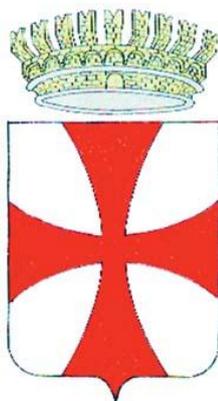


PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



**Comune di Cavalese**

Via San Sebastiano, 7  
38033 Cavalese

**PIANO REGOLATORE DELL'ILLUMINAZIONE  
PUBBLICA COMUNALE (P.R.I.C.)**

**Agosto 2012**

**Autori**

arch. Luigi Boso  
ing. Matteo Poletti  
ing. Maurizio Fauri

**Consulenza**

Polo Tecnologico per l'Energia s.r.l.  
Ing. Matteo Manica  
Ing. Dino Vaia

**Collaboratori**

Michel Gaier  
Mattia Zagonel  
Arch. Michele Facchin

## INDICE

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA</b>                                     | <b>3</b>   |
| 1.1      | Introduzione  | 3          |
| <b>2</b> | <b>INQUADRAMENTO</b>                                | <b>5</b>   |
| 2.1      | Interventi sulla rete                               | 6          |
| 2.2      | Viabilità   | 10         |
| 2.3      | Demografia  | 11         |
| 2.4      | Inquinamento luminoso                               | 11         |
| 2.5      | Osservatori astronomici                             | 12         |
| 2.6      | Aree omogenee                                       | 13         |
| <b>3</b> | <b>DEFINIZIONE DELLO STATO DI FATTO</b>             | <b>18</b>  |
| 3.1      | Metodologia di lavoro                               | 18         |
| 3.2      | Parco lampade                                       | 19         |
| 3.3      | Tipologie di applicazione                           | 23         |
| 3.4      | Corpi illuminanti                                   | 24         |
| 3.5      | Utenze riconducibili ad altri enti o private        | 30         |
| 3.6      | Linee elettriche e quadri                           | 31         |
| 3.7      | Quadri elettrici impianto di illuminazione          | 35         |
| <b>4</b> | <b>SPECIFICHE MINIME DEGLI IMPIANTI</b>             | <b>58</b>  |
| 4.1      | Caratteristiche degli impianti                      | 58         |
| 4.2      | Linee guida progettuali                             | 68         |
| 4.3      | Manutenzione degli impianti                         | 72         |
| <b>5</b> | <b>VERIFICA DELLO STATO DI FATTO</b>                | <b>87</b>  |
| 5.1      | Classificazione delle strade                        | 89         |
| 5.2      | Categorie illuminotecniche delle strade             | 92         |
| 5.3      | Classificazione corpi illuminanti                   | 95         |
| 5.4      | Analisi dei tipologici                              | 101        |
| <b>6</b> | <b>PIANO DI INTERVENTO</b>                          | <b>108</b> |
| 6.1      | Linee guida per l'attuazione del piano d'intervento | 108        |
| 6.2      | Priorità di intervento                              | 113        |
| 6.3      | Tipologie di intervento                             | 115        |
| 6.4      | Valutazioni economiche                              | 117        |
| <b>7</b> | <b>CONCLUSIONI</b>                                  | <b>135</b> |

## **1                   PREMESSA**

### **1.1           Introduzione**

In generale, il settore dell'illuminazione pubblica presenta caratteristiche tali da consentire la realizzazione di interventi di efficienza energetica, finalizzati alla riduzione dei consumi e dei costi energetici, al contenimento dell'inquinamento luminoso attraverso la limitazione del flusso disperso e al miglioramento del comfort e della sicurezza dei cittadini.

La presente relazione illustra la metodologia di lavoro seguita nelle diverse fasi di svolgimento del Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale (PRIC) di Cavalese, nonché i principali risultati conseguiti.

Il PRIC di Cavalese è stato realizzato in accordo alle prescrizioni del "*Piano Provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso*" e del "*Regolamento di attuazione della Legge Provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 (Risparmio energetico e inquinamento luminoso)*".

Il lavoro è finalizzato a fornire all'Amministrazione le indicazioni per riqualificare gli impianti di illuminazione pubblica e perseguire il risparmio energetico, mantenendo e/o migliorando le condizioni illuminotecniche in termini di quantità di luce e di comfort degli utenti della strada. In particolare il lavoro intende:

- a) mettere a disposizione dell'Amministrazione uno strumento aggiornabile di pianificazione e di programmazione ambientale ed energetica, nel quale siano evidenziati gli interventi pubblici per risanare il territorio;

- b) rispettare le norme per il conseguimento della sicurezza del traffico veicolare e pedonale (parametri illuminotecnici);
- c) conseguire il risparmio energetico migliorando l'efficienza globale degli impianti;
- d) contenere l'inquinamento luminoso e i fenomeni di abbagliamento;
- e) ottimizzare i costi di esercizio e di manutenzione degli impianti;
- f) migliorare la qualità della vita sociale e la fruibilità degli spazi urbani, adeguando l'illuminazione alle esigenze architettoniche e ambientali.

## **2 INQUADRAMENTO**

Cavalese è un comune di circa 4000 abitanti della provincia autonoma di Trento che si trova all'interno del territorio della comunità della Val di Fiemme. Il Comune confina con i comuni di Tesero, Pieve Tesino, Varena, Carano, Daiano e Castello-Molina di Fiemme. Il territorio si estende per 45,35 chilometri quadrati con una densità di 88,5 abitanti per chilometro quadrato. Il clima è di tipologia alpina e subalpina, con inverni freddi e secchi ed estati moderatamente calde con frequenti brezze. Il centro del paese (1000 m s.l.m.) si estende su un terrazzo alluvionale nel punto più ampio della Val di Fiemme. I punti luce analizzati nel presente documento sono quelli di Cavalese e delle cinque frazioni di Cavazzal, Marco, Masi di Cavalese, Pian di Milon e Salanzada, determinando una distribuzione definita dalle direttrici delle S.S. 48 e S.P. 232.



Figura 1 – Inquadramento da Google Earth

## 2.1 **Interventi sulla rete**

L'illuminazione pubblica fino ad oggi è stata oggetto di diversi interventi di rifacimento ed ampliamento. Grazie ai dati forniti dal Responsabile dell'ufficio tecnico - Distribuzione Energia Elettrica, Per. Ind. Angelo Barbolini, si riporta una breve cronologia degli interventi più significativi:

### **I° lotto di Illuminazione Pubblica**

**1986** - I° lotto di Illuminazione Pubblica con il "Nuovo impianto di illuminazione pubblica di Cavalese – Masi e Cavazzal". Progetto di S.I.A. Studio Ingegneri associati ing. Detassis – ing- P. Mazzalai – ing. Odorizzi – Trento. L'importo complessivo di progetto fu pari a Lire 1.003.662.579 di cui Lire 444.854.720 per lavori e Lire 558.807.859 per somme a disposizione. Gli appaltatori: procedura negoziata Calzà di Arco di Trento e altre ditte.

### **II° lotto di Illuminazione Pubblica**

Ampliamento e completamento impianto di illuminazione pubblica rete BT e MT nell'abitato di Cavalese e frazioni; vie e località: Avisio – Brunetta – Cesure – piazza Stazione – pass. Lagorai – Marco – Cavazzal – Gastaldo – Paradisi – Montebello – Doss di Mezzodì – Zandonai – Corva – Pizzegoda – Moncati – Pizzoni – Rocca – Rodella. Progetto dell'ing. Paolo Palmieri – Trento – anno 1991. L'importo complessivo di progetto fu pari a Lire 1.298.000.000 di cui Lire 708.340.000 per lavori e Lire 589.660.000 per somme a disposizione. L'appaltatore: procedura negoziata ditta Gazzi Ugo Feltre (BL); ribasso 24,77%, importo contratto lire 532.884.182;,, consegna la-

avori: 20/12/1993; fine lavori **18/12/1996** contabilità lavori: Lire 602.933.970.

### **III° lotto di Illuminazione Pubblica**

Completamento e ampliamento impianti di illuminazione pubblica nel comune di Cavalese, Via Chelò – loc. Marco – via Brenzel – via Molini – passeggiata Narena – via Valmoena – via Cascata – tornanti del Fancion – via Dolomiti – via Cavazzal. Progetto: ing. Paolo Palmieri – Trento – anno 1999; importo complessivo di progetto: Lire 550.500.0000 di cui Lire 309.411.450 per lavori e Lire 241.088.550 per somme a disposizione; appaltatore: procedura negoziata ditta Facco San Giorgio in Bosco (PD); ribasso 24,17%; importo contratto lire 234.626.703; consegna lavori: 14/01/2000; fine lavori **26/10/2011**; contabilità lavori: Lire 266.766.137.

#### **Completamenti successivi:**

##### **in appalto:**

**anno 2001:** illuminazione campo sportivo Dossi, con progetto del Per. Ind. Angelo Barbolini del Servizio Tecnico dell’Azienda Elettrica del Comune di Cavalese. Appalto: ditta Gazzi Ugo Santa Giustina (BL).

**anno 2003:** campo sportivo Masi di Cavalese, con progetto del Per. Ind. Angelo Barbolini del Servizio Tecnico dell’Azienda Elettrica del Comune di Cavalese.

**anno 2004:** campo calcio Oratorio, con progetto dell’arch. Degiampietro Pietro – appalto lavori: ditta Dellafior Corrado.

**anno 2006:** è stato approvato il linea tecnica il progetto esecutivo per i lavori di “Completamento impianto di illuminazione pubblica nel Comune di Cavalese”, a firma del per. ind. elettrotecnico Enrico

Isma - Cavalese, nell'importo di € 333.418,40, di cui € 252.648,78 per lavori inclusivi degli oneri fissi per la sicurezza ed € 80.769,62 per somme a disposizione. Piazza Dante – piazza Scopoli – piazza verdi – via Segantini – via Betulle – via Daiano – via Renaldo – via Delugan – via Dellafior – via Costa delle Rodole – via Chiesa (piazza) – Maso Micielete – maso Bosin – Maso Pardazzani – loc. Milon; Appaltatore: procedura negoziata Gonzo Denis.

**In amministrazione diretta con personale proprio** – progetti e perizie del Per. Ind. Angelo Barbolini del Servizio Tecnico dell'Azienda Elettrica del Comune di Cavalese.

**Anno 2002:** migliorie illuminotecniche su installazioni artistiche AEC di Arezzo con sostituzione delle ottiche con l'installazione di n. 400 schermi frangiluce rifrangenti in acciaio inox quadrati.

**Anno 2003:** sostituzione dei globi in policarbonato su installazioni artistiche AEC di Arezzo.

**Anno 2005:** illuminazione zona artigianale loc. Podera Masi di Cavalese, perizia dei lavori del Per. Ind. Angelo Barbolini del Servizio Tecnico dell'Azienda Elettrica del Comune di Cavalese.

**Anno 2007:** Parco della Pieve: 53 paline a vapori di mercurio 125 Watt e sodio alta pressione 100 Watt.

Nel corso degli anni sono stati eseguiti ulteriori piccoli completamenti in varie vie dell'abitato di Cavalese - Masi e delle frazioni per soddisfare esigenze dei cittadini. Inoltre, in amministrazione diretta, sono stati acquistati, montati e gestiti i controllori di flusso.

Sulla base di progetto illuminotecnici già approvati è prevista la sostituzione degli apparecchi esistenti con nuovi corpi LED in via Carano e via Matteotti.



Figura 2 – Inquadramento territoriale Comune (fonte Map Data Tele Atlas in Google)

## 2.2 Viabilità

In base ai dati ACI il parco veicolare medio di Cavalese nel triennio 2010-2012 è pari a 3.323 veicoli, di cui 2.441 sono Automobili. L'abitato di Cavalese è in comunicazione con due vie significative: la S.S. 48 che attraversa il paese e la S.P. 232, detta "fondovalle" che costituisce il bypass per il traffico veicolare di comunicazione verso Trento e Bolzano e verso l'autostrada del Brennero. Il traffico pendolare maggiore si registra soprattutto in direzione del centro di Cavalese. Un minor flusso pendolare si registra anche in direzione di Trento, di Bolzano e in misura minore verso la Val di Fassa e di Primiero, considerazione che si estende anche alle frazioni limitrofe; si registra anche un traffico significativo di mezzi pubblici in tratte extraurbane, servizio gestito da Trentino Trasporti. Nelle stagioni ad alta presenza turistica, il numero di mezzi pubblici e privati assume valori rilevanti.

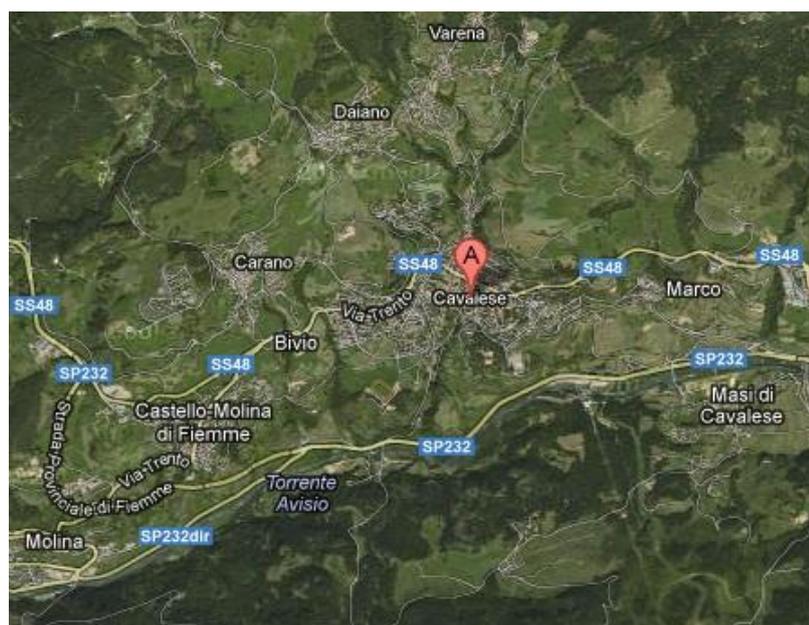


Figura 3 – Vie di comunicazione (fonte Map Data Tele Atlas in Google)

## 2.3 Demografia

Dal 2001 ad oggi il Comune è passato da un saldo di 3632 residenti agli attuali oltre 4000 abitanti. La variazione percentuale demografica media annua (2001/2012) si attesta su un +0,9%. Vi sono circa 1800 famiglie con un numero di componenti medi di 2,27 e un'età media di 42,19 anni. Nella distribuzione della popolazione il 49,3% riguarda la popolazione maschile e il 50,7% femminile.

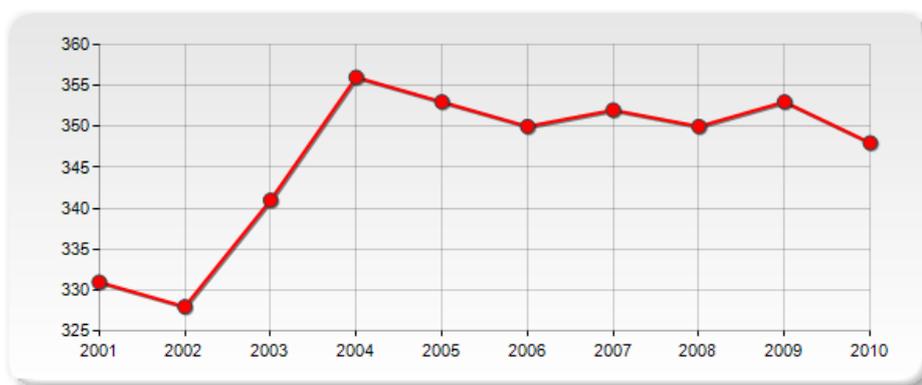


Figura 4 – Andamento della popolazione (fonte Urbistat)

## 2.4 Inquinamento luminoso

L'inquinamento luminoso porta ad un aumento della brillantezza del cielo notturno con una perdita di percezione dell'Universo attorno a noi. In particolare si definisce Brillanza (o Luminanza) la grandezza che esprime il rapporto tra l'intensità luminosa di una superficie irraggiante e l'unità della superficie stessa. La perdita della qualità del cielo notturno costituisce un'alterazione di molteplici equilibri culturali, artistici, scientifici, sanitari, economici. La figura 5 mostra la brillantezza artificiale del cielo notturno allo zenith in notti limpide normali nella banda fotometrica V, ottenute per integrazione dei

contributi prodotti da ogni area di superficie circostante per un raggio di 200 chilometri da ogni sito.<sup>1</sup>

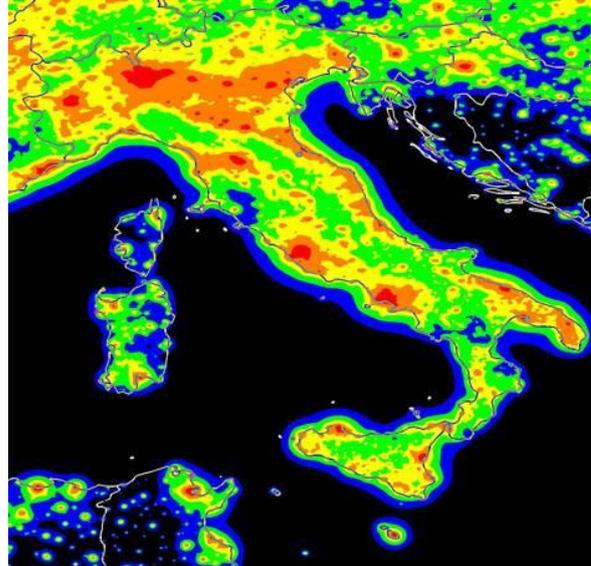


Figura 5 - **Brillanza artificiale del cielo notturno a livello del mare**

Rispetto ai valori nazionali il Trentino Alto-Adige risulta tra le Regioni nelle quali la Via Lattea risulta visibile a circa il 90% della popolazione. Si sottolinea come almeno il 25-30% del flusso luminoso degli impianti di illuminazione pubblica viene diffusa verso il cielo. La riduzione di questi consumi contribuirebbe alla diminuzione delle relative emissioni producendo anche un notevole risparmio energetico.

## 2.5 Osservatori astronomici

Secondo i criteri tecnici contenuti nella L.P. n. 16 del 3 ottobre 2007 il Comune di Cavalese si trova all'interno delle fasce di rispetto

<sup>1</sup> The artificial night sky brightness mapped from DMSP Operational Linescan System measurements P. Cinzano, F. Falchi, C.D. Elvidge, Baugh K., Dipartimento di Astronomia Padova, Italy

degli osservatori astronomici di rilevanza provinciale presenti sul territorio della Provincia di Trento. L'osservatorio più vicino è in località Guagiola, nel Comune di Tesero, per il quale la normativa impone un'area di rispetto di 5 km. Nel piano di intervento saranno descritte le disposizioni relative alle fasce di rispetto previste dalla normativa vigente.

## 2.6 **Aree omogenee**

Il Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale (P.R.I.C.) è l'atto di programmazione per la realizzazione, la modifica, l'adeguamento e la manutenzione di ogni impianto d'illuminazione. Per definire gli ambiti di progettazione degli impianti d'illuminazione si utilizzeranno le aree omogenee contenute nel Piano Regolatore Generale.

In particolare si definisce un quadro specifico di riferimento degli ambienti urbani come di seguito riportato:

- Centri storici e aree pedonali;
- Aree agricole e boschive;
- Aree commerciali;
- Aree residenziali;
- Aree rurali;
- Aree verdi;
- Aree industriali ed artigianali;
- Aree extraurbane;

- Aree a parcheggio;
- Aree sportive.

Per ogni area omogenea si riportano le seguenti osservazioni e considerazioni preliminari sulla tipologia di illuminazione.

### **Centri storici e aree pedonali**

Particolare attenzione va riposta nel progetto di illuminazione dei centri storici. Risulta importante differenziare gli spazi considerando il rapporto tra spazi pubblici di intensa frequentazione e spazi a carattere vicinale. Questi tipi di ambienti necessitano di una ricerca illuminotecnica allo scopo di valorizzare l'estetica e l'ambientazione. Per i monumenti si predilige un'illuminazione dall'alto verso il basso mantenendo il flusso il più possibile sulla sagoma.

### **Aree agricole e boschive**

L'illuminazione di queste aree deve risultare meno invasiva possibile, limitata alle effettive necessità dei tracciati viari principali e secondari.

### **Aree commerciali**

In tali zone vanno mantenute le prescrizioni minime di legge con particolare attenzione all'illuminazione delle insegne pubblicitarie. Vanno preferibilmente spente entro le ore 24 tutte quelle insegne di non specifico e necessario uso notturno pubblico. Per uso pubblico si intendono quelle delle forze dell'ordine, degli ospedali, di medici. Per quanto riguarda le insegne di esercizi in genere con apertura notturna (come ad esempio quelle di alberghi, distributori di carburanti, ecc.) è consigliato l'uso di sistemi per la riduzione del flusso lumino-

so emesso. Se le insegne vengono illuminate con fari è vietato illuminarle dal basso verso l'alto.

### **Aree residenziali**

Le principali aree residenziali si sviluppano nelle zone limitrofe al centro storico. Tali aree sono il risultato dell'espansione urbana nel territorio. In questi punti l'illuminazione deve essere prettamente funzionale dal punto di vista dell'efficienza energetica e dell'inquinamento luminoso. In ambiti prevalentemente residenziali si eviti il confronto diretto tra la luce e le facciate delle case, dirigendole verso il basso o adoperando proiettori fascio asimmetrico, in particolare quando si è costretti a posizionare l'apparecchio illuminante vicino all'edificio.

### **Aree rurali**

In questi tipi di zone va preso in considerazione, soprattutto in assenza di un consolidato sistema tradizionale di illuminazione pubblica, la necessità di minimizzare l'impatto architettonico del nuovo impianto.

### **Aree verdi**

Nel territorio di Cavalese sono presenti aree a parco che presentano attrezzature e giochi per i bambini. L'illuminazione di queste limitate aree deve assolvere a una funzione di valorizzazione e sicurezza per i fruitori.

### **Aree industriali ed artigianali**

Il territorio di Cavalese non presenta importanti realtà industriali mentre esistono aree artigianali e commerciali significative, anche se limitate numericamente. L'illuminazione di queste aree deve es-

sere realizzata privilegiando aspetti di efficienza e funzionalità e ridotto impatto manutentivo evitando sovra illuminamenti. Va verificato il posizionamento di eventuali proiettori notturni per l'illuminazione dei piazzali.

### **Aree extraurbane**

In ambiti extraurbani si deve limitare l'illuminazione alla sede stradale e valutare la reale percezione dei luoghi. Dovrà porsi attenzione per evitare fenomeni di abbagliamento a chi percorre la strada.

### **Aree a parcheggio**

L'illuminazione dei parcheggi deve essere distinta secondo i contesti da illuminare. Se i parcheggi di piccole/medie dimensioni si trovano lungo strade a traffico veicolare motorizzato, l'illuminazione deve integrarsi con continuità con quella della strada. Per impianti di grandi dimensioni utilizzare sistemi illuminanti posti su sostegni di altezza sino a 10-12 metri con corpi illuminanti tipo stradale o proiettori asimmetrici disposti con vetro piano orizzontale. Valutare l'utilizzo di torri faro con proiettori asimmetrici ad elevata asimmetria trasversale per ridurre le altezze.

### **Aree sportive**

Nel territorio di Cavalese sono presenti alcuni impianti sportivi e un'importante stadio del ghiaccio. Questi tipi di impianti possono costituire una delle principali forme di inquinamento luminoso e ottico; verrà quindi verificata l'inclinazione dei corpi illuminanti esistenti e, se necessario, predisposto l'inserimento di appositi schermi che indi-

rizzino il flusso luminoso sul campo sportivo, per evitare abbagliamenti e di dispersione di flusso luminoso anche verso l'alto.

### **3                   DEFINIZIONE DELLO STATO DI FATTO**

#### **3.1           Metodologia di lavoro**

Il lavoro ha preso avvio dal censimento dei punti luce attualmente presenti nel Comune. Il censimento ha riguardato:

- le sorgenti luminose (tipologia e potenza delle lampade);
- gli apparecchi illuminanti, classificati in base allo schema adottato dal "Piano Provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso";
- i sostegni (pali o mensole a parete) con misura delle altezze, degli eventuali sbracci e delle interdistanze;
- i quadri di alimentazione e le relative linee con misura delle tensioni a fine linea per quantificare le cadute di tensione;
- le strade (tipologia e geometria) con misura della larghezza delle corsie, dei marciapiedi, delle piste ciclabili, ecc.

