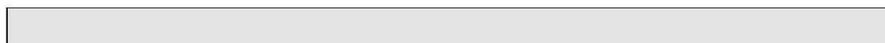




Comune di Castel Baronia
Provincia di Avellino



Piano Illuminotecnico Comunale

TAV.EL425/01

RELAZIONE

il Progettista :
Ing. Antonio SALZA

il R.U.P :
Geom. Nicola SARACINO

il Sindaco :
Ing. Carmine FAMIGLIETTI



INDICE

PREMESSA

1. Inquinamento luminoso e sostenibilità dell'illuminazione pubblica

1.1 – Fasi salienti dello studio

- INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E DEMOGRAFICO
- PROBLEMATICHE GENERALI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA
- METODICA DEL CENSIMENTO DEI CORPI ILLUMINANTI
- ELEMENTI PER LA PROGETTAZIONE

2. Situazione impiantistica esistente

3. Opere di rinnovo e risparmio energetico

3.1 Regolatori di flusso luminoso

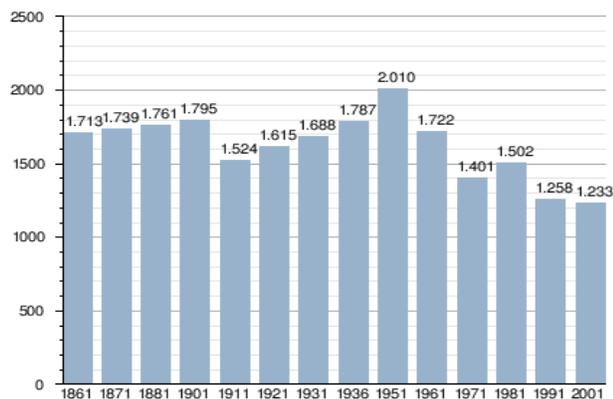
3.2 Sistema di telegestione del regolatore di flusso

3.3 Interventi sulla rete di distribuzione e le sorgenti luminose

4. I criteri per la stesura del piano

Appendice Tecnica di riferimento

Castel Baronia



fonte ISTAT - evoluzione demografica

| | |
|-------------------------|---|
| <u>Stato:</u> |  Italia |
| <u>Regione:</u> |  Campania |
| <u>Provincia:</u> |  Avellino |
| <u>Coordinate:</u> | 41°2'54"N 15°11'23"E |
| <u>Altitudine:</u> | 639 m s.l.m. |
| <u>Superficie:</u> | 15,34 km ² |
| <u>Abitanti:</u> | 1.196 |
| <u>Densità:</u> | 76,53 ab./km ² |
| <u>Comuni contigui:</u> | Carife , Flumeri , San Nicola Baronia , Sturno , Trevico |

PREMESSA

Il Comune di Castel Baronia con nota n.2345 del 19/06/2007 ha trasmesso alla Provincia di Avellino il Piano Urbanistico Comunale , adottato con deliberazione del consiglio comunale n.31 tenutosi nel mese di dicembre del 2005 , per la relativa approvazione ai sensi dell'art. 24 della L.R. n. 16/2004.

Con nota n. 81437 del 18/09/2007 l'amministrazione provinciale , a seguito di verifica di compatibilità con gli strumenti di pianificazione territoriale sovraordinati e di conformità con la normativa statale e regionale vigente , rilevava che “ *a corredo del PUCnon sono inclusi i piani di settore riguardanti il territorio comunale* “ ,tra cui il Piano di Contenimento dei Consumi Energetici.

Parte integrante del PCCE consiste nel Piano Comunale dell' illuminazione pubblica , che rappresenta l' oggetto del presente lavoro.

Un progetto di illuminazione pubblica deve tener conto delle nuove concezioni illuminotecniche, portare al superamento del concetto di luce al servizio della mera funzionalità, diventare così uno strumento analitico e di conoscenza dello stesso Comune, delle sue strutture spaziali, urbane e architettoniche, permettendo la loro completa fruibilità.

Tale importante funzione è svolta dal Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale (PRIC).

Il PRIC è uno strumento normatore indispensabile che si affianca agli altri strumenti per la pianificazione urbana e la sua adozione da parte dell'amministrazione comunale consente al nostro paese di allinearsi agli standard qualitativi dei paesi europei, nel rispetto dell'ambiente, della qualità della vita e dell'uso razionale dell'energia.

Tale strumento è ormai indispensabile, considerato il continuo mutare delle esigenze delle città ed il continuo nascere di deliberazioni nazionali e regionali ovvero di riferimenti normativi che richiedono alle amministrazioni comunali l'adozione di nuovi strumenti di programmazione conformi agli standard moderni.

E' evidente che le indicazioni e le prescrizioni contenute in questi documenti non solo condizionano pesantemente i parametri da adottare per la progettazione di nuovi impianti di illuminazione, ma giustificano anche la necessità di elaborare uno studio unitario di illuminazione, sottoponendo a verifica tutte le arterie e le aree pubbliche.

Ecco, dunque, il naturale passaggio al PRIC, che oltrepassa i limiti di strumento esclusivamente tecnico che definisce solo i parametri tecnologici e illuminotecnici, per diventare anche un programma globale illuminotecnico a servizio della città.

L'elaborazione del PRIC prevede due momenti principali: una fase conoscitiva della situazione esistente, dal punto di vista elettrotecnico e illuminotecnico , ed un secondo momento di carattere progettuale, comprendente le scelte illuminotecniche per ogni classe di strada e per ogni tipologia di ambiente urbano al fine di pervenire ad una situazione finale coordinata, coerente con la normativa vigente e con le esigenze di sicurezza e vivibilità richieste da tutti i cittadini.

L'obiettivo del PRIC è quello di definire i criteri generali di intervento perseguendo:

- la sicurezza per il traffico stradale e veicolare, nel rispetto delle norme del codice della strada e delle norme cogenti;
- la sicurezza fisica e psicologica delle persone, riducendo il numero di atti criminosi;
- l'integrazione estetico-formale diurna e notturna degli impianti nel territorio comunale;
- la migliore fruibilità degli spazi urbani;
- l'illuminazione adeguata delle emergenze architettoniche e ambientali;
- l'ottimizzazione dei costi di esercizio e manutenzione;

- l'ottimizzazione delle linee di alimentazione in modo da limitare il numero dei quadri comando riducendo i punti di fornitura ENEL e i costi di installazione degli impianti;
- il risparmio energetico: miglioramento dell'efficienza globale dell'impianto;
- il contenimento dell'inquinamento luminoso.

La fase di elaborazione per la realizzazione del PRIC si può così sintetizzare:

- Rilievo della situazione dell'esistente con diagnostiche e archiviazione di:
 - numero e caratteristiche dei punti luce;
 - tipologia dei sostegni e degli apparecchi di illuminazione, loro impatto visivo;
 - tipologia e modalità di posa delle linee elettriche;
 - illuminamento, uniformità, abbagliamento resa dei colori.
- Formulazione di una soluzione integrata delle tipologie illuminotecniche suddivise in zone omogenee con particolare riferimento alle prestazioni richieste per le singole zone.

1. Inquinamento luminoso e sostenibilità dell'illuminazione pubblica .

L'inquinamento luminoso e lo spreco energetico ad esso correlato producono un notevole impatto ambientale e delle diseconomie non giustificabili mentre è possibile conciliare le esigenze degli individui e la salvaguardia dell'ambiente per mezzo di una corretta pianificazione e gestione del sistema d'illuminazione pubblica economicamente compatibile e ambientalmente sostenibile. L'ottima Legge Regionale Lombarda n. 17/00 (cui ha fatto seguito la Legge Regionale n°12, 25 luglio 2002 della regione Campania) ha stimolato le aziende del settore illuminotecnico a progettare e a realizzare delle armature antinquinamento luminoso a elevato rendimento. L'innovazione tecnologica e l'aumento dell'efficienza sono la soluzione pratica per ottenere reciproci vantaggi tra ecologia ed economia.

Orbene il Comune di Castel Baronia è a tutti gli effetti rappresentante delle piccole realtà comunali, che sono la maggioranza dei Comuni italiani. In questi piccoli centri il problema dell'inquinamento luminoso si manifesta nella sua interezza: le abitazioni poco numerose e di altezza non elevata non offrono nessuna efficace barriera alle dispersioni orizzontali e sono scarse sia le risorse finanziarie sia le risorse umane per affrontare in modo sistematico la riqualificazione dell'illuminazione pubblica.

1.1 Fasi salienti dello studio

Si parte contestualizzazione del fenomeno tenendo conto che il contributo più rilevante è dato dalle emissioni dirette verso il piano dell'orizzonte ovvero a piccoli angoli sopra di esso e che solo una parte di queste emissioni vengono intercettate dalle pareti degli edifici.

➤ INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E DEMOGRAFICO

In Italia, all'esiguo numero di grandi città si contrappongono 5.868 Comuni con meno di 5.000 abitanti, ovvero il 72% del totale, nei quali il problema si manifesta nella sua interezza: le abitazioni poco numerose e di altezza non elevata non offrono nessuna

efficace barriera alle dispersioni orizzontali. Inoltre, nelle zone di collina e di montagna, delle quali il nostro territorio è ricco, si aggiungono gli effetti delle altimetrie, per cui i corpi illuminanti collocati nelle zone più alte sono liberi di diffondere la luce ovunque.

La Provincia di Avellino racchiude in sé questi elementi che favoriscono il propagarsi dell'inquinamento luminoso. La morfologia prevalente del territorio è tipica dell'ambiente collinare – montano che rappresenta il 73% della superficie.

➤ PROBLEMATICHE GENERALI DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

I Comuni della Provincia di Avellino, in larga misura, contano una popolazione inferiore ai 5.000 abitanti. Come già detto in questi piccoli centri sono scarse sia le risorse finanziarie sia le risorse umane per affrontare in modo sistematico la riqualificazione dell'illuminazione pubblica.

Una possibile soluzione è quella di ricorrere al finanziamento tramite terzi affidandosi a una *Energy Service Company* (E.S.CO.), imprese specializzate nell'effettuare interventi nel settore dell'efficienza energetica. Esse sollevano in genere il cliente dalla necessità di reperire risorse finanziarie per la realizzazione dei progetti e dal rischio tecnologico, in quanto gestiscono sia la progettazione e la costruzione sia la manutenzione degli impianti per la durata del contratto, compresa di solito fra i cinque e i dieci anni.

