



## Comuni di Livo e Rumo

# PIANO SOVRA-COMUNALE DI INTERVENTO PER LA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO

— • —

**dott. ing. SAVERIO INAMA**

ISCRIZIONE ALBO N° 1759

---

**STUDIO DI INGEGNERIA DOTT.ING. SAVERIO INAMA**  
Via Strada Romana, 25 -38012 Taio fraz. Dermulo (TN)  
Tel./fax 0463467150 - Cell. 3357017202  
e.mail: [saverio.inama@ingpec.eu](mailto:saverio.inama@ingpec.eu)

---



## Indice

1	Premesse.....	5
1.1	La normativa vigente per la riduzione dell'inquinamento luminoso.....	5
1.1.1	La legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 .....	7
1.1.2	La classificazione degli apparecchi luminosi e le caratteristiche richieste .....	8
1.1.3	Gli incentivi provinciali in materia di illuminazione pubblica .....	11
1.2	L'illuminazione stradale.....	14
1.2.1	Tipologie di lampade per l'illuminazione stradale .....	14
1.2.1.1	<i>Lampade a scarica ai vapori di mercurio .....</i>	<i>14</i>
1.2.1.2	<i>Lampade ai vapori di sodio a bassa pressione .....</i>	<i>14</i>
1.2.1.3	<i>Lampade ai vapori di sodio ad alta pressione .....</i>	<i>14</i>
1.2.1.4	<i>Lampade agli ioduri metallici .....</i>	<i>14</i>
1.2.1.5	<i>Lampade a LED .....</i>	<i>15</i>
1.2.2	Confronto fra le diverse tipologie .....	16
1.2.3	Regolatori di flusso luminoso.....	17
2	Verifica dei consumi legati all'illuminazione pubblica.....	18
3	L'illuminazione stradale .....	22
3.1	Analisi dello stato di fatto .....	22
3.1.1	Verifica dello stato degli impianti elettrici.....	22
3.1.1.1	<i>Q1 – Scanna .....</i>	<i>23</i>
3.1.1.2	<i>Q2 – Varollo .....</i>	<i>24</i>
3.1.1.3	<i>Q3 – S.P. 6.....</i>	<i>26</i>
3.1.1.4	<i>Q4 – Località Merlonga .....</i>	<i>27</i>
3.1.1.5	<i>Q5 – S.P. 6 Livo.....</i>	<i>28</i>
3.1.1.6	<i>Q6 – Preghena Centro.....</i>	<i>30</i>

---

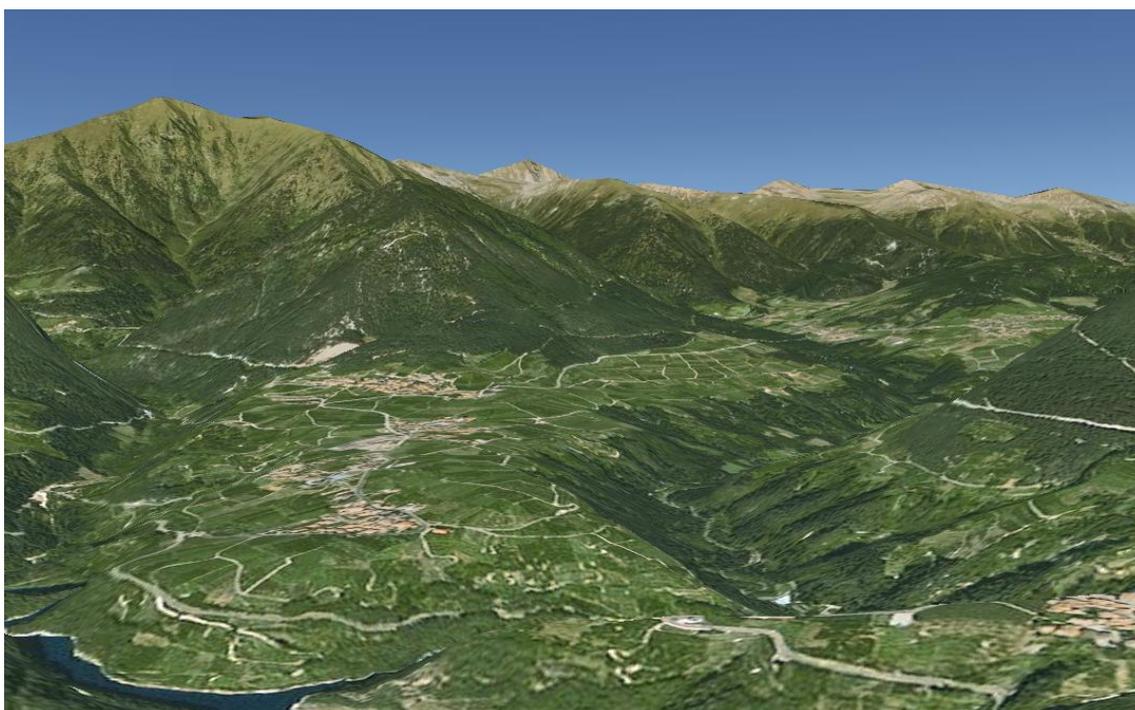
3.1.1.7	Q7 – Preghena alta .....	31
3.1.1.8	Q8 – Località Molini .....	32
3.1.1.9	Q9 – Marcena .....	34
3.1.1.10	Q10 – Mione .....	36
3.1.1.11	Q11 – Corte Inferiore .....	37
3.1.1.12	Q12 – Corte Superiore.....	38
3.1.1.13	Q13 – Mocenigo.....	39
3.1.1.14	Q14 – Lanza .....	41
3.1.2	Considerazioni generali sullo stato degli impianti .....	43
3.1.2.1	Condutture elettriche.....	43
3.1.2.2	Supporti.....	44
3.1.2.3	Prestazioni illuminotecniche .....	45
3.1.3	Verifica degli apparecchi illuminanti.....	46
3.1.4	Verifiche secondo L.P. 16/2007 .....	47
3.1.5	Analisi dei tratti omogenei individuati.....	48
3.1.6	Considerazioni generali sullo stato degli apparecchi illuminanti .....	49
3.1.6.1	Criticità nell’illuminazione stradale .....	49
3.2	Proposte progettuali .....	51
3.2.1	Proposta d’intervento per tipologie .....	51
3.3	Calcolo dei risparmi secondo la L.P. n. 16 del 3 Ottobre 2007 .....	54
4	Considerazioni sugli impianti di illuminazione privati .....	55
5	Impianti sportivi .....	57
6	Conclusioni generali del P.R.I.C. sovra-comunale di Livo e Rumo .....	59
7	Normativa di riferimento .....	62

---

## 1 Premesse

Il presente piano di intervento è stato redatto secondo la recente normativa provinciale in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso.

Nella prima parte di questo capitolo vengono riassunti i punti salienti della legge provinciale in materia di risparmio energetico e inquinamento luminoso, mentre nella seconda viene presentata una breve rassegna delle tecnologie disponibili per l'illuminazione stradale.



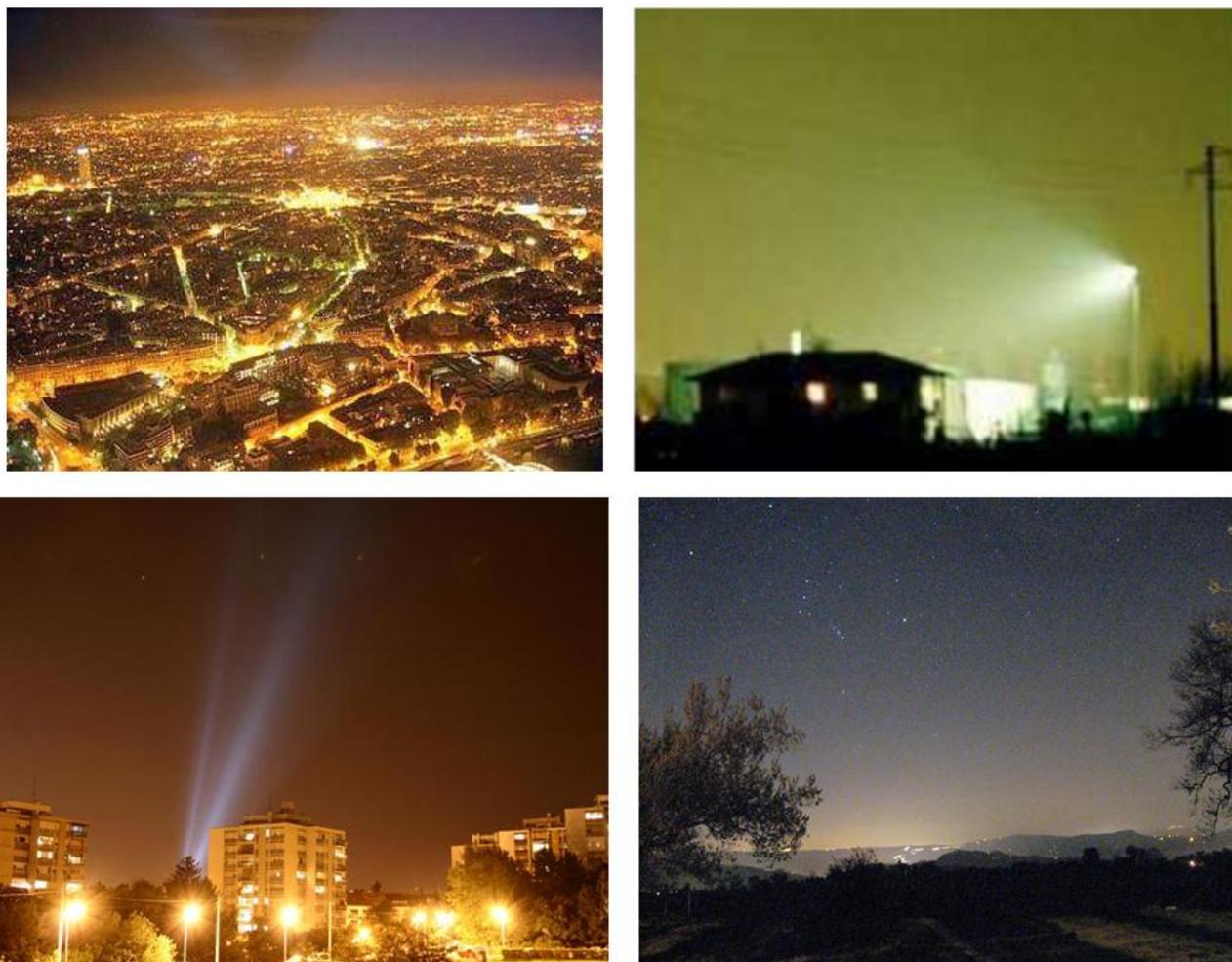
*Fig.1 – Vista panoramica del territorio dei comuni di Livo e Rumo*

### 1.1 La normativa vigente per la riduzione dell'inquinamento luminoso

A seguito dell'approvazione della delibera della Giunta provinciale n. 3265 di data 30 dicembre 2009 e l'entrata in vigore del decreto del Presidente della Provincia del 20 gennaio 2010, n. 2-34/Leg. è stato definito il quadro normativo per l'attuazione della legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 (Risparmio energetico e inquinamento luminoso).

