



Comune di Castel Baronia
Provincia di Avellino



Piano Illuminotecnico Comunale

TAV.EL425/02 NORME DI ATTUAZIONE E REGOLAMENTO

il Progettista :
Ing. Antonio SALZA

il R.U.P :
Geom. Nicola SARACINO

il Sindaco :
Ing. Carmine FAMIGLIETTI



INDICE

PREMESSA

Articolo 1 - Introduzione ai piani di illuminazione

1.1 – Che cosa s'intende per Piano di Illuminazione Pubblica

1.2 – Esigenze e motivazioni

1.3 – Beneficiari dei piani d'illuminazione

1.4 – Vantaggi economici

1.5 – Quadro normativo di riferimento per l'illuminazione stradale e possibilità di risparmio energetico

1.6 – Considerazioni conclusive

Articolo 2 – Piano di illuminazione pubblica comunale : Finalità

2.1 - Definizione di Inquinamento Luminoso

2.2 - Finalità dei piani d'illuminazione

2.3 – Individuazione delle fasi di studio e sviluppo del piano

Articolo 3-Potenzialità connesse allo sviluppo delle tecnologie per l'illuminazione

3.1 - LAMPADE

3.2 - APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

3.3 – SISTEMI DI CONTROLLO

Articolo 4 - Sostegni

4.1 - Dimensioni e forma

4.2 - Uso dei sostegni

4.3 - Elementi decorativi

Articolo 5 - Piano d'illuminazione Pubblica: Ambiti operativi

5.1 – Rilievo degli impianti esistenti

5.2 – Suddivisione del Territorio

5.3 – Aree Omogenee

5.4 – Stesura del piano d'illuminazione

Articolo 6 - Prospetto normativo di riferimento adottato nel progetto in esame

Articolo 7 - Progettazione di alcune tipologie d'impianto nel rispetto della Legge Regionale n°12, 25 luglio 2002

7.1 – Criteri comuni

7.2 – Impianti extraurbani (circonvallazioni, autostrade, tangenziali ecc.)

7.3 – Grandi aree (parcheggi, piazzali, piazze, ecc.)

7.4 – Impianti sportivo

7.5 – Centri storici e vie commerciali

7.6 – Illuminazione di edifici e monumenti

Articolo 8 - Cartografia

La Terra e l'inquinamento luminoso emesso dai corpi illuminanti visti dallo Spazio
(fonte: N.A.S.A.)



PREMESSA

La recente introduzione di leggi regionali che regolamentano l'illuminazione esterna pubblica e privata spinge i comuni a dotarsi di piani di illuminazione che definiscano dei criteri omogenei di illuminazione del territorio.

La situazione che si presenta all'entrata in vigore delle suddette leggi è piuttosto articolata e confusa, in quanto non esistendo una vera e propria normativa nazionale in materia di illuminazione gli interventi condotti sul territorio sono stati realizzati senza alcun intento programmatico, con l'unico scopo di sopperire alle contingenti esigenze che di volta in volta si manifestano sul territorio.

A questo si deve aggiungere che la maggior parte delle volte gli impianti sono stati realizzati senza considerare le situazioni preesistenti accavallando confusamente ed in modo non omogeneo impianti con finalità ed intenti completamente diversi ed indipendenti.

La realizzazione di un piano d'illuminazione ha la funzione di fotografare la situazione territoriale nonché di organizzare ed ottimizzare in modo organico l'illuminazione pubblica e privata, nel pieno rispetto delle succitate leggi. Si pone quindi come strumento principe per renderle più efficaci ed operative.

Gli ambiti operativi dei Piani di illuminazione pubblica (P.I.P.) sono i seguenti :

- dal punto di vista tecnico pianificano l'illuminazione del territorio, gli interventi di aggiornamento degli impianti e la loro manutenzione;

- dal punto di vista economico permettono di programmare anticipatamente gli interventi e di gestire razionalmente i costi, con un considerevole risparmio energetico.

Articolo 1 - Introduzione ai piani di illuminazione

1.1 Che cosa s'intende per Piano di Illuminazione Pubblica

Quando si parla di Piano di Illuminazione Pubblica si intende un progetto ed un complesso di disposizioni tecniche destinate a regolamentare gli interventi di illuminazione pubblica e privata. Tale Piano sarà realizzato secondo le specifiche e nel pieno rispetto delle leggi regionali vigenti nonché delle normative nazionali (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, norme tecniche europee enazionali tipo CEI , DIN e UNI).

Le disposizioni elaborate da tale piano hanno applicazione su tutto il territorio comunale per gli impianti di futura realizzazione, mentre se tali territori ricadono in aree di tutela degli osservatori astronomici regionali (secondo gli elenchi stilati dalla Giunta Regionale), i piani d'illuminazione devono provvedere anche alla sostituzione programmata ed all'adeguamento degli impianti già esistenti.

Ulteriore necessità di codesti piani è anche quella della tutela sia diurna che notturna del territorio e della sua immagine, favorendo scelte che la valorizzino.

1.2 Esigenze e motivazioni

1. lotta all'inquinamento luminoso;
2. risparmio energetico e programmazione economica;
3. salvaguardia e protezione dell'ambiente;
4. sicurezza del traffico, delle persone e del territorio;
5. valorizzazione dell'ambiente urbano, dei centri storici e residenziali;
6. miglioramento della viabilità.

1.3 Beneficiari dei piani d'illuminazione

- i cittadini;
- le attività ricreative e commerciali;
- i Comuni gestori d'impianti d'illuminazione propria;
- gli enti gestori d'impianti d'illuminazione pubblica e privata;
- i progettisti illuminotecnici;
- i produttori di apparecchiature per l'illuminazione e gli impiantisti;
- gli organi che controllano la sicurezza degli impianti elettrici e d'illuminazione;
- il Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale e le Società di assicurazione, per la riduzione del numero degli infortuni;
- le forze dell'ordine per la riduzione delle micro criminalità e degli atti di vandalismo;
- l'ambiente con la difesa della flora e della fauna locale;
- gli astronomi e gli astrofili per la riduzione dell'inquinamento luminoso.

1.4 Vantaggi economici

Poiché la nuova normativa di legge prevede interventi che si protrarranno nel tempo e modificheranno la tipologia delle nuove installazioni e degli impianti di illuminazione, i vantaggi economici che ne deriveranno saranno notevoli in quanto frutto della combinazione di alcuni fattori determinanti: riduzione della dispersione del flusso luminoso intrusivo in aree in cui tale flusso non era previsto arrivasse, controllo dell'illuminazione pubblica e privata evitando inutili ed indesiderati sprechi, riduzione dei flussi luminosi su strade negli orari notturni ed infine utilizzo di impianti equipaggiati di lampade con la più alta efficienza possibile in relazione allo stato della tecnologia.

Ad accrescere i vantaggi economici oltre ad un'azione condotta sulle apparecchiature di illuminazione, è necessario prevedere una razionalizzazione e standardizzazione degli impianti di servizio (linee elettriche, palificate, etc..) e all'utilizzo di impianti ad alta tecnologia con bassi costi di gestione e manutenzione.

1.5 Quadro normativo di riferimento per l'illuminazione stradale e possibilità di risparmio energetico

Il quadro normativo relativo all'illuminazione stradale comprende quattro Norme:

- UNI 11248
- UNI EN 13201-2
- UNI EN 13201-3
- UNI EN 13201-4

Di queste quattro norme, finite di pubblicare nell'ottobre 2007, la UNI 11248 propone una classificazione delle strade e definisce il metodo per determinare la classe illuminotecnica per ogni specifico tratto di strada in funzione di alcuni parametri di influenza (es. complessità del campo visivo, zone di conflitto, indice di rischio, luminosità dell'ambiente, tipo di sorgente, flusso di traffico, etc.).

La UNI EN 13201-2 assegna ad ogni categoria illuminotecnica di progetto i valori di prestazione corrispondenti, in termini, a seconda dei casi, di luminanza, illuminamento, uniformità e controllo dell'abbagliamento.

La UNI EN 13201-3 definisce le modalità di calcolo in fase di progettazione degli impianti, mentre la UNI EN 13201-4 specifica le modalità di verifica e collaudo degli impianti (metodi e strumenti di misura).

UNI 11248/2007

Le caratteristiche fotometriche per la progettazione di un impianto di illuminazione stradale vengono definite sulla base di una o più categorie illuminotecniche in funzione di un insieme di parametri di influenza.

La norma UNI 11248 fornisce le informazioni necessarie per identificare la classe illuminotecnica per il progetto dell'impianto.

Innanzitutto deve essere individuata la categoria illuminotecnica di riferimento, che dipende esclusivamente dal tipo di strada; quindi la categoria illuminotecnica di progetto che definisce i requisiti rispetto ai quali dovrà essere progettato l'impianto e che può differire da quella di riferimento in relazione ad alcuni parametri di influenza.

I parametri d'influenza possono essere: caratteristiche di complessità del campo visivo,

presenza di zone di conflitto, indice di rischio, luminosità dell'ambiente, tipo di sorgente, flusso di traffico etc.

Infine, potranno essere individuate delle categorie illuminotecniche di esercizio, che specificano come potranno variare i requisiti illuminotecnici in funzione della variabilità nel tempo dei fattori di influenza, ad esempio di quanto si potrà ridurre la prestazione illuminotecnica in funzione di una riduzione del flusso di traffico in certi periodi o fasce orarie.

La categoria illuminotecnica di riferimento viene definita in base al tipo di strada.

La Norma identifica 6 classi stradali: per ogni classe sono inoltre introdotte delle sottoclassi in funzione della localizzazione della strada e del limite di velocità.

La classificazione della strada deve essere comunicata al progettista dal committente o dal gestore della strada, valutate le reali condizioni ed esigenze.

Nella tabella 1 sono riportate le classi stradali previste, le sottoclassi e le categorie illuminotecniche di riferimento corrispondenti.

Tabella 1 – Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento nelle condizioni dei parametri di influenza di cui alla successiva Tabella 2 (UNI EN 11248).

Tipo	Descrizione	Limiti di velocità km/h	Categoria illuminotecnica di riferimento
A1	Autostrade extraurbane	130-150	ME1
A1	Autostrade urbane	130	ME1
A2	Strade di servizio alle autostrade	70-90	ME3a
A2	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	ME3a
B	Strade extraurbane principali	110	ME3a
B	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70-90	ME4a
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	70-90	ME3a
C	Strade extraurbane secondarie	50	ME4b
C	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70-90	ME3a
D	Strade urbane di scorrimento veloce	70	ME3a
D	Strade urbane di scorrimento veloce	50	ME3a
E	Strade urbane interquartiere	50	ME3a
E	Strade urbane di quartiere	50	ME3c
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	70-90	ME3c
F	Strade locali extraurbane	50	ME3a
F	Strade locali extraurbane	30	ME4b
F	Strade locali urbane (tipi F1 e F2)	50	S3
F	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	ME4b
F	Strade locali urbane: altre situazioni	30	CE4
F	Strade locali urbane: aree pedonali	5	CE5/S3
F	Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	CE5/S3
F	Strade locali interzonali	50	-
F	Strade locali interzonali	30	-
-	Piste ciclabili	non dichiarato	S3
-	Strade a destinazione particolare	30	-

Tabella 2

Tipo di strada	Parametri di influenza							
	Flusso di traffico	Complessita' del campo visivo	Zona di conflitto	Dispositivi rallentatori	Indice di rischio di aggressione	Pendenza media	Indice livello luminoso ambiente	Pedoni
A1	Massimo	Elevata	-					
A2		Normale						
B			-					
C								
D								
E								
F		Normale	Assente					
Piste ciclabili	-	-	-	-	<=2%	Amb.urbano	Non ammessi	

Per individuare la/e categoria/e illuminotecnica/e di progetto e di esercizio è necessario fare un'analisi dei rischi tenendo conto delle caratteristiche specifiche, dell'area, della strada, dell'impianto etc.

