



Elaborato

R

1

Scala

Piano dell'Illuminazione per il Contenimento dell'Inquinamento Luminoso

Relazione generale

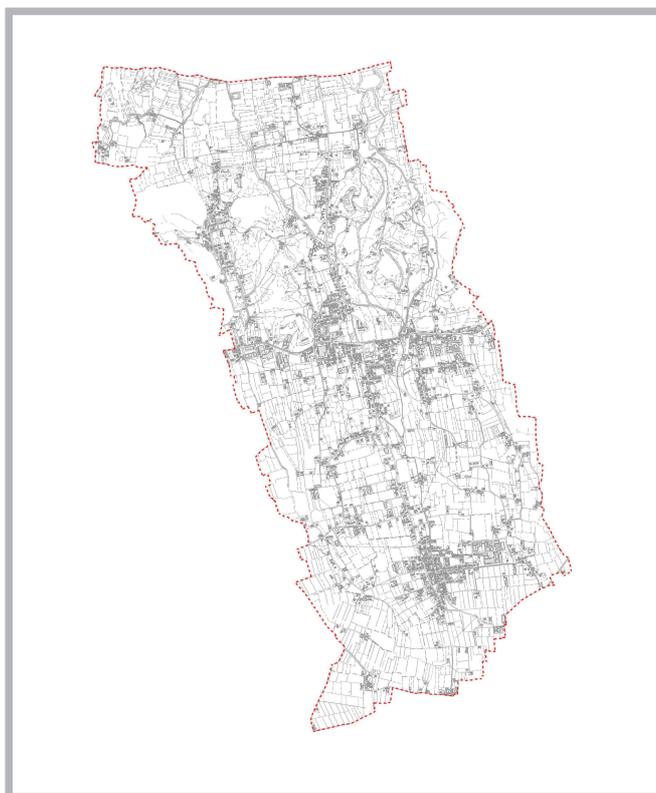
Mazzaro Luigi
Sindaco di San Zenone degli Ezzelini

Pucci Francesco
Segretario

Furlan Emilio
Ufficio tecnico

SIT Ambiente e Territorio

Ing. Martin Fausto



INTRODUZIONE	3
1. IL PIANO DI CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO	5
1.1 Disposizioni specifiche per il Comune di San Zenone E.	6
1.2 Finalità e soggetti del PICIL	7
1.3 Diretrici di attuazione	8
1.4 Inquadramento normativo	9
2. SORGENTI LUMINOSE E LORO CARATTERISTICHE	11
2.1 Introduzione	11
2.2 Lampade ad incandescenza	11
2.3 Lampade ad incandescenza con alogeni	13
2.4 Lampade a scarica nei gas	13
2.4.1 Principali tipi di lampade a scarica nei gas	14
2.4.2 Lampade a fluorescenza	15
2.4.3 Lampade ad induzione	17
2.5 Sorgenti a stato solido (LED)	18
3, CLASSIFICAZIONE	21
3.1 classificazione delle strade e pianificazione degli interventi	21
3.2 Analisi delle categorie illuminotecniche	24
3.3 Selezione della categoria illuminotecnica	30
3.4 Sorgenti	33
3.5 Corpi illuminanti	34
3.6 Pali	35
4 SORGENTI CONFORMI ALLA L.R. 17/09	37
4.1 Sorgenti luminose per la pubblica illuminazione	37
4.2 Orientamento del flusso per le sorgenti luminose	39
4.3 Regolazione del flusso per le sorgenti luminose	40

4.4 Prelievo di energia per illuminazione pubblica	41
5 CONCLUSIONI	44
5.1 Riepilogo dello stato di fatto	44
5.2 Linee di intervento per la illuminazione pubblica	45
5.3 Proposte	46
5.4 Linee di intervento per la illuminazione privata	47

INTRODUZIONE

Nel 1997 la Regione Veneto fu la prima, in Italia, a regolamentare l'uso, fino ad allora smodato, della luce nelle ore notturne con la L.R. 22; nel 2009 si pose nuovamente mano alla materia con la L.R. 17 del 7 Agosto 2009 sulla base di una mutata sensibilità ambientale e sulle contingenti motivazioni energetiche. Mentre altre Regioni stavano lentamente seguendo l'esempio (non sempre in maniera virtuosa) la Regione Veneto metteva a frutto la propria e le altrui esperienze allargando il campo di applicazione della medesima legge che, mantenendo al centro del proprio obiettivo l'illuminazione pubblica, allargava il suo raggio di azione alla illuminazione privata, anche a scopo pubblicitario.

In questo breve excursus si desidera ricordare che l'illuminamento notturno deve soddisfare alcune condizioni fondamentali così riassumibili:

- sicurezza;
- comfort visivo;
- visione;
- efficienza energetica.

"Sicurezza"

Con questo termine si intende assommare in un'unica parola sia la sicurezza prettamente inerente la circolazione stradale che la fruizione degli ostacoli presenti lungo le piste ciclabili e le zone pedonali. Si vuole assicurare così la visibilità degli oggetti e dell'area di transito, stazionamento, lavoro, garantendo la percezione degli ostacoli pericolosi, associata ad una corretta illuminazione della segnaletica.

"Il comfort visivo"

è una necessità essenziale dell'uomo che può influenzare il benessere generale, le prestazioni lavorative, la salute e la sicurezza, l'umore e l'atmosfera. I fruitori degli spazi pubblici possono avvertire molestia in presenza di un impianto che produce abbagliamento, ma le stesse persone possono temporaneamente provare un senso di sicurezza da una corretta illuminazione delle aree adiacenti o dalla fruizione notturna di monumenti o opere architettoniche.

“Visione”

La visibilità di un oggetto, sia esso ostacolo, veicolo o opere di arredo urbano, è associata al suo contrasto rispetto allo sfondo. Per questo la corretta illuminazione deve garantire adeguati livelli di luminanza per nelle diverse zone del territorio urbano.

Si tenga presente che per discriminare correttamente i colori occorre un indice di resa dei colori non inferiore ad 80.

Altra cosa, sempre afferente alla visione, è il fenomeno dell'abbagliamento il cui il meccanismo è oramai chiarito e si possono in conseguenza prescrivere valori limite con conoscenza di causa. Rimane poi la divisione tra abbagliamento molesto e debilitante. Anche se limitando quest'ultimo a livelli accettabili il primo non è percepibile.

Efficienza energetica

Da qualche anno è invalso l'uso di usare a sproposito il termine “consumo” come sinonimo di efficienza; il primo termine si misura in watt e nulla ci dice di quanta luce sia prodotta con una determinata unità di potenza; questo è esattamente, invece, quello che indica l'efficienza energetica.

Per questo, insieme ad altri fattori, le lampade devono essere scelte sulla base della efficienza luminosa (lumen /watt), compatibilmente con l'applicazione. Quelle tradizionali ad incandescenza convertono in luce visibile circa solo il 5% dell'energia, il resto viene dissipato in calore. La loro efficienza luminosa è di circa $10 \div 14$ lumen / watt. Le lampade a scarica a bassa pressione, ad esempio, le fluorescenti compatte (discendenti dirette dei tubi neon) hanno un'efficienza superiore di almeno 5 volte(oltre la durata, da 6 a 10 volte, rispettivamente per i tipi con o senza l'alimentatore incorporato). Le attuali lampade fluorescenti lineari “a tre bande” hanno efficienze dell'ordine dei 100 lumen/watt.

Nell'illuminazione stradale sono oggi prevalenti le lampade a vapori di Sodio ad alta pressione (SAP) che raggiungono efficienze fino a 135 lumen/watt, pari al 245 % rispetto alle lampade a vapori di mercurio tradizionali e sorgenti a LED di analoghe prestazioni. E' quindi fattibile un buon recupero dell'energia scegliendo lampade caratterizzate da efficienza elevata e buon mantenimento del flusso.

Mentre le prime condizioni erano acquisite e considerate come funzioni naturalmente correlate all'illuminamento artificiale quest'ultima ha assunto, negli ultimi anni, una valenza sempre maggiore. Questo si evince da una maggiore attenzione del legislatore che va da Protocollo di Kyoto al Patto dei Sindaci, passando per le Leggi e le

agevolazioni fiscali volti a ridurre il fabbisogno energetico. Non a caso la L.R. 17/09 cita il "risparmio energetico" nel proprio titolo. L'efficienza energetica, di riflesso, ha ricadute di tipo ambientale (minor produzione di gas serra ed inquinanti) e pure di tipo prettamente economico: si indirizzano gli investimenti verso l'interno degli Stati (acquisto di apparecchi più performanti, isolanti termici, vetri basso emissivi, ecc.) scoraggiando l'acquisto di combustibili fossili da Paesi che non sempre usano queste enormi quantità di valuta per scopi pacifici o di miglioramento del livello sociale, preferendo optare per l'acquisto di armi con conseguente incremento dell'instabilità politica e militare.

Il Piano di contenimento dell'inquinamento luminoso (PICIL) ha quindi una finalità recondita di educazione ambientale nel medio periodo, consapevole di dover bonificare un territorio in cui, oltre all'obsolescenza naturale degli impianti, vanno aggiunte scelte progettuali poco "virtuose" o basate su finalità utilitaristiche spicce, a puro scopo di lucro. Tra queste si annoverano l'uso di corpi illuminanti diffondenti verso la volta celeste e le facciate degli edifici, sorgenti abbaglianti secondo l'erronea equazione (più luce = più sicurezza), infittimento dei pali, eccessivo illuminamento di aree marginali, ecc.

1. IL PIANO DI CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO

Nel passato l'illuminazione pubblica consisteva nel mero assolvimento di garantire la visibilità notturna alle diverse zone del territorio comunale sulla base delle espansioni urbanistiche, senza una pianificazione preliminare né una preventiva classificazione omogenea sulla base delle destinazioni finali.

La L.R. 17/09 assegna ai comuni, tra gli altri compiti, quello di provvedere alla "programmazione per la realizzazione dei nuovi impianti di illuminazione e per ogni intervento di modifica, adeguamento, manutenzione, sostituzione ed integrazione sulle installazioni di illuminazione esistenti"

Da questo si evince che, similmente a quanto accade nell'industria, si parte da una rilevazione dello stato di fatto (linee e palificazione, tipo di sorgenti e corpi illuminanti, ecc.) in modo da avere un quadro aggiornato dello stato della pubblica illuminazione sul territorio comunale.

Successivamente si provvede a stabilire un piano di priorità degli interventi e di bonifica delle situazioni facilmente correggibili con interventi minimi (regolazione dell'inclinazione, schermatura, ecc.)

In una fase ulteriore – con il contributo dei finanziamenti regionali – si provvederà alla sostituzione degli apparecchi obsoleti e fortemente inquinanti.

Il Comune dovrà altresì stabilire un piano per contenere gli incrementi annui di energia in modo da illuminare meglio così da attribuire la quota che andava dispersa verso il cielo o per bassa efficienza degli apparecchi alle zone di nuova urbanizzazione.

In ultima analisi il PICIL si può considerare un complesso di disposizioni tecniche destinate a regolamentare gli interventi di illuminazione pubblica e privata, realizzato secondo i dettami e nel pieno rispetto della Legge Regionale del Veneto n. 17 del 07.08.2009 e delle normative vigenti (Nuovo codice della strada D.Lgs. 30 Aprile 1992 n.285, norme per l'attuazione del nuovo Piano Energetico Nazionale, leggi n.9-10 gennaio 1991 e successive modifiche, norme tecniche europee e nazionali sia CEI che UNI).

Il PICIL ha vigore su tutto il territorio comunale per gli impianti di futura realizzazione e per quelli già esistenti ove sia obbligatorio l'adeguamento.