Il rilievo è stato esteso a qualsiasi tipologia di strada o di zona: il centro storico, le strade urbane locali, le strade urbane di scorrimento, le strade extraurbane di scorrimento veloce, le zone periferiche isolate, i parcheggi, le aree artigianali e industriali e quelle sportive.

L'analisi delle condizioni attuali degli impianti di illuminazione pubblica è stata effettuata distinguendo le strade a traffico motorizzato, le strade ciclo-pedonali e quelle esclusivamente pedonali. La distinzione si è resa necessaria per tener conto dei diversi e specifici requisiti illuminotecnici raccomandati dalla normativa di settore:

- norma UNI 11248: Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche;
- norma UNI EN 13201-1: Illuminazione stradale - Parte 1: selezione delle classi di illuminazione;
- norma UNI EN 13201-2: Illuminazione stradale - Parte 2: requisiti prestazionali;
- norma UNI EN 13201-3: Illuminazione stradale - Parte 3: calcolo delle prestazioni;
- norma UNI EN 13201-4: Illuminazione stradale - Parte 4: metodi di misura delle prestazioni illuminotecniche degli impianti.

Le informazioni tecniche acquisite nel corso dei sopralluoghi sono state riportate sulle tavole grafiche allegate alla presente relazione. Tutti i punti luce oggetto del rilievo sono stati fotografati e le fotografie sono state ordinate per quadro di competenza.

## 3.2 **Parco lampade**

Attualmente gli impianti di illuminazione presenti nel territorio di Cavalese si compongono di 2186 punti luce, di cui 1650 sono utenze comunali e 536 gestiti da altri enti o privati (per alcuni punti luce in gestione privata o di altri enti la manutenzione risulta a carico del comune). Le analisi condotte, dove non diversamente indicato, faranno riferimento alle utenze comunali.

La Tabella 1 riepiloga in quantità e tipologia la composizione attuale del parco lampade. Le sorgenti luminose installate sono principalmente lampade a vapori di mercurio (luce bianca), con potenze di 80, 125 e 250 W (72% del totale). In misura inferiore sono pre-

senti lampade al sodio alta pressione (luce gialla), con potenze di 70 e 100 W (15% del totale) e agli ioduri metallici (8%).

Si fa notare che i punti luce a vapori di mercurio dovranno essere progressivamente eliminati anche alla luce della Direttiva Europea 2002/95/CE visto il loro potere inquinante. Sono infine presenti in modo limitato le altre tipologie di sorgenti.

| Tipologia di lampada        | Potenza (W) | Num. lampade | Potenza totale (kW) | Potenza tot. lampade e ausiliari (kW) |
|-----------------------------|-------------|--------------|---------------------|---------------------------------------|
| Vapori di mercurio (MBF)    | 80          | 71           | 153,06              | 176,01                                |
|                             | 125         | 1039         |                     |                                       |
|                             | 250         | 70           |                     |                                       |
| Sodio alta pressione (SAP)  | 70          | 10           | 24,10               | 27,72                                 |
|                             | 100         | 234          |                     |                                       |
| Ioduri metallici (JM)       | 35          | 10           | 26,64               | 30,64                                 |
|                             | 50          | 2            |                     |                                       |
|                             | 70          | 7            |                     |                                       |
|                             | 150         | 62           |                     |                                       |
|                             | 250         | 40           |                     |                                       |
|                             | 400         | 16           |                     |                                       |
| LED                         | 2           | 3            | 0,16                | 0,18                                  |
|                             | 75          | 2            |                     |                                       |
| Alogene (ALO)               | 15          | 10           | 2,57                | 2,57                                  |
|                             | 50          | 4            |                     |                                       |
|                             | 70          | 6            |                     |                                       |
|                             | 150         | 12           |                     |                                       |
| Incandescenza (INC)         | 100         | 1            | 0,10                | 0,10                                  |
| Fluorescenti compatte (FLU) | 20          | 15           | 1,91                | 2,20                                  |
|                             | 36          | 24           |                     |                                       |
|                             | 50          | 15           |                     |                                       |
| <b>Totali</b>               | <b>---</b>  | <b>1653</b>  | <b>208.54</b>       | <b>239.42</b>                         |

Tabella 1 - Attuale parco lampade con potenza nominale delle sorgenti luminose e maggiorazione dovuta alle perdite elettriche degli alimentatori

La Figura 6 illustra la ripartizione percentuale del numero delle lampade in funzione della loro tipologia: come già evidenziato, il

72% dell'intero parco lampade è composto da sorgenti luminose a vapori di mercurio.

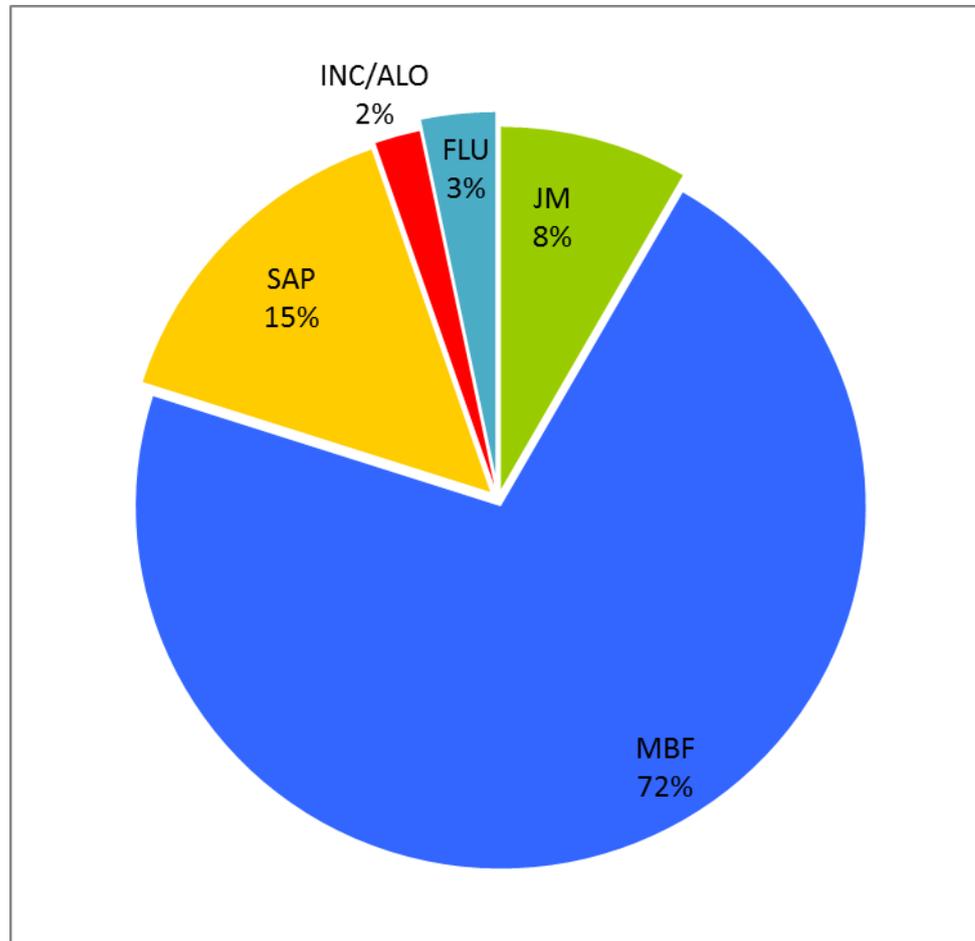


Figura 6 - Ripartizione del numero di lampade per tipologia

La Tabella 1 tiene conto del fatto che le lampade a scarica non sono in grado di funzionare senza ausiliari elettrici, responsabili in media di perdite nell'ordine del 15% della potenza delle lampade stesse.

Le **potenze medie impiegate** (esclusi gli impianti sportivi) sono di circa 133 W che è un valore piuttosto elevato anche a causa della presenza di numerose sorgenti ad elevata potenza di bassa efficien-

za (vapori di mercurio e ioduri metallici). Le proposte di adeguamento saranno quindi mirate ad interventi che, sfruttando le nuove tecnologie, permettano di ridurre tale media a valori attorno a 82-85 W a fronte comunque di un incremento del flusso luminoso.

**L'efficienza media** (esclusi gli impianti sportivi) è di 109 lm/W. Tale valore non risulta particolarmente elevato e ciò è dovuto alla presenza di un notevole numero di punti luce ai vapori di mercurio di ridotta efficienza e di diversi proiettori decorativi agli ioduri metallici che abbassano il valore medio globale. La presenza di sorgenti ad elevata efficienza quali possono essere quelle al sodio alta pressione tende invece ad incrementare questo valore medio.

Le lampade ai vapori di mercurio hanno un'efficienza accettabile ed in relazione al rapporto costo/efficienza (0,5 Euro circa), trovano largo uso; le lampade al sodio ad alta pressione hanno una buona efficienza luminosa ed un rapporto costo/efficienza di 1 Euro circa. Il rapporto costo/efficienza sopra riportato è relativo al costo di acquisto della lampada e dei relativi accessori di completamento necessari per il funzionamento, escluso il corpo illuminante ed il costo dell'energia. In relazione ai costi per i consumi di energia le lampade a vapori di sodio ad alta pressione, a parità di flusso luminoso emesso rispetto alle lampade a vapori di mercurio, consumano circa il 40% in meno.

Facendo le opportune simulazioni si può ipotizzare, in un piano di riassetto del territorio, il raggiungimento di valori di efficienza media attorno al 94-96 lm/W; tale risultato potrà essere raggiunto andando a sostituire le sorgenti meno efficienti e riducendo le potenze specifiche, ove troppo elevate, in impianti sovradimensionati.

### 3.3 Tipologie di applicazione

La Tabella 2 riepiloga in quantità le tipologie di applicazioni degli apparecchi d'illuminazione pubblica, mentre la Figura 7 riporta le rispettive percentuali.

Si nota come l'illuminazione stradale rappresenti, comprensiva dell'illuminazione per gli incroci e dei parcheggi, la gran parte del parco lampade con l' 82% del totale.

Si riscontra un impegno di illuminazione di tipo aggregativo (Parchi, Pedonali, Piazza, ecc.) del 15% del totale che denota un uso quasi prettamente funzionale dell'illuminazione sul territorio comunale.

| Utilizzo Corpo illuminante | Applicazione | Num. Corpi illuminanti |             |
|----------------------------|--------------|------------------------|-------------|
| Edifici / Monumento        | Decorativo   | 55                     | 55          |
| Stradale                   | Stradale     | 1336                   | 1355        |
|                            | Parcheggio   | 19                     |             |
| Pedonale                   | Parco        | 97                     | 240         |
|                            | Pedonale     | 143                    |             |
| <b>Totali</b>              | <b>---</b>   | <b>1650</b>            | <b>1650</b> |

Tabella 2 – Tipologia di applicazioni degli apparecchi d'illuminazione pubblica

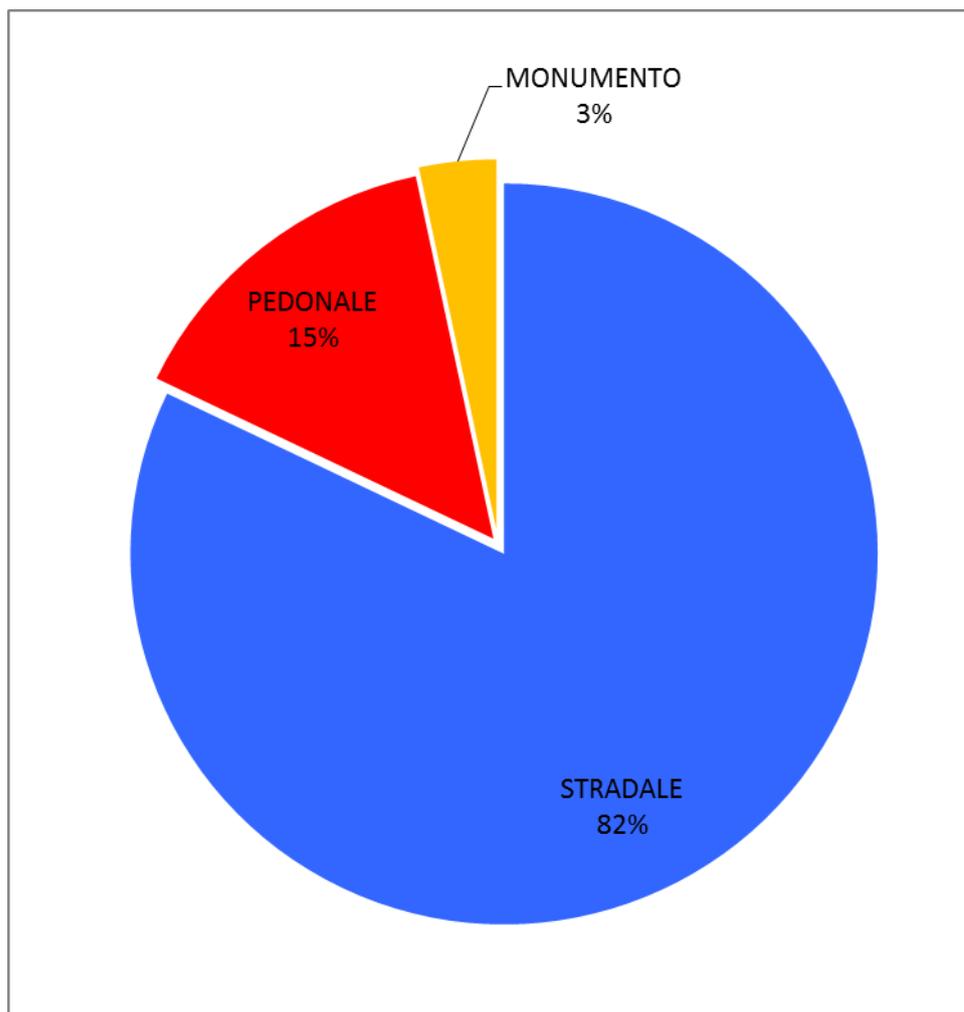


Figura 7 – Ripartizione dei Corpi Illuminanti secondo l'applicazione

### 3.4 Corpi illuminanti

Sul territorio comunale si individuano due principali tipologie di corpi illuminanti: corpi artistici (Figura 9) e corpi tecnici (Figura 10). La Tabella 3 riepiloga in quantità le tipologie di apparecchi per l'illuminazione pubblica, mentre la Figura 8 riporta le rispettive percentuali.

| Tipologia dei Corpi illuminanti | Num. Corpi ill. |
|---------------------------------|-----------------|
| Armatura Stradale               | 267             |
| Tecnico                         | 412             |
| Globo                           | 180             |
| Artistico                       | 594             |
| Proiettore                      | 87              |
| Incasso                         | 45              |
| Luce indiretta                  | 24              |
| Residenziale                    | 41              |
| <b>Totali</b>                   | <b>1650</b>     |

Tabella 3 - **Tipologia di apparecchi per l'illuminazione pubblica**

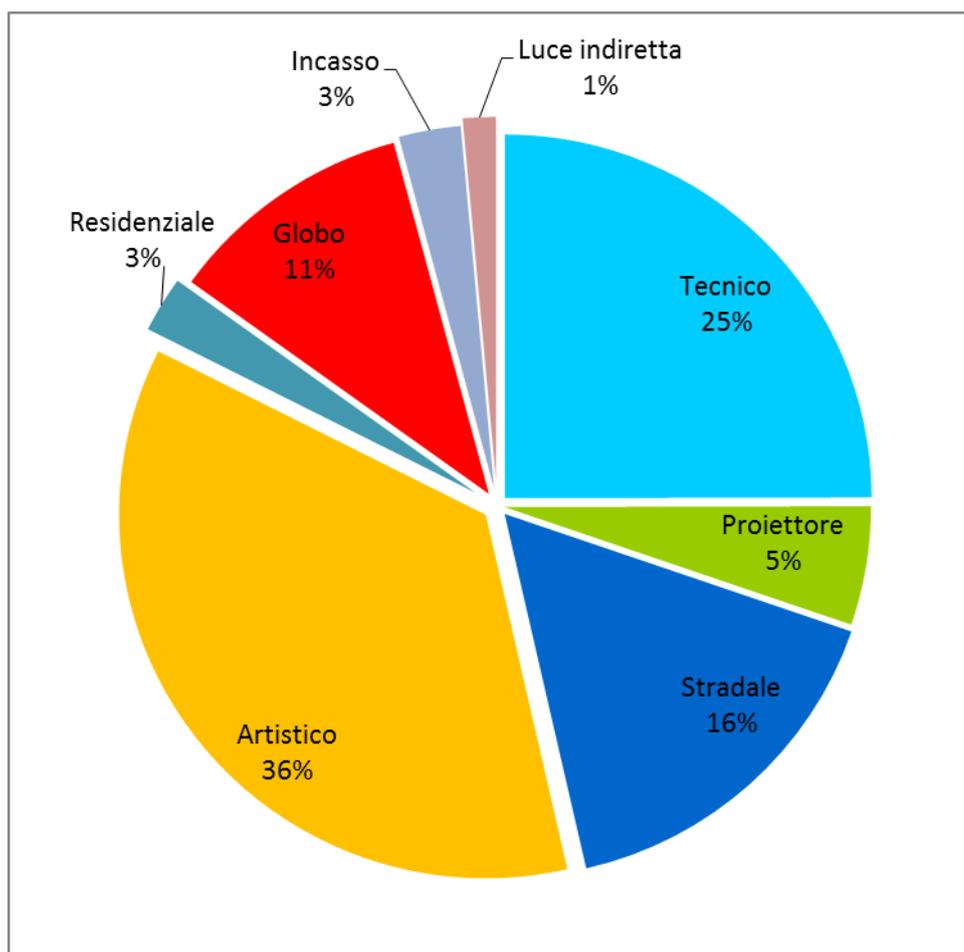


Figura 8 - **Ripartizione delle tipologie di Corpi Illuminanti**

Si rileva che il **36%** dei punti luce presenti sono di tipo **artistico**, con l'utilizzo di lanterne sia su palo che su mensola a parete. Il 71% hanno lampade ai vapori di mercurio e il rimanente 17% hanno lampade al sodio alta pressione e ioduri metallici. Come si può notare dalle foto i corpi illuminanti più inquinanti sono quelli a vapori di mercurio con lampada emergente e saranno sicuramente oggetto delle proposte di intervento mirate alla loro sostituzione con apparecchi più moderni full cut-off.

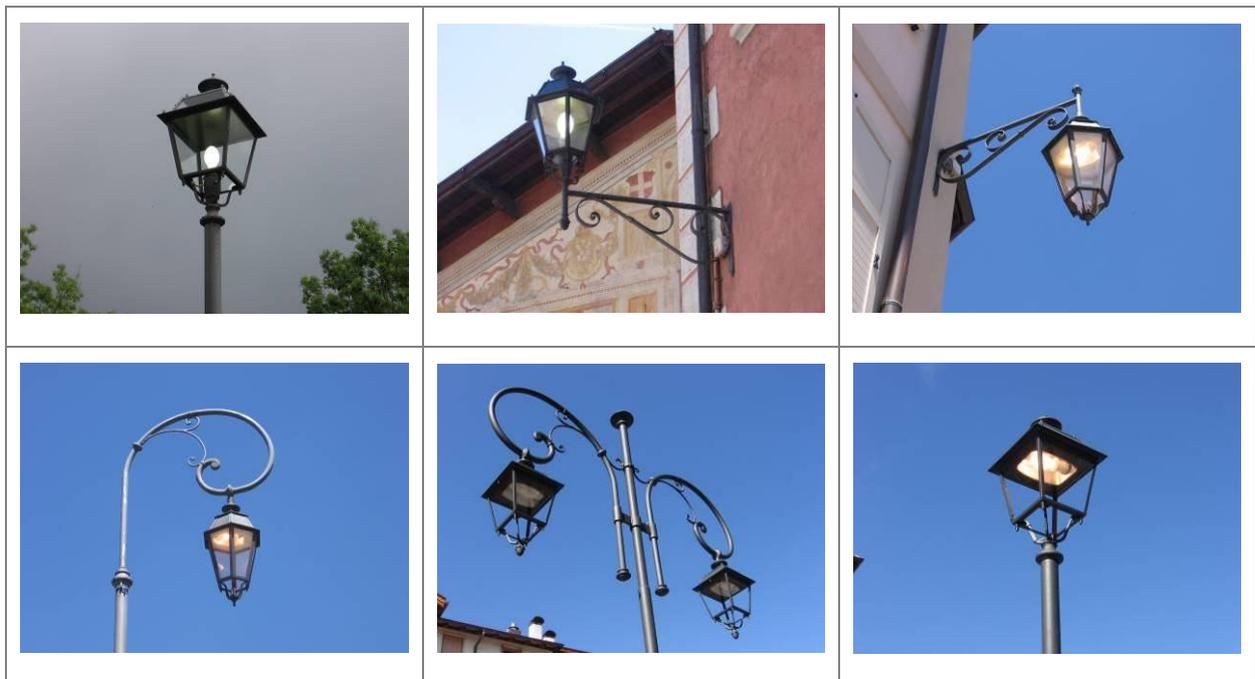


Figura 9 – Corpi illuminanti tipo artistico

Il **25%** dei punti luce totali è di tipo **tecnico** e sono distribuiti lungo le vie limitrofe al centro storico e lungo le vie di collegamento delle frazioni. Questi corpi risultano inquinanti se la posizione della sorgente luminosa non è all'interno della campana. Anche la presen-

za del vetro curvo favorisce l'emissione di luce oltre i 90° aumentando l'inquinamento luminoso.



Figura 10 – Corpi illuminanti tipo tecnico

Il **16%** dei punti luce sono di tipo **armatura stradale**. Questo tipo di corpo è stato rilevato nelle strade caratterizzate da velocità elevate.





Figura 11 - Corpi illuminanti tipo armatura stradale

Il **5%** dei punti luce totali è di tipo a **proiettore** e sono prevalentemente usati per gli impianti sportivi o per l'illuminazione decorativa di edifici o monumenti.

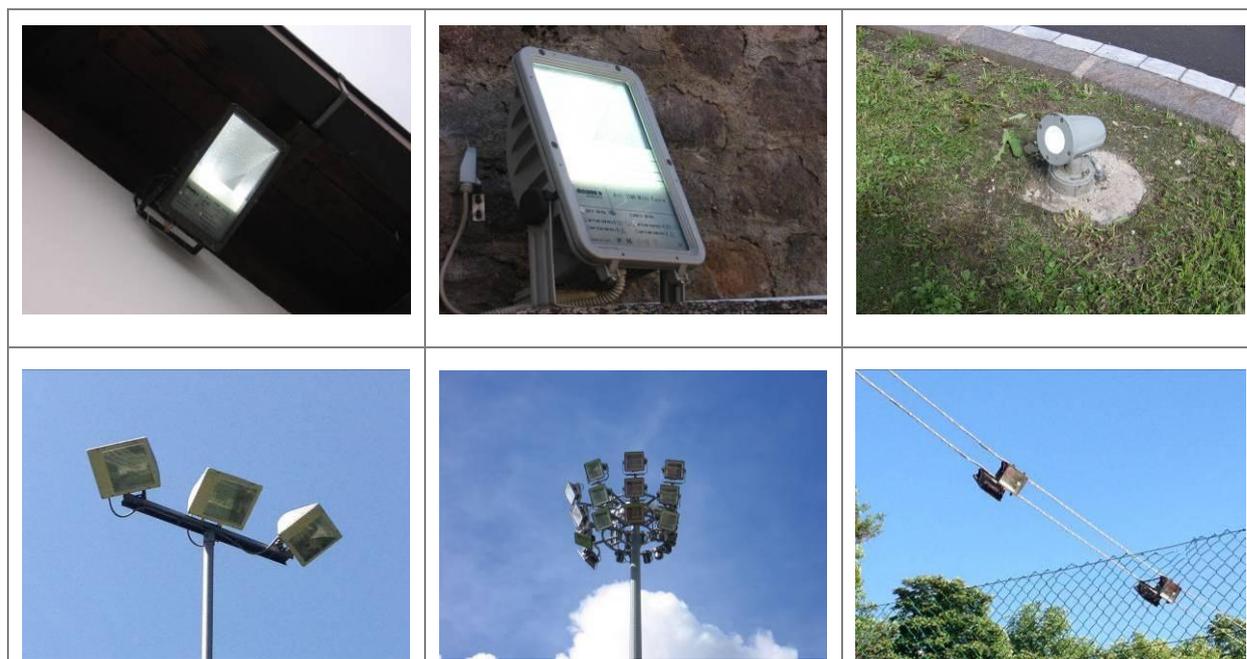


Figura 12 - Corpi illuminanti tipo proiettore

Il **11%** dei punti luce totali sono **globi**. La dispersione di ingenti quantità di flusso luminoso verso l'alto e ai lati della sede stradale

rende questa tipologia di corpo particolarmente inquinante. Si ritiene che i globi presenti sul territorio debbano essere sostituiti.



