

Allegato V

Linee guida per la progettazione e realizzazione degli impianti di illuminazione

Sommario

1	OBIETTIVI	3
2	CRITERI BASE	4
2.1	PRESCRIZIONI GENERALI	4
2.2	PRESCRIZIONI PER IMPIANTI PARTICOLARI	5
2.3	DISPOSIZIONI ALLE FASCE DI RISPETTO E ALLE AREE NATURALI PROTETTE	7
2.4	IMPIANTI NON SOGGETTI	8
2.5	CRITERI PER IL GRADUALE ADEGUAMENTO DEGLI IMPIANTI ESISTENTI	9
3	CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO DIRETTO.....	11
3.1	CLASSIFICAZIONE DEGLI APPARECCHI D'ILLUMINAZIONE AI SENSI DELLA L.P. 3 OTTOBRE 2007 N. 16... ..	11
3.2	CONSIDERAZIONI E ACCORGIMENTI PER LIMITARE L'INQUINAMENTO LUMINOSO	12
3.3	ESEMPI ESPLICATIVI	13
4	CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO INDIRETTO	17
4.1	AMBITO STRADALE	18
4.2	ALTRI AMBITI.....	19
5	SORGENTI LUMINOSE EFFICIENTI.....	20
5.1	TIPOLOGIE	20
5.2	SCELTA DEGLI APPARECCHI IN FUNZIONE DELLA LORO CURVA FOTOMETRICA	30
5.3	ELIMINAZIONE SORGENTI LUMINOSE AD ELEVATO IMPATTO AMBIENTALE	37
6	REQUISITI ILLUMINOTECNICI MINIMI.....	37
6.1	REQUISITI PER L'ILLUMINAZIONE STRADALE	38
6.2	REQUISITI ILLUMINOTECNICI E IMPIANTI D'ILLUMINAZIONE PARTICOLARI	39
7	CRITERI TECNICI INTEGRATIVI PER IMPIANTI SPECIFICI.....	40
7.1	EDIFICI STORICI.....	40
7.2	AREE COPERTE ESTERNE / TEMPORANEE.....	40
7.3	FASCI DI LUCE	41
7.4	INSEGNE LUMINOSE	41
7.5	IMPIANTI PER L'ILLUMINAZIONE DI IMPIANTI ED ATTIVITÀ SPORTIVE.....	42
7.6	IMPIANTI CHE INSISTONO SU UN PIANO INCLINATO (ES: STRADA DI MONTAGNA)	42
7.7	IMPIANTI CHE INSISTONO SU PIÙ PIANI SOVRAPPosti (ES: SOTTO/SOVRAPPASSI).....	42
7.8	DISPOSIZIONI RELATIVE ALLE FASCE DI RISPETTO E ALLE AREE NATURALI PROTETTE.....	42
7.9	EFFETTO DELLA NEBBIA NEL MECCANISMO DELLA VISIONE NOTTURNA CON LUCE ARTIFICIALE.....	44

8	CRITERI TECNICI IMPIANTI IN DEROGA AL PROGETTO ILLUMINOTECNICO	46
9	SISTEMI PER LA RIDUZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO	47
9.1	SISTEMI PER LA RIDUZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO: TIPOLOGIE E DIFFERENZE	47
9.2	QUANDO UTILIZZARE TALI SISTEMI	48
9.3	CONSIGLI PER LA SCELTA DEL PRODOTTO	48
10	LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO E LA VERIFICA DEI PROGETTI.....	49
10.1	PROGETTO ILLUMINOTECNICO: CONTENUTI E CARATTERISTICHE	49
10.2	PROGETTO ILLUMINOTECNICO: VERIFICA E CONTROLLO	50

1.....OBIETTIVI

Il P.R.I.C. è stato realizzato privilegiando soluzioni e proposte illuminotecniche che mirano principalmente al conseguimento delle seguenti opportunità:

- Contenimento dell'“inquinamento luminoso” e salvaguardia ambientale del territorio Comunale;
- Miglioramento del confort visivo e maggiore fruibilità degli spazi;
- Progettazione coordinata su tutto il territorio;
- Ottimizzazione degli impianti d'illuminazione;
- Riduzione dei costi, dei consumi energetici e di manutenzione;

Il perseguimento di tali obiettivi primari si ottiene adottando le precauzioni ed i consigli progettuali previsti nella L.p. n.16/2007 e nei successivi criteri attuativi:

- a) Controllo del flusso luminoso direttamente inviato al di sopra del piano dell'orizzonte.
- b) Adozione dei valori minimi di luminanze e di illuminamenti previste dalle norme a seconda della tipologia di strada, o ambito da illuminare.
- c) Adozione di lampade ad elevata efficienza compatibilmente con le condizioni d'uso e di esercizio.
- d) Ottimizzazione degli impianti in termini di minimizzazione delle potenze installate e massimizzazione dei rapporti interdistanze altezza dei sostegni.
- e) Adozione di sistemi per la riduzione del flusso luminoso.
- f) Riduzione dell'abbagliamento diretto e controllo dei gradienti di luminanza.
- g) Identificazione di sistemi alternativi d'illuminazione e segnalazione a supporto della sicurezza stradale in linea con le disagiate condizioni di visibilità (soprattutto nei periodi invernali) nell'ambito di eventuali progetti di riqualificazione del territorio.

In questo capitolo del piano si affrontano i requisiti di legge, per quanto riguarda:

- a) Gli ambiti applicativi della L.p. n.16/2007 e Piano provinciale.
- b) L'autorizzazione e l'approvazione del progetto.
- c) I criteri tecnici fondamentali su cui si basa la L.p. n.16/2007 e Piano provinciale.
- d) I requisiti illuminotecnici minimi dei futuri impianti d'illuminazione.
- e) I criteri tecnici per impianti specifici.
- f) I criteri tecnici per gli impianti in deroga al progetto illuminotecnico.
- g) Impianti a regola dell'arte.
- h) Le caratteristiche ed i contenuti del progetto illuminotecnico.
- i) Nota integrativa sull'effetto della nebbia nel meccanismo della visione notturna.

2.....CRITERI BASE

La L.p. n.16/2007, all'art. 4 (Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso), propone alcune linee guida che si possono così riassumere:

- a) utilizzo di fonti luminose rivolte verso il basso che presentano un'intensità luminosa non superiore a 0,49 candele per 1.000 lumen, per angoli θ maggiori o uguali a 90 gradi;
- b) livelli di luminanza o illuminamento conformi all'indice illuminotecnico, nei limiti dei valori previsti dalle norme vigenti;
- c) utilizzo di lampade ad alta efficienza;
- d) limitazione temporale dell'illuminazione di strutture pubbliche o di interesse pubblico all'effettiva necessità;
- e) divieto di utilizzo di fari o fasci luminosi, fissi o semoventi, rivolti verso l'alto, fatti salvi motivi di interesse pubblico o casi previsti da norme vigenti.

Gli impianti che rispettano tali requisiti costituiscono pertanto una **“soluzione conforme”** alla legge.

Gli impianti che in termini di limitazione dei consumi energetici e di inquinamento luminoso ottengono risultati peggiori rispetto alla **“soluzione conforme”** sono ammessi, ma dovranno dimostrare tali risultati mediante una **“soluzione calcolata”**.

In questo contesto, il Piano provinciale prevede di caratterizzare gli impianti di illuminazione esterna (progetto e realizzazione) con due indici che ne quantifichino la qualità in termini di inquinamento luminoso ed efficienza energetica.

Tali indici dovranno essere contenuti entro limiti prefissati per garantire impianti di illuminazione esterna con prestazioni sufficienti sotto gli aspetti illuminotecnici ed energetici. A tale scopo, il Piano provinciale è corredato da una serie di informazioni tecnico pratiche.

2.1.....Prescrizioni generali

- 1) Tutti i nuovi impianti di illuminazione esterna, pubblici o privati, e gli adeguamenti o rifacimenti di impianti di illuminazione esterna esistenti, che interessano il territorio comunale, devono essere realizzati in conformità alle disposizioni della L.p. n.16/2007 e del piano provinciale, mediante redazione del progetto illuminotecnico secondo quanto stabilito dal piano provinciale Allegato A (Soluzione conforme) o Allegato B (Soluzione calcolata) e rispettando i limiti riportati nell'Allegato D (Normative e parametri di riferimento). Gli impianti autorizzati ai sensi degli articoli 2 e

- 4 del regolamento di attuazione della L.p. n.16/2007 dovranno essere obbligatoriamente corredati di progetto elettrico redatto da un professionista abilitato ai sensi della normativa vigente.
- 2) Tutti i bandi per gli incarichi professionali, capitolati d'appalto e di manutenzione degli impianti ed apparecchi di illuminazione esterna, pubblici e privati, devono essere conformi alla L.p. n.16/2007 ed al piano provinciale.
 - 3) Per gli impianti di illuminazione esistenti, individuati nel piano regolatore di illuminazione comunale (P.R.I.C.) come fortemente inquinanti, fatte salve le prestazioni di sicurezza richieste dalle vigenti norme, è richiesta, entro 3 anni dall'entrata in vigore del P.R.I.C., la revisione con adeguamento al piano provinciale (rispetto dei limiti di cui all'Allegato D (Normative e parametri di riferimento)) calcolati mediante l'applicazione di quanto stabilito dal piano provinciale Allegato A (Soluzione conforme) o Allegato B (Soluzione calcolata).
 - 4) Gli impianti di illuminazione esistenti non conformi al piano provinciale e non compresi tra quelli di cui al precedente punto 3, dovranno essere adeguati secondo i criteri riportati nel punto IX del piano provinciale.

2.2.....Prescrizioni per impianti particolari

- 1) Per gli impianti destinati all'illuminazione di edifici storici e monumenti il progetto illuminotecnico non è soggetto alle indicazioni previste dal piano provinciale Allegato A (Soluzione conforme) o Allegato B (Soluzione calcolata), ma deve riportare la verifica del rispetto dei valori limite e delle prescrizioni di cui al punto D.4, paragrafo 4, dell'Allegato D (Normative e parametri di riferimento) del piano provinciale.
- 2) Gli apparecchi di illuminazione utilizzati in impianti di illuminazione esterna in zone coperte (portici, sottopassi o gallerie stradali) sono assimilabili alla classe A ed è quindi sufficiente la presentazione dell'allegato A, salvo quanto previsto nel punto VIII del piano provinciale.
- 3) Fasci di luce: come previsto nell'art 4, comma 1, lettera e) della L.p. n.16/2007 è vietato l'uso di fasci di luce fissi o mobili, di qualsiasi intensità luminosa, rivolti verso l'alto ad uso pubblicitario o voluttuario su tutto il territorio provinciale.
- 4) Insegne luminose:
 - j) l'illuminazione delle insegne, considerate diffondenti, non dotate di illuminazione propria, devono essere illuminate dall'alto verso il basso;

- k) la luminanza delle insegne, in qualsiasi modo illuminate, non deve superare il valore massimo previsto per i segnali stradali internamente illuminati (si veda l'Allegato D (Normative e parametri di riferimento)) del piano provinciale;
 - l) le insegne luminose con superficie illuminata maggiore di 10 m² dovranno essere considerate nella redazione dei P.R.I.C.;
 - m) tutte le insegne luminose non preposte alla sicurezza ed a servizi di pubblica utilità (ospedali, farmacie, polizia, carabinieri, vigili del fuoco ecc.) sono sottoposte ad orario regolamentato dai comuni.
- 5) Impianti per l'illuminazione di impianti ed attività sportive:
- a) gli impianti per l'illuminazione di impianti ed attività sportive all'aperto dovranno essere considerati nella stesura dei P.R.I.C.;
 - b) gli impianti esistenti non conformi dovranno essere adeguati secondo quanto previsto nell'Allegato D (Normative e parametri di riferimento) del piano provinciale;
 - c) gli impianti devono essere dotati di appositi sistemi di variazione dell'illuminamento con conseguente parzializzazione del flusso luminoso in relazione alle attività/avvenimenti, quali allenamenti, gare, riprese televisive od altro;
 - d) è richiesto lo spegnimento degli impianti all'ultimazione dell'attività sportiva e comunque entro le ore 24, salvo eventi sportivi di particolare rilevanza;
 - e) nel caso di illuminazione di piste per sci dovranno, inoltre, essere utilizzati apparecchi di classe A come definiti nell'Allegato C (Classificazione degli apparecchi di illuminazione) del piano provinciale, seguendo il procedimento descritto nell'Allegato A (Soluzione conforme), e la dispersione della luce al di fuori delle pista medesime dovrà essere limitata, per quanto possibile, in considerazione dell'elevato valore del coefficiente di riflessione del manto nevoso.
- 6) Impianti che insistono su un piano inclinato (es: strada di montagna): nel caso in cui si opti per il procedimento descritto nell'Allegato B (Soluzione calcolata), il calcolo andrà effettuato con riferimento al piano orizzontale ottenuto mediante proiezione ortogonale dell'impianto reale.
- 7) Impianti che insistono su più piani sovrapposti (es: sotto/sovrappassi): nel caso in cui si opti per il procedimento descritto nell'Allegato B (Soluzione calcolata), il calcolo andrà effettuato posizionando la superficie di riferimento a 20 metri di altezza rispetto al piano orizzontale più basso considerato.