1.1 Disposizioni specifiche per il Comune di San Zenone degli Ezzelini

La legge 17/09, alla Art. 8, tutela gli osservatori astronomici professionali che svolgono attività di ricerca scientifica (allegato A) così come gli osservatori astronomici non professionali ed i siti di osservazione che svolgono attività di rilevanza culturale, scientifica e popolare d'interesse regionale e/o provinciale di (allegato B).

L'elenco degli osservatori astronomici non professionali e dei siti di osservazione di cui all'allegato B comprende il comune di **San Zenone degli Ezzelini** (Treviso) che rientra in alcuna fascia di rispetto, secondo il citato allegato.

Secondo l'art. 7, comma 9, rimangono in vigore le zone di protezione che, alla data di entrata in vigore della presente legge, risultino già individuate, mediante cartografia in scala 1:250.000, dalla Giunta Regionale, in forza della disposizione di cui all'articolo 9, comma 5 della legge regionale 27 giugno 1997, n. 22, "Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso" e successive modificazioni.

1.2 Finalità e soggetti del PICIL

Il PICIL non va visto come un mero adempimento formale per sottostare ad una legge imposta dall'alto ma deve essere considerato come uno strumento di programmazione del territorio, alla stregua di un PRG nel campo dell'Urbanistica, che, coinvolgendo una pluralità di soggetti, ha lo scopo di conseguire sia gli obiettivi espressamente dichiarati nella L.R. che altre finalità "indirette".

In dettaglio possiamo individuare i seguenti soggetti con le rispettive ricadute nel loro ambito specifico:

la cittadinanza; essa beneficia di una migliore qualità della illuminazione pubblica, gode di una maggiore sicurezza contro la microcriminalità che potrebbe avvalersi di sorgenti abbaglianti e di maggiore sicurezza nella circolazione stradale, sia essa pedonale, ciclabile o motorizzata. La fruizione della visione notturna del cielo, tutelata dall'Unesco come patrimonio dell'umanità, è un ulteriore vantaggio ancora poco considerato.

L'accresciuta sensibilità ambientale che ha reso naturale la raccolta differenziata dei rifiuti solidi potrà essere estesa anche nell'ambito della illuminazione notturna degli spazi privati (giardini, vialetti, pertinenze, ecc.) educando le nuove generazioni all'acquisto di apparecchi non disperdenti luce sopra il piano orizzontale.

Le categorie commerciali ed artigianali; l'educazione ad una illuminazione appropriata comporta migliore visione dell'attività commerciale e delle sue pertinenze, minori costi energetici senza ricadute negative per l'ambiente e la sicurezza stradale.

L'ambiente nel suo complesso; evitare la dispersione di luce verso la volta celeste implica di bruciare inutilmente combustibili fossili che producono anidride carbonica, minori costi di gestione per gli impianti di illuminazione sia pubblica che privata. A questo si aggiunga l'impatto sulle specie animali e vegetali che vedono sconvolti i loro ritmi circadiani per la mancata alternanza del ciclo giorno-notte.

Gli operatori del settore; dal progettista di impianti al produttore di apparecchi, dal gestore di reti di pubblica illuminazione alla società di manutenzione, dal comune alla municipalizzata la Legge eleva la consapevolezza ed il livello di professionalità del settore che si trova a dover applicare le norme entro un quadro di tutela ambientale accresciuta.

Gli enti pubblici e le Amministrazioni locali, comune in primis, che diventano soggetti attivi nella pianificazione, prevenzione e controllo della qualità e quantità di illuminazione del proprio territorio con un occhio di riguardo alla ricaduta economica dei costi della pubblica illuminazione.

Gli Osservatori astronomici e gli astrofili che svolgono una attività di ricerca e divulgazione scientifica che eleva il livello culturale della popolazione.

Il patrimonio naturalistico ed architettonico del territorio; esso è valorizzato da una accorta illuminazione che altrimenti comporterebbe illuminamenti eccessivi, abbagliamenti e costi di gestione ingiustificati.

1.3 Diretrici di attuazione

Il PICIL prevede, al suo interno, alcune direttrici principali con cui attuare i principi essenziali del piano stesso; esse possono essere così riassunte:

ottimizzazione dei flussi luminosi in modo da escludere le aree che non fossero deputate a riceverlo, mediante orientamento delle sorgenti ed apposizione di alettatura e schermi; a questo si accompagnerà la parzializzazione e lo spegnimento agli orari prescritti.

Ottimizzazione degli impianti di pubblica illuminazione esistenti o in corso di realizzazione mediante orientamento o sostituzione dei corpi illuminanti, uso di sorgenti ad alta efficienza luminosa, riduzione del flusso, eventuale riclassificazione delle strade afferenti il territorio comunale.

Stesura di regolamenti comunali che recepiscano le direttive della L.R. 17/09 ai fini della progettazione di futuri impianti di pubblica illuminazione, illuminazione privata e impianti luminosi pubblicitari, comprese le insegne luminose.

Redazione di un piano che, partendo dai fabbisogni energetici attuali, stabilisca in piano poliennale di "Incremento Annuo" che riducendo i consumi nelle zone sovra illuminate, possa consentire l'illuminazione delle zone di nuova urbanizzazione senza incrementare i consumi energetici.

Campagne di educazione e sensibilizzazione della cittadinanza, con il coinvolgimento del corpo docente e con la collaborazione delle autorità scolastiche.

1.4 Inquadramento normativo

LEGGI:

- Legge della Regione Veneto n.17 del 07 Agosto 2009 "Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici".
- Legge 1 marzo 1968, n° 186: "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici" (G.U. 23 marzo 1968, n. 77).
- Decreto legislativo n. 285 del 30-4-1992: "Nuovo Codice della Strada" DPR 495/92: "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada"
- Decreto legislativo 360/93: "Disposizioni correttive ed integrative del Codice della Strada" approvato con Decreto legislativo n. 285 del 30-4-1992
- D.M. 12/04/95 Supplemento Ordinario n.77 alla G.U. n.146 del 24/06/95 "Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico".
- DPR 503/96: "Norme sulla eliminazione delle barriere architettoniche"
- Legge n. 9 del gennaio 1991 "Norme per l'attuazione del nuovo Piano Energetico Nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali"
- Legge n. 10 del 9 gennaio 1991 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".
- Allegato II Direttiva 83/189/CEE legge del 21 Giugno 1986 n.317 sulla realizzazione di impianti a regola d'arte e analogo DPR 447/91 (regolamento della legge 46/90)

NORME:

- Norme EN 13201 "illuminazione stradale"
- UNI 11248 (2012) "Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche"
- Norma CEI 64 – 7: "Impianti elettrici di illuminazione pubblica e similari"
- Norma CEI 64 – 8 per le parti inerenti alla "esecuzione degli impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V"
- Norma CEI 34 – 33: "Apparecchi di Illuminazione. Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi per l'illuminazione stradale"
- Norme CEI 34 relative a lampade, apparecchiature di alimentazione ed apparecchi d'illuminazione in generale
- Norma CEI 11 – 4: "Esecuzione delle linee elettriche esterne"
- Norma CEI 11 – 17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo"
- Norma EN 62471 – 2008 "rischio foto biologico dei dispositivi a LED"
- Direttiva AEEG n.52/04 "Modalità per l'attribuzione su base oraria dell'energia elettrica prelevata dagli impianti di illuminazione pubblica"
- EN 12464-2 "Lighting of work places - Part 2: Outdoor work places"
- CIE 126-1997 "Guidelines for minimizing sky glow"

2. SORGENTI LUMINOSE E LORO CARATTERISTICHE

2.1 Introduzione

Nel passato il bisogno di poter disporre di luce anche nelle ore notturne o in assenza di luce naturale era soddisfatto con la combustione di solidi, liquidi o gassosi. La svolta rappresentata dalle moderne sorgenti di illuminazione consiste nel ricorso ad una fonte di energia di natura elettrica.

Lo sviluppo delle nuove tecnologie che si è avuto nel corso del Secolo XX ha portato allo sviluppo di una notevole gamma di lampade destinate alle più svariate applicazioni.

Le sorgenti luminose elettriche possono classificarsi in due grandi categorie:

- - a irradiazione per effetto termico (lampade ad incandescenza)
- - a scarica nei gas e nei vapori (lampade fluorescenti, a vapori di mercurio, di sodio, ecc.).
- Sorgenti a LED (diodi ad emissione di luce)

La scelta del tipo di lampada da utilizzare va fatta tenendo conto delle seguenti caratteristiche:

1. *potenza nominale*: condiziona il flusso luminoso ed il dimensionamento dell'impianto dal punto di vista elettrico (sezioni conduttori, tipi di protezione, ecc.);

2. *efficienza luminosa e decadimento del flusso luminoso durante il funzionamento, durata di vita media e costo della lampada*: questi fattori condizionano l'economia di gestione dell'impianto;

3. *resa cromatica*: condiziona il maggiore o minore apprezzamento dei colori rispetto all'osservazione alla luce naturale;

4. *temperatura di colore*: condiziona la tonalità di luce. Una lampada fornisce una luce «calda» o «fredda» a seconda che prevalgono le radiazioni luminose di colore rosso-giallo o azzurro-verde.

5. *dimensioni di ingombro*: condizionano la costruzione degli apparecchi di illuminazione, la direzionalità del fascio ed il costo.

2.2 Lampade ad incandescenza

Questo tipo di lampada è basata sul riscaldamento di un filamento mediante corrente elettrica.

Il principio fu impiegato per la prima volta da Edison, intorno al 1880, con la lampadina elettrica nella quale si era prodotto il vuoto e si portava all'incandescenza un filamento di carbone. Dato che l'efficacia luminosa di una sorgente incandescente è tanto maggiore quanto più elevata è la temperatura del filamento, si sostituirono i filamenti di carbone con fili metallici a più elevato punto di fusione.

Nelle moderne lampadine un sottile filamento di tungsteno, a semplice o doppia spirale viene portato all'incandescenza dal passaggio della corrente elettrica. Affinché non subisca una combustione, esso viene racchiuso in un bulbo di vetro nel quale è praticato il vuoto, per le lampade di piccola potenza, o introdotto un gas inerte (Azoto, Argon, ecc.), per le lampade di media e grande potenza.

La vita media delle lampade ad incandescenza si attesta attorno alle mille ore, alla tensione nominale.

Ben si addicono per illuminazione generale o localizzata di interni (abitazioni civili, uffici, negozi, ecc.). Per le lampade normali di impiego più generalizzato, è opportuno che il posizionamento non superi i 3 - 4 metri di altezza.

Questo tipo di lampada annovera, tra i vantaggi, una accensione immediata senza apparecchiature ausiliarie; ingombro limitato e costo contenuto sono gli altri punti di forza. Presenta ovviamente alcuni svantaggi: bassa efficienza luminosa e quindi costi di esercizio abbastanza elevati; elevata produzione di calore: elevata luminanza con relativo abbagliamento $> 5.000 \text{ cd/m}^2$; limitata durata di vita media. Recentemente la Comunità europea ha messo in atto un piano volto a bandire progressivamente queste sorgenti in quanto poco efficienti e facilmente rimpiazzabili con altre più moderne (fluorescenti compatte, Led, ecc.) secondo la seguente scaletta:

- da Settembre 2009 è vietata la produzione e la vendita di lampadine ad incandescenza
- da 100 W e di tutte quelle a bulbo smerigliato;
- da Settembre 2010 di quelle da 75 W;

- da Settembre 2011 di quelle da 60 W;
- da Settembre 2012 di qualsiasi potenza.

Lampade ad incandescenza: potenza e flusso.