Nei casi normali questa analisi può essere basata sulla conoscenza dei parametri di influenza più significativi riportati in tabella 2, nei casi più complessi il progettista dovrà valutare l'importanza di ulteriori parametri locali, in accordo anche con il committente.

Tabella 3 – Parametri di influenza per la determinazione delle categorie illuminotecniche di progetto ed esercizio (UNI EN 11248)

Parametro di influenza	Variazione della categoria illuminotecnica	Non si applica a
Compito visivo normale	-1	A1
Condizioni non conflittuali		
Flusso di traffico < 50% rispetto al massimo		
Flusso di traffico < 25% rispetto al massimo	-2	
Segnaletica attiva nelle zone conflittuali	-1	
Indice di resa dei colori ≥ 60	-1 (a discrezione)	
Indice di resa dei colori < 30	+1	-
Pericolo di aggressione		
Presenza di intersezioni e/o svincoli a raso		
Prossimita' di passaggi pedonali		
Prossimita' di dispositivi rallentatori		

UNI EN 13201-2

Definita la classe o le classi illuminotecniche di progetto e di esercizio mediante la UNI 11248 i valori dei requisiti fotometrici possono essere ricavati mediante le tabelle riportate nella UNI EN 13201-2

UNI EN 13201-3

Stabilisce le modalità per il calcolo delle prestazioni fotometriche degli impianti di illuminazione stradale

UNI EN 13201-4

Definisce le modalità di misura delle prestazioni illuminotecniche degli impianti di illuminazione stradale.

1.6 Considerazioni conclusive

L'analisi della recente normativa per la progettazione degli impianti d'illuminazione stradale evidenzia l'importanza attribuita alla necessità di progettare gli impianti tenendo conto sia delle fondamentali esigenze di sicurezza che delle esigenze di contenimento dei consumi energetici.

Il complesso meccanismo della selezione delle categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio consente infatti di definire in modo più puntuale e specifico i requisiti di progetto, dando la possibilità di incrementare o ridurre le prestazioni in funzione delle caratteristiche specifiche della zona considerata, a valle di una analisi di rischio sviluppata dal progettista in collaborazione con la committenza.

In questo modo ad esempio, data una certa categoria di strada, è possibile ridurre le prestazioni richieste all'impianto in presenza di flussi di traffico ridotti (25% o 50% rispetto al normale flusso di traffico) o in assenza di zone di conflitto, così come invece risulta necessario incrementarle in presenza di indici di rischio elevato, di dispositivi rallentatori etc.

In termini di contenimento dei consumi energetici questa norma consente sostanzialmente di definire diverse categorie illuminotecniche di esercizio in funzione di una riduzione del flusso di traffico, ad esempio nelle ore notturne (-1 classe per un flusso di traffico del 50% rispetto al normale per un flusso di traffico del 25%), così come consente di ridurre i requisiti di progetto nel caso si utilizzino lampade con resa del colore superiore a 60 (-1 classe illuminotecnica).

Un incremento delle prestazioni rispetto a condizioni standard si ha invece in situazioni di maggior rischio: la presenza di incroci a raso, passaggi pedonali etc. implica un incremento della classe illuminotecnica (+1), così come l'utilizzo di lampade con resa del colore inferiore a 30 che quindi teoricamente più difficile la discriminazione di oggetti e persone.

Le caratteristiche della normativa per la definizione dei requisiti di progetto dell'illuminazione stradale evidenzia inoltre l'importanza della presenza della committenza nella fase di analisi dei rischi per la determinazione delle classi illuminotecniche di progetto e di esercizio. Un'attenta e definizione delle caratteristiche delle strade, a partire dal limite di velocità fino alla definizione delle possibili condizioni di rischio e variazioni del flusso di traffico nel tempo, diventa elemento fondamentale per assicurare che l'impianto venga progettato nell'ottica di garantire il massimo grado sicurezza associato al massimo contenimento dei consumi energetici.

Articolo 2 – Piano di illuminazione pubblica comunale : Finalità

2.1 Definizione di Inquinamento Luminoso

Si definisce inquinamento luminoso ogni forma di irradiazione di luce artificiale che si disperda al di fuori delle aree a cui essa è funzionalmente dedicata e, in particolar modo, se orientata al di sopra della linea dell'orizzonte (Legge RL n.17 27/03/00 - Appendice 1)

2.2 Finalità dei piani d'illuminazione

a) Ridurre, sul territorio, l'inquinamento luminoso e i consumi energetici da esso derivanti;

- b) Aumentare la sicurezza stradale per la riduzione degli incidenti, evitando abbagliamenti e distrazioni che possano ingenerare pericoli per il traffico ed i pedoni (nel rispetto del Codice della Strada);
- c) Ridurre la criminalità e gli atti di vandalismo che, da ricerche condotte negli Stati Uniti, tendono ad aumentare là dove si illumina in modo disomogeneo creando zone di penombra nelle immediate vicinanze di aree sovrailluminate;
- d) Favorire le attività serali e ricreative per migliorare la qualità della vita;
- e) Accrescere un più razionale sfruttamento degli spazi urbani disponibili;
- f) Migliorare l'illuminazione delle opere architettoniche e della loro bellezza, con l'opportuna scelta cromatica (per es. il giallo - oro delle lampade al sodio ad alta pressione risulta particolarmente adatto nei centri storici), delle intensità e del tipo di illuminazione, evitando inutili e dannose dispersioni della luce nelle aree circostanti e verso il cielo e senza creare contrasti stucchevoli con l'ambiente circostante (es. con un'illuminazione troppo intensa);
- g) Integrare gli impianti di illuminazione con l'ambiente che li circonda, sia diurno che notturno;
- h) Realizzare impianti ad alta efficienza, mediante l'utilizzo di corpi illuminanti full cutoff, di lampade ad alto rendimento e mediante il controllo del flusso luminoso, favorendo il risparmio energetico;
- i) Ottimizzare gli oneri di gestione e relativi agli interventi di manutenzione;
- j) Tutelare, nelle aree di protezione degli osservatori astronomici, l'attività di ricerca scientifica e divulgativa;
- k) Conservare gli equilibri ecologici sia all'interno che all'esterno delle aree naturali protette urbane ed extraurbane;
- l) Preservare la possibilità per la popolazione di godere del cielo stellato, patrimonio culturale primario.

2.3 Individuazione delle fasi di studio e sviluppo del piano

Suddivisione del territorio ed individuazione di aree omogenee

1. ambientali
2. storiche
3. urbanistiche

Verifica degli apparati d'illuminazione e della loro distribuzione sul territorio

- quantità e tipologia dei punti luce;
- tipologia dei supporti e loro impatto ambientale;
- caratteristiche degli impianti di distribuzione e delle linee elettriche di alimentazione dei corpi illuminanti;
- rilievo dei parametri illuminotecnici maggiormente significativi: illuminamento, uniformità, abbagliamento e resa cromatica.

Elaborazione di un progetto di integrazione e di intervento sul territorio

In base a quanto emerso dalla suddivisione in aree omogenee, ed alla effettiva distribuzione, si elabora un piano che suddivide il territorio comunale secondo precise scelte

di illuminazione di modo che la programmazione degli interventi di manutenzione e di riordino ambientale avvengano secondo prescritte scelte tecniche.

Individuazione delle opportunità

Valutazione tecnico/economica dei benefici dell'esecuzione di interventi di manutenzione e di recupero programmati.

Articolo 3 – Potenzialità connesse allo sviluppo delle tecnologie per l'illuminazione

Di seguito vengono analizzate le potenzialità che i diversi elementi costituenti gli impianti di illuminazione pubblica possono offrire in un'ottica di ottimizzazione delle prestazioni energetico ambientali.

In particolare viene svolta un'analisi critica delle caratteristiche di:

- lampade
- apparecchi di illuminazione
- sistemi di controllo.

3.1 LAMPADE

La scelta della lampada rappresenta uno degli elementi fondamentali per l'ottimizzazione delle prestazioni energetico-ambientali degli impianti di illuminazione pubblica. In particolare, tra i parametri che caratterizzano le prestazioni delle lampade, risultano in questo senso significativi:

- l'efficienza luminosa
- la possibilità di regolazione del flusso luminoso
- il decadimento del flusso luminoso
- la durata di vita
- la resa del colore

L'efficienza luminosa, definita come rapporto tra il flusso luminoso emesso dalla lampada e la potenza elettrica assorbita, è il parametro che primo tra tutti definisce le potenzialità di consumo di energia elettrica di una lampada.

Tra le lampade tradizionalmente usate per l'illuminazione pubblica quelle con maggior efficienza luminosa sono tuttora le lampade a Vapori di Sodio a Bassa pressione che possono raggiungere efficienze luminose dell'ordine di 180 lm/W, seguono le lampade a Vapori di Sodio ad Alta pressione, la cui efficienza varia tra 80 e 140 lm/W, quindi le lampade ad alogenuri metallici (o ioduri metallici) con efficienza fino a 100 lm/W. (figura 1).

Attualmente nel settore della produzione e progettazione illuminotecnica si sta ampiamente diffondendo l'uso dei LED e i potenziali risparmi energetici conseguibili rispetto alle soluzioni tradizionali rappresentano uno dei motivi principali per i quali, commercialmente, viene spinta la diffusione di questo tipo di sorgente.

Fino alla fine degli anni '90 il LED era prevalentemente utilizzato come sorgente colorata per la segnalazione luminosa e solo con la realizzazione del LED a luce bianca è iniziato lo sviluppo di prodotti con caratteristiche funzionali all'illuminazione, ovvero sorgenti a luce

anche bianca, e non solo colorata, e di elevata potenza luminosa.

Trattandosi di un prodotto relativamente nuovo la tecnologia è ancora in forte evoluzione e risulta quindi difficile definire con precisione le caratteristiche di queste sorgenti, anche in termini di efficienza luminosa. Si è assistito in questi anni ad un continuo e rapido miglioramento delle prestazioni e il trend sembra essere tuttora in evoluzione. Se fino a qualche anno fa l'efficienza luminosa dei LED poteva essere confrontabile con quella della lampade alogene o poco più, oggi i valori raggiunti iniziano ad essere effettivamente confrontabili anche con le sorgenti a scarica e quindi con le sorgenti utilizzate per l'illuminazione stradale e di esterni in generale.

Relativamente all'efficienza dei LED si trovano, a seconda della fonte dati non sempre concordanti. Studi recenti, su prodotti presenti sul mercato, indicano prestazioni variabili in funzione della temperatura di colore della luce prodotta e della Resa del Colore nei seguenti intervalli:

- luce calda: efficienza luminosa variabile tra 40 e 90 lm/W (valori più alti nel caso di Resa del Colore inferiore) ;
- luce fredda: efficienza luminosa variabile tra 45 e 95 lm/W (valori più alti nel caso di Resa del Colore inferiore) ;

I valori riportati corrispondono a temperature di funzionamento realistiche (60°C). È importante infatti ricordare che le prestazioni dei LED e in particolare l'emissione del flusso luminoso sono fortemente influenzati dalla temperatura di funzionamento: aumentando la potenza o il numero dei LED presenti in un apparecchio di illuminazione la temperatura tende ad aumentare con conseguente riduzione nell'emissione del flusso luminoso.