Il prezzo per l'adempimento delle clausole contrattuali è comunque inferiore ai costi che avrebbe comportato l'esercizio della vecchia struttura impiantistica. La differenza rappresenta il vantaggio economico che il Comune ottiene grazie alla nuova illuminazione. Al termine del periodo richiesto per rientrare dall'investimento e remunerare le attività della società di servizi, l'impianto viene in genere riscattato dal soggetto beneficiario dell'intervento, mentre la sua gestione può essere lasciata in carico alla E.S.CO. o affidata ad altri soggetti.

I vantaggi di operare in uno schema di questo tipo per l'utente sono:

- l'assenza di rischi finanziari (in caso di intervento sbagliato e non remunerativo è la E.S.CO. che si assume tutte le responsabilità al riguardo);
- l'opportunità di realizzare interventi anche in mancanza di risorse finanziarie proprie e in presenza di difficoltà nel reperire finanziamenti esterni;
- la liberazione dalle problematiche connesse alla gestione e manutenzione dell'impianto;
- la disponibilità di risorse interne per altri compiti;
- la possibilità di conseguire benefici energetico-ambientali importanti, tenuto conto del fatto che i profitti della E.S.CO., in presenza di un contratto ben realizzato, sono proporzionali all'efficienza dell'impianto.

Ovviamente tali vantaggi comportano una complessità contrattuale consistente e la necessità di predisporre capitolati dettagliati. Le clausole contrattuali devono servire a garantire all'utente che l'intervento realizzato sia energeticamente efficiente e tecnicamente valido, anche tenendo conto dell'andamento del mercato dei vettori energetici e delle tecnologie. D'altro canto il contratto deve garantire alla E.S.CO. una compatibilità economica e un ritorno adeguato, in modo che riesca effettivamente a rientrare nei costi sostenuti e a realizzare una certa quota di profitto.

Tali aspetti e i costi fissi della commessa, inoltre, fanno sì che ci sia una dimensione economica minima dell'intervento sotto la quale non ha senso ricorrere al finanziamento tramite terzi. Sebbene non ci sia un valore ben definito al riguardo, in

generare il finanziamento tramite terzi diventa un'opzione attivabile oltre gli € 50.000. La complessità contrattuale richiesta da questo sistema può essere d'impedimento al suo utilizzo in un piccolo Comune: sovente l'Ufficio Tecnico comunale consta di un unico addetto che svolge svariate funzioni e che potrebbe non essere sufficientemente informato sugli effetti dell'impatto ambientale dell'inquinamento luminoso e dello spreco energetico a esso associato, nella sua dimensione globale e di lungo periodo. Inoltre, potrebbe non avere la necessaria competenza tecnica per verificare la validità del *mix* armatura più lampada, in funzione della classificazione della strada.

➤ METODICA DEL CENSIMENTO DEI CORPI ILLUMINANTI

Il comune di Castel Baronia si estende per circa 15 km². In questo comune sono presenti le tipologie di strade più comuni, localizzate in zone con diversa destinazione urbanistica:

- ❖ piazza in zona residenziale
- ❖ strada urbana locale in zona residenziale
- ❖ strada urbana locale in zona artigianale
- ❖ strada extraurbana secondaria

Il censimento si è effettuato utilizzando come base l'elenco dei corpi illuminanti fornito dal gestore degli impianti di pubblica illuminazione, che riporta i seguenti dati:

- la denominazione toponomastica della piazza o della via;
- il numero di targa che identifica il corpo illuminante;
- la persona giuridica proprietaria del corpo illuminante;
- il tipo di lampada installata e la sua potenza nominale.

Per l'elaborazione di questi dati si sono progettate specifiche tabelle, come quella riportata di seguito:

armature

Ai fini di una corretta valutazione del problema e di una conseguente opzione migliorativa si è tenuto presente che attualmente le armature sono suddivise in quattro categorie:

- non schermate: la *Commission Internationale de l'Eclairage* (C.I.E.) pone un limite massimo all'emissione di 1.000 cd a 90° rispetto dalla verticale. Non ne è consigliato l'impiego in alcun tipo di impianto perché estremamente inquinanti e a elevato spreco energetico;
- semi-cut-off*: la C.I.E. pone un limite massimo all'emissione di 50 cd/klm a 90° rispetto alla verticale e comunque non superiore a 1.000 cd, e inferiore o uguale a 100 cd/klm a 80°. In genere esse non sono ben schermate per l'emissione sopra l'orizzonte e sono quindi inquinanti;
- cut-off*: la C.I.E. pone un limite massimo all'emissione di 10 cd/klm a 90° rispetto alla verticale e comunque non superiore a 1.000 cd, e inferiore o uguale a 30 cd/klm emessi a 80°;

□ totalmente schermate o *full-cut-off*: il limite massimo all'emissione è di 0 cd/klm a 90° e oltre rispetto al piano dell'orizzonte. Le caratteristiche che rendono possibile rispettare questo limite sono due:

- la lampada è all'interno del guscio di protezione e non vi sporge;
- il vetro di protezione può essere piano con la posa in opera orizzontale o curvo completamente incassato nell'armatura.

Questo tipo di armatura è l'evoluzione più recente e non fa parte della classificazione C.I.E.. In linea di principio, le armature *cut-off* della classificazione C.I.E. possono essere anche totalmente schermate se installate con inclinazione dell'ottica uguale a zero o, comunque, fortemente schermate se installate con piccola inclinazione dell'ottica. Tuttavia non c'è corrispondenza biunivoca tra armature *cut-off* e armature *full-cut-off*.

L'assenza d'informazioni sulle caratteristiche fotometriche delle armature è stata il primo inconveniente della progettazione della tabella per la raccolta dei dati sul campo: si tratta dell'impossibilità di assegnare "a vista" la categoria di armatura *semi-cut-off* e *cut-off* e di stabilire se l'inclinazione dell'apparecchio d'illuminazione sia un parametro progettuale o una errata posa in opera (figura seguente):



Figura 1: esempi di armature progettate inclinate (a sx) e da regolare per la posa in opera orizzontale (a dx)

Da aggiungere che si è tenuto conto del fenomeno del fototropismo positivo che gli insetti manifestano verso la luce dei lampioni, al punto da morirne bruciati se la lampadina non ha un vetro di protezione. Nell'**appendice tecnica di riferimento** si evidenzia che il vetro di protezione curvo, se sporge dall'armatura, fa sì che una parte di flusso luminoso si indirizzi al di sopra dell'orizzonte a causa dei fenomeni di rifrazione e riflessione.

Figura 2: armatura con vetro di protezione assente (a sx) e armatura con vetro di protezione curvo



➤ ELEMENTI PER LA PROGETTAZIONE

E' da tener presente che un impianto d'illuminazione stradale è progettato utilizzando come parametro fondamentale l'indice illuminotecnico che stabilisce la luminanza media minima per garantire le condizioni di sicurezza della circolazione stradale.

Questo indice viene assegnato alla strada in funzione della sua classificazione ed al volume di traffico (in base a quanto disposto dal Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 5 novembre 2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade").

Orbene nel territorio di competenza del Comune di Castel Baronia sono presenti due tipi di strada:

- urbana locale - indice illuminotecnico 2 (1 negli orari di traffico non intenso);
- extraurbana secondaria - indice illuminotecnico 5 (4 e 3 negli orari di traffico non intenso).

Ciò premesso, la tabella seguente consente di orientarsi nella scelta della potenza nominale della lampada.

Nella terza colonna si considera il caso in cui la geometria del tracciato non consenta l'ottimizzazione dell'impianto con potenze inferiori:

potenza nominale della lampada consigliata per ottimizzare i risparmi

| indice illuminotecnico | potenze consigliate | potenze massime consigliate quando la geometria non consente l'ottimizzazione con potenze inferiori |
|------------------------|---------------------|---|
| 1 (B = 0,3 nit) | 50 W - 70 W | 70 W |
| 2 (B = 0,5 nit) | 70 W | 100 W (statisticamente solo il 10% dei casi) |
| 3 (B = 0,75 nit) | 70 W | 100 W (statisticamente il 30-35% dei casi) 150 W (statisticamente solo il 5-10% dei casi) |
| 4 (B = 1 nit) | 100 W | 150 W (statisticamente solo il 20% dei casi) |
| 5 (B = 1,5 nit) | 100 W - 150 W | 150 W (statisticamente il 50% dei casi) |

(fonte: CieloBuio)

Fatte salve le condizioni necessarie per garantire la sicurezza della circolazione stradale, l'ulteriore parametro di selezione è di carattere qualitativo: i diversi spettri d'emissione delle tipologie di lampada considerate influiscono sulla percezione dei colori e quindi sulla capacità di distinguere gli oggetti ed i loro movimenti rapidi. La destinazione urbanistica dell'area nella quale la strada è localizzata concorre a determinarne l'utilizzo notturno ed il relativo volume di traffico, in funzione dei quali scegliere la resa cromatica della lampada (la tipologia della lampada è scelta in base ai campi di applicazione della tabella 2 dell' *appendice tecnica di riferimento*).

In base ai dati emergenti dalla letteratura di settore è possibile l'esclusione delle lampade ai vapori di mercurio da qualsiasi applicazione. E' stato infatti evidenziato che la radiazione ottica emessa da questo tipo di lampade è la più dannosa per la fisiologia degli esseri viventi.

Inoltre, se non viene effettuato il corretto smaltimento delle lampade (la legislazione in materia di gestione integrata dei rifiuti le considera rifiuti speciali in quanto contenenti mercurio) il loro impatto ambientale si aggrava. Il mercurio è un metallo liquido pesante dall'elevata tossicità che si bioaccumula nel tessuto lipidico degli esseri viventi provocando diverse patologie:

- depressione e irritabilità sono i sintomi più leggeri di avvelenamento;
- danni neurologici, quali paralisi, cecità, demenza;
- rottura dei cromosomi e teratogenicità.

Infine, data la loro scarsa efficienza luminosa, bisogna ricorrere ad un'elevata potenza nominale per avere il flusso luminoso necessario a garantire l'adeguata luminanza media minima al suolo, aumentando così il consumo di energia elettrica.

2. Situazione impiantistica esistente

Gli impianti di illuminazione pubblica della città si estendono su tutto il territorio comunale lungo 27 km di strade.

Il comune di Castel Baronia ha le seguenti coordinate geografiche:

latitudine 41°02'54"N

longitudine 15°11'23"E

è situato ad un'altitudine max (s.l.m.) di 639 m, ha una superficie di 15,34 kmq, una densità abitativa di 76,53 ab/kmq ed una popolazione di 1196 abitanti (ISTAT 2009).