2.3.....Disposizioni alle fasce di rispetto e alle aree naturali protette

- 1) L'elenco dei siti tutelati (osservatori astronomici e siti osservativi) è riportato nell'Allegato G (Elenco Osservatori astronomici e fasce di rispetto) del Piano provinciale, che comprende le relative fasce di rispetto, le quali hanno un'estensione di 25 km di raggio per gli osservatori di rilevanza nazionale e di 5 km di raggio per gli osservatori i siti di rilevanza provinciale e tengono conto dell'intervisibilità delle possibili sorgenti inquinanti coi siti tutelati. Detto elenco sarà aggiornato periodicamente da APE.
- 2) I progetti relativi a nuovi impianti di illuminazione, o al rifacimento di impianti esistenti, dovranno essere redatti secondo quanto disposto nell'Allegato B (Soluzione calcolata), riducendo il valore limite di K_{ILL} secondo quanto previsto nell'Allegato D (Normative e parametri di riferimento) del Piano provinciale, utilizzando apparecchi solo di classe A, come definiti nell'Allegato C (Classificazione degli apparecchi di illuminazione).
- 3) Tutte le sorgenti di luce ed i rispettivi apparecchi per l'illuminazione esistenti, ricadenti nelle fasce di rispetto delle aree protette, devono, entro 3 anni dall'entrata in vigore del Piano provinciale o dalla definizione di nuovi siti tutelati e relative fasce di rispetto, motivatamente prorogabili a massimo di altri 3 anni, essere modificate o sostituite onde ridurre l'inquinamento luminoso ed il consumo energetico adeguandole ai limiti riportati in Allegato D (Normative e parametri di riferimento) del Piano provinciale. Per tale tipologia di interventi gli incentivi economici di cui al punto XI del Piano provinciale, potranno essere determinati fino al 100% della spesa ammessa, nel caso di richiesta da parte di enti pubblici, e fino al 50% della spesa ammessa nel caso di richiesta da parte di soggetti privati o imprese (fatte salve le limitazioni imposte dalle disposizioni comunitarie in materia di aiuti di Stato rivolti alle imprese e le relative norme applicative).
- 4) Per impianti d'illuminazione artistici realizzati prima del 1940, è possibile derogare alle disposizioni di cui al precedente punto 3, solo in caso di ripristino della completa funzionalità dell'apparecchio originale esistente.
- 5) Tutti gli impianti di illuminazione esterna pubblici anche esistenti, devono essere dotati di regolatori di flusso o, qualora le condizioni di sicurezza lo permettano, spenti entro le ore 24.
- 6) Per quanto riguarda le riserve naturali e le altre aree naturali protette, si applica la specifica normativa vigente; in una fascia circostante le riserve naturali e le altre aree naturali protette di ampiezza pari a 100 metri, in linea generale non devono essere

realizzati impianti di illuminazione; qualora sia necessario derogare da detta disposizione, è necessario acquisire preventivamente il parere della struttura competente in materia di biotopi, riserve, aree della Rete Natura 2000 ed aree protette.

2.4.....Impianti non soggetti

Per le tipologie di impianto di seguito indicate non è richiesta né l'autorizzazione prevista dagli articoli 2 e 4 del regolamento di attuazione della L.p. n.16/2007 né il progetto illuminotecnico e quindi la redazione dei modelli A o B previsti rispettivamente nell'Allegato A (Soluzione conforme) e nell'Allegato B (Soluzione calcolata) del Piano provinciale:

- 1) impianti alimentati da un unico punto di consegna con emissione luminosa complessiva inferiore a 5.000 lm e realizzati con le tipologie di apparecchi diverse dalla classe E, purché l'installatore rilasci al committente la dichiarazione che l'impianto è alimentato da un unico punto di consegna, ha emissione complessiva inferiore a 5.000 lm ed è realizzato con tipologie di apparecchi diversi dalla classe E definita dal Piano provinciale (Allegato C (Classificazione degli apparecchi di illuminazione));
- 2) impianti alimentati da un unico punto di consegna, purché con emissione luminosa complessivamente inferiore a 100.000 lm e riferibili alle seguenti tipologie di impianti:
 - a) di allarme, di segnalazione e di regolazione del traffico, di illuminazione delle vie di fuga;
 - b) per l'illuminazione di feste e di manifestazioni all'aperto con carattere di temporaneità e provvisorietà di durata non superiore a 20 giorni continuativi;
 - c) di luminarie natalizie temporanee con funzionamento di durata non superiore a 60 giorni;
 - d) relativi ad attività temporanee connesse con l'ordine pubblico, la difesa, la sicurezza e la protezione civile;
 - e) regolati da sensore di presenza e con periodo di funzionamento strettamente legato alla presenza o passaggio di persone o veicoli;
- 3) gli impianti temporanei per l'illuminazione di cantieri dovranno essere conformi alle linee guida nazionali applicabili (vedere Piano provinciale Allegato D (Normative e parametri di riferimento)).

2.5.....Criteri per il graduale adeguamento degli impianti esistenti

L'individuazione degli interventi per il graduale adeguamento degli impianti di illuminazione esterna esistenti - consistente nell'elenco, nella classificazione e nelle disposizioni specifiche per i singoli interventi volti alla riduzione dell'inquinamento luminoso - sarà effettuata da APE, sulla base dell'esame dei diversi P.R.I.C., applicando i criteri di seguito riportati.

Gli impianti dotati di fari e fasci luminosi fissi o semoventi rivolti verso l'alto, fatti salvi i motivi di interesse pubblico o i casi previsti da norme vigenti, sono espressamente vietati dall'art. 4, comma 1, lettera e), della L.p. n.16/2007 e vanno pertanto immediatamente adeguati alle disposizioni del Piano provinciale o tenuti spenti.

L'elenco degli interventi, organizzato per comune ed eventualmente per zona, riprenderà la denominazione e la descrizione attribuita nei singoli Piani regolatori di illuminazione comunali o sovracomunali (P.R.I.C.) di cui al punto X del Piano provinciale.

La classificazione degli interventi sarà articolata nelle due seguenti tipologie, determinate in base al prodotto dei valori degli indici rilevati (K_{ILL} e η) per ciascun intervento moltiplicato per le relative aree efficaci A_{eff} (tali prodotti sono infatti maggiori per gli impianti più inquinanti, meno efficienti e più estesi):

- i) interventi urgenti (caratterizzati dai valori più elevati, relativi alla situazione prima dell'intervento, di $K_{ILL} * A_{eff}$ e di $\eta * A_{eff}$): da attuarsi entro il termine di tre anni successivi all'approvazione del Piano provinciale, motivatamente prorogabili al massimo di altri tre anni. Per gli interventi relativi a tale tipo di prescrizioni gli incentivi economici provinciali di cui al punto XI DEL Piano provinciale potranno essere determinati fino al 100% della spesa ammessa, nel caso di richiesta da parte di enti pubblici, e fino al 50% della spesa ammessa nel caso di richiesta da parte di soggetti privati o imprese (fatte salve le limitazioni imposte dalle disposizioni comunitarie in materia di aiuti di Stato rivolti alle imprese e le relative norme applicative).
- ii) interventi ordinari (caratterizzati dai valori meno elevati, relativi alla situazione prima dell'intervento, di $K_{ILL} * A_{eff}$ e di $\eta * A_{eff}$): da attuarsi compatibilmente con la disponibilità tecnica e finanziaria dei soggetti coinvolti.

Al predetto elenco e classificazione degli interventi potranno essere aggiunte, purché adeguatamente motivate, disposizioni specifiche per la modifica di impianti esistenti, anche in deroga rispetto ai requisiti generali previsti dal Piano provinciale o a quanto previsto dal relativo P.R.I.C..

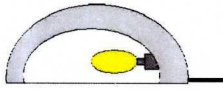
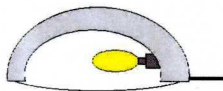
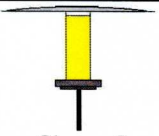
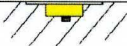

L'individuazione degli interventi, sarà successivamente aggiornata dall'APE ogni tre anni in base ai dati oggettivi provenienti dai P.R.I.C., i quali dovranno a loro volta recepirne le disposizioni nelle rispettive azioni di risanamento.

L'individuazione degli interventi per il graduale adeguamento degli impianti di illuminazione esterna esistenti, consistente nell'elenco, nella classificazione e nelle disposizioni specifiche per i singoli interventi volti alla riduzione dell'inquinamento luminoso, effettuata applicando i predetti criteri, sarà approvata con provvedimento del Direttore dell'Agenzia provinciale per l'energia.

3.....CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO DIRETTO

3.1.....Classificazione degli apparecchi d'illuminazione ai sensi della L.p. 3 ottobre 2007 n. 16

Gli apparecchi di illuminazione sono suddivisi in classi a seconda del flusso luminoso disperso sopra il piano dell'orizzonte. Ai fini del Piano provinciale, si identificano le 5 classi di apparecchi descritte di seguito.

<p>1. <u>Apparecchi di classe A</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa massima per angoli gamma maggiori o uguali a 90°, compresa tra 0,00 e 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso; tipicamente armature stradali con lampada recessa nel vano ottico superiore dell'apparecchio, proiettori asimmetrici.</p>	 Classe A <p>Apparecchi conformi e ammessi in ogni caso (Soluzione conforme – Allegato A)</p>
<p>2. <u>Apparecchi di classe B</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa per angoli gamma maggiori o uguali a 90°, maggiore di 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso e flusso luminoso disperso verso l'alto inferiore al 1%; tipicamente le armature stradali con vetro ricurvo e coppa prismatica.</p>	 Classe B <p>Apparecchi ammessi solo previa verifica di conformità (Soluzione calcolata – Allegato B)</p>
<p>3. <u>Apparecchi di classe C</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno per angoli gamma maggiori o uguali a 90° un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore dell' 1% e minore del 30%; tipicamente armature da arredo urbano con schermatura superiore, ottiche secondarie, frangiluce.</p>	 Classe C <p>Apparecchi sconsigliati ed ammessi solo in particolari casi previa verifica di conformità (Soluzione calcolata – Allegato B)</p>
<p>4. <u>Apparecchi di classe D</u>: comprendono tutti gli apparecchi destinati a produrre illuminazione d'accentuo o effetti localizzati decorativi (incassi da terra, proiettori, applique, ecc.).</p>	 Classe D <p>Apparecchi ammessi solo per gli impianti non soggetti di cui al punto VIII o per alcuni impianti particolari (numeri 1 e 2 del punto VI)</p>
<p>5. <u>Apparecchi di classe E</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno per angoli gamma maggiori o uguali a 90° un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore del 30%.</p>	 Classe E <p>Apparecchi vietati</p>

3.2.....Considerazioni e accorgimenti per limitare l'inquinamento luminoso

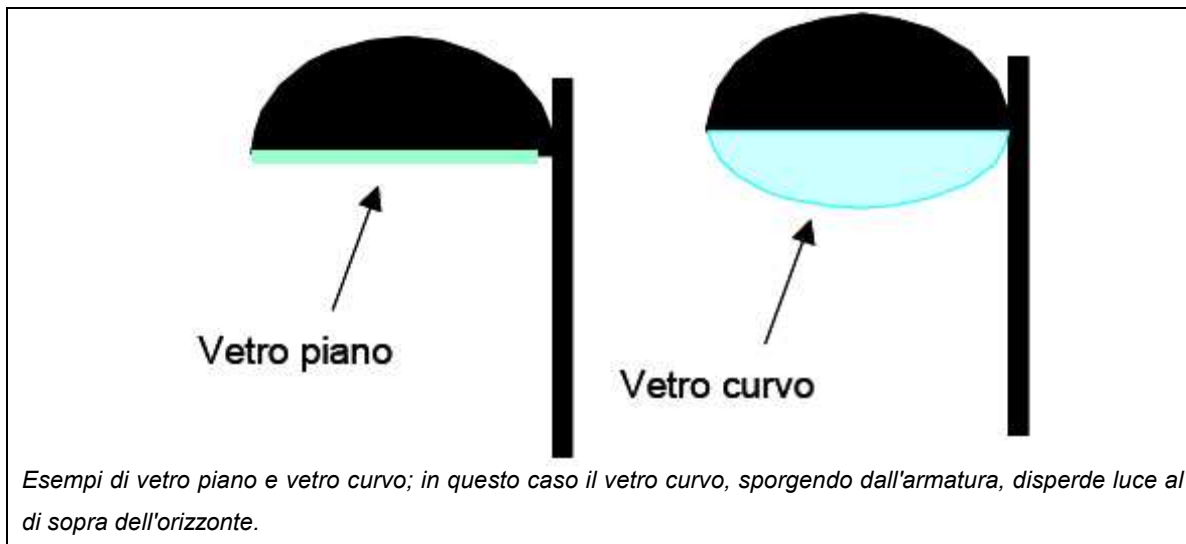
Per determinare l'inquinamento luminoso è fondamentale conoscere la curva fotometrica del complesso armatura-ottica-lampada. La curva fotometrica è rappresentazione grafica e numerica di come viene distribuito il flusso luminoso nello spazio.

Oltre all'I.L. diretto bisogna anche considerare I.L. indiretto, cioè quella componente che viene riflessa dalla superficie illuminata. Per contenere, perchè non si può eliminare, la componente riflessa, è indispensabile illuminare solo ed esclusivamente dove realmente necessario e con valori illuminotecnici congrui.

Dispositivi per limitare l'inquinamento luminoso

Armature stradali tradizionali:

Vanno impiegate ottiche full cut-off con vetro piano e trasparente. Per gli impianti già esistenti da adeguare, ove possibile, sostituire il vetro convesso con uno piano in tutti i casi va rispettata l'installazione con inclinazione, dell'asse ottico, sulla perpendicolare rispetto all'orizzonte.



Fari, proiettori, torri faro:

Per sistemi a torre-faro vanno utilizzate esclusivamente ottiche asimmetriche con inclinazione, dell'asse ottico, sulla perpendicolare rispetto all'orizzonte. Per piccoli soggetti (es. statue) vanno usati proiettori a fascio concentrato tipo spot o proiettori con sagomatori.

Facciate di edifici:

Per illuminare le facciate di edifici, favorire il sistema della luce radente dall'alto verso il basso, impiegando ottiche asimmetriche o dal basso verso l'alto impiegando sagomatori di luce o schermi di delimitazione del flusso luminoso.

Ottiche aperte ed orientabili

Deve essere munita di controllore del flusso come ad esempio una parabola interna. Il vetro di protezione deve essere piano, trasparente, non diffondente o traslucido e installato con inclinazione, dell'asse ottico, sulla perpendicolare rispetto all'orizzonte. Non devono esserci parti dell'armatura in grado di riflettere luce verso l'alto.

Insegne con luce propria: Andrebbero spente entro le ore 24 con l'eccezione di quelle per specifico e necessario uso notturno o per servizi essenziali come alberghi, esercizi aperti, ospedali, distributori che osservano il turno di notte, forze dell'ordine, ecc.

