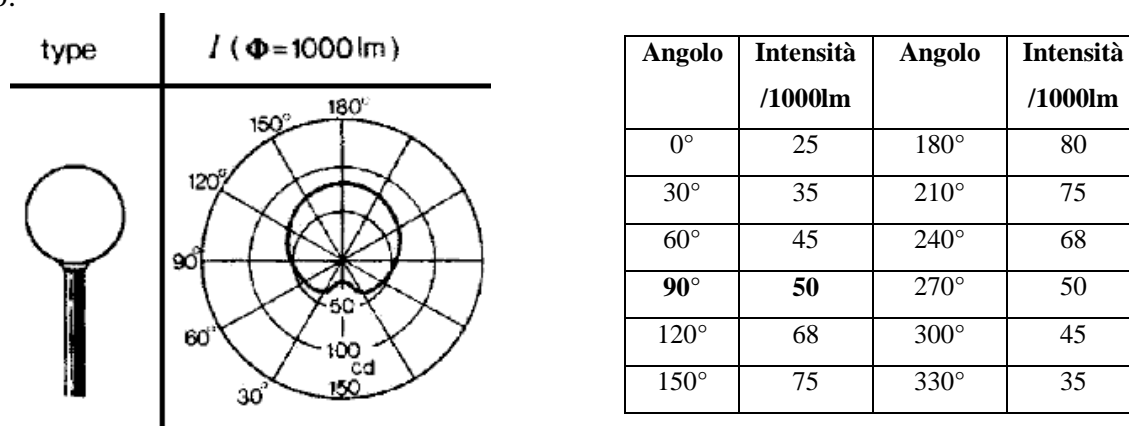


Fig. 1 - Curva e dati fotometrici di un apparecchio illuminante a forma sferica

Osservando semplicemente la sola curva fotometrica già si riesce ad intuire il comportamento dell'apparecchio in quanto nel diagramma tipico, i raggi indicano le diverse direzioni e i cerchi concentrici ne indicano l'intensità. Verificare quindi graficamente l'emissione di luce in una direzione è quindi veramente semplice e questo è fondamentale per verificare la conformità dell'apparecchio alla legge regionale e alla sua direttiva tecnica applicativa.

Sapendo infatti che la norma prescrive che la distribuzione dell'intensità luminosa non deve superare a 90° ed oltre le 0,49 cd ogni 1000 lumen emessi, sul grafico di Fig. 1 questa verifica si realizza leggendo il valore del cerchio che interseca il raggio orizzontale sul quale è indicato infatti il 90°. Il numero contrassegnato indica 50 cd quindi vuol dire che il globo preso ad esempio, invia in direzione 90° una luce con intensità pari a 50 cd ogni 1000 lumen emessi. Tale dato si evince più comodamente e in maniera più precisa anche dalla tabella a fianco che indica per 90° il valore di 50 cd/1000 lm. Pertanto questo globo NON è conforme alla legge regionale.

Si osservi invece l'esempio di Figura 2 dove si riporta la curva fotometrica ed i dati di un apparecchio cilindrico.

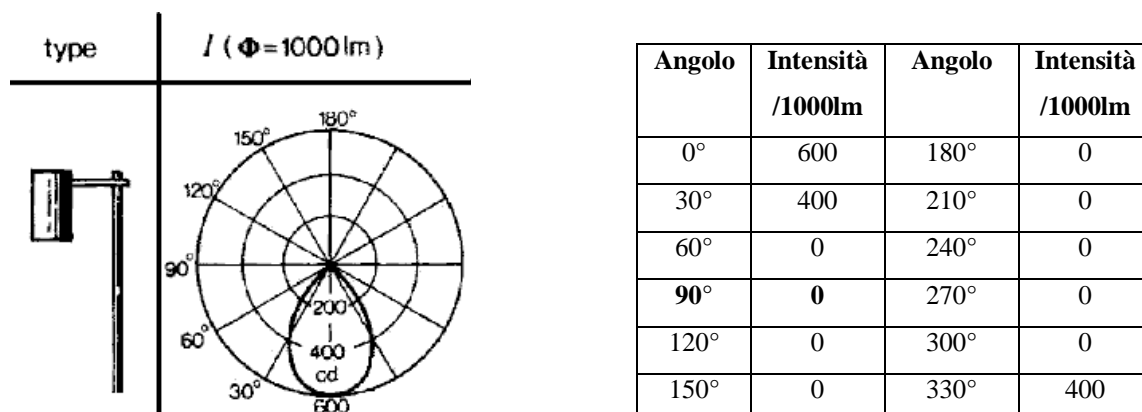


Fig. 2 - Curva e dati fotometrici di un apparecchio illuminante a forma cilindrica