Sono entrati in vigore sia il Regolamento di attuazione della legge ed il Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dei consumi energetici e dell'inquinamento luminoso. Quest'ultimo contiene le linee guida tecniche riguardanti la redazione dei piani comunali di intervento e per la progettazione dei nuovi impianti di illuminazione esterna e degli interventi di adeguamento degli impianti esistenti.

Il presente “Piano di intervento per la riduzione dell’inquinamento luminoso sovra-comunale” (PRIC) viene redatto secondo le suddette linee guida e in conformità con la normativa vigente in Provincia di Trento.



*Fig.2 - Esempi di zone con presenza di elevato inquinamento luminoso*



*Fig.3 - Confronto tra la visione del cielo in assenza o presenza di significativo inquinamento luminoso*

Per inquinamento luminoso si intende ogni alterazione del livello di illuminazione naturale, e in particolare ogni forma di dispersione di luce artificiale al di fuori delle aree a cui essa è destinata, soprattutto se orientata al di sopra della linea dell'orizzonte.

La riduzione di tale forma di inquinamento può produrre benefici di tipo economico, limitando lo spreco di energia elettrica dovuto alla dispersione luminosa verso la volta celeste, ma anche ambientale, andando a salvaguardare l'alternanza del giorno e della notte, fondamentale il mantenimento dei cicli biologici di uomini e animali. Non va infine sottovalutato l'aspetto legato alla possibilità di osservare e studiare gli astri e la volta celeste, spesso impedita dall'eccessivo livello di illuminamento verso l'alto.

La progettazione di ogni tipo di impianto d'illuminazione deve quindi essere frutto di un progetto illuminotecnico accurato, atto a minimizzare le potenze impegnate e ad ottimizzare il numero di punti luce, limitando al massimo la dispersione dei fasci luminosi verso l'alto e verso zone che non hanno bisogno di essere illuminate.

### **1.1.1 La legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16**

La Legge provinciale n. 16 del 3 ottobre 2007 contiene disposizioni per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso e dei consumi energetici dovuti agli impianti di illuminazione esterna. Gli obiettivi sono la salvaguardia del cielo notturno e stellato quale patrimonio di tutta la popolazione e il miglioramento dell'efficienza luminosa degli impianti, ivi compresi quelli di carattere pubblicitario. Vengono inoltre stabiliti dei criteri di progettazione e promosso lo sviluppo di azioni di formazione e sensibilizzazione in quest'ambito.

La Legge assegna alla Provincia un ruolo di coordinamento e stabilisce l'adozione di un piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso, entrato in vigore il 14 aprile 2010 e pubblicato come allegato della Legge n. 16 del 2007. Quest'ultimo contiene le linee guida per la predisposizione di piani comunali o sovra comunali per la progettazione e la realizzazione degli impianti di illuminazione esterna, nonché i criteri da seguire per il graduale adeguamento degli impianti esistenti a partire dai più inquinanti.

Le indicazioni contenute nel piano provinciale interesseranno gli impianti di illuminazione di qualsiasi tipologia (stradali, destinati all'arredo urbano, residenziali, ecc.), e si basano sui seguenti principi:

- l'illuminazione stradale e di arredo urbano deve essere effettuata con fonti luminose rivolte verso il basso;
- i livelli di luminanza devono essere conformi all'indice previsto dalle norme vigenti in funzione della tipologia di strada;
- negli impianti di illuminazione pubblica esterna devono essere utilizzate lampade ad alta efficienza;

- l'illuminazione di strutture pubbliche o di interesse pubblico va limitata temporalmente e quantitativamente all'effettiva necessità;
- deve essere vietato l'utilizzo di fari o fasci luminosi, fissi o semoventi, rivolti verso l'alto, fatti salvi motivi di interesse pubblico o casi previsti dalle norme vigenti.

Ai comuni compete in particolare:

- l'adozione del piano comunale di intervento per la riduzione dell'inquinamento luminoso entro un anno dalla data di approvazione del piano provinciale (30 marzo 2010);
- l'adeguamento del regolamento edilizio, con particolare riguardo alle modalità di installazione degli impianti luminosi;
- la promozione di campagne di sensibilizzazione sull'inquinamento luminoso;
- il censimento dei siti e delle sorgenti di rilevante inquinamento luminoso;
- la vigilanza, tramite controlli periodici, sul rispetto delle misure stabilite per gli impianti di illuminazione esterna dalla legge provinciale e dal regolamento edilizio.

### 1.1.2 La classificazione degli apparecchi luminosi e le caratteristiche richieste

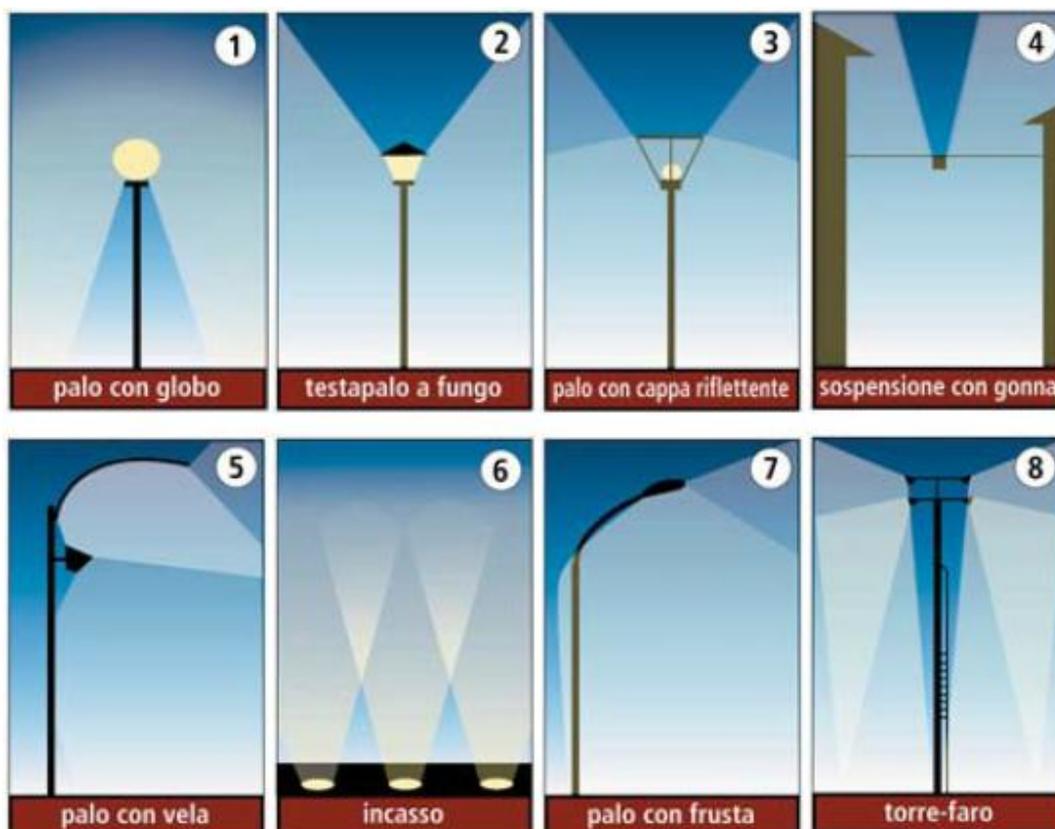
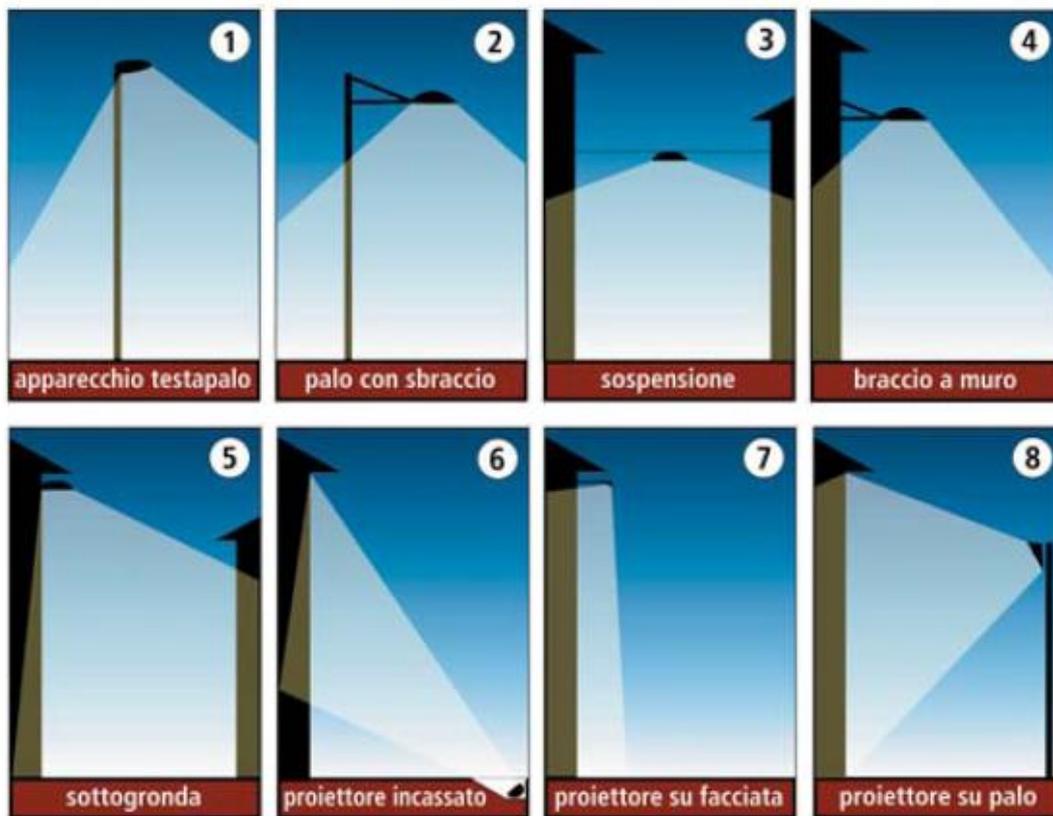