Figura 13 – Corpi illuminanti tipo globo

Il rimanente **6%** sono corpi di tipo residenziale, incassi a pavimento o a parete e a luce indiretta (Cimitero e Piazza Italia).





Figura 14 – Altri tipi di corpi illuminanti (residenziale, incasso, luce indiretta)

### 3.5 UtENZE riconducibili ad altri enti o private

Nel territorio di Cavalese di trovano 536 punti luce assimilabili ad utenze non direttamente collegate al bilancio comunale. Fanno parte di questi impianti le utenze Provinciali, Nazionali, di società municipalizzate o di soggetti privati. Tuttavia, per molti di questi impianti l'Amministrazione Comunale gestisce direttamente la manutenzione.

Escludendo 142 corpi di classe A opportunamente posizionati o in zone coperte (portici, sottopassi o gallerie stradali), vi sono diversi apparecchi altamente inquinanti. Le sorgenti luminose installate sono principalmente lampade a vapori di mercurio (luce bianca), con potenze di 80 e 125 W (27% del totale).

### 3.6 **Linee elettriche e quadri**

L'alimentazione degli impianti di illuminazione pubblica del Comune di Cavalese prende origine dai quadri elettrici dedicati, installati nei vari punti del territorio, alimentati dalla rete del distributore.

Gli impianti sono suddivisi in 58 punti di consegna dell'energia elettrica, di cui 38 in gestione diretta del Comune. Nella Tabella 4 sono riportati i dati e le informazioni principali.

La verifica effettuata ai quadri elettrici aveva lo scopo di individuare eventuali carenze normative e lo stato di degrado; non sono state effettuate verifiche relative alle protezioni contro il cortocircuito e contro i contatti indiretti per mancanza di documentazione relativa ai circuiti (sezione dei cavi, lunghezza delle linee, potenza installata, ...).

Le verifiche si sono limitate ad un esame a vista per accertare se l'impianto elettrico ha i requisiti necessari per ridurre il rischio elettrico al di sotto del limite accettabile facendo riferimento alle Norme CEI e alle disposizioni di legge.

Un impianto elettrico costruito a regola d'arte deve assicurare la protezione contro i contatti diretti e indiretti. La protezione contro i contatti diretti, secondo la Norma CEI 64-8, deve essere effettuata mediante l'isolamento delle parti attive (art. 412.1) e mediante involucri o barriere (art. 412.2). La protezione contro i contatti indiretti, secondo la Norma CEI 64-8, deve essere assicurata mediante interruzione automatica dell'alimentazione (art. 413.1) e l'utilizzo di componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente (art. 413.2).

| QUADRO | Descrizione              | Indirizzo di fornitura dell'energia elettrica | POD            | CONTO   | MATRICOLA         | Regolazione           | USO | Consumo di energia elettrica kWh/anno | Importo (IVA compresa) €/anno |
|--------|--------------------------|---|----------------|---------|-------------------|-----------------------|-----|---------------------------------------|-------------------------------|
| 1      | <b>Pasquai</b>           | Piazza Pasquai                                | IT048E00004222 | 5478404 | 06E1E5B2100365377 | CEP regolato          | IP  | 30.971                                | 5017,30                       |
| 2      | <b>Marmolaia</b>         | Via Marmolaia                                 | IT048E00004229 | 5478411 | 08T4E5B2416123645 | CEP regolato          | IP  | 49.914                                | 8086,07                       |
| 3      | <b>Renaldo</b>           | Via Delvai                                    | IT048E00004232 | 5478414 | 08T4E5B2416100656 | CEP regolato          | IP  | 23.620                                | 3826,44                       |
| 4      | <b>Ghiaie</b>            | Via Esterle                                   | IT048E00004217 | 5478399 | 09T4E5B2416140642 | CEP regolato          | IP  | 73.789                                | 11953,82                      |
| 5      | <b>Alberti</b>           | Via Giovanelli                                | IT048E00004221 | 5478403 | 09T4E5B2416140592 | CEP regolato          | IP  | 40.355                                | 6537,51                       |
| 6      | <b>Ress</b>              | Via Ress                                      | IT048E00004231 | 5478413 | 09T4E5B2416140557 | CEP regolato          | IP  | 39.439                                | 6389,12                       |
| 7      | <b>Municipio</b>         | Via Sieghel                                   | IT048E00004233 | 5478415 | 09T4E5B2416149889 | CEP regolato          | IP  | 92.453                                | 14977,39                      |
| 8      | <b>Palacongressi</b>     | Passeggiata Lagorai                           | IT048E00004234 | 5478416 | 08T4E5B2416100658 | CEP regolato          | IP  | 66.335                                | 10746,27                      |
| 9      | <b>Valle</b>             | Via Valle                                     | IT048E00004216 | 5478398 | 06E1E5B2100388898 | CEP regolato          | IP  | 21.180                                | 3431,16                       |
| 10     | <b>Montebello</b>        | Via Montebello                                | IT048E00004223 | 5478405 | 08T4E5B2416100667 | CEP regolato          | IP  | 34.433                                | 5578,15                       |
| 46     | <b>Pagoda</b>            |   |                |         |                   | Spegnimento ore 23:30 | IP  |                                       |                               |
| 11     | <b>Cavazzal</b>          | Via Cavazzal                                  | IT048E00004241 | 5478423 | 10T4E5A7414304822 | CEP regolato          | IP  | 12.211                                | 1978,18                       |
| 12     | <b>Lagorai</b>           | Via Cermis                                    | IT048E00004226 | 5478408 | 06E1E5B2100388631 | CEP regolato          | IP  | 52.389                                | 8487,02                       |
| 13     | <b>Bitol/Des Alpes</b>   | Località Marco                                | IT048E00004240 | 5478422 | 09T4E5B2416149887 | CEP regolato          | IP  | 30.661                                | 4967,08                       |
| 14     | <b>Milon</b>             | Località Milon                                | IT048E00004242 | 5478424 | 09T4E5B2416149891 | CEP regolato          | IP  | 23.424                                | 3794,69                       |
| 15     | <b>Salanzada</b>         | Località Salanzada                            | IT048E00004246 | 5478428 | 10T4E5A7414307818 | CEP regolato          | IP  | 5.734                                 | 928,91                        |
| 16     | <b>Colonia</b>           | Via Chiesa                                    | IT048E00004248 | 5478430 | 09T4E5B2416149821 | CEP regolato          | IP  | 26.653                                | 4317,79                       |
| 17     | <b>Marzelin</b>          | Località Marzelin                             | IT048E00004245 | 5478427 | 09T4E5B2416149902 | CEP regolato          | IP  | 22.720                                | 3680,64                       |
| 18     | <b>Mendini</b>           | Via Mendini                                   | IT048E00004224 | 5478406 | 08T4E5B2416100736 | CEP regolato          | IP  | 44.127                                | 7148,57                       |
| 19     | <b>Scuole Elementari</b> | Vicolo Scuole elementari                      | IT048E00004225 | 5478407 | 08T4E5B2416123722 | CEP regolato          | IP  | 43.766                                | 7090,09                       |
| 20     | <b>Masi Caseificio</b>   | Via Chiesa                                    | IT048E00004244 | 5478426 | 08T4E5B2416123947 | CEP regolato          | IP  | 38.904                                | 6302,45                       |
| 21     | <b>Cascata</b>           | Località Cascata                              | IT048E00004238 | 5478420 | 10T4E5A7414296110 | Spegnimento ore 1:00  | IP  | 2.590                                 | 419,58                        |
| 22     | <b>Gretel</b>            | Località Marco                                | IT048E00004299 | 5491132 | 08T4E5A2414101736 | Nessuna regolazione   | IP  | 550                                   | 89,10                         |
| 23     | <b>Cimitero</b>          | Via Bresadola                                 | IT048E00004220 | 5478402 | 07E1E5A2100062219 | Spegnimento ore 1:00  | IP  | 3.192                                 | 517,10                        |
| 24     | <b>San Valerio</b>       | Via della Cascata                             | IT048E00004237 | 5478419 | 10T4E5A7414304520 | Spegnimento ore 23:30 | IP  | 1.596                                 | 258,55                        |

|               |  |                           |   |         |                   |                      |    |                |                  |
|---------------|--|---------------------------|---|---------|-------------------|----------------------|----|----------------|------------------|
| 25            | <b>Piazza Italia</b>                   | Piazza Italia             | IT048E00004228                            | 5478410 | 09T4E5B2416149843 | Nessuna regolazione  | IP | 30.157         | 4885,43          |
| 26            | <b>Galleria ex ferrovia</b>            | Via Bresadola             | IT048E00004239                            | 5478421 | 10T4E5A7414304994 | 8:15 / 23:45         | IP | 4.764          | 771,77           |
| 32            | <b>Costasalici</b>                     | Via Costasalici - privata | IT048E00004219                            | 5478401 | 10T4E5A7414295821 | Nessuna regolazione  | IP | 8.151          | 1320,46          |
| 34            | <b>Edificio Municipio (Casa Ressa)</b> | Via Ressa                 | Contabilizzato con l'utenza dell'edificio |         |                   | Spegnimento ore 1:00 | IP | -              | -                |
| 54            | <b>Largo Gambis</b>                    | Piazza Battisti           | IT048E00004230                            | 5478412 | 10T4E5A7414306399 | Nessuna regolazione  | IP | 521            | 84,40            |
| 55            | <b>Entrata Cavalese</b>                | Via Dolomiti              | IT048E00001959                            | 5478362 | 09T4E5B2416149898 | Nessuna regolazione  | IP | 2.858          | 463,00           |
| 57            | <b>Ex omni</b>                         | Parco della pieve         | IT048E00004215                            | 5478397 | 07E1E5A2100046508 | Nessuna regolazione  | -  | 922            | 149,36           |
| <b>Totali</b> |  |                           |   |         |                   |                      |    | <b>828.379</b> | <b>€ 134.197</b> |

Tabella 4 - **Dati identificativi dei punti di consegna degli impianti di illuminazione pubblica, consumi energetici e costi in bolletta (media relativa al triennio 2009-2011)**

| QUADRO        | Descrizione                        | Indirizzo di fornitura dell'energia elettrica | Tipo di utenza                | N. lampade installate | kW installati |
|---------------|------------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------|---------------|
| 27            | <b>Ospedale</b>                    | Via Dossi                                     | Provincia                     | 74                    | 8,06          |
| 29            | <b>Campo sportivo – Masi</b>       | Via Chiesa                                    | Comune (impianto in gestione) | 28                    | 23,92         |
| 30            | <b>Campo sportivo – Loc. Dossi</b> | Loc. Dossi                                    | Comune (impianto in gestione) | 70                    | 149,50        |
| 31            | <b>Case Itea</b>                   | Via Marco                                     | Itea                          | 14                    | 1,29          |
| 33            | <b>Delvai</b>                      | Via Galilei                                   | Privato                       | 22                    | 1,06          |
| 35            | <b>Eurospesa</b>                   | Via Dossi                                     | Privato                       | 4                     | 0,58          |
| 36            | <b>Poste</b>                       | Via Sighel                                    | Stato                         | 8                     | 0,74          |
| 37            | <b>Palacongressi Edificio</b>      | Passeggiata Lagorai                           | Municipalizzata               | 41                    | 3,88          |
| 38            | <b>Bar Teatro</b>                  | Via Roma                                      | Comune (impianto in gestione) | 9                     | 0,98          |
| 39            | <b>Bocciofila e minigolf</b>       | Via Roma                                      | Comune (impianto in gestione) | 39                    | 3,67          |
| 40            | <b>Masi – Piazzale feste</b>       | Località Giaroni                              | Comune (impianto in gestione) | 13                    | 5,98          |
| 41            | <b>Edificio via regolani</b>       | Via Regolani                                  | Privato                       | 1                     | 0,17          |
| 42            | <b>Istituto la rosa bianca</b>     | Via Gandhi                                    | Privato                       | 5                     | 1,73          |
| 43            | <b>Caserma VVF</b>                 | Passeggiata Lagorai                           | Provincia                     | 10                    | 2,30          |
| 44            | <b>Autostazione</b>                | Passeggiata Lagorai                           | Privato                       | 12                    | 1,73          |
| 45            | <b>Caserma Carabinieri</b>         | Via Rossini                                   | Statale                       | 3                     | 0,58          |
| 47            | <b>Galleria</b>                    | Strada Statale 48                             | Provincia                     | 110                   | 23,60         |
| 48            | <b>Polizia stradale</b>            | Via Cavazzal                                  | Statale                       | 6                     | 0,98          |
| 49            | <b>Center plaza</b>                | Via Cauriol                                   | Privato                       | 4                     | 0,58          |
| 50            | <b>Campi da tennis Parco</b>       | Parco della Pieve                             | Comune (impianto in gestione) | 36                    | 16,56         |
| 52            | <b>Pieve Santa Maria Assunta</b>   | Via della Pieve                               | Parrocchia                    | 2                     | 0,92          |
| 53            | <b>Ippodromo</b>                   | Via Chiesa                                    | Comune (impianto in gestione) | 6                     | 2,76          |
| 56            | <b>Campanile S. Maria Assunta</b>  | Via della Pieve                               | Parrocchia                    | 5                     | 0,40          |
| 58            | <b>Oratorio San Sebastiano</b>     | Via delle Pieve                               | Parrocchia                    | 2                     | 0,29          |
| <b>Totale</b> |                                    |   |                               | <b>536</b>            | <b>257,90</b> |

Tabella 5 – Dati identificativi dei punti di consegna degli impianti (utenze altri enti)

### 3.7 Quadri elettrici impianto di illuminazione

#### 3.7.1 Quadro Q01 - Pasquai

L'alimentazione dell'illuminazione pubblica avviene attraverso un controllore elettronico di potenza marca Conchiglia, installato all'interno di una cabina elettrica, provvisto di una protezione differenziale e di 4 interruttori magnetotermici a protezione delle linee in partenza verso i punti dell'illuminazione pubblica. Il controllore consente di ottenere degli importanti risultati sul piano economico, operando nel rispetto delle normative in vigore in riferimento al fabbisogno di luce necessari.



Figura 15 Zona di installazione quadro Q01



Figura 16 Quadro Q01

#### 3.7.2 Quadro Q02 – Marmolaia

L'impianto di illuminazione pubblica è alimentato attraverso un controllore elettronico di potenza marca Conchiglia installato all'interno di una cabina elettrica. Il quadro è equipaggiato con un interruttore

magnetotermico generale, una protezione differenziale e 4 interruttori magnetotermici differenziali a protezione delle linee in partenza.



Figura 17 Zona di installazione quadro Q02



Figura 18 Quadro Q02

### 3.7.3 Quadro Q03 – Renaldo

L'alimentazione della pubblica amministrazione avviene attraverso un controllore elettronico di potenza marca Conchiglia, un sistema centralizzato che consente di ridurre e stabilizzare la potenza erogata alle lampade. Tale dispositivo, installato all'interno di una cabina elettrica, è equipaggiato con un interruttore magnetotermico, una protezione differenziale e due magnetotermici a protezione delle linee in partenza. Il quadro può essere sistemato ripristinando le griglie a protezione delle parti in tensione.



Figura 19 Zona di installazione quadro Q03



Figura 20 Quadro Q03

### 3.7.4 Quadro Q04 – Ghiaie

Il quadro dell'illuminazione pubblica e il contatore dell'energia consumata sono installati all'interno di una cabina elettrica. I punti luce sono alimentati da un controllore elettronico di potenza marca Conchiglia, il quale risulta equipaggiato con un interruttore generale magnetotermico, una protezione differenziale e un interruttore magnetotermico differenziale su ogni linea dal quadro.



Figura 21 Zona di installazione quadro Q04



Figura 22 Quadro Q04

### 3.7.5 Quadro Q05 – Alberti

All'interno di una cabina elettrico è collocato il quadro a servizio dell'illuminazione pubblica. Esso è formato da un controllore elettronico di potenza equipaggiato con un sezionatore generale, una protezione differenziale e 3 interruttori magnetotermici differenziali sulle linee in partenza verso i punti dell'illuminazione pubblica. Si dovrebbe ripristinare la grata metallica protezione delle morsettiere per impedire il contatto con parti in tensione.



Figura 23 Zona di installazione quadro Q05



Figura 24 Quadro Q05

### 3.7.6 Quadro Q06 – Ress

I punti luce sono alimentati attraverso un controllore elettronico di potenza installato all'interno di una cabina elettrica. La protezione generale è rappresentata da un sezionatore a valle del quale è installato un interruttore; il controllore è equipaggiato con un relè differenziale polivalente per controllo di guasti a terra in grado di evitare il rischio di disattivare permanentemente gli impianti nei casi di scatti intempestivi. protezione differenziale Dal quadro partono 5 linee di alimentazione dell'illuminazione pubblica ognuna equipaggiata

con un interruttore magnetotermico differenziale. per impedire il contatto di parti in tensione di dovrebbe procedere con il riposizionamento della griglia metallica di protezione.



Figura 25 Zona di installazione quadro Q06



Figura 26 Quadro Q06

### 3.7.7 Quadro Q07 – Municipio

Il quadro, installato all'interno di una cabina elettrica, è realizzato in lamiera; in esso risulta installato un controllore elettronico di potenza, un sezionatore generale, una protezione differenziale e 8 interruttori magnetotermici differenziali a protezione delle linee in partenza dal quadro.



Figura 27 Zona di installazione quadro Q07



Figura 28 Quadro Q07

### 3.7.8 Quadro Q08 – Palacongressi

Un controllore elettronico di potenza alimenta i punti luce collegati a 6 linee ognuna protetta da un interruttore magnetotermico differenziale; la protezione generale è rappresentata da un sezionatore e a valle di questo è installato un interruttore. Inoltre nel quadro è presente una protezione differenziale.



Figura 29 Zona di installazione quadro Q08



Figura 30 Quadro Q08

### 3.7.9 Quadro Q09 – Valle

All'interno di un armadio in vetroresina sono installati il contatore dell'energia consumata e il controllore elettronico di potenza. Il quadro è equipaggiato con sezionatore generale, un relè differenziale polivalente per controllo guasti a terra e interruttori magnetotermici differenziali sulle linee in partenza verso i punti luce.



Figura 31 Zona di installazione quadro Q09



Figura 32 Quadro Q09

### 3.7.10 Quadro Q10 – Montebello

All'interno della cabina elettrica "Montebello" sono installati il contatore e il quadro a servizio dell'illuminazione pubblica. il quadro è provvisto di un controllore elettronico di potenza marca Conchiglia che presenta un sezionatore come dispositivo generale. Il quadro è equipaggiato con un relè differenziale e con 4 interruttori magnetotermici differenziali a protezione delle linee per l'alimentazione dei punti luce.



Figura 33 Zona di installazione quadro Q10



Figura 34 Quadro Q10

### 3.7.11 Quadro Q11 – Cavazzal

Il quadro dell'illuminazione pubblica è collocato all'interno di un armadio in vetroresina; esso è equipaggiato con un interruttore magnetotermico e con una protezione differenziale. L'armadio dovrebbe essere sistemato effettuando un'operazione di pulizia e posizionando delle targhette identificative.



Figura 35 Zona di installazione quadro Q11



Figura 36 Quadro Q11

### 3.7.12 Quadro Q12 – Lagorai

I punti dell'illuminazione pubblica sono alimentati attraverso un controllore elettronico di potenza installato all'interno di una cabina elettrica. Il quadro è provvisto di un sezionatore generale a valle del quale è presente un interruttore e di una protezione differenziale; dal quadro partono 8 linee ognuna protetta da un interruttore magnetotermico differenziale.



Figura 37 Zona di installazione quadro Q12



Figura 38 Quadro Q12

### 3.7.13 Quadro Q13 – Bitol Des Alpes

All'interno della cabina elettrica "Bitol" è installato il quadro a servizio dell'impianto di illuminazione pubblica; esso è costituito da un controllore elettronico di potenza marca Conchiglia che consente di ottenere di ridurre e stabilizzare la potenza erogata alle lampade, con benefici di risparmio energetico e di manutenzione e gestione degli impianti. Inoltre il quadro è equipaggiato con interruttore generale magnetotermico, una protezione differenziale e 4 interruttori magnetotermici differenziali a protezione delle linee in partenza. Per

impedire il contatto con parti in tensione si possono installare griglie di protezione delle morsettiere.



Figura 39 Zona di installazione quadro Q13



Figura 40 Quadro Q13

### 3.7.14 Quadro Q14 – Milon

L'illuminazione pubblica è alimentata attraverso un controllore elettronico di potenza installato all'interno di un armadio in vetroresina; nello stesso sono inserite anche le protezioni costituite da un interruttore magnetotermico, una protezione differenziale e 4 interruttori magnetotermici differenziali a protezione delle linee in uscita da quadro. Si potrebbe vedere di posizionare una griglia metallica a protezione dei varistori e delle morsettiere.



Figura 41 Zona di installazione quadro Q14



Figura 42 Quadro Q14

### 3.7.15 Quadro Q15 – Salanzada

In un armadio in vetroresina sono installate le protezioni a servizio dell'impianto di illuminazione pubblica cioè un interruttore generale magnetotermico e una protezione differenziale. Il quadro può essere sistemato proteggendo meccanicamente le parti in tensione.



Figura 43 Zona di installazione quadro Q15



Figura 44 Quadro Q15

### 3.7.16 Quadro Q16 – Colonia

Il controllore elettronico di potenza, installato all'interno di un armadio in vetroresina, è equipaggiato con un interruttore generale magnetotermico, una protezione differenziale e 5 interruttori magnetotermici differenziali a protezione delle linee in partenza. Il controllore consente la regolazione e la stabilizzazione della tensione sugli impianti e quindi uniformità del flusso luminoso di un impianto di illuminazione.



Figura 45 Zona di installazione quadro Q16



Figura 46 Quadro Q16

### 3.7.17 Quadro Q17 – Marzelin

All'interno della cabina elettrica "Marzelin" è installato il controllore elettronico di potenza marca conchiglia che alimenta gli apparecchi dell'illuminazione pubblica. Nel quadro sono presenti un interruttore generale magnetotermico, la protezione differenziale e le protezioni per le linee in partenza dal quadro.



Figura 47 Zona di installazione quadro Q17



Figura 48 Quadro Q17

### 3.7.18 Quadro Q18 – Mendini

In un armadio in vetroresina, collocato all'interno della cabina elettrica "Mendini", è installato il controllore elettronico di potenza equipaggiato con le protezioni necessarie all'impianto di illuminazione pubblica. Un accorgimento da adottare è quello di prevedere una griglia di protezione per la morsettiera.



Figura 49 Zona di installazione quadro Q18



Figura 50 Quadro Q18

### 3.7.19 Quadro Q19 – Scuole elementari

L'illuminazione pubblica è alimentata attraverso un controllore elettronico di potenza provvisto di interruttore generale magnetotermico, relè differenziale polivalente per controllo di guasti a terra e 4 linee in partenza ognuna protetta da un interruttore magnetotermico differenziali. Per impedire il contatto con parti in tensione si potrebbe procedere con il posizionamento di griglie nella zona delle morsettiere.



