

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



COMUNE DI BOLBENO

VIA DON B. BALLARDINI, 2
38079 Bolbena (TN)

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

Giugno 2012

Autori

arch. Luigi Boso
ing. Matteo Poletti
ing. Denni Bettega

Collaboratori

Michel Gaier
Mattia Zagonel

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	Introduzione	3
2	INQUADRAMENTO	5
2.1	Viabilità	6
2.2	Demografia	7
2.3	Inquinamento luminoso	8
2.4	Osservatori astronomici	9
2.5	Aree omogenee	10
3	DEFINIZIONE DELLO STATO DI FATTO	15
3.1	Metodologia di lavoro	15
3.2	Parco lampade	16
3.3	Tipologie di applicazione	19
3.4	Corpi illuminanti	21
3.5	Linee elettriche e quadri	25
4	SPECIFICHE MINIME DEGLI IMPIANTI	32
4.1	Caratteristiche degli impianti	32
4.2	Linee guida progettuali	41
4.3	Manutenzione degli impianti	46
5	ANALISI E VERIFICHE DELLO STATO DI FATTO	61
5.1	Classificazione delle strade	63
5.2	Categorie illuminotecniche delle strade	66
5.3	Classificazione dei corpi illuminanti	68
5.4	Analisi dei tipologici	72
6	PIANO DI ADEGUAMENTO E RISANAMENTO	78
6.1	Priorità di intervento	79
6.2	Valutazioni economiche	84
7	CONCLUSIONI	95

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 Bolbeno, nonché i principali risultati conseguiti.

Il PRIC di Bolbeno 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

Bolbeno è un comune di 348 abitanti della provincia autonoma di Trento che si trova all'interno del territorio della Comunità delle Giudicarie. Il Comune confina con i comuni di Bleggio Superiore, Bondo, Breguzzo, Preore, Tione di Trento e Zuclo. Il territorio si estende per 12,48 chilometri quadrati con una densità di 27,9 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 terrazzo alluvionale a sud-est di Tione di Trento ospita il centro del paese (585 m s.l.m.) e anche la totalità dei punti luce presenti. L'altitudine del territorio comunale risulta compresa tra i 518 e i 2.127 metri sul livello del mare.



Figura 1 - Inquadramento da Google Earth

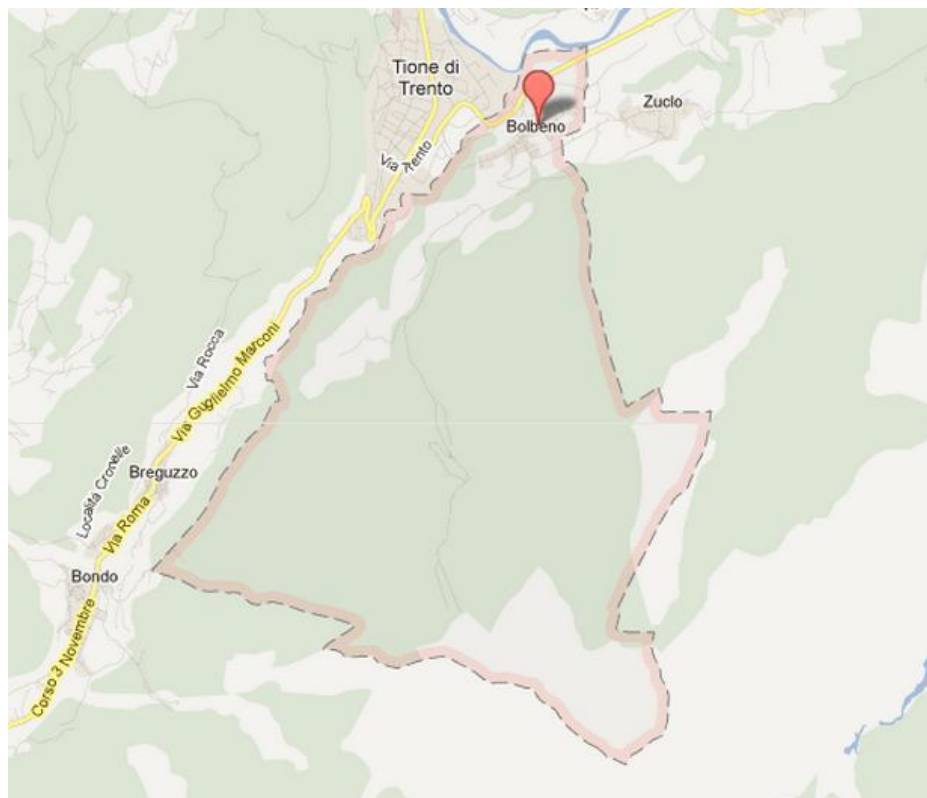


Figura 2 – Inquadramento territoriale Comune (fonte Map Data Tele Atlas in Google)

2.1 Viabilità

In base ai dati ACI il parco veicolare nel comune è pari a 295 veicoli, di cui 202 sono Automobili. L'abitato di Bolbeno non risulta essere attraversato da vie di comunicazione significative in relazione al traffico veicolare. La S.S. 237 che collega la Provincia di Brescia con il Trentino, pur attraversando il territorio comunale, rimane esterna all'abitato. Le vie di accesso al centro del paese sono garantite da strade provinciali che in località Tonello e in località Spine salgono verso l'abitato. Ad eccezione della S.P. 222, dove si registra uno scorrimento veloce, le altre strade presenti sul territorio comunale

sono principalmente strade locali con traffico veicolare di modesta entità.

Il traffico pendolare maggiore si registra soprattutto in direzione del vicino centro di Tione. Un minor flusso pendolare si registra anche in direzione di Trento (40 km) e in direzione di Brescia (100 km); si registra anche un ridotto traffico di mezzi pubblici in tratte extraurbane, servizio gestito da Trentino Trasporti, con una media di 2 corse feriali giornaliere verso Tione.

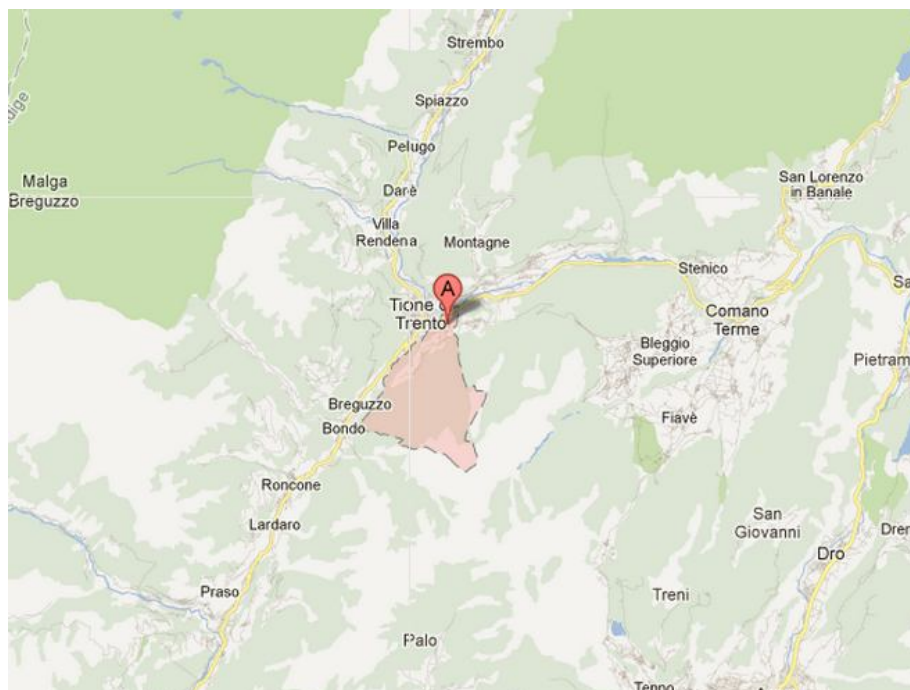


Figura 3 – Vie di comunicazione (fonte Map Data Tele Atlas in Google)

2.2 Demografia

Dal 2001 ad oggi il Comune è passato da un saldo di 331 residenti agli attuali 348 abitanti. La variazione demografica % media annua (2004/2010) si attesta su un **-0.38**. Vi sono 150 famiglie con un numero di componenti medi di 2,32 e un'età media di 43,27.