Fig.4 - Tipi di installazione non conformi alla L.P. 16/07. Alcune tipologie sono tollerate solo se il flusso luminoso sopra

*l'orizzonte non è superiore al 30% del totale e previa verifica dell'Allegato B del piano d'attuazione della Legge Provinciale*



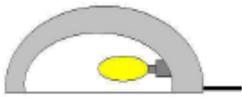
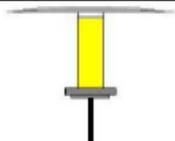
*Fig.5 - Tipi di installazione conformi alla L.P. 16/07 previa verifica mediante l'Allegato A – Soluzione conforme. I casi 6 - 8 sono ammessi solo per edifici storici e monumenti, mantenendo i fasci luminosi all'interno della sagoma da illuminare e con luminanze medie all'interno dei limiti di legge*

Gli apparecchi di illuminazione vengono suddivisi in 5 classi a seconda del flusso disperso sopra il piano dell'orizzonte (vedi tabella 1). Gli apparecchi di classe A sono sempre ammessi, previa verifica effettuata mediante l'Allegato A del piano d'attuazione della Legge Provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 – Soluzione conforme. Gli apparecchi di classe B sono invece ammessi solo previa verifica eseguita utilizzando l'Allegato B del piano stesso – Soluzione calcolata. Gli apparecchi di classe C e D sono sconsigliati e utilizzabili solo in casi particolari, sempre previa verifica effettuata per mezzo dell'Allegato B. Infine, gli apparecchi di classe E, ovvero quelli che presentano un flusso luminoso sopra l'orizzonte superiore al 30% del totale, sono sempre vietati.

In generale, per quanto riguarda le caratteristiche delle fonti luminose per l'illuminazione stradale e l'arredo urbano, si precisa che:

- è preferibile presentino un'intensità luminosa al di sopra dell'orizzonte trascurabile (non superiore a 0,49 candele per 1.000 lumen);

- devono verificare i parametri presenti negli Allegati A e B della Legge Provinciale 16/07, ovvero l'indice di illuminazione disperso  $K_{ILL}$  e il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$ ;
- devono garantire un livello minimo di luminanza media della carreggiata o del marciapiede che rispetti parametri di uniformità nella distribuzione della luce (al fine di evitare l'alternarsi di zone eccessivamente illuminate e di zone buie).

<p>1. <b>Apparecchi di classe A:</b> comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa massima per angoli gamma maggiori o uguali a <math>90^\circ</math>, 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>2. <b>Apparecchi di classe B:</b> comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa per angoli gamma maggiori o uguali a <math>90^\circ</math>, maggiore di 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso e flusso luminoso disperso verso l'alto inferiore al 1%; tipicamente le armature stradali con vetro ricurvo e coppa prismatica.</p>	 <p>Classe B</p>
<p>3. <b>Apparecchi di classe C:</b> comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno per angoli gamma maggiori o uguali a <math>90^\circ</math> un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore dell' 1% e minore del 30%; tipicamente armature da arredo urbano con schermatura superiore, ottiche secondarie, frangiluce.</p>	 <p>Classe C</p>
<p>4. <b>Apparecchi di classe D:</b> 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>5. <b>Apparecchi di classe E:</b> comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno per angoli gamma maggiori o uguali a <math>90^\circ</math> un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore del 30%.</p>	 <p>Classe E</p> <p><b>Apparecchi vietati</b></p>

Tab. 1 – Classificazione degli apparecchi di illuminazione

**1.1.3 Gli incentivi provinciali in materia di illuminazione pubblica**

La delibera della Giunta provinciale n. 1190 del 19 maggio 2010 riguardante gli incentivi per interventi di risparmio energetico e di produzione di energia da fonte rinnovabile, prevedeva anche contributi per interventi volti alla riduzione dell'inquinamento luminoso e al miglioramento dell'efficienza degli impianti; attualmente è attivo il Bando 2012 di cui si riportano la scheda 22 e 23 relative ai contributi previsti rispettivamente per la redazione di piani di intervento e per la realizzazione di interventi, allegate alla delibera n. 876 del 6 maggio 2011.

<b>SCHEDA N. 22</b>				
<b>TIPOLOGIA TECNOLOGIA: PIANI COMUNALI/SOVRACOMUNALI DI INTERVENTO PER LA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO E PER L'ADEGUAMENTO DEGLI IMPIANTI PUBBLICI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA AI CRITERI TECNICI PREVISTI DALLA L.P n. 16/2007</b>				
Sono ammesse a contributo le spese per studi relativi alla realizzazione dei Piani regolatori di illuminazione comunali o sovracomunali (di seguito PRIC) di cui alla legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16. I PRIC dovranno essere redatti tenendo conto delle prescrizioni della stessa l.p. n. 16/07, del relativo regolamento di attuazione (decreto del Presidente della provincia 20 gennaio 2010, n. 2-34/Leg.) e delle linee guida indicate nel Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso. In particolare, si ricorda che i PRIC devono comprendere gli impianti di illuminazione esterna <u>sia pubblici che privati</u> , inclusi quelli di illuminazione di impianti ed attività sportive all'aperto, di edifici storici e monumenti, nonché le insegne luminose con superficie illuminata superiore a 10 m <sup>2</sup> . La percentuale di contributo è pari al 70% in caso di PRIC comprendente un solo Comune, all'80% in caso di PRIC comprendente due o più Comuni.				
	<i>SOGGETTI BENEFICIARI</i>	<b>PRIVATI</b>	<b>IMPRESE</b>	<b>ENTI PUBBLICI</b> (solo Enti locali)
1	AMMISSIBILITÀ	NO	NO	SI
2	CUMULABILITÀ	Vedi punto 5.8 dei Criteri		
3	PERCENTUALE CONTRIBUTO	-	-	70% - 80%
4	CONTRIBUTO MINIMO/MASSIMO			€ 4.000,00 / € 100.000,00

<b>SPESA MAX AMMESSA (IVA inclusa)</b>	
La spesa massima ammessa è calcolata con riferimento ai Punti Luce (PL) rilevati; per Punto Luce si intende il singolo corpo illuminante (su un singolo sostegno o palo possono essere installati più Punti Luce).	
PL ≤ 190 →	PRIC non ammissibile – contributo inferiore al minimo ammesso
190 < PL ≤ 250 →	30 €/ PL * P
250 < PL ≤ 500 →	7.500 € + 24 €/ PL * P1
500 < PL ≤ 1.000 →	13.500 € + 21€/ PL * P2
1.000 < PL ≤ 2.000 →	24.000 € + 18€/ PL * P3
2.000 < PL ≤ 5.000 →	42.000 € + 15€/ PL * P5
> 5.000 PL →	87.000 € + 12€/ PL * P6

Tab. 2 - Scheda tecnica relativa ai contributi provinciali previsti per la redazione di piani comunali o sovra comunali d'intervento nel 2012.

<b>SCHEDA N. 23</b>				
<b>TIPOLOGIA TECNOLOGIA: INTERVENTI E MISURE FINALIZZATE ALLA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO MEDIANTE IMPIANTI AD ALTO RENDIMENTO ENERGETICO</b>				
Sono ammissibili gli interventi effettuati su impianti di illuminazione esterna esistenti finalizzati alla riduzione dell'inquinamento luminoso ed al risparmio energetico in modo conforme alla legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 (di seguito "L.P.16/07"), al relativo regolamento di attuazione ed alle linee guida indicate nel Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso (di seguito "Piano provinciale"). Sono ammissibili unicamente le spese relative alla sostituzione, rifacimento, adattamento, inserimento delle seguenti tipologie di componenti: lampade, corpi illuminanti, ottiche, regolatori di flusso luminoso, sistemi elettronici di controllo accensione e spegnimento.				
	<i>SOGGETTI BENEFICIARI</i>	<b>PRIVATI</b>	<b>IMPRESE</b>	<b>ENTI PUBBLICI</b>
1	AMMISSIBILITÀ	SI	SI	NO
2	CUMULABILITÀ	Vedi punto 5.8 dei Criteri		
3	PERCENTUALE	30%	30%	-
4	CONTRIBUTO MINIMO	€ 1.000,00	€ 2.500,00	-
5	CONTRIBUTO MASSIMO	€ 20.000,00	€ 50.000,00	-
6	REGIME CONTRIBUTO	-	"De minimis" o Reg. CE. 800/2008	-

<b>CALCOLO SPESA AMMESSA: valore inferiore tra VALORE CALCOLO 1 e VALORE CALCOLO 2:</b>	
<u>VALORE CALCOLO 1</u> € per kWh di energia annua risparmiata (*)	€/kWh 1,65
<u>VALORE CALCOLO 2</u> importo max per ogni Punto Luce (PL) di progetto (**)	€ 660,00

(\*) Il valore di € 1,65 per singolo kWh deve essere moltiplicato per la differenza tra i kWh consumati dall'impianto prima del rifacimento ed i kWh consumati dal nuovo impianto. Detta differenza deve essere calcolata secondo le modalità previste dal Piano provinciale approvato con deliberazione della Giunta provinciale n. 3265 di data 30 dicembre 2009.

(\*\*) Il valore di € 660,00 per singolo PL di progetto deve essere moltiplicato per il numero di PL del nuovo impianto. Per Punto Luce si intende il singolo corpo illuminante (su un singolo sostegno o palo possono essere installati più Punti Luce).

Tab. 3 - Scheda tecnica relativa ai contributi provinciali previsti per la realizzazione di interventi finalizzati alla riduzione dell'inquinamento luminoso nel Bando 2012.

Sono in particolare ammessi a contributo gli interventi realizzati da privati e aziende e finalizzati alla riduzione dell'inquinamento luminoso ed al risparmio energetico in conformità alla Legge

Provinciale n. 16 del 3 ottobre 2007, al relativo regolamento di attuazione e alle linee guida indicate nel Piano Provinciale di intervento. Rientrano pertanto le spese per la sostituzione, il rifacimento, l'adattamento di lampade, corpi illuminanti, ottiche, regolatori di flusso luminoso, sistemi elettronici di controllo dell'accensione e dello spegnimento.

Viene altresì sovvenzionata la redazione di piani di intervento per la riduzione dell'inquinamento luminoso, come previsti dalla stessa Legge Provinciale n. 16 del 2007, da parte dei Comuni. Per gli anni a venire si prevede che gli interventi individuati come critici dai piani vengano anch'essi ammessi a contributo.