I datasheet dei produttori di LED (es Philips Lumileds) dichiarano per alcuni tipi di LED valori di efficienza luminosa anche di 100 lm/W e nel campo della ricerca si parla ormai di efficienze luminose dell'ordine di 120-150 lm/W (in condizioni di temperatura controllata).

Nella tabella di figura 2 sono presentati i dati relativi ai LED Rebel di Philips Lumileds. Dalla tabella si evince come la prestazione in termini di efficienza luminosa aumenti all'aumentare della temperatura di colore della luce del LED e diminuisca all'aumentare della Resa del colore garantita (CRI).

Potenza singola lampada ed efficienza luminosa

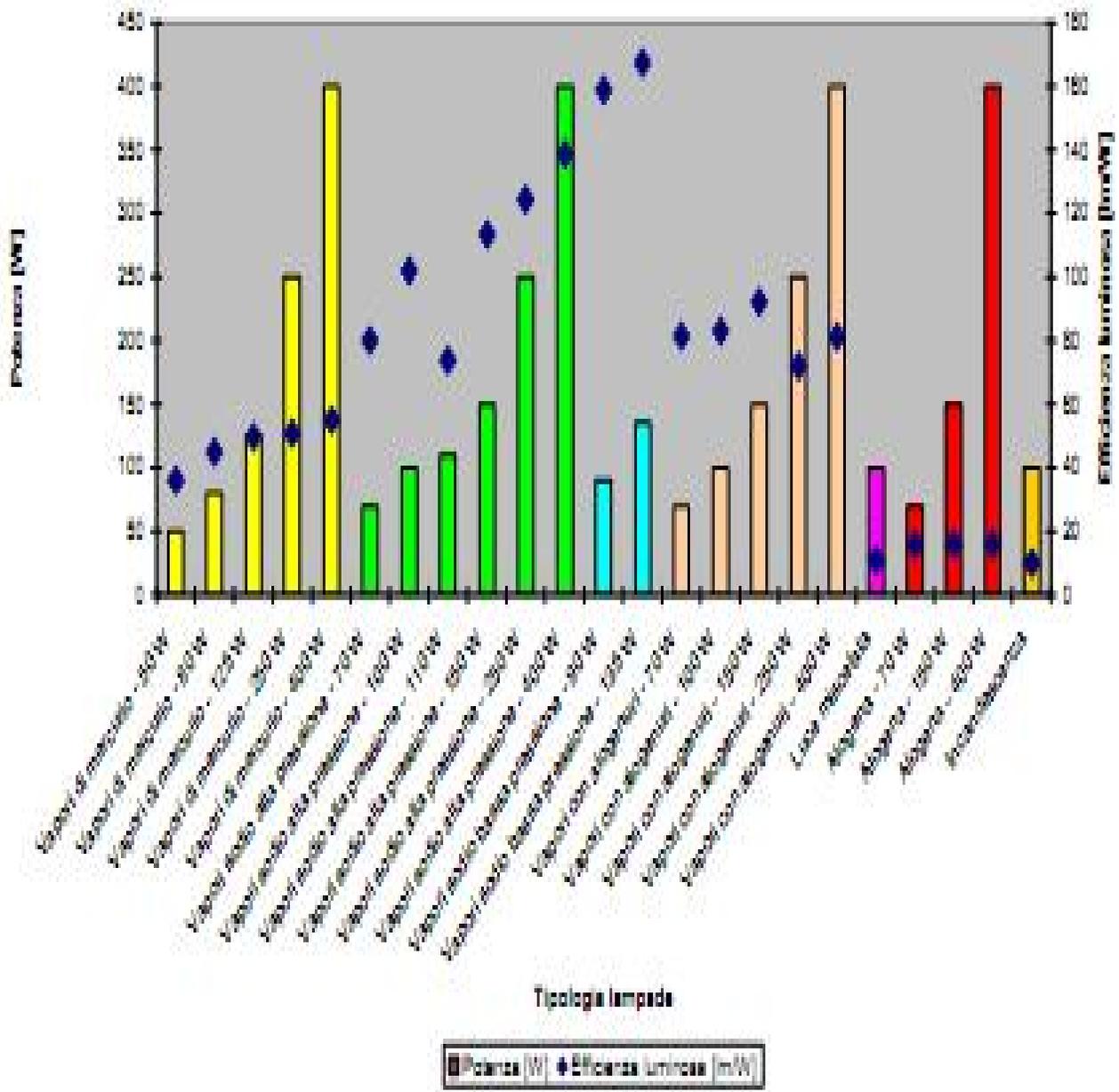


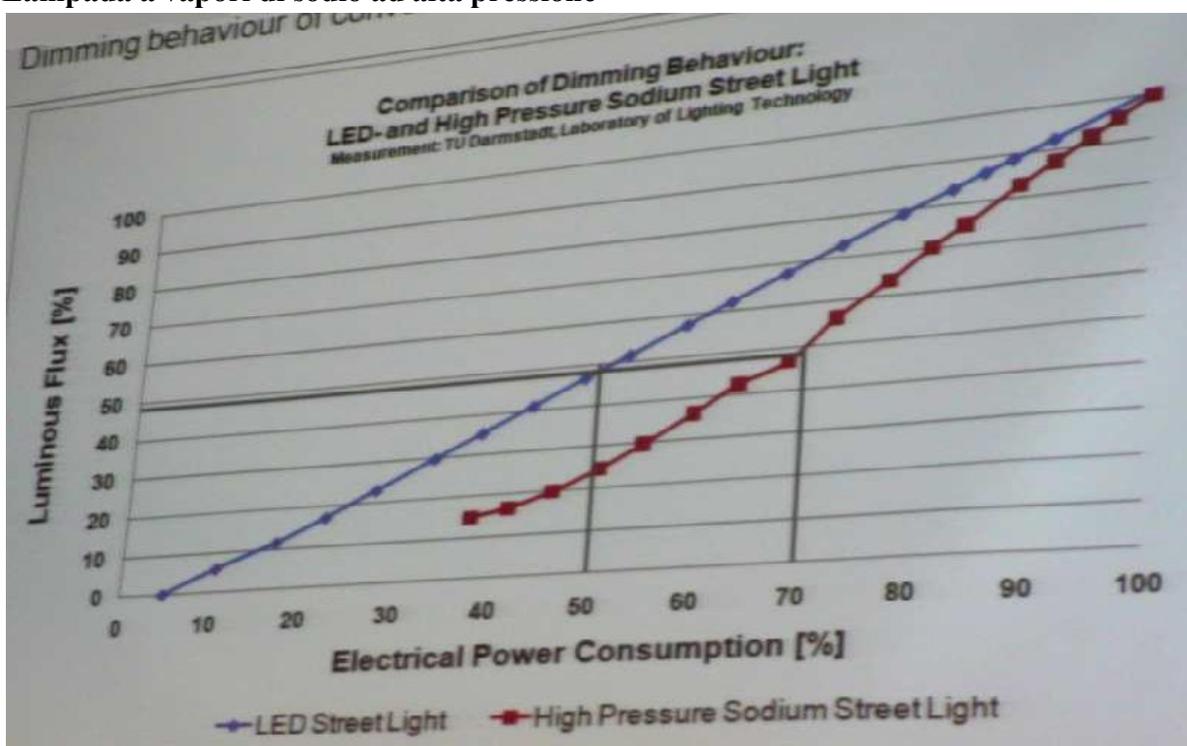
Figura 2 – Valori di Temperatura di Colore Correlata (CCT), Resa del Colore (CRI), flusso luminoso (flux) e efficienza luminosa (efficacy) per diversi modelli di LED Rebel (doc. PhilipsLumileds)

Nominal CCT	CCT Range	Min CRI	Typical CRI	Min Flux	Typ Flux @ 350 mA	Typical Efficacy lm/w	Part Number	Data Sheet
ANSI 2700K		80	85	65	73	70	LXM3-PW81	DS63
ANSI 3000K		80	85	66	77	73	LXM3-PW71	DS63
ANSI 3000K		85	90	50	66	63	LXML-PW71	DS63
ANSI 3500K		80	85	67	80	76	LXM3-PW61	DS63
ANSI 4000K		60	70	90	105	100	LXML-PW51	DS63
ANSI 4000K		80	85	75	85	81	LXM3-PW51	DS63
ANSI 5000K		65	70	90	105	100	LXML-PW31	DS63
ANSI 5700K		65	70	90	105	100	LXML-PW21	DS63
ANSI 6500K		65	70	90	105	100	LXML-PW11	DS63
	2540-3500K		85	60		55	LXML-PWW1-0060	DS64
	2540-3500K		85	50		45	LXML-PWW1-0050	DS64
	3500-4500K		70	100		91	LXML-PWN1-0100	DS64
	3500-4500K		70	90		82	LXML-PWN1-0090	DS64
	3800-4500K		70			min 100*	LXLW-PWN1-0100	DS61
	5000-6300K		70			min 100*	LXLW-PWC1-0100	DS61
	4500-10000K		70	100		91	LXML-PWC1-0100	DS64
	4500-10000K		70	90		82	LXML-PWC1-0090	DS64

La possibilità di controllare il flusso luminoso rappresenta un'altra importante caratteristica delle sorgenti luminose nell'ottica della riduzione dei consumi di energia elettrica. Non tutte le sorgenti sono ugualmente regolabili. Oggi però anche le lampade a ioduri metallici per esterni di ultima generazione (ad esempio lampade CosmoWhite, CityWite e Master Color di Philips) con opportuni reattori elettronici, possono essere dimmerate.

Sono invece facilmente regolabili i LED, quando dotati di adeguati alimentatori elettronici. La riduzione percentuale del consumo di energia elettrica al variare del flusso luminoso emesso varia inoltre in funzione del tipo di sorgente. Nella figura 3 è riportato un confronto relativo alla regolazione del flusso luminoso per LED e lampade a vapori di sodio ad alta pressione. Si evidenzia come, a pari regolazione del flusso luminoso (50%), la lampada a vapori di sodio abbia un consumo maggiore (circa 70% del totale) rispetto al LED (circa 50% del totale).

Figura 3 – Consumo energetico al variare del flusso luminoso: confronto tra LED e Lampada a vapori di sodio ad alta pressione



Il **decadimento del flusso luminoso** misura la riduzione del flusso luminoso emesso dalla lampada nel periodo corrispondente alla durata di vita .

Il decadimento del flusso luminoso della lampada è uno dei parametri in base ai quali viene definito il fattore di manutenzione per la progettazione degli impianti. Maggiore è il decadimento del flusso luminoso e maggiore sarà il sovradimensionamento dell'impianto da nuovo, in modo che possa essere garantito nel tempo il rispetto dei requisiti minimi di illuminazione definiti dalla normativa. La durata di vita della lampada rappresenta un'altra importante caratteristica delle sorgenti luminose ai fini della determinazione del costo.

La **durata di vita della lampada** rappresenta un'altra importante caratteristica delle sorgenti luminose ai fini della determinazione del costo complessivo di esercizio di un impianto di illuminazione pubblica.