Figura 51 Zona di installazione quadro Q19



Figura 52 Quadro Q19

### 3.7.20 Quadro Q20 – Masi caseificio

Il quadro a servizio dell'illuminazione pubblica, installato in un armadio in vetroresina e in un locale elettrico, attivato il 10 giugno del 2004 risulta in perfette condizioni con i dispositivi elettrici ben identificati da apposite targhette.



Figura 53 Zona di installazione quadro Q20



Figura 54 Quadro Q20

### 3.7.21 Quadro Q21 – Cascata

All'interno della cabina elettrica "Cascata" è installato il quadro, in materiale termoplastico a servizio dell'illuminazione pubblica. Esso risulta equipaggiato con un interruttore differenziale per l'illuminazione tramite fari e un interruttore per l'illuminazione tramite lanterne; inoltre è presente un orologio per il comando in spegnimento dei fari.



Figura 55 Zona di installazione quadro Q21



Figura 56 Quadro Q21

### 3.7.22 Quadro Q22 – Gretel

I punti luce dell'illuminazione pubblica sono alimentati da un quadro in materiale termoplastico installato all'interno di un armadio in vetroresina. esso è equipaggiato con interruttore magnetotermico differenziale, un contattore e un relè crepuscolare.



Figura 57 Zona di installazione quadro Q22



Figura 58 Quadro Q22

### 3.7.23 Quadro Q23 – Cimitero

In un armadio in vetroresina sono installati due quadri, uno a servizio dell'illuminazione pubblica e l'altro a servizio dell'acquedotto. Le luci del cimitero sono protette da un interruttore differenziale e da un magnetotermico differenziale; esse sono inoltre comandate da un relè crepuscolare e da un orologio.



Figura 59 Zona di installazione quadro Q23



Figura 60 Quadro Q23

### 3.7.24 Quadro Q24 – San Valerio

Le protezioni a servizio dell'impianto di illuminazione pubblica, un interruttore differenziale e 3 interruttori magnetotermici, sono installati all'interno di un armadio in vetroresina. Il buco attualmente presente può essere chiuso utilizzando l'apposita plastica riempitiva.



Figura 61 Zona di installazione quadro Q24



Figura 62 Quadro Q24

### 3.7.25 Quadro Q25 – Piazza Italia

All'interno di un armadio in vetroresina sono installati il contatore e il quadro dell'illuminazione pubblica. Quest'ultimo è equipaggiato con un interruttore generale magnetotermico differenziale, un contatore, un selettore automatico/manuale e un relè crepuscolare.



Figura 63 Zona di installazione quadro Q25



Figura 64 Quadro Q25

### 3.7.26 Quadro Q26 – Galleria ex ferrovia

Il quadro in materiale termoplastico è installato in armadio in vetroresina incassato nella muratura. Le protezioni installate nel quadro sono un interruttore differenziale e un interruttore magnetotermico utilizzate come interruttore generale e due protezioni magnetotermiche, una per i comandi e l'altra per i fari.



Figura 65 Zona di installazione quadro Q26



Figura 66 Quadro Q26

### 3.7.27 Quadro Q34 – Parco Municipio – Casa Ressa

Il quadro si presenta in buono stato. E' dotato di protezioni differenziali e magnetotermiche, nonché di timer per l'accensione temporizzata di tre linee distinte. L'accensione di ogni linea viene eseguita attraverso un accoppiamento di un timer e di un contattore.



Figura 67 Zona di installazione quadro Q34



Figura 68 Quadro Q34

### 3.7.28 Quadro Q40 – Masi – Piazzale feste

Il quadro in questione alimenta dei punti luce utilizzati solo nel caso di feste campestri.



Figura 69 Zona di installazione quadro Q40

### 3.7.29 *Quadro Q46 – Pagoda*

Tale quadro risulta alimentato dal quadro Q10 Montebello.



Figura 70 Zona di installazione quadro Q46

### 3.7.30 *Quadro Q51 – Oratorio San Sebastiano*

In un armadio in vetroresina è installato il quadro a servizio dell'illuminazione pubblica. Esso è provvisto di un interruttore magnetotermico generale e, per ogni linea in partenza, di un interruttore magnetotermico differenziale.

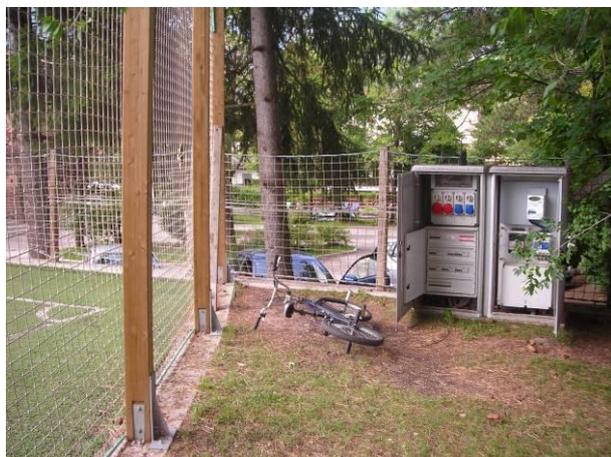


Figura 71 Zona di installazione quadro Q51



Figura 72 Quadro Q51

### 3.7.31 Quadro Q54 – Gambis

In un armadio in vetroresina installato a parete sono presenti un contatore digitale e un quadretto contenente una protezione differenziale e magnetotermica per un gruppo di prese usato per manifestazioni comunali.



Figura 73 Zona di installazione quadro Q54



Figura 74 Quadro Q54

### 3.7.32 *Quadro Q55 – Entrata Cavalese*

In un armadio in vetroresina sono installati un contatore, un quadro che alimenta un gruppo di prese monofase/trifase e un quadretto per l'alimentazione di un faro esterno.



Figura 75 Zona di installazione quadro Q55



Figura 76 Quadro Q55

### 3.7.33 *Quadro Q56 – Campanile Assunta*

In una nicchia ricavata nel muro e chiusa da una porta con chiave sono installati due quadri contenenti le protezioni necessarie all'impianto di illuminazione e il contatore dell'energia consumata.



Figura 77 Zona di installazione quadro Q56

### 3.7.34 Quadro Q57 – Ex Omni

Il quadro alimenta dei punti luce utilizzati solo per le feste.



Figura 78 Zona di installazione quadro Q57

## **4 SPECIFICHE MINIME DEGLI IMPIANTI**

I requisiti minimi di progetto formano lo strumento con il quale l'Amministrazione Comunale pone dei limiti a chiunque si troverà ad operare nel suo territorio, sia per realizzare impianti di illuminazione pubblica, sia privati nell'ambito di aree residenziali, lottizzazioni, artigianali, ecc. Tale paragrafo è stato realizzato in accordo con le prescrizioni con la legge provinciale 3 ottobre 2007 n. 16. Il P.R.I.C. costituisce l'atto di programmazione per la realizzazione dei nuovi impianti di illuminazione e per ogni intervento di modifica, adeguamento, manutenzione, sostituzione ed integrazione sulle installazioni di illuminazione esistenti nel territorio comunale.

### **4.1 Caratteristiche degli impianti**

Il piano provvede alla definizione delle tipologie di apparecchi di illuminazione per ciascuna destinazione funzionale e più in generale per area omogenea, caratterizzando il tessuto cittadino con scelte mirate, funzionali e omogenee che si concretizzano in una gradevole ed armonica definizione formale e spaziale del territorio comunale.

I principali tipi di intervento sui sistemi di illuminazione si possono così riassumere:

- su impianti esistenti: sostituzione degli apparecchi d'illuminazione analoghi a maggiori performance illuminotecniche, sostituzione degli apparecchi dotati di lampade ai vapori di mercurio, revisione e messa a norma degli impianti elettrici;

- su impianti nuovi: adozione di soluzioni illuminotecniche ad alta efficienza ed esecuzione di impianti elettrici a norma.

Un aspetto da tenere in particolare considerazione nella definizione delle soluzioni è la sicurezza dal punto di vista impiantistico specialmente verso le persone , siano esse manutentori o semplici cittadini.

Un elemento di rilievo è la scelta di soluzioni adeguate che favoriscano ridotti livelli di manutenzione periodica in quanto la vita media di un impianto di illuminazione, 20-25 anni, impone valutazioni che vanno al di là dei costi dell'impianto e svincola da logiche basate solo sul ribasso economico, privilegiando invece soluzioni tecniche a maggiore efficienze globali.

La sicurezza delle persone deve essere garantita per tutta la durata dell'impianto in condizione di normale funzionamento ed anche in caso di atti vandalici o incidenti, prevedibili in ogni contesto urbano.

#### 4.1.1 *Impianti elettrici*

L'adeguamento della componentistica degli impianti esistenti deve rispettare la normativa vigente ed avere il requisito della marcatura CE, deve possedere una protezione con doppio isolamento (classe II).

Le linee elettriche devono essere previste interrate per ragioni di sicurezza e di impatto visivo; le derivazioni devono essere effettuate in pozzetti e con giunzioni rigide in doppio isolamento. Per le tipologie di apparecchi fissati su mensola parete, l'alimentazione avviene tramite cavi posati in tubi su muro. I cavi dovranno essere posati in modo tale da ridurre al minimo l'impatto visivo ed è preferibile evitare il fissaggio di scatole o cassette di derivazione a vista.

La sostituzione o l'aggiunta di pochi centri luminosi per integrare l'impianto esistente dovrà rispettare la tipologia impiantistica esistente in cui si trova inserito l'impianto purché la tipologia sia conforme alla L.P. 16/07.

#### 4.1.2 *Apparecchi di illuminazione*

I corpi illuminanti, oltre alla specifica conformità alla L.P. 16/07, devono avere le seguenti caratteristiche minime elettriche ed illuminotecniche:

- ottiche full cut-off o completamente schermati con intensità luminosa massima compresa tra 0 e 0,49 candele (cd) per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso a 90° ed oltre;
- grado di protezione minimo degli apparecchi di illuminazione contro la penetrazione ai corpi solidi e liquidi IP65 per il vano lampada e IP44 per il vano accessori (se separati);
- apparecchi di classe II o III nei confronti dei contatti indiretti;
- devono avere il vano ottico chiuso da elementi trasparenti e piani realizzati preferibilmente con materiali come vetro temperato o metacrilato, ovvero stabili e anti ingiallimento;
- gli apparecchi di illuminazione posti ad altezza inferiore a 3 metri devono essere apribili (accesso a parti in tensione) solo con uso di chiave o di un attrezzo (CEI 64-7);
- gli apparecchi per l'illuminazione stradale devono avere un rendimento superiore al 60%, intendendosi per rendimento il rapporto tra il flusso luminoso che fuoriesce dall'apparecchio e quello emesso dalla sorgente interna allo stesso. Gli impianti di

illuminazione stradale devono altresì garantire un rapporto tra interdistanza e altezza delle sorgenti luminose non inferiore al valore di 3,7. Soluzioni con apparecchi lungo entrambi i lati della strada sono consentite nei casi in cui le luminanze di progetto debbano essere superiori a  $1,5 \text{ cd/m}^2$  o per carreggiate con larghezza superiore a 9 m;

- sull'apparecchio di illuminazione devono essere riportati i seguenti dati di targa:
  1. nome della ditta costruttrice, numero di identificazione o modello;
  2. tensione di funzionamento;
  3. limite della temperatura di funzionamento;
  4. grado di protezione IP;
  5. il simbolo  se di classe II;
  6. potenza nominale in Watt e tipo di lampada;
- devono essere scelti apparecchi che permettono diverse regolazioni di lampada o ottica per poter rispondere alle variabili esigenze di illuminazione del territorio;
- dovranno essere fornite tutte le specifiche tecniche dell'apparecchio e le istruzioni per la sua corretta installazione e manutenzione;
- gli apparecchi dovranno essere conformi alle normative di riferimento (CEI 34-21, CEI 34-30, CEI 34-33, CEI 64-7).

#### 4.1.3 *Protezioni*

Il quadro elettrico sarà equipaggiato con un interruttore generale di tipo automatico magnetotermico con relè differenziale polivalente per controllo di guasti a terra.

Le linee trifasi in partenza dovranno essere protette con un interruttore automatico differenziale di tipo selettivo con  $I_d=300$  mA, protetto contro gli scatti intempestivi.

Le singole linee in partenza dovranno essere protette da un interruttore automatico magnetotermico unipolare.

La protezione dei circuiti ausiliari dovrà avvenire mediante idoneo interruttore automatico magnetotermico differenziale.

Si dovranno installare apparecchi di manovra (contattori) con categoria di impiego AC-3 e, nel caso del rifasamento, contattori categoria AC-3 dotati di blocco contatti di passaggio a pre-chiusura e di resistenza di smorzamento di picco.

La protezione da sovratensione di origine atmosferica sarà realizzata mediante l'inserzione di idonei limitatori di sovratensione.

Nell'installazione dei regolatori di flusso centralizzato, le protezioni contro le sovratensioni dovranno essere garantite sia a monte che a valle del regolatore.

Il potere di interruzione di tutti dispositivi deve essere non inferiore a 6 kA per utenze con alimentazione monofase e 10 kA con alimentazione trifase.

Gli interruttori saranno di tipo modulare, in esecuzione fissa. Per il loro dimensionamento si dovrà calcolare il valore efficace della cor-

rente di impiego conoscendo il valore efficace della tensione nominale  $V$  del sistema espresso in Volt, la potenza totale dei carichi che la linea deve alimentare espressa in Watt e il fattore di potenza medio  $\cos \varphi$ .

$$I_b = \frac{P}{k \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Dove  $k$  è uguale a  $\sqrt{3}$  per sistemi trifase mentre è uguale a 1 per quelli monofase.

#### 4.1.4 Quadri elettrici

Il quadro dovrà essere realizzato in vetroresina a doppio isolamento con grado di protezione minimo IP55, grado di protezione IK10. Le targhette identificatrici di ogni elemento presente all'interno del quadro dovranno essere di tipo indelebile ed essere affisse in maniera da risultare visibile con quadro aperto e chiuso, qualora la particolare struttura e/o costituzione dell'elemento, o per effetto dei pannelli di chiusura frontale le suddette targhette dovessero risultare occultate, si procederà alla duplicazione sistematica delle stesse con affissione anche sul fronte quadro, nelle strette vicinanze dell'apparecchio interessato. Il quadro deve essere dimensionato garantendo una riserva di spazio almeno del 20 %.

Nei quadri dovranno essere installati una morsettiera per linee di potenza ed ausiliari, un selettore automatico/manuale a due posizioni per il comando di accensione dell'illuminazione, un relè crepuscolare e un riduttore di flusso luminoso con classe di isolamento II e protezione integrata per sovratensione a valle dello stesso. Il quadro dovrà garantire un grado di protezione IPXXB sulle parti in tensione ac-

cessibili a portella aperta e su di esso dovrà essere riportata una targhetta di identificazione riportante i seguenti dati: costruttore, tensione, corrente nominale, grado di protezione e norma di riferimento.

Le apparecchiature montate all'interno dei quadri saranno collegate fra loro e con gli attacchi di entrata ed uscita a mezzo di conduttori isolati non propaganti l'incendio (norme CEI 20-22). Le disposizioni delle connessioni saranno tali da assicurare in tutte le unità funzionali la stessa sequenza delle fasi. Le stesse saranno anche identificate con targhe o simboli colorati; il morsetto di neutro sarà contrassegnato con il colore blu chiaro.

#### 4.1.5 *Cavidotti*

Tutti i cavi e conduttori impiegati nella realizzazione degli impianti dovranno essere corrispondenti alle norme di unificazione UNEL ed alle normative costruttive vigenti stabilite dal Comitato Elettrico Italiano.

I cavi saranno dimensionati sulla base della corrente nominale del dispositivo di protezione, scelta a sua volta sulla base della corrente di funzionamento dell'apparecchio collegato. Una volta fissata la corrente nominale dell'apparecchiatura si deve tener conto, attraverso coefficienti correttivi, del tipo di posa, della quantità di circuiti posati nella stessa condotta e delle condizioni di temperatura nell'ambiente di posa. Tale criterio si rende necessario per proteggere oltre che l'apparecchiatura, anche la linea di alimentazione e per poter rientrare nei criteri di dimensionamento delle linee richieste dalla normativa, cioè:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Dove  $I_b$  è la corrente di funzionamento dell'apparecchiatura,  $I_n$  quella nominale dell'interruttore e  $I_z$  la portata del cavo.

Scelto il cavo in relazione alla portata, si devono fare delle verifiche per validare la scelta, sulla base della caduta di tensione, della lunghezza limite per la quale il cavo può essere protetto e sull'energia passante per la quale il cavo può ritenersi termicamente protetto dal dispositivo magnetotermico.

La caduta di tensione nelle linee di alimentazione BT dal punto di fornitura al dispositivo collegato viene calcolata in questo modo:

$$v\% = \frac{I_b}{V_f} \cdot (R_l \cdot \cos \varphi + X_l \cdot \sin \varphi) \cdot 100$$

Dove  $V_f$  è la tensione nominale di fase e  $R_l$  e  $X_l$  sono rispettivamente la resistenza e la reattanza della linea considerata mentre  $\varphi$  e  $I_b$  sono la fase e la corrente di impiego del carico alimentato.

Le linee dorsali saranno realizzate mediante una distribuzione trifase con neutro e saranno impiegati conduttori unipolari tipo FG7R 0,6/1 kV.

Le derivazioni per l'alimentazione dei punti luce dovranno essere realizzate in apposita morsettiera in classe II posta in ciascun palo senza effettuare giunzioni interrate o prevedere l'uso di muffole. Ove non fosse possibile tale tipo di derivazione, le giunzioni dovranno essere realizzate nei pozzetti, senza interruzione del conduttore, utilizzando idonei conduttori a compressione crimpati, prevedendo il ripri-

stino dell'isolamento mediante nastro auto agglomerante e successiva finitura mediante nastro isolante.

I conduttori dovranno avere una sezione idonea in maniera da avere una caduta di tensione non superiore al 4 % dal punto di consegna Enel.

Tutti i tubi impiegati dovranno rigorosamente rispondere alle unificazioni UNEL, ed alle Normative del Comitato Elettrico Italiano; essi dovranno inoltre riportare la marchiatura IMQ (Marchio di Qualità) o equivalente.

I modelli e le condizioni di utilizzo sono le seguenti:

- tubo corrugato in PE flessibile per installazione interrata;
- tubo isolante in PVC rigido pesante per installazione fissa a vista;
- tubo isolante in PVC flessibile pesante per installazione fissa sotto intonaco.

Tutte le tubazioni in PVC e polietilene, rigido o flessibile, compresi gli elementi di giunzione, curve, raccordo e fissaggio, dovranno presentare le seguenti caratteristiche tecniche:

- resistenza al fuoco secondo Norme IEC 695-2-1;
- resistenza allo schiacciamento di classe 4, superiore a 1.250 N su 5 cm;
- resistenza agli urti di classe 3;
- resistenza agli agenti chimici, atmosferici, aggressivi e all'invecchiamento;

- resistenza elettrica d'isolamento superiore a 1.000 MΩ a 500 V d'esercizio.

Le tubazioni dovranno essere posate in opera seguendo le regole del buon lavoro e della sicurezza; sia per le tubazioni rigide, che flessibili, a vista o incassate; lo sviluppo sarà orizzontalmente o verticalmente rispetto al piano di calpestio. Non sono ammessi sviluppi in diagonale o a zig-zag.

#### **4.1.6** *Pozzetti*

I pozzetti saranno realizzati con anelli in cls con chiusino in ghisa carrabile ispezionabile; essi avranno dimensioni interne minime pari a 40x40 cm. Dovranno essere installati pozzetti rompitratta in corrispondenza di ciascuna derivazione e cambio di direzione, e almeno ogni 25-30 metri nei tratti rettilinei o ogni sostegno.

#### **4.1.7** *Palificazione*

Nel caso di nuove installazioni i sostegni saranno di tipo tronco conico in acciaio zincato a caldo o verniciati, mentre nel caso di estensioni di impianti esistenti si dovranno installare pali conformi a quanto già installato.

La protezione della base dovrà essere realizzata mediante un colletto in cls, guaina termo resistente o manicotto in acciaio saldato alla base.

Per sostegni verniciati, la verniciatura dovrà essere realizzata direttamente dalla casa produttrice e certificata.

Alla base del palo dovranno essere presenti una morsettiera e un fusibile a doppio isolamento per la derivazione (classe II) completa di portella in alluminio.

## 4.2 **Linee guida progettuali**

### 4.2.1 *Strade principali: strade extraurbane principali, strade urbane di scorrimento*

Appartengono a tale categoria le strade con il maggior traffico motorizzato extraurbano ed urbano ed in particolare le categorie illuminotecniche ME3 e ME4.

In questa situazione si prevede di utilizzare un'armatura stradale totalmente schermata, in alluminio verniciato, possibilità di regolazione del fuoco lampada e con grado di protezione IP55.

Nel caso di adeguamento di impianti esistenti si utilizzeranno gli stessi sostegni verificando la sicurezza e l'obsolescenza dell'impianto elettrico in conformità alle più recenti normative tecniche e di sicurezza. Nel caso di nuove installazioni si utilizzeranno sostegni tronco conici in acciaio zincato a caldo o verniciati. Essi dovranno essere posizionati preferibilmente unilateralmente su marciapiede o carreggiata.

Negli impianti nuovi, ove possibile intervenire sull'interdistanza, si suggerisce di tenere il rapporto minimo interdistanza su altezza palo pari almeno a 3,7.

#### 4.2.2 *Strade secondarie: strade extraurbane secondarie e strade urbane di quartiere*

La categoria illuminotecnica ME5 è caratterizzata da strade di piccole dimensioni e/o prevalentemente residenziali o locali. In ogni caso devono essere garantite adeguate condizioni di visibilità e comfort visivo nonché valori di contrasto di luminanza medio delle carreggiate e uniformità di luminanza che permettano di percepire l'immagine del tracciato stradale in modo netto e coerente con il resto del territorio.

Per tale tipo di applicazione si sceglie un'armatura stradale totalmente schermata con possibilità di regolazione del fuoco della lampada; l'apparecchio dovrà avere un grado di protezione IP55 minimo. In termini di inquinamento luminoso, l'emissione massima sui 90° e oltre deve essere 0,49 cd/klm come richiesto da L.P. 16/07.

I sostegni dovranno rispettare quelli esistenti, nel caso di adeguamento di un impianto, verificando la sicurezza e l'obsolescenza dell'impianto elettrico in conformità alle più recenti normative tecniche e di sicurezza. Nel caso di installazione di nuovi impianti, si dovranno utilizzare sostegni tronco conici in acciaio zincato a caldo o verniciati.

#### 4.2.3 *Strade in zone artigianali*

Nelle zone dedicate ad attività artigianali o industriali è necessaria un'illuminazione dedicata specifica, privilegiando aspetti di efficienza e funzionalità e ridotto impatto ambientale.

### **Illuminazione privata**

L'illuminazione dei capannoni e delle aree limitrofe dovrà avvenire prevalentemente con apparecchi sottogronda posizionati su capannoni.

### **Illuminazione pubblica**

La tipologia di strada che interessa tale tipo di zona ricade nella categoria ME5/ME4b ed hanno un traffico estremamente limitato oltre al tradizionale orario lavorativo.

Si dovranno scegliere armature stradali totalmente schermate con possibilità di regolazione fuori lampada; gli apparecchi dovranno avere un grado di protezione minimo IP55.

Nel caso di adeguamenti, si dovranno utilizzare le tipologie di sostegni preesistenti, mentre per nuovi impianti si dovranno utilizzare sostegni tronco conici in acciaio zincato a caldo o verniciato.

#### **4.2.4** *Aree verdi agricole in aree modestamente abitate*

Le vie secondarie pubbliche e le vie secondarie private dovranno essere caratterizzate da illuminazione ridotta; questo per non compromettere il delicato equilibrio dell'ecosistema (flora e fauna) e perché il traffico ordinario notturno di tali vie è assolutamente trascurabile.

### **Illuminazione privata**

In tali zone si dovranno utilizzare apparecchi che consentano di avere un'illuminazione ridotta e confinata; in tale maniera viene facilitato l'adattamento dell'occhio all'ingresso ed all'uscita da queste entità territoriali.