## 1.2 L'illuminazione stradale

Esiste un'ampia varietà di lampade utilizzate per l'illuminazione stradale, più o meno performanti in termini di efficienza e qualità della luce emessa. I parametri normalmente utilizzati per valutare una sorgente luminosa sono il flusso luminoso, l'efficienza luminosa e l'indice di resa cromatica.

- Il *flusso luminoso* è una misura della potenza emessa da una sorgente luminosa nello spettro di sensibilità dell'occhio umano (si misura in lumen).
- L'*efficienza luminosa* corrisponde al flusso luminoso irradiato in funzione della potenza elettrica assorbita (si misura in lumen/watt). Una lampada con una buona efficienza luminosa assorbe meno energia a parità di flusso luminoso emesso.
- L'*indice di resa cromatica* ( $R_a$ ) esprime infine la fedeltà nella restituzione delle sfumature e delle tonalità di colore di una sorgente luminosa. Tale indice può assumere valori compresi in una scala tra 0 (indice di resa nullo, tipico di una luce monocromatica) e 100 (indice di resa massimo tipico di una lampada a incandescenza). Per fare alcuni esempi l'indice di resa cromatica delle lampade al sodio è pari a 25, quello delle lampade al mercurio è di 50 e quello delle lampade a ioduri metallici è superiore a 80.

### 1.2.1 Tipologie di lampade per l'illuminazione stradale

Di seguito vengono presentate le principali tipologie di lampade impiegate per l'illuminazione stradale.

#### 1.2.1.1 Lampade a scarica ai vapori di mercurio

Comparse negli anni '60, presentano una discreta efficienza luminosa (circa 50 lumen/watt) e un indice di resa cromatica attorno a 50. Determinano problemi di smaltimento a fine vita data la tossicità del mercurio in esse contenuto; per questo motivo stanno via via scomparendo dal mercato.

#### 1.2.1.2 Lampade ai vapori di sodio a bassa pressione

La luce emessa è monocromatica gialla, una tonalità a cui l'occhio umano è particolarmente sensibile, che permette quindi di ottenere un'efficienza luminosa molto elevata pur con un indice di resa cromatica prossimo allo zero.

#### 1.2.1.3 Lampade ai vapori di sodio ad alta pressione

Commercializzate a partire dagli anni '70, presentano un'elevata efficienza luminosa, una buona durata (c.a. 24.000 ore), ma bassi indici di resa cromatica (25 - 30).

#### 1.2.1.4 Lampade agli ioduri metallici

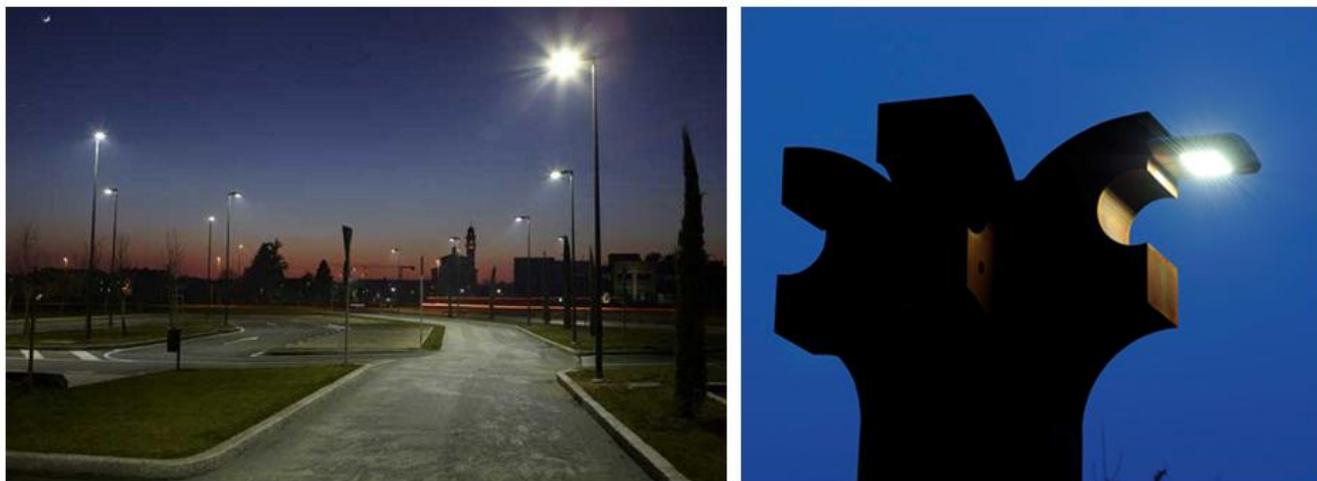
Nonostante la durata inferiore rispetto alle lampade al sodio (c.a. 16.000 ore), presentano un elevato indice di resa cromatica (compreso tra 80 e 90) ed un'ottima efficienza luminosa (80 - 90 lm/watt).

### 1.2.1.5 Lampade a LED

Rappresentano la nuova frontiera nel campo dell'illuminazione, essendo una tecnologia in continuo sviluppo e con ancora elevati margini di miglioramento. I LED sono uno speciale tipo di diodi, formati da un sottile strato di materiale semiconduttore, che attraversato da corrente elettrica emette radiazione luminosa. Negli ultimi anni la tecnologia dei LED ha fatto significativi passi avanti al punto che essa oggi può essere utilizzata in numerose applicazioni per sostituire le lampade a scarica o a incandescenza.

Questi i principali vantaggi dei LED:

- efficienza luminosa superiore, a parità di prestazioni illuminotecniche rispetto alle sorgenti tradizionali, grazie all'uso di potenze minori e ad una riduzione dei punti luce installati;
- alta resa cromatica (Ra di 75 - 80) e luce bianca a varie temperature di colore. Questo fattore garantisce un elevato comfort visivo per l'occhio umano ed una visione nitida e uniforme in diversi contesti ambientali;
- durata di vita mediamente superiore alle 100.000 ore. La sorgente del flusso luminoso è infatti un solido (non quindi un filamento o un gas) e la temperatura di esercizio è bassa, anche grazie alla presenza di appositi dissipatori; queste condizioni favoriscono la stabilità dei materiali costruttivi riducendo notevolmente le possibilità di guasto e garantendo di conseguenza elevati monte ore di funzionamento.



*Fig. 6 – Illuminazione a LED di una zona residenziale e particolare di un corpo illuminante*

I costi di questa tipologia di lampade sono attualmente superiori rispetto a quelli delle lampade a scarica e per questo motivo la loro diffusione è ancora limitata. Negli ultimi anni però, grazie alla diffusione di questa tecnologia e all'aumentare dei volumi di mercato il prezzo ha subito notevoli ribassi avvicinandosi sempre più a quello delle tecnologie tradizionali. La realizzazione di un impianto a LED si rivela ora consigliabile per le nuove realizzazioni ed comincia ad essere una valida alternativa anche sotto l'aspetto economico per la sostituzione del materiale esistente.

Inoltre l'installazione di un impianto a LED comporta un'importante valenza dimostrativa accanto agli effettivi benefici economici, garantiti dai consumi ridotti e dalla ridottissima manutenzione.

Vi sono principalmente due tecnologie utilizzate per fare in modo che il flusso luminoso emesso dai diodi venga direzionato correttamente (fig. 7). La prima prevede che i singoli LED vengano montati su un apposito supporto e che ciascuno di essi venga direzionato verso una specifica porzione dell'area da illuminare. La seconda tecnologia utilizza una o più lenti ottiche per direzionare uniformemente il flusso emesso da ogni diodo su tutta la superficie da illuminare; questo metodo utilizza una tecnologia più sofisticata, ma in caso di guasto di un singolo LED, garantisce l'uniformità di illuminamento che invece non è ottenibile con la prima delle modalità descritte.



Fig. 7 – Due differenti tipologie di ottica applicate alla tecnologia a LED

### 1.2.2 Confronto fra le diverse tipologie

La tabella 4 riassume e confronta in forma semplificata i parametri caratteristici delle tipologie di lampade appena descritte.

PARAMETRO	LAMPADA			
	VAPORI MERCURIO	VAPORI SODIO	IODURI METALLICI	LED
Efficienza luminosa	★	★★★★★★	★★★★	★★★★★
Flusso luminoso	★	★★★★★★	★★★★	★★★★★
Tonalità	Bianco freddo	Giallo - Arancione	Bianco caldo	Tutte
Indice di Resa Cromatica	★★★	★	★★★★★	★★★★★
Durata	★	★★★★	★★★	★★★★★★
Costo	★★★★★★	★★★★★	★★★★	★

Tab. 4 - Caratteristiche delle lampade utilizzate per l'illuminazione stradale a confronto

Per individuare la tipologia di lampada che meglio si adatta a ciascuna situazione è comunque essenziale un adeguato studio illuminotecnico, che verifichi il rispetto dei requisiti minimi richiesti in funzione della tipologia di strada illuminata, o il raggiungimento di risultati specifici da un punto di vista estetico a seconda dell'importanza del luogo.

### **1.2.3 Regolatori di flusso luminoso**

Un sistema in grado di ridurre ulteriormente i consumi energetici degli impianti di illuminazione e di permettere il rispetto del parametro  $\eta$  (coefficiente di efficienza energetica) previsto dalla normativa provinciale, consiste nella regolazione del flusso luminoso delle lampade.

La regolazione avviene attraverso l'inserimento nel quadro elettrico, a monte dei corpi illuminanti, di apparecchi in grado di abbassare la tensione di alimentazione, consentendo di ridurre il flusso luminoso di gruppi di lampade secondo cicli programmabili. Modulando la potenza delle lampade si può inoltre mantenere un flusso luminoso costante nel tempo bilanciando il decadimento luminoso (funzionalità particolarmente utile per le lampade a ioduri metallici).

L'applicazione di un regolatore consente di ridurre e attenuare il flusso luminoso durante le ore notturne almeno nelle aree con minore traffico veicolare, riducendo così l'assorbimento di energia. Vengono inoltre abbattuti i costi di manutenzione grazie ad un aumento della durata di vita delle lampade: la stabilizzazione della tensione attuata dal regolatore evita infatti lo stress dovuto alle sovratensioni, mentre la riduzione della tensione quando il regolatore funziona a regime parzializzato determina un surriscaldamento minore dei corpi illuminanti.

Per poter applicare apparecchi per il controllo del flusso luminoso è necessario che siano state sostituite tutte le attuali lampade ai vapori di mercurio con lampade ai vapori di sodio o agli ioduri metallici e che tutti gli ausiliari, compresi quelli delle lampade al sodio attualmente presenti, vengano sostituiti da nuovi ausiliari dotati di reattore elettronico. Va sottolineato però che questo tipo di tecnologia può creare dei malfunzionamenti qualora la rete di distribuzione non abbia un buono stato di conservazione.