Con la “tecnica” ora acquisita facilmente si può vedere che questo tipo di apparecchio emette solo luce verso il basso (quindi niente sopra la linea d’orizzonte oltre i 90°) e quasi esclusivamente la sua emissione è concentrata tra i 30° ed i 330° (ovvero i -30°), e pertanto questo tipo di apparecchio risulta a norma di legge regionale. (e potrebbe essere inclinato anche di 30°.

E’ importante che oltre alla curva fotometrica sia allegata anche la tabella con le esatte misurazioni in quanto livelli di intensità bassi potrebbero non essere facilmente rilevabili e misurabili attraverso la sola rappresentazione grafica della curva fotometrica. Si veda ad esempio la Figura 3. L’apparecchio NON è conforme alla legge regionale in quanto per angoli pari o maggiori di 90° l’intensità luminosa è maggiore delle 0,49 cd ammesse.

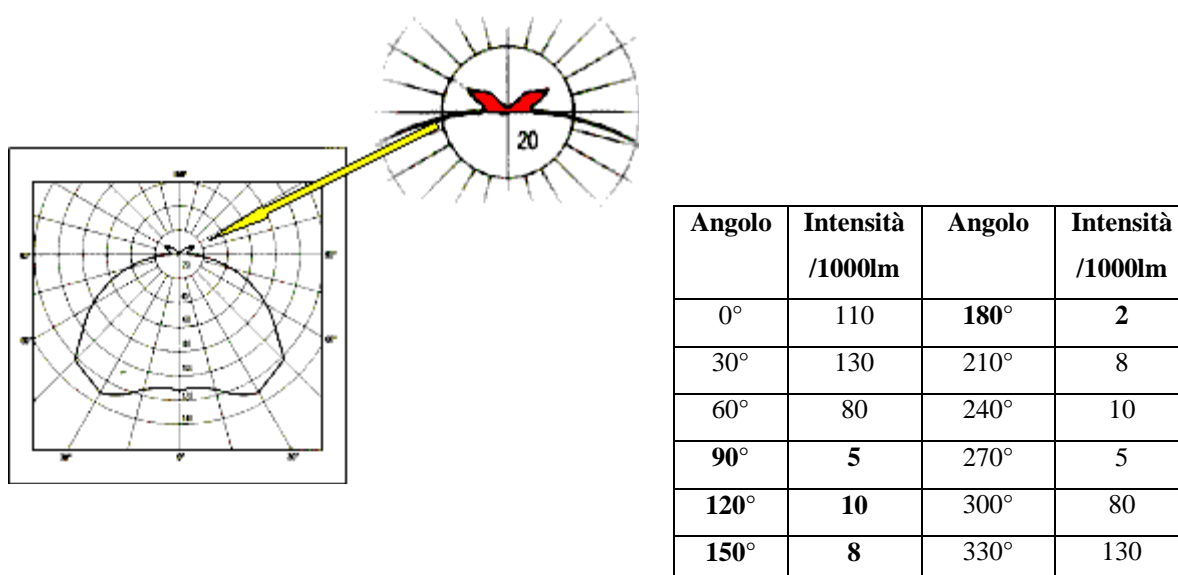
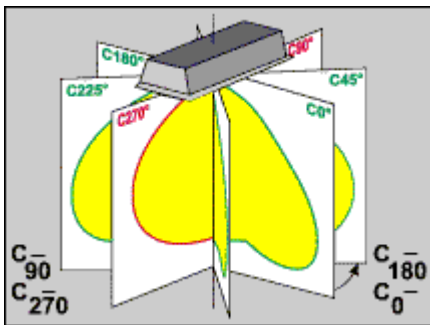


Fig. 3 - Curva e dati fotometrici di un apparecchio da esterno.