Potenza	Flusso	Efficienza
watt	Lumen	lm/w
15	100	6,7
25	230	9,2
40	415	10,4
60	715	11,9
75	940	12,5
100	1340	13,4
200	2900	14,5
500	8200	16,4
1000	20000	20

2.3 Lampade ad incandescenza con alogeni

In particolari tipi di lampade ad incandescenza vengono introdotte piccole quantità di un alogeno (generalmente iodio) che dà origine ad un processo di "cattura" del tungsteno volatilizzato sul filamento, impedendo l'annerimento del bulbo. Le lampade di questo tipo sono caratterizzate da minore decadimento luminoso, maggiore efficienza luminosa e minori dimensioni dei bulbi, generalmente realizzati in quarzo. Tra gli svantaggi sono da annoverare: il costo relativamente elevato e la altrettanto elevata luminanza. Il loro uso, prescindendo da impieghi particolari, è limitato ad applicazioni con tempi ridotti di funzionamento continuo, ad esempio per illuminazione di monumenti o campi sportivi.

2.4 Lampade a scarica nei gas

Questo tipo di illuminazione è basata sulla proprietà che hanno alcuni gas rarefatti di emettere radiazioni luminose quando sono attraversati da una scarica elettrica che si forma tra due elettrodi posti alle estremità di un tubo di vetro nel quale sia praticato il vuoto d'aria e poi introdotta una piccola quantità di gas talvolta mista a tracce di vapori metallici.

Il gruppo di sorgenti luminose a scarica nei gas è molto vasto. Esso comprende le lampade fluorescenti tubolari, le lampade a vapori di mercurio o di sodio ed i tubi utilizzati per le insegne luminose (lampade al neon). A causa della elevata presenza di mercurio nelle lampade a vapori di mercurio il 13 febbraio 2003 è entrata in vigore la Direttiva 2002/95/CE sulla restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (Direttiva "RoHS").

Essa ha come diretta conseguenza la messa al bando delle lampade al mercurio ad alta pressione dal territorio europeo. La vendita e l'installazione di queste lampade è stata vietata a partire dal 1° luglio 2006.

I principi di funzionamento, le caratteristiche costruttive, il tipo di luce emessa e di campi di applicazione variano a seconda del tipo di lampade utilizzato; tuttavia esse hanno in comune il passaggio della corrente elettrica in un gas.

2.4.1 Principali tipi di lampade a scarica nei gas

Il colore della luce varia a seconda della natura del gas impiegato e la luminescenza è massima quando il gas introdotto ha una pressione di poco superiore a qualche mm di mercurio. I tubi a luminescenza sono ottenuti con vari gas o miscele di gas in tubi di vetro anch'essi colorati; riportiamo qui di seguito i più comuni:

- - Neon, rosso aragosta
- - Argon, malva tenue
- - Sodio, giallo
- - Azoto, giallo rosa
- - Krypton, bianco platino
- - Cadmio, blu verde
- - Elio, giallo pesca
- - Xenon, azzurro cielo

- - Tallio, verde
- - Aria rarefatta, rosa pallido
- - Vapori di Mercurio, azzurro pallido.

Questo tipo di illuminazione viene usato per scopi decorativi e pubblicitari; mentre le lampade a vapori di mercurio e a vapori di sodio trovano larga applicazione nell'industria. A differenza della lampada ad incandescenza nella quale soltanto il 4 - 5% dell'energia consumata si trasforma in luce ed il restante 95% si disperde in radiazioni infrarosse (80%) e come calore condotto (15%), nelle lampade a luminescenza il rendimento è circa triplo, ma la luce è monocromatica.

In particolare ricordiamo che la lampada a vapori di sodio emette radiazioni prevalentemente gialle per le quali l'occhio umano presenta sensibilità quasi massima (lunghezza d'onda 550 nm). Inoltre tali radiazioni accentuano i contrasti delle immagini. Nel campo industriale questi tipi di lampade vengono usate per l'illuminazione di vasti ambienti anche in presenza di fumi e recentemente vengono usate per il controllo microscopico di pezzi meccanici di precisione per rilevare più facilmente possibili difetti di fusione o l'esistenza di minute fenditure senza però che questo tipo di lavoro stanchi la vista degli addetti come con le comuni lampade ad incandescenza.

2.4.2 Lampade a fluorescenza

Questa tipologia di lampade è formata da un tubo di vetro dove viene posto vapore di mercurio a bassa pressione; l'interno del tubo di scarica è rivestito da un sottile strato di polveri fluorescenti. Quando la lampada è alimentata il mercurio emette radiazioni ultraviolette invisibili che colpiscono lo strato di polveri fluorescenti, le quali ne "allungano" la lunghezza d'onda, dando luogo a radiazioni visibili.

Il tipo di flusso luminoso dipende dal tipo di polvere fluorescente, dalla purezza e dalla struttura e dimensione dei cristalli. Mescolando opportunamente le polveri si ottengono diverse tonalità di luce.

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| • - Violetto, | Metasilicato di calcio |
| • - Azzurro scuro, | Tungstato di calcio |
| • - Azzurro chiaro, | Tungstato di magnesio |
| • - Giallo chiaro, | Silicato di zinco e berillio |
| • - Giallo verde, | Silicato di zinco |
| • - Giallo rosa, | Silicato di cadmio |

- - Rosa chiaro, Borato di cadmio
- - Rosso, Clorofosfato di cadmio.

Questo tipo di sorgenti riesce a riprodurre, almeno in parte, la luce naturale. Nel campo della luce bianca le lampade a fluorescenza sono classificate in diversi tipi. Ad esempio negli Stati Uniti d'America si identificano i seguenti tipi:

- - luce diurna (daylight)
- - bianchissima (cool white)
- - normale (white)
- - calda (warm white)
- - bianca rosata (softwhite).

In Italia (come nel resto d'Europa) invece si identificano i seguenti tipi:

- - luce diurna (oppure alba)
- - luce bianca (oppure meriggio)
- - luce bianca calda (oppure tramonto).

Queste lampade hanno come campo di impiego l'illuminazione generale civile ed industriale. Esse presentano una buona efficienza luminosa (da 4 a 6 volte quindi rispetto alla lampada ad incandescenza) e quindi costi di esercizio più economici; bassa luminanza (8.000 cd/ m²), così da ridurre il problema dell'abbagliamento; buona resa cromatica ed elevata durata di vita media (8.000 ÷ 12.000 ore).

Nel contempo però presentano degli svantaggi che possono essere così sintetizzati: impiego di apparecchiature ausiliarie per l'innesco della scarica: grandi dimensioni di ingombro e costo da 10 a 15 volte superiore rispetto alla lampada ad incandescenza di pari potenza. Ripetute accensioni ne riducono la vita e sono indicate per funzionamenti prolungati.

Vi è ancora da ricordare che le lampade a fluorescenza, per la loro forma e possibilità di adattamento, consentono di illuminare con sufficiente luce diffusa i dintorni del posto di lavoro, le pareti ed i soffitti diminuendo la possibilità di abbagliamento per eccessiva disparità di brillantezza tra il fondo ed il piano di lavorazione.

È necessario ancora rammentare, a questo proposito, che questi rapporti sono considerati ottimali quando tra le brillanze rispettive si abbiano i seguenti valori :

- - oggetto di lavoro / ambiente prossimo 3 : 1
- - oggetto di lavoro / ambiente lontano 10 : 1
- - lampade / superficie vicina 20 : 1
- - massima differenza di brillantezza 40 : 1

Gli effetti legati all'abbagliamento ottico o comunque ad un illuminamento troppo elevato sono sovente trascurati da chi realizza un impianto di illuminazione. Nei luoghi in cui i valori di illuminamento raggiungono diverse centinaia o migliaia di lux, a lungo andare, si possono registrare, secondo alcuni studi, danni alla vista, ma soprattutto, uscendo da queste zone fortemente illuminate, si prova un senso di cecità anche in presenza di un illuminamento di appena 10 - 30 lux e l'adattamento della retina a questi nuovi valori è molto lento.

In fisiopatologia l'abbagliamento è il disturbo dell'occhio provocato dalla presenza nel campo visivo di zone a luminanza molto elevata sia in termini assoluti sia rispetto ad altre zone del campo.

2.4.3 Lampade ad induzione

Esse altro non sono se non lampade fluorescenti a scarica senza elettrodi; ricordando che un tubo fluorescente manifesta il sopraggiunto termine di vita con l'esaurirsi del filamento per sublimazione, le lampade ad induzione sono state anche definite come "il segreto meglio conservato dell'industria"; per essere una delle più recenti scoperte tecnologiche, introdotte sul mercato negli anni '90, sorprende ancor oggi come esse siano passate inosservate attraverso crisi energetiche e richieste di miglior qualità dell'illuminazione negli spazi pubblici. Il motivo va ricercato nella scarsa conoscenza da parte dei designer, dei progettisti e dei distributori di materiale illuminotecnico. A confronto, le fluorescenti compatte si sono diffuse rapidamente, probabilmente grazie ad una maggiore comprensione della tecnologia su cui sono basate ed all'intercambiabilità con le lampade ad incandescenza. Ma illustriamo ben il principio che sta alla base di queste sorgenti. Esse rappresentano una perfetta sintesi tra i principi dell'elettromagnetismo e la scarica nei gas ionizzati, creando

una lampada fluorescente senza elettrodi; potremmo anche dire che la lampada è semplicemente il secondario di un trasformatore.

In questo modo, la vita della lampada supera i limiti tipici delle fluorescenti, raggiungendo le 100.000 ore di vita utile, pari a circa 25 anni. Grazie ad una manutenzione ridotta, praticamente a zero, offrono notevoli risparmi sia diretti, sia indiretti, dovuti all'interruzione del servizio per manutenzione. Il limite di vita è dato, di fatto, dalla mortalità del ballast; per contro, si ha un indice di resa cromatica elevato, un'accensione istantanea e un basso decadimento del flusso luminoso nel tempo.

L'efficienza della lampada è proporzionale alla frequenza di funzionamento della corrente indotta. Durante il funzionamento, il gas ionizzato (una miscela di gas nobili) collide con i vapori di mercurio in esso contenuti, portando gli elettroni ad orbite superiori; quando decadono a livelli energetici inferiori, rilasciano dei fotoni nelle lunghezze d'onda dell'ultravioletto. I raggi UV eccitano le polveri che rivestono l'interno della lampada, emettendo così radiazione visibile. Esaurita l'analisi tecnica elenchiamo i principali vantaggi:

- una durata di vita notevole (30.000 ÷ 100.000 ore);
- resistenza alle vibrazioni;
- efficienza energetica di tutto rispetto (60 ÷ 80 lm/W);
- luce bianca in diverse temperature di colore (2.700 ÷ 6.500 K);
- resa cromatica (I.R.C.) molto elevata (80 ÷ 92);
- tempi di accensione e riaccensione istantanei;
- assenza di sfarfallio.

2.5 sorgenti a stato solido (LED)

I LED sono sorgenti allo stato solido (senza filamento); questa tecnologia (implementata dal colosso americano Hewlett Packard oltre 40 anni fa) ha di recente subito una fortissima crescita grazie ai risultati della ricerca scientifica tanto che i LED sono la vera novità nel settore delle fonti di illuminazione, entrando di prepotenza nella segnalazione stradale e, recentemente, nel mondo dell'illuminazione tout court.

I diodi ad emissione di luce (LED secondo l'acronimo anglosassone) sono sorgenti caratterizzate da una emissione estremamente satura ed alquanto ristretta attorno ad una determinata lunghezza d'onda; ciò comporta che la luce bianca (usata tipicamente in campo illuminotecnico) sia ottenuta mediante conversione della luce blu per mezzo di polveri fluorescenti, analogamente a quanto avviene nelle sorgenti fluorescenti.

Un fattore spesso sottovalutato nella installazione di moduli LED è la stretta correlazione tra flusso luminoso e temperatura, legati da una legge di proporzionalità inversa tale da porre i 100 gradi come valore limite non superabile.