Nella distribuzione della popolazione il 51,8% sono maschi e il 48.2% sono femmine¹.

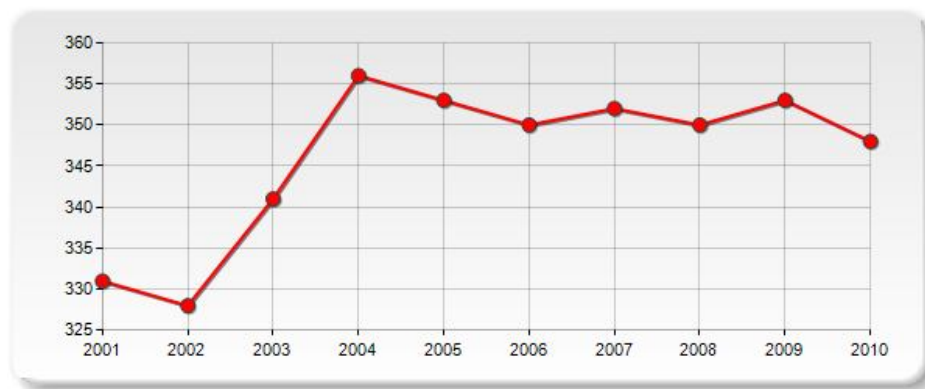


Figura 4 – Andamento della popolazione (fonte Urbistat)

2.3 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.²

¹ Fonte Urbistat

² 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

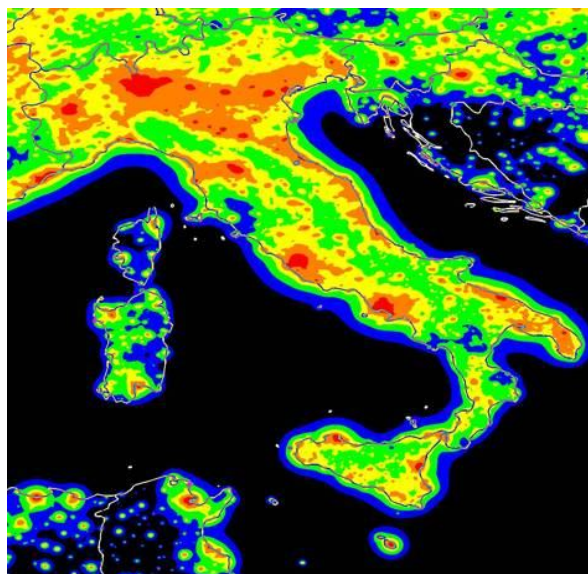


Figura 5 - **Brillanza artificiale del cielo notturno a livello del mare**

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.

2.4 Osservatori astronomici

Secondo i criteri tecnici contenuti nella L.P. n. 16 del 3 ottobre 2007 il Comune di Bolbeno non si trova all'interno delle fasce di rispetto degli osservatori astronomici di rilevanza nazionale (fascia di rispetto 25 km) e provinciale (fascia di rispetto 5 km) presenti sul territorio della Provincia di Trento.

Il comune di Bolbeno risulta esterno anche alle fasce di rispetto imposte dalla vicina Regione Lombardia per gli osservatori presenti all'interno del suo territorio. L'osservatorio più vicino è quello non professionale di rilevanza provinciale di Cima Rest di Masaga, in provincia di Brescia, per il quale la normativa lombarda impone una fascia di rispetto di 15 km.

Le distanze dagli osservatori più vicini sono le seguenti:

- L'Osservatorio non professionale di rilevanza provinciale Terrazza alle Stelle, loc. Monte Bondone (TN): 23 km;
- L'Osservatorio non professionale di rilevanza provinciale Cima Rest di Masaga (BS): 30 km;

2.5 **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

Nel territorio del comune di Bolbeno non si rilevano zone a carattere puramente commerciale. In tali zone vanno comunque 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 luminoso 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, dirigendola 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 Bolbeno sono presenti aree a parco che presentano attrezzature e giochi per i bambini. L'illuminazione di queste limi-

tate aree deve assolvere a una funzione di valorizzazione e sicurezza per i fruitori.

Aree industriali ed artigianali

Il territorio di Bolbeno non presenta importanti realtà industriali ed artigianali. L'illuminazione di queste aree deve essere 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 che 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 Bolbeno è presente un campo da calcetto a nord dell'abitato. 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 indirizzino 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 ad ogni 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 pubblica del Comune si compongono di 160 punti luce. 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 125 W (59% del totale) e al sodio alta pressione (luce gialla), con potenze di 70, 100 e 400 W (29% del totale). In misura molto inferiore sono presenti lampade agli ioduri metallici, LED e fluorescenti compatte.

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. La presenza di un 29% di lampade al sodio alta pressione, concentrata lungo via Legatipii, via Don Bortolo Ballardini, la S.P. 222 e il Parco, denota come il processo di riconversione degli impianti con lampade al sodio alta pressione sia già avviato.

Esiste sul territorio una ridotta presenza di sorgenti agli ioduri metallici tradizionali (a bassa efficienza) pari al 8% del totale. 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)	125	95	11,88	13,66
	70	29		
Sodio alta pressione (SAP)	100	17	4,13	4,75
	400	1		
Ioduri metallici (JM)	400	12	4,80	5,52
LED	33,6	4	0,13	0,15
Fluorescenti compatte (FLU)	50	2	0,10	0,12
Totali	---	160	21,04	24,20

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 59% dell'intero parco lampade è composto da sorgenti luminose a vapori di mercurio.

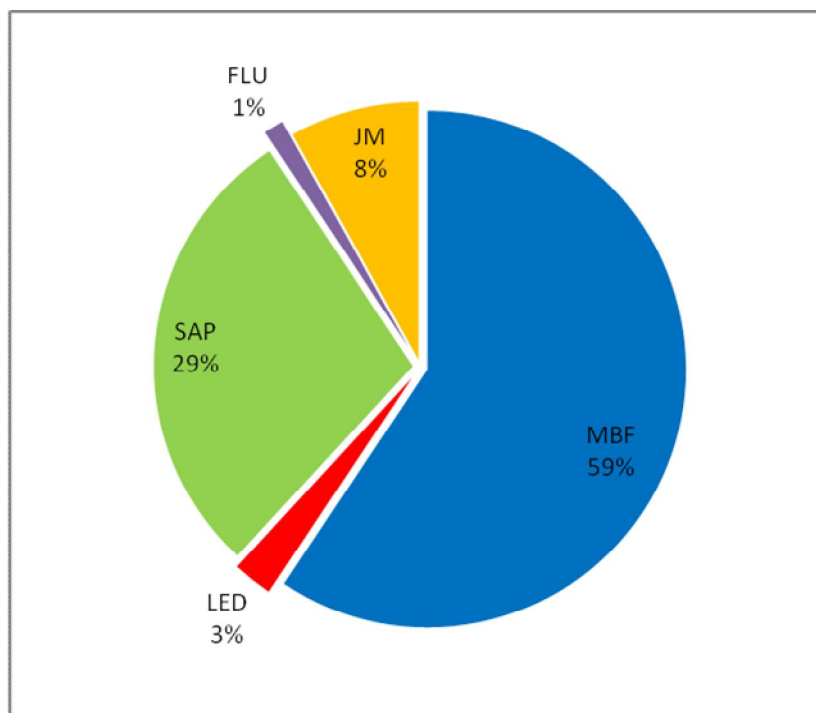


Figura 6 - Ripartizione del numero di lampade per tipologia

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 110 W che è un valore piuttosto elevato anche a causa della presenza di numerose sorgenti ad elevata potenza di bassa efficienza (vapori di mercurio). 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 66,1 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 che abbassa 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, se comprensiva dell'illuminazione per gli incroci e dei parcheggi, la gran parte del parco lampade con il 75% del totale.