In alternativa, sono inoltre reperibili in commercio degli accenditori elettronici, da installare su ogni punto luce a sostituzione dell'apparecchiatura elettromagnetica esistente, che incorporano al loro interno un riduttore di flusso operante secondo le modalità sopra descritte; analogamente i singoli corpi illuminanti di nuova realizzazione vengono spesso forniti di regolatore di flusso già incorporato.

## 2 Verifica dei consumi legati all'illuminazione pubblica

Come primo passo per l'analisi dello stato attuale è stata effettuata l'analisi dei consumi di energia elettrica destinata all'illuminazione pubblica. I quadri a servizio dei tratti illuminati sono sette per ciascun Comune, collegati ad altrettanti contatori, dei quali gli uffici contabili hanno fornito le bollette del periodo 2009-2011.

Le quote di energia prelevate dai vari punti di consegna sono state raggruppate su base annua per analizzare il consumo totale legato all'illuminazione stradale; per ciascun comune si è inoltre calcolata la spesa complessiva e conseguentemente il prezzo medio pagato per il chilowattora elettrico (grafici 1 e 2).

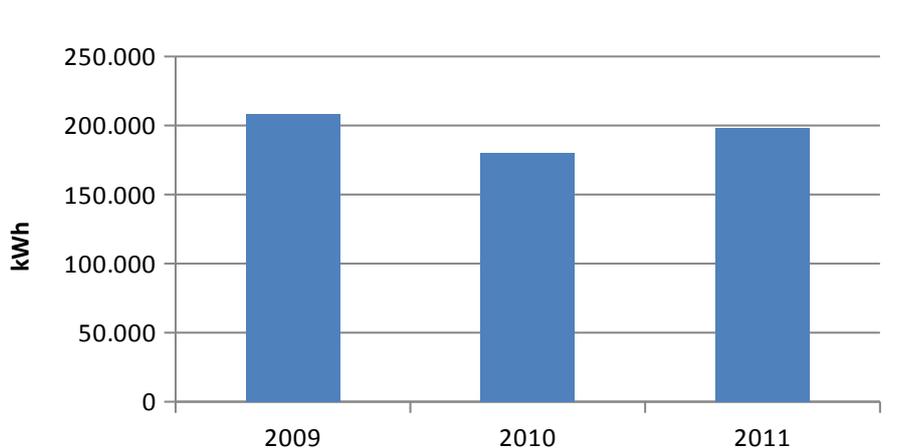


Grafico 1 – Consumi per illuminazione pubblica a Livo nel triennio 2009 - 2011

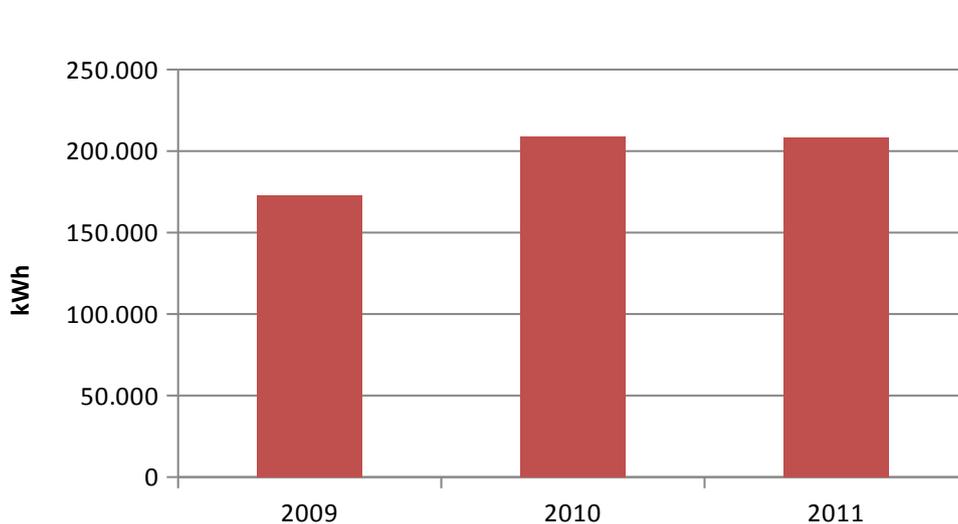


Grafico 2 – Consumi per illuminazione pubblica a Rumo nel triennio 2009 - 2011

I dati relativi al 2009 del Comune di Rumo, come visibile dal grafico, presentano delle anomalie e sono stati quindi esclusi dall'analisi. Si è giunti così a valori medi che si aggirano sui 200.000 kWh annui per ciascun ente comunale (195.516 per Livo, 208.584 per Rumo) per un prezzo medio corrispondente a 15,7 centesimi di Euro al chilowattora per entrambi.

Nei tre anni considerati è possibile notare un oscillamento dell'energia consumata, imputabile all'utilizzo di sorgenti luminose il cui uso non è costante, oppure all'entrata o uscita di servizio di parti di impianto; a fronte di questa variazione si può notare un aumento del costo unitario dell'energia, particolarmente marcato per l'amministrazione comunale di Rumo.

Nel 2011 il consumo complessivo si è attestato sui 406.000 kWh circa, per una spesa annua di circa 68.500 €. Negli istogrammi seguenti viene riportata la suddivisione dei consumi sui vari quadri analizzati nell'arco del triennio considerato.

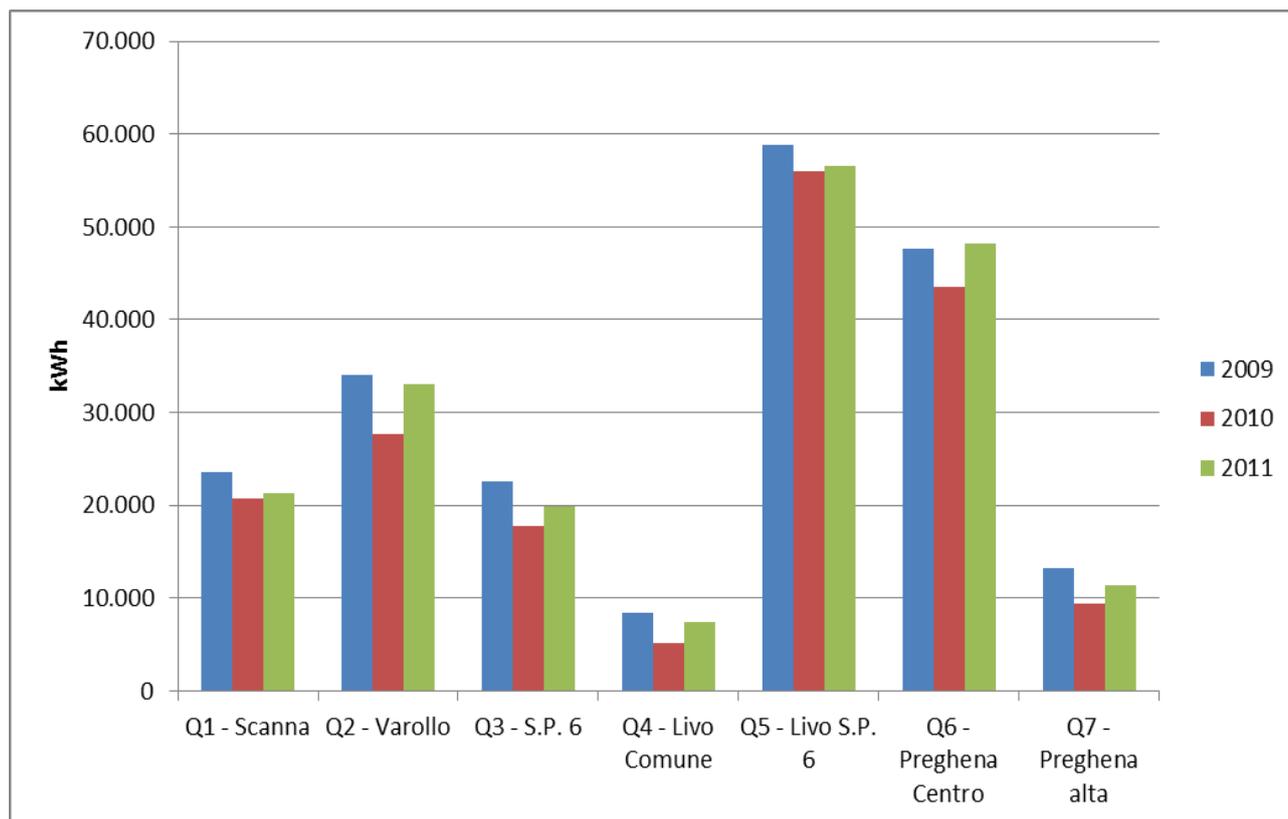


Grafico 3 – Ripartizione per quadro elettrico dei consumi relativi al triennio 2009-2011 - Livo

Per il Comune di Livo si nota una generale diminuzione dei consumi nell'anno 2010, imputabile presumibilmente ad una differente modalità di gestione dell'impianto, poi abbandonata (in particolare per quanto riguarda gli orari di accensione e spegnimento). Viene rilevato comunque un trend di diminuzione dei consumi che è auspicabile venga mantenuto anche negli anni futuri, anche a seguito di quanto esposto nel presente piano.

L'impianto del Comune di Rumo ha subito nei recenti anni ingenti interventi di manutenzione sia ordinaria che straordinaria, che sono andati ad incidere anche sulla suddivisione all'interno dei quadri delle utenze di illuminazione pubblica. Come visibile dal grafico 4, ne risulta che l'analisi della suddivisione dei consumi per quadro perde di significato, essendo i dati pesantemente influenzati dagli interventi realizzati. Inoltre come già anticipato i dati relativi al 2009 contengono anomalie tali da non garantirne l'affidabilità. L'analisi si è quindi soffermata sui consumi totali annui.