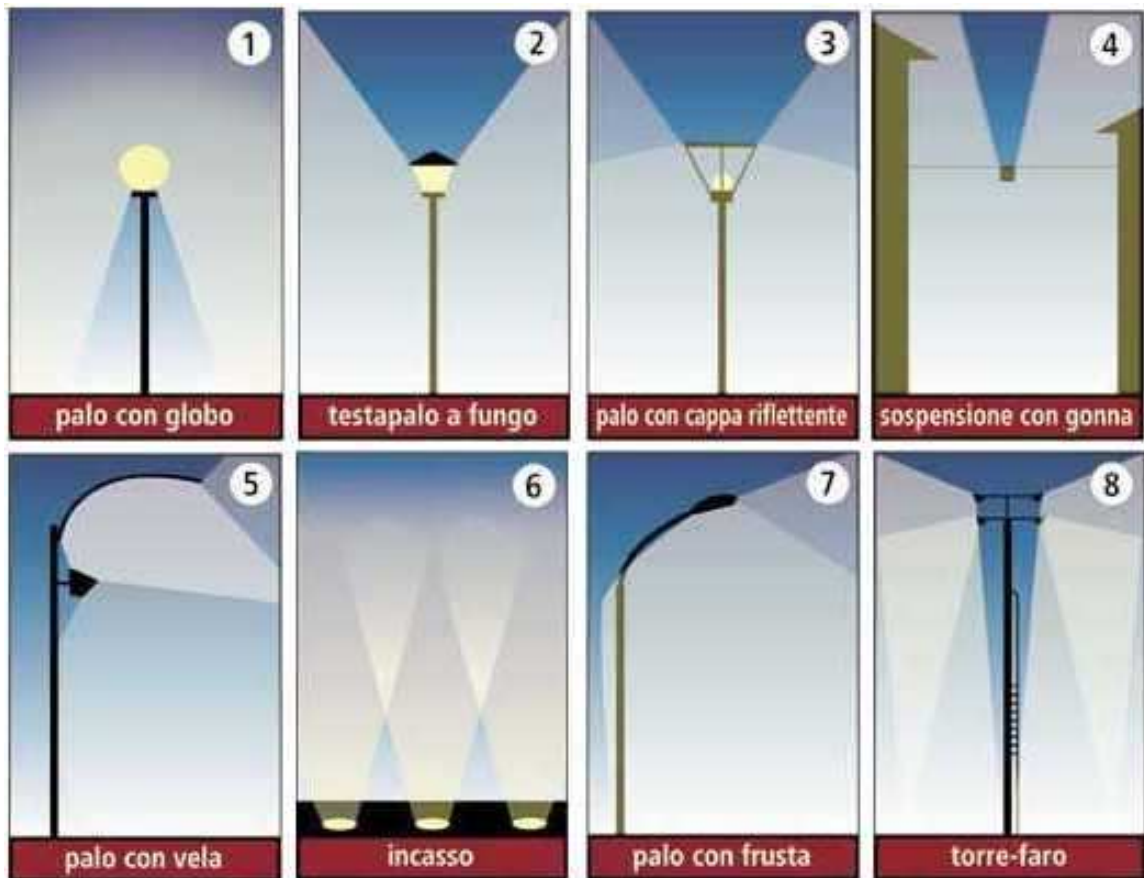
Insegne con fari: Non illuminarle dal basso verso l'alto ma dall'alto verso il basso. L'orario di spegnimento dovrebbe avvenire entro le ore 24 per tutte quelle attività che non sono legate a servizi essenziali.

Fasci di luce: I fari fissi e mobili (puntati verso l'alto), installati per meri fini pubblicitari o di richiamo (ad esempio quelli delle discoteche), andrebbero vietati. Lo stesso dicasi per qualsiasi sorgente luminosa che possa essere fonte di abbagliamento o disturbo (l'art. 23, 1° comma, del Codice della Strada).

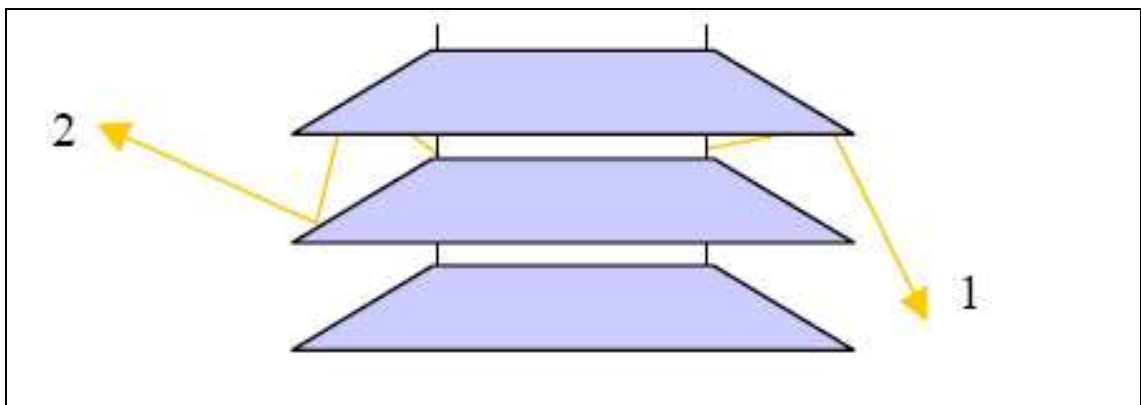
3.3.....Esempi esplicativi

Tipologie di apparecchi e realizzazioni che non rientrano nella classe A o che sono vietati, come stabilito dalla L.P. 3 ottobre 2007 n. 16:



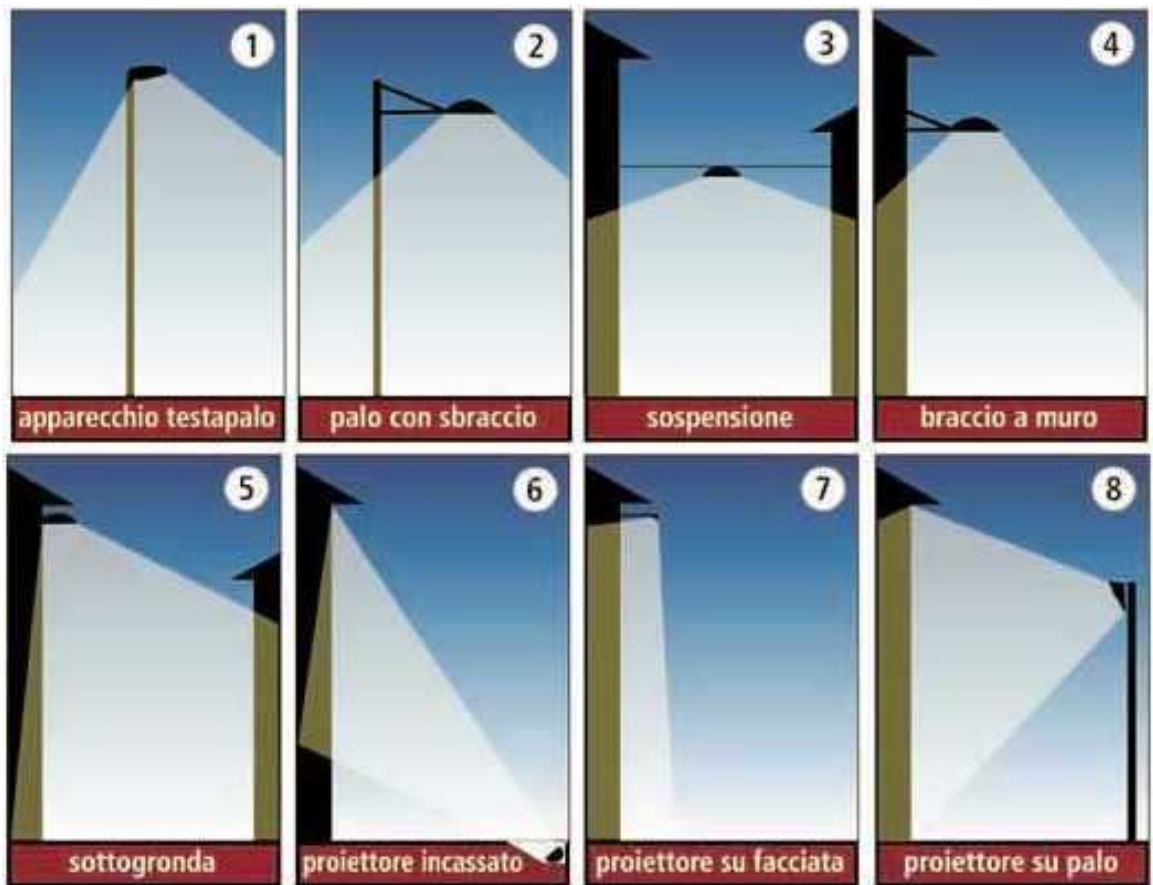


Immagini tratte da Celo Buio - <http://www.cielobuio.org/>



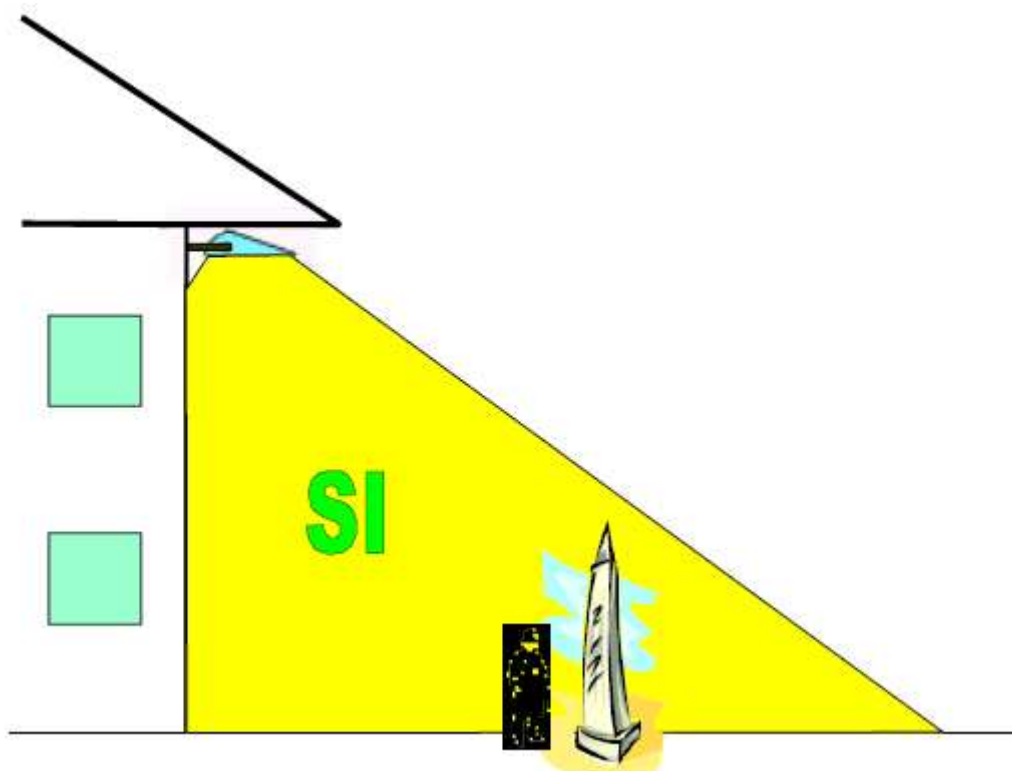
Non è vero che le alette frangiluce eliminano l'inquinamento luminoso; il raggio 2 dopo aver subito una seconda riflessione si perde verso l'alto.

Tipologie di apparecchi e realizzazioni che rientrano nella classe A come stabilito dalla L.P. 3 ottobre 2007 n. 16:



Lanterna schermata, a sinistra, e non schermata, a destra. La forma è identica ma nella prima la lampada è completamente incassata all'interno dell'armatura.

**Soluzioni per l'illuminazione architettonica che ottemperano a quanto stabilito dalla
L.P. 3 ottobre 2007 n. 16:**



4.....CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO INDIRETTO

Il controllo del flusso luminoso indiretto viene prescritto dalla legge in termini di limitazione dei parametri illuminotecnici specifici (luminanza media mantenuta ed illuminamenti medi mantenuti) ai valori minimi specificati dalle norme, come le tolleranze di misura specificate dalle norme stesse.

In particolare il Piano provinciale prevede:

- livelli di luminanza o illuminamento conformi all'indice illuminotecnico, nei limiti dei valori previsti dalle norme vigenti;
- calcolo della luminanza in funzione del tipo e del colore della superficie;
- impiego, a parità di luminanza, di apparecchi che conseguano impegni ridotti di potenza elettrica e condizioni ottimali di interesse dei punti luce;
- impiego di dispositivi in grado di ridurre l'emissione di luce in relazione alla diminuzione comprovata del traffico veicolare, a condizione di non compromettere la sicurezza;
- mantenimento, su tutte le superfici illuminate, delle diverse disposizioni connesse alla sicurezza, di valori di luminanza omogenei;
- realizzazione di impianti a regola d'arte, così come disposto dalle Direttive CEE, normative nazionali e norme DIN, UNI, NF, assumendo, a parità di condizioni, i riferimenti normativi che concorrano al livello minimo di luminanza mantenuta ed illuminamenti.

Norme di riferimento:

AMBITO DI APPLICAZIONE: strade a traffico motorizzato

UNI 11248: Norma Italiana in vigore dall'ottobre 2007 o qualsiasi altra Europea quale l'analoga DIN 5044;

AMBITO DI APPLICAZIONE: strade commerciali, incroci, rotatorie, sottopassi, piste ciclabili, parcheggi, aree esclusivamente pedonali ecc.....

UNI 11248: Norma Italiana in vigore dall'ottobre 2007;

UNI EN 13201.(2-3-4): Norma Europea in vigore da fine 2004;

AMBITO DI APPLICAZIONE: tutti quelli non ricadenti nelle precedenti categorie

“mantenimento, su tutte le superfici illuminate, delle diverse disposizioni connesse alla sicurezza, di valori di luminanza omogenei, non superiori ad 1 cd/m²”;

NOTE

La norma UNI 11248 rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati.

Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente norma come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

- UNI EN 13201-2 Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali
- UNI EN 13201-3 Illuminazione stradale - Parte 3: Calcolo delle prestazioni
- UNI EN 13201-4 Illuminazione stradale - Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche
- UNI EN ISO 14253-1 Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Verifica mediante misurazione dei pezzi e delle apparecchiature per misurazioni - Regole decisionali per provare la conformità o non conformità rispetto alle specifiche
- CEN/TR 13201-1 Road lighting - Part 1: Selection of lighting classes
- CIE Pubblicazione 115 Recommendation for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic
- CIE Pubblicazione 154 The maintenance of outdoor lighting systems

4.1.....Ambito stradale

Tutti i progetti illuminotecnici in ambito stradale dovranno essere realizzati conformemente alla norma UNI 11248, utilizzando come riferimento la classificazione stradale individuata al precedente capitolo 4. Si riportano in particolare le specifiche di progetto ai fini della norma UNI11248.

- Luminanza media mantenuta (L);
- Uniformità Generale (Uo);
- Uniformità Longitudinale (Ui);
- Abbagliamento debilitante (Ti).