Si riscontra un impegno di illuminazione di tipo aggregativo (Parchi, Pedonali, Piazza, ecc.) del 17% del totale che denota un uso quasi prettamente funzionale dell'illuminazione sul territorio comunale.

Utilizzo Corpo illuminante	Applicazione	Num. Corpi illuminanti	
Edifici / Monumento	Decorativo	1	1
Stradale	Stradale	105	120
	Incrocio	5	
	Parcheggio	10	
Impianti sportivi	Sportivo	12	12
Pedonale	Parco	9	27
	Pedonale	8	
	Piazza	10	
Totali	---	160	160

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

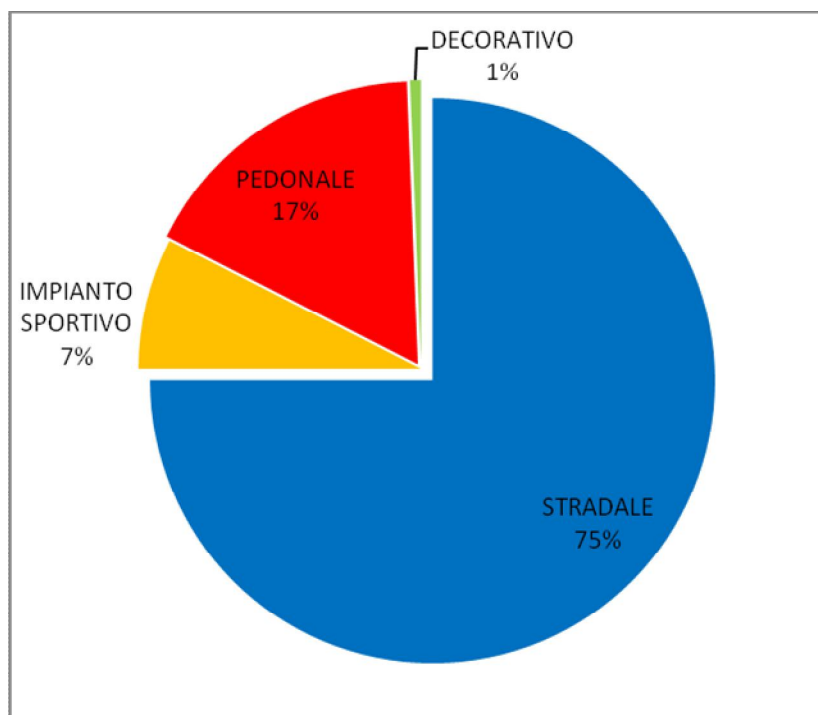


Figura 7 – Ripartizione dei Corpi Illuminanti secondo l'applicazione

3.4 Corpi illuminanti

Sul territorio comunale si individuano due principali tipologie di corpi illuminanti: artistici (Figura 9) e globi (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	2
Tecnico	17
Globo	53
Artistico	75
Proiettore	13
Totali	160

Tabella 3 – Tipologia di apparecchi per l'illuminazione pubblica

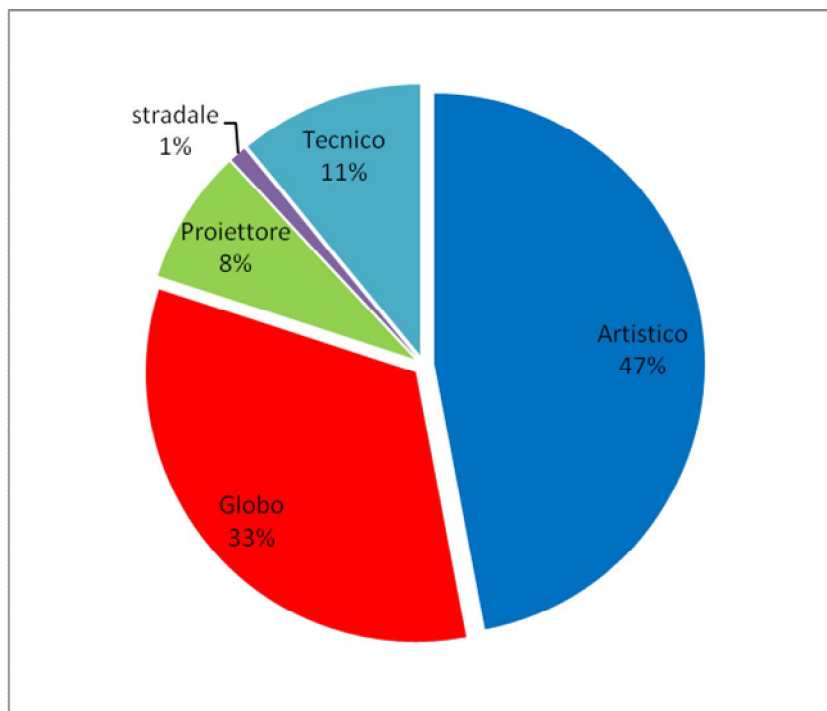


Figura 8 - Ripartizione delle tipologie di Corpi Illuminanti

Si rileva che il **47%** dei punti luce presenti sono di **tipo artistico**, con l'utilizzo di lanterne sia su palo che su mensola a parete. Il 56% hanno lampade ai vapori di mercurio, il 39% hanno lampade al sodio alta pressione e il rimanente sono a LED. Come si può notare dalle foto i corpi illuminanti più inquinanti sono quelli a vapori di mercurio e saranno sicuramente oggetto delle proposte di intervento mirate alla loro sostituzione con apparecchi più moderni full cut-off. Tra i corpi a lanterna presenti sul territorio solamente quelli lungo via S. Antonio sono dotati di vetro piano.



Via Legatipii



Via S. Antonio



Piazza Chiesa



Via G. Mazzini



Piazza Marchetti



Via 3 novembre

Figura 9 – Corpi illuminanti tipo artistico

Il **33%** 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.



Località Stelle



Via S. Antonio

Figura 10 – Corpi illuminanti tipo globo

L'**11%** dei punti luce totali è di **tipo tecnico** e sono distribuiti lungo la S.P. 222, strada a scorrimento veloce. La posizione della sorgente luminosa è all'interno della campana ma la presenza del vetro curvo favorisce l'emissione di luce oltre i 90° rendendo il corpo illuminante maggiormente inquinante.



S.P. 222

Figura 11 – Corpi illuminanti tipo tecnico

L'**8%** dei punti luce totali è di tipo a **proiettore** e sono prevalentemente usati per l'illuminazione degli impianti sportivi (campo da calcetto), mentre la restante parte è utilizzata per l'illuminazione del cimitero. Si rileva come per quanto riguarda l'illuminazione del campo da calcetto che il corpo illuminante è stato installato in posizione corretta. L'unica eccezione è rappresentata dal proiettore posizionato sulla Chiesa e illumina il cimitero: tale corpo presenta un'inclinazione frontale oltre i 90° e risulta notevolmente inquinante.



Via Piccola



Parco

Figura 12 – Corpi illuminanti tipo proiettore

Solo il rimanente **1%** dei punti luce sono di tipo armatura stradale.
Si segnala come, in fase di rilievo, uno dei sostegni risultasse privo di corpo illuminante.