Per verificare la conformità di un apparecchio a quanto previsto dalle leggi regionali che ammettono emissioni di intensità luminose massime a 90° e superiori inferiori a 0.49cd/klm, non è sufficiente una sommaria visione della curva fotometrica, che potrebbe fra l'altro essere facilmente manipolata o "tagliata" oltre i 90° (come capita di trovare in alcuni cataloghi), ma è indispensabile possedere e verificare la tabella delle intensità luminose della curva che si sta analizzando, in quanto spesso, le basse intensità luminose, possono non essere individuabili nella sola rappresentazione grafica della curva fotometrica. Anche le tabelle non danno la certezza assoluta della veridicità dei dati; maggiore sicurezza si può avere invece richiedendo dati fotometrici certificati da enti terzi come ad esempio per il marchio "Performance" dell'Istituto Marchio di Qualità Italiano.

## Ottiche Asimmetriche



Nelle curve fotometriche precedentemente analizzate è riportata una sola linea grafica che rappresenta l'emissione della luce nelle diverse angolazioni verticali. Questa rappresentazione è sufficiente nel caso in cui, la sorgente luminosa che stiamo analizzando o apparecchio, sia di tipo simmetrico. L'apparecchio simmetrico invia le medesime intensità luminose in ogni direzione (se visto dall'alto) e quindi anche su piani differenti. Se ci posizioniamo frontalmente rispetto ad una sfera luminosa, l'intensità luminosa che andremmo a leggere sarebbe la medesima anche se la osservassimo lateralmente o dietro. La sfera luminosa è un tipico esempio di apparecchio simmetrico. Se, utilizzando una curva fotometrica simmetrica, ne calcolassimo l'illuminamento in lux prodotto sul suolo otterremo sicuramente una serie di linee isolux (uguali lux) circolari e concentriche.

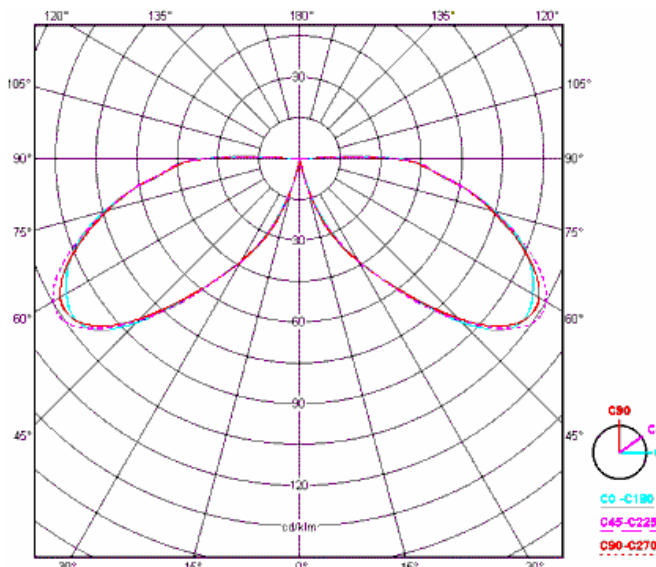


Fig. 4 - curva fotometrica simmetrica (le misure su i tre piani sono quasi identiche)

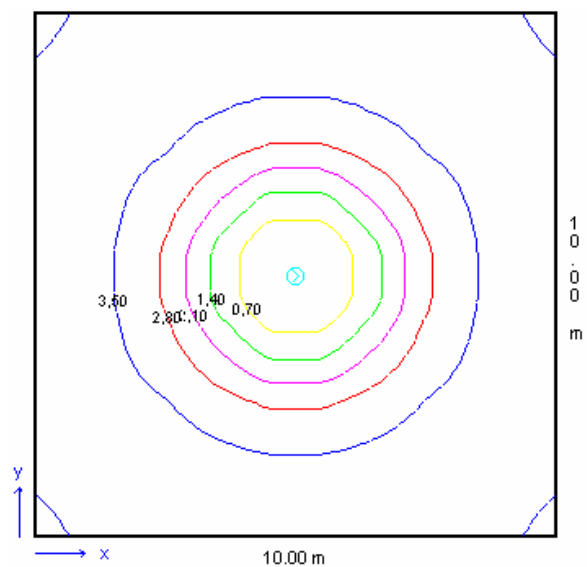


Fig. 5 - Illuminamento con curve isolux rotonde e concentriche.

A differenza delle sorgenti simmetriche, gli apparecchi asimmetrici, osservando la luce proiettata al suolo le curve isolux non sono più circolari come rappresentato nell'esempio precedente.