CATEGORIA	LUMINANZA DEL MANTO STRADALE DELLA CARREGGIATA IN CONDIZIONI DI MANTO STRADALE ASCIUTTO			ABBAGLIAMENTO DEBILITANTE	ILLUMINAZIONE DI CATEGORIA
	L IN cd/m ² (MINIMA MANTENUTA)	U _o (MINIMA)	U _i (MINIMA)	TI IN % a) (MASSIMO)	S.R. b) (MINIMA)
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	NESSUN REQUISITO

a) UN AUMENTO DEL 5% DEL TI PUÒ ESSERE AMMESSO QUANDO SI UTILIZZANO SORGENTI LUMINOSE A BASSA LUMINANZA
b) QUESTO CRITERIO PUÒ ESSERE APPLICATO SOLO QUANDO NON VI SONO ZONE DI TRAFFICO CON REQUISITI PROPRI ADIACENTI ALLA CARREGGIATA

4.2.....Altri ambiti

- Zone pedonali e giardini
- Parcheggi
- Piste Ciclabili
- Rotonde e intersezioni
- Sottopassi

Nella progettazione dei seguenti ambiti di applicazione è necessario fare riferimento alla norma UNI 11248 già ampiamente illustrata ai precedenti capitoli, si evita quindi qui di ripetere le definizioni delle classificazioni e si riporta una tabella riassuntiva dei parametri progettuali di riferimento.

Applicazione	Classe EN	Parametro di Progetto	Grandezza Illuminotecnica	Grandezza Illuminotecnica	Parametro	Grandezza Illuminotecnica
Pedonali, parchi, giardini, parcheggi,	S	Illuminamento Orizzontale	E medio Minimo mantenuto [lx]	E min Mantenuto [lux]	Illuminament o Semicilindrico	E sc. Minimo Mantenuto [lux]
Rotatorie, zone conflitto, intersezioni,	CE	Illuminamento Orizzontale	E medio Minimo mantenuto [lx]	U _o Uniformità di Emedio (Emedio/Emin)	Illuminament o Verticale	E v minimo mantenuto [lux]

5.....SORGENTI LUMINOSE EFFICIENTI

5.1.....Tipologie

Il piano provinciale prevede l'impiego di lampade ad alta efficienza di seguito si elencano le lampade idonee a tale scopo.

Oltre a perseguire il contenimento delle potenze installate per ogni singolo impianto ed applicazione, ce da considerare:

- a parità di applicazione e di punti luce è preferibile l'utilizzo di lampade con potenza inferiore anche se meno efficienti;
- le scelte progettuali devono mirare alla riduzione della potenza installata ed all'ottimizzazione degli impianti anche dal punto di vista della manutenzione ordinaria e straordinaria;
- la ricerca di corpi illuminanti con efficienza elevata ($\geq 90 \text{ lm/W}$), che non può essere ottenuta aumentando la potenza (dato che le due grandezze sono direttamente collegate);

Le sorgenti previste nella redazione del P.R.I.C., tengono in considerazione il colore delle superfici riflettenti e aspetti estetico / funzionali in relazione al tessuto comunale, nonché la normativa di riferimento, in particolare la L.p. n.16/2007 e Piano provinciale, sono le seguenti:

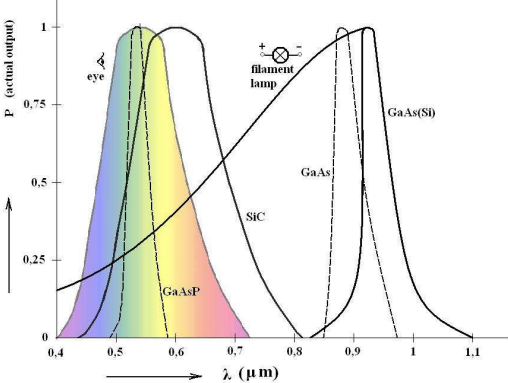

LED (Light Emitting Diode)

Il dispositivo sfrutta le proprietà ottiche di alcuni materiali semiconduttori per produrre fotoni a partire dalla ricombinazione di coppie elettrone,lacuna. Gli elettroni e le lacune vengono iniettati in una zona di ricombinazione attraverso due regioni del diodo drogate con impurità di tipo diverso, e cioè di tipo n per gli elettroni e p per le lacune. Il colore della radiazione emessa è definito dalla distanza in energia tra i livelli energetici di elettroni e lacune e corrisponde tipicamente al valore della banda proibita del semiconduttore in questione.

I LED sono uno speciale tipo di diodi a giunzione p-n,formati da un sottile strato di materiale semiconduttore drogato. Quando sono sottoposti ad una tensione diretta per ridurre la barriera di potenziale della giunzione, gli elettroni della banda di conduzione del semiconduttore si ricombinano con le lacune della banda di valenza rilasciando energia sufficiente da produrre fotoni. A causa dello spessore ridotto del chip un ragionevole numero di questi fotoni può abbandonarlo ed essere emesso come luce. I LED sono formati da GaAs (arseniuro di gallio), GaP (fosfuro di gallio), GaAsP (fosfuro arseniuro di gallio), SiC (carburo di silicio) e GaInN (nitruro di gallio e indio). L'esatta scelta dei

semiconduttori determina la lunghezza d'onda dell'emissione di picco dei fotoni, l'efficienza nella conversione elettro-ottica e quindi l'intensità luminosa in uscita.

- Temperatura colore T: 5000-6000 °K;
- Attacco: ---;
- Resa Cromatica Ra: > 75;
- Efficienza luminosa: > 80 lm/W;
- Potenze: comprese fra 24 – 72 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

	
<p>Spettro luminoso di vari LED, messi a confronto con lo spettro visivo dell'occhio umano e della lampada ad incandescenza</p>	<p>Led ad alta luminosità in tecnologia SMT</p>

Lampade al Sodio ad Alta Pressione

Costituite da un tubo di scarica in alluminio policristallino racchiuso all'interno di un bulbo di vetro. Bulbo tubolare esterno in vetro trasparente, posizione di funzionamento universale.

Le lampade al sodio ad alta pressione derivano direttamente da quelle al sodio a bassa pressione tipo SOX introdotte sul mercato da Philips nel lontano 1932.

All'interno di tali lampade la pressione del vapore di sodio è di 0,5 Pascal (Pa) valore in corrispondenza del quale la trasformazione dell'energia assorbita in energia raggiante ha un rendimento ottimale. Ed è proprio per questa ragione che le lampade al sodio a bassa pressione sono caratterizzate da un'efficienza in lumen per watt superiore a quella di tutte le altre sorgenti (fino a 200 lumen per watt).

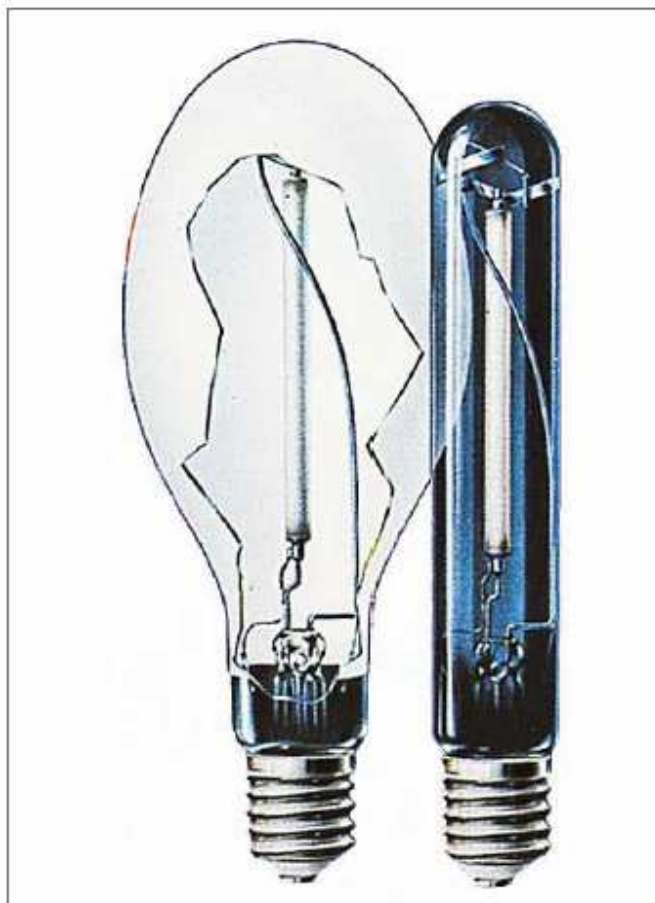
La luce da esse emessa è, però, monocromatica gialla per cui attualmente il loro campo d'impiego è limitato a quelle applicazioni per le quali la distinzione dei colori non è

essenziale mentre sono più importanti un'elevata efficienza luminosa ed un'ottima acuità visiva.

La via seguita per riuscire a realizzare sorgenti luminose a vapore di sodio il cui spettro d'emissione non fosse limitato alle radiazioni gialle ma fosse più ampio e tale da consentire una distinzione dei colori accettabile, è stata quella di aumentare, all'interno del tubo di scarica, la pressione del sodio stesso da 0,5 Pa a valori considerevolmente più elevati.



Lampade al sodio a bassa pressione



Lampade al vapore di sodio ad alta pressione tradizionali

In pratica, però, prima di poter passare dalle esperienze di laboratorio alla fase di applicazione pratica di tale metodo fu necessario superare molte difficoltà di carattere tecnologico con riferimento, in particolare, alle caratteristiche costruttive del tubo di scarica. Infatti, poiché il sodio è un elemento chimico molto aggressivo, soprattutto a temperatura elevata, non si poteva, per la fabbricazione di tali tubi, far ricorso né al vetro né al quarzo. In definitiva ci si orientò verso tubi di scarica realizzati impiegando un ossido di alluminio sinterizzato, materiale ceramico che ha un punto di rammolimento al di sopra dei 2000 C°, è poco intaccato dal sodio anche ad elevata temperatura e presenta un

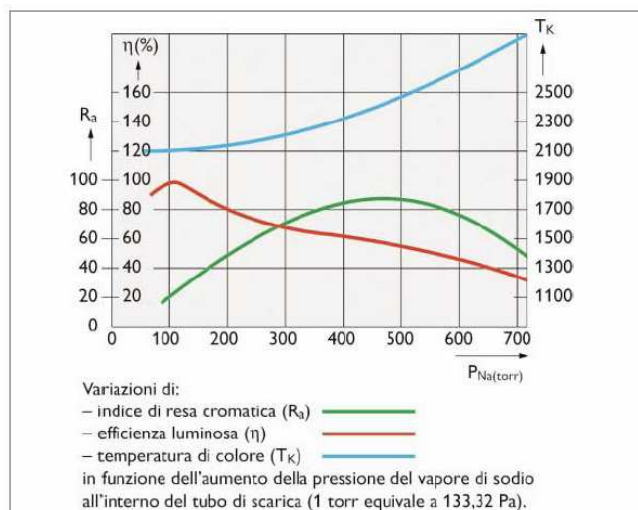
coefficiente di trasparenza per le radiazioni luminose superiore al 90 %. Strutturalmente le lampade a vapore di sodio ad alta pressione di tipo tradizionale sono costituite:

- da un tubo di scarica in ossido di alluminio sinterizzato entro cui viene introdotta la necessaria quantità di amalgama di sodio (cioè di una lega di sodio e di mercurio) unitamente ad un gas raro (xeno o neon più argon);
- da un bulbo o da un tubo coassiale, entrambi in vetro duro, entro cui è alloggiato il tubo di scarica.

Nell'intercapedine tra il tubo di scarica ed il bulbo od il tubo esterni viene fatto il vuoto per ridurre al massimo ogni dispersione termica ed assicurare così condizioni di massima efficienza. Il calore generato dalla scarica, che inizialmente si innesca attraverso il gas raro, serve a far evaporare l'amalgama; ad evaporazione avvenuta la scarica si mantiene attraverso i vapori di sodio e di mercurio il cui potenziale di eccitazione è più basso rispetto a quello del gas raro. L'aggiunta del gas raro nel tubo di scarica ha lo scopo di favorire l'innesco della scarica stessa e di assicurare un'accensione sicura anche a basse temperature.

Le lampade a vapore di sodio ad alta pressione attualmente disponibili possono essere raggruppate nelle tre famiglie seguenti:

- A luce standard in cui la pressione del sodio all'interno del tubo di scarica è di 10 k Pa;
- A luce comfort in cui la pressione del sodio all'interno del tubo di scarica è di 40 k Pa;
- A luce bianca in cui tale pressione è di 95 k Pa. La rappresentazione grafica delle variazioni dell'indice di resa cromatica R_a , dell'efficienza



Rappresentazione grafica delle variazioni dell'indice di resa cromatica R_a

luminosa η e della temperatura di colore T_c in funzione dell'aumento della pressione del vapore di sodio all'interno del tubo di scarica.

Lampade Sodio Alta Pressione E40 – MASTER SON-T



- Attacco: E 40;
- Resa Cromatica Ra: 25;
- Temperatura colore T 2000 °K;
- Potenze: comprese fra 100 – 400 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 107 - 130 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

Lampade Sodio Alta Pressione E40 – MASTER SON



- Attacco: E 40;
- Resa Cromatica Ra: 25;
- Temperatura colore T 2000 °K;
- Potenze: comprese fra 100 – 400 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 107 – 136,5 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

Lampade Sodio Alta Pressione E40 – MASTER SON-T Free HG



- Attacco: E 40;
- Resa Cromatica Ra: 25;
- Temperatura colore T 2150 °K;
- Potenze: comprese fra 150 – 400 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 90 - 120 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

Lampade Sodio Alta Pressione E40 – MASTER SON Free HG



- Attacco: E 40;
- Resa Cromatica Ra: 25;
- Temperatura colore T 2150 °K;
- Potenze: comprese fra 150 – 400 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 97 - 120 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

Lampade Sodio Alta Pressione E40 – SON-T



- Attacco: E 40;
- Resa Cromatica Ra: 25;
- Temperatura colore T 2000 °K;
- Potenze: comprese fra 100 – 400 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 90 - 123 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

Lampade Sodio Alta Pressione E40 – SON



- Attacco: E 40;
- Resa Cromatica Ra: 25;
- Temperatura colore T 2000 °K;
- Potenze: comprese fra 100 – 400 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 85 - 122 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

Lampade Sodio Alta Pressione E40 – SON-T Comfort



- Attacco: E 40;
- Resa Cromatica Ra: 70;
- Temperatura colore T 2150 °K;
- Potenze: comprese fra 100 – 400 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 97 - 95 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

Lampade Sodio Alta Pressione E40 – SON Comfort



- Attacco: E 40;
- Resa Cromatica Ra: 70;
- Temperatura colore T 2150 °K;
- Potenze: comprese fra 100 – 400 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 81 - 90 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

Lampade Sodio Alta Pressione E40 – SON-H



- Attacco: E 40;
- Resa Cromatica Ra: 25;
- Temperatura colore T 2000 °K;
- Potenze: comprese fra 220 – 350 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 91 - 98 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

Lampade ad alogenuri

Queste sorgenti derivano dalle lampade a vapore di mercurio ad alta pressione fluorescenti a bulbo, in passato molto usate in particolare nell'ambito dell'illuminazione pubblica.