Via Don Bortolo Ballardini

Figura 13 – Corpi illuminanti tipo armatura stradale

3.5 Linee elettriche e quadri

Gli impianti sono suddivisi in 5 punti di consegna dell'energia elettrica, per ciascuno dei quali si riportano, nella Tabella 4, i dati e le informazioni principali. Per quanto riguarda il quadro in località Stele

(Q01) si registrano consumi elevati rispetto al numero di punti luce collegati. Dall'analisi delle bollette risulta chiaro come il prezzo al kWh di 0,25 non può essere dovuto solamente all'attività di illuminazione notturna. Al quadro sono allacciate anche le pompe della fognatura e probabilmente funzionano in fasce orarie diversificate.

Si fa notare come l'utenza del quadro Municipio (Q03) comprende sia la parte di illuminazione pubblica che quella relativa all'edificio. I valori di consumo e costo indicati in Tabella 4, segnalati da (*), sono stati ricavati estrapolando la quota parte effettivamente destinata all'alimentazione dell'illuminazione pubblica.

In riferimento alle modalità di regolazione degli impianti, la maggior parte delle linee è regolata con il regime di tutta notte/mezza notte (spegnimento alternato dei punti luce dopo le ore 24). Solamente la linea che serve la località Stele presenta un regime di tutta notte flusso luminoso.

Il consumo di energia elettrica complessivo degli impianti a carico del Comune di Bolbeno è di circa 57.012 kWh/anno e il costo in bolletta ammonta a 9.596 €/anno (IVA compresa), per un prezzo medio di acquisto dell'energia elettrica pari a 0,17 €/kWh (IVA inclusa).

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 corto circuito 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 costituito 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	Indirizzo di fornitura dell'energia elettrica	Codice contratto	Matricola contatore	POTENZA	TIPO_TENSIONE	USO	Consumo di energia elettrica kWh/anno	Prezzo en. elettrica (IVA compresa) €/kWh	Importo (IVA compresa) €/anno
Q001	LOCALITA' STELE	0003175	0509650001190	6,6	Bassa tensione	IP	4.196,47	0,248	€ 1.040,97
Q002	ZONA CHIESA	5264373	IT221E00598320	11,0	Bassa tensione	IP	25.022,83	0,144	€ 3.606,08
Q003	MUNICIPIO	5263891	598303	37,5	Bassa tensione	IP	27.792,70*	0,178	€ 4.948,75*
Q004	CAMPO CALCIO	Altre utenze (Pro Loco)		--	Bassa tensione	IP	--	--	--
Q005	PARCO								
					Totali		57.012,00	0,168	€ 9.595,80

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

3.5.1 *Quadro Q01 – Località Stele*

La carpenteria del quadro é del tipo armadio "Conchiglia" in vetroresina presenta grado di protezione IP44, ritenuto adeguato per il tipo di posa. I circuiti in uscita sono protetti da protezione differenziale generale. Il comando accensione/spegnimento avviene tramite crepuscolare e orologio.



Figura 14 - **Quadro Q01**



Figura 15 - **Interno quadro Q01**

3.5.2 *Quadro Q02 – Via Piccola (Zona Chiesa)*

La carpenteria del quadro é del tipo armadio "Conchiglia" in vetroresina presenta grado di protezione IP44, ritenuto adeguato per il tipo di posa. I circuiti in uscita sono protetti da protezioni differenziali. Il comando accensione/spegnimento avviene tramite crepuscolare e orologio.



Figura 16 - Quadro Q02



Figura 17 - Interno quadro Q02

3.5.3 Quadro Q03 – Via Don Ballardini (municipio)

La carpenteria del quadro é in materiale isolante e presenta grado di protezione IP44, ritenuto adeguato per il tipo di posa. I circuiti in uscita sono protetti da protezioni differenziali. Il comando accensione/spegnimento avviene tramite crepuscolare e orologio. Il quadro alimenta dei sottoquadri tramite circuiti di distribuzione non protetti da protezione differenziale - adeguamento.



Figura 18 - Quadro Q05



Figura 19 - Interno quadro Q05

3.5.4 Quadro Q04/05 – Parco e campo da Calcio

La carpenteria del quadro é del tipo armadio "Conchiglia" in vetroresina presenta grado di protezione IP44, ritenuto adeguato per il tipo di posa. I circuiti in uscita sono protetti da protezione differenziale generale. Il comando accensione/spegnimento avviene tramite crepuscolare e orologio.

Le accensioni dei fari tennis prevedono l'apertura del quadro; é opportuno posizionare interruttori di comando adeguati esterni al quadro - adeguamento.



Figura 20 - Quadro Q04-Q05



Figura 21 - Interno quadro Q04



Figura 22 - Interno quadro Q05

4 SPECIFICHE MINIME DEGLI IMPIANTI

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 cd/m² 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 $I_d=300\text{ mA}$, 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 corrente 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 accessibili 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 uni-

tà 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 richiesti 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 φ 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 interrato 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 ripristino 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 M Ω 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, il rapporto minimo interdistanza su altezza palo deve essere 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. 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 dalla L.P. 16/07.

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.

	Componente	Criticità
Criticità	Sistema di fissaggio dell'apparecchio su palo/braccio	Difettosità del sistema di serraggio Corrosione metallica Errato orientamento dell'apparecchio sulla strada
	Vano ottico delle armature/proiettori, ...	Sporczia, opacizzazione delle coppe, ossidazione riflettore

	Sistema di chiusura della armature/proiettori, ...	Difettosità del sistema di chiusura 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 ³
	Verifica dell'inclinazione del gruppo ottico rispetto alla sede stradale	In base alla periodicità del ricambio lampade	Formazione tipo A
	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
Interventi	Intervento	Periodicità	Risorse impiegate e modalità di esecuzione
	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:

³ Formazione tipo A: composta da n. 1 operaio elettricista specializzato e formato come Persona esperta (PES)

Tipo di lampada	Periodicità di sostituzione senza regolatori di flusso
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)
Tipo di lampada	Periodicità di sostituzione con regolatori di flusso
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.

Criticità	Componente	Criticità	
	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	
Ispezioni	Tipo di ispezione	Periodicità	Risorse impiegate
	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

Interventi	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
	Intervento	Periodicità	Risorse impiegate e modalità di esecuzione
	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 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, ...) 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 ⁴
	Controllo anche mediante misura dei parametri elettrici dell'impianto (correnti di linea, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva)	1 anno	Formazione tipo B

⁴ 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)

	Verifica stato di conservazione e valore di taratura dei dispositivi di accensione (interruttori crepuscolari, magnetotermici, ...)	1 anno	Formazione tipo B o C ⁵
	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
	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.

Criticità	Componente	Criticità	
	Armadi stradali	Usura e deterioramento del telaio e dello sportello	
	Dispositivi di segnalazione, di allarme o di monitoraggio (se esistenti)	Difettosità di funzionamento Deterioramento per usura	
Ispezioni	Tipo di ispezione	Periodicità	Risorse impiegate
	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

⁵ 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)

	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
Interventi	Intervento	Periodicità	Risorse impiegate e modalità di esecuzione
	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
Interventi	Intervento	Periodicità	Risorse impiegate
	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)":

Provenienza	Codice CER	Tipo di rifiuto
Demolizione di pavimentazioni stradali o manufatti edili Prelievo di pali in c.a.c.	101303 170101 170102 170103 170104 170701 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 120101 160208 150104 170405 190108 190102 200105 200106	Rifiuti in ferro, acciaio, ghisa
Prelievo e sfridi di cavi o span-denti di terra	170401 170408 160199 160208	Spezzoni di cavo in rame ricoperto
Prelievo di componenti dei quadri e degli apparecchi di illuminazione (escluse le lampade), giunti	160202 200124 110104 110401 110201	Apparecchi elettrici, elettrotecnici ed elettronici, rottami elettrici ed elettronici contenenti e non metalli preziosi
Prelievo di lampade	160205	Lampade al sodio ad alta pressione
Prelievo di sorgenti luminose contenenti mercurio	200121	Lampade ai vapori di mercurio – 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 ANALISI E VERIFICHE DELLO STATO DI FATTO

La Tabella 5 riepiloga i principali dati di consumo e costo energetico della pubblica illuminazione del Comune di Bolbeno 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 i valori riportati in Tabella 5 sono relativi alle utenze del Comune. Rimangono esclusi l'illuminazione del campo da calcio e del parco.