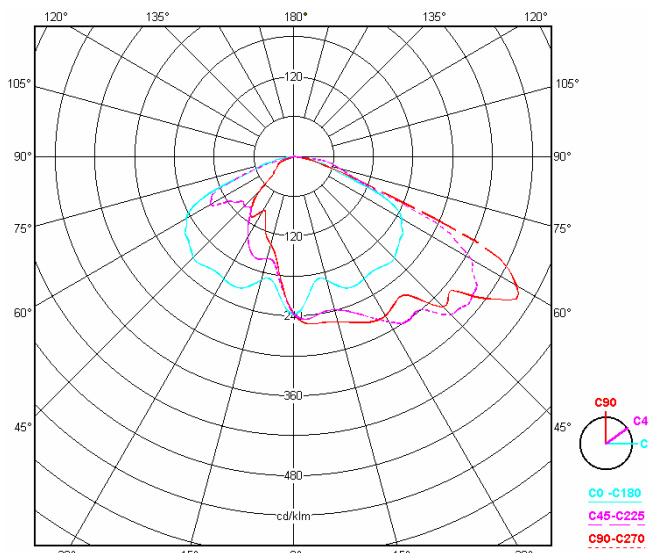


Fig. 6 - Curva fotometrica di apparecchio asimmetrico misurata su 3 piani.

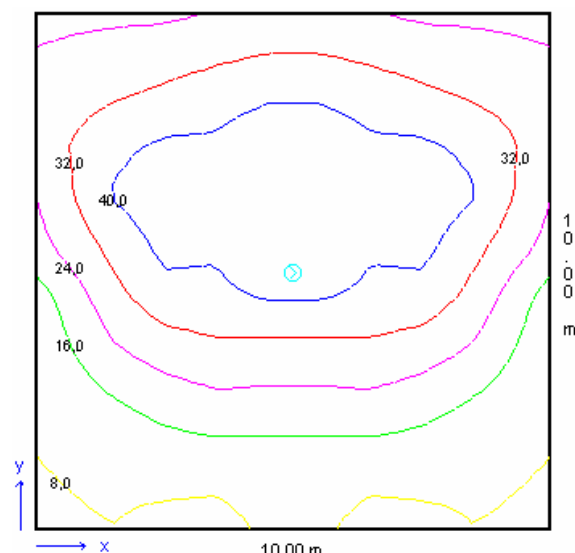


Fig. 7 - Livelli isolux riferiti all'apparecchio della curva di sinistra.

### FORMA DELLA CURVA FOTOMETRICA

La forma della curva fotometrica è importante per capire in modo intuitivo il comportamento dell'apparecchio che stiamo analizzando. Nel caso di apparecchi destinati all'illuminazione stradale, è molto importante che la curva fotometrica invii la luce solo nelle direzioni interessate (lungo l'asse della strada e non al di fuori di essa) e con le giuste intensità luminose (distribuita la più uniformemente possibile). Risulta infatti evidente che, se vogliamo puntare all'installazione di un minor numero di apparecchi, questi dovranno "allargare" il più possibile il fascio luminoso. Per "allargare" si intende, riferendosi al piano ( $C=0^\circ - C=180^\circ$  del disegno nella precedente pagina), inviare lateralmente molta luce, quindi con elevata intensità. Sulla verticale il livello di luce necessario è inferiore. Invece sul piano ( $C=90^\circ - C=270^\circ$ ) sarà importante rilevare che le maggiori intensità luminose si trovino verso il lato da illuminare tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ .

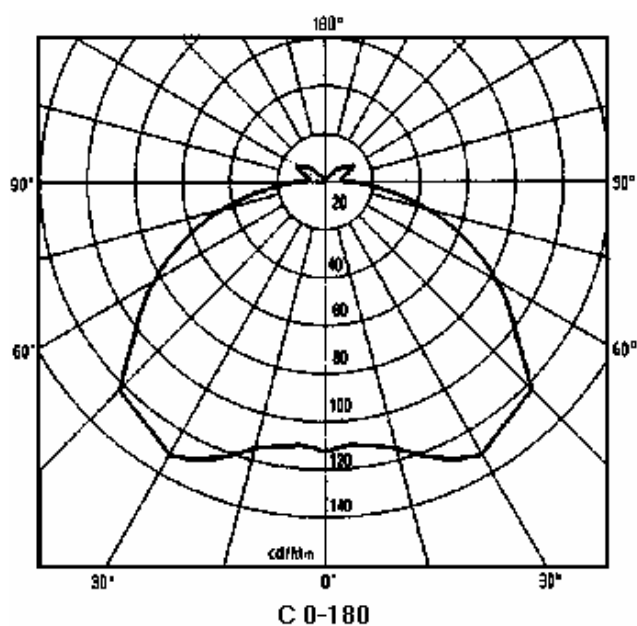


Fig. 8 - Curva non allargante di apparecchio simmetrico

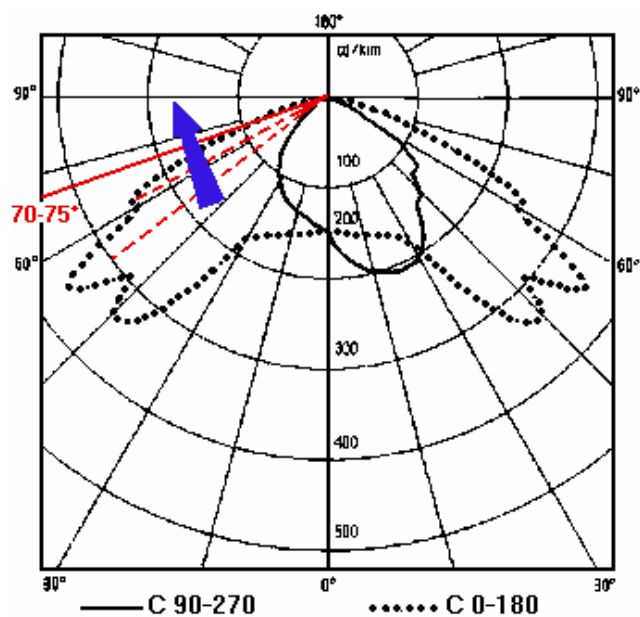


Fig. 9 - Curva allargante (tratteggiata) e con emissione della luce verso la strada (curva piena)

Le aziende produttrici di apparecchi, nello studiare le ottiche più performanti, tengono conto di quanto sopra descritto. Lo sviluppo punta alla riduzione dei centri luminosi. Ottenere elevati coefficienti di uniformità conduce a risultati migliori in termini di percezione visiva. Strade con minore intensità luminosa ma con migliori parametri di uniformità sono senz'altro da preferirsi a vie molto luminose con scarsa uniformità. Un altro punto di cui tenere conto è l'asimmetria necessaria per garantire il mantenimento dei parametri qualitativi anche con impianti di illuminazione più semplici ed economici realizzati su un solo lato della carreggiata. Per evitare di portare l'apparecchio verso il centro della carreggiata, solitamente attraverso i classici pali a frusta, si lavora sull'ottica spingendo la luce, oltre che lateralmente (destra e sinistra), anche in profondità (avanti). L'introduzione di questa ulteriore asimmetria ha consentito di riportare l'apparecchio sul bordo della carreggiata, come la classica applicazione su palo diritto (vedi curva sopra riportata a destra con tratto continuo).

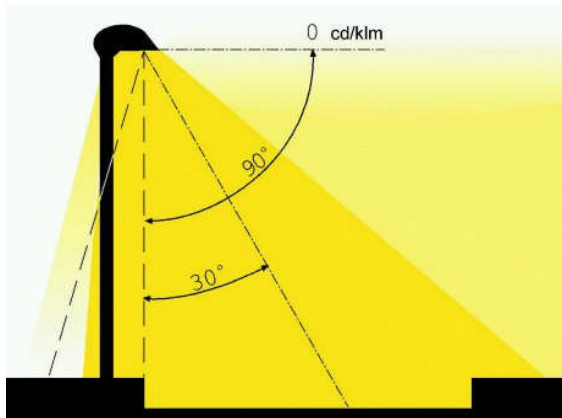
Nella scelta di apparecchi più efficienti rimane prioritaria la forma della curva sul piano  $C0^\circ - C180^\circ$ . La curva ideale dovrebbe avere un'intensità luminosa verso il basso sufficiente, per ottenere il livello di illuminamento richiesto, poi ad angoli sempre più elevati l'intensità dovrà aumentare sempre più, infatti, è necessaria più luce mano a mano che aumenta la distanza tra la sorgente luminosa e la superficie, non dimenticando che l'inclinazione della luce aumenta sempre più incrementando ulteriormente la necessità di più luce. Verso inclinazioni di  $+0 - 70^\circ$  è necessario che l'emissione della luce cessi. È importante che crolli molto rapidamente, il cosiddetto taglio netto della luce, meglio conosciuto come cut-off. L'emissione di intensità luminose oltre tali angolazioni non è più efficace e può risultare controproducente per l'effetto di abbagliamento procurato verso gli osservatori.