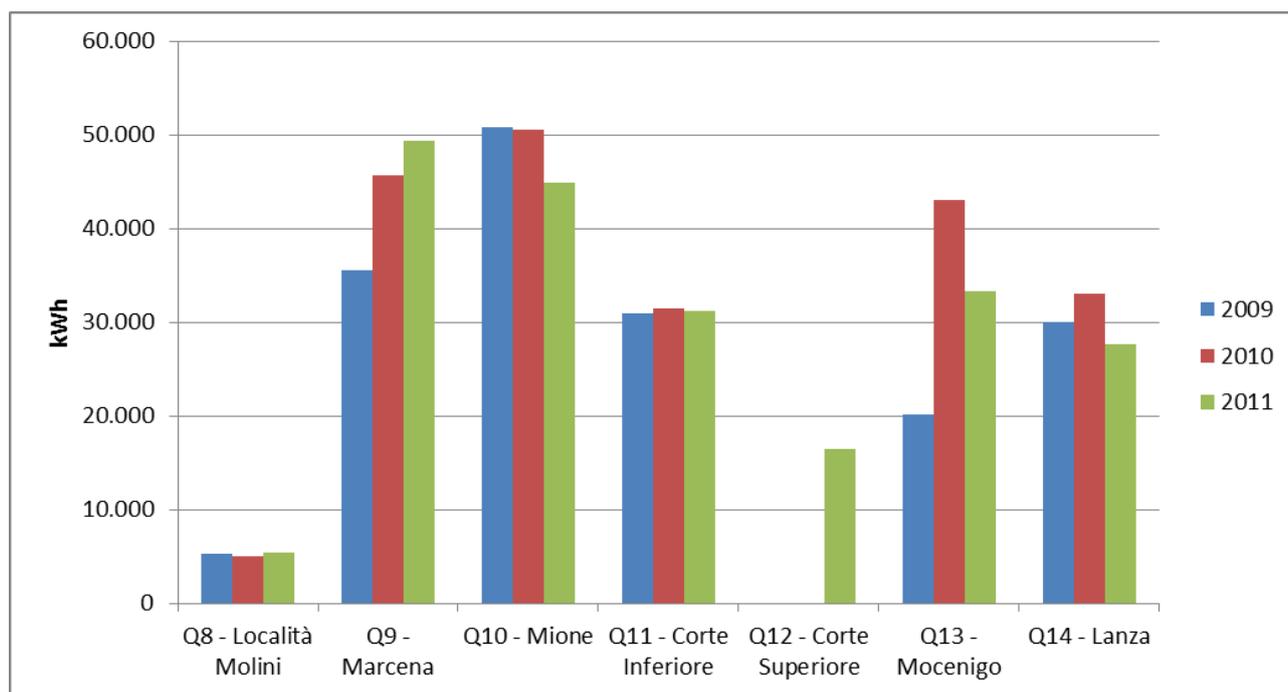


Grafico 4 - Ripartizione per quadro elettrico dei consumi relativi al triennio 2009-2011 - Rumo

La media dei consumi negli ultimi tre anni è stata utilizzata per poter stimare i benefici ottenibili a seguito dell'esecuzione degli interventi di ammodernamento che saranno proposti in conclusione al presente piano d'intervento. Per fare ciò è stata calcolata la potenza assorbita dalla rete di illuminazione. Nel calcolo sono stati considerati i seguenti fattori:

- somma delle potenze assorbite dalle lampade su ciascun tratto;
- potenza assorbita dagli ausiliari (reattori, accenditori);
- perdite di rete stimate in media pari all'8% della potenza assorbita (a partire dalla caduta di tensione misurata per ciascun tratto);
- potenza assorbita dalle luci natalizie collegate ad alcuni lampioni, stimata pari a 5 kW totali per la durata di un mese.

Per il calcolo delle ore di accensione di ciascun tratto si è tenuto conto della presenza di sensori crepuscolari che determinano l'accensione delle lampade al calare della luce naturale. Il periodo di tempo che intercorre tra l'ora del tramonto e lo scatto del sensore crepuscolare che determina l'accensione delle lampade (pari a quello che passa tra lo spegnimento dell'impianto e l'alba) è stato tarato confrontando i consumi reali medi del triennio analizzato con quelli stimati ed è risultato pari a 20 minuti circa per il Comune di Livo e di 45 per il Comune di Rumo; ciò ha permesso di ottenere una stima alquanto precisa.

Si è inoltre presa in considerazione la presenza dei regolatori di flusso o del funzionamento dell'impianto in modalità tutta-notte / mezza-notte calcolando il coefficiente di utilizzo che queste due modalità vanno ad introdurre.

In tabella 5 e 6 sono riportate potenza installata ed energia assorbita da ciascun quadro destinato all'illuminazione stradale, con l'energia consumata complessivamente dall'impianto di illuminazione comunale, calcolata grazie al modello realizzato con le ipotesi appena descritte.

Identificativo quadro	Ore di accensione annue	Coefficiente di utilizzazione	Potenza installata (Watt)	Energia assorbita (kWh)
Q1 - Scanna	4109	72,8%	6490,0	21345
Q2 - Varollo	4109	72,8%	9030,0	29699
Q3 - S.P. 6	4109	72,8%	6760,0	22233
Q4 - Livo Comune	4109	72,8%	17090,0	56208
Q5 - Livo S.P. 6	4109	72,8%	5890,0	19372
Q6 - Preghena Centro	4109	72,8%	10780,0	35454
Q7 - Preghena alta	4109	72,8%	3150,0	10360
<b>Totale</b>			59190,0	<b>194670,8</b>
<b>Tot. con luci natalizie</b>			62190,0	<b>195800,7</b>
<b>Consumi reali (media 2009/2011)</b>				<b>195516,0</b>

Identificativo quadro	Ore di accensione annue	Coefficiente di utilizzazione	Potenza installata (Watt)	Energia assorbita (kWh)
Q8 - Località Molini	3956	100,0%	1840,0	7644
Q9 - Marcena	3956	73,8%	12080,0	37036
Q10 - Mione	3956	73,8%	11710,0	35901
Q11 - Corte Inferiore	3956	73,8%	8770,0	26888
Q12 - Corte Superiore	3956	100,0%	9170,0	38095
Q13 - Mocenigo	3956	73,8%	11620,0	35625
Q14 - Lanza	3956	73,8%	8800,0	26980
<b>Totale</b>			63990,0	<b>208168,3</b>
<b>Tot. con luci natalizie</b>			65990,0	<b>208860,7</b>
<b>Consumi reali (media 2009/2011)</b>				<b>208584,5</b>

Tab. 5 e 6 – Stima dell'energia assorbita complessivamente dall'impianto di illuminazione comunale, calcolata grazie al modello realizzato a partire dai consumi reali e dalle potenze assorbite dalle lampade

I punti luce risultano lavorare per 4109 ore/anno nel comune di Livo e per 3956 nel Comune di Rumo; è stato considerato nella stima l'assorbimento da parte delle luminarie natalizie di 5 kW, per la durata di un mese. Considerato un periodo rispettivamente di 20 e 45 minuti tra alba o tramonto e spegnimento o accensione, i consumi reali coincidono con quelli del modello. Tale intervallo appare verosimile e conciliabile con le impostazioni dei sensori crepuscolari rilevate durante i sopralluoghi.

### **3 L'illuminazione stradale**

La prima fase necessaria alla stesura del piano d'intervento ha riguardato l'analisi dello stato attuale degli impianti. L'attenzione è stata concentrata in particolare sull'illuminazione pubblica stradale, ma sono stati considerati anche gli impianti di illuminazione esterna, al fine di individuare eventuali situazioni critiche.

#### **3.1 Analisi dello stato di fatto**

È stata effettuata anzitutto un'analisi dello stato di fatto degli impianti. Il materiale cartografico messo a disposizione dal comune è stato integrato e controllato a seguito di una serie di sopralluoghi, durante i quali sono state anche effettuate le misure strumentali necessarie per accertare lo stato di conservazione degli impianti.

##### ***3.1.1 Verifica dello stato degli impianti elettrici***

Il rilievo sulla rete di illuminazione stradale del Comune di Smarano ha consentito di individuare quattro quadri elettrici; per la collocazione dei quadri elettrici e delle aree da essi servite si rimanda agli allegati, nello specifico alla Tavola n. 1 relativa al Comune di Livo ed alla Tavola n. 6 relativa al Comune di Rumo.

Gli impianti risultano essere tutti di categoria 1, poiché alimentati dalla rete pubblica in Bassa Tensione mediante forniture monofase/trifase a 230V, 50Hz, con masse dell'installazione collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione (sistema TT).

Le linee sono state realizzate in anni diversi e poiché non è stato possibile reperire una sufficiente documentazione progettuale utile alle verifiche, si è proceduto, per quanto possibile, ad un controllo generale dei requisiti minimi di sicurezza che gli impianti devono possedere per la salvaguardia delle persone e dei beni.

Vengono presentati di seguito i risultati degli accertamenti sullo stato degli impianti così come rilevato nei sopralluoghi di verifica, con l'individuazione in forma sintetica delle criticità rilevate.

**3.1.1.1 Q1 – Scanna**

Il quadro è situato in centro all'abitato di Scanna, ricavato nell'antro ricavato nella parete di un'abitazione privata; è presente un sotto-quadro che alimenta l'illuminazione e l'impianto irriguo della zona verde di recente realizzazione. Il contratto di fornitura garantisce una disponibilità pari a 10 kW di potenza e la fornitura avviene a 380 V in trifase. La scelta della potenza contrattuale non appare molto oculata; analizzando il numero e la potenza di lampade alimentate dalle linee derivate dal quadro si calcola una potenza complessiva servita vicina ai 6,5 kW; sembrerebbe quindi opportuno ridurre la potenza contrattuale in modo limitare le quote fisse applicate in bolletta.

Il controllo funzionale degli interruttori è affidato ad un sistema combinato composto da orologio e sensore crepuscolare che comandano accensioni e spegnimenti delle linee che si diramano dal quadro.

Q1 - Scanna			
Potenza contrattuale [kW]	10,0		
Fornitura	trifase		
Codice POD	IT221E005305021		
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓	
	Crepuscolare	✓	
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✓	
	Regolatore di flusso	✗	
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 63	✗	
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$	!	
Tensione punto di consegna	212 V	✓	
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 2)	1	✓
	Tensione rilevata	206 V	
	Caduta in percentuale	2,8%	

Tab. 7 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro e servizio di Scanna

La protezione da sovracorrenti e cortocircuiti è affidata a un interruttore magnetotermico con curva d'intervento C63, che non appare in grado di garantire l'esercizio sicuro delle linee. La protezione dai contatti è garantita da un interruttore differenziale con corrente differenziale di intervento pari a 300 mA. Tale protezione non risulta ottimale, poiché per avere una tensione di contatto inferiore ai 50 V, bisognerebbe garantire una resistenza di terra dell'impianto inferiore ai 100  $\Omega$ , e ciò risulta molto difficoltoso date le caratteristiche del terreno.

