CAPITOLO V

LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI D'ILLUMINAZIONE

OBIETTIVI

1. **Per l'Ufficio tecnico comunale: Definire le linee guida per la verifica ed il controllo dei progetti illuminotecnici che gli vengono sottoposti per l'approvazione**

2. **Per i progettisti incaricati dal comune o per i privati: Definire le linee guida operative per l'applicazione della legge sul territorio comunale**

INDICE

QUADRO DI SINTESI: LINEE GUIDA, PROGETTO, VERIFICA E CONTROLLO 2

5.1- OBIETTIVI 3

5.2- DEFINIZIONI E AMBITI APPLICATIVI 4
- a. Definizione di Inquinamento Luminoso 4
- b. Ambito di applicazione 5
- c. Autorizzazione nuovi impianti, progettisti e progetto illuminotecnico 5
- d. Installatori 6

5.3- CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO DIRETTO 6
- a. Intensità luminosa massima 7
- b. Conformità degli apparecchi 7
- c. Tipologia degli apparecchi 11
- d. Tipologia degli impianti d'illuminazione 11

5.4- CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO INDIRETTO 14
- a. Applicazioni stradali 14
- b. Altre applicazioni 16

5.5- SORGENTI LUMINOSE EFFICIENTI 17
- a. Tipologie 17
- b. Eliminazione sorgenti luminose ad elevato impatto ambientale 21

5.6- OTTIMIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI 23
- a. Ambito stradale 23
- b. Easy Light - Save the Sky e verifica della conformità alla L.r. 17/00 e s.m.i. 25
- c. Ambiti di applicazione NON stradale: 26
- d. Scelta degli apparecchi in funzione della loro curva fotometrica 27

5.7- REQUISITI ILLUMINOTECNICI MINIMI 32
- a. Requisiti per l'illuminazione stradale 32
- b. Requisiti illuminotecnici e impianti d'illuminazione particolari 33

5.8- CRITERI TECNICI INTEGRATIVI PER IMPIANTI SPECIFICI 34
- a. Stradali Extraurbani 34
- b. Grandi Aree 34
- c. Centri storici e vie commerciali 34
- d. Impianti sportivi 34

e. Monumenti ed edifici 36
f. Insegne prive di illuminazione propria 37
g. Effetto della nebbia nel meccanismo della visione notturna con luce artificiale 38

5.9- CRITERI TECNICI IMPIANTI IN DEROGA AL PROGETTO ILLUMINOTECNICO 41
a. Sorgenti internalizzate 41
b. Sorgenti di uso temporaneo 41
c. Insegne e Vetrine illuminate dall'esterno 42
d. Insegne ad illuminazione propria 42
e. Sorgenti con flusso luminoso inferiore a 1500lm 43

5.10- SISTEMI PER LA RIDUZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO 45
a. Sistemi per la riduzione del flusso luminoso: tipologie e differenze 45
b. Quando utilizzare tali sistemi 45
c. Consigli per la scelta del prodotto 45

5.11- LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO E LA VERIFICA DEI PROGETTI 46
a. Progetto illuminotecnico: contenuti e caratteristiche 46
b. Progetto illuminotecnico: Verifica e controllo 48

QUADRO DI SINTESI: LINEE GUIDA, PROGETTO, VERIFICA E CONTROLLO

LINEE GUIDA PER IL RISPETTO DELLA L.R. 17/00 e s.m.i.
1. Linee guida per l'applicazione L.r. 17/00 e s.m.i.
INDICAZIONI PER: L'UFFICIO TECNICO, I PROGETTISTI **LINEE GUIDA L.R. 17/00 e s.m.i.:** Nei capitoli dal 5.2 al 5.10 sono riportati i criteri fondamentali della legge regionale con le spiegazioni per la sua corretta interpretazione ed applicazione. Nello specifico la D.d.g. n. 8950/2007 si affianca a questo documento per una migliore interpretazione della legge.
2. Progetto Illuminotecnico
INDICAZIONI PER: L'UFFICIO TECNICO, I PROGETTISTI **PROGETTO ILLUMINOTECNICO:** Tutti gli impianti d'illuminazione DEVONO essere progettati, ed i progetti illuminotecnici devono essere sottoposti per l'approvazione all'amministrazione comunale. I progetti illuminotecnici devono contenere **obbligatoriamente** quanto specificato al paragrafo 5.11 punto 1 e devono essere realizzati da professionisti con le caratteristiche indicate al par. 5.11 punto 2, lettera a. Allegare tale paragrafo del piano ai bandi e richiederne il rispetto.
3. Verifica e controllo della conformità alla Lr17/00
INDICAZIONI PER: L'UFFICIO TECNICO **VERIFICA E CONTROLLO:** L'ufficio tecnico comunale per la verifica ed il controllo del progetto illuminotecnico deve operare come indicato al paragrafo 5.11 punto 2, verificando la presenza di quanto specificato al paragrafo 5.11 punto 1 ed avvalendosi anche degli schemi di flusso di cui dell'allegato 1 del presente piano dell'illuminazione.

5.1- OBIETTIVI

Il piano della luce 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.r. 17/00 e s.m.i.:

1. Controllo del flusso luminoso direttamente inviato al di sopra del piano dell'orizzonte, (par. 5.3)
2. Adozione dei valori minimi di luminanze e di illuminamenti previste dalle norme a seconda della tipologia di strada, o ambito da illuminare, (par. 5.4)
3. Adozione di lampade ad elevata efficienza compatibilmente con le condizioni d'uso e di esercizio, (par. 5.5)
4. Ottimizzazione degli impianti in termini di minimizzazione delle potenze installate e massimizzazione dei rapporti interdistanze altezza dei sostegni, (par. 5.6)
5. Adozione di sistemi per la riduzione del flusso luminoso, (par. 5.7)
6. Riduzione dell'abbagliamento diretto e controllo dei gradienti di luminanza,
7. Identificazione di sistemi alternativi d'illuminazione e segnalazione a supporto della sicurezza stradale in linea con le disagevoli condizioni di visibilità (soprattutto nei periodi invernali) nell'ambito di eventuali progetti di riqualificazione del territorio.

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

a- Gli ambiti applicativi della L.r. 17/00 e s.m.i. (par. 5.2)
b- L'autorizzazione e l'approvazione del progetto (par. 5.3)
c- I criteri tecnici fondamentali su cui si basa la L.r. 17/00 e s.m.i. di cui ai precedenti 4 punti (par. 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7)
d- I requisiti illuminotecnici minimi dei futuri impianti d'illuminazione (par. 5.8)
e- I criteri tecnici per impianti specifici, (par. 5.9)
f- I criteri tecnici per gli impianti in deroga al progetto illuminotecnico (par. 5.10)
g- Impianti a regola dell'arte (par. 5.11)
h- Le caratteristiche ed i contenuti del progetto illuminotecnico (par. 5.12)
i- Nota integrativa sull'effetto della nebbia nel meccanismo della visione notturna (par. 5.13)

5.2- DEFINIZIONI E AMBITI APPLICATIVI

La L.R. Lombardia n° 17/2000 e le successive integrazioni verranno ora esaminate per ciascun ambito di interesse ai fini di identificare univocamente le linee guida per l'illuminazione futura per il territorio comunale in particolare si riporteranno e saranno esaminate le seguenti disposizioni:

- Legge della Regione Lombardia n. 17 del 27/03/2000 "Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso" (Rif. abbreviato L.r. 17/00)
- Delibera della Giunta Regionale n. 2611 del 11/12/2000, "Aggiornamento dell'elenco degli osservatori astronomici in Lombardia e determinazione delle relative fasce di rispetto" (Rif. abbreviato D.G.R. 2611/00)
- Delibera della Giunta Regionale n. 7/6162 del 20/09/2001 "Criteri di applicazione della L.r. n. 17 del 27/03/01" (Rif. abbreviato D.G.R. 7/6162)
- Legge regionale 20 dicembre 2005 - n. 19 - Disposizioni legislative per l'attuazione del documento di programmazione economico-finanziaria regionale, ai sensi dell'articolo 9-ter della legge regionale 31 marzo 1978, n. 34 (Norme sulle procedure della programmazione, sul bilancio e sulla contabilità della Regione) _ Collegato 2006, art. 2, comma 3. (Rif. abbreviato L.R. 19/05, art. 2, comma 3)
- Legge Regionale del 27 febbraio 2007 n. 5 - Pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia - BURL del 2 marzo 2007 n. 9, 2° suppl. ord. "Interventi normativi per l'attuazione della programmazione regionale e di modifica e integrazione di disposizioni legislative"
- D.d.g. 3 Agosto 2007 n° 8950 " Legge Regionale 27 marzo 2000, n. 17: Linee guida per la realizzazione dei piani comunali dell'illuminazione", BURL n. 33 serie ordinaria del 13 Agosto 2007

Verranno di seguito definiti i requisiti burocratici amministrativi, autorizzativi, ed i criteri tecnici per agevolare l'amministrazione comunale e gli operatori del settore (progettisti, illuminotecnici e produttori) che si troveranno ad operare sul territorio comunale.

a. Definizione di Inquinamento Luminoso

L.R. 17/00, Articolo 1bis, comma 2:

Ai fini della presente legge si intende:

1) per inquinamento luminoso, ogni forma di irradiazione di luce artificiale che si disperda al di fuori delle aree cui essa è funzionalmente dedicata e, in particolare, oltre il piano dell'orizzonte;

2) per inquinamento ottico o luce intrusiva, ogni forma di irradiazione artificiale diretta su superfici o cose cui non è funzionalmente dedicata o per le quali non è richiesta alcuna illuminazione;

Commenti ed Osservazioni: La definizione di inquinamento luminoso è "estesa" ponendo l'accento su una progettazione illuminotecnica accurata che eviti non solo emissione di luce oltre l'orizzonte (condizione necessaria ma non sufficiente per il reale conseguimento degli intenti della legge) ma anche fenomeni di

fastidioso quanto pericoloso abbagliamento degli utenti della strada e di luce intrusiva ed invasiva nelle case e nei fondi altrui.

b. Ambito di applicazione

L.R. 17/00, Articolo 6, comma 1:
"Per l'attuazione di quanto previsto dall'articolo 1, dalla data di entrata in vigore della presente legge, tutti gli impianti di illuminazione esterna, pubblica e privata in fase di progettazione o di appalto sono eseguiti a norma antinquinamento luminoso e a ridotto consumo energetico; per quelli in fase di esecuzione, è prevista la sola obbligatorietà di sistemi non disperdenti luce verso l'alto, ove possibile nell'immediato, fatto salvo il successivo adeguamento, secondo i criteri di cui al presente articolo".

Commenti: Su tutto il territorio regionale i nuovi impianti devono essere realizzati in modo conforme alla legge. Tale principio vale sia per i soggetti pubblici che per quelli privati che devono assoggettare i loro nuovi impianti in conformità alla L.r. 17/00 e s.m.i. all'autorizzazione del sindaco (Art.4, comma 1, lettera b)

c. Autorizzazione nuovi impianti, progettisti e progetto illuminotecnico

L.R. 17/00, Articolo 4, comma b (i Comuni):
"b) Sottopongono al regime dell'autorizzazione da parte del Sindaco tutti gli impianti di illuminazione esterna, anche a scopo pubblicitario; a tal fine il progetto deve essere redatto da una delle figure professionali previste per tale settore impiantistico; dal progetto deve risultare la rispondenza dell'impianto ai requisiti della presente legge "

D.G.R. 7/6162 "I comuni":
"- autorizzano, con atto del Sindaco, i progetti di tutti gli impianti di illuminazione esterna, anche a scopo pubblicitario, con l'esclusione di quelli di modesta entità, quali quelli del capitolo 9), lettere a), b), c), d) ed e). Ai fini dell'autorizzazione, il progetto, deve essere redatto in conformità ai presenti criteri e quindi firmato da un tecnico di settore, abilitato, che se ne assume la responsabilità."

Commenti sull'autorizzazione: Su tutto il territorio regionale tutti i nuovi impianti d'illuminazione pubblici e privati anche a scopo pubblicitario (ad esclusione di quelli di modesta entità che saranno esaminati al successivo paragrafo 5.10) devono essere autorizzati dal sindaco del comune di competenza o dagli organi competenti che ne fanno le veci all'interno del comune. L'atto di approvazione si compie con l'approvazione del progetto illuminotecnico i cui contenuti saranno esaminati al successivo paragrafo 5.14

D.G.R. 7/6162 “I progettisti”:
“*-redigono e sottoscrivono il progetto, conformemente ai presenti criteri, solo in quanto tecnici abilitati iscritti ad ordini professionali, con curricula specifici;*
-richiedono, alle case costruttrici, importatrici e fornitrici…. il certificato di conformità alla l.r. 17/00…. ”

Commenti sul professionista e sul progetto illuminotecnico: Su tutto il territorio regionale tutti i nuovi impianti d’illuminazione pubblica e privata (ad esclusione di quelli di modesta entità che saranno esaminati al successivo paragrafo 5.9) devono essere realizzati da professionisti abilitati (si rimanda al paragrafo 5.11 lettera b, per una definizione più specifica del professionista abilitato).
Il progetto deve palesare la conformità alla L.r. 17/00 e s.m.i. e per tale motivo deve essere accompagnato da una relazione tecnico-descrittiva che mostri le scelte progettuali effettuate e la relativa conformità di legge.
Il conferimento dell'incarico trasferisce al professionista le responsabilità che la progettazione comporta, ivi inclusi gli errori derivanti da dolo, colpa, imperizia nonché la verifica che l’installazione risponda ai requisiti di legge. I contenuti del progetto illuminotecnico saranno esaminati al successivo paragrafo 5.11

d. Installatori

D.G.R. 7/6162 “I Comuni”:
"*Al termine dei lavori, l’installatore trasmette al comune la dichiarazione di conformità dell'impianto d'illuminazione ai criteri della L.R. 17/00 ed il certificato di collaudo a norma della legge 5 marzo 1990, n. 46 recante “Norme per la sicurezza degli impianti” e successivi aggiornamenti;*
D.G.R. 7/6162 “Gli installatori”:
“- realizzano gli impianti conformemente ai presenti criteri...;
- rilasciano la dichiarazione di conformità dell'impianto d'illuminazione ai criteri della l.r. 17/00.“

Commenti sull’Installatore: Gli installatori sono l’anello debole della catena in quanto è necessario che realizzino l’installazione in conformità al progetto illuminotecnico rispettandone ogni singola voce, comprese quelle strettamente relative all’inclinazione del corpo illuminante o alla regolazione della lampada all’interno del vano lampada.
E’ loro compito attestare la conformità dell’installazione ai criteri della L.r. 17/00 e s.m.i., al progetto illuminotecnico e, ove ve ne sia la necessità, agli ambiti applicativi della legge 46/90 (tratto dalla D.D.G. della Regione Lombardia n. 8950 del 3 Agosto 2007).
Nella documentazione allegata del capitolo 12 è inserita una dichiarazione modello che devono rilasciare gli installatori.

5.3- CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO DIRETTO

Documentazione in parte tratta dall’allegato 2 della D.D.G. della Regione Lombardia n. 8950 del 3 Agosto 2007.

a. Intensità luminosa massima

L.r. 17/00, Articoli 6, comma 2 e D.G.R. 7/6162, Articolo 5, "Criteri comuni":

"a) Utilizzare apparecchi che, nella loro posizione di installazione, devono avere una distribuzione dell'intensità luminosa massima per γ>90°, compresa tra 0,00 e 0,49 candele per 1000 lumen di flusso luminoso totale emesso; a tale fine, in genere, le lampade e gli eventuali elementi di protezione trasparenti devono essere "incassate" nel vano ottico superiore dell'apparecchio stesso;"

Commenti: A titolo esemplificativo si riportano di seguito alcune immagini per meglio chiarire le tipologie di corpi illuminanti adottabili. Come si evince dal testo e dalle immagini è comunque preferibile a parità di rispetto delle indicazioni sopra riportate l'utilizzo di corpi illuminanti con **vetro** di protezione **piano orizzontale**.