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

Consumi e costi di esercizio	
Numero di punti luce	134
Potenza installata (lampade e alimentatori)	17,95 kW
Consumo di energia elettrica	57.012 kWh/anno
Prezzo di acquisto dell'energia (IVA incl.)	0,168 €/kWh
Costo in bolletta	9.596 €/anno
Indici di efficienza energetica ed economica	
Ore equivalenti di accensione delle lampade	3.176 ore/anno
Potenza installata media per punto luce	134 W/p.l.
Consumo annuo medio per punto luce	425 kWh/p.l.
Costo in bolletta annuo medio per punto luce	71,6 €/p.l.

Tabella 5 – 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 in-

stallata: 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 Bolbeno le ore equivalenti sono molto più basse in conseguenza 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. Valori nell'intorno di 100 W/p.l. (incluse le perdite degli alimentatori) sono tipici di una buona efficienza. Nel Comune di Bolbeno l'impiego di un numero significativo di apparecchi inquinanti (lanterne e globi) equipaggiati con lampade a scarsa efficienza (vapori di mercurio) pone gli impianti di illuminazione pubblica al di sopra del valore indicato. A tal riguardo si ricorda che le

lampade ai vapori di mercurio rappresentano una tecnologia di sorgente luminosa obsoleta e sempre più in disuso, a causa della scarsa efficienza luminosa ($45 \div 50 \text{ lm/W}$) e della ridotta durata di vita utile (12.000 ore).

I rimanenti due indici in Tabella 5 (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. Gli indici del Comune di Bolbeno risultano di gran lunga maggiori dei valori indicati e possono essere ridotti 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. Anche 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.

Sul territorio comunale di Bolbeno è presente una strada statale (S.S. 237) assimilabile ad una strada extraurbana che però non risulta illuminata; sono presenti solo strade extraurbane secondarie (tipo C) e strade locali (tipo F).

Le strade extraurbane secondarie (tipo C) hanno una carreggiata con almeno una corsia per senso di marcia (tipicamente S.P., S.R. o S.S.). Anche 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, costituita dalle strade di tipo F.

Nel seguito sono riportate le strade di Bolbeno classificate come strade extraurbane secondarie (tipo C).



S.P. 222

Figura 23 – Strade extraurbana secondaria (tipo C) a Bolbeno

Tutte le altre strade del Comune sono classificate come strade locali urbane (tipo F).



Via Piccola



Via Splazzago



Via 3 novembre



Via S. Antonio

Figura 24 – Strade locali urbane (tipo F) a Bolbeno

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 6). 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 ₁	Autostrade extraurbane	130 - 150	ME1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	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	Non dichiarato	S3
	Strade a destinazione particolare	30	

Tabella 6 – 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 Bolbeno, 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 Bolbeno le strade locali urbane (tipo F) si possono declassare dalla categoria ME4b 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 ME4b;

➤ alle strade locali urbane di tipo F è assegnata la categoria ME5.

5.3 Classificazione dei 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 7).

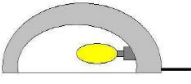

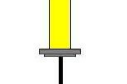


<p>1. <u>Apparecchi di classe A</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa massima per angoli gamma maggiori o uguali a 90°, compresa tra 0,00 e 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso; tipicamente 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>Apparecchi ammessi solo previa verifica di conformità (Soluzione calcolata – Allegato 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>Apparecchi sconsigliati ed ammessi solo in particolari casi previa verifica di conformità (Soluzione calcolata – Allegato B)</p>
<p>4. <u>Apparecchi di classe D</u>: comprendono tutti gli apparecchi destinati a produrre illuminazione d'accentuo o effetti localizzati decorativi (incassi da terra, proiettori, applique, ecc.).</p>	 <p>Classe D</p> <p>Apparecchi ammessi solo per gli impianti non soggetti di cui al punto VIII o per alcuni impianti particolari (numeri 1 e 2 del punto VI)</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 7 - Classificazione degli apparecchi illuminanti nella Provincia di Trento

Si fa notare che la codifica assegnata ai corpi illuminanti (Composizioni) di Bolbeno 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.

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



A01 - Proiettore

A02 - Artistico

A03 - Proiettore

Figura 25 – Codifica dei corpi illuminanti - 1



B01 - Corpo tecnico

B02 - Armatura stradale

B03 - Artistico

Figura 26 – Codifica dei corpi illuminanti - 2



C01 - Artistico

C02 - Artistico

C03 - Artistico

Figura 27 – Codifica dei corpi illuminanti - 3



C04 - Artistico

E01 - Globo

E02 - Globo

Figura 28 – Codifica dei corpi illuminanti - 4

A01: proiettori con vetro piano trasparente di chiusura. Nella versione con ottica simmetrica e lampada agli ioduri metallici da 400 W. Questo proiettore è utilizzato per l'illuminazione del campo da calcio; verificare l'installazione corretta di tutti i corpi che devono mantenere il vetro orizzontale e i flussi luminosi diretti esclusivamente dall'alto verso il basso.

A02: recente corpo artistico (lanterna) con sorgenti luminose a LED ad elevata efficienza e buona resa cromatica. Gli apparecchi A02 sono di moderna concezione e correttamente installati: risultano cut-off perché evitano la dispersione di flusso luminoso verso l'alto. Sono presenti in piccola quantità solo lungo via S. Antonio e dispongono di 28 LED.

A03: proiettore con vetro piano trasparente di chiusura. Nella versione con ottica simmetrica e lampada al sodio alta pressione da 400 W, questo proiettore è utilizzato per l'illuminazione del cimitero, dove è installato non correttamente con un'inclinazione pari a 80° che determina la dispersione di parte del flusso luminoso verso l'alto o comunque al di fuori dell'area da illuminare.

B01: corpo tecnico con lampada contenuta nel vano ottico superiore e vetro trasparente curvo. I corpi non sono cut-off perché parte del flusso luminoso è disperso verso l'alto a causa di fenomeni di rifrazione e riflessione della luce. Questi apparecchi sono disposti lungo la S.P. 222, sono installati su pali con sbraccio e dispongono di lampade ad elevata efficienza e bassa resa cromatica del tipo al sodio ad alta pressione da 100 W.

B02: armatura stradale con lampada contenuta nel vano ottico superiore e vetro leggermente curvo. Queste armature non sono cut-off per l'inclinazione del corpo di quasi 30° . Questi apparecchi sono piuttosto vecchi, sono installati in Via Don Bortolo Ballardini su pali con sbraccio e dispongono di lampade ai vapori di mercurio da 125 W.

B03: corpo artistico (lanterna) con lampada contenuta nel vano ottico superiore e schermi laterali opacizzati. Le lanterne non sono cut-off perché parte del flusso luminoso è disperso verso l'alto a causa di fenomeni di rifrazione e riflessione della luce. Questi apparecchi sono piuttosto diffusi sul territorio, sono installati su sostegni del tipo testa-palo e dispongono di lampade ad elevata efficienza e bassa resa cromatica del tipo al sodio alta pressione da 70 W.