Le strade di accesso sono :

- ❖ A16 (Autostrada NA-BA svincolo Grottaminarda) ;
- ❖ SP 203 ,SP 205 ;
- ❖ SN 91 ;

La tabella che segue riassume i dati di esercizio e di impianto più significativi.

TABELLA 1 : SCHEDE RIEPILOGATIVE GENERALI

| IMPIANTO | UNITA' DI MISURA | QUANTITA' |
|--|------------------|------------|
| TIPO DI SOSTEGNI | n° | 516 |
| Pali (rastremati e conici) | n° | 380 |
| Bracci Normali) | n° | 41 |
| Pali Ornamentali | n° | 95 |
| TIPO DI LAMPADE | n° | 516 |
| Vapori di Mercurio | n° | 41 |
| A Vapori di Sodio | n° | 475 |
| ARMATURE | n° | 516 |
| LINEE DI ALIMENTAZIONE | km | 27 |
| POTENZA IMPEGNATA | kW | 70 |
| QUADRI COMANDO E PUNTI DI CONSEGNA ENEL | n° | 7 |

Dalla tabella si evince che parte delle lampade (vapori di mercurio) presenti non è ad alta efficienza, dato che il parco illuminativo pubblico del comune di Castel Baronia risale a qualche decennio fa. Di qui la necessità di intervenire per raggiungere i seguenti obiettivi:

- risparmio energetico con relativo abbattimento della bolletta energetica del comune;
- valorizzare il centro urbano e le zone rurali minori per ricondurre lo sviluppo ad un unico sistema integrato di offerta turistica, incentrata sulla fruizione dei beni ambientali;
- rafforzamento del sistema di sicurezza ai cittadini;
- incremento dell'efficienza luminosa e miglior comfort visivo;
- incremento del livello di sicurezza elettrica e della stabilità meccanica degli organi di sostegno;
- minimizzazione dell'abbagliamento luminoso;
- diminuzione della potenza impegnata con l' ENEL;
- riduzione dell'inquinamento elettromagnetico;
- ottimizzazione dei costi di manutenzione.

3. Opere di rinnovo e risparmio energetico

Le opere che si intende eseguire sull'impianto riguardano:

- sostituzione delle lampade a vapori di mercurio con altre a vapori di sodio ad alta efficienza da 70, 150 o 250 W/230V(tempo di vita 15.000 ore) in funzione degli illuminamenti medi e dei livelli di abbagliamento previsti (UNI 10439/95);
- sostituzione di tutte le armature stradali con altre aventi emissione massima di 5 cd/klm a 90° e 0 cd/klm a oltre 90°;
- sostituzione sostegni con consistente ossidazione elettrolitica all'incastro, che ne compromette la stabilità meccanica ;
- installazione di lampade che si armonizzano con i colori degli ambienti e dei beni culturali esistenti, per la valorizzazione del centro storico e degli edifici di carattere monumentale ed architettonico ;
- installazione di regolatori di flusso luminoso a tecnologia CISC a microprocessore, che presentano i vantaggi di qualità della forma d'onda, di efficienza ed affidabilità, elevata velocità di stabilizzazione, risparmio di energia

anche a macchina in by-pass, compensazione del rifasamento nonché la stabilizzazione della tensione di alimentazione ;

- sistema di telecontrollo GSM, in modo da permettere di effettuare da postazione remota la programmazione dei parametri di funzionamento, la lettura di tutti i dati relativi al funzionamento dell'impianto(stato apparecchiatura–funzionamento luce piena , ridotta e in by-pass,allarmi correnti ed ultimi, misure istantanee e campionate,report mensile,etc.);
- adeguamento elettrico (interruttori differenziali selettivi a riarmo,impianto di terra, cavetteria, protezione magnetotermica su ogni linea di uscita dal quadro di comando/regolazione, protezione di ogni lampada con fusibili installati nell'armatura etc.) in conformità alla norma CEI 64-8 sez.714;

□□□□□□□□ • utilizzo di armature a doppio isolamento allo scopo di evitare la esecuzione degli adeguamenti sull'impianto di terra, con eccezione da quelli di recente esecuzione e dei quadri elettrici

3.1 Regolatori di flusso luminoso

Le sorgenti luminose, per funzionare correttamente mantenendo le proprie caratteristiche nel tempo, devono essere alimentate con una tensione non superiore al 6% del valore nominale. Spesso ed in particolare nelle ore di maggior funzionamento degli impianti di illuminazione si registrano valori molto più elevati. Queste variazioni sono imputabili principalmente al minor prelievo delle grandi utenze nelle ore notturne.

Normalmente gli impianti di illuminazione sono allacciati a reti di distribuzione soggette a questo fenomeno dovuto sia all'ente erogatore sia alle variazioni di carico stagionali o giornalieri.

Le fluttuazioni di tensione ed in modo particolare le sovratensioni, sono estremamente critiche per tutte le tipologie di lampade, in quanto ne accelerano l'invecchiamento riducendone sia la durata, sia il flusso luminoso emesso nel tempo. Per consentire alle lampade di raggiungere i valori di "vita utile" (life expectancy) dichiarati dal costruttore, nonché il flusso luminoso previsto, è necessaria la stabilizzazione della tensione.

Benefico effetto collaterale della stabilizzazione della tensione di linea e l'ulteriore risparmio sui consumi di energia elettrica ottenuto grazie alla "tosatura" della tensione eccedente il valore nominale.

Tale risparmio è quantificabile in un 5-7% circa.

La stabilizzazione della tensione deve essere realizzata con tecnologie estremamente affidabili e caratterizzate da un'elevata velocità di compensazione delle variazioni di rete. I regolatori STABILUX – IREM utilizzano la tecnologia a "potenza passante" adottata per gli stabilizzatori di tensione impiegati per la protezione di carichi suscettibili alle fluttuazioni di rete.

La stabilizzazione della tensione influisce notevolmente sull'allungamento della vita delle lampade riducendo di conseguenza i costi di manutenzione, sostituzione e smaltimento.

È quindi possibile ottimizzare i piani di manutenzione periodica, riducendo gli interventi di sostituzione delle lampade con conseguente riduzione degli oneri gestionali.

Il regolatore di flusso STABILUX – IREM esegue automaticamente il ciclo di accensione delle lampade in un tempo programmabile dall'utente a seconda del tipo di sorgente luminosa alimentata.

Trascorso questo lasso di tempo il regolatore si porta gradualmente al valore di tensione nominale preimpostato.

Quando per motivi diversi (ad esempio nelle ore notturne per gli impianti di illuminazione stradale) il livello massimo di illuminamento non è più necessario, il regolatore permette di variare la tensione di alimentazione delle lampade al fine di ottenere un rilevante risparmio energetico. I passaggi tra i vari regimi di funzionamento avvengono in modo graduale per adattare linearmente il livello di illuminamento. In ogni punto di funzionamento la tensione di uscita dal regolatore STABILUX – IREM viene mantenuta stabilizzata entro il $\pm 1\%$ rispetto al valore impostato per fronte di elevate variazioni della tensione in ingresso.

In caso di back-out, al ritorno dell'alimentazione di rete lo STABILUX – IREM ripete il ciclo di accensione delle lampade prima di riportare la tensione di uscita al valore programmato precedentemente. Questa funzione è essenziale per garantire il regolare innesco del processo chimico all'interno delle lampade a scarica.

In sintesi le caratteristiche costruttive più salienti sono:

Alto rendimento

Grazie alla tecnologia a potenza passante le perdite tipiche della macchina sono molto contenute, garantendo un rendimento medio superiore al 98%.

Ampia compensazione delle variazioni di rete

La funzione di stabilizzazione consente di compensare ampie variazioni della tensione di rete, mantenendo il valore della tensione di uscita entro i limiti prefissati.

Elevata velocità di compensazione delle variazioni di rete

Corregge rapidamente ($< 40\text{ms/Volt}$) gli scostamenti della tensione di uscita rispetto al valore nominale, senza rischi di penzolamenti.

Assenza di distorsioni armoniche

La distorsione armonica introdotta, a differenza di sistemi utilizzando tecnologie totalmente elettroniche, è praticamente nulla ($< 0.2\%$) in ogni condizione di carico.

Assorbimento sinusoidale dalla rete

Il regolatore assorbe in modo sinusoidale dalla rete in quanto la potenza magnetizzante del trasformatore serie è trascurabile rispetto a quella del carico, rispettando pienamente la normativa IEC 555-2

Insensibilità alle variazioni di carico

Il regolatore può lavorare correttamente in ogni condizione di carico (da 0 al 100%) mantenendo inalterate le proprie caratteristiche.

Insensibilità al fattore di potenza del carico.

Il regolatore è insensibile al fattore di potenza del carico qualunque esso sia. Può pertanto funzionare con qualsiasi $\cos \varphi$ di linea, fermo restando il rispetto della corrente massima erogabile.

Compatibilità con qualsiasi tipo di lampada

Il regolatore è compatibile con tutti i tipi di lampade normalmente impiegate in sistemi di illuminazione pubblica e privata.

Ininfluenza sull'impedenza di linea

L'impedenza tipica del regolatore è molto bassa e non influisce sul dimensionamento e sulla funzionalità delle protezioni di linea. Pertanto lo STABILUX – IREM può essere installato su impianti già esistenti senza richiedere interventi di ritaratura delle protezioni esistenti.

Il risparmio energetico ottenibile dalla stabilizzazione e dalla regolazione raggiungerà valori fra 45÷50% in quanto nell'intervento proposto è previsto l'uso di sorgenti a sodio ad alta pressione.

3.2. Sistema di telegestione del regolatore di flusso

Esso è così composto:

3.2.1. - Unità Periferica

L'unità periferica dovrà essere ubicata all'interno del controllo di ogni singolo quadro comando e sarà costituita da un controllo con CPU per l'elaborazione e la memorizzazione di tutti i parametri rilevati sul campo, in grado di dialogare con un computer remoto tramite un modem.

Il controllo é dotato di:

- CPU CISC a 16 bit;
- N.3 ingressi analogici;

- N.12 ingressi digitali;
- N.7 uscite digitali;
- N.2 interfacce seriali RS232;
- 32kbyte di memoria RAM;
- 384kbyte di memoria ROM;
- touch memory.

I punti di ingresso/uscita presenti sulla CPU servono per il controllo e monitoraggio del quadro di regolazione di flusso.

Tale CPU dovrà controllare inoltre ogni singolo quadro di comando, con acquisizione di tutti i parametri inerenti lo stato del regolatore, del by-pass, della fotocellula oltre che tutti i parametri elettrici previsti nel paragrafo “Descrizione del sistema di controllo”. Essa deve inoltre interagire in maniera completamente automatica, variando in modo lineare e continuo la tensione di alimentazione di tutti i circuiti oltre che la fascia di intervento del regolatore stesso.