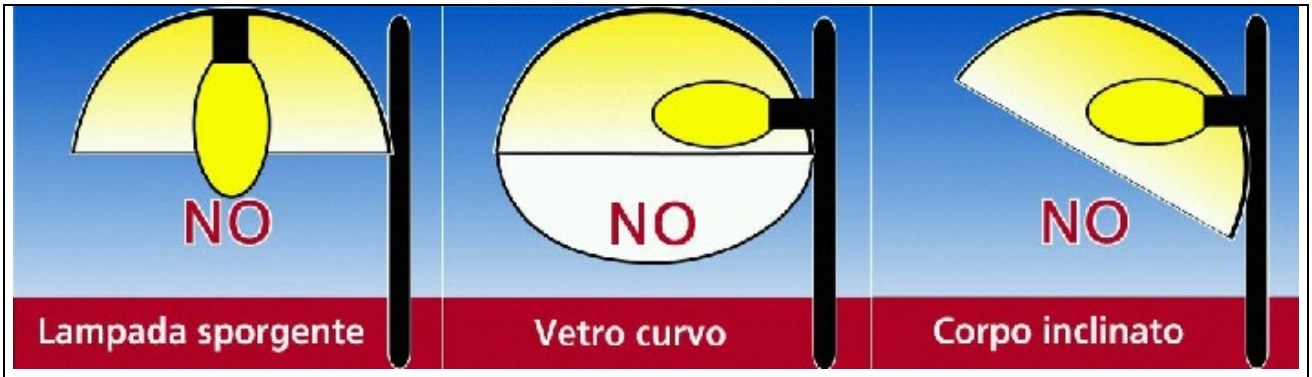


Figura 5.1 – Tipologie di apparecchi non ammessi (cortesia: CieloBuio)

Figura 5.2 – Tipologie di apparecchi conformi alla legge n. 17/2000 (cortesia: CieloBuio)

Per verificare il valore dell'intensità luminosa per angoli gamma di "90° ed oltre" e la conformità di un apparecchio alla LR Lombarda 17/00, non è sufficiente una sommaria visione della curva fotometrica (in cui spesso è difficile intuire i valori di intensità luminosa emessi per angoli vicini e maggiori di 90°), ma è indispensabile possedere e verificare i dati fotometrici in formato tabulare numerico.

b. Conformità degli apparecchi

D.G.R. 7/6162, Articolo 5, "Le case costruttrici, importatrici, fornitrici":

"*provvedono a corredare la documentazione tecnica dei seguenti documenti:*

a) il certificato di conformità alla l.r. 17/00, su richiesta del progettista, per il prodotto messo in opera sul territorio della Regione Lombardia;

b) ***la misurazione fotometrica dell'apparecchio, sia in forma tabellare numerica su supporto cartaceo, sia sotto forma di file standard normalizzato, tipo il formato commerciale "Eulumdat" o analogo; la stessa deve riportare:***

· *la temperatura ambiente durante la misurazione;*

· *la tensione e la frequenza di alimentazione della lampada;*

· *la norma di riferimento utilizzata per la misurazione;*

· ***l'identificazione del laboratorio di misura ed il nominativo del responsabile tecnico;***

· *le specifiche della lampada (sorgente luminosa) utilizzata per la prova;*

· ***la posizione dell'apparecchio durante la misurazione;***

· *il tipo di apparecchiatura utilizzata per la misura e la relativa incertezza di misura;*

· ***la dichiarazione del responsabile tecnico di laboratorio o di enti terzi, quali l'IMQ, circa la veridicità delle misure***."

Commenti: I produttori, gli importatori ed i fornitori di apparecchi per l'illuminazione SONO per legge obbligati a fornire i dati di cui alle lettere a) e b), ma in particolar modo SOLO quanto specificato al punto b) permette a progettista e comune di verificare la conformità del prodotto prescelto alla L.r. 17/00 e s.m.i..

Definizione di Intensità luminosa: Esprime la quantità di luce che è emessa da una sorgente in una determinata direzione. Si indica con la lettera **I** e si misura in **candele** [cd]. Per poter permettere un confronto fra sorgenti diverse essa è *normalizzata per 1000 lumen.*

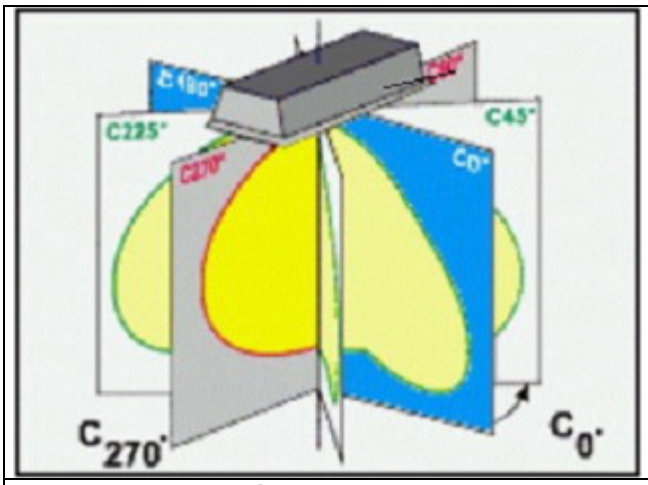


Fig. 5.3 – Intensità luminosa tracciata in ciascun piano che taglia il corpo illuminante. La somma di tutte le intensità luminose a 360° su tutti i piani rappresenta il "solido" fotometrico dell'apparecchio.

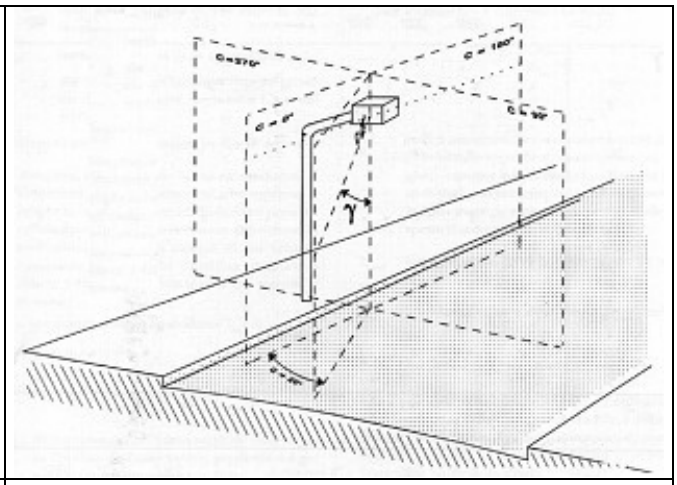


Fig. 5.4 – Schematizzazione di come viene rappresentata l'intensità luminosa. Esiste una intensità luminosa per ogni angolo Gamma su ogni piano C.

Metodi di lettura di una tabella fotometrica:

1- Inserendo un files eulumdat (di solito hanno estensione .ldt) all'interno di un software illuminotecnico e poi visualizzando la tabella fotometrica (si allega al piano il software freeware "EasyLight – Save the Sky" che permette di visualizzare tali informazioni ed una rapida verifica della conformità alla L.r. 17/00) di ogni angolo GAMMA per ogni piano C.

2- Facendosi rilasciare direttamente la tabella dei dati fotometrici in formato cartaceo. Si riporta di seguito in figura 5.5 una tabella fotometrica Gamma/C.

Tabella 5.1 – Tabella dell'intensità luminosa (cd/klm) di apparecchio d'illuminazione tratto dai certificati "performance" dell' IMQ

C / γ	270	285	300	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	90
0	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194
10	186	186	187	188	190	190	190	190	191	190	191	192	192	193	193	193	195	195	195	194	194	194	193	193	193	193	188
20	177	177	179	182	184	187	188	191	191	192	194	197	198	200	200	199	202	203	203	194	195	194	192	190	185	184	182
30	160	163	168	173	176	181	185	186	190	194	200	204	206	214	214	212	214	211	207	206	196	192	180	184	173	169	173
35	150	154	160	167	171	176	180	183	187	195	201	209	212	215	215	215	215	211	207	200	196	186	180	178	165	160	167
40	130	144	152	158	164	170	176	180	178	193	194	204	207	210	210	223	227	227	210	196	185	177	173	169	155	150	158
45	125	134	146	155	157	160	165	171	178	186	193	200	210	225	225	230	236	236	219	201	186	174	168	162	150	142	155
47.5	116	123	134	145	151	159	163	169	178	191	196	201	215	230	230	240	257	257	237	205	186	169	163	157	142	135	145
50	106	114	127	136	142	140	157	166	176	188	198	210	221	235	235	256	284	284	284	211	182	162	152	147	133	126	136
52.5	96	104	120	128	135	142	151	162	173	187	200	215	231	240	240	279	309	309	282	217	173	157	146	140	128	120	128
55	90	99	113	121	126	135	143	155	166	180	197	215	235	245	245	303	334	334	285	223	173	150	142	136	121	114	121
57.5	82	83	104	114	120	128	133	139	153	165	184	210	241	255	255	325	352	352	282	225	163	142	134	130	112	106	114
60	76	84	96	106	110	117	120	126	140	155	175	207	250	263	263	340	364	364	284	225	161	138	128	122	104	95	106
62.5	68	76	86	97	101	107	110	114	128	145	168	199	254	267	267	346	341	341	277	223	161	134	122	105	97	85	97
65	62	68	80	90	94	99	104	110	121	138	156	190	218	257	257	359	393	393	263	222	159	127	114	100	91	77	90
67.5	53	63	73	83	87	92	96	102	115	134	152	179	210	247	247	346	350	340	231	227	150	117	106	93	85	71	83
70	36	47	67	74	78	82	85	91	104	126	150	177	204	241	241	324	343	333	200	215	134	101	87	84	76	65	74
72.5	10	29	50	59	65	71	74	77	93	115	142	168	190	219	219	312	320	270	164	188	111	80	52	60	51	51	59
75	5	8	19	29	35	43	47	65	66	97	120	151	160	168	168	279	275	185	51	144	59	33	41	34	22	27	29
77.5	2	4	6	7	9	11	12	12	20	38	60	82	80	77	110	188	124	44	8	86	17	7	8	8	5	14	7
80	0	1	3	4	4	5	8	6	7	7	8	11	12	13	20	85	13	6	4	27	9	3	7	2	1	2	4
82.5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	4	13	5	3	1	5	2	1	1	1	1	1	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	4	2	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0
87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
90-180	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Tabella 5.1 – Tavola delle intensità luminose per ogni piano C per angolo compresi tra gamma=0° (direzione sotto l'apparecchio e 90° (direzione orizzonte) sino a 180° (direzione allo zenit dell'apparecchio). Per correttezza tale tabella non può fermarsi ad angoli gamma di 90° ma deve arrivare sino a 180°. Per questioni di spazio questa tabella si ferma a 90° indicando però che da 90 a 180° i valori tabulati (intensità luminose) sono tutti uguali fra loro in tale intervallo.
NB. Verificare sempre che le tabelle non siano state "tagliate" in quanto per chi non si occupa di inquinamento luminoso è poco interessante ed ingombrante riportare i valori anche per γ maggiori di 90°. Questo si può vedere facilmente se per esempio per γ=87.5° l'intensità luminosa è molto diversa da zero e per γ=90° l'intensità riportata è zero.

Verificando in corrispondenza della linea evidenziata in rosso di figura 5.5 che corrisponde all'intensità luminosa emessa dall'apparecchio in direzione dell'orizzonte (gamma = 90°) su ogni piano C si capisce la conformità dell'apparecchio alla L.r. 17/00 e s.m.i..

Se uno solo dei valori della linea con gamma uguale a 90° è maggiore di 0, se la tabella è espressa in numeri interi, o maggiore di 0.49 cd/klm, se la tabella è espressa con numeri con la virgola, allora l'apparecchio NON è conforme alla L.r. 17/00 e s.m.i..

Poiché le tabelle non danno la certezza assoluta della veridicità dei dati, una maggiore sicurezza delle misure fotometriche si può avere richiedendo dati fotometrici certificati da enti terzi, come ad esempio certificati da laboratori che possono apporre sugli apparecchi il marchio "Performance" dell'Istituto Marchio di Qualità.

Effetto dell'inclinazione

Un aspetto interessante e da verificare è la posizione di misura dell'apparecchio e l'effettiva posizione di installazione.

In linea di principio quasi tutti gli apparecchi vengono fotometrati con vetro piano orizzontale e si consiglia di installarli in tale posizione.

E' quindi fondamentale la verifica sul certificato di conformità alla legge come specificato al precedente punto b. la posizione di misura dell'apparecchio e l'effettiva posizione di installazione.

Gli apparecchi che risultano conformi alla L.r. 17/00 e s.m.i., se vengano installati in posizione inclinata rispetto alla posizione di misura (in laboratorio) e di conformità, è come se ruotassero la curva fotometrica, per così dire, sull'asse del diagramma per l'angolo di inclinazione. Per conoscere la nuova fotometria associata si potrà procedere come segue:

Analizzare la tabella legata all'apparecchio (posizione orizzontale) **Tabella 5.2**

Se l'apparecchio venisse inclinato di 10° i valori slitterebbero di una casella corrispondente a 10° **Tab. 5.3**

Se l'apparecchio venisse orientato di 30° i valori slitterebbero di una casella corrispondente a 30° **Tab. 5.4**

Tabella 5.2

Angolo	Intensità cd/1000 lm
0°	335
10°	368
20°	391
30°	412
40°	435
50°	487
60°	574
70°	125
80°	12
90°	0
100°	0
110°	0
120°	0
130°	0
140°	0
150°	0
160°	0
170°	0
180°	0

Apparecchio conforme alla LR17/00

Tabella 5.3

Angolo	Intensità cd/1000 lm
0°	368
10°	335
20°	368
30°	391
40°	412
50°	435
60°	487
70°	574
80°	125
90°	12
100°	0
110°	0
120°	0
130°	0
140°	0
150°	0
160°	0
170°	0
180°	0

Apparecchio non più conforme alla LR17/00

Tabella 5.4

Angolo	Intensità cd/1000 lm
0°	412
10°	391
20°	368
30°	335
40°	368
50°	391
60°	412
70°	435
80°	487
90°	574
100°	125
110°	12
120°	0
130°	0
140°	0
150°	0
160°	0
170°	0
180°	0

Apparecchio non più conforme alla LR17/00

c. Tipologia degli apparecchi

La L.r. 17/00 e s.m.i., lascia libertà di scelta sulla tipologia degli apparecchi, fornendo solo alcune 'indicazioni' fortemente auspicate ma non obbligatorie se si consegue la conformità alla L.r. 17/00 e s.m.i..
Riassumiamo di seguito quelli più evidenti:

1- D.G.R. 7/6162, Articolo 5, "Criteri comuni":
   "a) …a tale fine, in genere, le lampade e gli eventuali elementi di protezione trasparenti devono essere "incassate" nel vano ottico superiore dell'apparecchio stesso;"
2- D.G.R. 7/6162, Articolo 5, "Criteri comuni":
   "b) elementi di chiusura preferibilmente trasparenti e piani, realizzati con materiale stabile anti ingiallimento quale vetro, metacrilato ed altri con analoghe proprietà;"

Per quanto riguarda gli apparecchi illuminanti, a parità di conformità sono da preferire apparecchi a vetro piano orizzontale, rispetto agli altri in quanto:

– Non inquinano e non abbagliano,
– Si sporcano meno, e sono più facilmente pulibili,
– Hanno una minore perdita di efficienza,
– Non ingialliscono,
– Sono più resistenti anche ad eventi accidentali,
– Costano meno,
– Non hanno elementi mobili nell'armatura a rischio di cadute,

d. Tipologia degli impianti d'illuminazione

I criteri di scelta delle tipologie di illuminazione e dei sostegni è fortemente condizionato dalla realtà del territorio e deve comunque necessariamente essere commisurata alla destinazione d'uso ed all'ambito territoriale in cui vengono inseriti.
Di seguito è riportata una selezione visiva delle tipologie di impianti d'illuminazione idonei e non idonee ad essere installati o realizzati sul territorio comunale.
E' importante sottolineare che se l'apparecchio appare conforme alla L.r. 17/00 e s.m.i., non è detto che lo sia l'impianto o semplicemente l'installazione a causa di ulteriori fattori che verranno approfonditi nei successivi paragrafi o semplicemente, come già detto, per aver adottato inclinazioni non consone con la tipologia di apparecchio utilizzato.