C01-C02-C03-C04: corpo artistico (lanterna) con lampada emergente dal vano ottico e schermi laterali trasparenti. Le lanterne non sono cut-off e gran parte del flusso luminoso è disperso verso l'alto. Questi apparecchi sono piuttosto diffusi sul territorio, sono installati su sostegni del tipo testa-palo o mensole a parete e dispongono di lampade a bassa efficienza del tipo ai vapori di mercurio da 125 W.

E01-E02: globo molto inquinante. Questi apparecchi, diffusi sul territorio, sono vecchi e utilizzati per l'illuminazione stradale in località Stele, in via Piccola, via Splazzago e via Don Bortolo Ballardini. Sono privi di un gruppo ottico adeguato e ciò comporta la dispersione di un'ingente quantità di luce verso l'alto o comunque al di fuori del compito visivo. Dispongono di lampade ai vapori di mercurio da 125 W e di lampade fluorescenti compatte da 50 W.

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, lampada, 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 38 tipologici distinti rispetto alle 13 composizioni rilevate: le caratteristiche di ciascun tipologico sono riportate nelle schede allegate alla presente relazione (**Allega-**

to A) e sono sintetizzate nella tabella riepilogativa dei tipologici (**Allegato C**). La posizione dei tipologici è mostrata nella **Tavola T01 – Rilievo punti luce stato di fatto – Disposizione punti luce**.

Composizione di riferimento	Tipologici oggetto di analisi illum.	Num. punti luce
A01	A01.1	6
A02	A02.1	1
	A02.2	3
A03	A03.1	1
B01	B01.1	12
	B01.2	1
	B01.3	2
	B01.4	2
B02	B02.1	2
B03	B03.1	11
	B03.2	5
	B03.3	4
	B03.4	4
	B03.5	1
	B03.6	1
	B03.7	1
	B03.8	1
	B03.9	1
C01	C01.1	7
	C01.2	9
	C01.3	6
C02	C02.1	9
	C02.2	2
	C02.3	4
	C02.4	1
C03	C03.1	1
	C03.2	2
C04	C04.1	1
E01	E01.1	3

	E01.2	1
	E01.3	1
	E01.4	31
	E01.5	2
	E01.6	8
	E01.7	1
	E01.8	1
	E01.9	3
E02	E02.1	2
Totale tipologici		154

Tabella 8 – Tipologici oggetto di analisi illuminotecnica

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 (ad esempio alcune armature stradali), 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^2)*: 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'adequata 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 tipologie (**Allegato A**) e nella tabella riepilogativa (**Allegato C, D**), sono stati confrontati con i requisiti prestazionali minimi richiesti dalla normativa tecnica di settore (Tabella 9).

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	L in cd/m ² [minima mantenuta]	U_o [minima]	U_l [minima]	TI in %a) [massimo]	SR 2b) [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 9 - **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 η e K_{ill} previsti dal “Piano Provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell’inquinamento luminoso” (**Allegato B**). Il parametro η determina il grado di efficienza energetica degli impianti di illuminazione pubblica e il parametro K_{ill} qualifica gli impianti sotto il profilo dell’inquinamento luminoso causato.

In particolare l’indice η (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/m² 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 m², 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 limi-

tarne 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 kWh/m².

6

PIANO DI ADEGUAMENTO E RISANAMENTO

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 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.

Il piano di riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica del Comune di Bolbeno individua tre livelli di priorità degli interventi, più un livello attribuito alle situazioni conformi alla L.P. n. 16/2007 che non richiedono azioni correttive:

- *livello 1*: gli interventi riguardano la sostituzione degli impianti molto inquinanti e a bassa efficienza, dove maggiore è l'area efficace. Gli interventi pertanto hanno una priorità alta e devono essere previsti nel breve periodo.

- *livello 2*: gli interventi riguardano principalmente la sostituzione degli impianti mediamente inquinanti e a bassa efficienza dove l'area efficace risulta media: essi hanno una priorità media e possono essere previsti nel medio periodo;
- *livello 3*: 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;

6.1 Priorità di intervento

Livello 0 - Nessun intervento previsto

I corpi artistici a LED A02.2 sono situazioni conformi alla L.P. n. 16/2007 che non richiedono nessun intervento (livello 0): gli apparecchi sono tutti di classe A, correttamente installati con il vetro piano orizzontale e i flussi luminosi dall'alto verso il basso generati da lampade ad alta efficienza (sodio alta pressione, ioduri metallici e LED).

Livello 1 - Alta priorità di intervento

La Tabella 10 riporta le situazioni ad alta priorità di intervento, che riguardano soprattutto gli apparecchi più inquinanti.

Indirizzo strada	Descrizione strada	Categoria illumin. Strada	Corpo illuminante		Sorgente luminosa		Priorità di intervento
			Num	Tipologico	Tipo	W	
Loc. Stele	Urbana locale	Me5	3	E01.1	MBF	125	1
Loc. Stele	Urbana locale	Me5	1	E01.2	MBF	125	1
Loc. Stele	Urbana locale	Me5	1	E01.3	MBF	125	1
Via 3 novembre	Urbana locale	Me5	1	C03.1	MBF	125	1
Via G.Mazzini	Urbana locale	Me5	2	C03.2	MBF	125	1
Via Piccola	Urbana locale	Me5	13	E01.4	MBF	125	1
Via Piccola	Urbana locale	Me5	2	E01.5	MBF	125	1
Via Piccola	Urbana locale	Me5	1	E01.6	MBF	125	1
Via Piccola	Urbana locale	Me5	3	E01.9	MBF	125	1
Via S.Antonio	Urbana locale	Me5	7	E01.6	MBF	125	1
Via S.Antonio	Urbana locale	Me5	1	E01.8	MBF	125	1
Via S.Antonio	Urbana locale	Me5	2	E02.1	FLU	50	1
Via Splazzago	Urbana locale	Me5	18	E01.4	MBF	125	1
Via Splazzago	Urbana locale	Me5	1	E01.7	MBF	125	1

Tabella 10 – **Situazioni non conformi alla L.P. 16/07 con alta priorità di intervento**

Lanterna C03 e globi E01 e E02: l'intervento riguarda la sostituzione integrale dei punti luce (sostegni, corpi illuminanti e lampade) attualmente equipaggiati con apparecchi inquinanti e sorgenti a bassa efficienza del tipo ai vapori di mercurio da 125 W. Il piano di intervento prevede l'installazione di nuovi apparecchi a LED, 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.

Livello 2 - Media priorità di intervento

La Tabella 11 riporta le situazioni a media priorità di intervento, che riguardano principalmente le strade extraurbane e le strade locali.

Indirizzo strada	Descrizione strada	Categoria illumin. Strada	Corpo illuminante		Sorgente luminosa		Priorità di intervento
			Num	Tipologico	Tipo	W	
Via 3 novembre	Urbana locale	Me5	4	C02.1	MBF	125	2
Via 3 novembre	Urbana locale	Me5	1	C02.2	MBF	125	2
Via 3 novembre	Urbana locale	Me5	1	C01.1	MBF	125	2
Via 3 novembre	Urbana locale	Me5	3	C01.2	MBF	125	2
Via 3 novembre	Urbana locale	Me5	6	C01.3	MBF	125	2
Via 3 novembre	Urbana locale	Me5	1	C04.1	MBF	125	2
Via Don Bortolo Ballardini	Urbana locale	Me5	2	B02.1	MBF	125	2
Via Don Bortolo Ballardini	Urbana locale	Me5	1	C02.1	MBF	125	2
Via G.Mazzini	Urbana locale	Me5	4	C01.2	MBF	125	2
Via Piccola	Urbana locale	-	1	A03.1	SAP	400	2
Via S.Antonio	Urbana locale	Me5	3	C02.1	MBF	125	2
Via S.Antonio	Urbana locale	Me5	1	C02.3	MBF	125	2
Via S.Antonio	Urbana locale	Me5	2	C01.2	MBF	125	2

Tabella 11 – Situazioni non conformi alla L.P. 16/07 con media priorità di intervento

Proiettore A03.1: si consiglia di verificare la corretta inclinazione dei proiettori (Figura 29) avendo cura di minimizzare le dispersioni verso l'alto. Per l'illuminazione del cimitero è raccomandabile progettare soluzioni meno inquinanti.