### **Illuminazione pubblica**

Saranno utilizzati sistemi di segnalazioni passive (catarifrangenti, ...) o attivi (indicatori di prossimità, linee di luce, ...) per la designazione di elementi quali curve pericolose, incroci, ....

Per l'illuminazione si dovranno utilizzare sistemi poco invasivi e con minore effetto sulla fotosensibilità di animali e piante.

In termini di inquinamento luminoso si dovranno rispettare i limiti fissati L.P. 16/07 che prevede di avere un'emissione massima sui 90° e oltre di 0,49 cd/klm.

#### **4.2.5** *Aree verdi, giardini e parchi urbani*

In tali aree dovrà essere salvaguardata la sicurezza nelle ore notturne, evitando fenomeni di forti gradienti di luce, abbagliamenti ed aree contigue di forte discontinuità del flusso luminoso alternate con fasce d'ombra.

L'illuminazione dovrà avvenire con apparecchi decorativi, con ottica full cut-off.

#### **4.2.6** *Percorsi a traffico prevalentemente pedonale a carattere locale*

L'illuminazione di vie locali, prevalentemente ad uso pedonale o a traffico limitato, poste al di fuori del centro storico, dovrà garantire una percezione visiva del territorio in modo adeguato.

Si dovrà utilizzare un apparecchio illuminante con caratteristiche di arredo urbano con possibilità di regolazione del fuoco lampada.

#### **4.2.7** *Strade e piazze a traffico prevalentemente pedonale e aree di aggregazione e ricreazione*

In tale contesto saranno utilizzati apparecchi sottogronda nel caso di tracciati stretti, mentre, per tracciati misti, si utilizzeranno apparecchi d'arredo.

#### **4.2.8** *Piste ciclabili*

La scelta migliore è quella di illuminare le piste ciclabili con caratteristiche di scarsa illuminazione che le rendono attualmente pericolose per il transito serale/notturno.

L'apparecchio da utilizzare per questa applicazione dovrà presentare caratteristiche di arredo urbano da posare su palo adatto all'illuminazione di percorsi ciclo-pedonali.

#### **4.2.9** *Rotatorie*

L'illuminazione delle rotatorie dovrà essere effettuata attraverso l'utilizzo di corpi illuminanti esterni alla rotatoria.

### **4.3** **Manutenzione degli impianti**

Il P.R.I.C. (Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale) costituisce l'atto di programmazione per la realizzazione dei nuovi impianti di illuminazione e per ogni intervento di modifica, adeguamento, manutenzione, sostituzione ed integrazione sulle installazioni di illuminazione esistenti nel territorio comunale.

Il P.R.I.C. deve perseguire il contenimento dell'inquinamento luminoso, la valorizzazione del territorio, il miglioramento della qualità della vita, la sicurezza del traffico e delle persone, il risparmio energetico.

Il piano di manutenzione è necessario per prevenire avarie, guasti e disservizi. Viene redatto per programmare le operazioni di controllo, sostituzione o manutenzione di tutti i dispositivi che concorrono a formare il sistema di illuminazione pubblica.

#### 4.3.1 *Organizzazione della manutenzione*

I controlli sulle apparecchiature e sui componenti vengono stabiliti pianificati in base alle indicazioni fornite dal progettista dell'impianto, da chi gestisce l'impianto, dai costruttori delle apparecchiature e da obblighi di legge o normative. Tale attività consente di conservare gli impianti di illuminazione in perfetta condizione.

Gli interventi manutentivi possono essere costituiti da:

- operazioni di manutenzione programmata: finalizzati a prevenire guasti o degrado;
- operazioni di manutenzione predittiva o secondo condizione: interventi nel momento di effettiva necessità;
- operazioni di manutenzione a guasto: interventi dopo che si è verificata la rottura del componente;
- operazioni di manutenzione di opportunità: sfruttando altre fasi di intervento.

Le operazioni di manutenzione, eseguite sulle apparecchiature non in tensione, sono regolamentate dalle vigenti normative di legge in materia e devono essere effettuate esclusivamente da personale autorizzato dotato di tutti i dispositivi di protezione personale previsti per legge, e della strumentazione minima prevista per tali tipi di interventi.

Gli interventi più comuni legati ad un uso normale e ordinario degli impianti di illuminazione sono i seguenti:

- sostituzione delle lampade;
- pulizia degli apparecchi di illuminazione;
- stato di conservazione dell'impianto;
- verniciatura e protezione della corrosione dei sostegni.

Gli interventi manutentivi devono essere coordinati in modo da minimizzare i costi d'intervento e massimizzare l'efficacia. Le modalità operative minime sono le seguenti:

- far corrispondere il cambio lampada con la pulizia dei vetri di protezione e chiusura;
- i quadri elettrici vanno puliti periodicamente, ogni anno, assicurando che i contrassegni conservino la loro leggibilità. Dovranno essere controllate le linee nei pozzetti e l'efficienza dei relè crepuscolari;
- manutenzione degli impianti elettrici mantenendo inalterate le caratteristiche;
- i sostegni metallici vanno tenuti sotto osservazione al fine di provvedere alla loro verniciatura quando necessaria. La verniciatura può essere prevista intorno ai cinque anni limitatamente per sostegni verniciati e periodi molto più lunghi, inferiore a 10 anni, per i pali in acciaio zincato.

Un particolare chiarimento è necessario nei confronti delle operazioni di cambio lampada:

- calcolare i tempi di accensione media annua dei singoli circuiti e confrontarli con le tabelle fornite dai produttori della vita media delle lampade installate;
- calcolare il costo dell'intervento di manutenzione come somma del costo della sorgente e del tempo medio di sostituzione della medesima;
- le sorgenti luminose mal sopportano sbalzi di tensione e frequenti cicli di accensione e spegnimento;
- non maneggiare le sorgenti luminose con le dita;
- non utilizzare le apparecchiature in condizioni differenti da quelli suggeriti dalla ditta costruttrice;
- l'utilizzo di sistemi di stabilizzazione della tensione migliora le performance, riduce i costi energetici ed aumenta la vita media delle sorgenti luminose.

#### 4.3.2 *Riferimenti normativi e legislativi*

La sicurezza relativa alle attività di esercizio e conduzione di impianti elettrici, sono oggetto di norme tecniche UNI e CEI e sono anche disciplinate da leggi dello Stato (D.Lgs. 81/2008).

I principali provvedimenti legislativi e norme tecniche nazionali in vigore, di diretto interesse in materia di sicurezza degli impianti elettrici e che risultano più importanti ai fini della manutenzione degli stessi sono i seguenti:

- DPR 27 aprile 1955, n. 547 "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro";

- D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 62 "Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro";
- D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 494 "Attuazione della direttiva 92/57 concernente le prescrizioni minime da attuare nei cantieri temporanei e mobili";
- D.M. 22 gennaio 2008, n. 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici";
- Legge 18 ottobre 1977, n. 791 "Attuazione della direttiva del Consiglio della comunità europea (72/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione";
- Legge 11 febbraio 1994 n. 109 "Legge Quadro in materia di lavori pubblici";
- DPR 21 dicembre 1999 n. 554 "Regolamento di attuazione della Legge Quadro in materia di lavori pubblici del 11/02/94 n. 109";
- Norma CEI 11-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata";
- Norma CEI 11-15 "Esecuzione dei lavori sotto tensione su impianti elettrici di categoria II e III in corrente alternata";

- Norma CEI 11-15 "Esecuzione dei lavori sotto tensione su impianti elettrici di categoria II e III in corrente alternata";
- Norma CEI 11-24 "Terminologia per gli attrezzi e gli equipaggiamenti usati per lavori sotto tensione";
- Norma CEI 11-27 "Esecuzione dei lavori su impianti elettrici a tensione nominale superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- Norma CEI 11-27/1 "Esecuzione dei lavori elettrici. Parte 1: requisiti minimi di formazione per lavori non sotto tensione su sistemi di categoria 0, I, II e III e lavori sotto tensione su sistemi di categoria 0 e I";
- Norma CEI 11-48 "Esercizio degli impianti elettrici";
- Norma CEI 11-49 "Esercizio degli impianti elettrici (allegati nazionali)";
- Norma CEI 64-8/7 "Impianti elettrici di illuminazione pubblica";
- Norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- Norma CEI 64-12 "Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario";
- Norma CEI 64-14 "Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori";
- Norma CEI 64-17 "Guida per l'esecuzione degli impianti elettrici sui cantieri";

- Norma CEI 64-50 "Edilizia residenziale. Guida per l'esecuzione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri generali";
- Norma UNI 9910 "Manutenzione – terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio";
- Norma UNI 10144 "Manutenzione – classificazione dei servizi di manutenzione";
- Norma UNI 10145 "Manutenzione – definizione dei fattori di valutazione delle imprese fornitrici di servizi di manutenzione";
- Norma UNI 10146 "Manutenzione – criteri per la formulazione di un contratto per la fornitura di servizi di manutenzione";
- Norma UNI 10147 "Manutenzione – terminologia";
- Norma UNI 10148 "Manutenzione – gestione di un contratto di manutenzione";
- Norma UNI 10224 "Manutenzione – principi fondamentali della funzione manutenzione";
- Norma UNI 10366 "Manutenzione – criteri di progettazione della manutenzione";
- Norma UNI 10388 "Manutenzione – indici di manutenzione";
- Norma UNI 10449 "Manutenzione – criteri per la formulazione e gestione del processo di lavoro";
- Norma UNI 10584 "Manutenzione – Sistema informativo di manutenzione";

- Norma UNI 10685 "Criteri per la formulazione di contratti global service";
- Norma UNI 10874 "Criteri di stesura dei manuali d'uso e di manutenzione".

#### 4.3.3 *Apparecchi di illuminazione*

La pulizia e la manutenzione del vano ottico degli apparecchi di illuminazione sono attività da svolgersi in occasione di ogni cambio lampade utilizzando prodotti specifici chimici non aggressivi, in maniera da mantenere inalterate le caratteristiche prestazionali.

In tabella vengono illustrate le principali criticità e anomalie cui possono essere soggetti gli apparecchi di illuminazione.

| Criticità | Componente   | Criticità   |                                |
|-----------|--|---|--------------------------------|
|           | Sistema di fissaggio dell'apparecchio su palo/braccio                    | Difettosità del sistema di serraggio<br>Corrosione metallica<br>Errato orientamento dell'apparecchio sulla strada                 |                                |
|           | Vano ottico delle armature/proiettori, ...                               | Sporcizia, opacizzazione delle coppe, ossidazione riflettore  |                                |
|           | Sistema di chiusura della armature/proiettori, ...                       | Difettosità del sistema di chiusura<br>Degradazione delle guarnizioni e conseguente riduzione del grado di protezione nominale IP |                                |
| Ispezioni | Tipo ispezione   | Periodicità   | Risorse impiegate              |
|           | Verifica del fissaggio degli apparecchi ai bracci o sostegni             | In base alla periodicità del ricambio lampade   | Formazione tipo A <sup>2</sup> |
|           | Verifica dell'inclinazione del gruppo ottico rispetto alla sede stradale | In base alla periodicità del ricambio lampade   | Formazione tipo A              |

<sup>2</sup> Formazione tipo A: composta da n. 1 operaio elettricista specializzato e formato come Persona esperta (PES)

|                   |  |   |   |
|-------------------|--|---|---|
|                   | Verifica dello stato degli accessori elettrici interni (accenditore, alimentatore, condensatore, fotocellula, ...) e del cablaggio elettrico | In occasione di ogni ricambio lampade, a programma o su guasto  | Formazione tipo A                                 |
|                   | Verifica dell'integrità di vetri, globi, schermi, guarnizioni, ...   | In base alla periodicità del ricambio lampade (di norma 2 anni) | Formazione tipo A                                 |
| <b>Interventi</b> | <b>Intervento</b>  | <b>Periodicità</b>  | <b>Risorse impiegate e modalità di esecuzione</b> |
|                   | Pulizia del vano ottico (coppa, riflettore, schermi, guarnizioni, ...)   | In occasione di ogni ricambio lampade, a programma o su guasto  | Formazione tipo A                                 |

*Manutenzione degli apparecchi di illuminazione*

**4.3.4 Sorgenti luminose**

La vita media delle sorgenti luminose influisce sulla periodicità con la quale vengono sostituite le lampade; tale valore è caratteristico della tipologia di lampada. Vi sono numerosi fattori che influenzano la vita utile delle lampade, tra i quali è possibile citare lo scarso smaltimento del calore, il gruppo di alimentazione non idoneo, gli sbalzi della tensione di alimentazione.

La periodicità suggerita per la sostituzione delle lampade, tenendo conto che sono previste minimo 4.000 ore di funzionamento annue, è la seguente:

| <b>Tipo di lampada</b>                    | <b>Periodicità di sostituzione senza regolatori di flusso</b> |
|---|---|
| Lampade ad incandescenza                  | Ogni 1.000 ore di funzionamento (3 mesi)                      |
| Lampade fluorescenti lineari              | Ogni 8.000 ore di funzionamento (2 anni)                      |
| Lampade fluorescenti compatte             | Ogni 6.000 ore di funzionamento (18 mesi)                     |
| Lampade a vapori di mercurio              | Ogni 8.000 ore di funzionamento (2 anni)                      |
| Lampade a luce miscelata                  | Ogni 8.000 ore di funzionamento (2 anni)                      |
| Lampade a vapori di sodio alta pressione  | Ogni 8.000 ore di funzionamento (2 anni)                      |
| Lampade a vapori di sodio bassa pressione | Ogni 10.000 ore di funzionamento (30 mesi)                    |

|  |   |
|--|---|
| Lampade ad alogenuri metallici           | Ogni 6.000 ore di funzionamento (18 mesi)                   |
| <b>Tipo di lampada</b>                   | <b>Periodicità di sostituzione con regolatori di flusso</b> |
| Lampade a vapori di sodio alta pressione | Ogni 12.000 ore di funzionamento (3 anni)                   |

*Periodicità ricambio lampade*

**4.3.5** *Linee elettriche di alimentazione*

Per prevenire possibili rischi elettrici derivanti da contatti con parti metalliche normalmente non in tensione e di possibili interruzioni del servizio devono essere effettuati controlli periodici di tutta la componentistica del sistema di distribuzione e alimentazione dei centri luminosi.

| <b>Criticità</b>  | <b>Componente</b>   | <b>Criticità</b>  |   |
|-------------------|---|---|---|
|                   | Conduttori  | Deterioramento dell'isolamento elettrico                                  |   |
|                   | Giunzioni, connessioni in linea   | Deterioramento dell'isolamento elettrico                                  |   |
|                   | Cassette di derivazione (se presenti)   | Deterioramento dell'isolamento elettrico e difettosità contatti elettrici |   |
| <b>Ispezioni</b>  | <b>Tipo di ispezione</b>  | <b>Periodicità</b>  | <b>Risorse impiegate</b>                          |
|                   | Verifica dei punti di derivazione alla base dei pali o nelle cassette di derivazione                                | 2 anni  | Formazione tipo A                                 |
|                   | Verifica dello stato d'isolamento dei conduttori delle dorsali e delle derivazioni                                  | 2 anni  | Formazione tipo A                                 |
|                   | Dì verifica dello stato di conservazione delle cassette di derivazione, delle morsettiere e delle portelle dei pali | 2 anni  | Formazione tipo A                                 |
|                   | Verifica dello stato di conservazione dei giunti (se ispezionabili)   | 2 anni  | Formazione tipo A                                 |
| <b>Interventi</b> | <b>Intervento</b>   | <b>Periodicità</b>  | <b>Risorse impiegate e modalità di esecuzione</b> |
|                   | Sostituzione cablaggi, cassette di derivazione, se ritenuti necessari alle verifiche                                | Secondo esito ispezione   | Formazione tipo A                                 |

*Manutenzione linee elettriche di alimentazione*

#### 4.3.6 Quadri elettrici BT di alimentazione e comando

Nei quadri elettrici sono installati dispositivi di sezionamento e manovra degli impianti di illuminazione pubblica che si possono deteriorare e di conseguenza provocare guasti.

| Criticità  | Componente  | Criticità   |  |
|------------|---|---|--|
|            | Armadi stradali   | Usura e danneggiamento del telaio e dello sportello<br>Deterioramento dell'isolamento elettrico, nel caso di armadi in materiale isolante                                 |  |
|            | Dispositivi di protezione, sezionamento e manovra degli impianti di illuminazione pubblica  | Obsolescenza dei dispositivi (interruttori differenziali, magnetotermici, contattori, ...)<br>Ossidazione dei contatti elettrici con rischi conseguenti di arco elettrico |  |
| Ispezioni  | Tipo di ispezione   | Periodicità   | Risorse impiegate                          |
|            | Verifica a vista dello stato di conservazione del telaio e degli sportelli degli armadi   | 1 anno  | Formazione tipo B <sup>3</sup>             |
|            | Controllo anche mediante misura dei parametri elettrici dell'impianto (correnti di linea, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva)  | 1 anno  | Formazione tipo B                          |
|            | Verifica stato di conservazione e valore di taratura dei dispositivi di accensione (interruttori crepuscolari, magnetotermici, ...)   | 1 anno  | Formazione tipo B o C <sup>4</sup>         |
|            | Verifica dell'efficienza dei dispositivi di protezione differenziale, mediante prova diretta di funzionamento e dei dispositivi di protezione delle linee (magnetotermici, ...) | 1 anno  | Formazione tipo B                          |
|            | Verifica dispositivi di inserzione automatica in caso di esistenza di impianti di rifasamento automatico  | 1 anno  | Formazione tipo B                          |
| Interventi | Intervento  | Periodicità   | Risorse impiegate e modalità di esecuzione |
|            | Regolazione, tarature   | Secondo esito ispezione   | Formazione tipo B                          |

<sup>3</sup> Formazione tipo B: composta da n. 1 operaio elettricista qualificato e formato come Persona avvertita (PAV), n. 1 operaio elettricista specializzato e formato come Persona esperta (PES)

<sup>4</sup> Formazione tipo C: composta da n. 1 operaio elettricista qualificato e formato come Persona avvertita (PAV), n. 1 operaio elettricista specializzato e formato come Persona esperta (PES)

|  |   |        |  |
|--|---|--------|--|
|  | Eventuale modifica del cablaggio per riequilibrare i carichi sulle tre fasi | 1 anno |  |
|--|---|--------|--|

*Manutenzione quadri elettrici in BT*

**4.3.7** *Apparecchiature di regolazione del flusso luminoso e di controllo*

Per garantire nel tempo l'efficienza del sistema di regolazione del flusso luminoso e di telecontrollo sono necessarie le attività riportate nella tabella seguente.

| <b>Criticità</b>  | <b>Componente</b>   | <b>Criticità</b>   |   |
|-------------------|---|--|---|
|                   | Armadi stradali   | Usura e deterioramento del telaio e dello sportello      |   |
|                   | Dispositivi di segnalazione, di allarme o di monitoraggio (se esistenti)  | Difettosità di funzionamento<br>Deterioramento per usura |   |
| <b>Ispezioni</b>  | <b>Tipo di ispezione</b>  | <b>Periodicità</b>                                       | <b>Risorse impiegate</b>                          |
|                   | Verifica integrità degli armadi stradali  | 1 anno   | Formazione tipo B                                 |
|                   | Verifica delle tarature dei parametri impostati (orologio, misure, ...)   | 1 anno   | Formazione tipo B o C                             |
|                   | Verifica dello stato dei componenti e del funzionamento delle schede elettroniche   | 1 anno   | Formazione tipo B                                 |
|                   | Verifica funzionamento interruttori e relè differenziali  | 1 anno   | Formazione tipo B                                 |
|                   | Verifica dati registrati ed eventuali situazioni di malfunzionamento  | 1 anno   | Formazione tipo B                                 |
| <b>Interventi</b> | <b>Intervento</b>   | <b>Periodicità</b>                                       | <b>Risorse impiegate e modalità di esecuzione</b> |
|                   | Sostituzione dei dispositivi di protezione, segnalazione, commutazione, ..., qualora tali interventi risultassero necessari dalle verifiche | Secondo esito ispezione                                  | Formazione tipo B                                 |
|                   | Pulizia interna delle bocchette e delle griglie di aerazione (da vegetazione, animali, ...)   |  |   |

*Manutenzione regolatori di flusso*

#### 4.3.8 Sostegni

Periodiche ispezioni e interventi di manutenzione dovranno essere effettuati ai pali in acciaio stradali e di arredo urbano, ai bracci a parete e le mensole. Particolare cura ed attenzione sarà dedicata al controllo dello stato di corrosione alla sezione d'incastro dei sostegni metallici, in quanto esso risulta un fenomeno particolarmente insidioso e si possono avere estreme conseguenze, come la caduta del sostegno, senza alcun segno premonitore. Il fenomeno corrosivo può essere rilevato facendo ricorso a diverse tecniche:

- misura della resistenza di polarizzazione;
- spessimetro ad ultrasuoni;
- spessimetro T-scan;
- radiografia;
- analisi chimico-fisica del sito e delle infrastrutture.

Nell'ambito della manutenzione programmata – preventiva vengono elencate nella tabella seguente le principali attività.

| Criticità | Componente   | Criticità   |                   |
|-----------|--|---|-------------------|
|           | Pali in acciaio verniciato/zincato   | Corrosione in corrispondenza della sezione di incastro nel palo   |                   |
|           | Pali in cemento centrifugato e/o vibrato   | Degradazione del materiale che costituisce lo strato superficiale del sostegno e progressiva corrosione del ferro che ne costituisce la struttura |                   |
|           | Bracci in acciaio installati a parete o su palo                                      | Corrosione in corrispondenza delle zone di connessione e attacco ai sostegni o a parete e agli apparecchi d'illuminazione                         |                   |
|           | Tesate   | Corrosione delle funi di acciaio per apparecchi a sospensione   |                   |
| Ispezioni | Tipo di ispezione/componente   | Periodicità   | Risorse impiegate |
|           | Verifica zincatura e protezione anticorrosiva / sostegni e bracci in acciaio zincato | 2 anni  | Formazione tipo C |

|                   |  |                    |                          |
|-------------------|--|--------------------|--------------------------|
|                   | Verifica stato di corrosione / sostegni in acciaio       | 2 anni             | Formazione tipo C        |
|                   | Verifica stabilità (e verticalità) / sostegni e bracci   | 2 anni             | Formazione tipo C        |
|                   | Verifica collegamenti di terra / sostegni (se esistente) | 2 anni             | Formazione tipo C        |
| <b>Interventi</b> | <b>Intervento</b>  | <b>Periodicità</b> | <b>Risorse impiegate</b> |
|                   | Verniciatura / sostegni e mensole                        | 3-4 anni           | Formazione tipo C        |

*Controllo periodico stato di conservazione dei sostegni*

#### 4.3.9 Smaltimento rifiuti

Le norme di smaltimento dei rifiuti disciplinano lo smaltimento di diverse categorie di materiali provenienti da lavori sull'illuminazione pubblica.

Le principali tipologie di rifiuti provenienti dalle operazioni di manutenzione possono essere suddivisi nelle seguenti categorie con i codici CER (Codici Europei del Rifiuto) di cui all'allegato A del D.Lgs. 22/1997 "Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti pericolosi e 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi ed i rifiuti di imballaggio" (Decreto Ronchi):

| <b>Provenienza</b>  | <b>Codice CER</b>  | <b>Tipo di rifiuto</b>  |
|---|--|---|
| Demolizione di pavimentazioni stradali o manufatti edili<br>Prelievo di pali in c.a.c.  | 101303<br>170101<br>170102<br>170103<br>170104<br>170701<br>200301 | Rifiuti costituiti da laterizi, calcestruzzo, spezzoni di palo in c.a.c., terre inerti, sottofondi stradali |
| Prelievo di pali, bracci metallici, sospensioni, parti metalliche delle apparecchiature | 120102<br>120101<br>160208<br>150104                               | Rifiuti in ferro, acciaio, ghisa  |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   | 170405<br>190108<br>190102<br>200105<br>200106 |  |
| Prelievo e sfridi di cavi o span-<br>denti di terra   | 170401<br>170408<br>160199<br>160208           | Spezzoni di cavo in rame ricoper-<br>to  |
| Prelievo di componenti dei<br>quadri e degli apparecchi di il-<br>luminazione (escluse le lampa-<br>de), giunti | 160202<br>200124<br>110104<br>110401<br>110201 | Apparecchi elettrici, elettrotecnici<br>ed elettronici, rottami elettrici ed<br>elettronici contenenti e non me-<br>talli preziosi |
| Prelievo di lampade   | 160205   | Lampade al sodio ad alta pressio-<br>ne  |
| Prelievo di sorgenti luminose<br>contenenti mercurio  | 200121   | Lampade ai vapori di mercurio –<br>tubi fluorescenti   |

*Tipologie di rifiuti provenienti da manutenzione dell'illuminazione pubblica*

Per evitare impatti ambientali negativi potenzialmente dovuti allo smaltimento incontrollato dei rifiuti sui territori, si dovrà mettere a punto un sistema di controllo del flusso del rifiuto, tramite l'impiego di formulari destinati all'identificazione delle tipologie e l'annotazione dei dati in registri di carico/scarico.