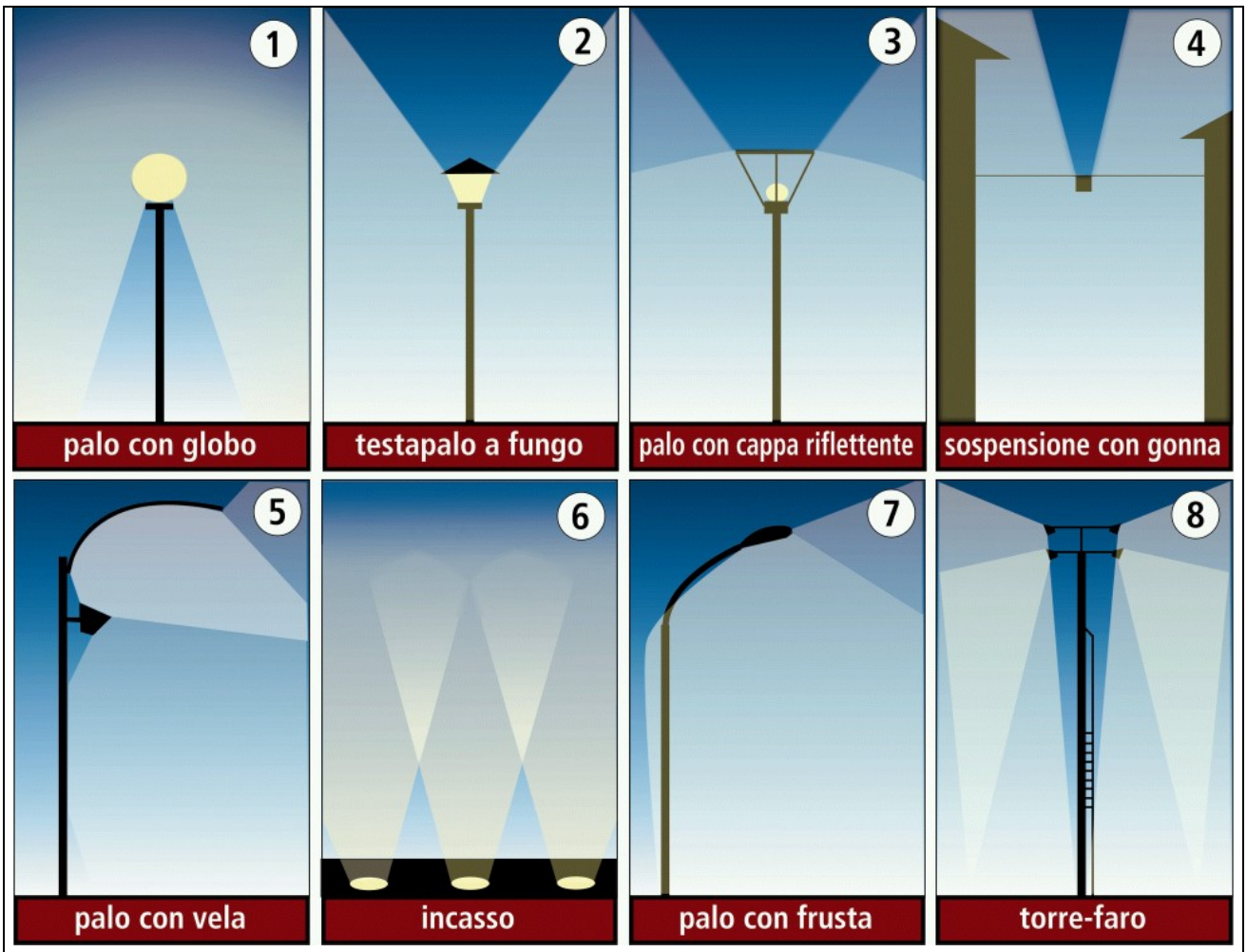


Figura 5.5 – Apparecchi non conformi con la L.r. 17/00 e s.m.i.. Alcune di queste tipologie presenti anche sul territorio comunale possono facilmente essere adattate (es. i pali a frusta se l'apparecchio installato è a vetro piano e può essere posto con vetro orizzontale) anche mediante l'inserimento di alette schermanti. Purtroppo altre possono solo essere sostituite. (Cortesia: CieloBuio)

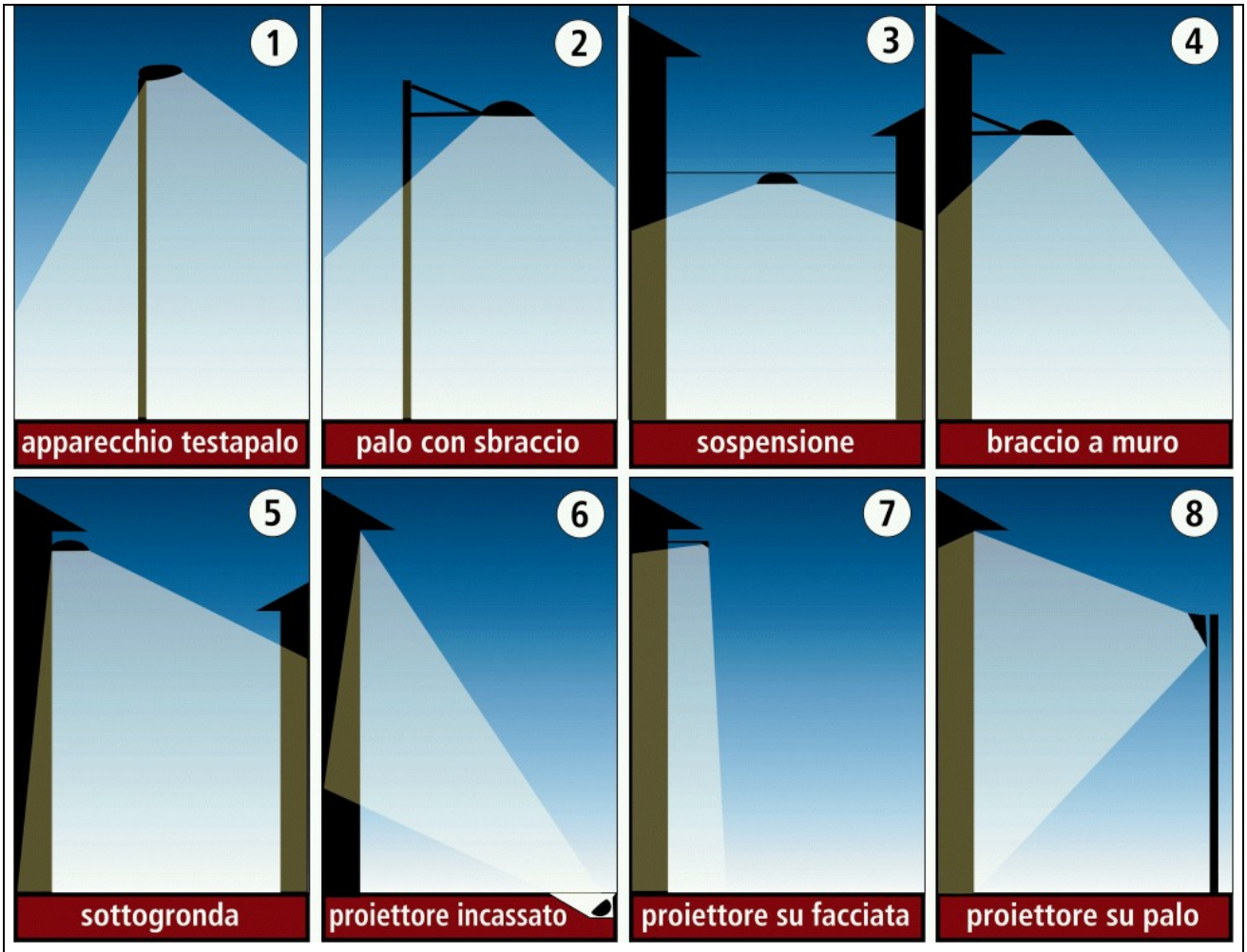


Figura 5.6 – Apparecchi conformi alla L.r. 17/00 e s.m.i.. Le tipologie 6 e 8 sono ammesse esclusivamente per l'illuminazione di edifici storici a di alto valore architettonico ove non possa essere fatto altrimenti. (Cortesia: CieloBuio)

5.4- CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO INDIRETTO

Documentazione in parte tratta dall'allegato 6 della D.D.G. della Regione Lombardia n. 8950 del 3 Agosto 2007.

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 la L.r. 17/00 e s.m.i. specifica:

D.G.R. 7/6162, Articolo 5, "Criteri comuni" , lettera d):

"luminanza media mantenuta delle superfici da illuminare non superiore ai livelli minimi previsti dalle normative tecniche di sicurezza, nel rispetto dei seguenti elementi guida:

- *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 interasse 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, fatte salve diverse disposizioni connesse alla sicurezza, di valori di luminanza omogenei, non superiori ad 1 cd/m2;*
- *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 da ottobre **2007**

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

UNI EN 13201: Norma Europea in vigore da fine 2004

AMBITO DI APPLICAZIONE: tutti quelli non ricadenti nelle precedenti categorie

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

a. Applicazioni stradali

Tutti i progetti illuminotecnici in ambito stradale dovranno essere realizzati conformemente alla norma EN13201, utilizzando come riferimento la classificazione stradale individuata al precedente capitolo 4.

Si riportano in particolare le specifiche di progetto ai fini della norma UNI10439 ed. 2001.

- Luminanza media mantenuta (Lm)
- Uniformità Generale (Uo)
- Uniformità Longitudinale (Ul)

- Abbagliamento debilitante (Ti)

Definite nella tabella 4.11 di seguito riportata.

	Luminanze delle superfici stradali			**Abbagliamento**	
Classe	**Lm** (minima mantenuta) cd/m2	**Uo min** (Uniformità generale)	**Ul min** (Uniformità longitudinale)	**Ti max** (%)	***SR min****
ME1	2	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	Nessuna richiesta

Tabella 5.2: Parametri illuminotecnici di progetto in ambito stradale.
**SR: Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata.*

b. Altre applicazioni

1. Zone pedonali e giardini
2. Parcheggi
3. Piste Ciclabili
4. Rotonde e intersezioni
5. Sottopassi

Nella progettazione dei seguenti ambiti di applicazione è necessario fare riferimento alla norma EN13201 già ampiamente illustrate al precedente capitolo 4.6 eviteremo quindi qui di ripetere le definizioni delle classificazioni e ci limiteremo a riportare una tabella riassuntiva dei parametri progettuali di riferimento.

Applicazione	**Classe EN 13201**	**Parametro di Progetto**	**Grandezza Illuminotecnica di Progetto [U.M.]**	**Grandezza Illuminotecnica da Verificare 1 [U.M.]**	**Parametro da Verificare**	**Grandezza Illumin. da Verificare 2 [U.M.]**
.Zone Pedonali .Giardini .Parcheggi .Piste Ciclabili	S	Illuminamento Orizzontale	**Emedio** Minimo Mantenuto [lux]	**Emin** Mantenuto [lux]	Illuminamento Semicilindrico	**Esc.** minimo Mantenuto [lux]
.Rotatorie .Intersezioni principali .Sottopassi .dove non è applicabile la classe ME	CE	Illuminamento Orizzontale	**Emedio** minimo mantenuto [lux]	**Uo Uniformità di Emedio** (Emedio/Emin)	Illuminamento Verticale	**Ev** minimo mantenuto [lux]
.Altri ambiti	-	Luminanza	**Lmedio** minimo mantenuto [cd/m2]		-	-

Tabella 5.3 – Riferimenti al fine della progettazione illuminotecnica di ambiti non stradali

Ai fini del rispetto della L.r. 17/00 e s.m.i. deve essere preso come parametro di progetto, con le dovute tolleranze di misura definite nella norma, l'illuminamento orizzontale.

Si veda il precedente capitolo 4 per la classificazione del territorio.

5.5- SORGENTI LUMINOSE EFFICIENTI

a. Tipologie

L.r. 17/00. Art.6, comma 2:
"…. gli stessi devono essere equipaggiati di lampade con la più alta efficienza possibile in relazione allo stato della tecnologia…."

D.G.R. 7/6162, Art.5 "criteri comuni" comma 2:
"…lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza luminosa, quali al sodio a bassa pressione o al sodio ad alta pressione, in luogo di quelle con efficienza luminosa inferiore. Nei soli casi ove risulti indispensabile un'elevata resa cromatica è consentito l'impiego di lampade a largo spettro, agli alogenuri metallici, a fluorescenza compatte e al sodio a luce bianca, purché funzionali in termini di massima efficienza e minor potenza installata…"

D.D.G. della Regione Lombardia n. 8950 del 3 Agosto 2007
Allegato 3

Come riportato nel D.D.G. n. 8950
La L.r. 17/00 e s.m.i. privilegia le lampade al sodio alta pressione e bassa potenza, ed in particolare quelle al sodio alta pressione da 50 e 70W, in quanto meno inquinanti dell'intero spettro elettromagnetico.
Solo ove strettamente necessario in ambiti pedonali, possono essere utilizzate anche sorgenti a maggiore resa cromatica (Ra>65) ma con efficienza paragonabili a quelle del sodio ad alta pressione, a parità di potenza e quindi con efficienze superiori 89lm/W. Nello specifico è consentito l'impiego di tali sorgenti nel centro storico, aree commerciali, monumenti, edifici, aree di aggregazione e centri storici in zone di comprovato valore culturale e/o sociale.

Questo principio si integra con quello altrettanto importante di contenimento delle potenze installate per ogni singolo impianto ed applicazione:
- in senso puntuale, in quanto a parità di applicazione e di punti luce è preferibile l'utilizzo di lampade a minore potenza (anche se meno efficienti). Per esempio, se in ambito esclusivamente pedonale, un parco può essere illuminato con le sorgenti a fluorescenza da 23W o tipo a ioduri bruciatore ceramico da 20 o 35W, è preferibile piuttosto che utilizzare lampade da 70W al sodio alta pressione. E' evidente che questa valutazione va fatta a parità di punti luce altrimenti non si sta operando in modo compatibile con la filosofia ed i contenuti della Lr. 17/00 e succ. integrazioni.
- in senso generale, in quanto le scelte progettuali devono mirare alla riduzione delle potenze installate ed all'ottimizzazione degli impianti anche dal punto di vista manutentivo. Per esempio, dove possono essere utilizzati sistemi a LED, di segnalazione o di evidenziazione, anche se l'efficienza è inferiore rispetto ad una

lampada al sodio alta pressione,il loro utilizzo è preferibile in quanto le potenze installate ed i costi manutentivi vengono abbattuti pesantemente (vista l'aspettativa di vita dei led dalle 4 alle 7 volte superiore a quella di lampade tradizionali). L'utilizzo di sorgenti e degli apparecchi a LED non deroga comunque dalla prescrizione della L.r.17/00 e s.m.i. di emissione massima di 0.49cd/klm a 90° ed oltre.

- l'incremento di potenza significa per ogni tipologia di sorgente luminosa incremento di efficienza, e quindi non è in linea con le indicazioni della Lr17/00 e succ. integrazioni. Utilizzare per esempio, sorgenti luminose ad alta potenza agli ioduri metallici da 400W, solo perché efficienti quanto le sorgenti al sodio alta pressione da 70W, quando queste ultime sarebbero sufficienti ad ottenere i risultati illuminotecnici richiesti dalle norme e per legge.

Riassumendo le sorgenti luminose privilegiate sono:

- Stradale: Sodio alta pressione con potenze in relazione alla classificazione illuminotecnica della strada.
- Pedonale: Sodio alta pressione ed in specifici e limitati ambiti, ioduri metallici a bruciatore ceramico con efficienza >89lm/W
- Impianti sportivi: ioduri metallici tradizionali
- Parchi, ciclabili e residenziale: Fluorescenza, sodio alta pressione e in specifici e limitati ambiti, ioduri metallici a bruciatore ceramico con efficienza >89lm/W
- Monumenti ed edifici di valore storico, artistico ed architettonico: sodio alta pressione nelle sue tipologie o ioduri metallici a bruciatore ceramico con efficienza >89lm/W in relazione alle tipologie e colori delle superfici da illuminare.

Le sorgenti previste nella redazione del piano, tenendo in considerazione il colore dei materiali prevalenti, riflessioni e aspetti estetico/funzionali dell'impianto cittadino, nonché la normativa esistente, in particolare la legge regionale n°17/2000, sono le seguenti:

- **Lampade ai vapori di sodio ad alta pressione - Tipo 1:**
  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.
  Temperatura colore T = 1950°K
  Attacco: E27 - E40
  Resa Cromatica Ra=25
  Efficienza 85-130 lm/W
  Potenze: comprese fra 50 a 250W privilegiando le potenze inferiori in relazione alla tipologia di strada.
  Applicazione: Illuminazione di aree urbane e pubbliche o private.

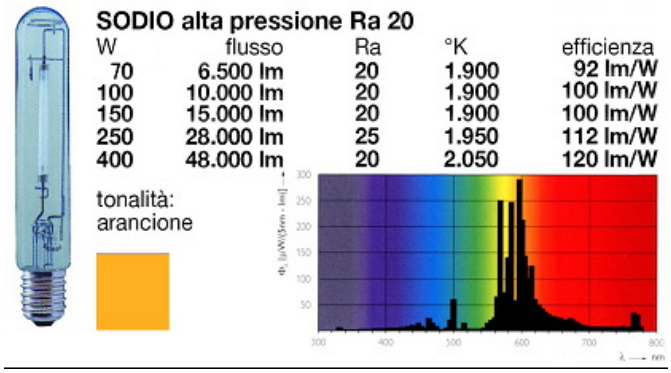


Figura 5.7 – Caratteristiche principali di alcune tipologie di Lampade al sodio alta pressione

- **Lampade ai vapori di sodio ad alta pressione - Tipo 2:**

  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.