Tale controllo deve essere in grado di gestire dei cicli di programmazione giornaliera raggruppati in programmi settimanali a loro volta raggruppati in programmi stagionali. Devono inoltre essere previsti almeno 10 programmi giornalieri speciali.

La CPU ha inoltre la funzione di archiviazione storica degli eventi che possono essere poi trasmessi al centro di supervisione mediante le tecniche sopra descritte ogni 15 minuti. Ha inoltre la possibilità di memorizzare diversi numeri telefonici per chiamate automatiche in caso di anomalie riscontrate sull'impianto.

3.2.2. - Centro di Supervisione

Il Centro di Supervisione, in seguito chiamato CSV è in grado di:

- essere visualizzato su pagine WEB;
- definire il database di processo;
- acquisire i dati dalle unità periferiche e memorizzarli sul database di processo;
- inviare i comandi alle apparecchiature presenti nel campo attraverso le unità periferiche;
- permettere la visualizzazione grafica delle unità periferiche;
- permettere la visualizzazione, memorizzazione e gestione degli eventi e degli allarmi gestire la stampa di report.

Il sistema è in grado di identificare l'utente che accede al sistema tramite una fase di “login” nell'ambito della quale viene richiesta una password. Ad ogni utente dovrà essere associato un insieme prestabilito di funzionalità in base al livello di accesso assegnatogli

Il software di telegestione è organizzato a pagine grafiche in linguaggio ASP nelle quali è possibile la visione di parti o del complesso totale dell'impianto.

Tramite menù a tendina o pulsanti di controllo è possibile attuare l'accensione o lo spegnimento di ogni singolo quadro di comando, oltre al controllo di tutti i parametri della rete elettrica oltre che la predisposizione futura per il controllo di ogni singolo corpo illuminante.

E' inoltre possibile la gestione degli allarmi con relativa pagina grafica.

3.2.3. SOFTWARE DEL SISTEMA

3.2.3.1. Software delle unità periferiche

L'applicazione delle Unità Periferiche è definita usando un pacchetto software di programmazione stand-alone. Il terminale programmatore è collegato alle Unità Periferiche sia localmente tramite la porta seriale, sia a distanza, da ciascuna postazione periferica, attraverso i canali di comunicazione previsti. Esso dovrà essere fornito assieme alle periferiche.

Il software di controllo delle periferiche dovrà essere in grado quindi di effettuare essenzialmente tre tipi di operazioni, oltre alle funzioni di controllo;

- lettura periodica di tutti i canali di ingresso digitali e analogici con la memorizzazione del loro stato e trasmissioni, al centro delle variazioni di stato rilevate;
- esecuzione immediata di particolari azioni in caso di superamento dei limiti imposti, come allarmi, dopo le opportune verifiche di conseguenza e plausibilità;
- attivazione di un sistema per impedire la riaccensione a caldo delle lampade;
- esecuzione di comandi semplici e/o multipli, secondo quanto trasmesso dal centro di supervisione e controllo.

Periodicamente il centro di controllo dovrà chiamare, in modo completamente automatico con una procedura di test, ciascuna periferica al fine di verificare il corretto funzionamento della Unità Periferica stessa e di acquisirne tutti i parametri operativi.

Ogni Unità Periferica dovrà essere programmata per eseguire i comandi, semplici e/o multipli, ricevuti dal centro di controllo. Il programma del calcolatore del centro, in modo automatico instaurerà, un colloquio diretto con la periferica in questione ordinando l'esecuzione del comando, ad esempio la possibilità di effettuare la regolazione del livello di luminosità.

Dovrà essere il software locale a provvedere al controllo dell'effettiva esecuzione del comando impostato e che tale esecuzione avvenga nell'ambito di un certo tempo

prestabilito.

Situazioni anomale di funzionamento dovranno essere immediatamente individuate e trasmesse via SMS ai cellulari degli operatori reperibili.

Situazioni irregolari di funzionamento produrranno l'immediato invio ai referenti tecnici, di e-mail informative con l'indicazione dell'anomalia in corso.

Gli apparati periferici dovranno essere inoltre programmati con le opportune logiche di funzionamento al fine di garantire la funzionalità di ogni singola Unità Periferica anche in assenza di collegamento con il centro.

3.2.3.2. Software di supervisione

Presso il centro di supervisione dovrà è già installato, oltre al software di base (sistema operativo Microsoft 2000Server o superiore e pacchetto Office), un software dedicato che provvede alla gestione centralizzata degli impianti ed in particolare:

- controlla e memorizza lo stato della rete nel tempo;
- acquisisce i dati di impianto e segnalare situazioni richiedenti interventi;
- consente la gestione operativa dell'impianto attraverso sinottici a ciò predisposti;
- effettua le manovre atte ad adeguare la rete alle proprie variazioni di stato, eseguendo comandi semplici, multipli o sequenziali e "set point" di regolazione impostati dall'operatore;
- effettua stampe di eventi e protocolli speciali a richiesta dell'operatore;
- consente l'archiviazione dei dati a breve, a medio e a lungo termine. I dati archiviati possono essere richiamati in qualsiasi momento ed essere rappresentati sotto forma di tabulati o sotto forma di curve particolarmente utili per scopi statistici o di confronto;
- archivia i dati in forma definitiva su database residente sul Server in modo da rendere disponibili i dati in rete per altri usi;
- da qualsiasi pagina sinottica assicura un aiuto in linea con formato WEB immediatamente disponibile per l'operatore.

Mediante la tastiera l'operatore è possibile realizzare in modo colloquiale ed in forma interattiva le seguenti funzioni:

- impostazione di set-point ove previsti;
- richiesta di visualizzazione dati;
- richiesta stampa dati;
- aggiornamento calendario;
- aggiornamento parametri di sistema;

- tutte le funzioni previste dal programma di utilità

Elaborazione misure

Le misure sono essere sottoposte alle seguenti elaborazioni e controlli:

- controllo di validità della misura fatte sul range di funzionamento onde rilevare eventuali guasti dello stesso ed eventuali compatibilità con altri parametri misurati;
- conversione di superamento di valori di soglia e/o basso assegnati alla misura e modificabili in linea.

Una qualunque transizione dallo stato di allarme e viceversa è rilevata e visualizzata sul video per il riconoscimento da parte dell'operatore.

Elaborazione allarmi digitali

Le segnalazioni che concorrono a definire lo stato di un'apparecchiatura di un impianto sono sottoposte alle seguenti elaborazioni e controlli:

- generazione della configurazione rappresentante il nuovo stato delle apparecchiature;
- rilevamento delle variazioni da uno stato all'altro.

Una configurazione non permessa viene riconosciuta dal sistema e non accettata dall'unità periferica.

Elaborazione sulle variabili di impianto

Di seguito sono riportate le elaborazioni previste dal sistema di supervisione sulle variabili di impianto:

- il controllo globale di tutto l'impianto;
- il comando d'ogni singolo regolatore;
- il monitoraggio per ogni singolo quadro completo di regolatore di flusso luminoso;
- l'impostazione dei vari cicli di funzionamento per ogni regolatore in forma totalmente indipendente;
- la retroazione al fine di verificare l'avvenuto comando.

Il monitoraggio, per ogni singola apparecchiatura, di tutte le grandezze elettriche per ogni fase d'uscita o globale d'ogni regolatore di seguito riportate:

- potenza attiva (W) totale trifase e di fase;
- tensione (V) in RMS di fase;

- corrente (A) in RMS di fase;
- fattore di potenza ($\cos \varphi$) di fase;
- potenza totale trifase;
- potenza attiva di fase;
- potenza apparente di fase;
- energia attiva trifase in kWh;
- energia risparmiata trifase in kWh;
- energia consumata in kWh per singolo mese;
- energia risparmiata in kWh per singolo mese;
- elaborazione sulle variabili di impianto per la manutenzione.

Di seguito sono riportate le funzioni da garantire per consentire una adeguata manutenzione degli impianti:

- controllo del fattore di potenza per singola fase con allarmi parametrici;
- analisi delle ore di funzionamento delle unità periferiche;
- segnalazione preventiva dell'usura lampada;
- segnalazione del cambio lampada.

Allarmi e registrazione cronologica degli eventi

Gli stati anomali di funzionamento (allarmi) sono comunicati all'operatore con messaggi evidenziati tramite terminale video e nello stesso tempo registrati su stampante, precisando data, ora e minuto, nome della periferica, tipo di allarme, apparecchiatura interessata.

Stato di funzionamento

L'operatore può richiamare sul terminale video lo stato completo di funzionalità di ogni stazione.

Videate sinottiche

Sul PC sono disponibili le videate sinottiche con le quali l'operatore potrà interagire. E' realizzabile una videata sinottica generale che visualizza in modo grafico la mappa nel suo complesso evidenziando (sempre graficamente) le diverse zone controllate, costituite essenzialmente dai vari nodi individuati nella mappa.

Ad ogni nodo controllato è collegata una ulteriore videata, contenente tutti i dettagli necessari al telecontrollo, richiamabile da menù e/o attraverso un semplice clic del mouse sulla zona di interesse.

Nel caso in cui si presenti un allarme in una zona controllata, questo viene evidenziato attraverso l'utilizzo di colori diversi a seconda della classe di priorità cui ogni allarme appartiene.

Videate sinottiche delle periferiche

Per ogni periferica dovrà essere disponibile una videata sinottica richiamabile dalla videata generale o da menù.

Sarà possibile per ogni periferica visualizzare tutta la documentazione tecnica necessaria come anche il manuale utente.

Essa dovrà presentare lo schema elettrico dell'unità periferica degli apparati componenti il nodo e gli elementi con cui interagire per eseguire comandi e/o ottenere informazioni. Tutte le rappresentazioni dei sensori presenteranno gli ultimi valori acquisiti in unità ingegneristica.

Per sicurezza, e per consentire un'agevole manutenzione, su ogni apparato dovrà essere prevista l'esclusione del comando remoto e non dovrà essere possibile eseguire alcun comando sull'apparato.

3.2.3.3 Trasmissione Dati

La trasmissione dati, tra le periferiche e il centro di controllo, dovrà avvenire mediante dispositivo di trasmissione dati con tecnologia satellitare GSM ad alta immunità montata a bordo macchina da collocare direttamente entro lo stesso armadio contenente il regolatore di flusso. Il protocollo di comunicazione dovrà essere standard di tipo MODBUS.