Quindi le sorgenti a LED ben si addicono a climi freddi, mentre necessitano di adeguati dissipatori se installati in zone a clima mediterraneo - tropicale. Sono altresì poco adatti ad essere posti entro nicchie o materiale che non garantisca una adeguata dissipazione del calore. Dalla comparsa sul mercato dei LED è invalso l'uso di usare il termine "consumo" come sinonimo di efficienza; il primo termine si misura in watt e nulla ci dice di quanta luce sia prodotta con una unità di potenza; questo è esattamente, invece, quello che indica l'efficienza energetica.

A costo di apparire lapalissiani si ribadisce che una fonte luminosa ha lo scopo di convertire energia – in qualsiasi forma essa sia somministrata – in luce, quindi è ovvio attendersi che colui che ha cognizione di causa ricerchi i parametri di efficienza e non il mero dato di potenza elettrica. Quindi la rincorsa al risparmio non va fatta sostituendo lampade con altre di potenza inferiore ma considerando il flusso generato e la sua distribuzione.

Al di là degli innegabili vantaggi va riconosciuto che i LED non hanno ancora espresso interamente le loro potenzialità e perciò l'evoluzione deve ancora completarsi. Prima di concludere va ricordato che la L.R. 17/09 ammette l'uso di LED solo se l'efficienza è superiore al 90 lm/w e con luce di tonalità calda. Oggi tale valore è superato.

Inoltre la forte componente blu (quale quella emessa dai LED a luce molto bianca) penalizza fortemente la visione da parte delle persone con età superiore ai 60 anni. Infatti è dimostrato che oltre i 60 - 69 anni l'occhio umano, in presenza di luce a forte componente blu, ha una risposta inferiore alla metà rispetto alla luce gialla (tipica, ad esempio, del sodio alta pressione). Il cristallino di persone di età superiore ai 60 anni trasmette la metà della luce a 460 nm rispetto a persone di età compresa tra 20 e 29 anni. Significa che la luce blu viene diffusa maggiormente all'interno dell'occhio umano senza essere sfruttata nella visione. L'utilizzo quindi di lampade ad alto contenuto di luce blu o ad elevato rapporto Scotopico/Fotopico aumenta la disparità di visibilità che hanno i guidatori di diverse età. Questo non avviene per la luce arancio-gialla (attorno ai 550 ÷ 600nm) che viene trasmessa praticamente allo stesso modo a tutte le età considerate. Il cristallino, rispetto ad una sorgente al sodio, trasmette circa il 68% della luce, con variazioni che vanno dal 65% della trasmissione per persone da 20 a 29 anni a solo il 25% della trasmissione negli ultrasessantenni.

Questo significa che per la popolazione che over 60 (circa il 20% dei patentati - Dati ACI 2009) una luminanza misurata di 1 cd/m² su una strada è percepita con lampade al sodio ad alta pressione pari a circa 1 cd/m², mentre con lampade a luce bianco-blu (tipo LED da 6.000 kelvin) viene percepita sino anche a 0.5 - 0.6 cd/m² (in funzione dell'età e della effettiva curva di emissione della sorgente impiegata).

La differenza è quella che sussiste fra l'illuminazione di una strada statale e l'illuminazione di una strada urbana qualsiasi. Se inoltre si applicano i riduttori di flusso e riducendo la luminanza di progetto a 0.5 cd/m² il risultato finale in termini di percezione è veramente limitato.

Temperatura di colore di sorgenti naturali ed artificiali.

Sorgenti	Temperature di colore (kelvin)
Cielo sereno	20.000 – 15.000
Cielo coperto	15.000 – 5.000
Sole a mezzogiorno	5.250
Sole all'alba	1.600
Lampada a incandescenza	3.000 – 2.400
Lampade fluorescenti	6.500 – 2.700
Lampade a catodo freddo	8.500 – 1.900
Candele steariche	1800

3. CLASSIFICAZIONE

3.1 classificazione delle strade e pianificazione degli interventi

L'illuminazione di strade, autostrade e altri luoghi pubblici contribuisce al benessere collettivo da più punti di vista. Una buona illuminazione partecipa alla sicurezza degli utenti della strada aumentando la visibilità dei percorsi e riducendo le possibilità di incidenti. Oltre ad assicurare una maggiore sicurezza negli spostamenti, permette di scoraggiare atti di microcriminalità e contribuisce al senso di sicurezza e di benessere di ognuno. Infatti, nelle ore notturne, è molto più rassicurante passeggiare e soffermarsi nei luoghi che sono bene illuminati. Per questa stessa ragione molte aree coperte, come i centri commerciali, sono illuminati "a giorno".

In un ottica di risparmio energetico, ossia di risparmio di risorse sia ambientali che economiche, è indispensabile verificare se e quanto sia effettivamente necessario illuminare una determinata strada o un luogo pubblico. Infatti, non sono rari i casi di strade e piazzali illuminati eccessivamente per tutta la notte senza ragione (ad esempio, le strade che anticipano uno sviluppo urbanistico non realizzato o i piazzali di parcheggio vuoti nelle ore notturne).

La classificazione delle strade – le cui regole sono definite dal nuovo Codice della strada (DI. 285 del 30 aprile 1992), dal Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 6792 del 5 novembre 2001, e dalle norme UNI 11248 e EN 13201 – fornisce i criteri sui quali i responsabili dell'illuminazione pubblica possono basarsi per decidere quale sia la luminosità necessaria. Si tratta di una materia abbastanza complessa che comprende diversi fattori quali:

- la velocità consentita ai veicoli
- il tipo di utenza
- la tipologia delle zone dette "di conflitto": strisce pedonali, imbocchi, rotonde, ecc.
- l'importanza del flusso di traffico (veicoli al giorno)
- il livello di uniformità della sede stradale
- il fabbisogno di illuminazione delle parti limitrofe alla strada, di limitazione dei bagliori, ecc
- le esigenze dei pedoni (l'illuminazione deve permettere di distinguere gli ostacoli o altri pericoli sul cammino)

Il Codice della Strada prevede la seguente classificazione, basandosi sulle caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali:

- A - Autostrade;
- B - Strade extraurbane principali;
- C - Strade extraurbane secondarie;
- D - Strade urbane di scorrimento;
- E - Strade urbane di quartiere;
- F - Strade locali.

Il Ministero dei Lavori Pubblici, con il D.M. del 12 aprile 1995, introduce la classificazione di altri tipi di strade che si possono trovare in ambito urbano, con funzione e caratteristiche intermedie rispetto ai tipi precedentemente indicati, quali:

- **strade di scorrimento veloce**, intermedie tra le autostrade e le strade di scorrimento;
- **strade interquartiere**, intermedie tra quelle di scorrimento e quelle di quartiere;
- **strade locali interzonali**, intermedie tra quelle di quartiere e quelle locali, queste ultime anche con funzioni di servizio rispetto alle strade di quartiere.

La regolamentazione dell'illuminazione pubblica è di competenza dei comuni, sia quando l'impianto è di proprietà pubblica che quando è di proprietà privata, come nel caso delle insegne pubblicitarie. Ma la forma in cui si esprime questa competenza varia da una regione all'altra sulla base delle leggi regionali sulla riduzione dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico.

La classificazione delle strade è definita dal Piano Urbano del Traffico (previsto a livello Nazionale dal nuovo Codice della strada per tutti i Comuni con popolazione superiore a 30 mila abitanti). In questo caso l'indice illuminotecnico delle strade è facilmente identificabile sulla base della norma UNI 11248 e della norma europea EN 13201.

Qualora mancassero completamente i piani locali, rientra nelle responsabilità del progettista dell'impianto il compito di sviluppare una classificazione delle necessità di illuminazione del territorio in accordo con il Comune. Infine va ricordato che l'orario di riduzione dell'illuminazione pubblica notturna è stabilito dall'amministrazione comunale sulla base della classificazione delle strade.

Un errore ricorrente consiste nel classificare in modo improprio le strade urbane locali (oltre il 60% delle strade) definendole genericamente "strade urbane di quartiere". In questo modo si raddoppiano i valori degli indici di illuminazione necessari e di conseguenza i costi di esercizio. Come precisa il D.M. 6792/2001 "Norme funzionali e

geometriche per la costruzione delle strade", infatti, dovrebbero essere considerate strade urbane di quartiere esclusivamente le strade provinciali, statali o extraurbane secondarie che entrano nel centro urbano.

La definizione del D.M. è infatti: "strade della rete secondaria di penetrazione che svolgono funzione di collegamento tra le strade urbane locali (facenti parte della rete locale, di accesso) e, qualora esistenti, le strade urbane di scorrimento (rete principale, di distribuzione)".

Partendo da una corretta classificazione delle strade, si può successivamente procedere alla pianificazione degli interventi di illuminazione correlando la tipologia e la larghezza delle strade alla scelta delle apparecchiature più idonee (lampioni, lampade, ecc.).

Con la pubblicazione, nel 2012, della nuova norma italiana UNI 11248 si va a completare il panorama normativo sull'illuminazione stradale insieme alle normative europee UNI EN13201-2 / 3 / 4.

Il nuovo impianto normativo rivede in modo radicale l'approccio alla progettazione, in primo luogo definendo responsabilità e competenze specifiche dei vari attori, in secondo luogo propone un notevole cambiamento anche sul piano degli algoritmi e delle convenzioni.

La EN13201 si compone di 4 parti; le parti 2, 3 e 4 riguardano rispettivamente :

EN13201-2 Requisiti prestazionali: ovvero i parametri in quantità e qualità che i vari ambienti illuminati presi in considerazione devono rispettare;

EN13201-3 Calcolo delle prestazioni: illustra gli algoritmi e le convenzioni per il calcolo delle prestazioni;

EN13201-4 Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche: illustra e suggerisce metodi e procedure per la verifica delle prestazioni.

Queste tre parti indicano degli standard di riferimento e sono dunque comuni a tutti gli stati membri.

Il **CEN/TR13201-1**, invece, specifica ed identifica una serie di fattori e considerazioni necessarie alla individuazione delle classi illuminotecniche riportate nella parte 2 alle quali ricondurre gli ambienti da illuminare.

La classificazione degli ambienti , strade o altre zone di traffico motorizzato e non, è un fattore che include aspetti legati alla sicurezza del cittadino.

Per statuto comunitario ogni stato membro ha diretta responsabilità sugli aspetti legati alla

sicurezza, conseguentemente ogni nazione della comunità economica europea ha redatto un proprio documento normativo per la classificazione degli ambienti. All'interno di tali documenti nazionali sono presi in considerazione gli elementi fondamentali del documento europeo CEN/TR13201-1 rielaborandoli ed adattandoli alle proprie specificità nazionali.

Per l'Italia il documento di riferimento per la classificazione è la citata **UNI11248**.

3.2 Analisi delle categorie illuminotecniche

Questa prima parte del nuovo percorso normativo introduce alcune importanti considerazioni sulle competenze dei vari attori. Essa impone al proprietario/gestore della strada ed al progettista una precisa presa di responsabilità circa i parametri di progetto individuati e concordati.

Inoltre fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione di una data zona esterna dedicata al traffico. Viene poi indicato come classificare le zone partendo da una classificazione di riferimento ed arrivando ad una classificazione di progetto e, infine, a eventuali classificazioni di esercizio in funzione di un processo di valutazione di molteplici parametri definito come "ANALISI DEI RISCHI".

All'atto pratico il processo di classificazione parte con l'individuazione della **categoria illuminotecnica di riferimento**, come conseguenza della classificazione della strada secondo la legislazione in vigore.

La classificazione della strada deve essere comunicata dal committente o dal gestore della strada al progettista o, perlomeno, concordata tra le parti.