  Temperatura colore T = 2150°K

  Attacco: E27 - E40

  Resa Cromatica Ra=65

  Efficienza max 95 lm/W

  Potenze: Sino a 150W

  Applicazione: Illuminazione in cui sia richiesto equilibrio fra colore della luce ed efficienza.

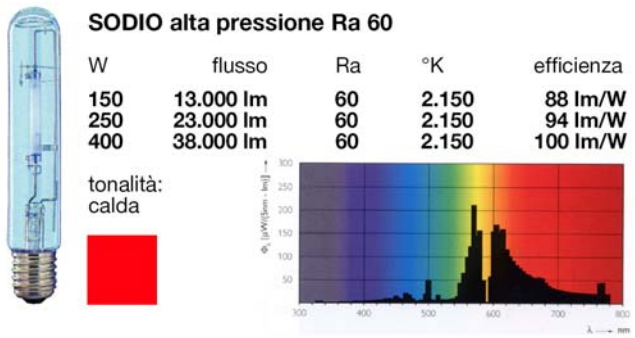


Figura 5.8 – Caratteristiche principali di alcune tipologie di Lampade al sodio alta pressione a Ra maggiorato

- **Lampade ai vapori di sodio a bassa pressione:**

  Costituite da un tubo di scarica ad U all'interno di un bulbo in vetro trasparente alla radiazione visibile, ma riflettente la radiazione infrarossa al fine di aumentare l'efficienza luminosa che risulta la massima attualmente raggiunta.

  Temperatura colore T=1800 K

  Attacco: BY22D

  Efficienza 100-205 lm/W

  Applicazione: Illuminazione di strade dove la resa cromatica non sia essenziale (zone artigianali o industriali), incroci stradali (il colore arancione permette di allertare l'utente della strada). Illuminazione dove si desideri la lampada con la massima efficienza possibile.

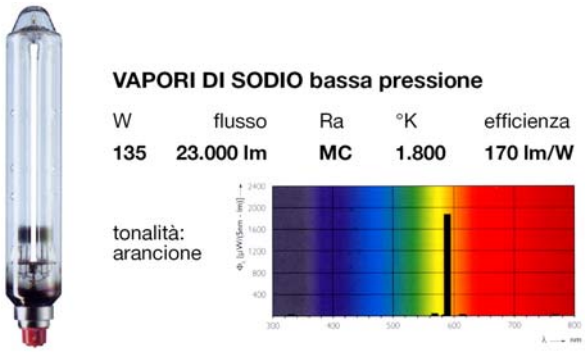


Figura 5.9 – Caratteristiche principali di alcune tipologie di Lampade al sodio bassa pressione

- **Lampade fluorescenti compatte a risparmio energetico:**

  Durata: oltre 15.000 ore

  Temperatura colore T = 3000°K

  Resa Cromatica Ra sino a 82

  Potenze: Sino a 36W

  Applicazione: Illuminazione di aree in cui vi sia presenza di verde. Il loro utilizzo è anche utile in quanto avendo accensione immediata possono essere utilizzati per illuminazione di ciclabili o passaggi pedonali regolati da sensori di movimento.

- **Lampade ad alogenuri metallici – Tipo 1:**

  Bruciatore ceramico

  Durata: oltre 7.000 ore

  Temperatura colore T = 3000°K

  Resa Cromatica Ra=83

  Efficienza: >89 lm/W

  Potenze: da 35 a 150W

  Applicazione: Illuminazione di aree limitate per cui è richiesta un elevata resa cromatica (alcuni elementi del centro storico come monumenti o passeggiate pedonali). Il loro impiego è spesso indicato per l'illuminazione decorativa dei manufatti. Data la loro durata limitata ed alto potere inquinamento dello spettro elettromagnetico, limitarne l'uso ove strettamente necessario.

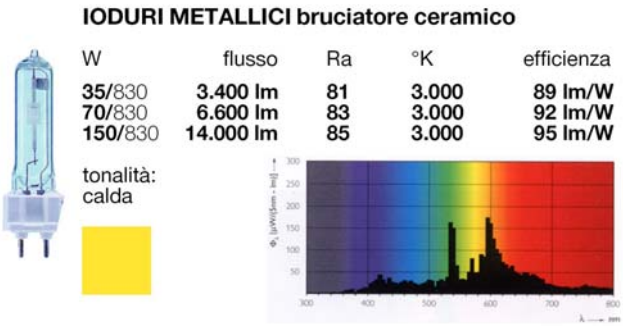


Figura 5.10 – Caratteristiche principali di alcune tipologie di Lampade agli ioduri metallici ad alta efficienza

- **Lampade ad alogenuri metallici – Tipo 2:**

Durata: oltre 7.000 ore

Temperatura colore T = 4500°K

Resa Cromatica Ra=65

Efficienza: >68 lm/W

Potenze: da 250 a 1000W

Applicazione: Illuminazione di aree limitate per cui è richiesta un elevata resa cromatica (tipicamente impianti sportivi). Data la loro bassa efficienza, durata limitata, l'alto potere inquinamento dello spettro elettromagnetico ed infine le alte potenze impiegate limitarne l'uso ove strettamente necessario.

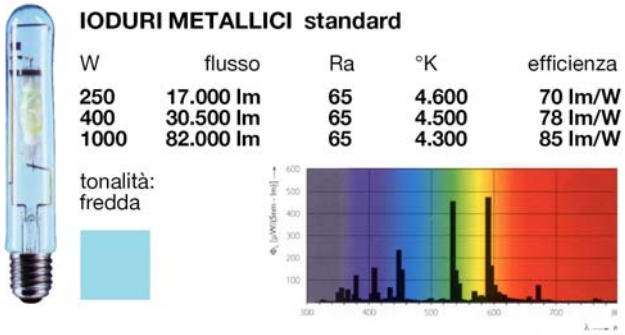


Figura 5.11 – Caratteristiche principali di alcune tipologie di Lampade agli ioduri metallici

La scelta di questi tipi di sorgenti luminose si fonda su precise considerazioni.

1. Le caratteristiche cromatiche delle lampade si adattano particolarmente alle superfici cui sono destinate (la temperatura correlata di colore è infatti compatibile con la curva di riflessione delle superfici di interesse).
2. La temperatura correlata di colore è stata scelta in relazione ai materiali di costruzione ed al tipo di fruizione delle aree. Le sorgenti impiegate risultano facilmente focalizzabili e con una buona stabilità di colore.
3. L'efficienza luminosa elevata consente di limitare la potenza elettrica installata ed assorbita, contenendo quindi i costi di esercizio dell'impianto.
4. Le sorgenti luminose selezionate hanno tutte una vita media-elevata.
5. Si evita l'utilizzo di lampade con un elevato impatto ambientale e contenenti in particolare mercurio.

Per quanto riguarda le caratteristiche cromatiche delle lampade ricordare che:

- esse devono adattarsi alle superfici cui sono destinate (la temperatura di colore è infatti compatibile con la curva di riflessione delle superfici di interesse).
- La temperatura di colore va scelta in relazione ai materiali di costruzione ed al tipo di fruizione delle aree.

b. Eliminazione sorgenti luminose ad elevato impatto ambientale

La scelta del piano dell'illuminazione è quella di eliminare le sorgenti di luce ai vapori di mercurio.

Per tale motivo si ritiene esclusa la realizzazione futura di 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:

1. 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 massimizzazione dell'efficienza.
2. 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.
3. 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, mette definitivamente al bando tali lampade dal territorio europeo dal 1° luglio 2006.
4. La sostituzione di lampade ai vapori di mercurio con lampade al sodio alta pressione permette inoltre di conseguire risultati sia dal punto di vista del risparmio che dell'illuminamento notevolmente superiori come di seguito evidenziato della tabella 5.6.

VECCHIA LAMPADA	NUOVA LAMPADA	INCREMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO	RISPARMIO INDICATIVO [W]
80W Mercurio	50W Sodio AP	- 6% (da 3600 a 3400 lumen)	37,5% (> se aumenta Interdistanza)
80W Mercurio	70W Sodio AP	+ 80% (da 3600 a 6500 lumen)	12,5% (> se aumenta Interdistanza)
125W Mercurio	70W Sodio AP	+ 5% (da 6200 a 6500 lumen)	44%
125W Mercurio	100W Sodio AP	+ 61% (da 6200 a 10000 lumen)	20% (> se aumenta Interdistanza)
250W Mercurio	150W Sodio AP	+19% (da 12500 a 14700 lumen)	40% (> se aumenta Interdistanza)

Tabella 5.4 – Confronto e possibili sostituzioni di lampade ai vapori di mercurio con lampade al sodio alta pressione. I risultati conseguibili in termini di migliore illuminazione a terra sono generalmente di gran lunga superiori al mero computo dell'incremento di flusso luminoso in quanto spesso si passa da corpi illuminanti di bassissima efficienza a corpi illuminanti di nuova generazione.

VECCHIA LAMPADA		NUOVA LAMPADA	INCREMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO	INCREMENTO FLUSSO A TERRA STIMATO
80W Mercurio	=>	70W Sodio AP	+ 80%	100-110% (+ che raddoppia)
125W Mercurio		100W Sodio AP	+ 61%	90-100% (raddoppia)
125W Mercurio		150W Sodio AP	+ 240%	300% (triplica)
250W Mercurio		250W Sodio AP	+ 225%	280-300% (triplica)

Tabella 5.5 – Incremento del flusso luminoso complessivo stimato.

Il risultato di tabella 5.5 è di un grande squilibrio fra il prima ed il dopo in quanto si innesca uno squilibrio dei livelli d'illuminazione e di percezione del territorio, che falsa il resto del territorio facendolo sembrare per confronto completamente buio ed insicuro, imponendo quindi un incremento a catena dei livelli di illuminazione e dei dispendi energetici.

5.6- OTTIMIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI

D.G.R. 7/6162, Articolo 5, "Criteri comuni" , lettera d):

"luminanza media mantenuta delle superfici da illuminare non superiore ai livelli minimi previsti dalle normative tecniche di sicurezza, nel rispetto dei seguenti elementi guida:

- *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 interasse 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, fatte salve diverse disposizioni connesse alla sicurezza, di valori di luminanza omogenei, non superiori ad 1 cd/m2;*
- *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."*

LR 17/00, Art. 6, comma 10bis, lettera c):

"c) dispone l'impiego, a parità di luminanza, di apparecchi che conseguano impegni ridotti di potenza elettrica, condizioni ottimali di interasse dei punti luce e ridotti costi manutentivi; in particolare, i nuovi impianti di illuminazione stradali tradizionali, fatta salva la prescrizione dell'impiego di lampade con la minore potenza installata in relazione al tipo di strada ed al suo indice illuminotecnico, devono garantire un rapporto fra interdistanza e altezza delle sorgenti luminose non inferiore al valore di 3.7. Sono consentite soluzioni alternative solo in quanto funzionali alla certificata migliore efficienza generale dell'impianto."

D.D.G. della Regione Lombardia n. 8950 del 3 Agosto 2007

Allegato 6

a. Ambito stradale

L'ottimizzazione degli impianti d'illuminazione stradale si può conseguire con il concorso (D.D.G. n. 8950 del 3 agosto 2007):

- di una corretta classificazione (capitolo 4 del piano),
- dell'utilizzo dei valori minimi di luminanza previsti dalle norme,
- dell'utilizzo, a parità di condizioni illuminotecniche e numero di sostegni di corpi illuminanti che conseguono la minore potenza installata ed i maggiori risparmi di esercizio e manutentivi.

Indice Illuminotecnico	***Potenze consigliate***	***Potenze consigliate (se la larghezza della carreggiata è superiore a 8 metri)***
1 (Lm=0.3 cd/m2)	*50W-70W*	*70W*
2 (Lm=0.5 cd/m2)	*50W-70W*	*100W-150W (statisticamente non più del 10% dei casi)*
3 (Lm=0.75 cd/m2)	*70W*	*100W (statisticamente il 25-35% dei casi)* *150W (statisticamente solo il 10-15% dei casi)*
4 (Lm=1 cd/m2)	*70W-100W*	*150W (statisticamente solo il 20-30% dei casi)*
5 (Lm=1.5 cd/m2)	*100W-150W*	*150W (statisticamente il 50% dei casi)*
6 (Lm=2 cd/m2)	*150W-250W*	*250W (statisticamente il 40% dei casi)*

Tabella 5.6 Orientativa (per ottimizzare i risparmi ed i risultati illuminotecnici): si vedano i progetti illuminotecnici campione del successivo capitolo 7

A completamento dei concetti sopra espressi, la legge regionale specifica inoltre per i nuovi impianti d'illuminazione un rapporto minimo di "interdistanza su altezza" dei sostegni maggiore di 3,7 a parità degli altri parametri di ottimizzazione. E' possibile conseguire un rapporto superiore a 3,7, anche per carreggiate di larghezza pari a 14 metri, ma è necessario cercare sempre il corpo illuminante più adeguato a ciascuna esigenza installativa ed applicativa.

Sono evidenti le seguenti osservazioni emerse dall'applicazione della L.r. 17/00 e s.m.i.:

- per *impianti di illuminazione stradali tradizionali* si intende qualsiasi impianto d'illuminazione che utilizza corpi illuminanti posti su sostegni o a parete, sia di tipo stradale che di arredo urbano (lanterna o altro),
- il rapporto minimo accettabile di 3.7 non è conseguibile ovviamente, solo ed unicamente in corrispondenza di ostacoli invalicabili, quali viali alberati o in corrispondenza di incroci,
- sono ammessi apparecchi su entrambi i lati della strada (quinconce o bilaterali) o a centro strada, solo in caso di carreggiate separate, sempre nel rispetto d un rapporto minimo accettabile di 3.7. Per installazioni quinconce tal rapporto è riferito a apparecchi consecutivi ma su lati opposti della carreggiata e per bilaterali frontali deve essere moltiplicato per 2.
- La frase *Sono consentite soluzioni alternative solo in quanto funzionali alla certificata migliore efficienza generale dell'impianto* non contempla la deroga a rapporto minimo accettabile di 3.7, se si utilizzano sistemi di riduzione di flusso luminoso (peraltro altrettanto obbligatori) o se si persegue il confronto con corpi illuminanti con potenze inferiori, ma complessivamente superiori per km di strada e con maggiori costi manutentivi.
- In caso di viali alberati, ostacoli, incroci, l'interdistanza è forzatamente limitata da tale presenza e spesso il rapporto 3.7 non è perseguibile. Si ricorda comunque che 3.7 ha valore all'interno di un progetto illuminotecnico di un tratto rettilineo di strada e come tale deve essere inteso, rivalutando la situazione in corrispondenza di intersezioni. Prevedere indicativamente la posizione dei sostegni in modo da non interferire con passaggi, ostacoli vari, curve strette o comunque alberi, mediando affinché il valore medio del rapporto interdistanza altezza non sia inferiore a 3.7

L'ottimizzazione si ottiene solo con una progettazione illuminotecnica accurata che tenga conto e ricerchi la configurazione dell'impianto che meglio soddisfi le seguenti indicazioni:

1. massimizzare il rapporto interdistanza su altezza palo, scegliendo i progetti con rapporti minimi. Adottare come linee guida i valori suggeriti nella tabella 5.6.

2. minimizzare la potenza installata per chilometro di strada.

   Adottare come linee guida i valori suggeriti nella tabella 5.5.

3. minimizzare i costi di esercizio e di manutenzione.

Per ottenere i risultati richiesti scegliere accuratamente i corpi illuminanti normalmente preferendo quelli che, a parità di condizioni con corpo con vetro piano orizzontale, sono caratterizzati da curve fotometriche molto aperte e fortemente asimmetriche lungo l'asse trasversale alla strada per riuscire a coprire in modo uniforme tutta la strada e le sue aree attinenti.

Non sempre gli apparecchi che permettono la massimizzazione del rapporto interdistanza/altezza palo sono quelli da preferire in quanto a volte questa ottimizzazione non coincide con la minimizzazione della potenza installata (maggiori risparmi sui consumi energetici) o con la minimizzazione del numero di apparecchi installati (che si ottiene con la massimizzazione dell'interdistanza e minimizza i costi di installazione e di manutenzione).

b. Easy Light - Save the Sky e verifica della conformità alla L.r. 17/00 e s.m.i.