In generale le lampade a scarica ad alta pressione per l'illuminazione esterna hanno durata

di vita, considerando le tecnologie più recenti, dell'ordine di 15000 – 30000 ore di vita. Valori significativamente più elevati vengono dichiarati per le nuove sorgenti LED: in questo caso la durata di vita riportata a catalogo raggiunge valori di circa 50000 - 70000 ore. Ancora una volta bisogna però ricordare che la durata di vita del LED, come anche l'efficienza luminosa, può ridursi sensibilmente in funzione della temperatura di funzionamento del diodo.

La **resa del colore** di una lampada definisce il grado di fedeltà nella restituzione dei colori in rapporto ad una sorgente di riferimento. Come si è visto in precedenza dall'analisi della normativa per il progetto degli impianti di illuminazione stradale, oltre a rappresentare un parametro significativo della qualità della luce e quindi dell'ambiente illuminato, la resa del colore può incidere anche sul consumo di energia elettrica degli impianti. Infatti lampade con resa del colore superiore a 60 consentono di ridurre di 1 la classe illuminotecnica di progetto dell'impianto determinando quindi un minor consumo rispetto ad un impianto con lampade con resa del colore inferiore. Se la Resa del Colore è inferiore a 30 è previsto invece l'incremento di 1 classe illuminotecnica.

In generale le lampade con più bassa resa del colore sono quelle a vapori di sodio a bassa pressione che, avendo uno spettro di emissione sostanzialmente monocromatico nel campo del giallo-arancio, non consentono la restituzione di nessun colore al di fuori del giallo. Questa tipologia di lampade, proprio per le scarse qualità nella restituzione dei colori non sono oggi più ammesse nella illuminazione dei centri urbani. Le lampade a vapori di sodio ad alta pressione hanno un comportamento migliore ma comunque piuttosto scadente in termini di resa del colore (Indice di resa del colore Ra variabile tra 25 e 65), mentre le lampade a ioduri metallici presentano generalmente una resa del colore migliore (Indice di resa del colore Ra 60 - 90).

Anche i LED hanno una resa del colore migliore delle lampade a vapori di sodio. In generale i LED a luce bianca hanno resa del colore variabile tra 70 e 90 circa.

Ulteriori considerazioni sul confronto tra lampade per illuminazione pubblica

Alcune ulteriori considerazioni possono essere fatte in merito ad esempio alle caratteristiche di temperatura di colore correlata della luce e alla sua distribuzione spettrale, anche in rapporto ad eventuali considerazioni di carattere ambientale.

La luce delle lampade a vapori di sodio è tendenzialmente gialla, mentre quella delle lampade a ioduri metallici e a LED è generalmente bianco fredda (esistono anche LED con temperatura di colore correlata di circa 3300 K, ma in questo caso si riduce l'efficienza luminosa).

Luci molto ricche di radiazione nel campo dei blu e quindi con temperatura di colore bianco fredda tendono ad essere maggiormente rifratte dall'atmosfera rispetto alle radiazioni nel campo dei gialli (fenomeno dello scattering) contribuendo quindi ad incrementare in maniera più significativa la luminanza del cielo di notte, anche ad elevate distanze dal punto di emissione (inquinamento luminoso).

Per contro, in base alle recenti evoluzioni nel campo dello studio della visione mesopica, si potrebbe verificare che luci con un maggior contenuto di radiazione nel campo delle lunghezze d'onda più basse (nel campo dei blu), determinino, in condizioni di visione mesopica ovvero in condizioni in cui i valori di luminanza variano tra $0,01 \text{ cd/m}^2$ e 3 cd/m^2 , illuminamenti e luminanze superiori rispetto a luci con maggior contenuto di radiazione nel giallo, con conseguenti possibili riduzioni dei consumi per garantire la stessa prestazione.

3.2 APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

L'apparecchio di illuminazione contribuisce a determinare il consumo di energia elettrica di un impianto in funzione del suo rendimento luminoso e delle sue caratteristiche di distribuzione spaziale della luce (indicatrice fotometrica).

Il **rendimento luminoso** dell'apparecchio è dato dal rapporto tra il flusso luminoso emesso dall'apparecchio e il flusso luminoso prodotto dalla

lampada. Di conseguenza apparecchi con rendimento luminoso inferiore determinano, a parità di prestazione illuminotecnica, un consumo di energia elettrica superiore.

Le caratteristiche di rendimento di un apparecchio dipendono dalla conformazione dello stesso e dalle caratteristiche ottiche dei materiali utilizzati.

Generalmente gli apparecchi di illuminazione stradale tradizionali hanno rendimento luminoso variabile tra il 60% e l'80%.

Oggi prospettive nuove emergono in rapporto allo sviluppo di apparecchi di illuminazione con sorgenti LED. Le caratteristiche dimensionali di queste sorgenti, puntiformi nell'emissione luminosa ed estremamente miniaturizzate, hanno portato allo sviluppo di sistemi ottici nuovi, basati sull'uso di lenti che collimano il fascio di luce prodotto dal LED piuttosto che sull'uso di riflettori.

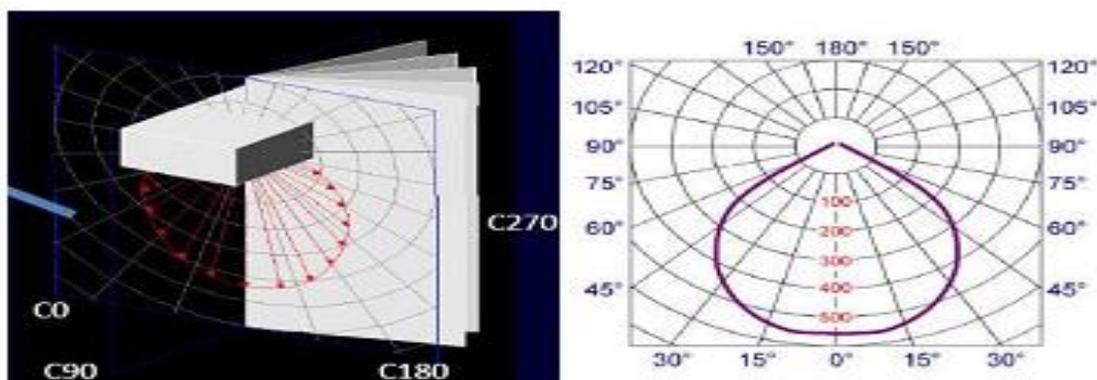
Questi nuovi sistemi ottici tendono a ridurre l'assorbimento e la dispersione del flusso luminoso migliorando le prestazioni dell'apparecchio;

ciononostante il rendimento luminoso di un apparecchio a LED difficilmente sembra essere superiore a 80% – 85% (pochi dati sono ad oggi disponibili).

L'**indicatrice fotometrica** di un apparecchio di emissione è un diagramma che rappresenta la distribuzione dell'intensità luminosa in uno o più piani passanti per il centro luminoso (figura 4).

Nell'ambito dell'illuminazione stradale l'indicatrice fotometrica di emissione rappresenta un dato essenziale nel determinare l'altezza e l'interdistanza di installazione degli apparecchi al fine di garantire un'adeguata uniformità di illuminazione sul piano utile.

Figura 4 – Rappresentazione della distribuzione dell'intensità luminosa di un apparecchio mediante l'indicatrice fotometrica



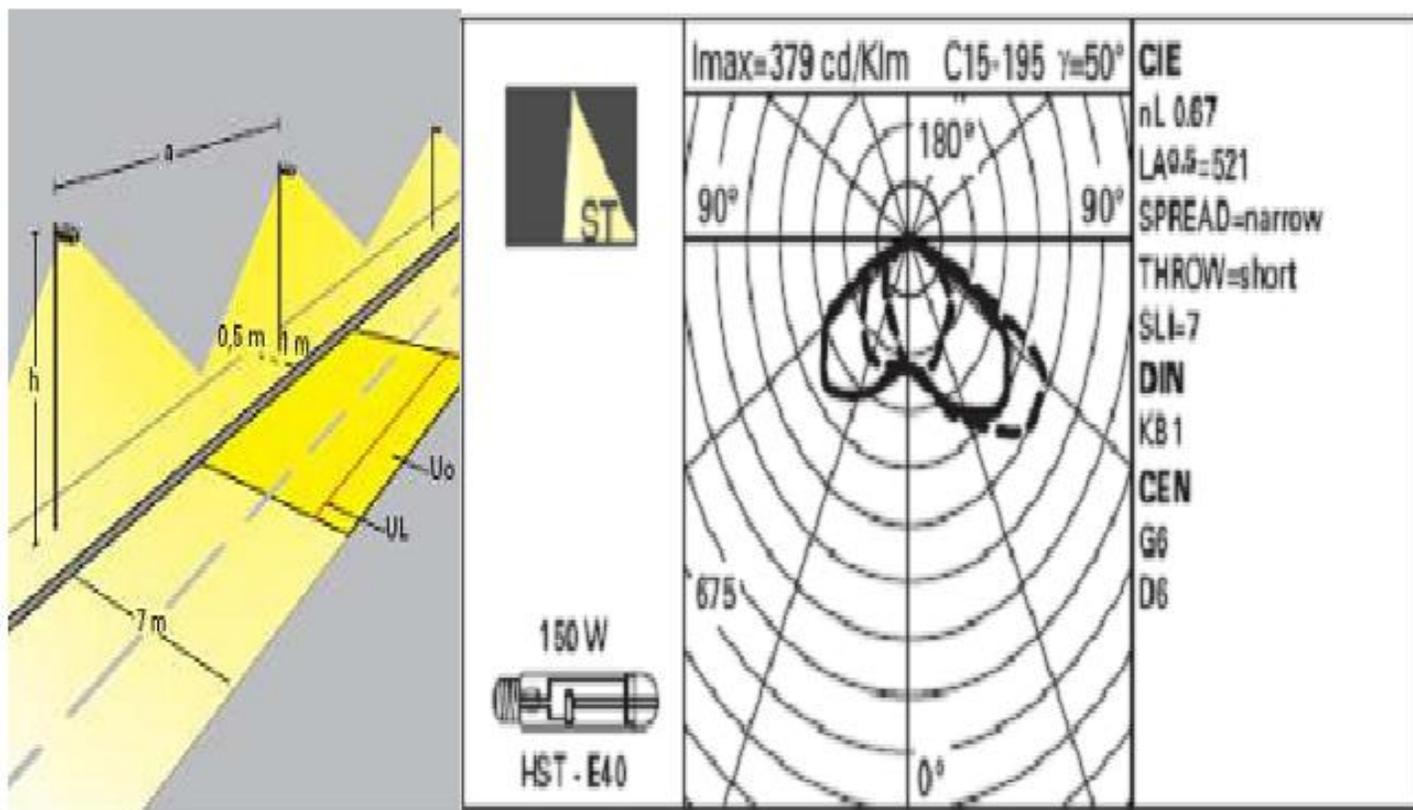
In base alla posizione dell'apparecchio e alla sua indicatrice fotometrica si determina il coefficiente di utilizzazione del flusso luminoso che definisce la