Tipo di strada	Portata massima di servizio per corsia (veicoli/ora)	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h-1]	Categoria Illuminotecnica d'Ingresso
A1	1100	Autostrade extraurbane	130-150	ME1
A1		Autostrade urbane	130	
A2	1100	Strade di servizio alle autostrade	70 -90	ME2
A2	1100	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	1100	Strade extraurbane principali	110	ME2
B	1100	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70-90	ME3b
C	600	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C24)	70-90	ME2
C	600	Strade extraurbane secondarie	50	ME3b
C	600	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70-90	ME2
D	950	Strade urbane di scorrimento veloce	70	ME2
D	950	Strade urbane di scorrimento	50	ME2
E	800	Strade urbane interquartiere	50	ME2
E	800	Strade urbane di quartiere	50	ME3b
F	800	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	70 - 90	ME2
F	450	Strade locali extraurbane	50	ME3b
F	450	Strade locali extraurbane	30	S2
F	800	Strade locali urbane	50	ME3b
F	800	Strade locali urbane: centri storici e isole ambientali	30	CE3
F	800	Strade locali urbane: altre	30	CE4/S2
F	800	Strade locali interzonali	50 - 30	CE4/S2
F		Strade locali urbane: aree pedonali	5	CE4/S2
Fbis		Itinerari Ciclopedonali	-	CE4/S2

Questa classificazione è riferita alle strade nelle condizioni dei parametri d'influenza di seguito riportate:

Parametri di influenza (se rilevanti) considerati per le categorie illuminotecniche di riferimento di cui al prospetto 1

Esempi di Parametri di influenza proposti dalla norma UNI11248	Riduzione max. della cat.illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Condizioni non conflittuali	1
Flusso di traffico <50% rispetto alla portata di servizio	
Flusso di traffico <25% rispetto alla portata di servizio	2
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
Assenza di svincoli e/o intersezioni a raso	1
Assenza di attraversamenti pedonali	1

A questa prima classificazione il progettista applica quella che è definita come "analisi dei rischi", ovvero una valutazione di tutta quelle caratteristiche specifiche dell'ambiente che possono portare ad individuare una diversa categoria illuminotecnica **di progetto**.

Molti elementi di valutazione ed il loro peso in termini di rischi sono presentati nella norma attraverso diverse tabelle e processi decisionali assai articolati, ma è lasciata anche libertà al progettista di valutare aspetti secondo lui importanti.

Al termine di questa analisi, che il progettista è tenuto a documentare, si ricava la **categoria illuminotecnica di progetto** ed eventuali sotto-categorie **illuminotecniche di esercizio** legate al variare dei flussi di traffico, rispetto alle quali eseguire la progettazione illuminotecnica vera e propria.

La norma UNI11248, insieme alle correlate UNI EN13201/2/3/4, individua prescrizioni illuminotecniche per tutte le aree pubbliche adibite alla circolazione, destinate al traffico motorizzato, ciclabile o pedonale; definendo per tutte le tipologie specifici parametri di riferimento e di analisi.

A completamento del progetto la norma prevede che si prepari un piano di manutenzione e si indichino tutti quegli interventi da porre in opera per il mantenimento delle prestazioni dell'impianto.

Prestazioni che dovranno essere valutate in sede di collaudo e, se richiesto, in sede di manutenzione e controllo nel tempo, secondo quanto riportato dalla UNI EN13201-4.

La norma presenta inoltre alcune appendici informative utili al progettista.

Nella "APPENDICE A" sono riportati suggerimenti ed esempi utili alla valutazione e alla variazione delle categorie illuminotecniche in funzione dei vari parametri considerabili all'interno della analisi del rischio.

Al termine dei processi di analisi espressi nelle normative nazionali di riferimento (per l'Italia la UNI 11248) il progettista avrà individuato le categorie illuminotecniche su cui basare il proprio progetto; queste categorie possono essere raggruppate in 3 macro famiglie:

ME / MEW

Queste categorie fanno riferimento a strade a traffico motorizzato dove è applicabile il calcolo della luminanza.

Strade a traffico motorizzato per condizioni atmosferiche prevalentemente asciutte:

Categorie illuminotecniche serie ME

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto			Abbagliamento debilitante TI in %a) [massimo]	Illuminazione di contiguità SR 2b) [minima]
	L in cd/m2 [minima mantenuta]	U _o [minima]	UI [minima]		
ME1	2,0	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	nessun requisito

a) Un aumento del 5% del TI può essere ammesso quando si utilizzano sorgenti luminose a bassa luminanza (vedere nota 6).
b) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata.

Oppure strade a traffico motorizzato per condizioni atmosferiche prevalentemente bagnate:

Categorie illuminotecniche MEW

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato				Abbagliamento debilitante TI in %b) [massimo]	Illuminazione di contiguità SR c) [minima]
	Asciutto		Bagnato			
	L in cd/m2 [minima mantenuta]	U _o [minima]	UI a) [minima]	U _o [minima]		
MEW1	2,0	0,4	0,6	0,15	10	0,5
MEW2	1,5	0,4	0,6	0,15	10	0,5
MEW3	1,0	0,4	0,6	0,15	15	0,5
MEW4	0,75	0,4	nessun requisito	0,15	15	0,5
MEW5	0,5	0,35	nessun requisito	0,15	15	0,5

a) L'applicazione di questo criterio è volontaria, ma può valere per le autostrade.
b) Un aumento di 5 punti percentuali di TI può essere ammesso quando si utilizzano sorgenti luminose a bassa luminanza (vedere nota 6).
c) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata.

CE

Queste categorie si applicano ad aree a traffico motorizzato in cui non è possibile ricorrere al calcolo della luminanza, come ad esempio: zone di conflitto, incroci, strade commerciali e rotonde.

E' anche applicabile ad alcune situazioni ad uso ciclopedonale quando le categorie S o A non sono ritenute adeguate.

Categorie illuminotecniche serie CE

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	E in lx [minimo mantenuto]	U_0 [minima]
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

S,A,ES,EV

Le categorie illuminotecniche S o A sono riferite agli ambienti a carattere ciclopedonale come per esempio marciapiedi o piste ciclabili, ma anche corsie di emergenza ed altre separate o lungo la carreggiata.

Sono inoltre applicabili a strade urbane, strade pedonali, aree di parcheggio, strade interne a complessi scolastici, ecc.

La scelta se eseguire l'analisi in base agli illuminamenti orizzontali (classi S) o gli illuminamenti semisferici (classi A) è demandabile alle preferenze del progettista, benché la UNI11248 riconduca le aree pedonali alle soli classi S in quanto storicamente in Italia si preferisce l'indagine sugli illuminamento orizzontali.

Categorie illuminotecniche serie S

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	E in lx _a [minimo mantenuto]	E_{min} in lx [mantenuto]
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6
S7	prestazione non determinata	

a) Per ottenere l'uniformità, il valore effettivo dell'illuminamento medio mantenuto non può essere maggiore di 1,5 volte il valore minimo E indicato per la categoria.

Categorie illuminotecniche serie A

Categoria	Illuminamento emisferico	
	E_{hs} in lx [minimo mantenuto]	U_0 [minima]
A1	5	0,15
A2	3	0,15
A3	2	0,15
A4	1,5	0,15
A5	1	0,15
A6	prestazione non determinata	

Le categorie illuminotecniche ES sono riferite all'indagine degli illuminamenti semicilindrici. Tali classi sono da impiegare a complemento delle classi S o A quando il progettista le ritiene utili allo scopo di ridurre la criminalità ed eliminare la sensazione di sicurezza.

Categorie illuminotecniche serie ES

Illuminamento semicilindrico	
Categoria	$E_{sc,min}$ in lx [mantenuto]
ES1	10
ES2	7,5
ES3	5
ES4	3
ES5	2
ES6	1,5
ES7	1
ES8	0,75
ES9	0,5

Le categorie illuminotecniche EV sono riferite all'indagine degli illuminamenti verticali. Tali classi sono da impiegare in quelle situazioni dove sia necessario evidenziare/indagare superfici verticali, ad esempio aree di intersezione o di conflitto tra differenti utenze.

Categorie illuminotecniche serie EV

Illuminamento del piano verticale	
Categoria	$E_{v,min}$ in lx [mantenuto]
EV1	50
EV2	30
EV3	10
EV4	7,5
EV5	5
EV6	0,5

La norma chiede inoltre di considerare gli aspetti di apparenza diurna e notturna dell'impianto di illuminazione nonché di considerare gli aspetti di confort e limitazione delle emissioni luminose in direzioni non necessarie suggerendo una serie di argomenti.

Va ricordato che:

- gli indici U_0 e U_l che compaiono nelle tabelle accanto ai valori di luminanza media mantenuta (L_m) e di illuminamento E , rappresentano l'uniformità media di luminanza della carreggiata calcolata come $U_0 = L_{min}/L_{med}$ e l'uniformità longitudinale calcolata longitudinalmente ad ogni corsia come $U_l = \min(L_{min}/L_{med})$.
- L'indice S_r rappresenta l'illuminamento medio sulla striscia subito fuori dalla carreggiata rispetto all'illuminamento medio su una striscia subito dentro al bordo.
- L'indice T_i (incremento di soglia) e l'indice empirico che definisce il grado di abbagliamento, il quale si calcola secondo una formula complessa.

L'abbagliamento debilitante infatti deve essere mantenuto entro valori di tollerabilità, esso è considerato come l'abbagliamento prodotto da sorgenti di luce, che può compromettere la percezione visiva, senza necessariamente provocare una forte sensazione fastidiosa.

3.3 Selezione della categoria illuminotecnica

Le fasi della classificazione avvengono individuando le seguenti categorie:

Categoria illuminotecnica di riferimento: questa categoria discende direttamente da leggi e norme specifiche; la classificazione non è normalmente di competenza del progettista (come già specificato), tuttavia questa figura professionale può essere d'aiuto nell'individuazione della corretta classificazione.

Categoria illuminotecnica di progetto: essa è strettamente dipendente dall'applicazione dei parametri di influenza e specifica i requisiti illuminotecnici da considerare nel progetto dell'impianto.

Categorie illuminotecniche di esercizio: come conseguenza dell'analisi dei parametri di influenza (analisi dei rischi) e delle misure adottate per il contenimento dei consumi energetici, si definiscono così quelle categorie che tengono conto del variare nel tempo dei parametri di influenza, come in ambito stradale, il variare dei flussi di traffico durante la giornata.

Riportiamo nella tabella seguente le categorie illuminotecniche di riferimento, progetto ed esercizio, secondo la normativa vigente.