Di seguito viene illustrato uno strumento che può essere un valido aiuto per le verifiche dell'illuminazione pubblica ed in generale del rispetto della L.r. 17/00 e s.m.i..
Easy Light - Save the Sky, è un programma di illuminotecnica, rivolto a principianti ed esperti, che si prefigge di ottimizzare i processi relativi alla progettazione illuminotecnica delle strade a traffico veicolare:
- Ottimizzazione delle interdistanze degli apparecchi di illuminazione,
- Minimizzare le potenze installate per km di strada,
- Minimizzare (compatibilmente con le normative tecniche e/o di sicurezza) la luminanza media mantenuta,
- Sfruttare al meglio e scegliere le migliori ottiche stradali,
- Ed infine abbattere il flusso luminoso inviato direttamente verso il cielo nel rispetto della LR della Lombardia 17/00 e succ. integrazioni.

Easy Light può essere usato anche per la verifica della conformità dei corpi illuminanti alla L.r. 17/00 e s.m.i. per visualizzare le tabelle fotometriche ed in particolare i valori per gamma maggiore o uguale a 90°.
Nei programmi d'illuminotecnica in commercio, il progettista decide i parametri della strada, quindi quelli di calcolo e poi il risultato che ne esce viene confrontato acriticamente con le norme tecniche. Se si rientra nei valori prefissati il progetto è completo altrimenti viene ripetuto il calcolo con valori diversi.
Easy Light: stabiliti i parametri della strada, ed i valori da rispettare per soddisfare le norme tecniche, ottimizza le variabili di calcolo al fine di ricercare le configurazioni che consentono il maggior risparmio energetico, realizzativo, manutentivo e di gestione.
Il programma è gratuito e scaricabile all'indirizzo: http://www.vialattea.net/bonata/stsky.htm

Una copia personalizzata di tale software è parte integrante di tale piano della luce.

STS E' stato costruito nel pieno adempimento della norme UNI 10439 revisione 1 del 2001 e fa riferimento ai sistemi di calcolo propri delle CIE30 ed è stato recentemente aggiornato per le norme EN13201 anche se non applicabili in quanto al momento della stesura del piano non ancora approvate nella loro interezza.

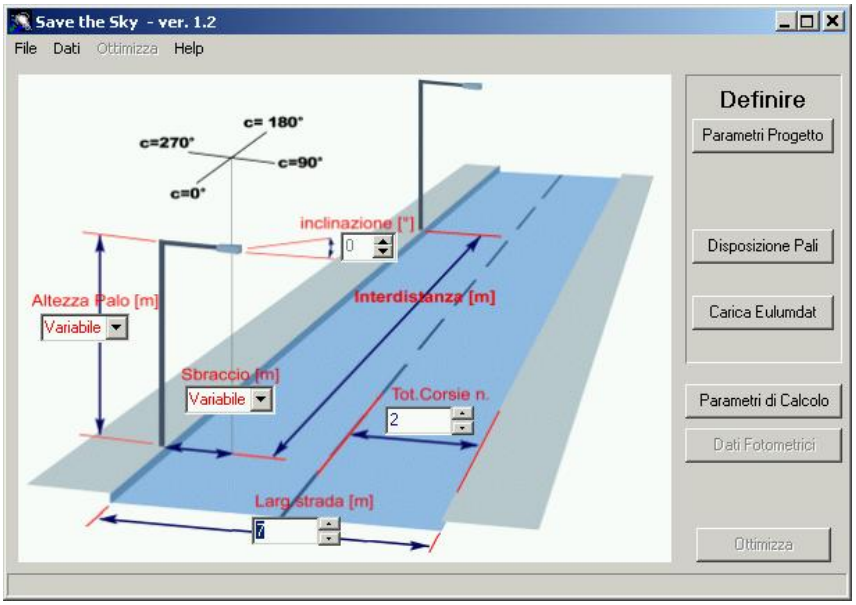


Figura 5.12 – Schermata principale di STS – Easy Light

Easy Light - Save the Sky fornisce analoghi risultati a quelli dei più noti software in commercio, con modeste differenze (sul valore della luminanza del 2-3%, maggiore talvolta per UG e Ul in base alle definizioni di osservatori prescelte da ciascun programma). I Programmi di riferimento principalmente utilizzati per verificare l'attendibilità di Save the Sky sono: LiteStar 4.1 e 5.0, Relux 3.0, ewoEXCALC 1.01.03.

IMPORTANTE: Easy Light - Save the Sky NON è un programma di progettazione illuminotecnica, anche se fornisce tutte le informazioni necessarie per la PROGETTAZIONE e per la VERIFICA illuminotecnica.

Easy Light - Save the Sky fornisce però i parametri migliori per conseguire la migliore progettazione illuminotecnica. E' quindi una guida per scegliere i parametri per progettare l'illuminazione delle strade con uno o più programmi fra le decine degli stessi disponibili in commercio e per questo realizzati.

I risultati ottenibili sono molto interessanti in quanto STS riesce ad incrementare mediamente dal 20 al 40% le prestazioni di un progetto illuminotecnico standard.

c. Ambiti di applicazione NON stradale:

Linee guida di ottimizzazione (D.D.G. n. 8950 del 3 agosto 2007):

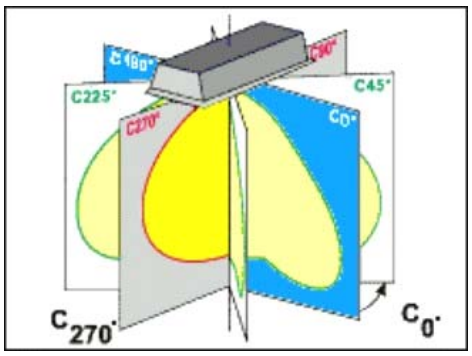
- il fattore da ottimizzare in tale ambito è la potenza installata (puntuale e complessiva) che deve essere la minore possibile a parità di fattore di utilizzazione, sempre nel rispetto delle norme tecniche e di sicurezza vigenti (EN13201), e qualora queste non siano applicabili, con luminanze medie mantenute non superiori a 1cd/m2.
- Utilizzare, a parità di condizioni, apparecchi che conseguono la minore potenza installata ed il maggiore risparmio manutentivi.

Per quanto attiene alle prescrizioni normative, la legge non specifica valori da conseguire ma solo che il progettista deve dimostrare nella sua relazione di aver cercato di conseguire i maggiori risultati in termini di ottimizzazione e risparmio energetico.

Nello specifico, in impianti d'illuminazione di piste ciclabili o ciclopedonali, qualora il passo installativo non sia vincolato dall'utilizzo di sostegni condivisi con l'illuminazione stradale, può essere considerato come minimo efficace un rapporto interdistanza/altezza minimo di progetto di 4,5.

d. Scelta degli apparecchi in funzione della loro curva fotometrica

Caratteristiche della distribuzione della luce



Dalle curve fotometriche, che sono la forma grafica delle tabella fotometrica di cui al precedente capitolo 5.3, si può meglio capire se un apparecchio è idoneo per l'applicazione per cui si voglia utilizzarlo.

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 suo flusso luminoso. Vediamo 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 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.

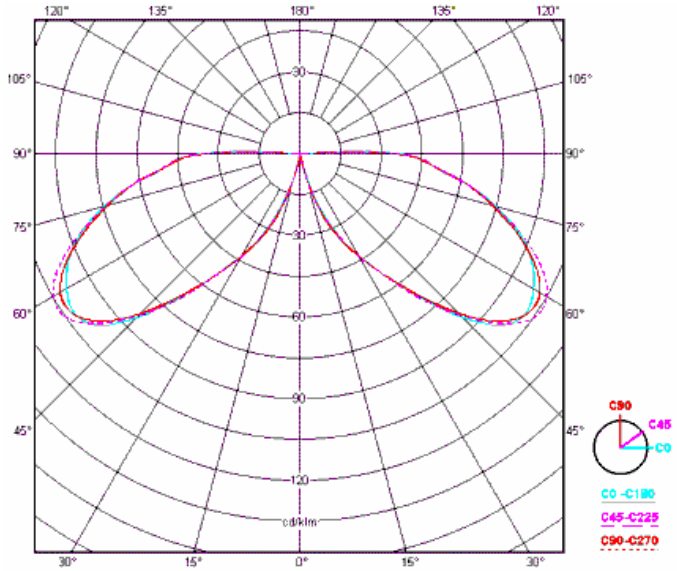


Figura 5.13 - Curva fotometrica simmetrica (le misure su i tre piani sono quasi identiche)

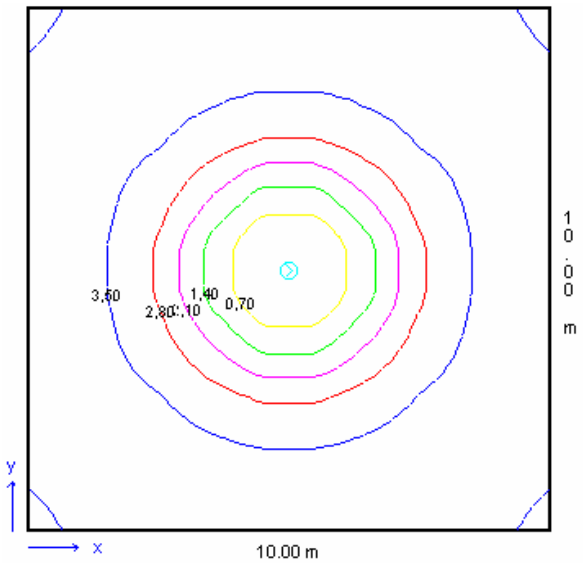


Figura 5.14 - Illuminamento con curve isolux rotonde e concentriche.

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.

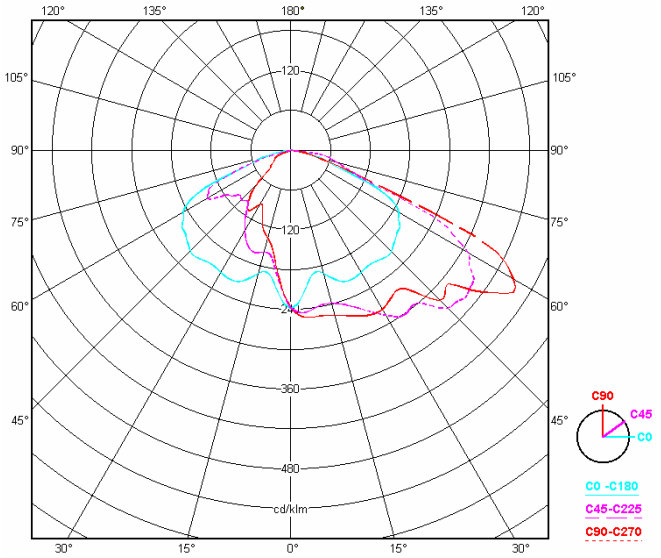


Figura 5.15 – Curva fotometrica di apparecchio asimmetrico misurata su 3 piani.

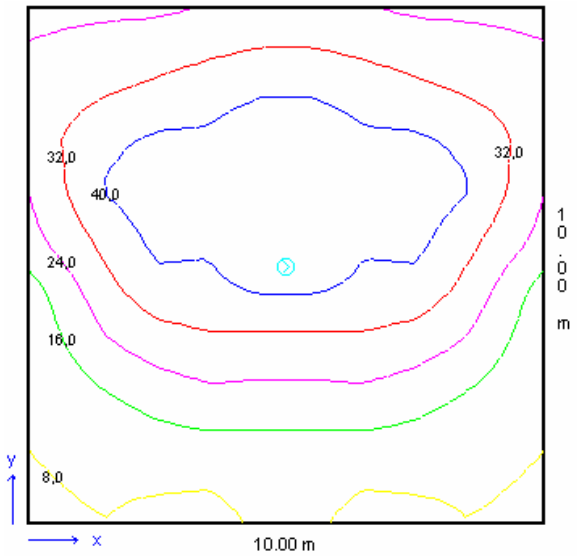


Figura 5.16 - Livelli isolux riferiti all'apparecchio della curva di sinistra.

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 come in figura 5.14 ma preferibilmente allungata lungo l'asse della strada, 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 come in figura 5.16 e come meglio spiegato di seguito nelle figure dalla 5.19.

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°- C=180°), inviare lateralmente molta luce, quindi con elevata intensità. Sulla verticale il livello di luce necessario è inferiore. Invece sul piano (C=90°- C=270°) sarà importante rilevare che le maggiori intensità luminose si trovino verso il lato da illuminare tra 0° e i 90°.

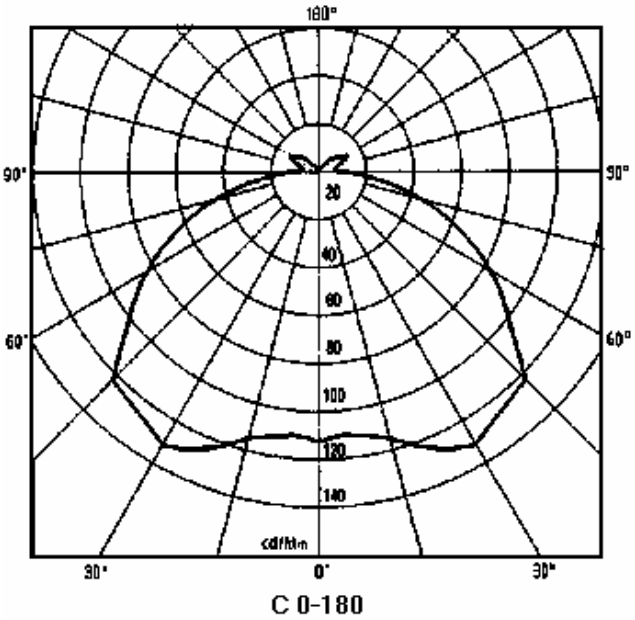


Figura 5.17 – Curva di apparecchio che non allarga il fascio luminoso longitudinalmente alla strada

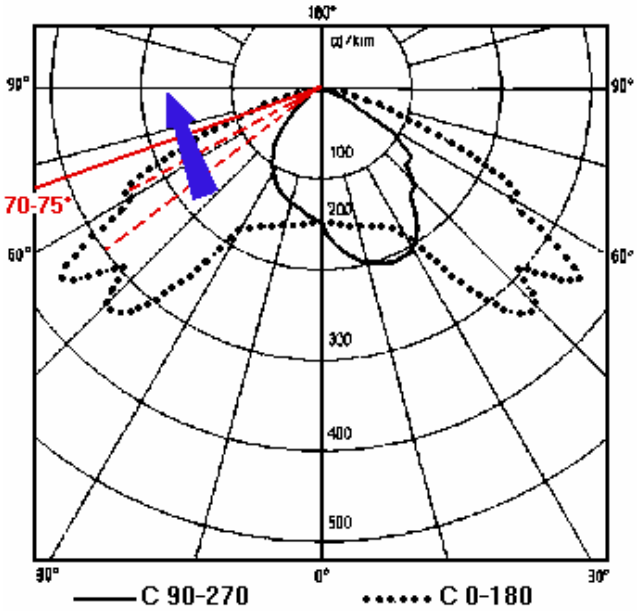


Figura 5.18 – Curva di apparecchio che allarga molto il fascio longitudinalmente alla strada (tratteggiata) e con buona asimmetria ed emissione della luce verso l'estremità opposta della strada (curva piena)

Un altro punto 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 testapalo (si veda la curva continua di figura 5.18).

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° 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 sbagliato condiziona notevolmente l'installazione, obbligando a scelte progettuali che non permettono di rispettare le indicazioni della L.r. 17/00 e s.m.i.. Di seguito si riportano 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.

In figura 5.19 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.