3.3. Interventi sulla rete di distribuzione e le sorgenti luminose

Allo scopo di ridurre i costi di energia e migliorare la visibilità nelle ore notturne è prevista l'eliminazione di tutte le lampade a vapori di mercurio .

Gli interventi sulle diverse tipologie di strade sono riportati di seguito:

A. Strada urbana locale in zona residenziale con traffico pedonale e motorizzato

A. 1. Stato attuale

- Interdistanza minima tra pali ml 15,00;
- Larghezza carreggiata ml 4,00;
- Altezza fonte luminosa ml 7,00;
- Distanza palo – limite carreggiata ml 0,70 ÷ 1,50;
- Braccio ml 1.50 ÷ 2,00;
- Armature
 - a) Illuminazione stradale con armature poste su palo con vetro di protezione assente o curvo – lampada 1 x 250 W Vapori di Mercurio;
 - b) Illuminazione viabilità principale con armature tipo ornamentale a sospensione – lampada a Vapori di Sodio ;
 - c) Illuminazione su palo ornamentale o a parete , tipo a sospensione ovvero a lanterne o sfere - lampada a Vapori di Sodio ;

A. 2. Stato a realizzarsi

- Interdistanza pali ml 15,00;
- Larghezza carreggiata ml 4,00;
- Altezza fonte luminosa ml 7,00;
- Distanza palo – limite carreggiata ml 0,70 ÷ 1,50;
- Braccio ml 1.50 ÷ 2,00;
- Armature
 - a) Armature con vetro piano su palo rastremato con sbraccio – lampada 70W SAP;
 - b) Armature full-cut-off con vetro di protezione piano orizzontale ovvero curvo completamente incassato – lampada 100 W SAP;
 - c) -**Armature** full-cut-off con vetro di protezione piano orizzontale ovvero curvo completamente incassato – lampada 100 W SAP ;
 - **Semisfere** full-cut-off – lampada 70 W SAP ;
 - **Lanterne schermate** : lampade incassate all' interno dell'armatura lampada 70W SAP;

B. Strada extraurbana secondaria con traffico motorizzato

B. 1. Stato attuale

- Interdistanza pali ml 30,00;
- Larghezza carreggiata ml 6,50;
- Altezza fonte luminosa ml 7,00;
- Distanza palo – carreggiata ml 1,00;
- Braccio ml 1,20 ÷ 1,50;
- Armatura
 - a) Illuminazione stradale con armature poste su palo rastremato con sbraccio con vetro di protezione curvo – lampada 1 x 250 W Vapori di Sodio ;

B. 2. Stato a realizzarsi

- Interdistanza pali ml 30,00;
- Larghezza carreggiata ml 6,50;
- Altezza fonte luminosa ml 7,00;
- Distanza palo – carreggiata ml 1,00;
- Braccio ml 1,20 ÷ 1,50;
- Armatura

a) Illuminazione stradale con armature poste su palo rastremato con sbraccio con armature con vetro piano – lampada 1 x 150 W SAP ;

C. Strada Provinciale con traffico motorizzato

C. 1. Stato attuale

- Interdistanza pali ml 30,00;
- Larghezza carreggiata ml 6,50;
- Altezza fonte luminosa ml 7,00;
- Distanza palo – carreggiata ml 1,00;
- Braccio ml 1,20 ÷ 1,50;
- Armatura

a) Illuminazione stradale con armature poste su palo rastremato con sbraccio con vetro di protezione curvo – lampada 1 x 250 W Vapori di Sodio ;

C. 2. Stato a realizzarsi

- Interdistanza pali ml 30,00;
- Larghezza carreggiata ml 6,50;
- Altezza fonte luminosa ml 7,00;
- Distanza palo – carreggiata ml 1,00;
- Braccio ml 1,20 ÷ 1,50;
- Armatura

a) Illuminazione stradale con armature poste su palo rastremato con sbraccio con armature con vetro piano – lampada 1 x 150 W SAP ;

D. Area P.I.P.

D. 1. Stato attuale

- Interdistanza pali ml 30,00;
- Larghezza carreggiata ml 6,50;
- Altezza fonte luminosa ml 7,00;
- Distanza palo – carreggiata ml 1,00;
- Braccio ml 1,20 ÷ 1,50;
- Armatura

a) Illuminazione stradale con armature poste su palo rastremato con sbraccio con vetro di protezione curvo – lampada 1 x 250 W Vapori di Sodio ;

D. 2. Stato a realizzarsi

- Interdistanza pali ml 30,00;
- Larghezza carreggiata ml 6,50;
- Altezza fonte luminosa ml 7,00;
- Distanza palo – carreggiata ml 1,00;
- Braccio ml 1,20 ÷ 1,50;
- Armatura

a) Illuminazione stradale con armature poste su palo rastremato con sbraccio con armature con vetro piano – lampada 1 x 150 W SBP ;

4. I criteri per la stesura del piano

Per la stesura del PRIC i progettisti hanno lavorato con alcune linee guida, le cui più significative sono:

Norme o regolamento :

Nuovo Piano Regolatore Generale; Codice della strada (1995) e s.m.i.;

L.R. n. 12 del 25.07.2002 – Norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso 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 underpassis (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.

Sul reticolo stradale si sono rispettate le esigenze illuminotecniche emerse da studi e norme europee, ispirate alla sicurezza di tutti gli utenti della strada.

All'interno di questa griglia di base, che copre l'intero territorio comunale, si sono valutati i criteri normativi, funzionali ed estetici da assegnare all'illuminazione di aree, luoghi e percorsi di particolare valenza ambientale.

Si ricordano, tra le aree, il centro storico della Città, i quartieri periferici, le aree a verde; nei luoghi si citano i giardini, le zone pedonali, le piazze; i percorsi oggetto di attenzione sono i percorsi porticati, le vie commerciali.

Particolare attenzione si è posta al colore della luce: acquisita la diversità del colore come dato di fatto, questa può essere assunta come elemento di progetto, in quanto la diversità del colore comunica diversità di ruoli, di funzioni, di destinazioni e perché il colore della luce, nelle sue possibili articolazioni, può diventare elemento di definizione dell'immagine della Città.

Un riferimento obbligatorio e costante, oltre a quanto sopra, sono stati:

- Il Nuovo Codice della Strada;
- l'adozione del Nuovo Piano Regolatore della Città;
- l'adozione del Piano Urbano del Traffico;

Le indicazioni e le prescrizioni contenute in questi documenti condizionano, perciò, pesantemente i parametri da adottare per la progettazione dei nuovi impianti di illuminazione, pertanto il passaggio ad un progetto unitario che si correla con i vari Piani diventa la logica conseguenza.

Il PRIC è quindi stato sviluppato andando oltre i limiti imposti da uno strumento esclusivamente tecnico-disciplinare che fissa solo i principi tecnologici ed illuminotecnici (progetto illuminotecnico), ma, confrontandosi ed integrandosi con i Piani citati in precedenza, diventa anche un programma architettonico - urbanistico, oltre che illuminotecnico.

Essenzialmente il PRIC si suddivide in due sezioni: la prima contiene l'analisi dello stato di fatto degli impianti, la seconda illustra che cosa è necessario fare per modificare lo stato attuale in modo coordinato ed ottenere uno scenario finale leggibile e coerente, oltre alle norme tecniche di riferimento per le progettazioni successive sia a cura dell'Amministrazione Comunale che dei privati.

Nella prima parte viene effettuata un'attenta analisi della situazione degli impianti, riportando su planimetrie in scala 1: 10.000 i dati inerenti:

- punti di alimentazione degli impianti: quadri comando e controllo;
- vetustà degli impianti;
- tipologia delle lampade e colore della luce;
- tipologia dei supporti: bracci, pali, tesate;
- classificazione delle strade secondo il Piano Urbano del Traffico;

Dopo un'approfondita analisi degli elementi raccolti si è proceduto ad un esame sistematico delle soluzioni da adottare, considerando la Città non più come un agglomerato costituito da un centro storico (inteso come polo culturale della città) e dalle sue propaggini periferiche, privilegiando una zona rispetto alle altre, ma, al contrario, come un insieme di centralità diffuse, ognuna con le proprie caratteristiche ambientali, storiche, urbanistiche e commerciali.

Il Piano è conforme alle leggi nazionali ed alla normativa nazionale ed internazionale. In particolare, le strade, le vie e le piazze cittadine sono state classificate secondo percorsi per i quali i requisiti illuminotecnici rispettano quanto previsto dal Codice della strada, dalle norme italiane UNI ed europee CEN, nonché dalle pubblicazioni internazionali della CIE. Per quanto riguarda le strade a traffico misto (ciclisti, pedoni, aree verdi, ecc.) il PRIC fa riferimento a quanto previsto dalle norme UNI 10439 e 13201-2,3,4.

Il livello di illuminazione di una strada è condizionato da numerosi fattori, derivanti dal tipo di traffico (motorizzato, pedonale, misto) e dall'ambiente circostante (presenza di edifici illuminati, negozi, scuole, stazione di mezzi pubblici, ecc.). Ne vengono così condizionati sia i livelli di illuminazione, sia i parametri di valutazione (luminanza, illuminamenti, abbagliamento, uniformità, ecc.).

La classificazione adottata dal Piano assegna ad ogni categoria di percorso livelli minimi di luminanza e/o illuminamento, di uniformità e di abbagliamento basati su criteri oggettivi, quali la sicurezza degli individui, l'intensità del traffico motorizzato, la presenza di ciclisti e/o pedoni, la tipologia del percorso, la presenza di edifici illuminati e di aree commerciali, l'esistenza di zone verdi. I livelli di illuminazione risultanti sono compatibili con gli impianti di illuminazione realizzati recentemente ed indicano prescrizioni progettuali per gli impianti che dovranno essere realizzati in futuro. La tabella 3 riporta complessivamente la classificazione proposta. Si noti che quando il requisito primario è la luminanza minima del piano stradale, sono stati indicati anche i valori minimi di illuminamento, allo scopo di agevolare le misurazioni in fase di collaudo.

Ai criteri illuminotecnici è doveroso affiancare l'esigenza del contenimento del consumo energetico, ma questo requisito, in un contesto cittadino, deve essere applicato con una certa cautela. Non avrebbe infatti alcuna giustificazione un risparmio che mettesse a rischio la sicurezza, sia del traffico, sia dei pedoni.