La diversità fondamentale tra tali lampade e quelle ad alogenuri è la seguente:

- nelle prime la funzione di migliorare la qualità della luce emessa è assolta dallo strato di polveri fluorescenti applicate sulla superficie interna del bulbo;
- in quelle ad alogenuri, invece, per ottenere una luce caratterizzata da uno spettro ben bilanciato ed atta a consentire una buona resa dei colori, anziché far ricorso alle polveri fluorescenti si introducono nel tubo a scarica, oltre al mercurio, particolari additivi.

Questi additivi sono caratterizzati dalla prerogativa di poter intervenire nel fenomeno della scarica dando luogo alla produzione di radiazioni luminose aventi lunghezza d'onda tale da integrare le deficienze dello spettro corrispondente al vapore di mercurio.

Additivi adatti sono gli alogenuri formati dalla combinazione di determinati metalli con elementi della famiglia dei cosiddetti alogeni quali il fluoro, il bromo, il cloro e lo iodio.

Il ciclo in base al quale le lampade ad alogenuri danno luogo alla produzione di luce si articola nelle due fasi seguenti:

- nella prima l'elevata temperatura prodotta dalla scarica che si innesca all'interno del tubo vale a far evaporare gli alogenuri in esso presenti;
- nella seconda fase, al centro del tubo di scarica (ove la temperatura è più elevata) gli alogenuri, passati allo stato di vapore per effetto del calore prodotto dalla scarica stessa, si dissociano liberando il metallo e l'alogeno dalla cui unione era stato formato il corrispondente alogenuro. Sono proprio gli atomi dei metalli così liberati che, unendosi alla scarica, migliorano lo spettro della luce emessa.

Le lampade ad alogenuri attualmente disponibili possono essere suddivise nelle seguenti famiglie:

- quelle in cui il tubo di scarica è di materiale ceramico;
- quelle in cui il tubo di scarica è di quarzo;
- quelle prive del bulbo esterno al tubo di scarica.

Lampade ad alogenuri Master Colour CDM-T



- Attacco: G12;
- Resa Cromatica Ra: 81 - 96;
- Temperatura colore T 2950 - 4200 °K;
- Potenze: comprese fra 20 – 250 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 75 - 95 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

Lampade ad alogenuri Master Colour CDM-TP



- Attacco: PGX12-2;
- Resa Cromatica Ra: 81 - 95;
- Temperatura colore T 3000 - 4200 °K;
- Potenze: comprese fra 70 – 150 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 78 - 85 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

Lampade ad alogenuri Master Colour CDM-TD



- Attacco: RX7s;
- Resa Cromatica Ra: 82 - 96;
- Temperatura colore T 3000 - 4200 °K;
- Potenze: comprese fra 70 – 150 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 96 - 91 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

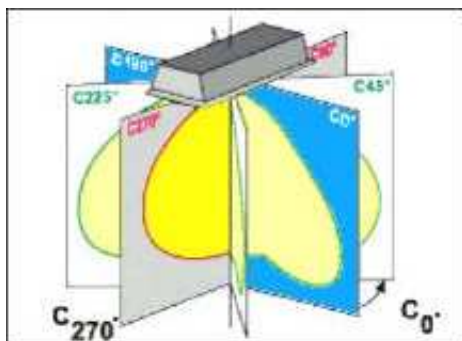
Lampade ad alogenuri Master Colour CDM-TMW



- Attacco: 930;
- Resa Cromatica Ra: 90;
- Temperatura colore T 3000 °K;
- Potenze: comprese fra 210 – 315 W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada;
- Efficienza luminosa: 115 - 120 lm/W;
- Applicazione: Illuminazione di aree urbane pubbliche e/o private;

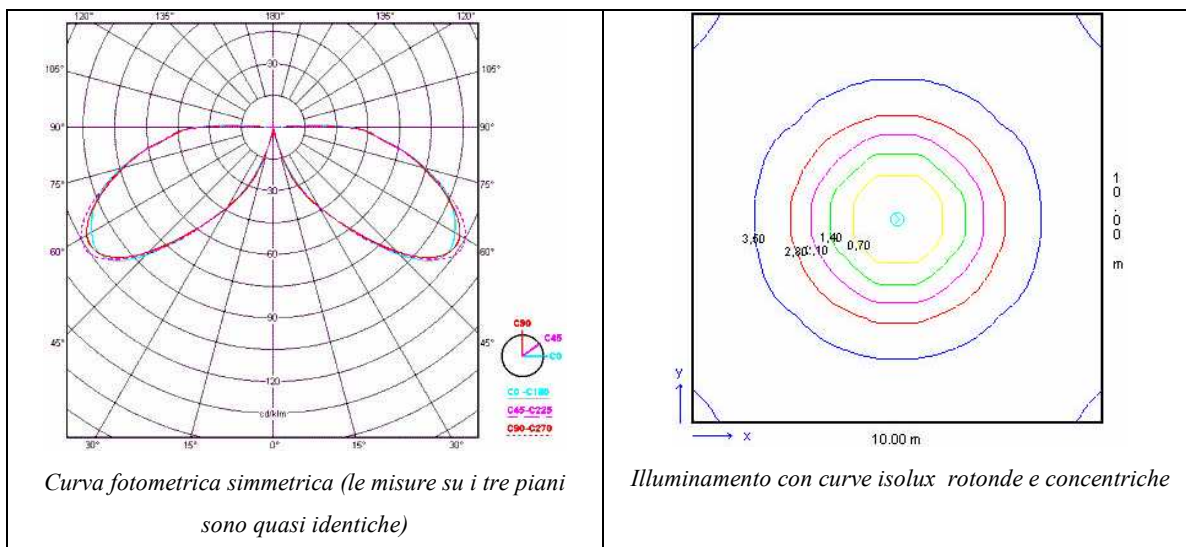
5.2.....Scelta degli apparecchi in funzione della loro curva fotometrica

Caratteristiche della distribuzione della luce

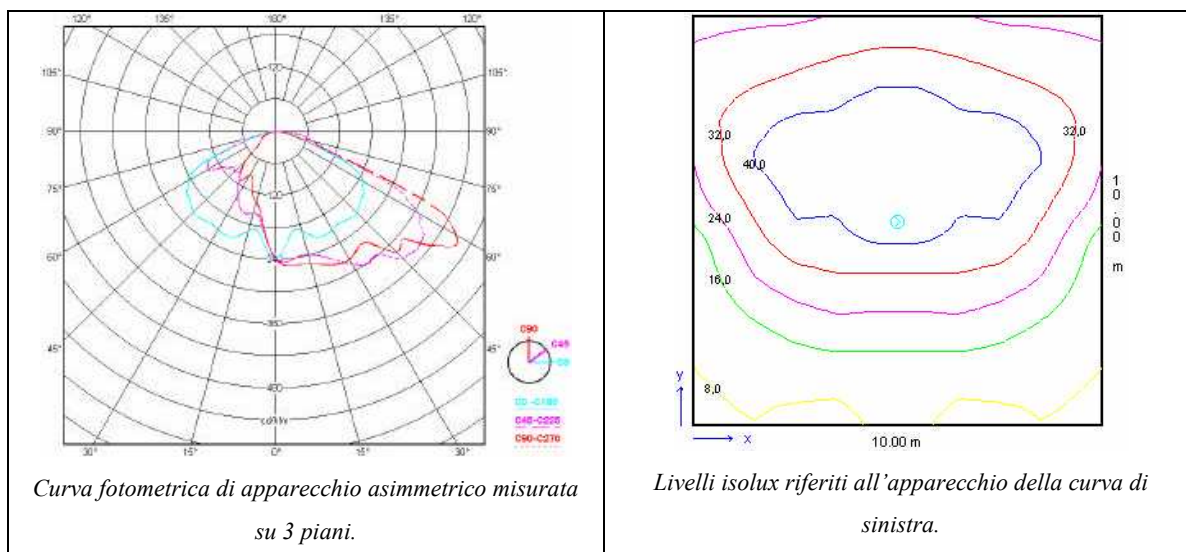


Dalle curve fotometriche, che sono la forma grafica dell'emissione, da parte dell'ottica, del flusso luminoso, si può meglio capire quale sia il corpo illuminato più idoneo al caso specifico. E' consuetudine rappresentare le curve fotometriche almeno secondo due piani che corrispondono al piano lungo la direzione trasversale alla strada e

longitudinale alla strada. A volte si usa inserire anche il piano lungo il quale si ha la massima intensità luminosa o quello posto a 45° rispetto ai due precedenti piani. Questa rappresentazione è sufficiente per identificare come l'apparecchio distribuisce il flusso luminoso. Si vedono alcuni esempi. L'apparecchio simmetrico invia le medesime intensità luminose in ogni direzione (se visto dall'alto) e quindi anche su piani differenti. Se ci si posiziona 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 si ottiene sicuramente una serie di linee isolux (uguali lux) circolari 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.

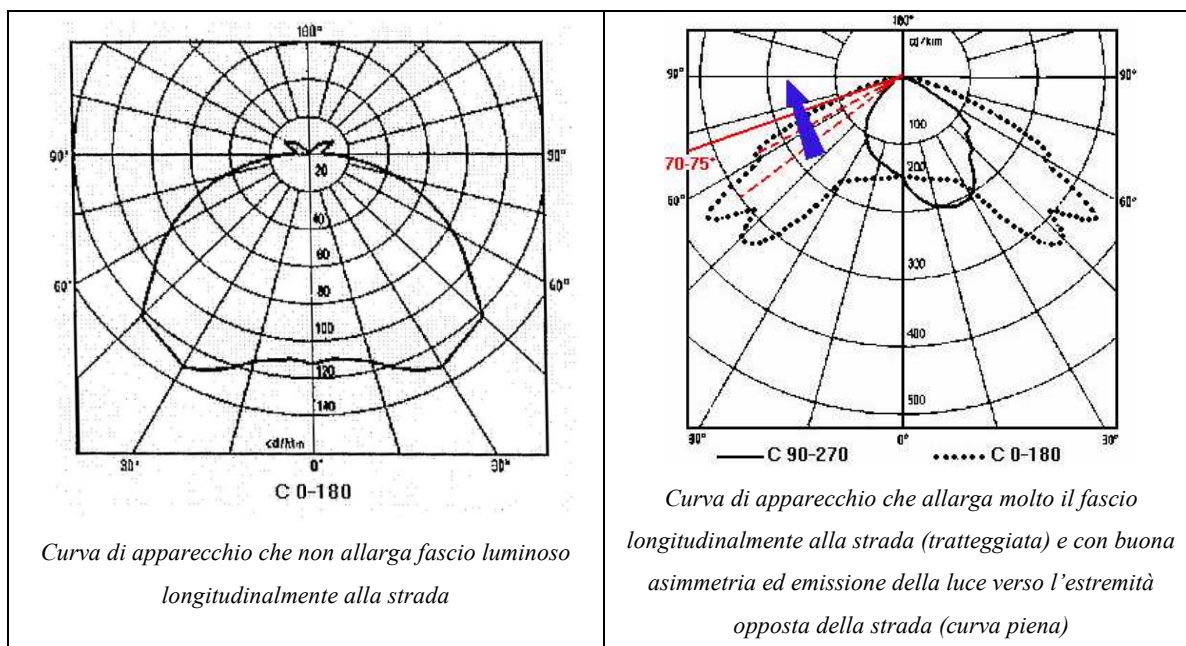


Quale è la differenza? La differenza sostanziale è che se devo illuminare una strada dal centro della carreggiata (catenarie o strada a due carreggiate) o un giardino o una passeggiata pedonale di centro storico è meglio una distribuzione simmetrica, mentre se l'illuminazione avviene con corpi illuminati posti su un lato della strada è meglio una distribuzione asimmetrica, in quanto tale distribuzione favorisce lo spingersi del centro del fascio luminoso verso il centro della carreggiata.

Forma della curva fotometrica

La forma della curva fotometrica è importante per capire in modo intuitivo il comportamento dell'apparecchio che si sta 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 si vuole 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 ($C=0^\circ$ - $C=180^\circ$), 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° e 90° .



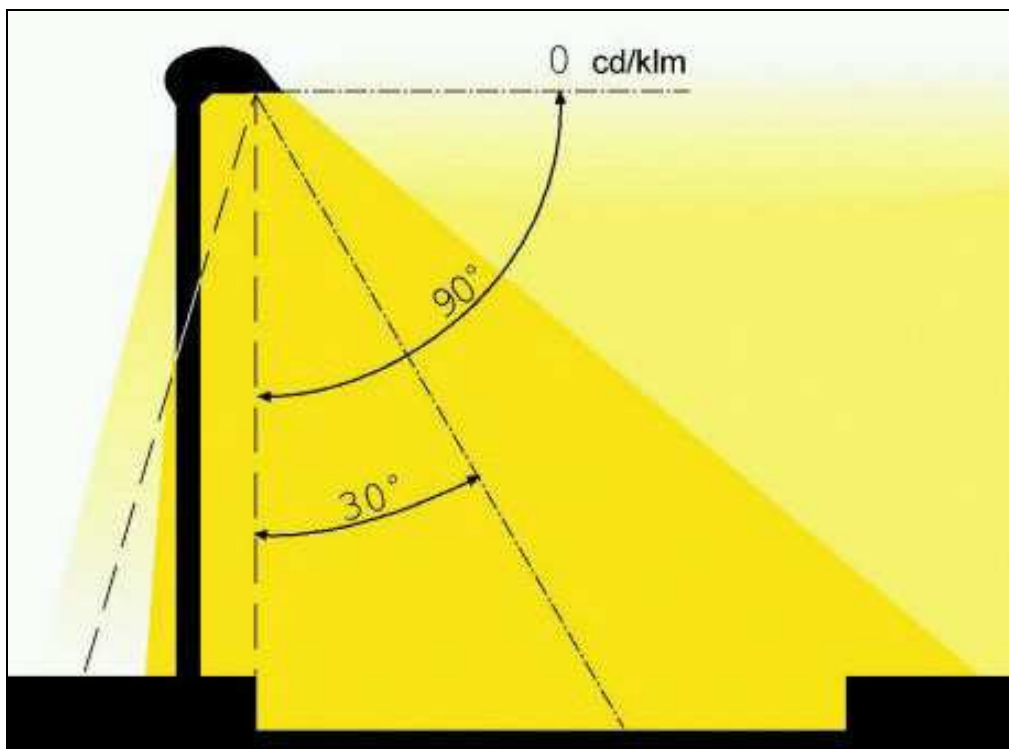
Un altro aspetto di cui tenere conto è l'asimmetria necessaria per garantire il mantenimento dei parametri qualitativi anche con impianti di illuminazione semplici ed economici posti su un solo lato della carreggiata. Per evitare di portare l'apparecchio verso il centro della carreggiata, solitamente con degli sbracci, 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 testa-palo. 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 luce. Verso inclinazioni di $+ o - 70-75^\circ$ è necessario che l'emissione della luce 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 che ne deriva.