Figura 29 - Proiettore che illumina il cimitero

Armatura stradale B02 e lanterne C01, C02 e C04: l'intervento riguarda la sostituzione integrale dei corpi illuminanti e delle lampade attualmente equipaggiati con apparecchi inquinanti e sorgenti a bassa efficienza del tipo ai vapori di mercurio da 125 W. Il piano di intervento prevede l'installazione di nuovi apparecchi a LED, orientati-

vamente nelle stesse posizioni occupate dai punti luce esistenti; nei casi in cui le interdistanze attuali siano inadeguate, se ne prevede la variazione.

Livello 3 - Bassa priorità di intervento

La Tabella 12 riporta le situazioni a bassa priorità di intervento: pur non essendo conformi alla L.P. 16/07, tali situazioni non sono particolarmente critiche né dal punto di vista del consumo energetico né da quello dell'inquinamento luminoso e interessano punti luce di recente installazione e in buono stato.

Indirizzo strada	Descrizione strada	Categoria illumin. Strada	Corpo illuminante		Sorgente luminosa		Priorità di intervento
			Num	Tipologico	Tipo	W	
SP 222	Extraurbana secondaria	Me4b	12	B01.1	SAP	100	3
SP 222	Extraurbana secondaria	Me4b	1	B01.2	SAP	100	3
SP 222	Extraurbana secondaria	Me4b	2	B01.3	SAP	100	3
SP 222	Extraurbana secondaria	Me4b	2	B01.4	SAP	100	3
Parco	-	-	12	A01.1	JM	400	3
Parco	Pedonale	Ce5	2	B03.3	SAP	70	3
Parco	Pedonale	Ce5	4	B03.4	SAP	70	3
Parco	Pedonale	Ce5	1	B03.5	SAP	70	3
Parco	Pedonale	Ce5	1	B03.9	SAP	70	3
Passeggiata	Pedonale	Ce5	5	B03.2	SAP	70	3
Passeggiata	Pedonale	Ce5	2	B03.3	SAP	70	3
Passeggiata	Pedonale	Ce5	1	B03.8	SAP	70	3
Via Don Bortolo Ballardini	Urbana locale	Me5	1	B03.1	SAP	70	3
Via Don Bortolo Ballardini	Parcheggio	Ce5	1	B03.6	SAP	70	3
Via Don Bortolo Ballardini	Parcheggio	Ce5	1	B03.7	SAP	70	3
Via Legatipii	Urbana locale	Me5	10	B03.1	SAP	70	3
Via S. Antonio	Urbana locale	Me5	1	A02.1	LED	33,6	3

Tabella 12 – Situazioni non conformi alla L.P. 16/07 con bassa priorità di intervento

Corpi tecnici B01: l'intervento di adeguamento dei punti luce è rappresentato dalla sostituzione dell'apparecchio che dovranno rispettare i requisiti illuminotecnici della strada.

Proiettore A01.1: si consiglia di verificare la corretta inclinazione dei proiettori (Figura 30) avendo cura di minimizzare le dispersioni verso l'alto.



Figura 30 - **Proiettore che illumina il campo da calcetto**

Lanterne A02.1: l'intervento riguarda l'integrazione dell'illuminazione esistente in via S. Antonio. Ciascun punto luce dispone di un apparecchio installato ad un'altezza di 4 m, con interasse 40 m e lampade a LED; le lanterne sono destinate ad illuminare sia la strada che il parcheggio. Pur conformi alla L.P. 16/07, le lanterne non illuminano correttamente la strada perché non è rispettata l'uniformità generale.

Lanterne B03: l'intervento di adeguamento dei punti luce alla L.P. 16/07 è rappresentato dalla sostituzione dei corpi illuminanti con apparecchi in classe A.

6.2 Valutazioni economiche

I risultati illuminotecnici ed energetici del piano di intervento sono riportati nell'allegato D - Stato di rilievo, da confrontare con l'allegato 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.

A fronte di un adeguamento dei livelli di illuminazione sulle strade, aree pedonali, parcheggi, ecc., con conseguente aumento della sicurezza, l'utilizzo dei nuovi apparecchi a LED riduce la potenza installata e i consumi energetici.

I costi di investimento sono riportati nell'elaborato 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). I costi includono inoltre la regolazione di tipo stand-alone dei nuovi apparecchi a LED (programmabile secondo il profilo di funzionamento desiderato) ed escludono un eventuale sistema di telecontrollo. 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 formazione della linea, il costo dell'apparecchio è stato incrementato di circa il 50%, percentuale dovuta alle opere civili.

6.2.1 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.

Nei casi in cui si renda necessaria la sostituzione dei punti luce non conformi alla L.P. n. 16/2007, il presente piano di intervento propone l'uso di nuovi apparecchi illuminanti con sorgenti a LED a tonalità di luce bianco-calda (3.000 K). 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, estremamente agevole ed efficace con la tecnologia LED, secondo il profilo giornaliero ed annuale di funzionamento degli impianti, illustrato nella figura 33. 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. A puro titolo esemplificativo, gli apparecchi a LED presi in considerazione nel presente piano di intervento sono illustrati nella Figura 31 e nella Figura 32.

		
A11 – Armatura stradale	A12 – Armatura stradale	A13 – Armatura stradale

Figura 31 – Possibili armature stradali a LED adatte alla sostituzione di punti luce non conformi nel Comune di Bolbeno (modelli puramente indicativi)

	
A14 – Corpo tecnico	A15 – Corpo tecnico

Figura 32 – Possibili corpi tecnici a LED adatti alla sostituzione di punti luce non conformi nel Comune di Bolbeno (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	2	1	1	1		
22-dic	90	Inverno										1	2	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1		
21-mar	92	Primavera												1	2	3	3	3	3	2	1	1	1			
21-giu	93	Estate														1	2	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
1550	730	1909