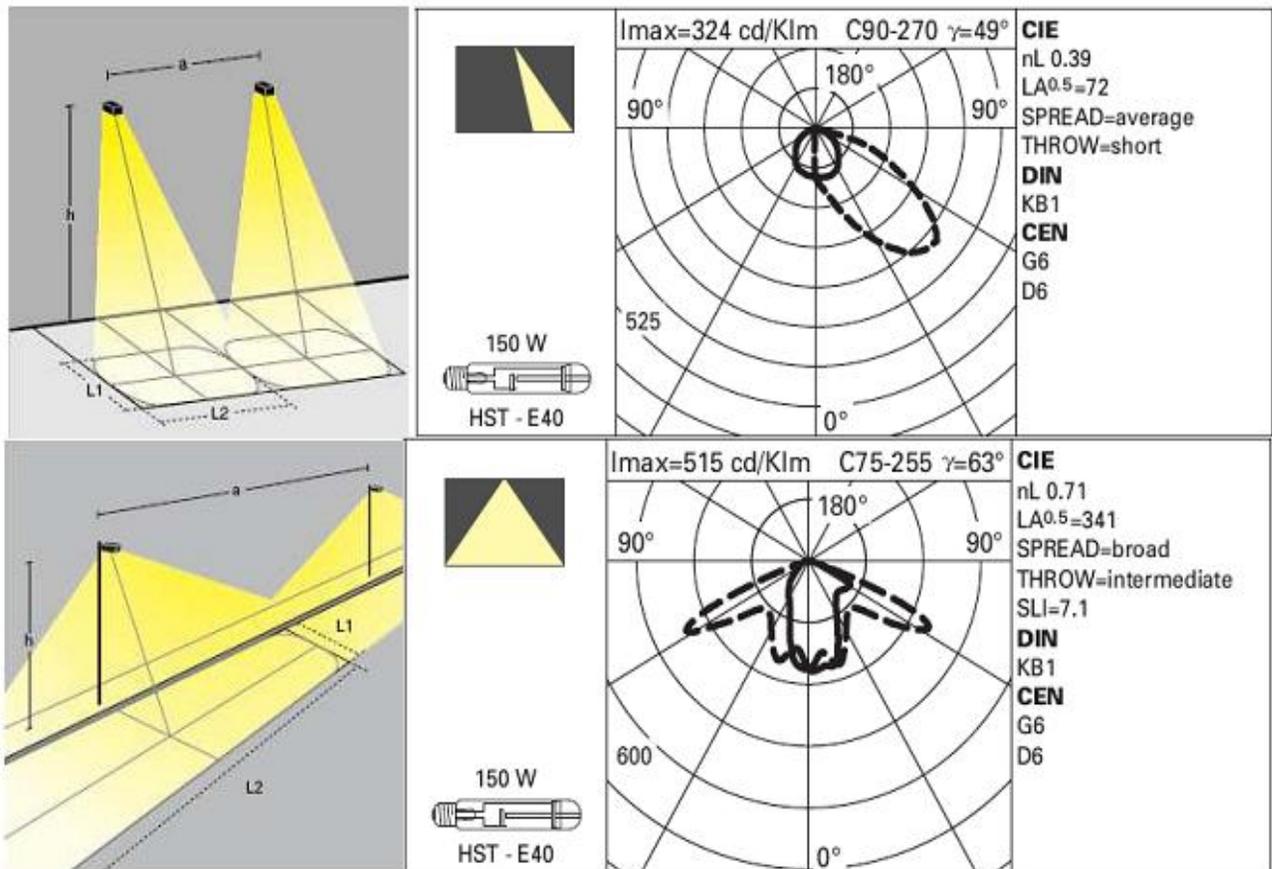
percentuale di flusso emesso che raggiunge il piano utile che è necessario illuminare. Apparecchi con sistemi ottici diffondenti (ad esempio globi opalini) tendono ad avere un basso coefficiente di utilizzazione del flusso luminoso in quanto la luce viene diffusa in tutte le direzioni. Apparecchi dotati di riflettori tendono invece ad indirizzare maggiormente la luce sui piani utili e, maggiore è l'accuratezza nella progettazione e realizzazione del sistema ottico, maggiore sarà il coefficiente di utilizzazione del flusso.

Gli apparecchi a LED di ultima generazione consentono di avere un elevato coefficiente di utilizzazione del flusso luminoso. Infatti la possibilità di utilizzare un numero anche elevato di punti luce, singolarmente orientabili e dotati ciascuno di sistema ottico specifico, consente di realizzare apparecchi in grado di direzionare la luce nello spazio con un'elevata precisione, riducendo al minimo la dispersione del flusso luminoso al di fuori delle aree di interesse.

Questa caratteristica contribuisce ad incrementare l'efficienza complessiva dei sistemi a LED rispetto ad apparecchi di illuminazione tradizionali, ma può cambiare, anche radicalmente, il risultato del progetto di illuminazione. Una scelta non ponderata dell'indicatrice di emissione in funzione delle reali esigenze di illuminazione dell'area può determinare situazioni ad esempio di forte contrasto tra illuminazione del piano stradale e quella delle aree immediatamente adiacenti, lasciando ad esempio quasi completamente al buio i marciapiedi o le facciate degli edifici ed andando quindi ad influire sulla sensazione di sicurezza degli utenti e sull'immagine del tessuto urbano.

Di seguito si riportano a titolo di esempio alcune immagini relative a diverse indicatrici fotometriche associate a diversi ambiti di applicazione :





3.3 SISTEMI DI CONTROLLO

L'ottimizzazione dei consumi elettrici dovuti all'illuminazione stradale può essere realizzata attraverso l'utilizzo di tecnologie in grado di gestire accensione/spengimento e regolazione del flusso luminoso emesso dagli apparecchi di illuminazione grazie all'utilizzo di alimentatori di tipo elettronico.

Oggi inoltre queste funzioni sono sempre più frequentemente associate a sistemi di telegestione/telecontrollo che consentono la programmazione e il monitoraggio dell'impianto da remoto.

I risparmi garantiti dall'uso di questo genere di soluzioni possono essere quantificabili sotto differenti aspetti:

- risparmi sui consumi reali di energia: la programmazione di accensione/spengimento e regolazione del flusso luminoso permette di modificare le condizioni di esercizio dell'impianto in funzione delle esigenze, riducendo il livello di prestazione in rapporto, ad esempio, alla variazione del flusso di traffico nelle ore notturne (secondo quanto definito nella norma UNI 11248)
- risparmi in fase di gestione: il monitoraggio in remoto attraverso il telecontrollo permette di verificare in tempo reale, da un terminale informatico, lo stato di funzionamento dei singoli apparecchi di illuminazione, consentendo l'ottimizzazione dei piani di manutenzione sia da un punto di vista economico che di efficienza del servizio.

Affinché questo sia possibile, è necessario utilizzare soluzioni tecnologiche che diano la

possibilità di controllare e regolare ogni singolo punto-luce o gruppi di punti luce univocamente determinati.

Soluzioni tecniche adottabili

La telegestione e il telecontrollo possono applicarsi:

All'intera linea (o a rami di linea)

I dispositivi in campo per il controllo e comando sono collocati esclusivamente all'interno del quadro elettrico di potenza a monte della linea e attuano le proprie funzioni di gestione e controllo sull'intera linea (o ramo di linea) (figura 5).

Al singolo punto luce

Il modulo di gestione presente nel quadro elettrico di potenza è connesso ad un dispositivo di controllo presente in ogni singolo apparecchio di illuminazione che consente quindi la diagnosi dello stato di funzionamento della singola lampada e il comando eventualmente differenziato di ogni singolo punto luce (figura 6).

Con il sistema punto-punto, le operazioni attuabili normalmente a livello di quadro vengono estese anche alle singole lampade. È possibile, ad esempio, monitorare e registrare i parametri elettrici della lampada ed in base a questi generare eventuali messaggi di allarme relativi ad anomalie e guasti; è possibile spegnere, accendere o regolare l'intensità luminosa della lampada, tramite comandi manuali o pianificati affidati alle apparecchiature in campo. La comunicazione tra centro di controllo remoto (PC) e i singoli apparecchi di illuminazione avviene sempre tramite il quadro. Questo significa che i comandi rivolti ai singoli punti luce, vengono in realtà inviati dapprima al modulo di gestione all'interno del quadro che li smista verso i moduli punto-punto relativi; così pure le risposte da parte dei moduli passano attraverso il modulo di gestione del quadro che a sua volta li traduce e li inoltra al PC del centro di controllo.

Inoltre il controllo punto a punto può essere realizzato con due differenti tecnologie: attraverso l'installazione di un modulo elettronico interno ad ogni singolo apparecchio illuminante, oppure attraverso un modulo esterno al corpo illuminante, a valle del quadro elettrico relativo (figura 7).

La prima soluzione è impiegata essenzialmente in impianti di nuova realizzazione, la seconda meglio si sposa con impianti esistenti, poiché si opera esternamente ai corpi illuminanti e, utilizzando la tecnologia ad onde convogliate, risulta applicabile anche in presenza di impianti elettrici preesistenti.

Figura 5 – Schematizzazione dell'architettura di un sistema di telegestione di linea (documentazione UMPI)



Figura

6 – Schematizzazione dell'architettura di un sistema telegestione del singolo punto luce (documentazione UMPI)

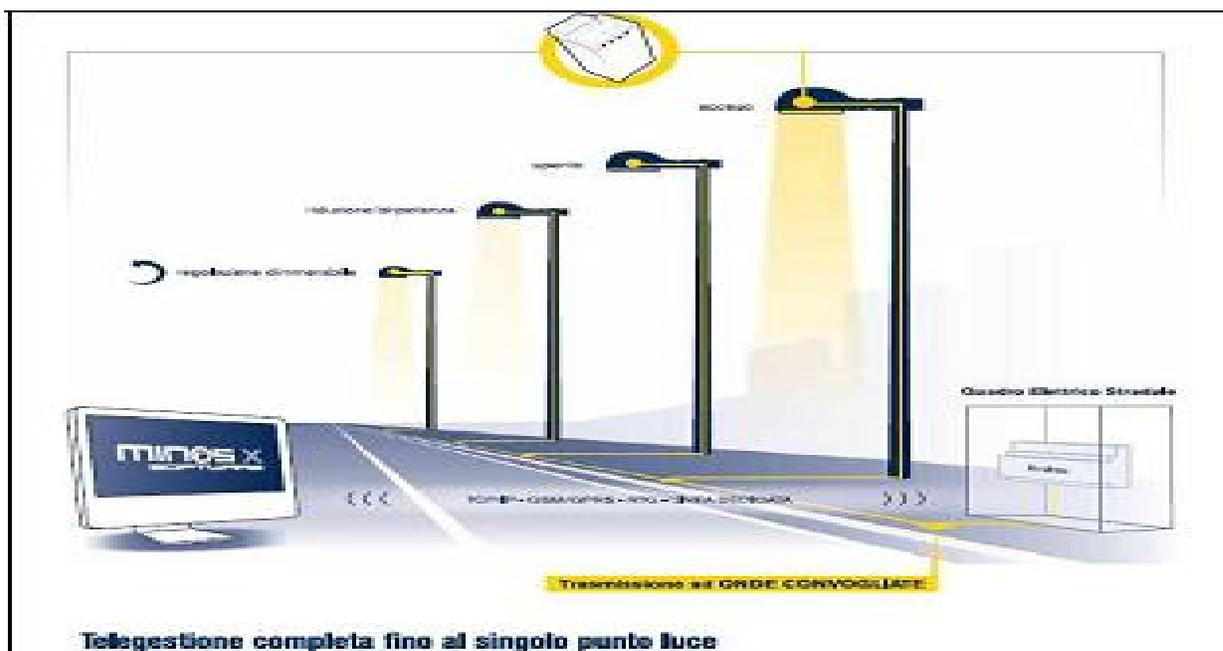
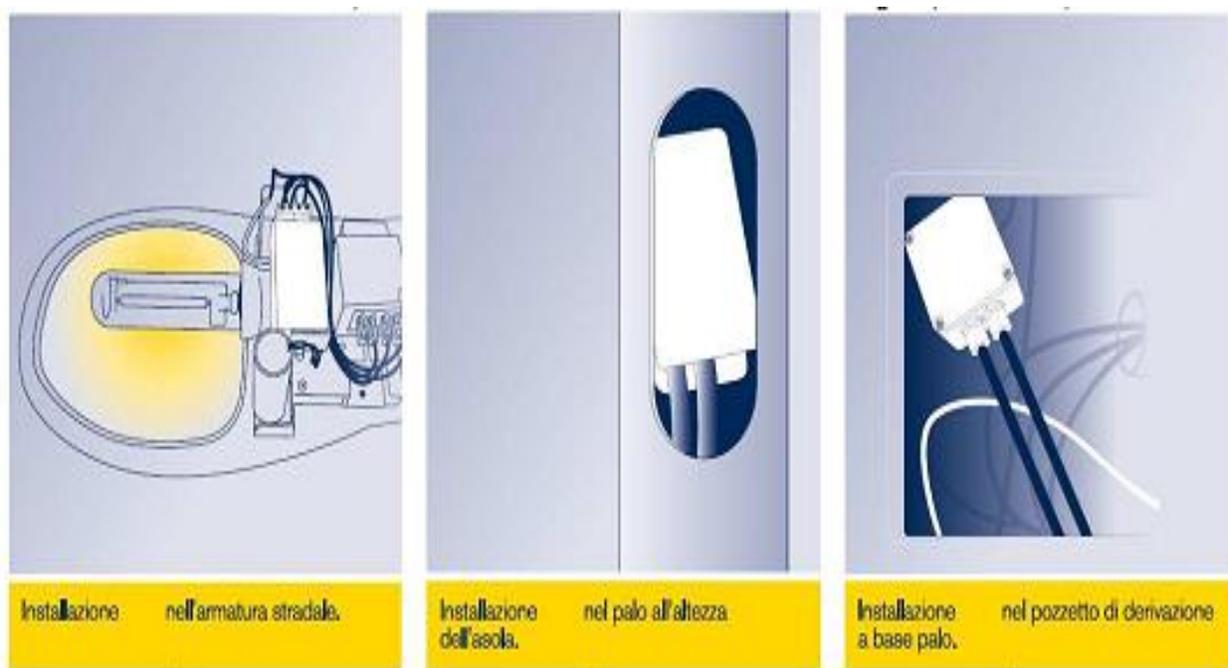