La scelta del dell'apparecchio d'illuminazione adeguato in ambito stradale

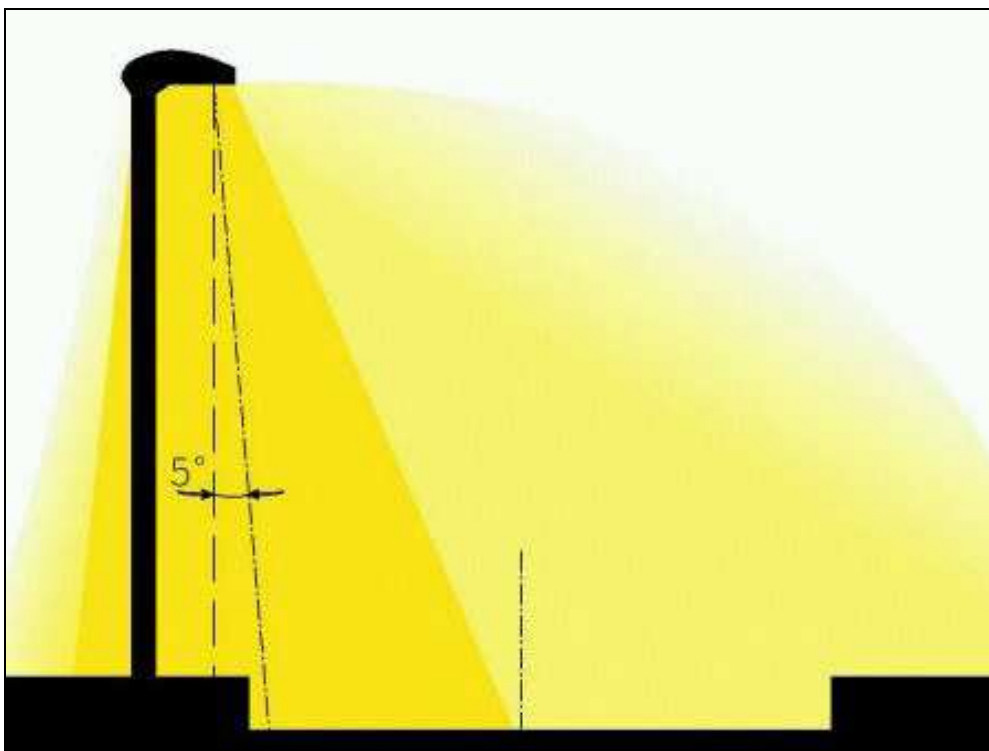
La scelta di un apparecchio non corretto condiziona notevolmente l'installazione, obbligando a scelte progettuali che non permettono di rispettare le indicazioni della L.p. n.16/2007 e del Piano provinciale. Di seguito si riportano alcuni esempi di scelte non idonee a soddisfare sia le caratteristiche illuminotecniche richieste dall'impianto che quelle della legge.

Un apparecchio ad alte prestazioni oltre a permettere elevate interdistanze fra un apparecchio e l'altro (che può arrivare talvolta sino a 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.

Nella figura seguente 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.



Apparecchio che illumina adeguatamente tutta la carreggiata lungo la direzione trasversale con fascio inclinato di 25°-30° (fonte Cielobuio)

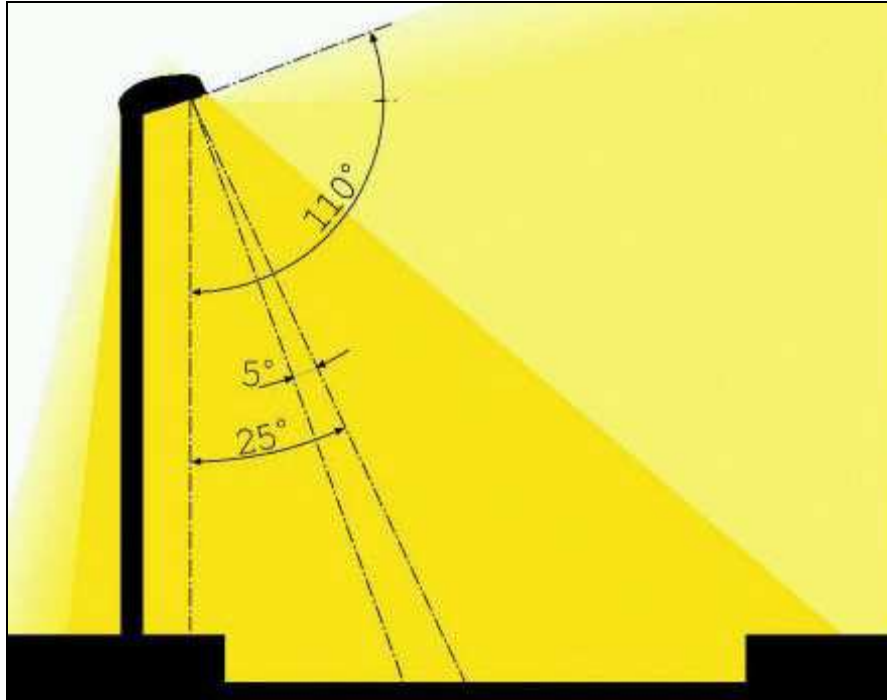


La ridotta inclinazione del fascio luminoso non permette di spingere il fascio oltre la carreggiata (Cielobuio)

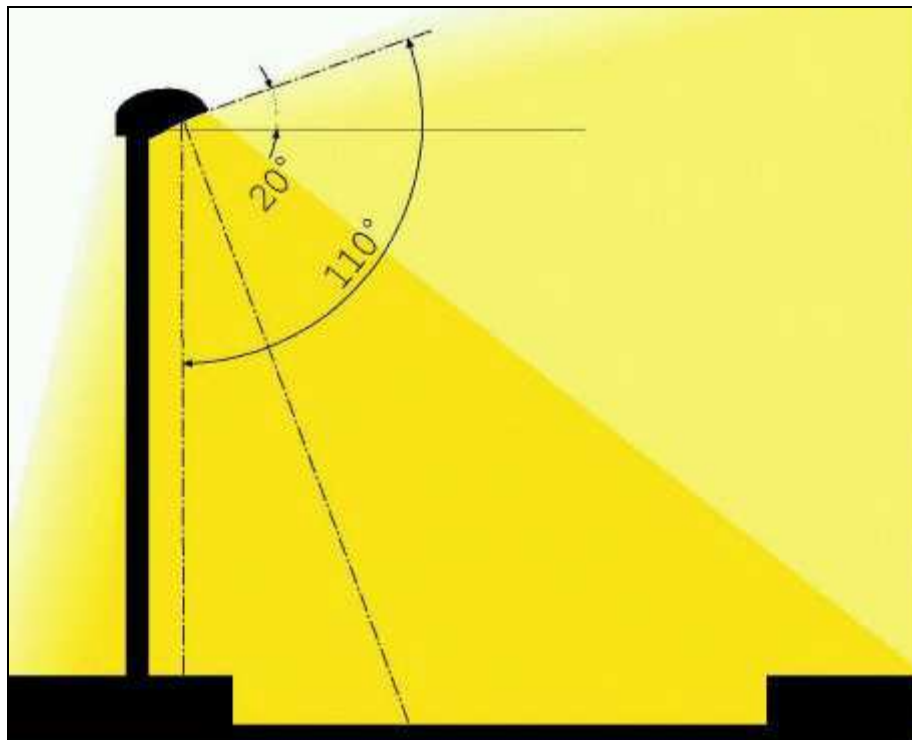
Se quindi il l'apparecchio d'illuminazione ha una fotometria corretta e studiata ad alte prestazioni, è possibili alla stesso tempo soddisfare i requisiti minimi di sicurezza richiesti dalle norme tecniche, nel rispetto della L.p. n.16/2007 e del Piano provinciale e con interdistanze superiori a 4 volte l'altezza del sostegno.

Se invece il corpo illuminante è stato progettato con inclinazione del fascio (rispetto alla verticale) di pochi gradi, 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. Per sopperire a questi inconveniente spesso si varia l'inclinazione dell'apparecchio d'illuminazione di valori sino a 25-30° ed oltre, per compensare la mancata inclinazione del fascio lungo la direzione trasversale. In questo modo però, il fascio luminoso viene inviato in parte verso la volta celeste.

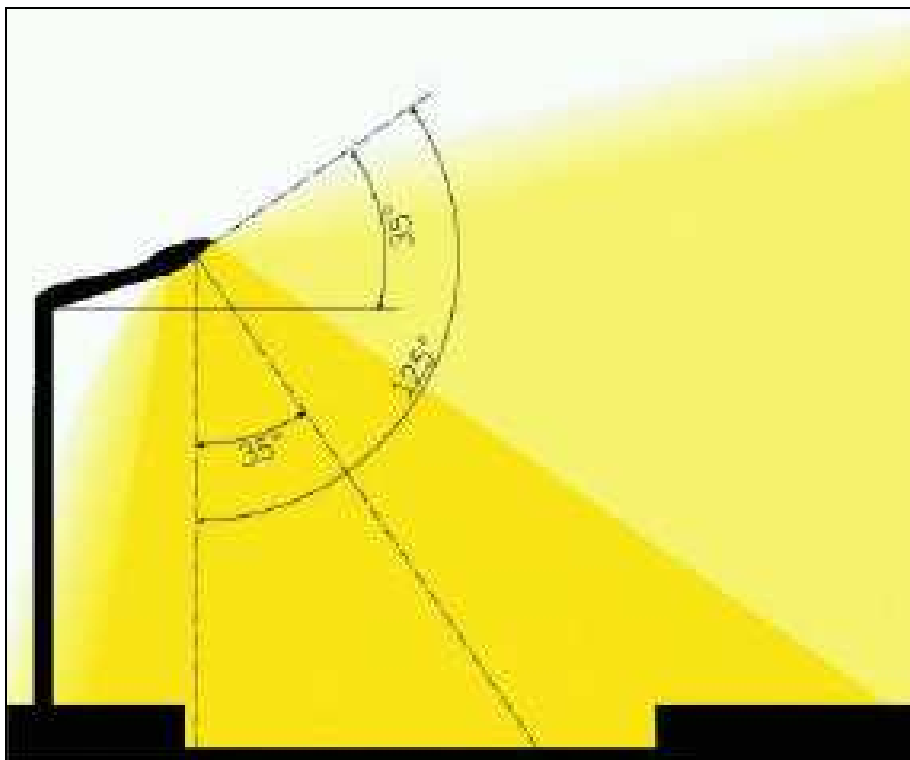
Per inclinare un fascio luminoso poco inclinato, taluni apparecchio sono già dotati di vetri di protezione piani inclinati rispetto al corpo illuminante se quest'ultimo è posto in posizione orizzontale. Questa situazione si verifica quando la curva fotometrica non è corretta.



Apparecchi con fasci poco inclinati vengono inclinati per aumentare l'uniformità trasversale. (fonte Cielobuio)



Apparecchi orizzontali con vetro inclinato per inclinare il fascio luminoso e migliorare le prestazioni trasversali. (fonte Cielobuio)



Corpo con vetro piano inclinato posto su sostegno inclinato. (fonte Cielobuio)

5.3.....Eliminazione sorgenti luminose ad elevato impatto ambientale

Uno degli interventi prioritari è quello di eliminare le sorgenti di luce ai vapori di mercurio. Per tale motivo si ritiene opportuno se non indispensabile evitare la manutenzione ordinaria degli impianti dotati di tali sorgenti e il piano deve prevedere la graduale sostituzione di tutti gli impianti dotati di lampade a vapori di mercurio o similari quali quelle pre miscelate, il tutto per valutazioni di varia natura tecnica, economica, ambientale e legislativa:

- La ridotta efficienza (minore di 60lm/W) e l'evidente decadimento del flusso luminoso nel tempo non permette il raggiungimento degli obiettivi della legge di ottimizzazione degli impianti d'illuminazione e di massimizzarne l'efficienza;
- Il costo di smaltimento di tali lampade, essendo classificate ai sensi del D.LGS. N.22/97 -D.Lgs. 5 feb.1997 n° 22 – D.Lgs. 8 nov. 1997 n° 389 – L. 9 dic. 1996 n° 426 come rifiuti pericolosi, ha una incidenza non trascurabile sul costo della lampada è indicativamente pari se non superiore a quello di ciascuna lampada nuova dello stesso tipo rendendo quindi in definitiva il costo comparabile con lampade al sodio ad alta pressione;
- La DIRETTIVA 2002/95/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 27 gennaio 2003 “sulla restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche”, già in vigore il 13.02.2003, a messo definitivamente al bando tali lampade dal territorio europeo dal 1° luglio 2006;
- La sostituzione di lampade ai vapori di mercurio con lampade a LED o al sodio alta pressione permette inoltre di conseguire risultati sia dal punto di vista del risparmio che dell'illuminamento notevolmente superiori.

Sostituire le sorgenti ai vapori di mercurio, richiede anche la sostituzione degli apparecchi che spesso sono inefficienti e obsoleti. In base a misure eseguite in campo, questo comporta sempre un incremento maggiore del flusso luminoso a terra (e dove necessario).

6.....REQUISITI ILLUMINOTECNICI MINIMI

Di seguito nelle tabelle riportate sono indicati dei valori consigliati di progetto qualora procedere nella realizzazione di nuovi progetti illuminotecnici in funzione delle rispettive classificazioni di strade a traffico motorizzato e non.