Ore totali

4.189

50%	75%	100%
180	135	540
225	135	630
184	138	460
186	140	279
775	548	1909

Regime ridotto

2.280

Ore Parametriche 3.232

Utilizzo medio
77,14%

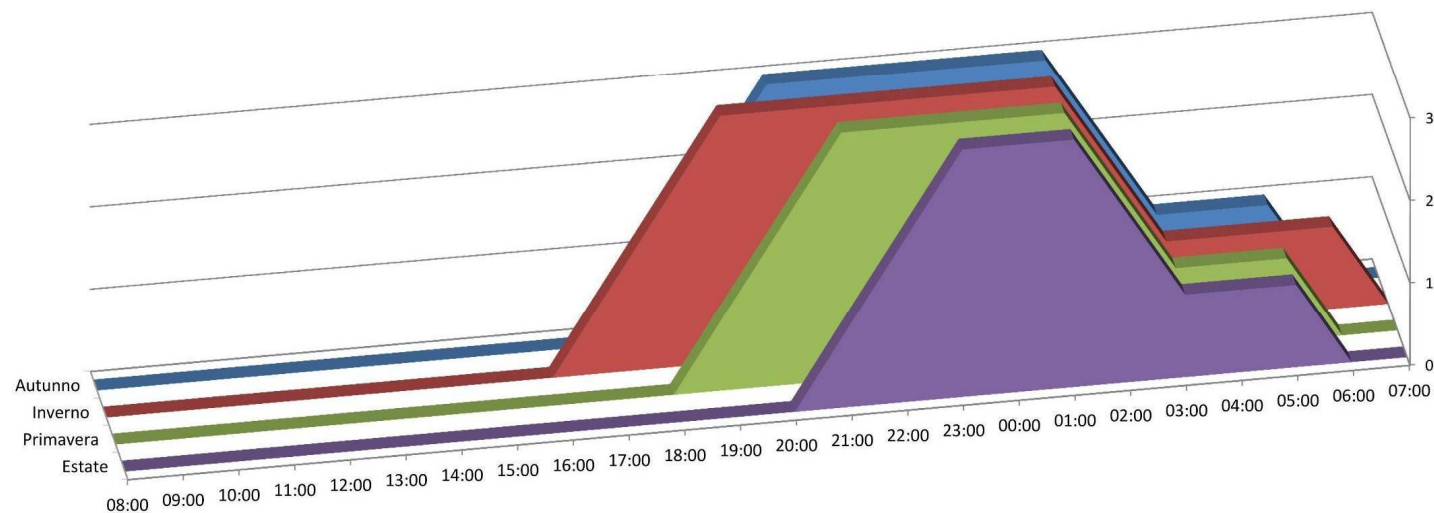


Figura 33 – Profilo di funzionamento degli impianti previsti

6.2.2 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 32.819 kWh/anno, circa il 60% del consumo attuale. Il risparmio annuale in termini economici è quantificabile in circa 5.580 euro.

Nella tabella 13 è riportato un confronto relativo ai consumi e ai costi di esercizio tra lo stato attuale e lo scenario di intervento proposto. Per il calcolo degli indici di efficienza energetica rimangono escluse le utenze della Pro Loco (l'illuminazione del campo da calcio e il parco). La tabella 13 si riferisce a valori calcolati dello stato di fatto rilevato impostando il regime di funzionamento attuale; tali valori medi possono differire dalle reali letture delle bollette.

	Stato attuale	Post intervento
Consumi e costi di esercizio		
Numero di punti luce	134	162
Potenza installata lampade e alimentatori (kW)	17,55	7,00
Consumo di energia elettrica (kWh/anno)	54.105	21.286
Prezzo di acquisto dell'energia IVA incl. (€/kWh)	0,17	0,17
Costo in bolletta (€/anno)	9.198	3.619
Indici di efficienza energetica ed economica		
Ore equivalenti di accensione delle lampade (ore anno)	3.083	3.041
Potenza installata media per punto luce (W/p.l.)	131	43,2
Consumo annuo medio per punto luce (kWh/p.l.)	404	131
Costo in bolletta annuo medio per punto luce (€/p.l.)	68,64	22,34

Tabella 13 – Variazione degli indici di efficienza a seguito dell'intervento proposto per quanto riguarda le utenze comunali

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

Le ore equivalenti di accensione delle lampade nel caso specifico del Comune di Bolbeno sono molto più basse in conseguenza 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. I valori proposti di circa 43 W/p.l. (incluse le perdite degli alimentatori) sono tipici di una ottima efficienza.

Gli indici del Comune di Bolbeno sono stati ridotti operando prioritariamente sulla sostituzione degli apparecchi inquinanti dotati di lam-

pade ai vapori di mercurio con nuovi apparecchi cut-off e sorgenti luminose ad alta efficienza. Si fa notare come la variazione finale tra lo stato di fatto e il piano di intervento è di 28 apparecchi illuminanti. Tale fatto è dovuto alla messa a norma dell'illuminazione stradale che ha portato ad un aumento significativo del numero di punti luce.

In seguito alla realizzazione dei nuovi impianti, la riduzione della potenza nominale, considerando le perdite ausiliarie, è pari a 10,55 kW (tabella 13). La potenza più rilevante è da attribuire alle lampade agli ioduri metallici (JM) installate nel campo da calcetto. A causa del loro ridotto utilizzo hanno un'influenza limitata sul consumo energetico annuo e non è stata prevista la loro sostituzione. Con gli interventi proposti si interviene principalmente sostituendo tipologie di corpi illuminanti considerati molto inquinanti dal punto di vista luminoso.

6.2.3 *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. Tale considerazione deriva dal fatto che a fronte di un risparmio significativo in bolletta (60%), il costo degli investimen-

ti è molto elevato; infatti, la sostituzione non permette economie di scala evidenti a causa dei pochi punti luce presenti sul territorio.

La valutazione dei costi è struttura in base alle priorità definite nel Piano di intervento. In tabella 14 non sono esplicitati i costi relativi alla verifica dell'orizzontalità dei proiettori del campo da calcetto e la realizzazione dell'impianto di illuminazione del cimitero che attualmente avviene attraverso l'uso di un proiettore.

Tipologia di intervento	Numero	Costo totale IVA escl. (€)
Sostituzione del corpo illuminante	37	22.200
Sostituzione del sostegno e del corpo illuminante	27	41.400
Integrazione illuminazione esistente	1	1.800
Infittimento, sostituzione sostegno e corpo illuminante	92	213.200
Totali	157	278.600

Tabella 14 – **Valutazione dei costi di investimento**

È ragionevole ipotizzare che parte dei pali debba essere sostituita, per il cattivo stato o per la necessità di modificare l'altezza di installazione dei nuovi apparecchi rispetto ai vecchi, allo scopo di garantire l'uniformità dell'illuminamento sulle strade e/o evitare possibili fenomeni di abbagliamento. Il costo dell'intervento di sostituzione dei sostegni è stimabile in 278.600 € (IVA escl). Di seguito sono riportati i costi relativi alle differenti priorità di intervento individuate.

Tipologia di intervento	Numero in progetto	Costo totale IVA escl. (€)
Livello 0 – nessun intervento	3	--
Livello 1 – alta priorità	72	166.500
Livello 2 – media priorità	45	59.300
Livello 3 – bassa priorità	42	52.800
Totali	162	278.600

Tabella 15 – Valutazione dei costi di investimento per priorità

Il numero di punti luce in progetto differisce dallo stato di fatto poiché in molte linee è stato necessario ridurre gli interassi per consentire l'uniformità generale. Tale dato di natura preliminare dovrà essere verificato in fase di progetto illuminotecnico delle nuove linee.

6.2.4 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 50% dei costi manutentivi.

Attualmente, per il Comune di Bolbeno, è stimabile una spesa di circa 5.000 euro/anno, impiegando mediamente 2 uomini giorno al mese. L'abbattimento degli interventi di manutenzione (comunque ne-

cessari per la periodica pulizia dei corpi illuminanti), con l'adozione di tecnologia LED è stimabile in circa 2.000 euro/anno. La spesa annuale per la manutenzione degli impianti, considerando che sono stati previsti circa 28 punti luce in più rispetto allo stato di fatto, può essere stimata in 3.000 euro/anno.

7

CONCLUSIONI

L'analisi condotta ha evidenziato le caratteristiche dell'illuminazione pubblica del Comune di Bolbeno. Molte strade locali e le frazioni periferiche sono illuminate con globi, mentre il centro storico è illuminato per lo più con lanterne. Le tipologie di sorgenti luminose più diffuse sono a lampade ai vapori di mercurio. Il flusso luminoso disperso verso l'alto, o comunque al di fuori del compito visivo, è elevato.

Lo scenario di intervento proposto prevede un costo di circa 278.600 € (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 tecnologia installate consentono:

- l'incremento dei livelli di illuminazione sul compito visivo;
- l'abbattimento dell'inquinamento luminoso;
- un risparmio energetico di 32.819 kWh/anno (pari a circa il 60% del consumo attuale);
- un risparmio economico in bolletta pari a circa 5.580 €/anno;
- un risparmio economico sulle spese di manutenzione pari a circa 2.000 €/anno;
- un beneficio ambientale in termini di emissioni evitate di CO₂ pari a 15,26 ton/anno.