Tabella 2 Classificazione illuminotecnica delle strade e dei percorsi

| N | Tipo di percorso | Norma | | Luminanza (cd / m^2) | Illuminamento (lux) | Uniformità | | Abbagliamento G (⁴) |
|----|--------------------|-------|-----|-----------------------------|--|------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| | | UNI | CEN | | | U_o (¹) | U (²) | |
| 1 | Scorrimento veloce | D1 | ME1 | 2 | 35 (³) | 0,4 | 0,7 | G3 (⁴) |
| 2 | Scorrimento | D2 | ME2 | 1,5 | 20 (³) | 0,4 | 0,5 | G3 (⁴) |
| 3 | Interquartiere | E1 | CE2 | 1,5 | 20 | 0,4 | | |
| 4 | Quartiere | E2 | CE3 | 1,0 | 15 | 0,4 | | |
| 5 | Locale | F | CE4 | 0,7 | 10 | 0,4 | | |
| 6 | Portici | | CE3 | | 15 | 0,4 | | |
| 7 | Collinare | | CE4 | | 10 | | | |
| 8 | Piste ciclabili | | S3 | | 7,5 (⁵) - 3 V(⁶) | | | |
| 9 | Pedonale | | S3 | | 7,5 (⁵) - 3 V(⁶) | | | G3 (⁴) |
| 10 | Aree verdi | | EV4 | | 7,5 (⁵) - 3 V(⁶) | | | G3 (⁴) |
| 11 | Aree parcheggio | | EV5 | | 5 (⁵) - 2 V(⁶) | | | |
| 12 | Marciapiedi | | | | (⁷) | 0,2 | | |
| 13 | Sottopassi | | | | (⁸) | | | |

(1) Uniformità globale U_o - rapporto tra illuminamento/luminanza minima e media su un tratto stradale significativo

(2) Uniformità longitudinale U_l - rapporto tra illuminamento/luminanza minima e massima lungo la mezzzeria di ciascuna corsia

(3) Valore di riferimento per il collaudo che viene effettuato in base al valore degli illuminamenti

(4) Indice di abbagliamento - G3 corrisponde a valori massimi dell'intensità luminosa rispettivamente di 100 cd/klm a 80° e 20 cd/klm a 90° (vedere anche il par. 8.1)

(5) Valore minimo

(6) Illuminamento verticale minimo a 1,5 m di altezza

(7) I valori medi di illuminamento/luminanza dei marciapiede non deve essere inferiore al 30% del valore medio di illuminamento/luminanza della strada

(8) Vedere pubblicazione CIE 88

Il colore della luce

Particolare attenzione è rivolta al colore della luce anche se occorre sottolineare come lo sfruttamento delle potenzialità scenografiche della luce, soprattutto con cromie differenti, sia un mezzo espressivo da usarsi con discrezione. Nel progetto la luce verrà infatti intesa come strumento per orientare, distinguere, valorizzare o mettere in secondo piano e non, salvo applicazioni specifiche.

Il PRIC contiene indicazioni sul colore della luce, bianco o giallo, derivanti dall'opportunità di fornire una guida utile per il traffico motorizzato. La scelta che si va delineando fa propria la consuetudine di privilegiare il giallo, anche in

funzione del risparmio energetico che si può realizzare con le lampade al sodio ad alta pressione e nel futuro con quelle a LED.

Tra i vincoli illuminotecnici indicati dal Piano, deve essere citata la limitazione della luce emessa verso l'alto: anche se Castel Baronia non ricade in una zona di protezione astronomica in base alle norme UNI 10819, ciò nonostante il Piano prevede un contenimento del cosiddetto inquinamento luminoso, in quanto imposto dalla L.R. n. 12 del 25.07.2002.

Appendice Tecnica di riferimento

LAMPADE PER ESTERNI

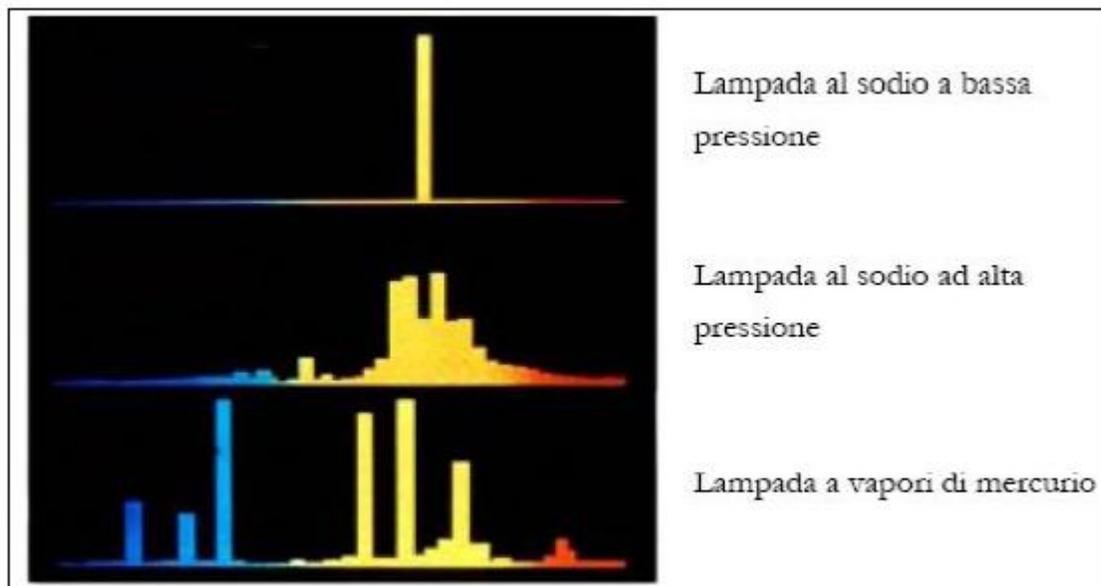
Il grado d'inquinamento prodotto dai punti luce dipende dalla distribuzione spettrale della radiazione ottica emessa dalla lampada. L'opportuna scelta della lampada, in funzione del suo utilizzo e con la più alta efficienza possibile in relazione allo stato della tecnologia, è quindi il primo passo per limitare il disturbo alle osservazioni astronomiche e agli ecosistemi.

Considerazioni generali sulle lampade a scarica di gas

Queste lampade basano il loro funzionamento sul fenomeno fisico della scarica dei gas e sono ai vapori di:

- mercurio con luce bianca;
- alogenuri metallici con luce bianca solare;
- sodio ad alta pressione con buona efficienza luminosa e buona resa cromatica;
- sodio a bassa pressione con ottima efficienza luminosa.

Le lampade funzionanti ad alta pressione emettono pacchetti di spettro continuo, invece le lampade a bassa pressione emettono righe monocromatiche :



Questo tipo di lampade sono costituite, di norma, da:

- un attacco;
- un tubo di scarica;
- un'ampolla o tubo di vetro chiaro che contiene il gas;
- due elettrodi fra i quali si innesca la scarica di tipo Townsend del gas.

L'innesco per la scarica si verifica solo quando la tensione applicata è pari alla tensione di scarica in modo da perforare il dielettrico fra il catodo e l'anodo. Nella colonna di

gas interessata dalla scarica, alcuni elettroni danno luogo a una valanga e almeno un elettrone di ogni valanga a sua volta ne provoca un'altra; gli elettroni eccitati quando ricadono al livello energetico inferiore danno luogo all'emissione di fotoni. A evitare che la corrente assorbita assuma valori elevati e pericolosi, si introduce nel circuito elettrico un reattore che limita tale corrente.

Lampade ai vapori di mercurio

Questo tipo di lampade sono costituite da un'ampolla in vetro esterna e da un tubo di quarzo interno contenente i vapori di mercurio ad alta pressione (VM) che, eccitati dalla scarica, emettono delle onde ultraviolette. L'ampolla esterna è ricoperta internamente di polvere fluorescente, in genere vanadato o alluminato d'itrio, che trasduce la radiazione ultravioletta in radiazione visibile: la luce bianca emessa copre tutta la luce visibile con punte dal violetto all'arancione. Questo spettro, pur non essendo continuo, fa diminuire molto la visione del cielo stellato. Inoltre la legislazione in materia di gestione integrata dei rifiuti considera queste lampade rifiuti speciali in quanto contenenti mercurio. In definitiva sono da evitare per tre motivi:

- emissione su tutto lo spettro;
- scarsa efficienza luminosa;
- smaltimento ad alti costi e difficoltoso.

Queste lampade sono presenti soprattutto nelle strade cittadine ma la tendenza attuale prevede la loro sostituzione con le lampade al sodio ad alta pressione. Le lampade ai vapori di mercurio possono funzionare anche con potenza ridotta del 50% purché l'accensione avvenga alla piena potenza. Il pieno flusso luminoso viene raggiunto dopo circa cinque minuti dall'accensione e nel caso di spegnimento si riaccendono dopo pochi minuti, in quanto a caldo la tensione di innesco è superiore alla tensione nominale. La durata di vita è di circa 10.000 ore e non risente delle piccole variazioni di tensione ($\pm 5\%$). La caduta di flusso luminoso alla fine della vita è del 25%.

Lampade ai vapori di alogenuri metallici

L'aggiunta di alogenuri metallici (sodio, indio, tallio, cesio, disprosio, olmio, tulio) nel tubo di quarzo interno del precedente tipo di lampade, ne aumenta l'efficienza e ne migliora la resa dei colori perché queste molecole, alle alte temperature, si scompongono e gli ioni metallici emettono radiazioni nelle zone ove il vapore di mercurio non presenta righe di emissione. Ne risulta una luce bianca con lo spettro d'emissione continuo, che contamina notevolmente la visione del cielo stellato e non è interamente filtrata dai filtri nebularisati applicati ai telescopi. La loro scarsa efficienza luminosa rispetto agli altri tipi di lampade ne limita l'uso dove c'è la necessità di avere una luce perfettamente bianca, come a esempio per illuminare gli impianti sportivi, in quanto per seguire i movimenti rapidi e/o la palla occorre l'intero spettro. In questo caso la loro sostituzione con altri tipi di lampade è problematica e per limitarne l'inquinamento luminoso occorre:

- ridurre la potenza;
- utilizzare le ottiche asimmetriche;
- porre attenzione all'inclinazione dei fari.

Il pieno flusso luminoso viene raggiunto dopo circa quattro minuti dall'accensione e con speciali accenditori o alimentatori possono riaccendersi subito. Presentano un fattore di potenza simile alle lampade ai vapori di mercurio. Una caratteristica di queste lampade è l'emissione di radiazione ultravioletta e quindi possono funzionare solo in apparecchi ermeticamente chiusi con parabole in vetro resistente all'alta temperatura e infrangibile. Anche queste lampade, che possono raggiungere le 5.000-6.000 ore di

vita (la durata di vita si abbrevia del 30/40% per aumenti di tensione medi del 5%), sono classificate come rifiuti speciali. La caduta di flusso luminoso a fine vita è del 40%.