Figura 7 – Possibili collocazioni del dispositivo di comando e controllo relativo al singolo punto luce (documentazione UMPI)



La comunicazione tra i dispositivi del sistema di controllo in campo può avvenire:

Ad onde convogliate:

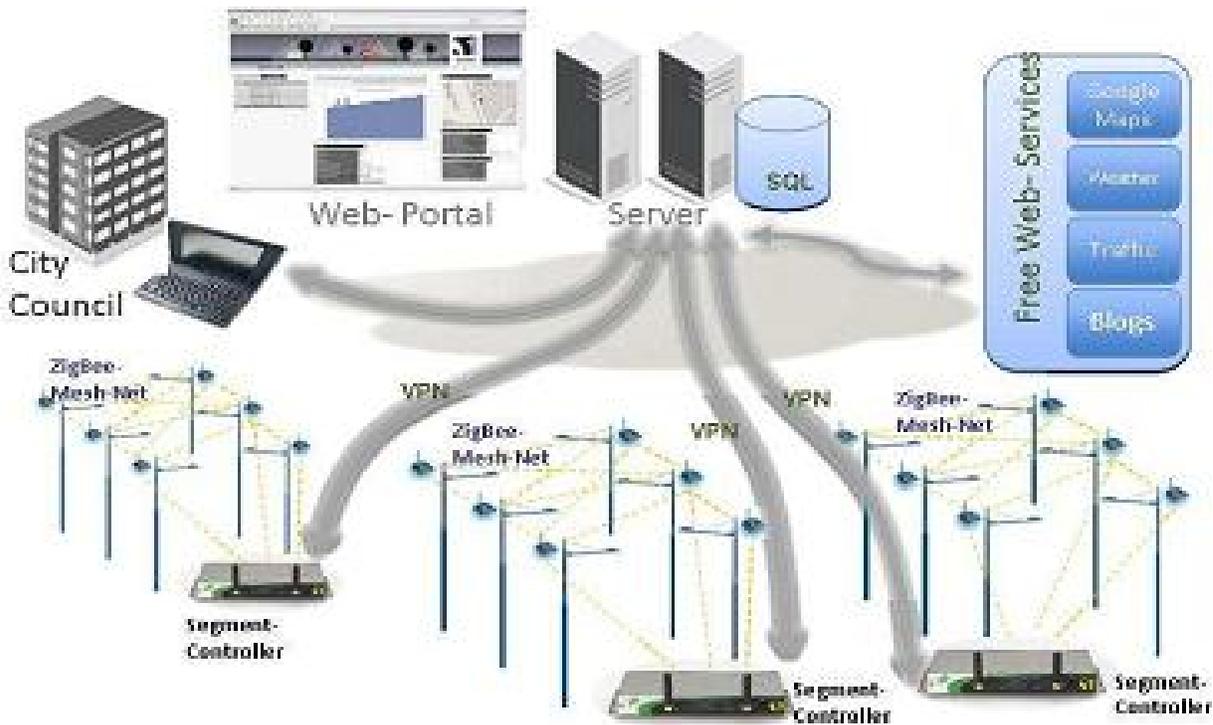
Il sistema ad onde convogliate permette la comunicazione bidirezionale di informazioni digitali tra il modulo installato in prossimità del punto luce ed il modulo di gestione, ubicato all'interno del quadro di comando o del regolatore. I dati digitali sono modulati sulla tensione di rete e quindi non sono necessari bus o conduttori aggiuntivi nell'impianto.

Per alcuni comandi diretti in tempo reale, rivolti direttamente alle lampade, è necessario che l'impianto sia acceso: la comunicazione ad onde convogliate, infatti, non può avvenire in assenza di tensione di rete.

A radio frequenze:

Il segnale tra i diversi componenti del sistema di controllo è trasferito mediante sistema wireless (figura 8)

Figura 8 – esempio di architettura di sistema di controllo del singolo punto luce mediante comunicazione wireless



I sistemi di controllo oltre alla possibilità di regolare la potenza assorbita da ciascun elemento possono garantire la stabilizzazione della tensione evitando alle lampade lo stress dovuto alle sovratensioni. La riduzione della tensione, quando il regolatore funziona a regime normale, determina una sensibile diminuzione di calore. Risulta così possibile aumentare la durata delle lampade.

Le operazioni di controllo e gestione comunemente svolte mediante i sistemi di tele gestione sono:

- **accensione e spegnimento:** o in base all'orologio astronomico o in risposta al segnale inviato da un sensore crepuscolare
- **regolazione del flusso luminoso :** per singola lampada o gruppi di lampade: è possibile regolare l'intensità luminosa delle lampade gestite secondo orari o azioni personalizzabili.

La regolazione può essere effettuata per singola lampada (in presenza di un sistema di controllo per singolo punto), o su gruppi univocamente determinati di lampade. La possibilità di regolazione del flusso luminoso può consentire un risparmio anche in relazione al fattore di manutenzione dell'impianto: l'impianto nuovo è normalmente sovradimensionato rispetto alla prestazione richiesta, al fine di garantire nel tempo (e quindi a valle del decadimento della prestazione dell'impianto) i requisiti normativi minimi.

In generale gli impianti di illuminazione esterna sono muniti di regolazione del flusso luminoso per la riduzione dei consumi energetici di almeno il 40% dopo le ore 23,00 e dopo le ore 24,00 nel periodo di ora legale; il rendimento di tali dispositivi non deve essere inferiore al 97% .

Per gli impianti di illuminazione di strade extraurbane e di quelle urbane, aventi classe da A a D, come indicato nella UNI 11248, sono adottati idonei dispositivi alla riduzione automatica dei livelli di illuminamento/luminanza ai valori minimi mantenuti di progetto.

Per le aree a traffico prevalentemente pedonale si applicano i dispositivi muniti di regolazione del flusso luminoso per la riduzione dei consumi energetici di almeno il 40% dopo le ore 23,00 e dopo le ore 24,00 nel periodo di ora legale; il rendimento di tali dispositivi non deve essere inferiore al 97%.

Per le insegne pubblicitarie di non specifico ed indispensabile uso notturno, lo spegnimento è fissato alle ore 24,00; per quelle di esercizi commerciali od altro genere di attività che si svolgono dopo tale orario, lo spegnimento è fissato all'orario di chiusura degli stessi; in caso di insegne non munite di luce interna, è vietata l'illuminazione dal basso verso l'alto.

Una regolazione del flusso atta a garantire costantemente il valore minimo di prestazione consente una riduzione dei consumi anche in condizioni di esercizio standard (flusso di traffico al 100%).

- **stabilizzazione della tensione di alimentazione:** si evita in questo modo lo stress dovuto alle sovratensioni e la conseguente potenziale riduzione di vita media delle lampade
- **monitoraggio funzionamento e guasti lampade:** le misure elettriche registrate per ciascun punto luce (nei sistemi a singolo punto luce) vengono confrontate con valori di soglia preimpostati per evidenziare eventuali anomalie. Generalmente le anomalie vengono registrate ed in presenza di una ripetitività del fenomeno vengono generati dei messaggi di allarme inviati all'utente.

Di seguito, a titolo indicativo, viene descritta la logica di funzionamento di un sistema specifico di telegestione per singolo punto luce (REVERBERI)

Monitoraggio funzionamento e guasti lampade

Il modulo nel quadro elettrico esegue due interrogazioni giornaliere ai moduli punto-punto, leggendo i parametri elettrici della lampada, durante il periodo di accensione dell'impianto. Nella prima vengono scaricate anche le misure eseguite autonomamente dal modulo punto-punto dopo alcuni minuti dall'accensione. Nel modulo LPM vengono così memorizzati, per ogni lampada e per ogni giorno, tre record di misure elettriche, che vi rimangono fino a quando la memoria non è piena. Una volta raggiunta la saturazione della memoria, i dati più recenti soppiantano quelli più vecchi. Gli orari di analisi vengono decisi dall'utente, e sarebbe opportuno che la prima chiamata cada in un orario in cui vi sia la luce piena, mentre il secondo in un momento in cui sia applicata una percentuale di riduzione. Le misure memorizzate vengono poi lette (scaricate) dal sistema di controllo, generalmente in modo automatico e pianificato. Al momento della lettura, ogni record di misura viene analizzato e confrontato con le soglie impostate per il modulo punto-punto cui appartengono: se esistono le condizioni per la generazione di una o più anomalie, secondo algoritmi di calcolo predefiniti, queste vengono registrate. Le anomalie sono una sorta di "preallarmi", che non comportano nessun tipo di segnalazione all'utente. La generazione degli allarmi veri e propri, avviene qualora esistano più anomalie consecutive per lo stesso modulo punto-punto.