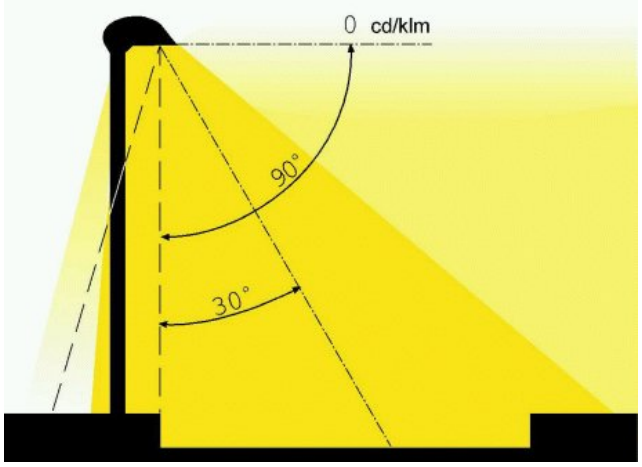


Figura 5.19 – Apparecchio che illumina adeguatamente tutta la carreggiata lungo la direzione trasversale con fascio luminoso inclinato di 25-30°

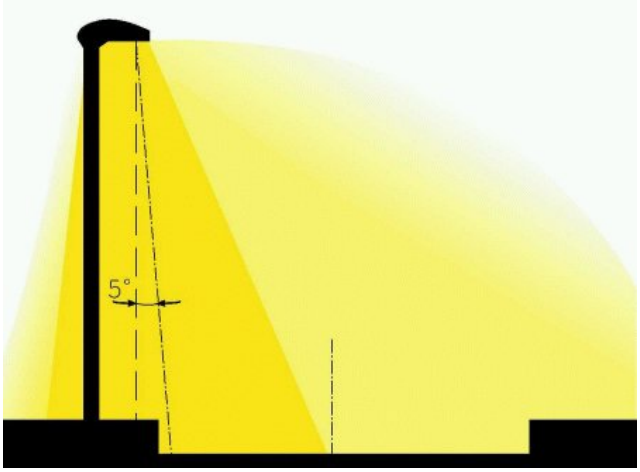


Figura 5.20 – La ridotta inclinazione del fascio luminoso non permette di spingere il fascio oltre metà della carreggiata.

Se quindi il l'apparecchio d'illuminazione ha una fotometria corretta e studiata ad alte prestazioni, è possibile alla stesso tempo soddisfare i requisiti minimi di sicurezza richiesti dalle norme tecniche, nel rispetto della L.r. 17/00 e s.m.i. 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, in figura 5.20 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.

Per sopperire a questi inconvenienti 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, si veda la figura 5.21, il fascio luminoso viene inviato in parte verso la volta celeste contravvenendo a quanto disposto dalla L.r. 17/00 e s.m.i..

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° ed oltre diventa superiore a quella ammessa dalla L.r. 17/00 e s.m.i. (0cd/klm). Si veda figura 5.22.

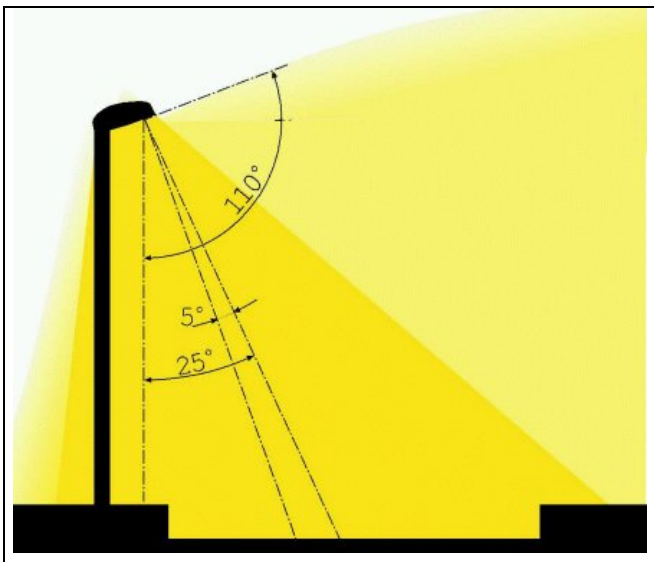


Figura 5.21 – Apparecchi con fasci poco inclinati vengono inclinati per aumentare l'uniformità trasversale. Installazione non corretta per la L.r. 17/00 e s.m.i. con luce inviata verso il cielo.

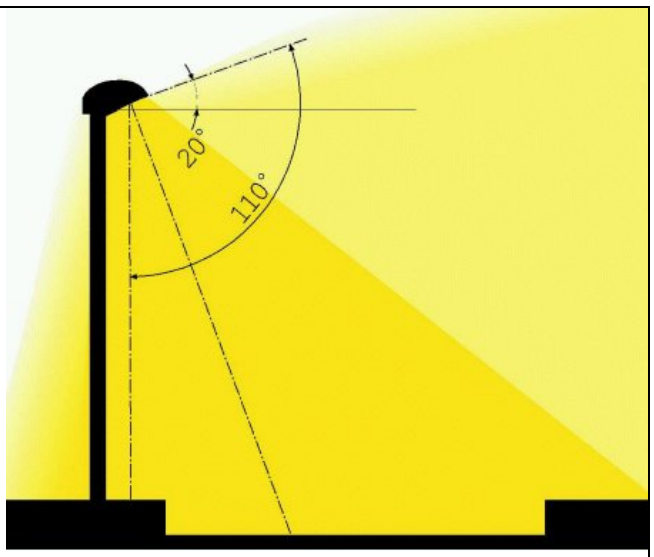


Figura 5.22 – Apparecchi orizzontali con vetro inclinato per inclinare il fascio luminoso e migliorare le prestazioni trasversali. Installazione non corretta per la L.r. 17/00 e s.m.i..

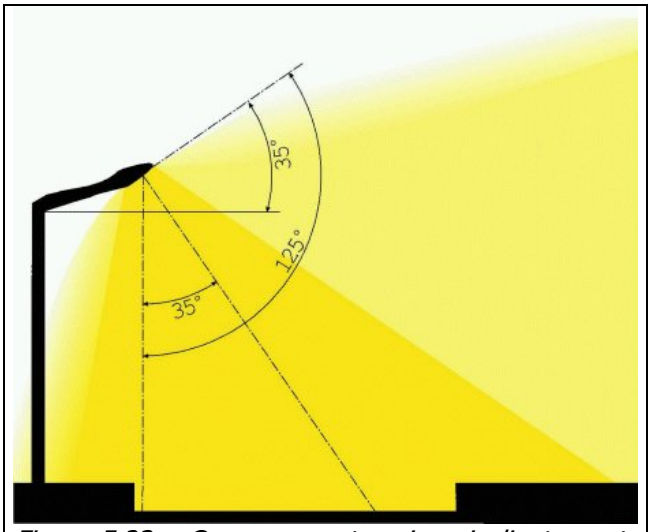


Figura 5.23 – Corpo con vetro piano inclinato posto su sostegno inclinato. Installazione scorretta.

La situazione peggiora ulteriormente, figura 5.23, quando anche il sostengo 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.

5.7- 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.

a. Requisiti per l'illuminazione stradale

Classe	Tipo di strada e ambito territoriale	Indice di categoria illuminotecnica	Tipo di Lampade	Resa Cromatica (x SA)	Rapporto min consigliato Interdistanza / Alt. Sostegno
A	Autostrade extraurbane	6	**SB – SA**	Ra=20-25 Oppure MC	4.0
A	Autostrade urbane	6	**SB - SA**	Ra=20-25	4.0
B	Strade extraurbane principali	6	**SB – SA**	Ra=20-25 Oppure MC	4.0
C	Strade extraurbane secondarie	5	**SB – SA**	Ra=20-25 Oppure MC	4.0
D	Strade urbane di scorrimento veloce	6	**SA**	Ra=20-65	4.0
D	Strade urbane di scorrimento	4	**SA**	Ra=20-25	4.3
E	Strade urbane interquartiere	5	**SA**	Ra=20-65	4.0
E	Strade urbane di quartiere	4	**SA**	Ra=20-25	4.3
F	Strade extraurbane locali	4	**SA**	Ra=20-25	4.3
F	Strade urbane locali interzonali	3	**SA**	Ra=20-25	4.3
F	Strade urbane locali	2	**SA**	Ra=20-25	4.5

Tabella 5.6. Interdistanze e tipo di lampade (e resa cromatica) in base all'indice illuminotecnico ed al tipo di strada. Le Lampade al sodio BP sono indicate ove non è importante la resa cromatica.

b. Requisiti illuminotecnici e impianti d'illuminazione particolari

Valori consigliati per strade a traffico limitato e prevalentemente pedonale e per altre aree				
Tipo di strada e ambito territoriale	**Valori di Illuminamento o Luminanza (ridurre entro le ore 24)**	**Tipo di Lampade**	**Resa Cromatica**	**Rapporto min consigliato Interdistanza/ Alt. Sostegno**
Strade di centro storico (traffico tipo pedonale ma con presenza anche di veicoli di vario tipo)	EN13201 – Classe CE	**SA-HIc**	Ra>60	3.7
Strade commerciali pedonali di centro cittadino	EN13201 – Classe S	**SA-HIc**	Ra>60	3.7
Strade commerciali	EN13201 – Classe S	**SA**	Ra=60-65	3.7
Piazze antiche di centro storico	EN13201 – Classe S	**SA-HIc**	Ra>60	-
Piazze	EN13201 – Classe S	**SA**	Ra=20-65	-
Parcheggi, grandi aree	EN13201 – Classe S	**SA-SB**	Ra=20-25 Oppure MC	-
Sentieri e vialetti in giardini e parchi	EN13201 – Classe S	**SA-FI**	Ra>60	-
Parchi giochi	EN13201 – Classe S	**SA-SB-FI**	Ra=20-25	-
Piste ciclabili	EN13201 – Classe S	**SA-FI**	Ra=20-65	4
Strade (aree) industriali con utilizzo prevalente diurno	UNI10439 – Indice Ill. 2	**SA-SB**	Ra=20-25 Oppure MC	4
Strade (aree) industriali con utilizzo anche notturno	EN12462	**SA**	Ra=20-65	3.7
Attraversamenti Pedonali	EN13201 – Classe CE	**SA**		-
Incroci, Rotatorie	EN13201 – Classe CE	**SA**	Ra=20-25 Oppure MC	-
Impianti sportivi (riferirsi alla relativa normativa tecnica)	UNI EN12193	**HI**	Ra>65	-
Residenziale	–	**SA-HI-FI**	Ra=20-65	-
Piazzali e aree di sosta autostradali	**1 cd/m2**	**SA-SB**	Ra=20-25 Oppure MC	-
Caserme, Campi militari	**1 cd/m2**	**SA-SB**	Ra=20-25 Oppure MC	-
Aree di rifornimento carburante	**1 cd/m2**	**SA**	Ra=20-25 Oppure MC	-
Impianti industriali, Centrali elettriche, etc.. (riferirsi alla relativa norma di sicurezza)	**1 cd/m2**	**SA-SB**	Ra=20-25 Oppure MC	-
Scalinate, Rampe	**1 cd/m2**	**SA-HIc**	Ra>65	-
Scali ferroviarie, porti, fluviali, aeroporti	**1 cd/m2**	**SA-SB**	Ra=20-25 Oppure MC	-
Zone archeologiche	**1 cd/m2**	**SA-HIc**	Ra=20-25 Oppure MC	-
Edifici e monumenti storici o di alto valore architettonico	**1 cd/m2 (ove possibile dall'alto verso il basso) 15 lux se dal basso**	**SA-HIc**	Ra>60	-
Capannoni Industriali e edifici generici	**1 cd/m2 (SOLO dall'alto verso il basso)**	**SA-SB**	Ra=20-25 Oppure MC	-
Insegne	**1 cd/m2 (SOLO dall'alto verso il basso)**	**SA-HI-FI**	Ra>60	-

Tabella 5.7 – Lampade consigliate, resa cromatica, interdistanza (ove possibile) per strade a traffico limitato pedonale o altre aree. Per SA Si intende sodio alta pressione, SB sodio bassa pressione e per HI ioduri metallici, per Hic ioduri metallici a bruciatore ceramico ed alta efficienza, infine FI è fluorescenza compatta.

5.8- CRITERI TECNICI INTEGRATIVI PER IMPIANTI SPECIFICI

Si riportano di seguito i riferimenti legislativi in merito ad impianti specifici, ove necessario, appositamente commentati ed integrati.

a. Stradali Extraurbani

D.G.R. 7/6162, Art. 6. "Criteri per impianti specifici":
"L'illuminazione di autostrade, tangenziali, circonvallazioni, ecc. deve essere garantita con l'impiego, preferibilmente, di lampade al sodio a bassa pressione; sono ammessi, ove necessario, analoghe lampade ad alta pressione."

b. Grandi Aree

D.G.R. 7/6162, Art. 6. "Criteri per impianti specifici":
"L'illuminazione di parcheggi, piazzali, piazze ed altre superfici similari deve essere garantita con l'impiego, preferibilmente, di lampade al sodio ad alta o bassa pressione;
Gli impianti devono essere dotati di appositi sistemi di spegnimento o di riduzione della luminanza nei periodi di non utilizzazione.
L'installazione di torri-faro, deve prevedere una potenza installata inferiore, a parità di luminanza delle superfici illuminate, a quella di un impianto con apparecchi tradizionali, ovvero se il fattore di utilizzazione, riferito alla sola superficie stradale, superi il valore di 0,5."

c. Centri storici e vie commerciali

D.G.R. 7/6162, Art. 6. "Criteri per impianti specifici":
"I centri luminosi, in presenza di alberature, devono essere posizionati in modo da evitare che il flusso verso le superfici da illuminare sia intercettato significativamente dalla chioma degli alberi stessi.
L'illuminazione dei centri storici deve dare preferenza agli apparecchi posizionati sotto gronda o direttamente a parete."

d. Impianti sportivi

D.G.R. 7/6162, Art. 7. "Criteri per altri impianti specifici":
"L'illuminazione di tali impianti, operata con fari, torri-faro e proiettori, deve essere realizzata nel rispetto delle indicazioni generali di cui al capitolo 5.
La stessa deve essere garantita con l'impiego, preferibilmente, di lampade ad alta efficienza; ove ricorra la necessità di garantire un'alta resa cromatica, è consentito l'impiego di lampade agli alogenuri metallici.
Gli impianti devono essere dotati di appositi sistemi di variazione della luminanza in relazione alle attività/avvenimenti quali allenamenti, gare, riprese televisive, ed altri.
I proiettori devono essere di tipo asimmetrico, con inclinazione tale da contenere la dispersione di luce al di fuori dell'area destinata all'attività sportiva.

Per gli impianti sportivi di grandi dimensioni, ove siano previste riprese televisive, è consentito affiancare, ai proiettori asimmetrici, proiettori a fasci concentranti comunque dotati di schermature per evitare la dispersione della luce al di fuori delle aree designate.

Figura 5.24 - Impianti sportivi illuminati in modo conforme alla L.R.17/00 con proiettori asimmetrici orientati orizzontalmente e che non disperdono luce vero l'alto.

L.R. 17/00 Art. 6, comma 6:

"6. Nell'illuminazione di impianti sportivi e grandi aree di ogni tipo devono essere impiegati criteri e mezzi per evitare fenomeni di dispersione di luce verso l'alto e al di fuori dei suddetti impianti. E' concessa deroga alle disposizioni del comma 2 in termini di intensità luminosa massima, per gli impianti sportivi con oltre 5.000 posti a sedere, a condizione che gli apparecchi di illuminazione vengano spenti entro le ore ventiquattro e siano comunque dotati delle migliori applicazioni per il contenimento del flusso luminoso verso l'alto ed all'esterno degli impianti medesimi."

Figura 5.25 – Salò: Impianto sportivo di grande dimensioni conforme alla L.r. 17/00 e s.m.i.

Commenti:

Gli impianti sportivi devono essere realizzati con corpi illuminanti con un'emissione luminosa verso l'alto non superiore ad una intensità luminosa massima di 0.49cd/klm a 90° ed oltre ad esclusione di impianti di grandi dimensioni, con posti a sedere superiori a 5000 persone, per i quali è richiesto espressamente di dimostrare di aver fatto il possibile per il contenimento dei fenomeni di abbagliamento.

Nelle figure 5.24 e 5.25 sono riportati degli esempi di impianti d'illuminazione per attività sportive conformi alla L.r. 17/00 e s.m.i.. Nello specifico in figura 5.25 è riportato l'esempio di un impianto sportivo di grandi dimensioni la cui illuminazione è realizzata con emissione diretta verso l'alto contenuta entro 0.49cd/klm a 90° ed oltre, a dimostrazione che anche per grandi impianti, la scelta di soluzioni eco-compatibili è comunque preferibile a soluzioni di illuminazione tradizionale, questo richiede una maggiore ricerca in termini di prodotti di qualità, ma comunque con risultati effettivamente superiori:

- in termini di contenimento dell'inquinamento luminoso, di abbattimento dei fenomeni di luce intrusiva, ed abbagliante,
- in termini di riduzione dei costi di primo impianto ed energetici (in questo caso specifico dell'ordine del 15%),

e. Monumenti ed edifici

D.G.R. 7/6162, Art. 7. "Criteri per altri impianti specifici":

"L'illuminazione di tali manufatti, fatte salve le indicazioni generali di cui al capitolo 5), deve essere, preferibilmente, di tipo radente, dall'alto verso il basso; solo nel caso di conclamata impossibilità e per manufatti di particolare e comprovato valore storico, i fasci di luce possono essere orientati diversamente, rimanendo, comunque, almeno un metro al di sotto del bordo superiore della superficie da illuminare e, in ogni caso, entro il perimetro della stessa, provvedendo allo spegnimento parziale o totale, o alla diminuzione di potenza impiegata entro le ore ventiquattro.