## 5 VERIFICA DELLO STATO DI FATTO

La Tabella 6 riepiloga i principali dati di consumo e costo energetico della pubblica illuminazione del Comune di Cavalese e riporta una serie di indici di efficienza energetica ed economica, utili al fine di valutare l'attuale livello di efficienza degli impianti. Si precisa che gli indici di efficienza riportati in Tabella 6 sono relativi all'intero parco lampade del Comune esclusa l'illuminazione degli impianti sportivi.

La valutazione avviene attraverso il confronto degli indici calcolati con valori statistici di riferimento, caratteristici di realtà simili al Comune di Cavalese in termini di dimensioni territoriali e numero di abitanti.

| <b>Consumi e costi di esercizio</b>                 |                  |
|---|------------------|
| Numero di punti luce                                | 1.650            |
| Potenza installata (lampade e alimentatori)         | 239,41 kW        |
| Consumo di energia elettrica                        | 814.384 kWh/anno |
| Prezzo di acquisto dell'energia (IVA incl.)         | 0,17 €/kWh       |
| Costo in bolletta                                   | 138.445 €/anno   |
| <b>Indici di efficienza energetica ed economica</b> |                  |
| Ore equivalenti di accensione delle lampade         | 3.401 ore/anno   |
| Potenza installata media per punto luce             | 145 W/p.l.       |
| Consumo annuo medio per punto luce                  | 494 kWh/p.l.     |
| Costo in bolletta annuo medio per punto luce        | 84 €/p.l.        |

Tabella 6 – Sintesi dei dati di consumo e costo energetico e indici di efficienza

Le ore equivalenti di accensione delle lampade misurano il livello di regolazione degli impianti. Esse rappresentano il rapporto fra il consumo annuo di energia elettrica degli impianti e la potenza totale installata: all'aumentare del grado di regolazione, le ore equivalenti si riducono, in quanto diminuisce il consumo a parità di potenza installata. Per gli impianti non soggetti ad alcuna regolazione le ore equivalenti coincidono con quelle effettive di accensione delle lampade e sono pari a circa 4.200 ore/anno. Nel caso specifico del Comune di Cavalese le ore equivalenti sono molto più basse in conseguenza della presenza di regolatori di flusso che riducono i consumi di energia senza compromettere l'uniformità dell'illuminazione stradale e senza penalizzare la qualità del servizio offerto ai cittadini.

La potenza installata media per punto luce è un indice dell'efficienza energetica del parco apparecchi-lampade: a parità di flusso diretto sulla sede stradale, maggiori sono l'efficienza ottica degli apparecchi e l'efficienza luminosa delle lampade e minore è la potenza installata delle lampade medesime. Valori nell'intorno di 100 W/p.l. (includere le perdite degli alimentatori) sono tipici di una buona efficienza. Nel Comune di Cavalese l'impiego di un numero significativo di lampade a bassa efficienza (vapori di mercurio) pone gli impianti di illuminazione pubblica al di sopra del valore indicato. Tale valore può essere migliorato eliminando le lampade ai vapori di mercurio che rappresentano una tecnologia di sorgente luminosa obsoleta e sempre più in disuso, a causa della scarsa efficienza luminosa (45÷50 lm/W) e della ridotta durata di vita utile (12.000 ore).

I rimanenti due indici in Tabella 6 (consumo e costo annuo medio per punto luce) sono una diretta conseguenza di quelli già analizzati:

un impianto avente un parco di apparecchi e lampade efficiente con un buon grado di regolazione registra un basso consumo energetico e una bolletta "leggera". Consumi inferiori ai 400 kWh/p.l. e costi in bolletta minori di 60 €/p.l. sono caratteristici di una buona efficienza. Anche in questo caso gli indici del Comune di Cavalese risultano maggiori dei valori indicati e possono essere migliorati operando prioritariamente sulla sostituzione degli apparecchi inquinanti dotati di lampade ai vapori di mercurio con nuovi apparecchi cut-off e sorgenti luminose ad alta efficienza.

## 5.1 **Classificazione delle strade**

Il "Nuovo Codice della Strada" (D.Lgs. 30/04/1992 n. 285 e s.m.i.) ha previsto la seguente classificazione delle strade sulla base delle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali:

- *tipo A*: autostrade;
- *tipo B*: strade extraurbane principali;
- *tipo C*: strade extraurbane secondarie;
- *tipo D*: strade urbane di scorrimento;
- *tipo E*: strade urbane di quartiere;
- *tipo F*: strade locali.

Assunto che le caratteristiche delle autostrade (tipo A) siano note, si riportano nel seguito i più importanti elementi che contraddistinguono gli altri tipi di strada. Le strade extraurbane principali (tipo B) hanno carreggiate indipendenti o separate da uno spartitraffico invalicabile e sono prive di intersezioni a raso; ciascuna carreggiata dispone di almeno due corsie di marcia. Le strade extraurbane secon-

darie (tipo C) hanno una carreggiata con almeno una corsia per senso di marcia (tipicamente S.P., S.R. o S.S.). Le strade urbane di scorrimento (tipo D) hanno carreggiate indipendenti o separate da uno spartitraffico, ognuna con almeno due corsie di marcia, ma possono avere intersezioni a raso semaforizzate. Le strade urbane di quartiere (tipo E) hanno una carreggiata con almeno due corsie, ma, a differenza delle precedenti, sono strade di penetrazione nel centro urbano verso la rete locale. Le strade locali (tipo F) compongono la rete viaria locale interna all'abitato. Sul territorio comunale di Cavalese si trovano strade extraurbane secondarie (tipo C) e strade locali urbane (tipo F).

Di seguito sono riportate alcune strade di Cavalese classificate come strade extraurbane secondarie (tipo C) e locali urbane (tipo F).



Via Marmolaia



Via Marco



Via Trento



Viale Dolomiti

Figura 79 - **Strade extraurbane secondarie (tipo C) a Cavalese**



Via Cauriol



Piazza Cesare Battisti



Via Roma



Località Marco

Figura 80 - **Strade locali (tipo F) a Cavalese**

## 5.2 Categorie illuminotecniche delle strade

Sulla base delle indicazioni delle norme UNI 11248 e UNI EN 13201, ad ogni tipo di strada è assegnata una categoria illuminotecnica di riferimento (Tabella 7). A ciascuna categoria sono associati determinati requisiti fotometrici che tengono conto delle esigenze visive degli utenti di quel tipo di strada.

| Tipo di strada | Descrizione del tipo della strada  | Limiti di velocità [km h-1] | Categoria illuminotecnica di riferimento |
|----------------|--|-----------------------------|--|
| A <sub>1</sub> | Autostrade extraurbane   | 130 - 150                   | ME1                                      |
|                | Autostrade urbane  | 130                         |  |
| A <sub>2</sub> | Strade di servizio alle autostrade   | 70 - 90                     | ME3a                                     |
|                | Strade di servizio alle autostrade urbane  | 50                          |  |
| B              | Strade extraurbane principali  | 110                         | ME3a                                     |
|                | Strade di servizio alle strade extraurbane principali                                      | 70 - 90                     | ME4a                                     |
| C              | Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C24)  | 70 - 90                     | ME3a                                     |
|                | Strade extraurbane secondarie  | 50                          | ME4b                                     |
|                | Strade extraurbane secondarie con limiti particolari                                       | 70 - 90                     | ME3a                                     |
| D              | Strade urbane di scorrimento veloce  | 70                          | ME3a                                     |
|                |  | 50                          |  |
| E              | Strade urbane interquartiere   | 50                          | ME3c                                     |
|                | Strade urbane di quartiere   | 50                          |  |
| F              | Strade locali extraurbane (tipi F1 e F24)  | 70 - 90                     | ME3a                                     |
|                | Strade locali extraurbane  | 50                          | ME4b                                     |
|                |  | 30                          | S3                                       |
|                | Strade locali urbane (tipi F1 e F24)   | 50                          | ME4b                                     |
|                | Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30                            | 30                          | CE4                                      |
|                | Strade locali urbane: altre situazioni   | 30                          | CE5/S3                                   |
|                | Strade locali urbane: aree pedonali  | 5                           |  |
|                | Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti) | 5                           | CE5/S3                                   |
|                | Strade locali interzonali  | 50                          |  |
| 30             |  |                             |  |
|                | Piste ciclabili <sup>5)</sup>  | Non dichiarato              | S3                                       |
|                | Strade a destinazione particolare <sup>6)</sup>  | 30                          |  |

Tabella 7 – **Classificazione delle strade e individuazione delle categorie illuminotecniche di riferimento**

Si riporta nel seguito una breve descrizione delle categorie:

- *categorie ME*: riguardano i conducenti di veicoli motorizzati su strade che consentono velocità di marcia medio-alte;

- *categorie CE*: riguardano i conducenti di veicoli motorizzati e si riferiscono a zone di conflitto come strade in zone commerciali, incroci stradali di una certa complessità, rotonde e zone con presenza di coda;
- *categoria S3*: riguarda pedoni e ciclisti su zone pedonali e piste ciclabili, corsie di emergenza e altre zone della strada separate o lungo la carreggiata di una via di traffico, strade urbane con un limite di velocità molto basso (minore di 30 km/h), strade pedonali, aree di parcheggio, cortili scolastici, ecc.

Per quanto concerne le strade di Cavalese, si osserva che:

- alle strade extraurbane secondarie di tipo C è assegnata la categoria di riferimento ME3a se le velocità consentite sono alte (limite compreso fra i 70 e i 90 km/h) o la categoria ME4b se le velocità consentite sono più basse (limite di 50 km/h);
- alle strade locali urbane di tipo F è assegnata la categoria di riferimento ME4b;

La stessa norma consente di variare la categoria illuminotecnica di riferimento di una strada (assegnata solo in base al tipo di strada) in relazione ad un'analisi dei rischi specifici. Nel caso del Comune di Cavalese le strade locali urbane (tipo F) si possono declassare alla ME5, in quanto:

- i compiti visivi sono normali (non sono resi complessi dalla presenza di elementi ai lati delle strade o nelle direzioni di marcia in grado di confondere o distrarre gli utenti);
- i flussi di traffico sono ridotti.

Alla luce di queste considerazioni si può concludere che:

- alle strade extraurbane secondarie di tipo C è assegnata la categoria ME4a;
- alle strade locali urbane di tipo F è assegnata la categoria ME5;
- alle aree di parcheggio sono è assegnata la categoria CE5;
- alle aree pedonali, alle piste ciclabili e in zone con limite di velocità molto basso è assegnata la categoria S3.

### 5.3

## Classificazione corpi illuminanti

I corpi illuminanti sono identificati con una lettera seguita da un numero progressivo (ad esempio A01): la lettera fa riferimento alla classificazione degli apparecchi illuminanti adottata dalla Provincia di Trento e riportata nel "Piano Provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso" (Tabella 8).

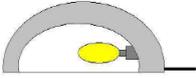
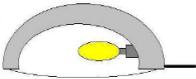
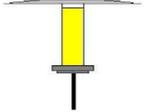
|  |   |
|--|---|
| <p>1. <u>Apparecchi di classe A</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa massima per angoli gamma maggiori o uguali a 90°, compresa tra 0,00 e 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale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

Tabella 8 - **Classificazione degli apparecchi illuminanti nella Provincia di Trento**

Si fa notare che la codifica assegnata ai corpi illuminanti (Composizione) di Cavalese tiene conto delle caratteristiche proprie degli apparecchi; vengono valutati i tipi di sostegno (palo curvo, palo con sbraccio, testa-palo, mensola a parete, ecc.), lo sbraccio e l'altezza del corpo e il tipo di lampada installata. Solo nel successivo capitolo "Piano di intervento" verranno condotte le analisi considerando anche le condizioni di installazione come per esempio l'angolo di inclinazione. Le caratteristiche di ciascuna composizione sono riportate nelle schede allegate alla presente relazione (**Allegato A**).

Nel seguito si riportano le fotografie e le descrizioni degli apparecchi installati a Cavalese e la codifica assegnata.



A01 – Proiettore



A04 – Corpo tecnico



A12 – Corpo tecnico



A14 – Corpo artistico



A31 - Proiettore



A47 - Corpo tecnico



A50 - Armatura stradale



A61 - Corpo tecnico



A67 - Residenziale



A73 - Proiettore

Figura 81 - **Codifica dei corpi illuminanti - (classe A)**

**Classe A:** gli apparecchi in classe A sono caratterizzati dalla presenza di vetro piano o da ottica aperta e non emettono luce sopra il piano orizzontale passante per il centro della lampada. L'intensità luminosa sopra al piano orizzontale non deve essere maggiore di 0,49 candele per 1000 lumen di flusso luminoso. Nel territorio comunale sono state rilevate 88 tipologie classe A per un totale di 537 punti luce (25% dei corpi censiti). La maggior parte di apparecchi rilevati sono proiettori, utilizzati soprattutto negli impianti sportivi o per

l'illuminazione d'accentuo di edifici e piazzali, e armature stradali con ottica aperta. In misura minore si trovano corpi tecnici e artistici.

Alcune composizioni risultano correttamente installate, mentre altre, nelle loro posizione di installazione, costituiscono fonti di inquinamento luminoso. Se correttamente installate i copri di classe A costituiscono soluzioni conformi ai sensi della L.P. 16 del 2007. Nel successivo capitolo (Piano di intervento) verranno delineate le specifiche per una corretta installazione degli apparecchi. Per i corpi inquinanti in cui non è possibile regolare l'inclinazione, mantenendo invariate le caratteristiche illuminotecniche richieste dalle normative vigenti, si suggerirà la sostituzione del punto luce.



B01 – Armatura stradale

B06 – Armatura stradale



B12 – Corpo artistico

B19 – Corpo tecnico

Figura 82 – **Codifica dei corpi illuminanti – (classe B)**

**Classe B:** questi apparecchi sono caratterizzati da una distribuzione d'intensità luminosa sopra al piano orizzontale maggiore di 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso e flusso luminoso disperso verso l'alto inferiore al 1%. Nel territorio comunale sono state rilevate 23 tipologie classe B per un totale di 337 punti luce (15% dei corpi censiti). La maggior parte di apparecchi rilevati sono armature stradali e corpi tecnici con vetro curvo o coppa prismatica. In misura minore si trovano corpi artistici con lampada recessa nel vano ottico superiore e chiusura con vetro prismatico. Per tali corpi è necessaria una verifica dei parametri illuminotecnici (soluzione calcolata). Nel piano di intervento i corpi non conformi verranno sostituiti con apparecchi cut-off.



C05 – Corpo artistico

C07 – Corpo tecnico



C10 – Corpo tecnico

C16 – Corpo artistico



C43 – Corpo residenziale

C44 – Luce indiretta

Figura 83 – **Codifica dei corpi illuminanti – (classe C)**

**Classe C:** questi apparecchi sono caratterizzati da una distribuzione d'intensità luminosa sopra al piano orizzontale un flusso luminoso disperso fino al 30%. Nel territorio comunale sono state rilevate 49 tipologie di corpi classe C per un totale di 920 punti luce (42% dei corpi censiti). La maggior parte di apparecchi rilevati sono corpi artistici o tecnici, solitamente lanterne con lampada emergente dal vano ottico. Come per i corpi di classe B è necessaria una verifica dei parametri illuminotecnici (soluzione calcolata). I corpi non conformi verranno sostituiti con apparecchi nuovi cut-off.



D01 – Incasso a parete

D10 – Incasso a terra

Figura 84 – **Codifica dei corpi illuminanti – (classe D)**

**Classe D:** questi apparecchi comprendono tutti gli apparecchi destinati a produrre illuminazione d'accentuo o effetti localizzati decorativi. Nel territorio comunale sono state rilevate 11 tipologie di corpi classe D per un totale di 114 punti luce (5% dei corpi censiti). Questi tipi di corpi, tipicamente incassi da terra o parete, proiettori e applique, sono ammessi solo per gli impianti di illuminazione di edifici storici e monumenti e per l'illuminazione esterna in zone coperte.



E03 - Globo                      E05 - Globo  
Figura 85 - **Codifica dei corpi illuminanti - (classe E)**

**Classe E:** questi apparecchi sono molto inquinanti e hanno un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore del 30%. Sono vietati dalla L.P. 16 del 2007 e corrispondono ad una soluzione non conforme. Nel territorio comunale sono state rilevate 19 tipologie di corpi classe E per un totale di 278 punti luce (13% dei corpi censiti). Tali punti saranno sicuramente oggetto di sostituzione.

## 5.4

### **Analisi dei tipologici**

Le analisi illuminotecniche hanno preso avvio dall'individuazione delle composizioni ricorrenti sul territorio: ciascuna composizione fa riferimento ad una specifica combinazione di corpo illuminante, lam-

pada, sostegno. La creazione dei tipologici da analizzare avviene partendo proprio dalle composizioni individuate, considerando la geometria del compito visivo. Ogni tipologico è quindi definito dal codice identificativo della composizione (esempio A01) e dalla sezione geometrica che caratterizza il campo visivo (numero progressivo): A01.1. Nel Comune sono stati individuati in totale 216 tipologici distinti, di cui 189 sono delle utenze comunali. Escludendo gli impianti sportivi e l'illuminazione d'accentuazione degli edifici per i quali sono state fatte considerazioni specifiche, sono state condotte verifiche illuminotecniche su un campione di 60 tipologici che rappresenta l'84% dei corpi delle classi A, B e C degli impianti pubblici. I punti luce non oggetto di verifica ricadenti nelle classi B e C sono stati assimilati ad analoghe tipologie. Le caratteristiche di ciascun tipologico sono riportate nelle schede allegate alla presente relazione (**Allegato B e C**). La posizione dei tipologici è mostrata nelle **Tavole T001/T007** – Disposizione punti luce.

| Tipologici oggetto di analisi illum. | Num. punti luce |
|--------------------------------------|-----------------|
| A01.0                                | 3               |
| A02.0                                | 7               |
| A03.0                                | 14              |
| A18.0                                | 4               |
| A18.1                                | 6               |
| A50.0                                | 4               |
| A50.1                                | 13              |
| A50.2                                | 12              |
| A51.0                                | 7               |
| A51.1                                | 6               |
| B01.0                                | 49              |

|       |     |
|-------|-----|
| B01.1 | 25  |
| B03.0 | 4   |
| B03.1 | 14  |
| B07.0 | 12  |
| B07.1 | 20  |
| B08.0 | 3   |
| B09.0 | 30  |
| B09.1 | 4   |
| B13.0 | 20  |
| B14.0 | 1   |
| B15.0 | 24  |
| B19.0 | 65  |
| B19.1 | 9   |
| B20.0 | 4   |
| B22.0 | 0   |
| C02.0 | 106 |
| C02.1 | 3   |
| C02.2 | 11  |
| C03.0 | 87  |
| C03.1 | 34  |
| C03.2 | 14  |
| C03.3 | 8   |
| C05.0 | 12  |
| C05.1 | 3   |
| C07.0 | 70  |
| C07.1 | 15  |
| C07.2 | 16  |
| C08.0 | 16  |
| C09.0 | 16  |
| C09.1 | 7   |
| C10.0 | 31  |
| C11.0 | 10  |
| C15.0 | 28  |
| C22.0 | 2   |
| C22.1 | 10  |
| C24.0 | 37  |
| C24.1 | 7   |

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| C32.0                    | 11          |
| C32.1                    | 20          |
| C34.0                    | 19          |
| C35.0                    | 55          |
| C35.1                    | 11          |
| C36.0                    | 23          |
| C38.0                    | 9           |
| C38.1                    | 2           |
| C39.0                    | 13          |
| C40.0                    | 26          |
| C41.0                    | 15          |
| C41.1                    | 5           |
| C42.0                    | 15          |
| C48.0                    | 12          |
| C49.0                    | 17          |
| <b>Totale tipologici</b> | <b>1148</b> |

Tabella 9 – **Tipologici oggetto di analisi illuminotecniche**

Per ogni tipologico è stata acquisita la curva fotometrica del corpo illuminante (essa rappresenta in forma grafica i valori dell'intensità luminosa emessa in tutte le direzioni). Nel caso degli apparecchi di provenienza non certificata perché molto vecchi, sono state utilizzate curve fotometriche di corpi illuminanti simili.

I parametri illuminotecnici sono stati calcolati con un software professionale (Dialux), assumendo l'interasse fra i punti luce, l'altezza di installazione e la geometria del compito visivo in modo tale da ricostruire un modello rappresentativo della situazione reale esistente.

I principali parametri illuminotecnici calcolati sono i seguenti:

- *luminanza L (cd/m<sup>2</sup>)*: rappresenta il rapporto tra l'intensità luminosa emessa da una sorgente verso una superficie normale alla direzione del flusso e l'area della superficie stessa;

- *uniformità generale  $U_o$  della luminanza*: è il rapporto tra i valori minimo e medio della luminanza della carreggiata destinata al traffico veicolare;
- *uniformità longitudinale  $U_l$  della luminanza*: è il rapporto tra i valori minimo e massimo della luminanza rilevati lungo l'asse della corsia dove tale rapporto è minimo;
- *illuminamento  $E$  (lx)*: rappresenta il rapporto tra il flusso luminoso irradiato e la superficie illuminata;
- *abbagliamento fisiologico  $TI$  (%)*: è un indice percentuale che esprime l'impossibilità di percepire un ostacolo generata da un fastidio visivo proprio dei corpi illuminanti. Tale incapacità dipende dal "velo" di luminanza creato all'interno dell'occhio da una eccessiva luminanza emessa dalla successione di apparecchi presenti nel campo visivo del conduttore.

Un'adeguata e uniforme luminanza della carreggiata e una sufficiente limitazione dell'abbagliamento costituiscono requisiti fondamentali affinché la strada sia chiaramente riconoscibile e si costituisca uno sfondo luminoso sul quale eventuali ostacoli risaltino per contrasto.

I parametri illuminotecnici calcolati, riportati nelle schede dei tipologici (**Allegato A**) e nella tabella riepilogativa (**Allegato C**), sono stati confrontati con i requisiti prestazionali minimi richiesti dalla normativa tecnica di settore (Tabella 10).

| Categoria | Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto |                            |                | Abbagliamento debilitante | Illuminazione di contiguità |
|-----------|---|----------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|
|           | L in cd/m <sup>2</sup><br>[minima mantenuta]  | U <sub>o</sub><br>[minima] | UI<br>[minima] | TI in ‰a)<br>[massimo]    | SR 2b)<br>[minima]          |
| ME1       | 2,0   | 0,4                        | 0,7            | 10                        | 0,5                         |
| ME2       | 1,5   | 0,4                        | 0,7            | 10                        | 0,5                         |
| ME3a      | 1,0   | 0,4                        | 0,7            | 15                        | 0,5                         |
| ME3b      | 1,0   | 0,4                        | 0,6            | 15                        | 0,5                         |
| ME3c      | 1,0   | 0,4                        | 0,5            | 15                        | 0,5                         |
| ME4a      | 0,75  | 0,4                        | 0,6            | 15                        | 0,5                         |
| ME4b      | 0,75  | 0,4                        | 0,5            | 15                        | 0,5                         |
| ME5       | 0,5   | 0,35                       | 0,4            | 15                        | 0,5                         |
| ME6       | 0,3   | 0,35                       | 0,4            | 15                        | nessun requisito            |

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

Tabella 10 - **Requisiti illuminotecnici delle strade stabiliti dalla norma UNI EN 13201-2**

Oltre alla misura e alla valutazione dei parametri illuminotecnici predetti sono stati calcolati e verificati i parametri  $\eta$  e  $K_{III}$  previsti dal "Piano Provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso" (**Allegato B**). Il parametro  $\eta$  determina il grado di efficienza energetica degli impianti di illuminazione pubblica e il parametro  $K_{III}$  qualifica gli impianti sotto il profilo dell'inquinamento luminoso causato.