Monitoraggio lampade spente

In alternativa, oppure in combinazione, al monitoraggio del funzionamento e dei guasti delle lampade, è possibile utilizzare il sistema punto-punto per avere informazioni sulle lampade che si spengono. Per fare questo, il modulo LPM esegue l'interrogazione continua di tutti i moduli punto punto gestiti, rilevando esclusivamente, da questi, l'informazione sullo stato della lampada (accesa / spenta). L'interrogazione avviene durante tutto l'arco di funzionamento dell'impianto, dall'accensione allo spegnimento.

Se per un certo numero di volte consecutive la lampada risulta essere spenta, l'LPM invia autonomamente al sistema di controllo un allarme di lampada spenta. L'invio dell'evento avviene in modo istantaneo, non appena viene superato il limite di letture consecutive impostato.

Monitoraggio manuale della singola lampada o di un gruppo di lampade

Quando richiesto, ad esempio a causa di un guasto ripetitivo su una lampada che richieda una analisi

accurata, oppure per un monitoraggio del comportamento di un particolare modello di lampada, diventa

possibile collegarsi direttamente alla lampada per leggere, in tempo reale, le misure elettriche ed i contatori, nonché eseguire comandi come: regolazioni di intensità luminosa (dove possibile), spegnimento ed accensione, applicazione della funzione di minimo consumo, ecc.

A completamento del monitoraggio in tempo reale di una singola lampada da parte dell'operatore, è possibile inviare, a tutte le lampade o gruppi di lampade svariati comandi, come, ad esempio, l'esecuzione delle misure in tempo reale come pure degli stati delle lampade e dei valori attuali di minimo consumo (in caso di abbinamento con moduli D/LPC).

Inoltre è possibile eseguire su gruppi di lampade le stesse operazioni disponibili sulla singola lampada, quali: accensioni, spegnimenti e regolazione dell'intensità luminosa ad una certa percentuale.

Cicli di riduzione per singola lampada o per gruppi di lampade

E' possibile, in assenza di regolatore di flusso centralizzato, applicare, direttamente sulle singole lampade, cicli di regolazione del flusso luminoso tramite i moduli punto-punto. In questo modo è possibile regolare l'intensità luminosa delle lampade gestite con il sistema punto-punto, secondo orari ed azioni, personalizzabili per singola lampada.

In alternativa, è possibile effettuare le stesse operazioni non sulle singole lampade, ma su gruppi univocamente determinati di lampade.

Costi economici e risparmi ipotizzabili

Anche in questo caso i dati di seguito riportati sono stati forniti da uno specifico produttore, ma possono essere considerati rappresentativi di una tecnologia tipica di telegestione punto-punto basata sull'uso di onde convogliate .

I costi economici, nel caso di installazione del sistema su impianti esistenti, possono essere suddivisi in due gruppi:

- 1) costi indipendenti dalla potenza gestita, necessari all'acquisizione delle apparecchiature necessarie per implementare il sistema centrale di controllo.
- 2) costi funzionali al numero di punti luce che si intende gestire.

I costi necessari per la realizzazione del sistema di controllo possono essere schematizzati

come segue:

- 1) costi necessari ad acquisire il quadro di tele gestione: circa 1500 euro/una tantum
- 2) costi necessari ad acquisire il software funzionale al sistema di controllo: tra 7000 e 10000 euro

I costi delle apparecchiature elettroniche che devono essere collegate all'impianto dipendono dal numero di apparecchi illuminanti che si intende gestire, e la loro stima è più difficile perché risente di un inevitabile effetto di scala (man mano che cresce la potenza elettrica che si deve gestire, il costo specifico per kW gestito si riduce).

Indicativamente, si possono stimare i seguenti oneri minimi:

- 1) costo per l'acquisizione del regolatore di potenza: circa tra 500 e 1000 euro/kW
- 2) costo per l'acquisizione dei moduli da installare esternamente per ogni singola lampada: circa 120 euro/cad

I risparmi economici ipotizzabili attraverso l'uso della tecnologia del telecontrollo possono essere stimati secondo tre differenti ambiti, singolarmente analizzabili:

- 1) risparmio di energia consumata, funzione della potenza installata, del numero di ore a funzionamento ridotto e del tipo di lampade utilizzate.
- 2) risparmio sulla manutenzione, funzione del numero di lampade installate e tele gestite (un maggiore numero di lampade tele gestite equivale ad un numero di lampade per le quali la vita media si allunga).
- 3) risparmio ottenuto grazie alla stabilizzazione della tensione attuata dal regolatore, funzione della potenza.

Articolo 4 - Sostegni

4.1 Dimensioni e forma

Le dimensioni e la forma dei pali e delle mensole devono essere conformi alle prescrizioni della Norma UNI – EN 40.

Le altezze nominali consentite per i pali normalizzati sono di 4, 5, 6, 8, 10 o 12 metri. Per lo stelo delle torri faro a corona mobile l'altezza massima consentita è di 30 metri. I pali normalizzati devono essere esclusivamente di sezione circolare, forma conica, dritti e senza rastremature.

I pali di tipo rastremato normalizzato potranno essere utilizzati per il completamento di impianti esistenti già dotati di questa tipologia di sostegno, per gli impianti ad uso promiscuo, per i pali decorativi e per i supporti storici.

4.2 Uso dei sostegni

E' vietato l'utilizzo dei sostegni o delle mensole come supporto di qualsiasi oggetto che non sia il proprio apparecchio di illuminazione (con l'esclusione dei casi ad uso promiscuo con le reti di servizio), se non con specifica regolamentazione.

Gli apparecchi di illuminazione devono essere installati ovunque possibile a testa palo; l'impiego delle mensole è ammesso per gli impianti relativi agli assi interurbani, di circonvallazione, o di viabilità primaria (classe B,C, D).

I pali e relative mensole devono essere verniciati di colore verde RAL 6009. Colori diversi sono ammessi per i pali decorativi o dove il colore partecipa in modo significativo al progetto dell'impianto di illuminazione. In questi casi, il colore dovrà sempre essere concordato e approvato dalla Divisione Patrimonio del Comune di Castel Baronia e nelle aree sotto la tutela del Ministero per i Beni Ambientali ed Architettonici dalla Soprintendenza stessa.

4.3 Elementi decorativi

Se il progetto, per particolari esigenze di Arredo Urbano, prevede l'impiego di elementi decorativi in ghisa quali pali, basamenti, manicotti, mensole, ecc. si dovrà sempre fare riferimento agli elementi standardizzati e distintivi della città, ricorrendo all'impiego dei modelli di fusione. In tali circostanze sul palo va sempre riportato lo stemma della città.

La ristrutturazione o il rinnovo di impianti di illuminazione dove sono presenti elementi o supporti decorativi, deve prevedere il loro restauro.

Articolo 5 - Piano d'illuminazione Pubblica: Ambiti operativi

5.1 Rilievo degli impianti esistenti

La metodologia di rilevamento deve individuare le seguenti caratteristiche essenziali degli impianti:

- Proprietari e gestori (ENEL, comuni, Enti locali municipalizzati e non, altri);
- Alimentazione, potenze elettriche impiegate e tipo di distribuzione elettrica;
- Tipologie degli apparecchi installati (stradali, lampioni, sfere, etc..) e dei supporti adottati (pali singoli e multipli, torri faro, a sospensione, a mensola o parete, etc..);
- Distribuzione delle lampade installate negli impianti suddivise per tipo (fluorescenza, sodio AP o BP, Ioduri Metallici, Mercurio, etc...) ed in base alle potenze (50W, 100W, etc...);
- Presenza di: abbagliamenti molesti, illuminazione intrusiva, evidenti inquinamenti luminosi, disuniformità, insufficienza o sovrabbondanza di illuminazione.

5.2 Suddivisione del Territorio

La suddivisione del territorio comunale e le scelte tecniche da adottarsi devono tenere conto delle seguenti realtà:

- distribuzione e morfologia del terreno (pianura, collina, montagna);
- suddivisione in Aree omogenee: in quartieri, centri storici, zone industriali, parchi, aree residenziali, arterie di grande traffico, circonvallazioni, autostrade, campagna, etc....
- aspetti climatici prevalenti che possono influenzare la viabilità e la visibilità. Sono ad esempio aspetti fondamentali per la scelta del tipo di impianto se il territorio è particolarmente piovoso, umido, nevoso o che favorisce il ristagno dell'aria con la probabile formazione di nebbie;
- aspetti ambientali quali la presenza di elementi artificiali o naturali che possono aggredire gli impianti di illuminazione come: la presenza di grossi complessi industriali (con emissione di elementi inquinanti o corrosivi), del mare (con l'abbondanza di salsedine), etc..
- l'appartenenza ad aree di protezione degli osservatori astronomici e di altri osservatori scientifici, che implica un particolare riguardo nella progettazione degli impianti per la salvaguardia del cielo.

5.3 Aree Omogenee

Le aree omogenee possono in particolare essere suddivise dalle tipologie di strade individuate, dai piani urbani del traffico (se esistenti), dal codice della strada e delle normative tecniche europee, o come segue, in base a criteri puramente di buon senso:

- Centri storici;

- Aree pedonali;
- Aree commerciali;
- Aree residenziali;
- Aree verdi;
- Aree industriali ed artigianali;
- Aree extraurbane;
- Aree limitate di specifica destinazione. Individuando: la loro distribuzione sul territorio, l'integrazione all'interno delle aree omogenee, la destinazione di tali aree (archeologiche, impianti sportivi, centri commerciali, etc..) ed i dati che li caratterizzano e li individuano univocamente.

La scelta dell'illuminazione deve innanzitutto tenere conto delle indicazioni tecniche della Legge Regionale di riferimento (ad es. la L.R. Lombarda n.17 del 27.03.00).

5.4 Stesura del piano d'illuminazione

Analisi situazione preesistente

- a) Individuazione della rete viaria esistente (urbana, extraurbana, pedonale, etc..)
- b) suddivisione e classificazione delle vie sulla base del codice della strada ed alle indicazioni delle normative tecniche europee.

Scelte tecniche – Illuminotecniche

- a) Individuazione dei parametri illuminotecnici caratteristici (luminanze e illuminamenti, uniformità, abbagliamento) in base alla classificazione delle strade.
- b) Scelta delle caratteristiche delle lampade da adottarsi in ciascun contesto urbano ed extraurbano.

Scelte tecniche – Impiantistiche: Per nuovi impianti o per l'adeguamento di quelli vecchi

- a) Gradi di protezione (IP) e Classe di isolamento (I o II),
- b) Geometria e tipologia degli impianti (pali, sospensioni, mensole, a parete, torri faro, etc..),
- c) Scelte per la protezione elettrica degli impianti, prevedendo eventuali circuiti ridondanti per la sicurezza degli impianti, e ridurre i rischi di improvvisi oscuramenti della rete,
- d) Posa delle linee elettriche (aeree, sotterranee),
- e) Miglioramento del rendimento illuminotecnico globale (rapporto fra flusso utile e potenza installata),
- f) Inserimento in linea di regolatori per il controllo del flusso luminoso emesso, e la variazione secondo specifiche curve di calibratura,
- g) Prevedere sistemi elettronici diagnostici per ridurre la manutenzione degli impianti e migliorare i servizi.