L'impianto deve utilizzare ottiche in grado di collimare il fascio luminoso anche attraverso proiettori tipo spot o sagomatori di luce ed essere corredato di eventuali schermi antidispersione.

La luminanza media mantenuta non deve superare quella delle superfici illuminate nelle aree circostanti, quali strade, edifici o altro e, in ogni caso, essere contenuta entro il valore medio di 1 cd/m^2 .

L'illuminazione dei capannoni industriali deve essere effettuata privilegiando le lampade al sodio a bassa pressione.

Per gli edifici privi di valore storico sono da preferire le lampade ad alta efficienza, quali quelle al sodio ad alta pressione ed anche, eventualmente, a bassa pressione; in alternativa possono essere utilizzati impianti dotati di sensori di movimento per l'accensione degli apparecchi per l'illuminazione di protezione. Sono da prevedere, altresì, sistemi di controllo che provvedano allo spegnimento parziale o totale, o alla diminuzione di potenza impiegata, entro le ore ventiquattro."

Il D.G.r 7/6162, per quanto riguarda l'illuminazione degli edifici, è in parte stato abrogato (la parte sottolineata è abrogata) con l'approvazione della LR38/04 che ha integrato la L.r. 17/00 come segue.

L.r. 17/00 Art. 6, comma 10:

"10. L'illuminazione di edifici e monumenti, fatte salve le disposizioni del comma 2 in termini di intensità luminosa massima, deve essere di tipo radente, dall'alto verso il basso; solo nei casi di comprovata inapplicabilità del metodo ed esclusivamente per manufatti di comprovato valore artistico, architettonico e storico, sono ammesse altre forme di illuminazione, purchè i fasci di luce rimangano entro il perimetro delle stesse, l'illuminamento non superi i 15 lux, l'emissione massima al di fuori della sagoma da illuminare non superi i 5 lux e gli apparecchi di illuminazione vengano spenti entro le ore ventiquattro."

Sintesi : Disposizioni specifiche per edifici e monumenti

Illuminazione di edifici generici e/o capannoni:

- illuminazione di tipo radente, dall'alto verso il basso, o comunque con intensità luminosa massima dei corpi illuminanti minore di 0.49cd/klm a 90° ed oltre,
- luminanza media delle superfici illuminate inferiore a 1cd/m2 (come disposto dal regolamento attuativo della L.r. 17/00),
- Sorgenti al sodio a alta e bassa pressione, o in alternativa impianti dotati di sensori di movimento per l'accensione degli apparecchi per l'illuminazione di protezione,
- spegnimento parziale o totale, o diminuzione di potenza impiegata, entro le ore ventiquattro,

Illuminazione di edifici e monumenti di comprovato valore artistico, architettonico e storico:

- preferibile una illuminazione di tipo radente, dall'alto verso il basso con intensità luminosa massima dei corpi illuminanti minore di 0.49cd/klm a 90° ed oltre,
- sono ammesse altre forme di illuminazione, purché i fasci di luce rimangano entro il perimetro delle stesse, l'illuminamento non superi i 15 lux, l'emissione massima al di fuori della sagoma da illuminare non superi i 5 lux
- adottare ottiche in grado di collimare il fascio luminoso anche attraverso proiettori tipo spot o sagomatori di luce ed essere corredato di eventuali schermi antidispersione.
- spegnimento entro le ore ventiquattro (per lo meno per la parte con emissione superiore a 0.49cd/klm a 90° ed oltre, negli altri casi parzializzazione o diminuzione di potenza impiegata, entro le ore ventiquattro,

f. Insegne prive di illuminazione propria

D.G.R. 7/6162, Art. 7. "Criteri per altri impianti specifici":

"L'illuminazione deve essere realizzata dall'alto verso il basso, come definito nel capitolo 5 "Criteri comuni". Appartengono a questa categoria le insegne con sorgenti di luce esterne alle stesse;"

Chiarimenti:

L'illuminazione di insegne deve essere realizzata con apparecchi che nella posizione di installazione hanno una emissione luminosa massima di 0.49 cd/klm a 90° ed oltre.

Nel solo caso delle insegne questo risultato si può ottenere anche con corpo illuminante inclinato purchè il prolungamento / l'estensione del vetro di chiusura piano del proiettore, intercetti la parete.

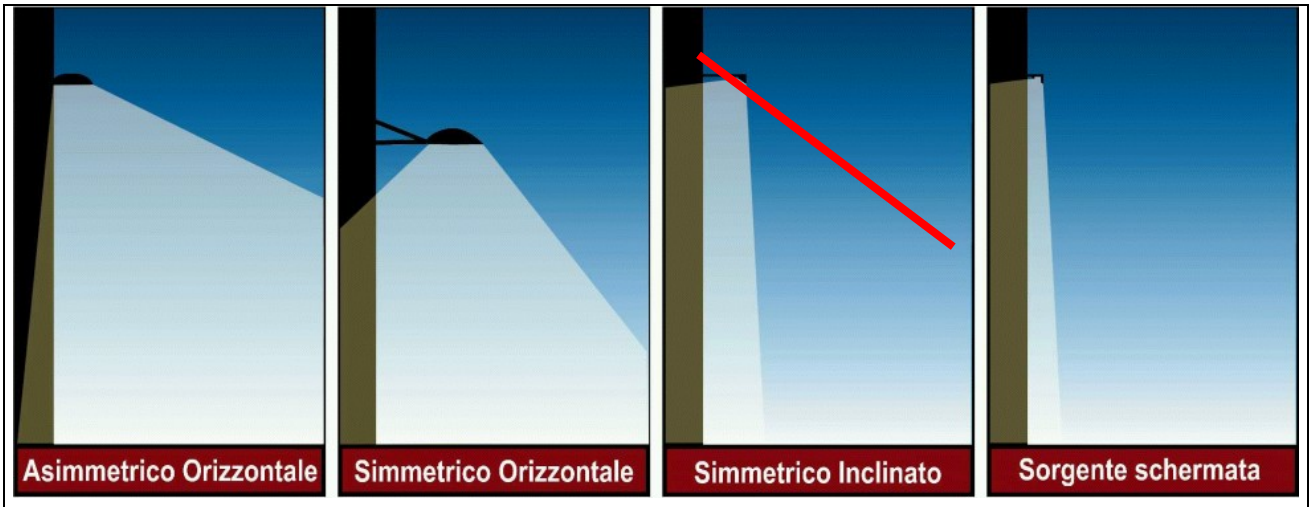


Figura 5.26– Installazioni ammesse. Nel caso "Simmetrico inclinato", l'inclinazione deve essere tale che il piano passante per il vetro del proiettore inclinato venga comunque intercettato dalla parete altrimenti l'apparecchi non risulta più conforme. (Cortesia CieloBuio)

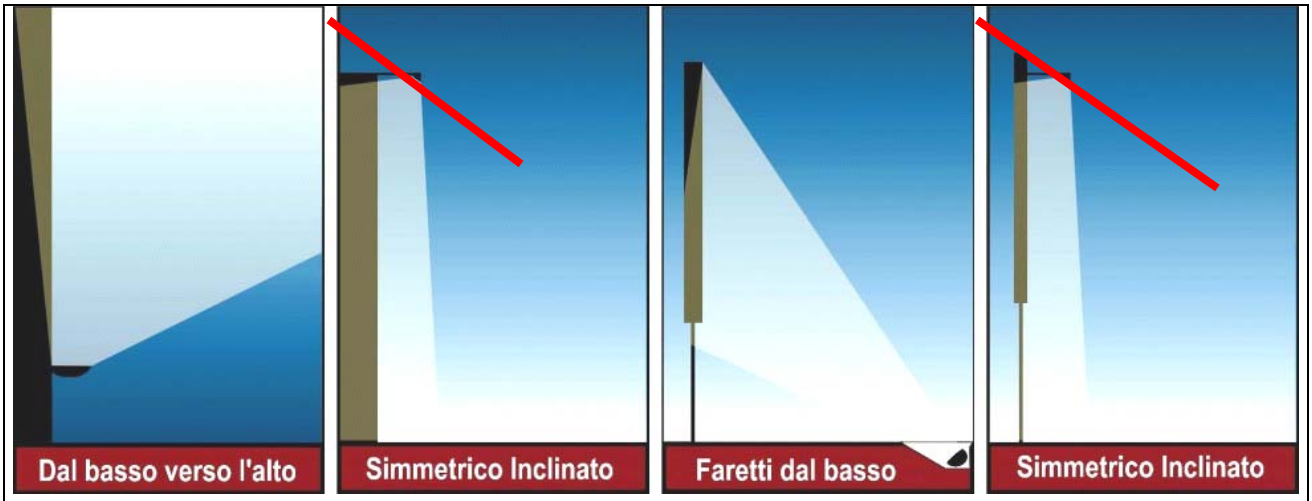


Figura 5.27 – Installazioni non conformi alla L.r. 17/00 e s.m.i.. Partendo da sinistra l'illuminazione dal basso non è consentita se non per illuminazione di manufatti storici ed artistici ma mantenendo il fascio all'interno della sagoma dello stesso, nella seconda l'illuminazione dell'apparecchio inclinato va oltre l'edificio in quanto il piano passante per il vetro del proiettore inclinato non viene intercettato dalla parete. Nella terza e quarta immagine l'illuminazione del cartellone non è corretta in quanto l'unica illuminazione corretta sarebbe con proiettore orizzontale dall'alto verso il basso. (Cortesia CieloBuio)

g. 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 ha un ruolo importante nel periodo invernale nell'area della pianura 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 è certamente utile, 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 [1/m]**
Nebbia leggera	1000	0.003
Nebbia moderata	500	0.006
Nebbia spessa	200	0.015
Nebbia densa	50	0.06
Nebbia molto densa	30	0.10
Nebbia estremamente densa	15	0.20

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.

Conclusioni

La presenza dell'impianto di illuminazione nello svincolo non ha contribuito al miglioramento della visibilità della segnaletica orizzontale: la visibilità della segnaletica orizzontale era la stessa in presenza ed in assenza di impianto di illuminazione.

Viceversa, la presenza di illuminazione dava al guidatore un effetto di falsa sicurezza spingendolo ad accelerare pericolosamente.

La segnaletica passiva era scarsamente visibile a causa della sporcizia, il cui effetto, come prevedibile, era molto maggiore sulla segnaletica passiva mentre la linea di luce appariva conservare buone caratteristiche anche sporca.

La linea di luce costituiva una guida ottica giudicata molto utile: per un centinaio di metri di fronte all'autovettura era chiaramente visibile il percorso da seguire: si tratta di un risultato interessante, soprattutto se confrontato con la ben minore visibilità della segnaletica passiva. Questi risultati possono essere estesi ad altre situazioni analoghe di utilizzo di segnaletica attiva.

Per questo stesso motivo la L.r. 17/00 e s.m.i. incentiva l'adozione di segnaletica attiva in alternativa ai normali impianti d'illuminazione tradizionali, promovendo a tal proposito proprio sistemi a led che hanno la caratteristica di fornire una informazione luminosa puntuale e per tale motivo percepibile anche a grandi distanze anche in caso di cattiva visibilità. Di seguito si riporta il relativo estratto di legge.

L.r. 17/00 Art. 6, comma 10bis, lettera b):

„b) incentiva, anche al fine di migliorare la sicurezza stradale, la sostituzione e l'integrazione dell'illuminazione tradizionale con sistemi passivi di segnalazione, quali catarifrangenti, cat-eyes e similari, o sistemi attivi, quali LED fissi o intermittenti, indicatori di prossimità, linee di luce e similari;"

5.9- CRITERI TECNICI IMPIANTI IN DEROGA AL PROGETTO ILLUMINOTECNICO

D.G.R. 7/6162, Art. 2. "Adempimenti", I comuni:

"- *autorizzano, con atto del Sindaco, i progetti di tutti gli impianti di illuminazione esterna, anche a scopo pubblicitario, con l'esclusione di quelli di modesta entità, quali quelli del capitolo 9, lettera a), b), c), d), e)*"

Commenti: Non sono soggetti all'autorizzazione sindacale i progetti degli impianti di "modesta entità" definiti nel regolamento attuativo della legge medesima. Per tali impianti sono talvolta previste delle prescrizioni tecniche da rispettare. Disposizioni di verifica e controllo per tali tipologie di impianto possono essere definite all'interno del regolamento comunale oppure nel regolamento edilizio.

a. Sorgenti internalizzate

D.G.R. 7/6162, Art. 9. lettera a):

"a) tutte le sorgenti luminose internalizzate e quindi non inquinanti, quali quelle all'interno degli edifici, nei sottopassaggi, nelle gallerie, ed in strutture simili, che schermano la dispersione della luce verso l'alto; "

Chiarimenti: Sono sorgenti di questo tipo le sorgenti che sono completamente schermate verso l'alto da ostacoli naturali oppure interne ad edifici.

Non rientrano in tale categoria le sorgenti di luce dei seguenti tipi:

- poste all'interno di edifici ma rivolte verso l'esterno e non funzionalmente utilizzate per illuminare l'intero dell'edificio (quali abitazioni, vetrine di negozi, etc..)
- sorgenti luminose poste sotto strutture non fisse, labili o trasparenti quali ad esempio sorgenti puntate su soffitti trasparenti o semitrasparenti, o sorgenti puntate sulla vegetazione.

b. Sorgenti di uso temporaneo

D.G.R. 7/6162, Art. 9. lettera c):

"c) le sorgenti di luce di uso temporaneo o che vengano spente entro le ore 20.00 nel periodo di ora solare ed entro le ore 22.00 nel periodo di ora legale, quali, ad esempio, i proiettori ad alogeni, le lampadine a fluorescenza o altro, regolati da un sensore di presenza; "

Chiarimenti: Il chiarimento di questa deroga di legge passa attraverso la definizione di temporaneità.

Per tale motivo, essendo il significato della definizione molto sottile, si riporta il contenuto indicato nel Devoto Oli.

Temporaneo: "Di ciò che non è destinato a durare stabilmente, ma che ha un carattere di provvisorietà".

Ne deriva che rientrano in tale categoria sorgenti di luce installate provvisoriamente e che sono dimostratamente NON fisse e non vengono usate 365 giorni su 365.

Rientrano in tale categoria inoltre:

- Sorgenti di luce dotate di sensori di presenza che quindi si accendono solo in circostanze specifiche (al passaggio),
- Sorgenti di luce in impianti temporanei che stanno accese solo sino alle ore 20 nel periodo di ora solare e entro le 22 nel periodo di ora solare.

Non rientra per esempio in tale categoria l'illuminazione degli impianti sportivi.

c. Insegne e Vetrine illuminate dall'esterno

D.G.R. 7/6162, Art. 9. lettera d) "Deroghe":

"d) le insegne pubblicitarie non dotate di illuminazione propria, di modesta entità, quali:

- *le insegne di esercizio, come indicate all'art.23 del codice della strada e relativo regolamento di attuazione, e quelle con superfici comunque non superiori a 6 metri quadrati, con flusso luminoso in ogni caso diretto dall'alto verso il basso, al fine di conseguire l'intensità luminosa nei termini di cui al capitolo 5;*
- *gli apparecchi di illuminazione esterna delle vetrine, per un numero non superiore a tre vetrine, con flusso luminoso comunque diretto dall'alto verso il basso, al fine di conseguire l'intensità luminosa nei termini di cui al capitolo 5;"*

Chiarimenti: L'illuminazione delle vetrine dall'esterno deve essere effettuata con apparecchi illuminanti installati in posizioni tali che le intensità luminose massime a "90° e oltre" non superiore a 0.49cd/klm e con apparecchi installati come schematizzato al paragrafo 5.9 lettera f.

Ai fini della deroga dal progetto illuminotecnico le vetrine da illuminare non possono essere superiori a 3 e le insegne di "esercizio", come definito nel codice della strada, non posso superare 6 metri quadrati di superficie.

d. Insegne ad illuminazione propria

D.G.R. 7/6162, Art. 9. lettera e) "Deroghe":

"e) le insegne ad illuminazione propria, anche se costituite da tubi di neon nudi;"

L.R. 17/00, Art. 6, comma 4:

"Per le insegne dotate di illuminazione propria, il flusso totale emesso non deve superare i 4.500 lumen."