Lampade ai vapori di sodio a bassa pressione

Nelle lampade al sodio a bassa pressione (SBP) la scarica si innesca inizialmente in ambiente di gas neon. Quando la temperatura raggiunge i 200°C, il sodio, contenuto nella loro ampolla tubolare, evapora e inizia a ionizzarsi ed emette la caratteristica luce gialla sulla lunghezza d'onda del doppietto del sodio (589-589,6 nm) che disturba poco le osservazioni astronomiche in quanto è bloccata dai filtri nebulari. Questa emissione disturba poco anche l'osservazione astronomica visuale perché l'occhio in condizioni di bassissima luminosità ambientale, quando la visione avviene tramite i bastoncelli, cambia la sua curva di sensibilità spettrale e il doppietto del sodio viene a trovarsi non più al centro ma ai margini di tale curva. La pressione interna è di qualche Pascal. Sono le lampade migliori per efficienza luminosa con gli oneri d'esercizio più bassi ma, data la loro emissione monocromatica che non consente la percezione dei colori, sono utilizzate per zone industriali, depositi, svincoli autostradali, distributori di benzina fuori città. Per le caratteristiche della loro emissione sono altresì utilizzate in zone di nebbia. Il pieno flusso luminoso viene raggiunto dopo circa 15 minuti dall'accensione e si riaccende subito in caso di spegnimento fortuito. Possono raggiungere le 12.000 ore di vita (la durata di vita non si abbrevia per aumenti o diminuzioni di tensione medi del 5%). La caduta di flusso luminoso alla fine della vita è del 40%.

Lampade ai vapori di sodio ad alta pressione

Le lampade ai vapori di sodio ad alta pressione (SAP) hanno una pressione maggiore dei vapori rispetto a quelle SBP e una temperatura d'esercizio di circa 700°C: la luce emessa ha una distribuzione pressoché continua che permette di distinguere i colori. Questo è dovuto al fenomeno dell'autoassorbimento per cui il vapore di sodio più freddo, che si trova lontano dalla zona ove avviene la scarica, assorbe parte delle radiazioni emesse dal vapore in prossimità della scarica e riemette l'energia assorbita in parte come calore e in parte come una moltitudine di righe di emissione che riempie lo spettro visibile. In corrispondenza del doppietto di emissione del sodio appare quindi un doppietto in assorbimento (autoinversione). In genere emettono fra 550 e 750 nm ma con intensità decrescente con la lunghezza d'onda dal giallo al rosso e i filtri nebulari permettono di filtrare la loro radiazione. Quindi costituiscono un buon equilibrio tra potere inquinante e possibilità di distinguere i colori nei casi in cui tale caratteristica sia effettivamente necessaria. La pressione dei vapori determina la quantità di autoassorbimento e quindi la tonalità della luce che parte dal giallo-oro dei modelli standard, con pressioni del sodio di 10 kPa ed elevata efficienza (anche 130 lm/W), e diventa sempre più bianca al crescere della pressione attraverso i modelli plus, super, comfort e de luxe. Questi ultimi hanno pressioni dell'ordine di 40 kPa ma efficienze inferiori (fino a 95 lm/W). I modelli white hanno, infine, una luce biancodorata, ottenuta con una pressione di 95 kPa, ma un'efficienza assai scarsa (circa 50 lm/W). L'aggiunta di impurezze nel sodio permette di ottenere una luce più bianca, in quanto appaiono altre righe, ma aumenta notevolmente il loro potere inquinante. Il pieno flusso luminoso viene raggiunto dopo circa 10 minuti dall'accensione e può essere ridotto del 55% rispetto al nominale. Nel caso di spegnimento si riaccendono dopo pochi minuti in quanto a caldo la tensione di innesco è superiore alla tensione nominale; con speciali accenditori possono riaccendersi all'istante. Possono raggiungere le 14.000 ore

di vita (la durata di vita non si abbrevia per aumenti o diminuzioni di tensione medi del 5%). La caduta di flusso luminoso alla fine della vita è del 10%.

Campi di applicazione e aspetti tecnici

Ultimata la rassegna delle lampade si può affermare che, in linea di massima, sono da escludere da qualsiasi applicazione le lampade ai vapori di mercurio.

In merito ai campi di applicazione indicati in tabella 2 si possono fare le seguenti considerazioni:

l'utilizzo delle lampade ai vapori di alogenuri metallici deve essere limitato agli impianti sportivi, dove sono necessarie per permettere agli spettatori di seguire i movimenti rapidi;

l'uso delle lampade SAP va bene ma, ove possibile, è meglio servirsi di quelle SBP;

le lampade SBP hanno il massimo utilizzo nelle zone industriali e nei depositi; il loro impiego dovrebbe essere esteso in maniera massiccia alle strade extraurbane e autostrade e laddove possibile;

è ammissibile e deve essere promossa anche una illuminazione promiscua di lampade SBP e SAP: in questo caso le lampade SBP fornirebbero l'intensità luminosa di base mentre le lampade SAP darebbero la tonalità di colore necessaria per visualizzare i movimenti.

Fig1

Tabella 1: i campi di applicazione consigliati per le lampade agli alogenuri metallici, SAP, SBP
(la "X" in grassetto sotto la colonna delle lampade SAP è relativa ai soli fari od alle torri faro)

| | alogenuri metallici | SAP | SBP |
|--|------------------------|----------|-----|
| STRADE CITTADINE | | X | |
| STRADE VELOCI | | X | |
| VIALI PEDONALI | | X | |
| PIAZZE | | X | |
| INCROCI STRADALI | | X | |
| PARCHI, GIARDINI | | X | |
| CENTRI STORICI | | X | |
| ZONE ARCHEOLOGICHE | | X | X |
| CHIESE, TEMPLI, MONUMENTI ANTICHI | | X | |
| CIMITERI | | X | X |
| MONUMENTI ED EDIFICI ARTISTICI MODERNI | | X | |
| INSEGNE A GIORNO | | X | |
| PARCHI GIOCHI | | X | X |
| IMPIANTI SPORTIVI | X | X | |
| STADI, CINODROMI, IPPODROMI | X | | |
| DEPOSITI | | | X |
| SCALI FERROVIARI, PORTUALI, FLUVIALI | | X | X |
| ZONE INDUSTRIALI | | X | X |
| STAZIONI FERROVIARIE, PORTI, AEROPORTI | | X | X |
| RACCORDI AUTOSTRADALI | | | X |
| CASERME, CAMPI MILITARI/ADDESTRAMENTO | | X | X |
| PIAZZALI AUTOSTRADE | | | X |
| PARCHEGGI | | X | X |
| INDUSTRIE | | X | X |
| STAZIONI ELETTRICHE | | X | X |
| STAZIONI DI RIFORNIMENTO CARBURANTE | | X | X |
| ZONE LAGUNARI E FLUVIALI | | X | X |
| GALLERIE | | | X |
| BINARI DI ENTRATA STAZIONI FERROVIARIE | | X | X |

(fonte: Commissione Nazionale Inquinamento Luminoso dell'Unione Astrofili Italiani)

TABELLA 2 – costi a (circa) parità di luce prodotta

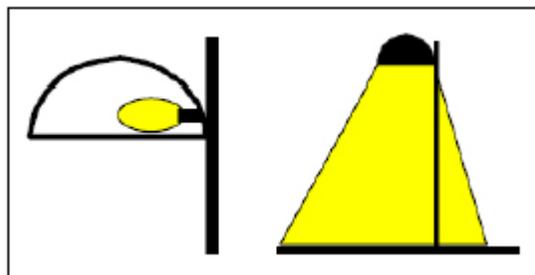
| Lampada | Potenza (Watt) | Luce prodotta (lumen) | Costo annuo |
|-----------------------|----------------|-----------------------|--------------------|
| Vapori di Mercurio | 250 W | 12700 lm | 200,00 € (100%) |
| Sodio alta pressione | 150 W | 14500 lm | 120,00 € (60%) |
| Sodio bassa pressione | 90 W | 18000 lm | 72,00 € (36%) |

ARMATURE

Il secondo passo per realizzare un impianto antinquinamento luminoso è quello di inserire la lampada in un'armatura completamente schermata, per impedire alla radiazione ottica di disperdersi al di fuori delle aree cui essa è funzionalmente dedicata e, in particolare, oltre il piano dell'orizzonte. La residua forma di inquinamento luminoso determinata dalla riflessione verso la verticale della luce incidente sulle pavimentazioni, è meno dannosa per le osservazioni astronomiche e per gli ecosistemi perché il flusso luminoso riflesso ammonta a circa il 10% del flusso incidente. Per evitare inutili dispersioni di luce è opportuno utilizzare corpi totalmente schermati o full-cut-off (figura 2).

Figura 2: esempio di apparecchio totalmente schermato o fullcut-off.

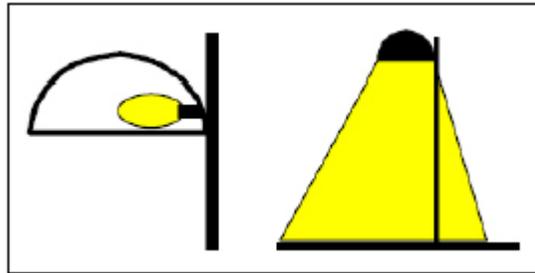
La lampada è nascosta all'interno dell'armatura, a sua volta disposta parallelamente al terreno (posa in opera orizzontale). Il cono di luce è indirizzato completamente verso terra, senza inutili dispersioni e con maggior comfort visivo



Si noti, in particolare, come la lampada sia completamente incassata in una armatura montata orizzontalmente: questo è il concetto base sul quale sviluppare ogni ulteriore ragionamento. L'armatura è costituita da un guscio di protezione, dal supporto della lampada e dal sistema ottico formato, in generale, da un vetro di protezione esterno, per il momento supposto trasparente, e da un riflettore interno, che rinvia verso terra la radiazione diretta

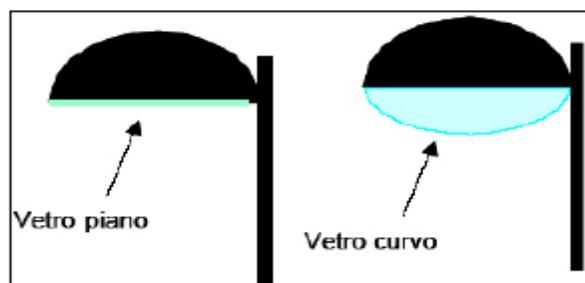
verso l'alto (figura 3); al sistema ottico è affidato il compito di configurare il cono di luce per indirizzarlo nel modo più preciso possibile verso l'area da illuminare.