## LA SCELTA DEL DELL'APPARECCHIO D'ILLUMINAZIONE CHE SODDISFA LE PROPRIE ESIGENZE

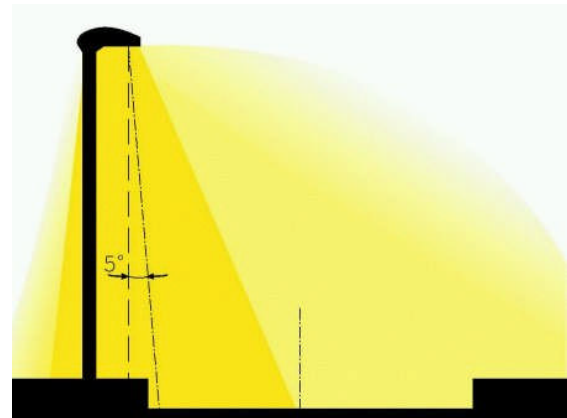
Come visto è fondamentale la scelta dell'apparecchio più performante mediante lo studio della sua curva fotometrica e mediante la verifica, a parità di condizioni di installazione, con i più comuni programmi di calcolo illuminotecnico più comuni.

Di fatto la scelta di un apparecchio sbagliato condiziona notevolmente l'installazione, obbligando a scelte progettuali che non permettono di rispettare le indicazioni di legge. Di seguito sono riportati alcuni esempi che evidenziano scelte non idonee a soddisfare contemporaneamente le caratteristiche illuminotecniche richieste dall'impianto e dalla D.G.R. del 29 novembre 2007, n. 48/31.

Un apparecchio ad alte prestazioni oltre a permettere elevate interdistanze fra un apparecchio e l'altro (che può arrivare talvolta sino a quasi 5 volte l'altezza del sostegno dell'apparecchio) riesce inoltre a "spingere" adeguatamente il flusso luminoso anche in direzione trasversale lungo il piano C-90 tale da permettere di illuminare adeguatamente l'intera larghezza della carreggiata. In figura 10 è riportato un apparecchio con le caratteristiche enunciate con apparecchio a vetro piano orizzontale (che permette di emettere una intensità luminosa massima di 0 cd/klm a 90° ed oltre) e fascio luminoso asimmetrico inclinato mediamente di 25 -30 gradi.



*Fig. 10 – Apparecchio che illumina adeguatamente tutta la carreggiata lungo la direzione trasversale dotato di fascio luminoso inclinato di 25-30°*



*Fig. 11 – La ridotta inclinazione del fascio luminoso non permette di spingere il fascio oltre metà della carreggiata.*

Se quindi il l'apparecchio d'illuminazione ha una fotometria corretta e studiata ad alte prestazioni, è possibili alla stesso tempo soddisfare i requisiti minimi di sicurezza richiesti dalle norme tecniche, nel rispetto della legge regionale e con interdistanze elevate.

Se invece il corpo illuminante è stato progettato con inclinazione del fascio (rispetto alla verticale) di pochi gradi, in figura 11 pari a 5°, e viene installato nelle stesse condizioni dell'apparecchio precedente, con vetro piano orizzontale, l'estensione trasversale del suo fascio luminoso a fatica riuscirà a lambire la parte opposta della carreggiata con il conseguente mancato rispetto delle norme tecniche di sicurezza.

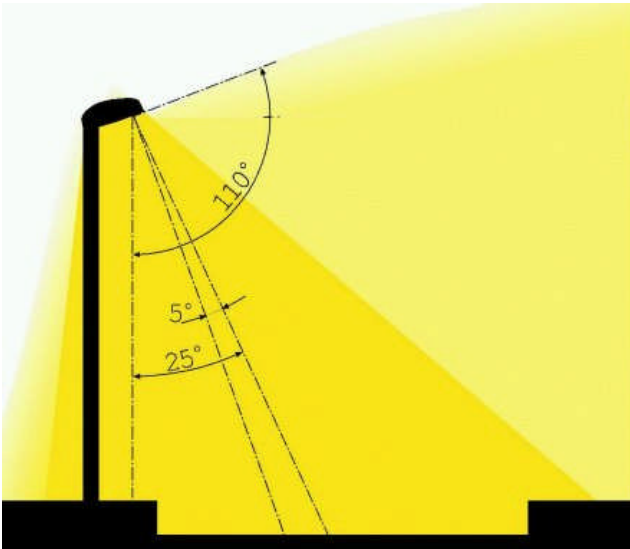


Fig. 12 – Apparecchi con fasci poco inclinati vengono inclinati per aumentare l'uniformità trasversale. Installazione conforme con la legge regionale (emissione a  $90^\circ$  ed oltre superiore a  $0.49\text{cd/klm}$ ).