Chiarimenti: L'illuminazione delle insegne che sono illuminate dall'interno, quali scatolati, tubi di neon nudi, pannelli retro illuminati,. etc… non è soggetta all'autorizzazione del progetto illuminotecnico. In ogni caso per ogni insegna il flusso totale emesso non può superare 4500 lumen.

Tale quantità è ovviamente dipendente dall'effettivo flusso luminoso emesso dalla sorgente luminosa installata all'interno del pannello, dello scatolato o altro, e dal potere di assorbimento o dalla possibilità di lasciare uscire verso l'esterno parte del flusso luminoso.

e. Sorgenti con flusso luminoso inferiore a 1500lm

D.G.R. 7/6162, Art. 9. lettera e) "Deroghe":
"b) le sorgenti di luce con emissione non superiore ai 1500 lumen cadauna (flusso totale emesso dalla sorgente in ogni direzione) in impianti di modesta entità, cioè costituiti da un massimo di tre centri con singolo punto luce. Per gli impianti con un numero di punti luce superiore a tre, la deroga è applicabile solo ove gli apparecchi, nel loro insieme, siano dotati di schermi tali da contenere il flusso luminoso, oltre i 90°, complessivamente entro 2250 lumen, fermi restando i vincoli del singolo punto luce e dell'emissione della singola sorgente, in ogni direzione, non superiore a 1500 lumen;"

Chiarimenti: Per gli impianti costituiti da sorgenti luminose con flusso totale emesso, ciascuna inferiore a 1500lm, la L.r. 17/00 e s.m.i. permette che tali impianti possano emettere una parte del flusso luminoso verso l'alto.
Tale deroga permette a 3 sfere trasparenti dotate di lampade a fluorescenza compatta da 23W (1500lm) di essere installate senza un progetto illuminotecnico ed una approvazione sindacale.
La L.r. 17/00 e s.m.i. permette di installare anche più di 3 apparecchi dotati di lampade con emissione massima di 1500 lm ma essi nella loro totalità devono emettere verso l'alto quanto tre sfere trasparenti (2250lm).
Più sono gli apparecchi con lampade da 1500 lumen o inferiori, più devono essere schermate per farle rientrare in questa deroga del progetto e dell'emissione verso l'alto.
Questa deroga trova applicazione per numerose tipologie di interventi che spaziano dall'illuminazione residenziale, a quella d'accento a quella che utilizza nuove tecnologie quali per esempio i led.
Per valutare quanti apparecchi possono essere installati in deroga alla legge è sufficiente:

1- Conoscere (facendosela dichiarare) l'emissione percentuale massima verso l'alto dell'apparecchio illuminante,
2- Utilizzare una sorgente luminosa ad alta efficienza con un flusso luminoso totale inferiore o uguale a 1500lumen,
3- Calcolare quanto del flusso luminoso dell'apparecchio viene inviato verso l'alto,
4- Dividere 2250 lumen per il flusso luminoso emesso da un singolo apparecchio verso l'alto,
5- Il risultato, approssimato all'intero inferiore, indica il numero di corpi illuminanti che rientrano nella deroga riportata.

Esempio di verifica n° di apparecchi che rientrano nella deroga
Apparecchio con emissione verso l'alto: 30%
Sorgente luminosa: 23W - 1500 lumen
Etot= 1500*0.3=450 lumen

N° Apparecchi in deroga= 2250/450lm = 5 apparecchi

Seguono alcuni ulteriori esempi:

Sorgente Luminosa	23W (1500lm)	23W (1500lm)	23W (1500lm)	23W (1500lm)	18W (1200lm)	9W (600lm)
Emissione % verso l'alto (dati fotometrici del produttore)	50%	30%	12%	3%	30%	30%
Emissione lm verso l'alto	750lm	450lm	180lm	45lm	360lm	180lm
MAX N° APPARECCHI (2250lm)	3	5	12	50	6	12

In generale anche apparecchi normalmente non conformi alla L.r. 17/00 e s.m.i. se dotati di sorgenti con emissione inferiore a 1500 lumen possono essere a norma di legge.

In particolare l'utilizzo di apparecchi a led, avendo ogni singolo led una emissione inferiore a 1500 lumen, rientra quasi sempre in questa deroga.

La L.r. 17/00 e s.m.i. di fatto vieta l'utilizzo di apparecchi ad incasso. La motivazione è piuttosto evidente:

- sono apparecchi altamente inquinanti,
- producono fenomeni di abbagliamento e controproducenti alla visione,
- non hanno alcuna funzione di favorire il meccanismo della visione (anzi spesso lo alterano),
- sono soggetti a fenomeni di rapida usura, rischi di penetrazione di acqua ed umidità se non perfettamente isolati,
- scaldano e possono essere fonti di rischio per chi vi si appoggiasse,

L'utilizzo dei segnapasso è ammessa dalla L.r. 17/00 e s.m.i. solo ed unicamente per:

- l'illuminazione di monumenti dal basso (se del tipo asimmetrico) e solo per manufatti di comprovato valore storico, artistico ed architettonico,
- l'utilizzo di segnapasso a led in quanto rientranti nella deroga descritta,

A titolo di esempio, apparecchi ad incasso a terra da 9 led bianchi hanno un emissione verso l'alto di 21.5 lumen che equivale a poter istallare sino a 104 incassi in deroga alla legge ed al progetto.

Non specificando la L.r. 17/00 e s.m.i. nulla in tal senso, sono permessi impianti misti, in parte conformi alla L.r. 17/00 e s.m.i., ed in parte rientranti nella deroga descritta, purché si intenda come impianto elettrico tutto ciò che è collegato dal contatore sino all'ultimo apparecchio collegato alla linea elettrica.

5.10- SISTEMI PER LA RIDUZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO

D.G.R. 7/6162, Art. 5. "Criteri comuni", lettera d):
"impiego di dispositivi in grado di ridurre, entro le ore 24.00, l'emissione di luce in misura non inferiore al 30% rispetto alla situazione di regime, a condizione di non compromettere la sicurezza;"
D.D.G. della Regione Lombardia n. 8950 del 3 Agosto 2007
Allegato 4

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

Se si vogliono fare approfondimenti in materia si rimanda ai successivi capitoli 7 e 9.
Vogliamo solo ricordare in questa sezione che i sistemi di "riduzione del flusso luminoso" chiamati "tutta notte mezzanotte" che in pratica consistevano nello spegnere alternativamente dei punti luce (disposti su due linee elettriche distinte) non è una soluzione che si può più perseguire con le nuove norme tecniche di settore perché si compromette l'effettiva uniformità dell'illuminazione del manto stradale.

b. Quando utilizzare tali sistemi

- Sono OBBLIGATORI 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 però i costi indotti che richiedono.
- Per impianti centralizzati con meno di 3.5 kW questo intervento NON è un intervento economicamente conveniente a meno che non siano previste estensioni dell'impianto medesimo. In tale caso i sistemi di telecontrollo punto a punto sono comunque sempre applicabile e più flessibili.
- In tutti gli impianti non stradali, ove comunque NON è richiesto un requisito di uniformità normativa, continua a valere la scelta corretta di spegnimento totale, o parziale degli impianti medesimi.

c. Consigli per la scelta del prodotto

Il mercato negli ultimi anni si è polverizzato e dequalificato, infatti numerose aziende si sono messe nel settore anche senza esperienza specifica producendo sistemi e soluzioni con tutte le tipologie sopra elencate talvolta mai testate in campo.
Qualche consiglio pratico per la scelta:

1- Gestione FACILE: mediante sistemi hardware e software semplici ed alla portata di tutti. Deve poter essere usato del 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.
2- Gestione post-vendita: con manutenzioni programmate del sistema richiedendo anche la disponibilità ed il supporto in campo dell'azienda produttrice (anche in questo caso si vede la serietà).
3- Scegliere Aziende con sistemi di qualità di gestione del prodotto e che sono in grado di fornire soluzioni integrate e/o multiple
4- Selezionare aziende che possano dimostrare risultati certificabili, e magari vi permettano di contattare direttamente altri comuni che hanno adottato tali soluzioni per confrontarvi direttamente con loro.

5.11- LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO E LA VERIFICA DEI PROGETTI

Uno degli aspetti che può risultare più ostico per chi non è addetto ai lavori è la verifica ed il controllo dei nuovi progetti d'illuminazione pubblica e privata, anche sotto forma di lottizzazione o di adeguamento e rifacimento dell'esistente, in quanto come è prescritto per legge, l'ufficio tecnico comunale è addetto alla verifica della conformità di legge ed all'autorizzazione del nuovo progetto illuminotecnico (L.R. 17/00, Articolo 4, comma b "i comuni" e D.G.R. 7/6162 "I comuni").

Il piano dell'illuminazione ha fra i suoi primi obiettivi quello di superare questo inconveniente in quanto il comune deve usare il piano come uno strumento da imporre a chi sottopone una nuova richiesta di autorizzazione. Il piano inoltre integra il regolamento edilizio comunale.

Per questo stesso motivo l'allegato 7 della D.d.g. n. 8950 del 3 agosto 2007, specifica chiaramente cosa deve fare il progettista, che cosa deve contenere il progetto illuminotecnico e individua la modifica del regolamento edilizio comunale per la conformità alla L.r. 17/00 e s.m.i. indicando come deve essere fatta.

a. Progetto illuminotecnico: contenuti e caratteristiche

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

1) TAVOLE PLANIMETRICHE
2) RELAZIONE TECNICA
3) DATI FOTOMETRICI e DOCUMENTI DI CALCOLO

I. TAVOLE PLANIMETRICHE

Le tavole planimetriche hanno il compito di identificare dal punto di vista installativo 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,

II. RELAZIONE TECNICA

La relazione tecnica è una parte indispensabile per legge in quanto giustifica ciascuna scelta progettuale evidenziando le relative conformità di legge in particolare:

- Indica i riferimenti legislativi e normativi adottati,

- Riporta le caratteristiche elettriche dell'impianto, delle sorgenti luminose utilizzate e le caratteristiche illuminotecniche degli apparecchi illuminanti utilizzati nel progetto,
- Descrive le scelte tecniche progettuali anche in termini di ottimizzazione e di efficienza dell'impianto,
- Realizza un bilancio energetico dell'impianto che evidenzi le scelte in termini di ottimizzazione e di efficienza ed i risultati che avranno permesso di ottenere,
- Valuta i risultati illuminotecnici conseguiti, identificando il rispetto dei criteri tecnici della L.r. 17/00.

III. DATI FOTOMETRICI E DOCUMENTI DI CALCOLO

Tale parte evidenzia i risultati di calcolo e si compone dei seguenti elaborati e documenti necessari ed imprescindibili nella verifica della regola dell'arte e dell'applicazione della L.r. 17/00 e s.m.i.:

- Dati riassuntivi di progetto:
  1. caratteristiche geometriche dimensionali della strada o di altro ambito,
  2. classificazione,
  3. identificazione del corpo illuminante, delle sue caratteristiche e della specifica curva fotometrica,
- Risultati illuminotecnici:
  1. Tabella riassuntiva dei risultati di calcolo congruenti con il tipo di progetto: in ambito stradale (Lm, Uo, Ul, Ti) in ambito pedonale (Em, Emin, Ue, etc..),
  2. In ambito stradale: tabelle e curve isoluminanze e isolux
  3. In ambito non stradale: tabelle e curve isolux a seconda delle richieste della specifica norma adottata,
- Dati fotometrici: i dati fotometrici in formato tabellare numerico o cartaceo e sotto forma di file normalizzato "Eulumdat" certificati, per quanto riguarda la loro veridicità, dal responsabile tecnico del laboratorio che li ha emessi (si veda D.G.R. 7/6162, Articolo 5, "Le case costruttrici, importatrici, fornitrici") e Allegato 7 della D.d.g. n. 8950 del 3 agosto 2007.

IV. CHIARIMENTO SUL CONSEGUIMENTO DELLA REGOLA DELL'ARTE

Gli impianti realizzati in conformità alla L.r. 17/00 e s.m.i. enunciati in questo capitolo, sono rispondenti alla normativa tecnica vigente e sono considerati realizzati a "regola dell'arte" in particolare sono conformi anche alle norme UNI 10439, EN13201 e UNI10819.

Per contro è necessario chiarire che la rispondenza degli impianti alla UNI10819 o EN13201 non implica necessariamente la conformità alla L.r. 17/00 in quanto la suddetta norma prevede valori massimi di emissione oltre l'orizzonte molto superiori a quelli previsti dalla L.r. 17/00 che quindi non sono adottabili in Lombardia.

Per il conseguimento della regola dell'arte, oltre alla norma UNI 10439/luglio 2001, è possibile inoltre utilizzare ulteriori normative europee in quanto ai fini della definizione della "regola d'arte" è possibile fare riferimento alle Direttive 83/189/CEE (legge del 21 Giugno 1986 n.317) ed inoltre al DPR 447/91 (regolamento della legge 46/90) all'art. 5. Tali provvedimenti di legge specificano infatti che devono considerarsi realizzati in conformità alla "regola d'arte" tutti gli impianti realizzati e costruiti secondo le norme UNI, DIN, NF, etc..

b. Progetto illuminotecnico: Verifica e controllo

Nel presente paragrafo si forniranno alcuni semplici strumenti per gli uffici tecnici comunali competenti per la verifica dei progetti illuminotecnici, in conformità al piano, alla L.r. 17/00 e s.m.i. 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. Nell'allegato 1 sono riportati dei semplici schemi di flusso che riassumono, per ciascun tipo di applicazione, le operazioni di controllo.

In sintesi ci sono alcuni passaggi comuni di verifica per ogni tipologia di progetto illuminotecnico che di seguito riassumeremo:

a. **Professionista illuminotecnico.** (D.d.g. n. 8950 del 3 agosto 2007, nota. 1 oppure allegato 7) Il progetto deve essere realizzato da un professionista iscritto ad ordini e collegi professionali e deve possedere un curriculum specifico in materia con la partecipazione a corsi mirati alla formazione sulla progettazione ai sensi della LR17/00 e s.m.i., o aver realizzato almeno altri 3 progetti illuminotecnici analoghi e deve essere indipendente da legami con società produttrici di corpi illuminanti, o distributori dell'energia,

b. **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.

   Come illustrato al precedente paragrafo 5.3 lettera b) e nella D.d.g. n. 8950/2007, che illustra quanto deve essere fornito allegato al progetto per legge (pena la non validità del progetto) tali dati possono essere sotto forma di:

   - Tabella: nel qual caso basta verificare che i valori inseriti per gamma maggiore o uguale a 90° non siano superiori a 0.49cd/klm,
   - File "eulumdat" (estensione .ldt): aprire tale files con il software Easy Light – Save the Sky, che è parte integrante di questo piano, premendo in corrispondenza del tasto "Carica LDT" e successivamente i tasti "Dati fotometrici" per visualizzare la tabella in formato digitale e per verificare che i valori dell'intensità luminosa per GAMMA maggiore o uguale a 90° siano inferiori a 0.49cd/klm.

c. **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'interezza del territorio comunale.

   Il progettista deve dichiarare l'effettiva classificazione dell'ambito da illuminare e, mediante le tabelle inserite al par. 5.4. lettere a e b), contenenti i parametri di progetto da rispettare per ciascuna classificazione, è necessario verificare nel progetto se i parametri illuminotecnici rispettano quelli relativi alla classificazione (si veda in particolare la tabella 4.7 del cap. 4, che aiuta ad una semplice verifica della corretta classificazione).

Il riscontro del rispetto di questi primi 3 requisiti fondamentali permette effettivamente di superare gran parte del problema della verifica e controllo che poi si riduce alla verifica, nello specifico, di alcuni altri limitati requisiti di legge.

La verifica della conformità dei progetti illuminotecnici ai requisiti di legge attraverso l'Allegato 1, diventa quindi estremamente semplice e quasi una procedura meccanica.

L'allegato 1 contiene le seguenti schede di verifica dei progetti illuminotecnici di:

1. Impianti d'illuminazione stradali,
2. Torri faro e Grandi aree,
3. Arredo Urbano, parchi, residenziali e ciclabili
4. Impianti sportivi
5. Monumenti ed edifici di elevato valore artistico, storico ed architettonico
6. Adeguamento degli impianti nelle fasce di protezione

LEGENDA: Nello specifico gli schemi di flusso del processo di verifica del progetto illuminotecnico, sono arricchiti dai riferimenti di legge in colore rosso e dei commenti / suggerimenti / indicazioni in colore blu.