Figura 3: un corpo illuminante è composto da un guscio di protezione, da lampada e relativo supporto, e dal sistema ottico formato da riflettore interno e vetro di protezione



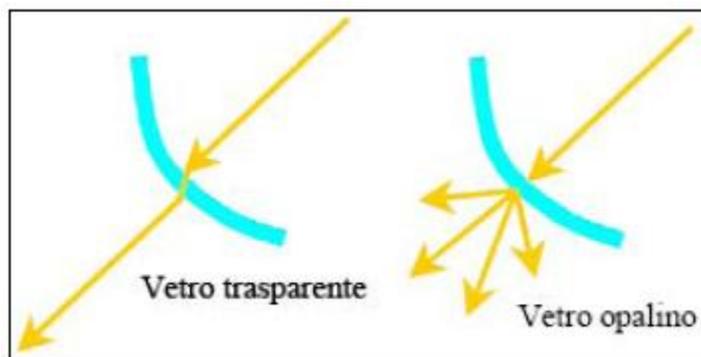
Gli apparecchi full-cut-off possono essere con vetro di protezione piano orizzontale o con vetro di protezione curvo completamente incassato nell'armatura: quindi, full-cutoff e vetro di protezione piano orizzontale non sono sinonimi. Il vetro di protezione curvo, a causa dei fenomeni di rifrazione e riflessione, permette, a parità di altre condizioni, di ottenere un cono di luce di maggior apertura, ma se sporge dall'armatura fa sì che una parte di flusso luminoso si indirizzi al di sopra dell'orizzonte. La scelta di un vetro di protezione curvo, come quello a destra nella figura 4, sembrerebbe a prima vista preferibile per la maggior superficie illuminata, ma più il vetro è curvo e maggiore è la luce dispersa al di sopra e poco sotto l'orizzonte.

Figura 4: esempi di vetro piano e vetro curvo; in questo caso il vetro curvo, sporgendo dall'armatura, disperde luce al di sopra dell'orizzonte



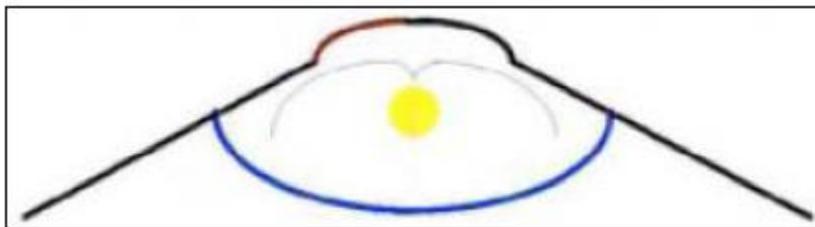
Il vetro di protezione curvo deve essere trasparente perché, se sporge dall'armatura, irradia sopra l'orizzonte una quantità di luce nettamente inferiore rispetto al vetro opalino: quest'ultimo diffonde "a ventaglio" verso l'esterno ogni raggio luminoso incidente (figura 5).

Figura 5: differenza di comportamento di un raggio luminoso in presenza di vetro trasparente e di vetro opalino. Se il vetro curvo sporge dall'armatura, il vetro opalino disperde più luce al di sopra della linea dell'orizzonte rispetto a quello trasparente



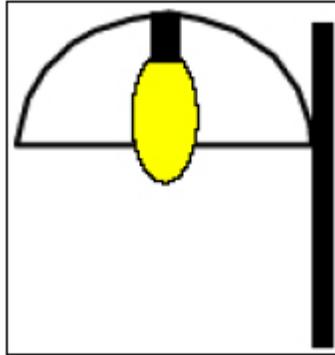
Viceversa il vetro di protezione piano orizzontale non produce inquinamento luminoso e limita fortemente l'abbagliamento, ma il cono di luce è di minor apertura perché all'aumentare dell'angolo di incidenza diminuisce la quantità di luce che riesce ad attraversare il vetro; a ogni riflessione una parte di flusso luminoso rinviato indietro verso il riflettore viene assorbito dall'armatura, a scapito del rendimento globale del corpo illuminante. Il vetro di protezione curvo dello schema di figura 6 non ha né dispersioni né gli svantaggi del vetro piano.

Figura 6: apparecchio full-cut-off a vetro curvo. La copertura dell'apparecchio intercetta le dispersioni luminose verso l'orizzonte



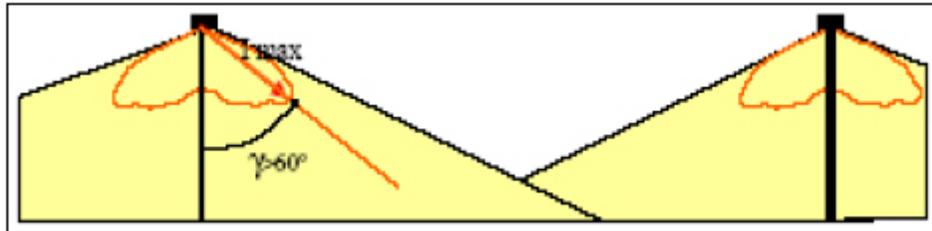
La figura 7 mostra una schermatura non efficace perché la lampada rimane visibile, sia pure parzialmente, abbagliando e disperdendo la luce lungo la direzione che permette all'inquinamento luminoso di propagarsi molto lontano dalla sorgente.

Figura 7: esempio di schermatura non efficace: parte della lampada rimane visibile generando abbagliamento oltre a disperdere luce verso l'orizzonte



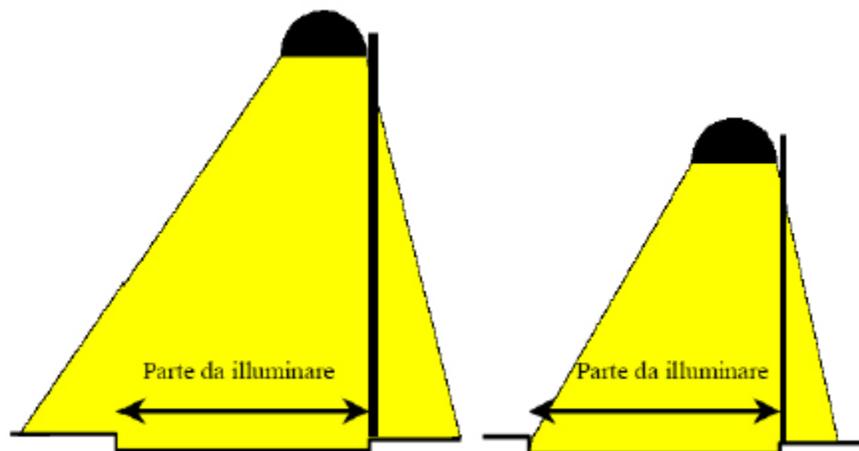
Una critica rivolta ai corpi illuminanti full-cut-off, che producono un cono di luce più stretto, è quella di costringere il progettista ad aumentare il numero dei pali rispetto a quello necessario con altri tipi di apparecchi. Questo può essere vero se si confrontano apparecchi classificati secondo la Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E.) come cut-off e semi-cut-off ma non nel caso dei full-cut-off europei, cioè con nessuna limitazione all'intensità luminosa ammessa al di sotto della linea dell'orizzonte, a differenza dei cut-off secondo la definizione C.I.E., e nessuna dispersione al di sopra di essa. Se non ci sono limitazioni alle intensità ammesse al di sotto della linea dell'orizzonte è possibile produrre, grazie ad appropriate forme del riflettore interno, apparecchi full-cut-off che permettano interdistanze tra palo e palo superiori a quelle possibili con i semi-cut-off. Le obiezioni tipiche ai full-cut-off, compresi quelli a vetro piano con i quali sono ormai possibili interassi di quasi quattro volte l'altezza del palo, sono perciò superate purché si presti attenzione alla scelta dei corpi illuminanti. Tra l'altro la diminuzione dell'abbagliamento agli utenti della strada permessa dai fullcut-off fa diventare meno importanti, per una visione ottimale, i requisiti di uniformità della luminanza del manto stradale. La figura 8 ne è un esempio: in questo caso sono utilizzati apparecchi full-cut-off la cui intensità massima corrisponde a un angolo γ (angolo tra la verticale e la direzione considerata) molto elevato. La soluzione è molto vantaggiosa perché sotto il palo arriva meno luce, che si distribuisce però su un'area più piccola, mentre lontano dal palo arriva una quantità maggiore di luce che si distribuisce su un'area più grande; le due cose si compensano dando luogo quindi a un'illuminazione più uniforme.

Figura 8: osservando le curve fotometriche lungo un piano parallelo all'asse stradale si ricava l'interasse tra i pali. Per intensità massime con angoli γ elevati si ottengono interassi ottimali anche con apparecchi full-cut-off



Un aspetto tipico della progettazione è quello di bilanciare opposte esigenze. Nella figura 9 si osservano due differenti realizzazioni di un impianto: a destra, con un palo più alto, si ottengono interassi maggiori ma molta luce può cadere al di fuori dell'area da illuminare; a sinistra, con un palo più basso, gli interassi sono minori ma la luce è meglio utilizzata. Inoltre, con un palo più alto, probabilmente, bisognerà impiegare lampade di potenza maggiore rispetto al caso di un palo più basso.

Figura 9: esigenze contrastanti: a destra, con un palo più alto, si ottengono interassi maggiori ma molta luce cade al di fuori dell'area da illuminare; a sinistra, con un palo più basso, gli interassi sono minori ma la luce è meglio utilizzata



A priori è difficile stabilire se è meglio utilizzare pali alti e interassi elevati (minor numero di punti luce ma lampade di potenza più alta e maggior spreco di luce) o pali bassi e interassi accorciati (lampade di potenza più bassa, migliore utilizzo della luce ma maggior numero di punti luce). Una possibile soluzione potrebbe essere quella di considerare ottimale l'impianto che consente di impegnare la minore potenza

complessiva, ovvero la somma della potenza assorbita da ciascun punto luce. Purtroppo, si trovano molti impianti, anche recenti con corpi non schermati il cui interasse è comunque inferiore a quattro volte l'altezza del palo; quindi non è obiezione valida il sostenere che con i full-cut-off bisogna aumentare i punti luce, se poi si utilizzano comunque interassi ridotti a prescindere dalla tipologia degli apparecchi utilizzati. Inoltre, è prassi consolidata installare lampioni stradali inclinati anche su strade strette senza nessun valido motivo tecnico.