Nella tabella precedente vengono riportati i dati risultanti dal sopralluogo sul quadro. È stata misurata la caduta di tensione in corrispondenza della linea più lunga servita dal quadro; questa è risultata pari a 6 V ovvero al 2,8%, non superando quindi il 5% di scostamento massimo consigliato dalla norma CEI 64.8



*Fig. 8 – Il quadro presente a Scanna*

### **3.1.1.2 Q2 – Varollo**

Il quadro elettrico, in materiale plastico, è posizionato all'interno di un vano ricavato nella parete perimetrale di un'abitazione privata ed affaccia su un parcheggio pubblico. Il doppio isolamento dei conduttori e le condizioni di conservazione delle apparecchiature garantiscono la sicurezza del quadro ed il rispetto delle vigenti normative. La fornitura di corrente è monofase e prevede per contratto una potenza massima di 20 kW; la potenza allacciata risulta di poco superiore ai 9 kW. Anche in questo caso la scelta della tipologia contrattuale non appare adeguata.

La protezione dai contatti è assicurata da un interruttore differenziale che apre il circuito quando la corrente di dispersione supera i 300 mA, mentre la protezione da cortocircuiti e sovraccarichi è fornita da un interruttore magnetotermico con curva d'intervento C60, non garantendo adeguata sicurezza.

Le misure effettuate hanno permesso di constatare lo stato di conservazione dei conduttori a servizio dell'impianto. Con una caduta di tensione pari a 10 V nel punto più distante, si è misurata una caduta dell'4,5%, inferiore al limite posto dalla normativa CEI 64.8 per gli impianti di illuminazione pubblica.

Q2 - Varollo			
Potenza contrattuale [kW]	20,0		
Fornitura	trifase		
Codice POD	IT221E00620769		
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓	
	Crepuscolare	✓	
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✓	
	Regolatore di flusso	✗	
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 60	✗	
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$	!	
Tensione punto di consegna	224 V	✓	
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 2)	47	✓
	Tensione rilevata	214 V	
	Caduta in percentuale	4,5%	

Tab. 8 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro di Varollo



Fig. 9 – Il quadro installato a Varollo

**3.1.1.3 Q3 – S.P. 6**

Lungo la Strada Provinciale numero 6, all'altezza della Scuola di Varollo, è installato il quadro che serve l'impianto di illuminazione a servizio della stessa strada. I dispositivi di protezione appaiono ben dimensionati, seppur l'interruttore differenziale non permetta la presenza di punti di prelievo estranei all'illuminazione pubblica. La fornitura è monofase per un potenza di 6,0 kW che risulta in questo caso lievemente insufficiente a coprire gli assorbimenti dell'impianto.

Q3 - S.P. 6		
Potenza contrattuale [kW]	6,0	
Fornitura	monofase	
Codice POD	IT221E00620775	
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓
	Crepuscolare	✓
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✓
	Regolatore di flusso	✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 32	✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$	!
Tensione punto di consegna	228 V	✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 2)	87
	Tensione rilevata	202 V
	Caduta in percentuale	11,4%

Tab. 9 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul Q3

La recente realizzazione del quadro ne garantisce il buono stato di conservazione e la presenza degli adeguati dispositivi di sicurezza; inoltre il colore dei conduttori rispetta le vigenti normative. La caduta di tensione misurata nel punto più distante della linea è notevolmente superiore alle prescrizioni normative e si attesta al di sopra dell'11%.

Ciò è principalmente attribuibile alla lunghezza della linea stessa ed alla presenza della considerevole potenza installata, che va a gravare sull'unica fase disponibile. Di conseguenza la corrente, e quindi la caduta di tensione risultano elevate.



*Fig. 10 – Il quadro montato all'interno dell'edificio scolastico*

#### **3.1.1.4 Q4 – Località Merlonga**

Il quadro elettrico è situato in un locale tecnico adiacente alla sede municipale, al di sotto della rampa d'accesso sul lato nord.



*Fig. 11 – Il quadro installato presso la sede municipale di Livo*

Esso è di recente realizzazione ed il controllo funzionale dell'impianto è garantito da un sistema combinato di orologio ed interruttore crepuscolare, mentre i dispositivi di sicurezza presenti garantiscono il sicuro esercizio delle linee (interruttore magnetotermico C16 e differenziale  $I_{\Delta n}$  30 mA).

La caduta di tensione misurata nel punto più lontano si è rivelata essere di poco superiore al limite consentito dalla normativa, con un valore assoluto pari a 12 V.

Q4 - Livo Comune		
Potenza contrattuale [kW]	16,0	
Fornitura	trifase	
Codice POD	IT221E00620575	
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓
	Crepuscolare	✓
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✓
	Regolatore di flusso	✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 16	✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 30$ mA	✓
Tensione punto di consegna	228 V	✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 2)	222
	Tensione rilevata	216 V
	Caduta in percentuale	5,4%

Tab. 10 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro di Livo Comune

La fornitura di energia elettrica, trifase, prevede per contratto una potenza massima di 16,5 kW, mentre sommando la potenza delle lampade installate sulle linee si giunge ad un valore leggermente superiore. Tuttavia, anche considerando le perdite della rete di distribuzione, la potenza assorbita resta al di sotto della potenza massima erogabile, consentendo la continuità del servizio e la non applicazione di penali per l'eccessivo prelievo di potenza.

Questa situazione non è ottimale in quanto, soprattutto nelle fasi di accensione si giunge a sfiorare la potenza contrattuale ed si incorre così nell'addebito di penali da parte dell'ente erogatore.

### 3.1.1.5 Q5 – S.P. 6 Livo

Il quadro elettrico è situato in un locale tecnico adiacente all'interno della struttura seminterrata presente sul lato ovest del campo sportivo che ospita la sede dei Vigili de Fuoco Volontari ed il magazzino della P.A.T..



Fig. 12 – Il quadro installato in presso la sede dei VV.FF.

Il quadro non è realizzato secondo le prescrizioni presenti nelle vigenti normative ed in particolare la protezione da sovracorrenti e cortocircuiti non è adeguatamente dimensionata.

Q5 - S.P. 6 Livo		
Potenza contrattuale [kW]	6,0	
Fornitura	trifase	
Codice POD	IT221E00620889	
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓
	Crepuscolare	✓
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✓
	Regolatore di flusso	✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 60	✗
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$	✓
Tensione punto di consegna	238 V	✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 2)	144
	Tensione rilevata	229 V
	Caduta in percentuale	3,8%

Tab. 11 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul Q5

Esso serve la Strada Provinciale n. 6 in corrispondenza dell'abitati di Livo ed il tratto di strada che conduce verso Cis; il controllo funzionale dell'impianto è garantito da un sistema combinato di orologio ed interruttore crepuscolare.

La caduta di tensione misurata nel punto più lontano si è rivelata al di sotto del limite imposto dalla normativa, con un valore assoluto pari a 9 V, corrispondente al 3,8%. La scelta della potenza contrattuale (6,0 kW) appare adeguatamente proporzionata alla richiesta dell'impianto.

### 3.1.1.6 Q6 – Preghena Centro

Il quadro elettrico è situato all'interno dell'atrio di ingresso di un edificio comunale prospiciente alla chiesa dell'abitato. Esso è alimentato tramite una fornitura trifase, per una potenza contrattuale di 20 kW. Considerando che la potenza delle lampade installate è di poco inferiore agli 11,0 kW la scelta della tipologia contrattuale non risulta essere accurata e si consiglia quindi di rinegoziarla in modo da ottenere una riduzione dei costi fissi di contratto. Dal punto di vista impiantistico è inoltre da segnalare che l'intera rete di distribuzione va a gravare su di un'unica fase, lasciando le altre due completamente scariche; questa soluzione impiantistica, con il carico squilibrato, va ad incidere negativamente sulle prestazioni dell'impianto riducendone l'efficienza. La caduta di tensione misurata nel punto più sfavorito è pari a 12 V, oltre il valore del 5% prescritto dalla normativa CEI 64.8



Fig. 13 – Il quadro a servizio del centro dell'abitato di Preghena

Anche in questo caso l'interruttore magnetotermico non è dimensionato per garantire un tempestivo intervento in caso di cortocircuito o sovraccarico.

Q6 - Preghena centro		
Potenza contrattuale [kW]	20,0	
Fornitura	trifase	
Codice POD	IT221E00620633	
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓
	Crepuscolare	✓
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✓
	Regolatore di flusso	✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 50	✗
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$	!
Tensione punto di consegna	227 V	✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 2)	287
	Tensione rilevata	215 V
	Caduta in percentuale	5,5%
Note	Tutto il carico è connesso ad un'unica fase	

Tab. 12 – Dati relativi al quadro di Preghena Centro

### 3.1.1.7 Q7 – Preghena alta

Il quadro elettrico a servizio di Preghena alta è situato lungo la pubblica via, a monte del parco presente sopra la chiesa.



Fig. 14 – Il quadro a servizio della zona più a monte di Preghena

Lo stato di conservazione del quadro e della componentistica di cui esso è costituito espone a notevoli rischi i passanti per cui si raccomanda caldamente la realizzazione di un intervento di manutenzione straordinaria per mettere in sicurezza l'impianto elettrico e per garantire il rispetto delle normative vigenti.

La caduta di tensione nel punto più sfavorito è alquanto limitata e ben al di sotto del limite massimo previsto dalla CEI 64.8, mentre la scelta della potenza contrattuale appare corretta.

Q7 - Preghena alta		
Potenza contrattuale [kW]	4,5	
Fornitura	monofase	
Codice POD	IT221E00620671	
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓
	Crepuscolare	✓
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✓
	Regolatore di flusso	✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 40	✗
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$	✓
Tensione punto di consegna	230 V	✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 2)	284
	Tensione rilevata	226 V
	Caduta in percentuale	1,7%
Note	La struttura del quadro e la componentistica presente non garantiscono il sicuro esercizio dell'impianto, mettendo a rischio la sicurezza dei passanti	

Tab. 13 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul Q7

### 3.1.1.8 Q8 – Località Molini

Il quadro elettrico è situato all'esterno dell'edificio che ospita la turbina idroelettrica di proprietà comunale. Esso è di recente realizzazione e presenterebbe tutti i requisiti per un sicuro esercizio dell'impianto.

Tuttavia il quadro è stato progettato per il funzionamento trifase ed è invece alimentato con fornitura monofase. Ciò non consente all'interruttore differenziale di poter lavorare correttamente, inficiando il ruolo di protezione a cui sarebbe preposto.