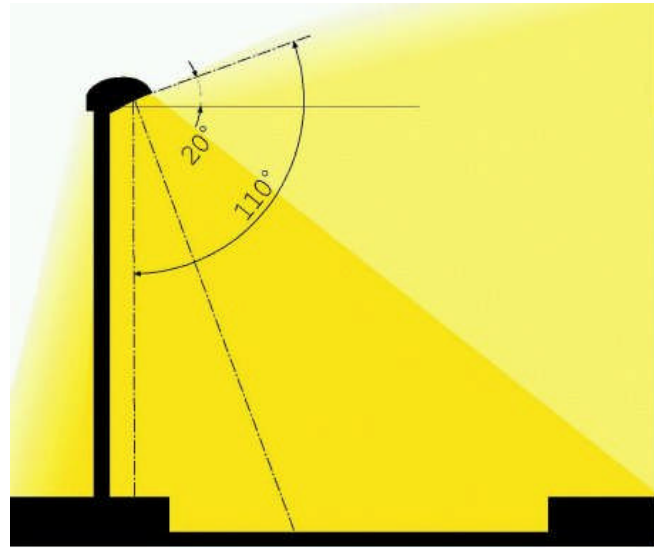


Fig. 13 – Apparecchi orizzontali con vetro inclinato per inclinare il fascio luminoso e migliorare le prestazioni trasversali. Installazione conforme con la legge regionale (emissione a  $90^\circ$  ed oltre superiore a  $0.49\text{cd/klm}$ ).

Per sopperire a questi inconvenienti spesso si varia l'inclinazione dell'apparecchio d'illuminazione di valori sino a  $25\text{-}30^\circ$  ed oltre, per compensare la mancata inclinazione del fascio lungo la direzione trasversale.

In questo modo però, si veda la figura 12, il fascio luminoso viene inviato in parte verso l'alto.

Per inclinare un fascio luminoso poco inclinato, taluni apparecchi sono già dotati di vetri di protezione piani inclinati rispetto al corpo illuminante se quest'ultimo è posto in posizione orizzontale. Questa situazione si verifica quando la curva fotometrica non è corretta. Anche in questo caso ovviamente l'intensità luminosa a  $90^\circ$  ed oltre diventa superiore a  $0.49\text{cd/klm}$ . Si veda figura 13.

La situazione peggiora ulteriormente, figura 14, quando anche il sostegno o lo stesso corpo illuminante è inclinato. In tale situazione l'inclinazione del vetro piano si somma a quella del sostegno per incrementare l'angolo globale ed ovviamente la dispersione di luce verso il cielo.

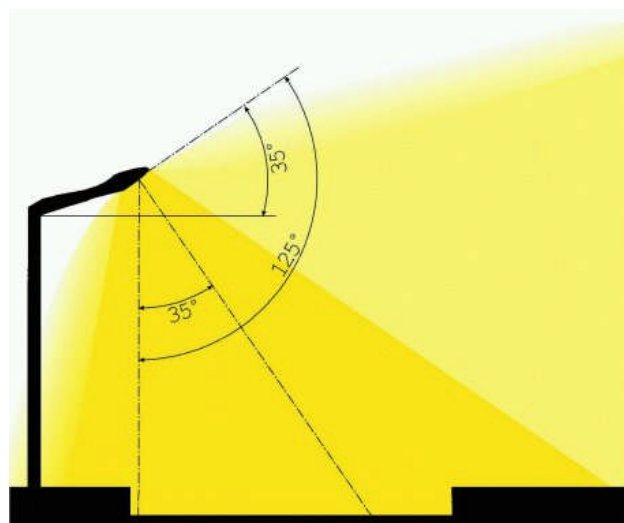


Fig. 14 – Corpo con vetro piano inclinato posto su sostegno inclinato. Installazione scorretta.