Tipo di strada	Portata di servizio per corsia (veicoli/ora)	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h ⁻¹]	Categoria illuminotecnica di riferimento	Aree di conflitto	Complessità campo visivo	Dispositivi Rallentatori	Flusso di Traffico		
								Categoria illuminotecnica di progetto	Categoria illuminotecnica di esercizio	
									100%	50%
A ₁	1100	Autostrade extraurbane	130-150	ME1	-	Normale	-	ME2	ME3a	ME4a
A ₁		Autostrade urbane	130		-	Elevata	-	ME1	ME2	ME3a
A ₂	1100	Strade di servizio alle autostrade	70-90	ME3a	No	Normale	-	ME3a	ME4a	-
						Elevata	-	ME2	ME3a	-
A ₂	1100	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	ME3a	Si	Normale	-	ME2	ME3b	-
						Elevata	-	ME1	ME2	-
B	1100	Strade extraurbane principali	110	ME3a	No	Normale	-	ME3a	ME4a	ME4a
						Elevata	-	ME2	ME3a	ME3a
B	1100	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70-90	ME4a	Si	Ininfluente	-	ME1	ME2	ME2
C	600	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2a)	70-90	ME3a	No	-	-	ME3a	ME4a	ME5
					Si	-	-	ME2	ME3a	ME4a
C	600	Strade extraurbane secondarie	50	ME4b	No	-	-	ME4b	ME5	ME6
					Si	-	-	ME3c	ME4b	ME5
C	600	Strada extraurbana secondaria con limiti particolari	70-90	ME3a	No	-	-	ME3a	ME4a	ME5
					Si	-	-	ME2	ME3a	ME4a
D	950	Strade urbane di scorrimento veloce	70	ME3a	No	-	-	ME3a	ME4a	ME5
					Si	-	-	ME2	ME3a	ME4a
D	950	Strade urbane di scorrimento	50	ME4b	No	-	-	ME4b	ME5	ME6
					Si	-	-	ME3c	ME4b	ME5
E	800	Strade urbane interquartiere	50	ME3c	No	-	No	ME3c	ME4b	ME5
							Nei pressi	ME2	ME3c	ME4b
					Si	-	No	ME2	ME3c	ME4b
							Nei pressi	ME1	ME2	ME3c
E	800	Strade urbane di quartiere	50	ME3c	No	-	No	ME3c	ME4b	ME5
							Nei pressi	ME2	ME3c	ME4b
					Si	-	No	ME2	ME3c	ME4b
							Nei pressi	ME1	ME2	ME3c
F	800	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	70-90	ME3a	No	-	-	ME3a	ME4a	ME5
					Si	-	-	ME2	ME3a	ME4a
F	450	Strade locali extraurbane	50	ME4b	No	-	-	ME4b	ME5	ME6
					Si	-	-	ME3c	ME4b	ME5
F	800	Strade locali urbane (tipi F1 e F2)	50	ME4b	No	-	-	ME5	ME6	ME6
					Si	-	-	ME4b	ME5	ME6

La individuazione della categoria illuminotecnica di progetto va quindi svolta individuando per primi i parametri di influenza applicabili con cui definire le categorie illuminotecniche di progetto - esercizio attraverso una valutazione dei rischi, evidenziando i criteri e le informazioni che giustifichino le scelte effettuate.

L'analisi dei rischi consta nella valutazione dei parametri di influenza volti ad assicurare la massima efficacia degli impianti di illuminazione ai fini della sicurezza per gli utenti della strada, minimizzando al contempo i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione, senza trascurare l'impatto ambientale.

Prendendo alla lettera la L.R. 17/09 risulta come sia compito dei Comuni assumere le iniziative necessarie al fine di contenere l'incremento annuale dei consumi di energia elettrica per illuminazione esterna notturna pubblica del territorio entro l'1% del consumo effettivo registrato alla data di entrata in vigore della legge stessa.

A tal fine i Comuni devono provvedere a sostituire i vecchi impianti con nuovi impianti a più elevata efficienza e minore potenza installata e orientando i fasci verso il piano stradale, evitando la propagazione della luce lungo il piano orizzontale.

Nella revisione dei regolamenti comunali andrà specificato che i nuovi impianti saranno realizzati con:

- sorgenti luminose di potenze inferiori a 75 W a parità di punti di luce,
- dispositivi che riducono il flusso luminoso installato
- apparecchi a vetro piano "full cut off"
- con efficienze superiori al 60%
- con sorgenti non superiori a 3.000 kelvin ove necessario.
- garantire un'interdistanza/altezza delle sorgenti luminose non inferiore a 3.7.
- utilizzare gli apparecchi solo da un solo lato della strada (salvo dove diversamente necessario).

A parità di luminanza, saranno privilegiati apparecchi che conseguano:

- impegni ridotti di potenza elettrica;
- condizioni ottimali di interasse dei punti luce;
- ridotti costi manutentivi.

Tabella "miglior compromesso" tra prestazioni illuminotecniche, risparmio energetico e potenze installate.

Luminanza media (L_m)	Potenze suggerite	Potenze consigliate (carreggiata < di 8 m)
cd/m ²	watt	watt
0.3	50 - 70	70
0.5	50 - 70	100
0.75	70	100
1.0	70 - 100	150
1.5	100 - 150	150
2.0	150 - 250	250

3.4 Sorgenti

Senza voler qui ripetere i cenni sulle sorgenti luminose si vuole inquadrare nel contesto storico l'evoluzione delle fonti di illuminazione pubblica; partendo da un'epoca a noi vicina possiamo dire che negli anni '70 apparvero le prime installazioni di lampade a vapore di sodio a bassa (SBP) ed alta pressione (SAP). Le prime, in epoca di crisi petrolifere, erano allettanti a causa della loro elevata efficienza luminosa (fino a 170 lumen/watt), sminuita, però, da una pessima resa cromatica (< 20); questo ha limitato il loro impiego alle aree industriali e nelle gallerie; la buona resa cromatica, vita media di funzionamento decorosa (circa 12.000 ore) ed efficienza luminosa di circa 100 lumen/Watt ha visto imporsi le SAP nel lungo periodo.

Restano ancora ampiamente utilizzate negli impianti di illuminazione pubblica sorgenti a vapore di mercurio con i problemi ambientali che comportano e la conseguente, graduale messa al bando.

Altri tipi di lampade (ad esempio quelle a vapore di alogenuri metallici) trovano impiego in particolari casi, come l'illuminazione di monumenti, affissioni pubblicitarie, accomunate dalla necessità di avere una elevata resa cromatica.

Alcuni comuni (Jesolo, Caorle, ecc.) hanno realizzato alcune linee di pubblica illuminazione con lampade ad induzione, caratterizzate da una vita media di funzionamento di circa 100.000 ore (equivalente a oltre 20 anni) con ottimi risultati.

Lampade a LED (ma in questi casi sarebbe più corretto parlare di schede) stanno avendo ampia diffusione; resta da verificare la vita attesa e lo scoglio rappresentato dal costo iniziale e dalla resistenza alle sovratensioni di rete.

Tipo	Potenza	Flusso	Costo	Efficienza	Euro/klm
	watt	lumen	€	lm/w	
SAP	70	5.500	18,00	78	3.27
Ioduri metallici	70	5.500	42,00	78	7.64
Vapori Hg	80	4.000	5,00	50	1.25
Induzione	80	6.800	40,00	85	5.88
LED	70	7.000	350,00	100	50.0

Tipo	Costo	Vita media	Euro/k ore
	€	ore	
SAP	18,00	18.000	1.00
Ioduri metallici	42,00	8.000	5.25
Vapori Hg	5,00	10.000	0.50
Induzione	40,00	100.000	0.40
LED	350,00	50.000	7.0

3.5 Corpi illuminanti

Gli apparecchi di illuminazione per esterni hanno lo scopo di proteggere la sorgente luminosa e le apparecchiature ad essa funzionali dagli agenti atmosferici, convogliare il flusso verso le zone a cui è destinato distribuendolo in maniera omogenea e senza creare abbagliamenti. Nello spirito delle recenti L.R. deve altresì impedire la diffusione verso l'alto e lungo il piano orizzontale; il materiale deve garantire una buona resistenza all'invecchiamento, il mantenimento delle prestazioni ottiche nel tempo, una facile ed agevole manutenzione ed anche una robustezza agli atti vandalici.

L'apparecchio deve essere compatibile con la sorgente, assicurando condizioni di funzionamento ottimali (es. garantendo lo smaltimento del calore) ed assolvere alla funzione estetica.

Per questi motivi tra gli scopi del PICIL si annovera un censimento dell'esistente in modo che si possa procedere ad una analisi delle apparecchiature presenti sulle mercato che soddisfacendo ai requisiti di legge si possano integrare con le strutture esistenti (pali, supporti, ecc.).

Una prima suddivisione comprende:

1. apparecchi per traffico stradale
2. apparecchi per zone residenziali
3. apparecchi per arredo urbano (zone centrali, vialetti ciclopedonali, ecc.)
4. apparecchi per aree estese (parcheggi, piazzali, ecc.)
5. apparecchi per illuminazione monumentale
6. apparecchi per segnalazione stradale (attraversamenti pedonali, spartitraffico)

3.6 Pali

Gli apparecchi luminosi possono essere installati in moltissime modalità; volendo attenerci alle più frequenti possiamo raggruppare le seguenti categorie:

- **palo:** è questa la modalità più ricorrente nelle sue infinite varianti ed in altrettante situazioni, sia in ambito urbano che extraurbano;
- **mensola a muro oppure su sbraccio:** tipologia quasi esclusivamente riconducibile all'ambito urbano, richiede necessariamente la presenza di opere su cui ancorarsi;
- **a sospensione:** , in questo caso l'apparecchio è posto al disopra all'area da illuminare; utilizzo quasi esclusivo nell'ambito urbano, si tendono le funi di ancoraggio tra edifici affacciati. Assai diffuso in passato è progressivamente abbandonato.
- **torre faro:** modalità quasi esclusivamente per grandi aree, si attua ponendo a notevole altezza (20 - 30 m circa) un grappolo di proiettori. Siti di installazione tipici sono: svincoli autostradali, rotonde, stazioni ferroviarie, aeroporti, parcheggi.

I pali hanno altezze variabili a seconda del tipo di ubicazione: circa 5 metri per i giardini, 8 - 12 metri per le strade e 20 - 30 e oltre nel caso di torri faro impiegate per l'illuminazione di grandi spazi. Normalmente sono in acciaio, ma non è infrequente trovarne ancora in cemento con armatura di ferro; esistono anche pali in resina, in alluminio ed in legno per applicazioni particolari. I bracci sono fissati ai pali od alla muratura, sono in acciaio con varie forme e dimensioni od in fusione di ghisa per quelli di tipo artistico.

Secondo le norme i pali per l'illuminazione possono avere diverse forme: pali dritti, conici o rastremati, con sbraccio singolo o doppio.

I pali per l'illuminazione pubblica e per l'arredo urbano, devono adattarsi per quanto possibile al contesto ambientale, con il minimo impatto possibile.

Le peculiarità a cui devono soddisfare i pali sono così riassunte:

- Resistenza alle sollecitazioni meccaniche ed alla spinta del vento
- Resistenza alla corrosione
- Minime necessità di manutenzione, con riferimento a:
 - dimensioni proporzionate;
 - presenza di finestra di ispezione.

Le distanze dei sostegni e dei relativi apparecchi di illuminazione dai conduttori di linee elettriche aeree non devono essere inferiori ai valori indicati nelle norme. Il distanziamento può essere ridotto per le linee in cavo aereo e, previo accordo fra i proprietari, anche per le linee con conduttori nudi.

La minima distanza tra l'impianto di illuminazione ed i bordi della carreggiata, supposta un'altezza massima di 5 metri dalla pavimentazione stradale, deve essere:

- 1) 0.5 m per le strade urbane dotate di marciapiede con cordatura
- 2) 1.4 m per le strade extraurbane e per quelle urbane prive di marciapiedi con cordatura.

Non va dimenticata la distanza di rispetto tra gli apparecchi, i sostegni, le fondazioni e le opere circostanti.

4 SORGENTI CONFORMI ALLA L.R. 17/09

4.1 Sorgenti luminose per la pubblica illuminazione

Dalla lettura della Legge emerge chiaramente l'intenzione del legislatore di dare indirizzi di scelta nella scelta delle sorgenti e degli apparecchi di illuminazione per la progettazione di nuovi impianti di pubblica illuminazione.

All'Art.9 par. 2. Si legge : "Si considerano conformi ai principi di contenimento dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico gli impianti che rispondono ai seguenti requisiti:

a) sono costituiti di apparecchi illuminanti aventi un'intensità luminosa massima compresa fra 0 e 0.49 candele (cd) per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso a novanta gradi ed oltre;

b) sono equipaggiati di lampade ad **avanzata tecnologia** ed **elevata efficienza luminosa**, come quelle al sodio ad alta o bassa pressione, in luogo di quelle ad efficienza luminosa inferiore. È consentito l'impiego di lampade con indice di resa cromatica superiore a $Ra=65$, ed efficienza comunque non inferiore ai 90 lm/w esclusivamente per l'illuminazione di monumenti, edifici, aree di aggregazione e zone pedonalizzate dei centri storici. I nuovi apparecchi d'illuminazione a LED possono essere impiegati anche in ambito stradale, a condizione siano conformi alle disposizioni di cui al comma 2

lettere a) e c) e l'efficienza delle sorgenti sia maggiore di 90 lm/W;

c) sono realizzati in modo che le superfici illuminate non superino il livello minimo di luminanza media mantenuta o di illuminamento medio mantenuto previsto dalle norme di sicurezza specifiche; in assenza di norme di sicurezza specifiche la luminanza media sulle superfici non deve superare 1 cd/mq;

d) sono provvisti di appositi dispositivi che abbassano i costi energetici e manutentivi, agiscono puntualmente su ciascuna lampada o in generale sull'intero impianto e **riducono il flusso luminoso** in misura superiore al trenta per cento rispetto al pieno regime di operatività, entro le ore ventiquattro.