6.1Requisiti per l'illuminazione stradale

TIPO DI STRADA	DESCRIZIONE DEL TIPO DI STRADA	LIMITE DI VELOCITÀ (Km / h)	CATEGORIA ILL. DI RIF.	TIPO DI LAMPADE	RESA CROMATICA	RAPP. *
A	AUTOSTRADA EXTRAURBANA	130 - 150	ME1	LED SAP HI Hlc	Ra ≥ 20-25	4
	AUTOSTRADA URBANA	130				
A	STRADE DI SERVIZIO ALLE AUTOSTRADA EXTRAURBANA	70 - 90	ME3a		Ra ≥ 20-25	4
	STRADE DI SERVIZIO ALLE AUTOSTRADA URBANA	50				
B	EXTRAURBANA PRINCIPALE	110	ME3a		Ra ≥ 20-25	4
	STRADE DI SERVIZIO ALLE EXTRAURBANA PRINCIPALE	70 - 90	ME4a		Ra ≥ 20-25	4
C	EXTRAURBANA SECONDARIA (TIPO C1 E C2)	70 - 90	ME3a		Ra ≥ 20-25	4
	EXTRAURBANA SECONDARIA	50	ME4b		Ra ≥ 20-25	4
	EXTRAURBANA SECONDARIA CON LIMITI PARTICOLARI	70 - 90	ME3a		Ra ≥ 20-25	4
D	URBANA DI SCORRIMENTO VELOCE	70	ME3a		Ra ≥ 65	4
		50				
E	STRADA URBANA DI INTERQUARTIERE	50	ME3c		Ra ≥ 65	4
	STRADA URBANA DI QUARTIERE	50				
F	STRADA LOCALE EXTRAURBANA (TIPO F1 E F2)	70 - 90	ME3a			4
	STRADA LOCALE EXTRAURBANA	50	ME4b			4
		30	S3			4
	STRADA LOCALE URBANA (TIPO F1 E F2)	50	ME4b			4
	STRADA LOCALE URBANA: CENTRI STORICI, ISOLE AMBIENTALI, ZONE 30	30	CE4			4
	STRADA LOCALE URBANA: ALTRE SITUAZIONI	30	CE5/S3			4
	STRADA LOCALE URBANA: AREE PEDONALI	5				
	STRADA LOCALE URBANA: CENTRI STORICI (UTENTI PRINC.: PEDONI, AMM. GLI ALTRI)	5	CE5/S3			4
	STRADE LOCALI INTERZONALI	50				
30						
	PISTE CICLABILI	NON DIC.	S3			4
	STRADE A DESTINAZIONE PARTICOLARE	30				4

*Interdistanze e tipo di lampade (e resa cromatica) in base alla categoria illuminotecnica ed al tipo di strada. Rap. * = Rapporto min consigliato Interdistanza Alt. Sostegno.*

6.2.....Requisiti illuminotecnici e impianti d'illuminazione particolari

Valori consigliati per strade a traffico limitato e prevalentemente pedonale e per altre aree				
Tipo di strade e ambito territoriale	Valori di illuminamento o luminanza	Tipo di lampade	Resa Cromatica	Rap. *
Strade di centro storico	EN13201-2 – Classe CE-S	SAP - Hlc	Ra > 60	3/3,5
Strade commerciali di centro cittadino	EN13201-2 – Classe CE-S	SAP - Hlc	Ra > 60	3/3,5
Strade commerciali	EN13201-2 – Classe CE-S	SAP - Hlc	Ra > 60	3/3,5
Piazze antiche di centro storico	EN13201-2 – Classe S	SAP - Hlc	Ra > 60	-
Piazze	EN13201-2 – Classe S	SAP	Ra = 20-65	-
Parcheggi, grandi aree	EN13201-2 – Classe S	SAP	Ra = 20-25	-
Sentieri e vialetti in giardini e parchi	EN13201-2 – Classe S	SAP-FL	Ra > 60	-
Parchi giochi	EN13201-2 – Classe S	SAP-FL	Ra = 20-25	-
Piste ciclabili	EN13201-2 – Classe S	SAP-FL	Ra = 20-65	4
Strade industriali con utilizzo prevalente diurno	UNI11248 – Classe ME5	SAP	Ra = 20-25	4
Attraversamenti Pedonali	EN13201-2 – Classe CE-EV	SAP	-	-
Incroci, rotonde	EN13201-2 – Classe CE	SAP	Ra = 20-25	-
Impianti sportivi	UNI EN12193	HI	Ra > 65	-
Residenziale	-	SAP-HI-FL	Ra = 20-65	-
Piazzali e aree di sosta autostradale	1 cd/m ²	SAP	Ra = 20-25	-
Caserme, campi militari	1 cd/m ²	SAP	Ra = 20-25	-
Aree di rifornimento carburante	EN12462	SAP	Ra = 20-25	-
Impianti industriali, centrali elettriche ecc.	1 cd/m ²	SAP	Ra = 20-25	-
Scalinate, rampe	1 cd/m ²	SAP-Hlc	Ra > 65	-
Scali ferroviari, porti, fluviali, aeroporti	1 cd/m ²	SAP	Ra = 20-25	-
Zone archeologiche	1 cd/m ²	SAP-Hlc	Ra = 20-25	-
Edifici, monumenti storici o architettonici	1 cd/m ²	SAP-Hlc	Ra > 65	-
Capannoni industriali e edifici generici	1 cd/m ²	SAP	Ra = 20-25	-
Insegne	ND Dall' alto verso il basso	SAP-HI-FL	Ra > 60	-

*SAP = Sodio Alta Pressione, HI = Ioduri Metallici, Hlc = Ioduri Metallici a bruciatore Ceramico, FL = Fluorescenza compatta. Rap. * = Rapporto min consigliato Interdistanza Alt. Sostegno.*

7.....CRITERI TECNICI INTEGRATIVI PER IMPIANTI SPECIFICI

Di seguito vengono evidenziati le specifiche tecniche richiamate dal piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso relativamente agli impianti particolari individuati dall'ente normativo.

7.1.....Edifici storici

“Per gli impianti destinati all'illuminazione di edifici storici e monumenti il progetto illuminotecnico non è soggetto alle indicazioni previste dall'Allegato A (Soluzione conforme) o dall'Allegato B (Soluzione calcolata), ma deve riportare la verifica del rispetto dei valori limite e delle prescrizioni di cui al punto D.4, paragrafo 4, dell'Allegato D (Normative e parametri di riferimento)”.

Normative e parametri di riferimento

“ Nel caso di illuminazione di facciate di edifici storici e monumenti la luminanza media deve essere inferiore a 0,8 cd/m² sulla superficie illuminata ovvero (nel caso di forme irregolari da illuminare) sul rettangolo circoscritto alla figura stessa; l'illuminazione è soggetta ad orario regolamentato dalle Amministrazioni comunali in relazione ad esigenze generali, quali il risparmio energetico, e locali, quali il turismo ”.

7.2.....Aree coperte esterne / temporanee

“Gli apparecchi di illuminazione utilizzati in impianti di illuminazione esterna in zone coperte (portici, sottopassi o gallerie stradali) sono assimilabili alla classe A ed è quindi sufficiente la presentazione dell'allegato A, salvo quanto previsto nel punto VIII”.

punto VIII

Per le tipologie di impianto di seguito indicate non è richiesta né l'autorizzazione prevista dagli articoli 2 e 4 del regolamento di attuazione della l.p. n.16/2007 né il progetto illuminotecnico e quindi la redazione dei Modelli A o B previsti rispettivamente nell'Allegato A (Soluzione conforme) e nell'Allegato B (Soluzione calcolata):

- 1) impianti alimentati da un unico punto di consegna con emissione luminosa complessiva inferiore a 5.000 lm e realizzati con le tipologie di apparecchi diverse dalla classe E (vedi Allegato C (Classificazione degli apparecchi di illuminazione)), purché l'installatore rilasci al committente la dichiarazione che l'impianto è alimentato da un unico punto di consegna, ha emissione complessiva inferiore a 5.000 lm ed è realizzato con tipologie di apparecchi diversi dalla classe E definita dal presente Piano provinciale;*

- 2) impianti alimentati da un unico punto di consegna, purché con emissione luminosa complessivamente inferiore a 100.000 lm e riferibili alle seguenti tipologie di impianti:
- 1) di allarme, di segnalazione e di regolazione del traffico, di illuminazione delle vie di fuga;
 - 2) per l'illuminazione di feste e di manifestazioni all'aperto con carattere di temporaneità e provvisorietà di durata non superiore a 20 giorni continuativi;
 - 3) di luminarie natalizie temporanee con funzionamento di durata non superiore a 60 giorni;
 - 4) relativi ad attività temporanee connesse con l'ordine pubblico, la difesa, la sicurezza e la protezione civile;
 - 5) regolati da sensore di presenza e con periodo di funzionamento strettamente legato alla presenza o passaggio di persone o veicoli;
- 3) gli impianti temporanei per l'illuminazione di cantieri dovranno essere conformi alle linee guida nazionali applicabili (vedere Allegato D (Normative e parametri di riferimento)).

7.3.....Fasci di luce

"Fasci di luce: come previsto nell'art 4, comma 1, lettera e) della l.p. n.16/2007 è vietato l'uso di fasci di luce fissi o mobili, di qualsiasi intensità luminosa, rivolti verso l'alto ad uso pubblicitario o voluttuario su tutto il territorio provinciale".

7.4.....Insegne luminose

- a) l'illuminazione delle insegne, considerate diffondenti, non dotate di illuminazione propria, devono essere illuminate dall'alto verso il basso;
- b) la luminanza delle insegne, in qualsiasi modo illuminate, non deve superare il valore massimo previsto per i segnali stradali internamente illuminati (si veda l'Allegato D (Normative e parametri di riferimento));
- c) le insegne luminose con superficie illuminata maggiore di 10 m² dovranno essere considerate nella redazione dei P.R.I.C.;
- d) tutte le insegne luminose non preposte alla sicurezza ed a servizi di pubblica utilità (ospedali, farmacie, polizia, carabinieri, vigili del fuoco ecc.) sono sottoposte ad orario regolamentato dai comuni.

Le insegne luminose non potranno avere una luminanza maggiore della classe L3 di cui alla norma UNI EN 12899-1.

7.5.....Impianti per l'illuminazione di impianti ed attività sportive

- a) *gli impianti per l'illuminazione di impianti ed attività sportive all'aperto dovranno essere considerati nella stesura dei P.R.I.C.;*
- b) *gli impianti esistenti non conformi dovranno essere adeguati secondo quanto previsto nell'Allegato D (Normative e parametri di riferimento);*
- c) *gli impianti devono essere dotati di appositi sistemi di variazione dell'illuminamento con conseguente parzializzazione del flusso luminoso in relazione alle attività/avvenimenti, quali allenamenti, gare, riprese televisive od altro;*
- d) *è richiesto lo spegnimento degli impianti all'ultimazione dell'attività sportiva e comunque entro le ore 24, salvo eventi sportivi di particolare rilevanza;*
- e) *nel caso di illuminazione di piste per sci dovranno, inoltre, essere utilizzati apparecchi di classe A come definiti nell'Allegato C (Classificazione degli apparecchi di illuminazione), seguendo il procedimento descritto nell'Allegato A (Soluzione conforme), e la dispersione della luce al di fuori delle pista medesime dovrà essere limitata, per quanto possibile, in considerazione dell'elevato valore del coefficiente di riflessione del manto nevoso.*

7.6.....Impianti che insistono su un piano inclinato (es: strada di montagna)

“nel caso in cui si opti per il procedimento descritto nell'Allegato B (Soluzione calcolata), il calcolo andrà effettuato con riferimento al piano orizzontale ottenuto mediante proiezione ortogonale dell'impianto reale”.

7.7.....Impianti che insistono su più piani sovrapposti (es: sotto/sovrappassi)

“ nel caso in cui si opti per il procedimento descritto nell'Allegato B (Soluzione calcolata), il calcolo andrà effettuato posizionando la superficie di riferimento a 20 metri di altezza rispetto al piano orizzontale più basso considerato”.

7.8.....Disposizioni relative alle fasce di rispetto e alle aree naturali protette

“L'elenco dei siti tutelati (osservatori astronomici e siti osservativi), che comprende le relative fasce di rispetto, le quali hanno un'estensione di 25 km di raggio per gli osservatori di rilevanza nazionale e di 5 km di raggio per gli osservatorio i siti di rilevanza provinciale e tengono conto dell'intervisibilità delle possibili sorgenti inquinanti coi siti tutelati. Detto elenco sarà aggiornato periodicamente da APE”.

“I progetti relativi a nuovi impianti di illuminazione, o al rifacimento di impianti esistenti, dovranno essere redatti secondo quanto disposto nell’Allegato B (Soluzione calcolata), riducendo il valore limite di KILL secondo quanto previsto nell’Allegato D (Normative e parametri di riferimento), utilizzando apparecchi solo di classe A, come definiti nell’Allegato C (Classificazione degli apparecchi di illuminazione)”.

“Tutte le sorgenti di luce ed i rispettivi apparecchi per l’illuminazione esistenti, ricadenti nelle fasce di rispetto delle aree protette, devono, entro 3 anni dall’entrata in vigore del presente Piano provinciale o dalla definizione di nuovi siti tutelati e relative fasce di rispetto, motivatamente prorogabili al massimo di altri 3 anni, essere modificate o sostituite onde ridurre l’inquinamento luminoso ed il consumo energetico adeguandole ai limiti riportati in Allegato D (Normative e parametri di riferimento). Per tale tipologia di interventi gli incentivi economici di cui al punto XI potranno essere determinati fino al 100% della spesa ammessa, nel caso di richiesta da parte di enti pubblici, e fino al 50% della spesa ammessa nel caso di richiesta da parte di soggetti privati o imprese (fatte salve le limitazioni imposte dalle disposizioni comunitarie in materia di aiuti di Stato rivolti alle imprese e le relative norme applicative)”.

“ Per impianti d’illuminazione artistici realizzati prima del 1940, è possibile derogare alle disposizioni di cui al precedente punto 3, solo in caso di ripristino della completa funzionalità dell’apparecchio originale esistente ”.

“ Tutti gli impianti di illuminazione esterna pubblici anche esistenti, devono essere dotati di regolatori di flusso o, qualora le condizioni di sicurezza lo permettano, spenti entro le ore 24 ”.

“Per quanto riguarda le riserve naturali e le altre aree naturali protette, si applica la specifica normativa vigente; in una fascia circostante le riserve naturali e le altre aree naturali protette di ampiezza pari a 100 metri, in linea generale non devono essere realizzati impianti di illuminazione; qualora sia necessario derogare da detta disposizione, è necessario acquisire preventivamente il parere della struttura competente in materia di biotopi, riserve, aree della Rete Natura 2000 ed aree protette “.

7.9.....Effetto della nebbia nel meccanismo della visione notturna con luce artificiale

Riferimenti:

- 1) Misurazione della distanza di visibilità in condizioni di nebbia - Relazione IEN, 1 aprile 1993.
- 2) Rapporto sulle prove di visibilità in condizioni di nebbia - Relazione IEN, 23 gennaio 1995
- 3) Misurazione delle distanze di visibilità in condizioni di nebbia - Relazione IEN, 6 febbraio 1995.