Scelte progettuali

- a) Scelte progettuali ed operative per aree omogenee,
 - b) Scelte progettuali per le applicazioni particolari:
 - Monumenti,
 - Grandi Aree,
 - Impianti sportivi all'aperto
 - c) Ottimizzazione:
 - della segnaletica luminosa secondo criteri di visibilità e di priorità,
 - dell'illuminazione commerciale nel rispetto della salvaguardia dell'ambiente cittadino, limitandone la potenza, l'estensione e la diffusione,
- Adozione di criteri anti inquinamento luminoso.

d) Predisposizione di particolari scelte illuminotecniche prioritarie in corrispondenza di quelle aree a rischio (generalmente molto limitate) che richiedono maggiori attenzioni fra le quali:

- Centri sportivi (campi di calcio, ippodromi, piscine, palestre, etc..),
- Aree scolastiche (in prossimità degli ingressi),
- Centri commerciali (in corrispondenza di aree intenso traffico pedonale),
- Aree di interscambio, come gli accessi alle stazioni ferroviarie,
- Importanti svincoli su strade di intenso traffico urbano ed extraurbano.

Pianificazione

- Definizione di piani di manutenzione e di adeguamento degli impianti,
- Stima economica dei costi di manutenzione, adeguamento e gestione. Previsioni di spesa in relazione alle effettive disponibilità finanziarie ed alle priorità sul territorio.

Documentazione

Se il comune si è dotato di Piano Urbano del Traffico come previsto dai D.M. che individuano le liste regionali dei comuni che devono dotarsene, il piani d'illuminazione si presentano nella versione più completa di Piani Regolatori dell'Illuminazione direttamente subordinati ai PUT in quanto a classificazione e complementari in quanto a finalità. La documentazione che generalmente costituisce il corpo di un piano regolatore standard può essere così sintetizzata:

Elaborati Grafici

- Planimetrie del territorio comunale suddiviso per aree omogenee (compatibile con l'eventuale PRG),
- Planimetrie degli impianti già esistenti, con l'individuazione delle principali caratteristiche tecniche e funzionali,
- Planimetria della classificazione delle aree e delle relative tipologie funzionali,

Relazioni

- Relazione introduttiva sulla distribuzione del territorio comunale
- Relazione delle caratteristiche storico – ambientali
- Relazione descrittiva delle aree a particolari destinazione, delle zone e degli edifici critici, e del contesto in cui sono inserite,
- Relazione per la definizione, e la localizzazione dei nuovi impianti previsti sul territorio secondo le specifiche ivi inserite per aree omogenee e tipologie di impianti,
- Relazione economica e programmatica per la valutazione delle spese di realizzazione, manutenzione, e gestione degli impianti, con la definizione degli interventi in relazione alle disponibilità finanziarie comunali.

Nei casi in cui non sia richiesto il PUT, ed il comune è di piccole dimensioni, tali strumenti possono semplificarsi notevolmente in quanto a obiettivi, finalità e documentazione.

Articolo 6 - Prospetto normativo di riferimento adottato nel progetto in esame

Il PRIC è stato redatto tenendo conto delle prescrizioni contenute nelle seguenti Norme :

Codice della strada (1995) e s.m.i.;

L.R. n. 12 del 25.07.2002 – Norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico da illuminazione esterna pubblica e privata a tutela dell'ambiente, per la tutela dell'attività svolta dagli osservatori astronomici professionali e non professionali per la corretta valorizzazione dei centri storici;

Pubblicazione CIE 17.4 – International Lighting Vocabulary; Pubblicazione CIE 30.2 – Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting;
Pubblicazione CIE 31 – Glare and uniformity in road lighting installation;
Pubblicazione CIE 68 – Guide to the lighting of exterior working areas;
Pubblicazione CIE 88 – Guide for the lighting of road tunnels and underpass (1990)
Pubblicazione CIE 92 – Guide to the lighting of urban areas;
Norma UNI 10819 – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso;
Norma UNI 13201/2 – Illuminazione stradale- requisiti prestazionali; Norma UNI 13201/3 – Illuminazione stradale- calcolo delle prestazioni;
Norma UNI 13201/4 – Illuminazione stradale- misurazioni delle prestazioni;
Norma UNI 11248 – Illuminazione stradale- selezione delle categorie Illuminotecniche;
Norma UNI EN 40-3 – Pali per Illuminazione pubblica- progettazione e verifica;
Progetto di Norma CEN TC 169 / 226 – Road lighting;

Articolo 7 - Progettazione di alcune tipologie d'impianto nel rispetto della Legge Regionale n°12, 25 luglio 2002

Nel prosieguo si intende porre enfasi sulle tematiche relative ai criteri illuminotecnici per ottenere un efficace abbattimento dell'inquinamento luminoso e per favorire il risparmio energetico.

7.1 Criteri comuni

- Gli impianti realizzati dovranno avere una intensità massima nell'emisfero superiore (con $\gamma \geq 90^\circ$) di 0 candele per 1000 lumen.
- Gli apparecchi dovranno essere dotati delle lampade più efficienti disponibili sul mercato. Nelle zone di rispetto degli Osservatori Astronomici (elencati all'Art. 10 della Legge regionale) è preferibile la scelta delle lampade al sodio ad alta o bassa pressione.
- Nell'illuminazione di strade a traffico motorizzato la luminanza media mantenuta **non** deve superare il livello minimo raccomandato dalle norme di sicurezza. Come riferimento per ottenere impianti a 'regola d'arte' è possibile utilizzare una qualsiasi delle norme di un paese della Comunità Europea.
- Utilizzare come riferimento la norma che consente il livello minimo di luminanza a parità di tipo di strada permette di contenere le spese energetiche che il Comune dovrà sostenere per tutta la vita dell'impianto.
- Gli impianti devono essere provvisti di appositi dispositivi in grado di ridurre, entro le ore ventiquattro, l'emissione di luci degli impianti in misura non inferiore al trenta per cento rispetto al pieno regime di operatività. La riduzione va applicata qualora le condizioni d'uso della superficie illuminata siano tali che la sicurezza non ne venga compromessa.
- Nel calcolo della luminanza utilizzare il tipo di pavimentazione stradale effettivamente presente. Ad esempio, nel caso di asfalti con inerti chiari (R1) si possono ottenere le stesse luminanze che con un asfalto scuro (R3) utilizzando illuminamenti inferiori.
- A parità di luminanza al suolo, utilizzare l'apparecchio che permetta di ottenere l'impianto dalla minima potenza possibile in modo da minimizzare le spese di gestione ed esercizio (guasti, sostituzione lampade, pulizia ottiche, spese per l'energia elettrica, ecc.) che il Comune dovrà affrontare durante l'arco della vita dell'impianto (eseguire i calcoli per una vita media dell'impianto di 25 anni). In ogni caso preferire apparecchi che consentano la maggior interdistanza possibile tra i punti luce.
- Il fattore di utilizzazione deve essere maggiore di 0,5 (salvo disposizioni particolari).

7.2 Impianti extraurbani (circonvallazioni, autostrade, tangenziali ecc.)

- Utilizzare lampade al sodio a bassa pressione,
- Utilizzare torri-faro solo se la potenza installata risulti inferiore al corrispondente (quanto a luminanza sulla sede stradale) impianto con apparecchi tradizionali o se il fattore di utilizzazione supera il valore di 0,5 (considerare nel calcolo del fattore di utilizzazione solo la superficie stradale).

7.3 Grandi aree (parcheggi, piazzali, piazze, ecc.)

- Utilizzare torri-faro solo se la potenza installata risulti inferiore al corrispondente (cioè, a parità di luminanza sulla sede stradale) impianto con apparecchi tradizionali o se il fattore di utilizzazione supera il valore di 0,5 (considerare nel calcolo del fattore di utilizzazione solo la superficie da illuminare).
- Nel caso di impianti ubicati in zone non residenziali (es. zone industriali) utilizzare lampade al sodio a bassa pressione. Qualora fosse necessaria la percezione dei colori integrare la luce delle lampade al sodio a bassa pressione con alcune ad alta pressione (illuminazione mista).
- Gli impianti devono essere dotati di appositi sistemi per lo spegnimento o per la riduzione del flusso nelle ore in cui l'impianto stesso non è utilizzato (es. parcheggi di centri commerciali).

7.4 Impianti sportivi

- Per questo tipo di impianti è consentito l'utilizzo di lampade agli ioduri metallici, anche se restano da preferire quelle al sodio in tutti i casi in cui la percezione del colore non sia fondamentale.
- Prevedere diversi livelli di illuminazione in relazione all'utilizzo dell'impianto (allenamento, gara, riprese televisive).
- Usare proiettori asimmetrici montati con vetro di protezione orizzontale o altri equivalenti in modo da ottenere 0 candele per 1000 lumen a $\gamma \geq 90^\circ$ e da contenere la dispersione di luce al di fuori del campo di gara/gioco (es. sugli spalti).
- Inoltre, nel caso di illuminazione di piste da sci, usare apparecchi a bordo pista rivolti verso valle (che rispettino comunque il punto 1 dei criteri generali). Questo permette di aumentare i contrasti sul manto nevoso (grazie alla luce quasi radente per la bassa altezza delle sorgenti), di non abbagliare gli sciatori (apparecchi rivolti a valle) e di contenere al massimo la potenza installata (tenere conto dell'alta riflettività del manto nevoso nel calcolo delle luminanze). In questo tipo di impianti è fondamentale porre la massima attenzione nel limitare la luce dispersa al di fuori delle piste e l'intensità luminosa stessa, vista la grande riflettività della neve, al fine anche di salvaguardare l'ambiente naturale circostante.

7.5 Centri storici e vie commerciali

- Tenere conto dell'illuminazione prodotta anche dai privati mediante insegne luminose, vetrine illuminate ecc., in modo da ridurre al minimo la potenza installata.
- Nel caso siano presenti alberi, porre attenzione affinché i centri luminosi siano posizionati in modo tale che il flusso verso le superfici da illuminare non sia intercettato significativamente dalla chioma degli alberi stessi.
- Se le esigenze architettoniche richiedono l'uso di apparecchi cosiddetti da 'arredo urbano' questi devono comunque soddisfare i requisiti indicati al punto 1 dei criteri comuni a tutti gli impianti (0 candele per 1000 lumen a $\gamma \geq 90^\circ$).
- Nei centri storici sono preferibili apparecchi posizionati sotto gronda.

7.6 Illuminazione di edifici e monumenti

- Usare un'illuminazione radente dall'alto verso il basso seguendo le indicazioni dell'art.6 della Legge regionale
- Non superare nelle superfici illuminate la luminanza delle aree circostanti (es. strada, altri edifici). In ogni caso non superare una luminanza di 1 cd/m² (2 cd/m² nel caso di edifici di particolare valore storico o architettonico).
- Nel caso di capannoni industriali utilizzare lampade al sodio a bassa pressione oppure sistemi con sensori di movimento per l'accensione dell'illuminazione di sicurezza.
- Nel caso di edifici senza alcun valore storico ed artistico utilizzare lampade al sodio oppure sistemi con sensori di movimento per l'accensione dell'illuminazione di sicurezza.
- Nell'illuminazione di edifici e monumenti si devono provvedere sistemi di controllo che provvedono allo spegnimento parziale o totale o alla diminuzione di potenza impiegata entro le ore ventiquattro.

Articolo 8 - Cartografia

Sono parte integrante delle norme i seguenti elaborati :

EL425/01 – Relazione

STATO ATTUALE

Tavola EL425/03 – Planimetria stato attuale (*Intero Territorio Comunale*)

Tavola EL425/04 – Planimetria stato attuale (*Centro Storico*)

PROGETTO

Tavola EL425/05 – Planimetria di progetto (*Intero Territorio Comunale*)

Tavola EL425/06 – Planimetria di progetto (*Centro Storico*)

Tavola EL425/07 – Planimetria sinottica degli interventi