La riduzione di luminanza, in funzione dei livelli di traffico, è obbligatoria per i nuovi impianti d'illuminazione stradale. "

Ricordando la disamina delle sorgenti vista nei paragrafi precedenti possiamo così riassumere le opzioni disponibili:

Sorgenti a **vapori di mercurio**: stante la elevata inefficienza e le complicazioni ambientali devono essere sostituite con sorgenti luminose a maggiore efficienza e di minore potenza. Appare verosimile che anche il corpo illuminante non sia conforme in ragione della propria vetustà per cui si può facilmente prevedere una sua sostituzione.

Questa operazione ha numerose ricadute positive:

- minore presenza di sostanze pericolose per l'ambiente
- minor immissione di gas serra
- minori consumi di combustibili fossili
- miglioramento dell'illuminazione
- minori esborsi finanziari annuali

Sono pertanto da escludere queste lampade dal novero delle sorgenti ad elevata tecnologia.

Lampade al **sodio a bassa pressione**; come accennato sono molto efficienti dal punto di vista energetico ma alquanto ingombranti e di pessima resa cromatica a causa della dominante giallo arancio troppo pronunciata.

Si ritiene che il ricorso al loro impiego vada effettuato con parsimonia.

Le sorgenti al **sodio ad alta pressione** costituiscono la soluzione di "miglior compromesso" e sono espressamente citate dalla legge; minori ricadute ambientali si avrebbero nella versione senza mercurio (anche se a scapito dell'efficienza). La resa cromatica è pari a 65, quindi buona per discernere gli ostacoli ma non per la visione dei colori.

Nelle aree urbane, dove assume rilevanza il comfort visivo e la corretta percezione dei colori, le sorgenti che, oltre ai requisiti appena esposti, assicurano anche una buona resa cromatica e una gradevole temperatura di colore sono tre.

Le lampade a **ioduri metallici** ad alta efficienza con una ottima resa cromatica e una luce "calda".

Lampade ad **induzione**; efficienza prossima ai 90 lm/w e diverse temperature di colore associate ad una resa cromatica superiore ad 85 ne fanno la sorgente ideale per aree

urbane ciclopedonali o zone monumentali da valorizzare. La lunghissima vita media le rende senza concorrenza in termini di manutenzione.

Lampade a **LED**: hanno una efficienza totale elevata ($> 100 \text{ lm/w}$), resa cromatica superiore a 70 e vita molto lunga.

Possono essere dimmerate ma restano ancora aperti due aspetti controversi:

- la forte dominante blu, per cui vanno preferite sorgenti da 4.000 kelvin circa.
- il rischio foto biologico (conformità alla norma EN 62471) per apparecchi di basso costo, spesso di importazione.

4.2 Orientamento del flusso per le sorgenti luminose

All'Art.9 par. 2. "Si considerano conformi ai principi di contenimento dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico gli impianti che rispondono ai seguenti requisiti:

a) sono costituiti di apparecchi illuminanti aventi un'intensità luminosa massima compresa fra 0 e 0.49 candele (cd) per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso a novanta gradi ed oltre;

Questo implica che gli apparecchi per illuminazione stradale da usarsi nella realizzazione di nuovi impianti devono corrispondere a questa prescrizione; al di là dei tecnicismi possiamo dire, in prima battuta, che gli apparecchi conformi alla L.R. 17/09 sono quelli che non emettono sopra la linea dell'orizzonte. Si prediligono apparecchi "full cut off" quindi, **a vetro piano** con la sorgente incassata, il cui fascio si diretto in varia misura verso il suolo.

Il produttore deve fornire un file da cui il progettista può evincere che il flusso sia rivolto verso il basso, eventualmente anche con l'ausilio di appositi programmi di calcolo.

Inoltre si prediligono certificazioni da parte di organismi terzi, come IMQ generiche autodichiarazioni dei costruttori.

Infine dovrà essere posta attenzione affinché l'inclinazione dell'apparecchio sia conforme al progetto anche quando il palo presenti lo sbraccio a frusta. In tal caso si dovranno orientare gli apparecchi parallelamente al piano stradale oppure usare appositi agganci che ne consentano la corretta inclinazione.

4.3 Regolazione del flusso per le sorgenti luminose

Nel citato Art.9 par 2 si cita espressamente la riduzione del flusso luminoso tra i requisiti di conformità degli impianti. Testualmente: d) sono provvisti di appositi dispositivi che abbassano i costi energetici e manutentivi, agiscono puntualmente su ciascuna lampada o in generale sull'intero impianto e **riducono il flusso luminoso** in misura superiore al **trenta per cento** rispetto al pieno regime di operatività, entro le ore ventiquattro.

La riduzione di luminanza, in funzione dei livelli di traffico, è obbligatoria per i nuovi impianti d'illuminazione stradale. “

Una rapida panoramica delle modalità di riduzione del flusso durante le ore notturne comprende i seguenti sistemi:

spegnimento alternato: trattasi di un metodo antiquato che deve una certa popolarità alla crisi petrolifera degli anni 70 ed è sopravvissuto come “tradizione installativa” fino ai giorni nostri. Lo spegnimento alternato è un sistema grossolano ma **non ammesso** di abbattimento dei costi senza fare ricorso ai regolatori di flusso, tuttavia il principale aspetto negativo è la creazione di **zone ad illuminamento discontinuo**, note come coni d'ombra, che non agevolano il compito visivo e, nel transito veloce, creano un effetto stroboscopico. Non ultimo viene meno il mantenimento della luminanza sulla sede stradale, requisito imposto dalla Norma oltre parametro “qualitativo”.

Regolazione del flusso: questo sistema si basa su alcuni dispositivi (sia centralizzati che distribuiti) che riescono a modulare il flusso emesso da ciascuna sorgente.

Sono apparecchiature elettriche che, tramite la stabilizzazione e la regolazione della tensione, mettono l'impianto di illuminazione nelle condizioni di erogare, esclusivamente nelle ore in cui è necessario, il massimo flusso di luce per il quale esso è stato progettato. Il vantaggio principale di questi dispositivi è il risparmio energetico che può arrivare fino al 50%, grazie alla stabilizzazione ed alla regolazione della tensione di alimentazione delle lampade, in funzione dell'orario di accensione. Si possono impostare valori di tensione diversi per ottenere il massimo risparmio energetico ed il livello di illuminamento previsto dalle Norme in vigore. Ogni impianto è programmabile in funzione del volume di traffico presente sulla strada. Ciò comporta una vita utile delle lampade che raggiunge i livelli dichiarati dal loro costruttore grazie a un ciclo di accensione programmabile su misura per ogni famiglia di lampade. La funzione di “accensione graduale” consente infatti di fornire una alimentazione a tensione leggermente inferiore al valore nominale per alcuni minuti per passare poi all'erogazione di una tensione stabilizzata in grado di prevenire le

tensioni elevate che solitamente si riscontrano nella ore tarde della notte.

Mediamente si rileva che, grazie all'effetto della stabilizzazione e di alimentazione a tensione ridotta, la "vita media sul campo" delle lampade raddoppia, mantenendo elevati standard qualitativi della luce.

Da ciò discende una considerevole riduzione nella frequenza degli interventi di sostituzione delle stesse e una riduzione dei i costi di gestione degli impianti, garantendo il ritorno dell'investimento in un periodo estremamente breve.

Inoltre l'impianto di illuminazione è in grado di assicurare il livello di illuminamento per cui è stato progettato anche in presenza di variazioni della tensione di rete.

Regolazione in remoto: questi apparecchi sono il frutto della accresciuta affidabilità dell'elettronica rispetto ai tradizionali alimentatori ferromagnetici e della ampia diffusione delle tecnologie informatiche che hanno reso possibile la disponibilità di reti sia cablate che wireless. Questo tipo di alimentatore elettronico è normalmente installato fra la lampada e la rete elettrica, inglobando le funzioni svolte da diversi dispositivi (come accenditore, reattore e condensatore). All'accensione esso aumenta gradatamente la potenza assorbita dalla lampada, che si stabilizzerà durante il suo funzionamento. In questo modo, si evitano le sovracorrenti di accensione e gli sbalzi di tensione. Le perdite di potenza tipiche dei sistemi ferromagnetici sono ridotte, mentre l'apposita funzione di regolazione del flusso permette di ridurre la potenza assorbita negli orari stabiliti. In caso di numerose lampade alimentate da un'unica linea molto lunga, il dispositivo le alimenta tutte alla stessa potenza, evitando così sia la sovralimentazione delle prime, che durano più a lungo, sia la sottoalimentazione delle ultime, che migliorano la resa luminosa.

L'apparato assicura:

- La riduzione immediata di almeno il 30% dei consumi elettrici complessivi
- La **riduzione dei costi fissi** per la potenza impegnata (ovvero del "picco" massimo di kW toccato nel corso dell'anno)
- L'**estensione della durata** delle lampade, con il dimezzamento dei costi di manutenzione.

4.4 Prelievo di energia per illuminazione pubblica

La fascia oraria di prelievo dell'energia elettrica per gli impianti di illuminazione pubblica è regolamentata dalla Delibera AEEG n.52/04 - pubblicata sul sito www.autorita.energia.it - il 2 aprile 2004, ai sensi dell'articolo 6, comma 4, della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 20 febbraio 2001, n. 26/01 - GU n. 86 del 16.4.04.

Tale attribuzione si basa sulla collocazione geografica nel territorio nazionale di detti impianti, così come dell'eventuale capacità di modulazione del flusso luminoso durante il periodo di accensione.

Riprendiamo dalla pubblicazione citata alcune definizioni:

Ora convenzionale di accensione: e l'ora in corrispondenza della quale è convenzionalmente stabilita l'accensione degli impianti di illuminazione pubblica;

Ora convenzionale di spegnimento: e l'ora in corrispondenza della quale è convenzionalmente stabilito lo spegnimento degli impianti di illuminazione pubblica;

Decadi sono, per ciascun mese, i seguenti raggruppamenti di giorni:

- *prima decade:* dal primo al decimo giorno del mese;
- *seconda decade:* dall'undicesimo al ventesimo giorno del mese;
- *terza decade:* dal ventunesimo all'ultimo giorno del mese.

Prima fascia di accensione sono, per ciascun giorno di ciascuna decade, le ore intercorrenti tra l'ora convenzionale di accensione e le ore 24.00 dello stesso giorno;

Seconda fascia di accensione sono, per ciascun giorno di ciascuna decade, le ore intercorrenti tra le ore 24.00 e l'ora convenzionale di spegnimento;

Fascia geografica e l'insieme delle regioni italiane caratterizzate dalla stessa ora convenzionale di accensione e dalla stessa ora convenzionale di spegnimento;

- **Fascia geografica centrale:** l'insieme delle regioni Abruzzo, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Lazio, Marche, Sicilia, Toscana, Trentino Alto Adige, Umbria e **Veneto**;

- **Fascia geografica occidentale:** insieme delle regioni Liguria, Lombardia, Piemonte, Sardegna e Valle d'Aosta;

- **Fascia geografica orientale:** insieme delle regioni Basilicata, Calabria, Campania, Molise e Puglia.