La nebbia può avere un ruolo importante nel periodo invernale, si riporta quindi un estratto di una relazione dell'Istituto Tecnico Nazionale Galileo Ferraris, che attraverso alcune rilevazioni negli anni dal 1993 al 1995, ha illustrato i risultati delle misurazioni effettuate in condizioni di nebbia ed in corrispondenza di uno svincolo autostradale in cui coesistevano Impianto di illuminazione, segnaletica orizzontale (passiva) e linea di luce (segnaletica attiva).

Di seguito viene riportato un breve estratto e le conclusioni riportate.

“.....I risultati di dette misurazioni si prestano ad un confronto sull'efficacia di questi tre sistemi per il miglioramento della visibilità in condizioni ambientali difficili, come quelli dovuti alla nebbia. Questi risultati possono essere estesi ai casi simili, ossia a spazi in cui la sicurezza della circolazione è garantita dalla visibilità dei percorsi e dei loro confini, come le rotatorie, i piazzali ed i caselli autostradali. L'utilizzo dei 3 sistemi sopra indicati sono certamente utili, ed in condizioni ambientali ideali, ossia con buona visibilità, essi concorrono in uguale misura al miglioramento della sicurezza. Viceversa, in condizioni ambientali non ideali (foschia o nebbia) l'efficacia è molto diversa nei 3 casi.

Come noto, la nebbia attenua la luce in modo esponenziale con la distanza, in misura che cresce con il così detto coefficiente di estinzione, da cui dipende anche la distanza di visibilità convenzionale adottata dai meteorologi, come indicato nella tabella.

Condizioni atmosferiche diurne	Distanza di visibilità [m]	Coefficiente di estinzione
Nebbia leggera	1000	0,003
Nebbia moderata	500	0,006
Nebbia spessa	200	0,015
Nebbia densa	50	0,060
Nebbia molto densa	30	0,100
Nebbia estremamente densa	15	0,200

Il secondo fenomeno con cui deve fare i conti la circolazione automobilistica è la diffusione delle minuscole goccioline d'acqua che compongono la nebbia. Come è noto, la diffusione della luce messa dai proiettori di un'autovettura porta alla creazione di una luminanza di velo davanti agli occhi del guidatore (il così detto "muro bianco"), con una conseguente ulteriore riduzione della distanza di visibilità. Ciò avviene anche per la luce emessa da un impianto di illuminazione, la cui presenza in condizioni di nebbia può essere controproducente, provocando anche una riduzione della distanza di visibilità a causa dell'aumento della luminanza di velo e dando al guidatore un effetto psicologico di maggior sicurezza, con una conseguente inconscia spinta ad aumentare la velocità oltre i limiti di sicurezza.

Deve inoltre essere notato che la luminanza di velo riduce la visibilità degli oggetti sulla strada e quindi anche l'efficacia della segnaletica passiva.

Viceversa, la visibilità dei sistemi di segnalazione attiva (linea di luce, segnaletica verticale internamente illuminata) non viene attenuata dalla presenza di luminanza di velo, in quanto questi sistemi non richiedono l'illuminazione da parte dei proiettori dell'autovettura. Inoltre, essi non generano luminanza di velo e perciò non riducono la visibilità degli oggetti sulla carreggiata. In linea di principio, la segnaletica attiva si presenta come decisamente più vantaggiosa per la sicurezza in condizioni di nebbia rispetto all'illuminazione artificiale convenzionale.

In presenza di aree frequentemente interessate da una scarsa visibilità (nebbia), l'adozione di segnaletica attiva in alternativa ai normali impianti d'illuminazione, è sicuramente preferibile, a tal proposito proprio i sistemi a led hanno la caratteristica di fornire una informazione luminosa puntuale e per tale motivo percepibile anche a grandi distanze anche in caso di cattiva visibilità.

8.....CRITERI TECNICI IMPIANTI IN DEROGA AL PROGETTO ILLUMINOTECNICO

Per le tipologie di impianto di seguito indicate non è richiesta né l'autorizzazione prevista dagli articoli 2 e 4 del regolamento di attuazione della l.p. n.16/2007 né il progetto illuminotecnico e quindi la redazione dei Modelli A o B previsti rispettivamente nell'Allegato A (Soluzione conforme) e nell'Allegato B (Soluzione calcolata):

- 1) impianti alimentati da un unico punto di consegna con emissione luminosa complessiva inferiore a 5.000 lm e realizzati con le tipologie di apparecchi diverse dalla classe E (vedi Allegato C (Classificazione degli apparecchi di illuminazione)), purché l'installatore rilasci al committente la dichiarazione che l'impianto è alimentato da un unico punto di consegna, ha emissione complessiva inferiore a 5.000 lm ed è realizzato con tipologie di apparecchi diversi dalla classe E definita dal presente Piano provinciale;*
- 2) impianti alimentati da un unico punto di consegna, purché con emissione luminosa complessivamente inferiore a 100.000 lm e riferibili alle seguenti tipologie di impianti:*
 - 6) di allarme, di segnalazione e di regolazione del traffico, di illuminazione delle vie di fuga;*
 - 7) per l'illuminazione di feste e di manifestazioni all'aperto con carattere di temporaneità e provvisorietà di durata non superiore a 20 giorni continuativi;*
 - 8) di luminarie natalizie temporanee con funzionamento di durata non superiore a 60 giorni;*
 - 9) relativi ad attività temporanee connesse con l'ordine pubblico, la difesa, la sicurezza e la protezione civile;*
 - 10) regolati da sensore di presenza e con periodo di funzionamento strettamente legato alla presenza o passaggio di persone o veicoli;*
- 3) gli impianti temporanei per l'illuminazione di cantieri dovranno essere conformi alle linee guida nazionali applicabili (vedere Allegato D (Normative e parametri di riferimento)).*

9.....SISTEMI PER LA RIDUZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO

Il piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso prevede l'uso dei regolatori di flusso (art. III punto 16), in alcuni casi lo impone (art. VII punto 5).

9.1.....Sistemi per la riduzione del flusso luminoso: tipologie e differenze

Il regolatore di flusso luminoso è un dispositivo che consente la regolazione della potenza erogata dalle lampade, e, quindi, del relativo flusso luminoso, attraverso il controllo di alcuni parametri elettrici: la tensione di alimentazione nel caso dei regolatori di tensione centralizzati o la corrente assorbita nel caso degli alimentatori regolabili o dei bipotenza. Il regolatore varia queste caratteristiche elettriche in funzione di un ciclo programmabile in valore ed in tempo, in relazione ai flussi di traffico stimati. Riducendo la potenza assorbita, si ottiene un consistente risparmio energetico, di solito tra il 20% ed il 30%.

Il controllo remoto degli impianti, che si può spingere fino al singolo punto luce, consente sia la totale diagnostica delle proprie installazioni, con il duplice obiettivo di ridurre i costi di manutenzione e di migliorare il servizio offerto all'utenza, sia la massima flessibilità di esercizio, in quanto da una postazione è possibile definire da remoto tutti i parametri di funzionamento degli impianti: orari di accensione e spegnimento, allarmi, programmazioni relative al risparmio energetico.

I prodotti per la gestione del singolo punto luce consentono la trasmissione bidirezionale delle informazioni dalla singola lampada al quadro elettrico di comando e di qui al centro di controllo, allarmi, individuazione delle tipologie di guasto, misure, programmi di regolazione, gestione di scenari di luce. In questo modo il risparmio energetico può essere spinto ai massimi livelli, mantenendo la possibilità di modificare istantaneamente le regolazioni, mentre la gestione degli impianti si arricchisce di strumenti che permettono un consistente risparmio nella gestione delle attività manutentive. Tutto questo è reso possibile, in maniera economica, attraverso un sistema che dialoga sugli stessi cavi di alimentazione delle lampade, senza la necessità di stendere cavi aggiuntivi.

Una rete di telecontrollo e telegestione presente sul territorio, se estesa fino al singolo punto luce, consente la fruizione di servizi aggiuntivi di facile implementazione: sistemi di videosorveglianza applicabili ai pali della illuminazione pubblica e connessi al sistema di comunicazione WI-FI; stazioni meteo per la rilevazione delle condizioni istantanee; controllo di insegne o di pannelli a messaggio variabile; rilevazione del corretto

funzionamento di apparati come semafori, pompe, generatori e quanto in genere i servizi pubblici presenti sul territorio possono offrire.

9.2.....Quando utilizzare tali sistemi

E' **OBBLIGATORIO SEMPRE** ove è conveniente economicamente ed è possibile calcolare un rientro negli investimenti con i risparmi conseguiti in tempi inferiori alla vita media dell'impianto considerando anche i costi indotti che richiedono.

9.3.....Consigli per la scelta del prodotto

I parametri principali da considerare nella scelta dei regolatori di flusso sono:

- gestione mediante sistemi hardware e software semplici ed alla portata di tutti. Deve poter essere usato dal semplice installatore che gestisce un servizio per il Comune e dall'UT comunale che fa da se con un semplice Pc e con le sempre limitate risorse umane;
- gestione post-vendita: con manutenzioni programmate del sistema richiedendo anche la disponibilità ed il supporto in campo dell'azienda produttrice;
- scegliere aziende con sistemi di qualità di gestione del prodotto e che sono in grado di fornire soluzioni integrate e/o multiple;
- selezionare aziende che possano dimostrare risultati certificabili.

10.....LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO E LA VERIFICA DEI PROGETTI

L'amministrazione pubblica, attraverso i propri tecnici comunali, deve effettuare la verifica ed il controllo dei nuovi progetti d'illuminazione (illuminotecnica ed elettrica) pubblica e privata, anche sotto forma di lottizzazione o di adeguamento e rifacimento dell'esistente.

Tale obbligo è prescritto per legge (L.P. 3 ottobre 2007 n. 16, regolamento d'attuazione, piano provinciale).

10.1.....Progetto illuminotecnico: contenuti e caratteristiche

Composizione del progetto illuminotecnico ai fini dell'autorizzazione sindacale dello stesso:

Progetto elettrotecnico

Il livello di progettazione e di dettaglio è dettato dal D.M. 37/08 e dalla norma CEI 02.

Progetto illuminotecnico

- 1) Relazione tecnica;
- 2) Tavole planimetriche in rappresentazione topografica e di dettaglio;
- 3) Calcoli esecutivi riportanti i dati fotometrici;

1) Relazione tecnica

La relazione tecnica è un allegato indispensabile per legge per mettere in evidenza alcuni aspetti fondamentali del progetto illuminotecnico tra i quali:

- i riferimenti legislativi e normativi adottati;
- le caratteristiche elettriche dell'impianto;
- le caratteristiche delle sorgenti luminose utilizzate;
- le caratteristiche illuminotecniche degli apparecchi illuminanti utilizzati nel progetto;
- descrizione delle scelte tecniche progettuali;
- un bilancio energetico dell'impianto che evidenzia le scelte in termini di ottimizzazione e di efficienza ed i risultati che hanno permesso;
- una valutazione dei risultati illuminotecnici conseguiti, in ottemperanza alla L.P. 3 ottobre 2007 n. 16, regolamento d'attuazione, piano provinciale.

2) Tavole planimetriche in rappresentazione topografica e di dettaglio

Le tavole planimetriche hanno il compito di identificare in rappresentazione topografica e in dettaglio i lavori da eseguire e devono essere costituiti in linea di massima da:

- posizionamento dei punti luce con indicazione della potenza della lampada, il tipo di armatura stradale e l'eventuale regolazione del portalampade all'interno del vano ottico dell'apparecchio;
- sezioni stradali per il corretto posizionamento del punto luce e disegno tecnico quotato del supporto (palo, braccio, mensola ecc.);
- indicazione del tipo e sezione dei conduttori;
- posizione del quadro elettrico (nuovo o esistente);
- particolari tecnici/installativi in scala adeguata;
- indicazione degli eventuali punti di giunzione con impianti esistenti.

3) Calcoli esecutivi riportanti i dati fotometrici

Tale parte evidenzia i risultati di calcolo (isolinee, valori numerici, diagramma 3D, ecc) e si compone dei seguenti elaborati necessari inoltre alla verifica della regola dell'arte:

- caratteristiche geometriche dimensionali della strada o di altro ambito;
- classificazione;
- identificazione del corpo illuminante, delle sue caratteristiche e della specifica curva fotometrica.
- tabella riassuntiva dei risultati di calcolo congruenti con il tipo di progetto (in ambito stradale L, Uo, UI, Ti);
- tabelle e curve isoluminanze e isolux;
- tabelle e curve isolux a seconda delle richieste della norma.
- modello A (Allegato A - Soluzione conforme) o B (Allegato B - Soluzione calcolata) ai sensi del piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso.

10.2.....Progetto illuminotecnico: Verifica e controllo

Di seguito vengono proposti alcuni strumenti per gli uffici tecnici comunali competenti per la verifica dei progetti illuminotecnici, in conformità al piano, L.P. 3 ottobre 2007 n. 16, regolamento d'attuazione, piano provinciale ed alle norme tecniche di settore.

L'ufficio tecnico comunale competente può operare la sua valutazione solo sulla base del contenuto del progetto illuminotecnico, che se fatto correttamente contiene tutte le

informazioni necessarie per la verifica. In sintesi ci sono alcuni passaggi comuni di verifica per ogni tipologia di progetto illuminotecnico che di seguito si riassumono:

- **Professionista illuminotecnico.** Il progetto deve essere realizzato da un professionista iscritto ad ordini e collegi professionali e deve possedere un curriculum specifico in materia con queste modalità:

“Nella fase di prima applicazione del presente Piano provinciale, i professionisti iscritti ad ordini o collegi professionali, con curriculum specifico o formazione adeguata e specializzata mediante partecipazione a corsi di formazione sulla progettazione illuminotecnica, si ritengono qualificati ed abilitati alla progettazione illuminotecnica degli impianti di illuminazione esterna”.

“Sarà successivamente prevista la formazione di un elenco di professionisti abilitati, sulla base del relativo curriculum specifico o della relativa formazione, adeguata e specializzata mediante partecipazione a corsi di formazione sulla progettazione illuminotecnica; detto elenco sarà formato a cura di APE o di enti terzi”.

- **Verifica conformità corpi illuminanti.** Tale verifica può essere fatta semplicemente se, come prescritto per legge, il progettista fornisce i dati fotometrici dei corpi illuminanti utilizzati nel progetto e il modello A o B ai sensi del piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso.
- **Verifica conformità alle norme tecniche.** Per fare tale verifica è sufficiente conoscere la classificazione della strada o dell'ambito da illuminare, cosa che questo piano ha fatto nell'interesse del territorio comunale. Il progettista deve dichiarare l'effettiva classificazione dell'ambito da illuminare contenenti i parametri di progetto da rispettare per ciascuna classificazione, è necessario verificare nel progetto se i parametri illuminotecnici rispettano quelli relativi alla classificazione.