In particolare l'indice  $\eta$  (normalizzato a 100 lux) è rappresentato dal rapporto tra il consumo annuo di energia elettrica di un impianto per garantire un illuminamento di 100 lux su una determinata area (area efficace) e l'area medesima. L'indice è espresso in kWh/m<sup>2</sup> e si calcola con il seguente algoritmo:

$$\eta = \left( \frac{kWh_{anno}}{A_{eff}} \right) \left( \frac{100 \text{ lx}}{E_{eff}} \right)$$

dove:

- $kWh_{anno}$ : è il consumo energetico annuo, dipendente dal periodo di funzionamento dell'impianto e dalle eventuali modalità di regolazione implementate;

- $A_{eff}$ : è l'area efficace del compito visivo, espressa in  $m^2$ , che può comprendere, a seconda dei casi, le superfici interessate dal traffico veicolare, i percorsi pedonali ed eventuali altre aree da illuminare per motivi di sicurezza;
- $E_{eff}$ : è l'illuminamento medio sul piano efficace, espresso in lux.

Il valore di questo indice caratterizza gli impianti di illuminazione pubblica sotto il profilo dell'efficienza energetica, nell'ottica di limitarne i consumi di energia tramite l'installazione di lampade ad alta efficienza, il contenimento delle potenze installate e dei tempi di accensione e la parzializzazione dei flussi. La valutazione dell'efficienza energetica degli impianti richiede il calcolo dell'indice ed il suo confronto con un prefissato valore limite massimo pari a  $15 \text{ kWh/m}^2$ .

## 6 PIANO DI INTERVENTO

Il presente capitolo ha lo scopo di illustrare il piano operativo di intervento suddiviso per applicazione e per aree omogenee, con particolare riferimento ai nuovi impianti privati residenziali e al riassetto dell'illuminazione delle evidenze artistiche e storiche. L'obiettivo principale di tale documento è quello di individuare dei criteri guida comunali minimi per la futura illuminazione, per tipologie di impianti e per aree di applicazione.

L'integrazione dell'illuminazione pubblica e privata deve consentire di gestire al meglio il territorio, con una copertura graduale e misurata, evitando l'utilizzo di fonti che alterino e mettano in pericolo la percezione dell'ambiente.

Il P.R.I.C. indica come perseguire il contenimento dell'inquinamento luminoso, la valorizzazione del territorio, il miglioramento della qualità della vita, la sicurezza del traffico e delle persone, il risparmio energetico.

### 6.1 Linee guida per l'attuazione del piano d'intervento

Si ricorda che la L.P. n.16/2007 prescrive, per tutti i nuovi impianti di illuminazione esterna, pubblici e privati, per gli adeguamenti o rifacimenti, eccetto per i casi previsti nel punto VIII, la redazione di progetto illuminotecnico che rispetti i limiti riportati nell'allegato D della stessa legge. Per i nuovi corpi si dovrà predisporre il modello A (allegato A) in caso di soluzione conforme o il modello B (allegato B) in caso soluzione calcolata.

### 6.1.1 Disposizioni relative alle fasce di rispetto e alle aree naturali protette

Il Comune di Cavalese si trova all'interno delle fasce di rispetto degli osservatori astronomici di rilevanza provinciale presenti sul territorio della Provincia di Trento. L'osservatorio più vicino è in località Guagiola, nel Comune di Tesero, per il quale la normativa impone un'area di rispetto di 5 km. Il Piano Provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso (figura 86) definisce le fasce di rispetto dell'osservatorio. Rientrano in tali aree le località di Masi, Colonia, Marzelin e Salanzada.

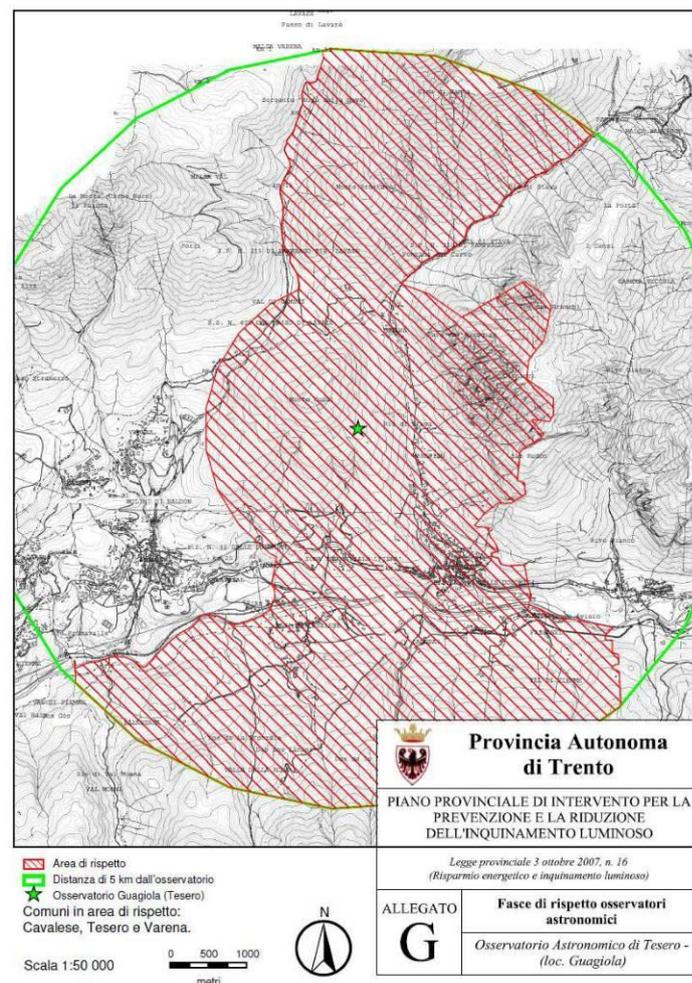


Figura 86 – Area di rispetto dell'osservatorio asotrnomico di Tesero

Nelle zone ricadenti in tali fasce di rispetto i progetti relativi a nuovi impianti di illuminazione, o al rifacimento di impianti esistenti, devono essere redatti secondo quanto disposto dalla L.P. n. 16 del 2007 (si veda Allegato I – art VII), riducendo il valore limite  $K_{ILL}$  a 2,5 e utilizzando apparecchi solo di classe A.

La L.P. n. 16 del 2007 prevede, inoltre, nelle fasce di rispetto delle aree protette, che tutte le sorgenti ed i rispettivi apparecchi per l'illuminazione esistenti, devono, entro 3 anni dall'entrata in vigore del Piano provinciale, essere modificate o sostituite onde ridurre l'inquinamento luminoso ed il consumo energetico adeguandole ai limiti previsti. Tale limite è prorogabile motivatamente di altri 3 anni. Si ricorda come per tale tipologia di interventi gli incentivi economici potranno essere determinati fino al 100% della spesa ammessa. Tutti gli impianti d'illuminazione esterna pubblici, anche esistenti, devono essere dotati di regolatori di flusso o, qualora le condizioni di sicurezza lo permettano, spenti entro le ore 24.

### 6.1.2 *Illuminazione degli edifici storici e dei monumenti*

Gli impianti destinati all'illuminazione di edifici storici e monumenti non sono soggetti alle indicazioni contenute nell'allegato A (soluzione conforme) e B (soluzione calcolata) della L.P. n. 16 del 2007, ma sono ammessi solo in caso in cui la luminanza media sia inferiore a  $0,8 \text{ cd/m}^2$  sulla superficie illuminata, ovvero sul rettangolo circoscritto alla figura stessa. Si consiglia di illuminare tali manufatti dall'alto verso il basso installando ottiche asimmetriche a vetro piano orizzontale, montate sotto gronda o su appositi pali. Nei casi in cui non sia

possibile illuminare dall'alto è consentito l'utilizzo di proiettori a fascio concentrato, purché la luce rimanga all'interno della sagoma dell'edificio. Si consiglia di utilizzare lampade ad alta efficienza con potenze ridotte e qualora le condizioni di sicurezza lo permettano di spegnere gli impianti dopo le ore 24.

### **6.1.3** *Illuminazione degli impianti sportivi*

L'illuminazione di tali spazi, se non conforme, da un contributo notevole all'aumento dell'inquinamento luminoso. Si consiglia di verificare l'orizzontalità dei proiettori e prevedere, per quanto possibile, la variazione dell'inclinazione o l'inserimento di appositi schermi, contenendo il flusso luminoso all'interno dell'area dedicata, evitando fenomeni di abbagliamento e di dispersione di flusso luminoso verso l'alto. In caso in cui la rotazione degli apparecchi non sia possibile è necessario redigere un progetto illuminotecnico di dettaglio con l'utilizzo di proiettori asimmetrici. Gli impianti devono essere dotati di appositi sistemi di variazione dell'illuminamento con conseguente parzializzazione del flusso luminoso in relazione alle attività/avvenimenti, quali allenamenti, gare, riprese televisive od altro. È richiesto lo spegnimento degli impianti all'ultimazione dell'attività sportiva e comunque entro le ore 24, salvo eventi sportivi od altro.

### **6.1.4** *Illuminazione degli impianti da sci*

Nel caso di illuminazione di piste da sci dovranno essere utilizzati apparecchi di classe A seguendo il procedimento descritto nell'allegato A (soluzione conforme) e la dispersione della luce al di

fuori della pista dovrà essere limitata. In considerazione dell'elevato valore del coefficiente di dispersione di riflessione del manto nevoso, per tali impianti, l'indice di illuminamento medio disperso  $K_{ILL}$  dovrà essere inferiore a 4,00.

#### **6.1.5** *Impianti semaforici*

Per gli impianti semaforici presenti nel Comune di Cavalese si suggerisce di verificare la tipologia di lampada installata; nel caso di lampade ad incandescenza la graduale sostituzione delle lanterne semaforiche con nuovi corpi a LED da 10 W consente la riduzione dei consumi e delle spese di manutenzione grazie all'aumento della durata di vita delle lampade.

#### **6.1.6** *Impianto di illuminazione della Galleria ex-Ferrovia*

L'impianto di illuminazione risulta conforme alla L.P. 16/07 ed è costituito da 3 proiettori JM da 250 W. La galleria, utilizzata come passaggio pedonale, è illuminata in modo continuativo dalle 8:15 alle 23:45. Il consumo annuale è pari a 4.800 kWh per un costo annuo di circa 800 euro. Al fine di ottimizzare i consumi si suggerisce di sostituire l'attuale illuminazione con degli apparecchi LED compatibili con l'installazione di sensori di movimento: tale accorgimento diminuisce le ore di funzionamento dell'impianto e porta ad una relativa riduzione dei costi in bolletta.

## 6.2 **Priorità di intervento**

Il piano di riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica del Comune di Cavalese individua quattro livelli di priorità degli interventi, più un livello attribuito alle situazioni conformi alla L.P. n. 16/2007 che non richiedono azioni correttive. Le caratteristiche di ciascun punto luce sono riportate negli allegati B, C e D per quanto riguarda lo stato di fatto e negli allegati E (piano di intervento) ed F (stato di progetto).

### **Livello 0 - Nessun intervento previsto**

I corpi analizzati sono situazioni conformi alla L.P. n. 16/2007 e non richiedono nessun intervento (livello 0). Fanno parte di questo livello i seguenti punti luce:

- gli apparecchi di classe A correttamente installati, con vetro piano orizzontale e flussi luminosi dall'alto verso il basso generati da lampade ad alta efficienza (sodio alta pressione, ioduri metallici e LED);
- gli apparecchi di classe A e D ammessi dalla normativa per particolari utilizzi (luci d'accentuo di edifici storici e monumenti);
- gli apparecchi di classe B e C conformi all'analisi illuminotecnica. Per i corpi illuminanti conformi dotati di lampade ai vapori di mercurio si suggerisce la sostituzione di tale tecnologia con lampade ad alta efficienza (sodio alta pressione o ioduri metallici). Tale accorgimento permetterà la riduzione delle potenze installate in favore di un aumento di efficienza energetica;

I corpi illuminanti conformi alla L.P. n. 16/2007 nel territorio comunale sono 392, di cui 164 sono utenze del comune.

### **Livello 1 - Alta priorità di intervento nelle fasce di rispetto**

Gli interventi riguardano la sostituzione degli impianti non conformi, ricadenti nelle fasce di rispetto degli osservatori astronomici. Tali interventi devono essere previsti con le tempistiche definite dalla normativa vigente, come descritto nel paragrafo 6.1.1.

I corpi illuminanti non conformi alla L.P. n. 16/2007 ricadenti in fasce di rispetto sono 265 e si trovano tutti nelle località di Masi (123), Colonia (63), Marzelin (64) e Salanzada (15).

### **Livello 2 –Alta priorità di intervento**

Gli interventi riguardano la sostituzione degli impianti molto inquinanti e a bassa efficienza lungo le strade extraurbane e locali urbane. Gli interventi hanno una priorità alta e devono essere previsti nel breve periodo.

I corpi illuminanti non conformi alla L.P. n. 16/2007 con priorità di intervento alta sono 529.

### **Livello 3 – Media priorità di intervento**

Gli interventi riguardano principalmente la sostituzione degli impianti mediamente inquinanti e a bassa efficienza dove l'area efficace risul-

ta alta: essi hanno una priorità media e possono essere previsti nel medio periodo.

I corpi illuminanti non conformi alla L.P. n. 16/2007 con priorità di intervento media sono 499, di cui 481 sono utenze comunali.

#### **Livello 4 – Bassa priorità di intervento**

Le situazioni riscontrate non sono particolarmente critiche. Gli interventi riguardano soprattutto l'adeguamento alla L.P. n. 16/2007 di impianti di recente installazione e in buono stato: essi hanno una priorità bassa e possono essere programmati nel lungo periodo.

I corpi illuminanti non conformi alla L.P. n. 16/2007 con priorità di intervento bassa sono 501, di cui 258 sono utenze comunali.

### **6.3 Tipologie di intervento**

#### *Infittimento, sostituzione sostegno e apparecchio*

L'intervento riguarda la sostituzione integrale dei punti luce (sostegni, corpi illuminanti e lampade). Il piano di intervento prevede l'installazione di nuovi apparecchi LED oppure con lampada al sodio alta pressione, in linea di massima nelle stesse posizioni occupate dai punti luce esistenti; nei casi in cui le interdistanze attuali siano non adeguate, se ne prevede la variazione.

#### *Predisporre opportuna illuminazione*

L'intervento riguarda la predisposizione di una diversa tipologia di illuminazione (sostegni, corpi illuminanti e lampade) in sostituzione

degli attuali corpi non conformi. Per questo tipo di intervento il piano rimanda ad un progetto illuminotecnico di dettaglio.

*Predisporre opportuna illuminazione con proiettori asimmetrici*

L'intervento di adeguamento di questi punti luce, nel rispetto della L.P. 16/07, è rappresentato dalla sostituzione dei corpi con proiettori asimmetrici correttamente installati.

*Sostituzione apparecchio*

L'intervento di adeguamento di questi punti luce, nel rispetto della L.P. 16/07, è rappresentato dalla sostituzione degli apparecchi illuminanti con nuovi apparecchi LED oppure con lampada al sodio alta pressione, mantenendo costante sia la posizione che l'altezza di installazione.

*Sostituzione sostegno e apparecchio*

L'intervento di adeguamento di questi punti luce, nel rispetto della L.P. 16/07, è rappresentato dalla sostituzione degli apparecchi illuminanti con nuovi apparecchi LED oppure con lampada sodio alta pressione. Nella fase progettuale si dovrà verificare che i punti luce così modificati garantiscano il rispetto dei requisiti illuminotecnici delle strade, al variare delle altezze di installazione, delle interdistanze, ecc. Dove tali verifiche non saranno soddisfatte si dovrà prevedere la sostituzione dei sostegni per adeguarne l'altezza.

*Verificare la possibilità di ridurre l'inclinazione*

Verificare la possibilità di ridurre l'inclinazione dei proiettori mantenendo costante l'illuminazione; in caso contrario prevedere adozione di proiettori asimmetrici correttamente installati.

## 6.4 **Valutazioni economiche**

I risultati illuminotecnici ed energetici del piano di intervento sono riportati negli allegati D - Stato di rilievo, da confrontare con gli allegati F - Stato di progetto. Entrambe le tabelle riepilogano il numero e la tipologia delle lampade e illustrano i dati relativi al flusso luminoso, ai consumi di energia elettrica e ai costi in bolletta. Per chiarezza si è scelto di dividere gli allegati secondo zone omogenee.

Nel piano sono contenute le misure per l'adeguamento dei livelli di illuminazione sulle strade, aree pedonali, parcheggi, ecc., con conseguente aumento della sicurezza. Il piano di adeguamento prevede l'utilizzo di luce bianca (LED) che caratterizza l'illuminazione di tutto il territorio comunale.

In generale, per tutti i punti luce si suggerisce l'utilizzo di regolatori di flusso, programmabili secondo il profilo di funzionamento desiderato, ai fini della riduzione dei consumi energetici.

I costi di investimento sono riportati negli allegati E - Piano di intervento e comprendono la rimozione e lo smaltimento dei punti luce esistenti e la fornitura e posa in opera di quelli nuovi (sostegni, apparecchi illuminanti, lampade e ausiliari elettrici).

Nei casi di riduzione degli interassi attuali troppo elevati, con conseguente aumento dei punti luce, i costi di investimento comprendono le opere civili ed elettriche relative all'allaccio dei nuovi apparecchi. A questo proposito è importante evidenziare che nelle situazioni in cui si è previsto il totale rifacimento o nuovo intervento per la formazio-

ne della linea, il costo dell'apparecchio è stato incrementato di circa il 50%, percentuale dovuta alle opere civili.

#### 6.4.1 *Sorgenti luminose*

Per la scelta della tipologia delle sorgenti luminose sono stati valutati diversi aspetti che si differenziano per:

- la resa luminosa a parità di potenza elettrica assorbita;
- il colore della luce emessa (ad esempio: bianco, giallo, ecc.);
- la resa cromatica, che indica le caratteristiche di una lampada per consentire l'apprezzamento delle sfumature di colore;
- la vita media di funzionamento (ad es.: 1.000 ore, 6.000 ore, 12.000 ore, ecc.);
- i valori di potenza unitaria che il mercato offre (50 W, 70W, 100 W, 125W, 150 W, 250 W, ecc.).

La scelta idonea delle lampade da utilizzare incide in modo considerevole sull'efficienza dell'intero sistema in senso energetico e funzionale.

Gli apparecchi a LED attualmente disponibili sul mercato non presentano più le problematiche del passato, legate al controllo delle correnti e delle tensioni di alimentazione e delle temperature di lavoro. Si evidenzia che i LED rappresentano sorgenti luminose molto efficienti (100÷120 lm/W) e fortemente regolabili. La durata di vita pari a circa 50.000 ore permette di ridurre i costi di manutenzione.

Con riferimento al flusso emesso dagli apparecchi e all'inquinamento luminoso, si precisa che i LED costituiscono per loro natura sorgenti di luce unidirezionali (naturalmente verso il basso): dal punto di vi-

sta fotometrico, gli apparecchi sono classificati cut-off (schermati verso l'alto) e sono compatibili con la norma UNI 10819 "Luce e illuminazione – Impianti di illuminazione esterna – Requisiti per la limitazione della luminanza del cielo da luce artificiale". La nuova configurazione è caratterizzata da una potenza installata nettamente inferiore a quella attuale e garantisce un flusso efficace a terra pari o superiore (inteso come flusso nominale delle sorgenti meno la frazione del flusso che non esce dagli apparecchi, quella che esce ma è dispersa verso l'alto e/o ai lati e quella che, pur essendo diretta verso il basso, illumina inutilmente zone non appartenenti al compito visivo).

All'abbattimento della potenza installata si affianca la parzializzazione del flusso secondo il profilo giornaliero ed annuale di funzionamento degli impianti, illustrato nella figura 89. Il profilo di funzionamento prevede una parzializzazione degli impianti nelle ore di minor traffico (dal 100% al 50% della potenza elettrica assorbita) in particolare dopo la mezzanotte.

Si consiglia all'Amministrazione di verificare che le tipologie dei corpi LED di nuova installazione siano compatibili con la regolazione presente nei quadri attuali.

A puro titolo esemplificativo, gli apparecchi a LED presi in considerazione nel presente piano di intervento sono illustrati nella Figura 87 e nella Figura 88.



A11 – Armatura stradale

A12 – Armatura stradale

A13 – Armatura stradale

Figura 87 – **Possibili armature stradali a LED adatte alla sostituzione di punti luce non conformi nel Comune di Cavalese (modelli puramente indicativi)**



A14 – Corpo tecnico

A15 – Corpo tecnico

Figura 88 – **Possibili corpi tecnici a LED adatti alla sostituzione di punti luce non conformi nel Comune di Cavalese (modelli puramente indicativi)**

## REGOLATORE DI FLUSSO

|           |      |
|-----------|------|
| Livello 1 | 50%  |
| Livello 2 | 75%  |
| Livello 3 | 100% |

| Data   | Giorni | Stagione  | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 |
|--------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 23-set | 90     | Autunno   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 1     | 2     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 2     | 1     | 1     | 1     |       |
| 22-dic | 90     | Inverno   |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 1     | 2     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 2     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 21-mar | 92     | Primavera |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 1     | 2     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 2     | 1     | 1     | 1     |       |
| 21-giu | 93     | Estate    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 1     | 2     | 3     | 3     | 3     | 3     | 2     | 1     | 1     | 1     |       |
| 22-set | 365    |           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

|  | 1 | 2 | 3 |
|--|---|---|---|
|  | 4 | 2 | 6 |
|  | 5 | 2 | 7 |
|  | 4 | 2 | 5 |
|  | 4 | 2 | 3 |

|  | 50%         | 75%        | 100%        |
|--|-------------|------------|-------------|
|  | 360         | 180        | 540         |
|  | 450         | 180        | 630         |
|  | 368         | 184        | 460         |
|  | 372         | 186        | 279         |
|  | <b>1550</b> | <b>730</b> | <b>1909</b> |

Ore totali

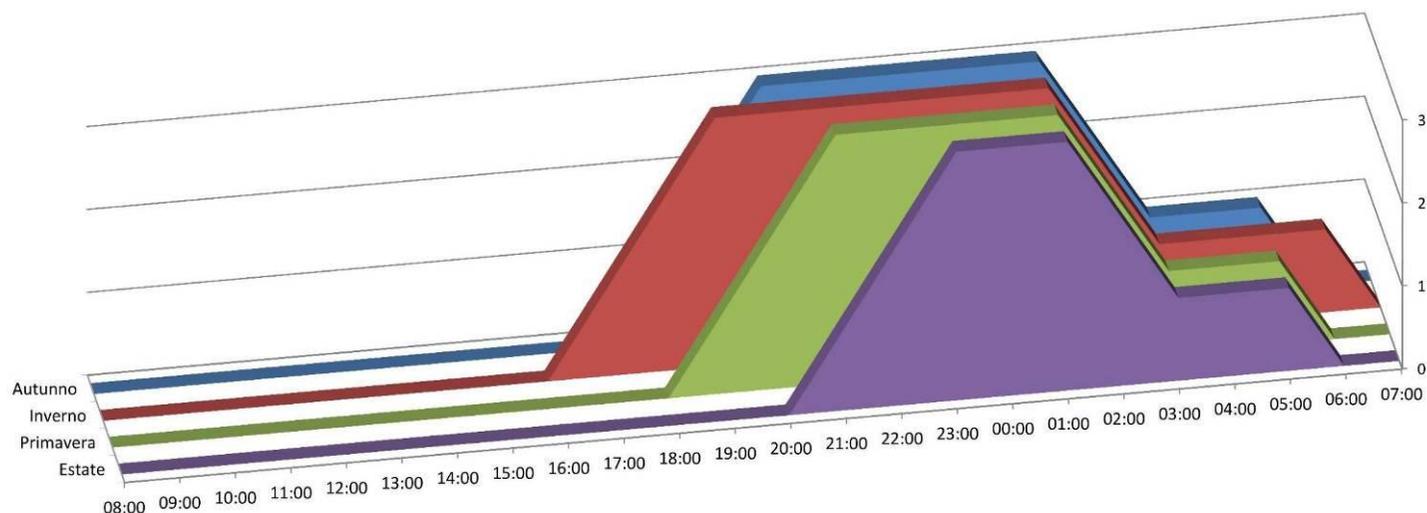
**4.189**

|  | 50% | 75% | 100% |
|--|-----|-----|------|
|  | 180 | 135 | 540  |
|  | 225 | 135 | 630  |
|  | 184 | 138 | 460  |
|  | 186 | 140 | 279  |

Regime ridotto

**2.280**

Ore Parametriche **3.232**



| Utilizzo medio |
|----------------|
| <b>77,14%</b>  |

Figura 89 – Profilo di funzionamento degli impianti previsti

#### 6.4.2 Risultati attesi

L'adeguamento proposto comporta la messa a norma di tutti gli impianti di utenza comunale con una riduzione dei consumi di energia elettrica pari a circa 400.000 kWh/anno, circa il 49% del consumo attuale, a fronte di un aumento di 5 corpi illuminanti. Il risparmio annuale in termini economici è quantificabile in circa 68.489 euro.