Il profilo orario di prelievo di energia elettrica nei punti di prelievo non trattati su base oraria relativi di impianti di illuminazione pubblica i cui punti non sono trattati su base

oraria e corrispondenti a clienti del mercato libero è posto pari, ad una potenza oraria determinata, in ciascuna decade di ciascun mese, in maniera tale che:

- a) il valore della potenza oraria di prelievo della prima fascia di accensione sia posta uguale in tutte le ore delle medesima fascia ad eccezione della prima ora;
- b) il valore della potenza oraria di prelievo della seconda fascia di accensione sia posta uguale in tutte le ore delle medesima fascia ad eccezione dell'ultima ora;
- c) nel caso in cui siano adottate misure tecniche per la modulazione del flusso luminoso che comportino una riduzione del prelievo di energia elettrica durante la seconda fascia di accensione, il valore di cui alla precedente lettera a) sia posto uguale al 75% del valore di cui alla precedente lettera a);
- d) il valore della potenza oraria di prelievo nella prima ora della prima fascia di accensione e pari al valore di cui alla precedente lettera a) moltiplicato per il rapporto tra i minuti di accensione all'interno di tale ora e 60;
- e) il valore della potenza oraria di prelievo nell'ultima ora della seconda fascia di accensione e pari al valore di cui alla precedente lettera b) moltiplicato per il rapporto tra i minuti di accensione all'interno di tale ora e 60;
- f) l'energia elettrica sottesa al profilo orario di prelievo risulti pari all'energia elettrica prelevata nel mese per il quale detti profili sono determinati.

La Regione Veneto rientra nella fascia **geografica centrale**, le ore convenzionali di accensione e spegnimento sono riportate in tabella 1.

Tabella 1: ore convenzionali di accensione e spegnimento con riferimento alla fascia geografica centrale (Veneto)

Mese	Decade	ora convenzionale di accensione	ora convenzionale di spegnimento
Gennaio	1	17.05	7.55
	2	17.15	7.50
	3	17.25	7.45
Febbraio	1	17.40	7.35
	2	17.55	7.20
	3	18.10	7.05
Marzo	1	18.20	6.50
	2	18.35	6.30
	3	18.50	6.10
Aprile	1	20.05	6.50
	2	20.15	6.30
	3	20.30	6.10

Maggio	1	20.45	5.55
	2	20.55	5.40
	3	21.10	5.30
Giugno	1	21.20	5.20
	2	21.25	5.20
	3	21.30	5.20
Luglio	1	21.30	5.30
	2	21.20	5.40
	3	21.10	5.45
Agosto	1	20.55	6.00
	2	20.40	6.15
	3	20.20	6.30
Settembre	1	20.00	6.45
	2	19.40	6.55
	3	19.20	7.10
Ottobre	1	19.00	7.20
	2	18.40	7.35
	3	18.25	7.45
Novembre	1	17.10	7.00
	2	16.55	7.15
	3	16.50	7.25
Dicembre	1	16.50	7.40
	2	16.50	7.45
	3	16.55	7.55

5 CONCLUSIONI

5.1 Riepilogo dello stato di fatto

Il territorio presenta una varietà di soluzioni per la pubblica illuminazione che sono il risultato di interventi susseguitesesi nel corso dei decenni passati in cui vi erano condizioni al contorno e sensibilità alquanto diverse.

Dopo le politiche di austerità degli anni 70 si è passati alla spensierata crescita degli anni 80 e 90, fino alla comparsa della L.R. nel 97 che, idealmente, poneva fine alla "corsa all'oro" dando una prima regolamentazione del settore; infine l'attuale L.R. 17/09 che fonde insieme aspetti di tutela dell'ambiente con gli aspetti del risparmio energetico e la protezione degli osservatori astronomici nella loro attività quotidiana.

Questo ha lasciato in eredità una varietà di sorgenti, apparecchi e sostegni che la Pubblica Amministrazione si accinge a modificare entro un quadro di interventi programmato e coordinato che si protrarrà per i prossimi anni.

Le sorgenti al mercurio sono inefficienti, per le complicazioni ambientali che comportano, devono essere sostituite con sorgenti luminose a maggiore efficienza e di minore potenza. Sono pertanto da escludere queste lampade dal novero delle sorgenti ad elevata tecnologia. Verosimilmente il corpo illuminante è coevo alla sorgente e quindi non è conforme ai requisiti della L.R. 17/09.

Gli apparecchi devono essere orientati **parallelamente al piano orizzontale**, a prescindere dalla conformazione del vetro e dalla conformità alle prescrizioni della L.R. 17/09.

I supporti, appurato il loro stato di conservazione (ruggine stabilità, ecc.) rientrano in un piano di interventi di lungo termine.

5.2 Linee di intervento per la illuminazione pubblica

La Regione Veneto ha previsto – con vari Bandi - degli stanziamenti in conto capitale per la sostituzione e l'ammmodernamento degli impianti di pubblica illuminazione. Una volta individuate le zone di bisognose di bonifica in ragione della obsolescenza delle sorgenti, dell'apparecchio o del sostegno, si definisce un piano pluriennale di intervento. Dallo spirito della Legge, dalle Norme citate, da circolari attuative di Enti Regionali per la protezione ambientale e altra letteratura riconducibile ai circoli astrofili (che di questa legge sono gli ispiratori) si evince che:

- l'orientamento degli apparecchi è l'intervento che ha il maggior rapporto beneficio costo; un primo abbattimento della luce dispersa si consegue **orientando i corpi illuminanti** durante i periodici cicli di manutenzione senza esborso alcuno.
- La sostituzione delle **lampade al mercurio** con lampade a vapori di sodio ad alta pressione o a LED, pur se alloggiata in apparecchi non conformi, permette di ottenere una riduzione dei consumi per effetto della maggior efficienza delle SAP (es. 70 watt in luogo di una da 125 watt). Effetto non secondario è lo spostamento dello spettro di emissione verso il giallo che può essere facilmente filtrato dagli osservatori astronomici; quindi a parità di flusso l'impatto ambientale è inferiore.
- L'eliminazione dei "**globi**" e dei "**lampioncini**" nella illuminazione delle zone centrali, aree di aggregazione e ciclopedonali. Anche in questo caso la sola eliminazione della luce dispersa oltre la linea d'orizzonte permette una riduzione della potenza del 60%, al netto di eventuali ottimizzazioni o di luminanze eccessive frutto di logiche sorpassate.
- Per le aree monumentali, piazze, zone centrali pedonali, la sostituzione di sorgenti obsolete con lampade che offrono alta efficienza, lunghissima durata, ottima resa cromatica ($R_a > 85$) con temperature di colore di 3.000 kelvin, quindi compatibili con l'attività astronomica.
- La redazione di Regolamenti comunali in cui siano recepite le linee guida della L.R. 17/09 con speciali prescrizioni per la progettazione di nuovi impianti di pubblica illuminazione in cui l'interdistanza tra i pali sia $> 3,7$, gli apparecchi siano "full cut off" e sia consentita la regolazione del flusso.

5.3 Proposte

Dopo l'attuazione delle misure di intervento che saranno parte di una sezione successiva del presente PICIL saranno esaminati anche i consumi; dall'analisi potranno scaturire gli incrementi annui (IA) come specificato nell'Art 5 comma 4 "Ai fini di cui al comma 3 i comuni, entro sei mesi dalla data di entrata in vigore della presente legge, rilevano il consumo di energia elettrica per illuminazione esterna notturna pubblica nel territorio di propria competenza, misurato in chilowattora/anno, nonché la quota annuale di incremento massima (IA) ammissibile."

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

Esempio:

Fatto 1000 il consumo in kWh del Comune di San Zenone nel 2015 per l'illuminazione pubblica l'incremento massimo annuale consentito dei sarà:

(1% su 1000 kWh) = 10 kWh/anno

Da ciò discende che:

Anno	Consumi kWh/anno
2016	1010
2017	1020
2018	1030

Esempio di interventi sul territorio nel 2016:

Nel 2016 il Comune procede alla sostituzione di alcune sorgenti obsolete ai vapori di mercurio con lampade SAP che comportano un risparmio certificato e registrato dal comune di 30 kWh/anno.

Il totale del bilancio energetico comunale da rispettare rimane sempre quello sopra definito ma i consumi energetici comunali sono diminuiti di 30 kWh/anno passando per il

2016 da 1000 a 970 kWh/anno quindi, nel 2016, il comune ha un margine per realizzare nuovi impianti pari a $30 + 10 = 40$ kWh/anno.

Se l'intervento per aree di nuova urbanizzazione comportasse un consumo di 60 kWh/anno il comune dovrà pianificare:

- Interventi che riducano il flusso ed abbattano il consumo di 20 kWh/anno
- Dilazionare la messa in esercizio delle nuove linee nei due anni successivi.

Supponiamo che si scelga di adottare regolatori di flusso che abbattano i consumi di 20 kWh/anno.

Nel 2017 si pianifica la sostituzione delle sorgenti poste nel centro storico con lampade a LED per un risparmio di 10 kWh /anno.

Anno	Consumi ammessi	Consumi effettivi	Incremento disponibile
	kWh/anno	kWh/anno	kWh/anno
2016	1010	970	40
2017	1020	990	30
2018	1030	1010	20

Da questo prospetto consegue che il Comune ha a disposizione 20 kWh /anno per la realizzazione di nuovi insediamenti.

5.4 Linee di intervento per la illuminazione privata

La L.R. 17/09 della Regione Veneto ha contemplato anche l'adeguamento e la bonifica degli impianti di illuminazione privata. Una volta individuate le zone fortemente inquinanti si procederà invitando i privati alla bonifica.

Secondo l'Art 9 comma 10. "Per gli impianti di illuminazione esistenti alla data d'entrata in vigore della presente legge e non rispondenti ai requisiti di cui al presente articolo, fatte salve le norme vigenti in materia di sicurezza, è disposta la **modifica dell'inclinazione** degli apparecchi secondo angoli prossimi all'orizzonte, con inserimento di **schermi paraluce** atti a limitare l'emissione luminosa oltre i novanta gradi."

Al comma 11 b) si legge che in ciascun impianto va massimizzata la frazione "del flusso luminoso emesso dall'impianto, in ragione dell'effettiva incidenza sulla superficie da illuminare (utilanza). La progettazione degli impianti di illuminazione esterna notturna deve essere tale da **contenere al massimo la luce intrusiva** all'interno delle abitazioni e di ogni ambiente adiacente l'impianto."

Per queste ragioni il Comune si riserverà di richiamare tutti i soggetti privati che non provvedessero ad eliminare le sorgenti in palese violazione della presente Legge.

Analogamente l'affissione di nuove **insegne luminose** nel territorio dovrà avvenire tramite **autorizzazione** esplicita:

"Art. 5 comma c) [I comuni] sottopongono **al regime dell'autorizzazione** comunale tutti gli impianti di illuminazione esterna, anche a scopo pubblicitario;"

Il richiedente dovrà comprovare che il flusso, per le insegne dotate di illuminazione propria, **non superi i 4.500 lumen** emesso in ogni direzione per ogni singolo esercizio e che lo spegnimento avvenga entro le ore 24.

Per le insegne esistenti tali requisiti dovranno essere comprovati in sede di rinnovo dell'autorizzazione comunale.

L'illuminazione delle insegne non dotate di illuminazione propria deve essere realizzata utilizzando apparecchi che illuminino **dall'alto verso il basso**.

L'emissione oltre il piano orizzontale è ammessa per le insegne ad illuminazione propria, anche se costituite da tubi di neon nudi (insegne al neon).

In ogni caso tutte le insegne luminose non preposte alla sicurezza e ai servizi di pubblica utilità devono essere spente alla chiusura dell'esercizio e comunque entro le ore ventiquattro.