Nella tabella 11 è riportato un confronto relativo ai consumi e ai costi di esercizio tra lo stato attuale e lo scenario di intervento proposto.

|  | <b>Stato attuale</b> | <b>Post intervento</b> |
|--|----------------------|------------------------|
| <b>Consumi e costi di esercizio</b>                    |                      |                        |
| Numero di punti luce                                   | 1.650                | 1.655                  |
| Potenza installata lampade e alimentatori (kW)         | 239,41               | 130,79                 |
| Consumo di energia elettrica (kWh/anno)                | 814.384              | 411.505                |
| Prezzo di acquisto dell'energia IVA incl. (€/kWh)      | 0,17                 | 0,17                   |
| Costo in bolletta (€/anno)                             | 138.445              | 69.956                 |
| <b>Indici di efficienza energetica ed economica</b>    |                      |                        |
| Ore equivalenti di accensione delle lampade (ore anno) | 3.401                | 3.146                  |
| Potenza installata media per punto luce (W/p.l.)       | 145                  | 79                     |
| Consumo annuo medio per punto luce (kWh/p.l.)          | 494                  | 248                    |
| Costo in bolletta annuo medio per punto luce (€/p.l.)  | 84                   | 42                     |

Tabella 11 - **Variazione degli indici di efficienza a seguito dell'intervento proposto per quanto riguardale utenze comunali**

La valutazione avviene attraverso il confronto degli indici calcolati con valori statistici di riferimento, caratteristici di realtà simili al Co-

mune di Cavalese in termini di dimensioni territoriali e numero di abitanti.

Le ore equivalenti di accensione delle lampade misurano il livello di regolazione degli impianti. Esse rappresentano il rapporto fra il consumo annuo di energia elettrica degli impianti e la potenza totale installata: all'aumentare del grado di regolazione, le ore equivalenti si riducono, in quanto diminuisce il consumo a parità di potenza installata. Per gli impianti non soggetti ad alcuna regolazione le ore equivalenti coincidono con quelle effettive di accensione delle lampade e sono pari a circa 4.200 ore/anno. Nel caso specifico del Comune di Cavalese le ore equivalenti sono molto più basse in conseguenza sia della presenza in alcune linee di regolatori di flusso, che dello spegnimento alternato dei punti luce dopo le ore 24. A questo proposito si fa notare che lo spegnimento alternato, pur rappresentando un'efficace misura di risparmio, non costituisce una soluzione di efficienza energetica, in quanto determina un'illuminazione stradale disuniforme a discapito del comfort visivo e della sicurezza degli utenti. La corretta regolazione degli impianti deve essere affidata ai dispositivi di riduzione del flusso luminoso, sia centralizzati che puntuali, in grado di attenuare il flusso emesso dalle lampade nelle ore centrali della notte, riducendo i consumi di energia senza compromettere l'uniformità dell'illuminazione stradale e senza penalizzare la qualità del servizio offerto ai cittadini.

La potenza installata media per punto luce è un indice dell'efficienza energetica del parco apparecchi-lampade: a parità di flusso diretto

sulla sede stradale, maggiori sono l'efficienza ottica degli apparecchi e l'efficienza luminosa delle lampade e minore è la potenza installata delle lampade medesime. La riduzione proposta porta a migliorare l'efficienza degli impianti. In generale gli indici proposti con l'intervento (Tabella 11) migliorano la situazione attuale riducendo ulteriormente i consumi dei kWh per punto luce e costi in bolletta minori euro al punto luce.

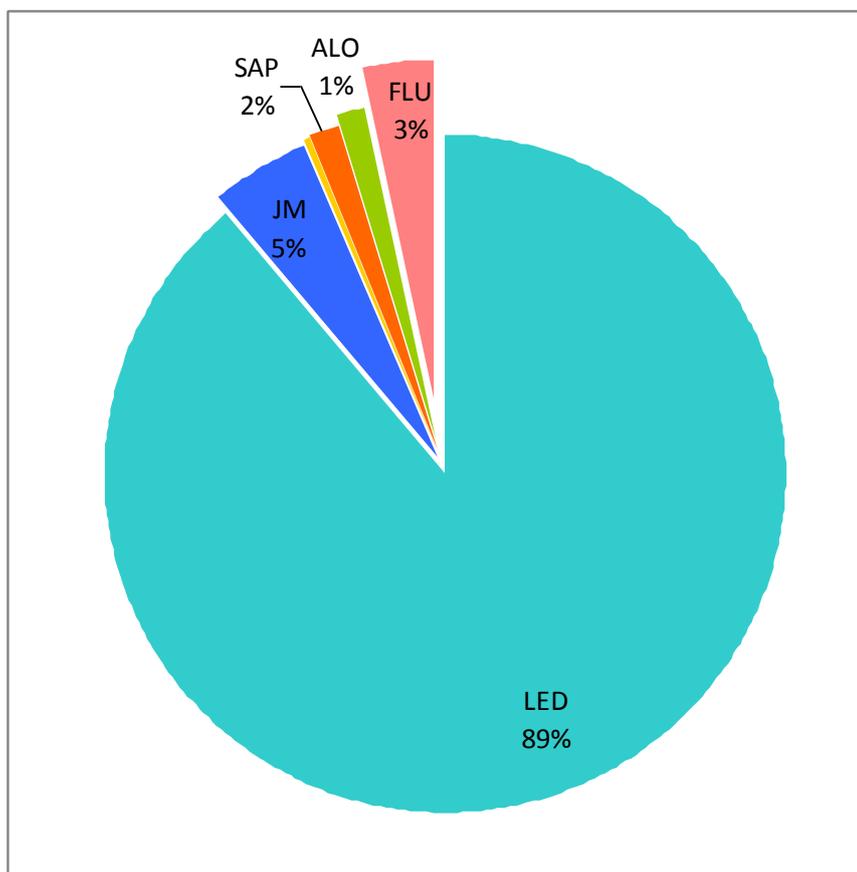


Figura 90 - Ripartizione del numero di lampade per tipologia post-intervento

La Tabella 12 sintetizza ulteriormente la variazione del parco lampade a carico del Comune di Cavalese. In particolare sono state notevolmente diminuite le lampade ai vapori di mercurio sostituen-

dole con sorgenti luminose a LED. Si fa notare come la variazione finale tra lo stato di fatto e il piano di intervento è di 5 lampade installate. Tale fatto è dovuto alla messa a norma dell'illuminazione stradale che ha portato ad un aumento del numero di punti luce.

| Tipologia di lampada            | Num. Lampade Stato di fatto | Num. Lampade Post intervento | Variazione |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------|
| Vapori di mercurio (MBF)        | 1180                        | 6                            | -1174      |
| Sodio alta pressione (SAP)      | 244                         | 26                           | -218       |
| Alogene/Incandescenza (ALO/INC) | 33                          | 22                           | -11        |
| LED                             | 5                           | 1474                         | 1469       |
| Ioduri metallici (JM)           | 137                         | 76                           | -61        |
| Fluorescenti compatte (FLU)     | 54                          | 54                           | 0          |
| <b>Totali</b>                   | <b>1653</b>                 | <b>1658</b>                  | <b>5</b>   |

Tabella 12 - **Variazione del parco lampade post-intervento. Utenze comunali.**

In seguito alla realizzazione dei nuovi impianti, la riduzione della potenza nominale, considerando le perdite ausiliarie, è pari a 108,62 kW (tabella 13).

| Tipologia di lampada            | Potenza lampade e ausiliari(kW) Stato di fatto | Potenza lampade e ausiliari(kW) Postintervento | Variazione (kW) |
|---------------------------------|--|--|-----------------|
| Vapori di mercurio (MBF)        | 176,01   | 0,81   | -175,20         |
| Sodio alta pressione (SAP)      | 27,72  | 2,65   | -25,07          |
| Alogene/Incandescenza (ALO/INC) | 2,67   | 1,31   | -1,36           |
| LED                             | 0,18   | 103,53   | 103,35          |
| Ioduri metallici (JM)           | 30,64  | 20,30  | -10,34          |
| Fluorescenti compatte (FLU)     | 2,20   | 2,20   | 0               |
| <b>Totali</b>                   | <b>239,41</b>                                  | <b>130,79</b>                                  | <b>-108,62</b>  |

Tabella 13 - **Variazione della potenza nominale post-intervento delle sorgenti luminose. Utenze comunali.**

Con gli interventi proposti si interviene principalmente sostituendo tipologie di corpi illuminanti considerati molto inquinanti dal punto di vista luminoso. Dall'analisi della distribuzione dei corpi illuminanti dello stato di fatto rispetto al post-intervento, si evidenzia come:

- i 180 globi presenti sul territorio vengono eliminati completamente;
- i corpi tecnici più inquinanti nella versione fungo sono stati sostituiti;
- i corpi stradali più inquinanti sono stati sostituiti con nuove armature o con corpi tecnici;
- rimane pressoché invariato il numero dei corpi artistici; quest'ultimi sono stati sostituiti con lanterne a vetro piano.

#### 6.4.3 *Costi di investimento*

Il piano prevede interventi di efficientamento degli impianti di illuminazione pubblica e la messa a norma dei corpi illuminanti ai sensi della L.P. 16/07. In particolare i costi relativi alla riduzione dell'inquinamento luminoso interessano sia gli impianti economicamente efficienti che quelli più dispendiosi. Questo comporta investimenti per l'adeguamento degli impianti con tempi di rientro particolarmente lunghi. La valutazione dei costi è strutturata in base alle priorità definite nel Piano di intervento. Per ogni priorità sono stati calcolati gli indici di efficienza energetica ed economica come definito nel

precedente paragrafo. Il Piano prevede di intervenire su 1486 punti luce risultati non conformi alla L.P. 16/07. Il costo totale della messa a norma dell'illuminazione pubblica del Comune è pari a circa 1.511.600 euro.

### **Interventi con Priorità 1**

Questo tipo di intervento interessa il 13% dei punti luce previsti e secondo i criteri esposti nel Piano di intervento la sua attuazione risulta necessaria per la sicurezza degli utenti.

|   | <b>Stato attuale</b> | <b>Post intervento</b> |
|---|----------------------|------------------------|
| <b>Consumi e costi di esercizio</b>                   |                      |                        |
| Numero di punti luce                                  | 218                  | 218                    |
| Potenza installata lampade e alimentatori (kW)        | 29,27                | 17,96                  |
| Consumo di energia elettrica (kWh/anno)               | 92.311               | 56.747                 |
| Prezzo di acquisto dell'energia IVA incl. (€/kWh)     | 0,17                 | 0,17                   |
| Costo in bolletta (€/anno)                            | 15.693               | 9.647                  |
| <b>Indici di efficienza energetica ed economica</b>   |                      |                        |
| Potenza installata media per punto luce (W/p.l.)      | 134                  | 82                     |
| Consumo annuo medio per punto luce (kWh/p.l.)         | 423                  | 260                    |
| Costo in bolletta annuo medio per punto luce (€/p.l.) | 72                   | 44                     |

Tabella 14 – **Variazione degli indici di efficienza a seguito dell'intervento proposto per quanto riguarda la priorità di intervento 1**

La riduzione della potenza media installata è significativa e il risparmio annuo è pari a circa 27 euro per punto luce a fronte di un costo di quasi 297.000 euro.

| Tipologia di intervento             | Numero     | Costo totale IVA escl. (€) |
|-------------------------------------|------------|----------------------------|
| Sostituzione apparecchio            | 48         | 28.800                     |
| Sostituzione sostegno e apparecchio | 169        | 268.00                     |
| <b>Totali</b>                       | <b>218</b> | <b>296.800</b>             |

Tabella 15 – Valutazione dei costi degli interventi per quanto riguarda la priorità di intervento 1

### Interventi con Priorità 2

Per il 32% dei punti luce è prevista la messa a norma ai sensi della L.P. 16/07 nel breve periodo. L'utilizzo di tecnologie più efficienti (LED) in sostituzione di corpi illuminanti non conformi alla legge con lampade a vapori di mercurio, permette di ridurre notevolmente la potenza installata media con relativa diminuzione dei costi in bolletta (Tabella 16).

|   | Stato attuale | Post intervento |
|---|---------------|-----------------|
| <b>Consumi e costi di esercizio</b>                   |               |                 |
| Numero di punti luce                                  | 529           | 531             |
| Potenza installata lampade e alimentatori (kW)        | 93,59         | 31,88           |
| Consumo di energia elettrica (kWh/anno)               | 292.468       | 102.873         |
| Prezzo di acquisto dell'energia IVA incl. (€/kWh)     | 0,17          | 0,17            |
| Costo in bolletta (€/anno)                            | 49.720        | 17.488          |
| <b>Indici di efficienza energetica ed economica</b>   |               |                 |
| Potenza installata media per punto luce (W/p.l.)      | 176           | 60              |
| Consumo annuo medio per punto luce (kWh/p.l.)         | 553           | 194             |
| Costo in bolletta annuo medio per punto luce (€/p.l.) | 94            | 33              |

Tabella 16 – Variazione degli indici di efficienza a seguito dell'intervento proposto per quanto riguarda la priorità di intervento 2

Come riportato in tabella 17 il costo totale dell'intervento è circa 463.900 euro.

| <b>Tipologia di intervento</b>                    | <b>Numero</b> | <b>Costo totale IVA escl. (€)</b> |
|---|---------------|-----------------------------------|
| Infittimento, sostituzione sostegno e apparecchio | 3             | 7.500                             |
| Sostituzione apparecchio                          | 275           | 156.200                           |
| Sostituzione sostegno e apparecchio               | 206           | 300.200                           |
| <b>Totali</b>                                     | <b>531</b>    | <b>463.900</b>                    |

Tabella 17 – Valutazione dei costi degli per quanto riguarda la priorità di intervento 2

### Interventi con Priorità 3

Per il 29% dei punti luce è prevista la messa a norma ai sensi della L.P. 16/07 nel medio periodo. L'utilizzo di tecnologie più efficienti (LED) in sostituzione di corpi illuminanti non conformi alla legge con lampade a vapori di mercurio, permette di ridurre notevolmente la potenza installata media con relativa diminuzione dei costi in bolletta (Tabella 18).

|   | <b>Stato attuale</b> | <b>Post intervento</b> |
|---|----------------------|------------------------|
| <b>Consumi e costi di esercizio</b>                   |                      |                        |
| Numero di punti luce                                  | 481                  | 481                    |
| Potenza installata lampade e alimentatori (kW)        | 68,29                | 39,00                  |
| Consumo di energia elettrica (kWh/anno)               | 238.396              | 125.384                |
| Prezzo di acquisto dell'energia IVA incl. (€/kWh)     | 0,17                 | 0,17                   |
| Costo in bolletta (€/anno)                            | 40.527               | 21.315                 |
| <b>Indici di efficienza energetica ed economica</b>   |                      |                        |
| Potenza installata media per punto luce (W/p.l.)      | 142                  | 81                     |
| Consumo annuo medio per punto luce (kWh/p.l.)         | 496                  | 261                    |
| Costo in bolletta annuo medio per punto luce (€/p.l.) | 84                   | 44                     |

Tabella 18 – Variazione degli indici di efficienza a seguito dell'intervento proposto per quanto riguarda la priorità di intervento 3

Come riportato in tabella 19 il costo totale dell'intervento è circa 487.000 euro con un costo medio per punto luce pari a circa 1.012 euro.

| Tipologia di intervento             | Numero     | Costo totale IVA escl. (€) |
|-------------------------------------|------------|----------------------------|
| Sostituzione apparecchio            | 264        | 154.200                    |
| Sostituzione sostegno e apparecchio | 217        | 332.800                    |
| <b>Totali</b>                       | <b>481</b> | <b>487.000</b>             |

Tabella 19 – Valutazione dei costi degli interventi per quanto riguarda la priorità di intervento 3

#### Interventi con Priorità 4

Questi interventi rappresentano il 16% dei punti luce totali e raggruppano principalmente punti luce che hanno un buon livello di efficienza energetica ma che risultano inquinanti. Proprio per questo motivo il consumo annuo di energia elettrica non subisce variazioni considerevoli.

|   | Stato attuale | Post intervento |
|---|---------------|-----------------|
| <b>Consumi e costi di esercizio</b>                   |               |                 |
| Numero di punti luce                                  | 258           | 261             |
| Potenza installata lampade e alimentatori (kW)        | 37,85         | 21,53           |
| Consumo di energia elettrica (kWh/anno)               | 122.073       | 63.461          |
| Prezzo di acquisto dell'energia IVA incl. (€/kWh)     | 0,17          | 0,17            |
| Costo in bolletta (€/anno)                            | 20.752        | 10.788          |
| <b>Indici di efficienza energetica ed economica</b>   |               |                 |
| Potenza installata media per punto luce (W/p.l.)      | 147           | 83              |
| Consumo annuo medio per punto luce (kWh/p.l.)         | 473           | 243             |
| Costo in bolletta annuo medio per punto luce (€/p.l.) | 80            | 42              |

Tabella 20 – Variazione degli indici di efficienza a seguito dell'intervento proposto per quanto riguarda la priorità di intervento 4

La sostituzione dei punti luce ha con un costo medio di 1.811 euro  
cadauno.

| <b>Tipologia di intervento</b>                                    | <b>Numero</b> | <b>Costo totale<br/>IVA escl.<br/>(€)</b> |
|---|---------------|---|
| Infittimento, sostituzione sostegno e apparecchio                 | 8             | 20.000                                    |
| Sostituzione apparecchio  | 98            | 54.400                                    |
| Sostituzione sostegno e apparecchio                               | 134           | 188.000                                   |
| Predisporre opportuna illuminazione con proiettori<br>asimmetrici | 6             | 1.500                                     |
| <b>Totali</b>   | <b>261</b>    | <b>263.900</b>                            |

Tabella 21 – **Valutazione dei costi degli per quanto riguarda la priorità di intervento 4**

#### 6.4.4 *Costi di manutenzione*

Gli interventi proposti sulla pubblica illuminazione si possono riassumere nell'uso di nuovi apparecchi illuminanti con sorgenti a LED.

L'installazione della tecnologia LED di ultima generazione permette una sensibile riduzione ai costi di manutenzione degli impianti. Considerando la lunga durata di vita dei LED, almeno pari a 50.000 ore (12 anni), si può considerare una riduzione del 40% dei costi manutentivi.

In tabella 22 sono riportati i consumi di energia elettrica degli impianti di illuminazione pubblica, dal 2000 al 2011, e le ore di personale comunale per le manutenzioni ordinarie e straordinarie dei completamenti (dati forniti dal Responsabile dell'ufficio tecnico - Distribuzione Energia Elettrica, Per. Ind. Angelo Barbolini).

| <b>anno</b>  | <b>energia (kWh)</b> | <b>ore lavorate</b> |
|--------------|----------------------|---------------------|
| 2000         | 813.306              | 1350                |
| 2001         | 768.638              | 1430                |
| 2002         | 945.748              | 1552                |
| 2003         | 976.629              | 1595                |
| 2004         | 901.765              | 1889                |
| 2005         | 935.071              | 1659                |
| 2006         | 957.685              | 1109                |
| 2007         | 934.233              | 1433                |
| 2008         | 951.220              | 1349                |
| 2009         | 929.415              | 1249                |
| 2010         | 940.121              | 1397                |
| 2011         | 972.783              | 931                 |
| <b>Media</b> | <b>918.885</b>       | <b>1.412</b>        |

Tabella 22 - **Ore lavorative e consumi energetici dal 2000 al 2011**

Attualmente il Comune di Cavalese affronta una spesa di circa 59.200 euro/anno. L'abbattimento degli interventi di manutenzione (comunque necessari per la periodica pulizia dei corpi illuminanti), con l'adozione di tecnologia LED, porta ad un risparmio stimabile di circa 23.680 euro/anno. La spesa annuale per la manutenzione degli impianti può essere stimata in 35.520 euro/anno.

#### 6.4.5 *Zone prive di illuminazione o con illuminazione insufficiente*

L'Amministrazione Comunale ha approvato di recente i progetti per la sostituzione degli apparecchi esistenti di Via Matteotti e Via Cavour con nuovi corpi LED. Nel piano di intervento tali impianti non sono stati considerati come costo di messa a norma degli impianti.

Nel corso di quest'anno è stato approvato anche un progetto per l'illuminazione notturna di una pista da sci: per le specifiche di tali impianti si veda quanto detto al paragrafo 6.1.4.

Negli incontri con l'Amministrazione Comunale sono emerse zone che necessitano di nuova illuminazione: un incrocio con la strada statale 48, nei pressi dell'agricampeggio Perlaie, e un tratto lungo 200 metri in zona artigianale Podera (tavola T011 – Conformità alla legge e piano di intervento). Per tali aree si ipotizza l'allaccio ai quadri esistenti. Per il potenziamento degli impianti di illuminazione pubblica è stato stimato un costo di circa 30.000 euro con l'installazione di 12 nuovi punti luce. Il collegamento diretto con gli impianti esistenti definisce dei vantaggi dal punto di vista dei costi di installazione rispetto a situazioni isolate.

Si precisa che le indicazioni di tale paragrafo hanno natura indicativa e che la finalità di questo approfondimento è quella di individuare, per ogni zona, un numero di punti luce sufficiente ad illuminare gli ambiti di interesse riuscendo così a stimare il costo totale di realizzazione di questi nuovi impianti. Il calcolo illuminotecnico approfondito di questi interventi esula dagli obiettivi del P.R.I.C. e dovrà essere obbligatoriamente redatto nel caso in cui l'Amministrazione decida di intervenire in tal senso.

## **7 CONCLUSIONI**

L'analisi condotta ha evidenziato le caratteristiche dell'illuminazione pubblica del Comune di Ledro. Le strade di scorrimento e le frazioni periferiche sono illuminate con armature stradali e corpi tecnici, mentre il centro storico è illuminato per lo più con lanterne. Le tipologie di sorgenti luminose più diffuse sono lampade ai vapori di mercurio.

Soprattutto nelle zone periferiche il flusso luminoso disperso verso l'alto, o comunque al di fuori del compito visivo, è elevato.

L'intervento prioritario proposto riguarda la sostituzione di tutti i corpi illuminanti non a norma con nuovi apparecchi cut-off a LED. Tale scenario prevede un costo di circa 1.511.600 € (IVA esclusa) e comprende il rifacimento di alcuni tratti di linea con l'aumento dei punti luce per il rispetto dei parametri previsti dalla legge. Le tecnologie installate consentono:

- l'incremento dei livelli di illuminazione sul compito visivo;
- l'abbattimento dell'inquinamento luminoso;
- un risparmio energetico di 400.000 kWh/anno (pari a circa il 49% del consumo attuale);
- un risparmio economico in bolletta pari a 68.000 €/anno;

- un risparmio economico sulle spese di manutenzione pari a 23.680 €/anno;
- un beneficio ambientale in termini di emissioni evitate di CO<sub>2</sub> pari a 186 ton/anno.