Q8 - Località Molini		
Potenza contrattuale [kW]	1,5	
Fornitura	monofase	
Codice POD	IT221E00656353	
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓
	Crepuscolare	✓
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✓
	Regolatore di flusso	✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 16	✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$	✗
Tensione punto di consegna	241 V	✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 7)	364
	Tensione rilevata	237 V
	Caduta in percentuale	1,5%
Note	La massa metallica dell'armadio contenente il quadro non è connessa all'impianto di terra. Il quadro, costruito per il funzionamento trifase, è alimentato in monofase, <u>non permettendo il corretto funzionamento dell'interruttore differenziale.</u>	

Tab. 14 – Riassunto dei dati raccolti relativi al quadro di Località Molini



Fig. 15 – Il quadro in località Molini

Inoltre la potenza erogabile prevista a contratto non è sufficiente a coprire la richiesta dell'impianto, causando distacchi indesiderati della fornitura e l'addebito di penali per eccesso di potenza prelevata. È pertanto consigliabile rivedere il contratto stipulato con l'ente fornitore.

I dispositivi di sicurezza presenti, la struttura e lo stato di conservazione delle linee è sufficiente a garantire il sicuro ed efficiente esercizio dell'impianto

### 3.1.1.9 Q9 – Marcena

Il quadro elettrico è situato in un apposito armadio plastico nelle vicinanze della sede municipale. Questo, come la maggior parte dei quadri elettrici di illuminazione pubblica, è dotato di regolatore della tensione di alimentazione delle lampade, dispositivo che consente la riduzione del flusso luminoso emesso dalle lampade nelle ore di minor traffico, con conseguente riduzione dei consumi energetici. Tuttavia la dimestichezza con queste apparecchiature del personale preposto alla manutenzione degli impianti non è tale da consentire di sfruttarne a pieno le potenzialità.



Fig. 16 – Il quadro a servizio dell'abitato di Marcena

Il quadro è dotato di tutti i dispositivi di sicurezza previsti dalla vigente normativa e consente quindi un sicuro esercizio dell'impianto.

La potenza contrattuale della fornitura appare adeguatamente proporzionata alle esigenze e consente comunque un possibile ulteriore ampliamento dell'impianto di illuminazione pubblica. La caduta di tensione, rilevata nel punto più sfavorito, supera abbondantemente il 5% prescritto dalla normativa, soprattutto a causa della lunghezza della linea.

Di seguito si riportano i dati raccolti durante il sopralluogo ed il profilo di funzionamento che è stato impostato per il regolatore di flusso.

Q9 - Marcena		
Potenza contrattuale [kW]	15,0	
Fornitura	trifase	
Codice POD	IT221E00636103	
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓
	Crepuscolare	✓
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✗
	Regolatore di flusso	✓
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti	✓
	Curva di Interruzione C 32	✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 150 \text{ mA}$	!
Tensione punto di consegna	235 V	✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 7)	365
	Tensione rilevata	217 V
	Caduta in percentuale	7,9%
		✗

Tab. 15 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro

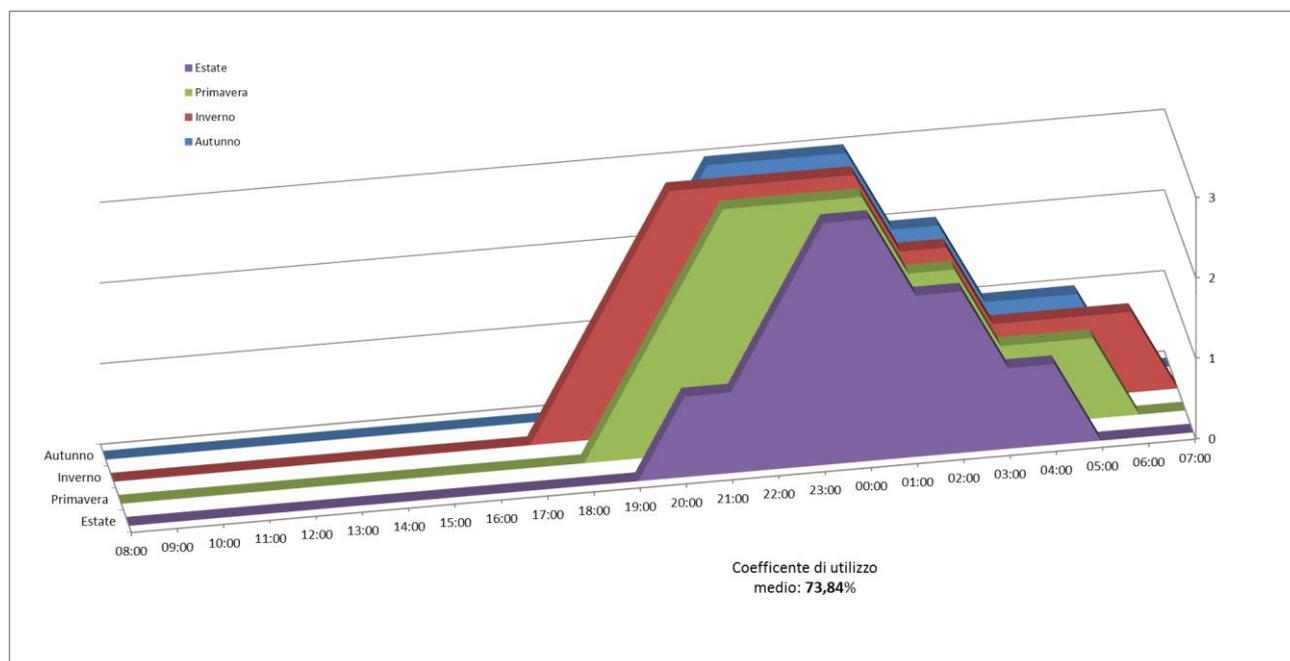


Grafico 5 – Il profilo di funzionamento orario del regolatore di flusso

### 3.1.1.10 Q10 – Mione

Il quadro elettrico a servizio di Mione è situato in un'area adibita a verde pubblico, verso l'estremità orientale dell'abitato; alla data di effettuazione del sopralluogo la vegetazione presente nel parco ostruiva l'accesso al quadro, rendendo le operazioni alquanto difficoltose. Situazioni di questo tipo sarebbero da evitare in quando deve essere garantito un rapido e sicuro accesso alla componentistica di comando dell'impianto di illuminazione pubblica.



*Fig. 17 – Il quadro installato in località Mione*

Come precedentemente è installato un regolatore di tensione per la variazione del flusso luminoso emesso dalle lampade; in questo caso però il display a cristalli liquidi del pannello di controllo è guasto e non permette l'accesso alle varie impostazioni della macchina.

I dispositivi di sicurezza installati a bordo quadro garantiscono un sicuro esercizio delle linee, proteggendo adeguatamente da cortocircuiti, sovracorrenti dispersioni e contatti.

La curva di funzionamento del regolatore di flusso è stata supposta analoga a quella impostata per il quadro di Marcena, in quanto non è stato possibile accedere ai dati contenuti all'interno dei dispositivi di controllo.

La caduta di tensione misurata nel punto più sfavorito, distante più di un chilometro, è risultata rispettare il limite del 5% prescritto dalla CEI 64.8, anche in virtù della distribuzione in trifase che consente di equilibrare i carichi connessi, limitando le perdite.

La potenza prevista in base al contratto stipulato è pari a 11,5 kW, leggermente abbondante rispetto alle richieste dell'impianto, ma tale da lasciare un margine per un eventuale futuro ampliamento.

Q10 - Mione			
Potenza contrattuale [kW]	11,5		
Fornitura	trifase		
Codice POD	IT221E00636281		
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓	
	Crepuscolare	✓	
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✗	
	Regolatore di flusso	✓	
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 32	✓	
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$	✓	
Tensione punto di consegna	243 V	✓	
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 7)	508	✓
	Tensione rilevata	231 V	
	Caduta in percentuale	4,9%	
Note	Il display del regolatore di flusso è fuori uso, rendendone impossibile la gestione		

Tab. 16 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul Q10

### 3.1.1.11 Q11 – Corte Inferiore

A Corte Inferiore si presenta una situazione analoga a quella descritta per il quadro di Mione.



Fig. 18 – Il quadro installato a Corte Inferiore

Q11 - Corte Inferiore		
Potenza contrattuale [kW]	10,0	
Fornitura	trifase	
Codice POD	IT221E00636169	
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓
	Crepuscolare	✓
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✗
	Regolatore di flusso	✓
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 32	✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I\Delta n = 30$ mA	✓
Tensione punto di consegna	241 V	✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 7)	697
	Tensione rilevata	235 V
	Caduta in percentuale	2,8%
Note	Il display del regolatore di flusso è fuori uso, rendendone impossibile la gestione	

Tab. 17 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo a Corte Inferiore

Sicurezza e qualità del servizio sono garantite dalle apposite apparecchiature e dalla schema di distribuzione. Il riduttore di flusso presenta però le stesse problematiche legata al dispositivo di output. La fornitura di energia elettrica, trifase, prevede per contratto una potenza massima di 10,0 kW, il 20% in più di quanto richiesto dall'impianto.

### 3.1.1.12 Q12 – Corte Superiore

Il quadro elettrico è situato in apposito armadio plastico posto lungo il ciglio della strada che collega Marcena a Mocenigo, all'altezza del caseificio.

Questo quadro non è dotato di regolatore di flusso in quanto la maggior parte delle lampade servite non è compatibile con questo tipo di tecnologia, per cui si è optato per il funzionamento tutta-notte / mezza-notte.

La fornitura trifase prevede una potenza contrattuale di 15,0 kW, superiore del 30% a quanto richiesto dall'impianto di illuminazione; si consiglia quindi di procedere alla rinegoziazione delle condizioni contrattuali in modo da ridurre i costi fissi in bolletta.

I dispositivi di sicurezza sono mal dimensionati e non garantiscono le adeguate protezioni; ciò riguarda l'interruttore magnetotermico che con una curva di protezione C40 non garantisce la

necessaria tempestività d'intervento ed il differenziale, che interviene solamente quando la corrente di dispersione raggiunge i 3 Ampere.

La caduta di tensione nel punto più sfavorito è più che doppia rispetto ai limiti normativi. L'insieme delle considerazioni riportate suggerisce di procedere con un intervento sul quadro e sulle linee servite per porre rimedio a quanto segnalato.

Q12 - Corte Superiore		
Potenza contrattuale [kW]	15,0	
Fornitura	trifase	
Codice POD	IT221E00636217	
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓
	Crepuscolare	✓
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✓
	Regolatore di flusso	✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 40	✗
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 3$ A	✗
Tensione punto di consegna	239 V	✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 7)	778
	Tensione rilevata	214 V
	Caduta in percentuale	10,5%
Note	L'interruttore differenziale non è correttamente dimensionato per garantire il sicuro esercizio dell'impianto	

Tab. 18 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul Q12

### 3.1.1.13 Q13 – Mocenigo

Il quadro elettrico a servizio della frazione di Mocenigo è situato all'ingresso dell'abitato, in prossimità della fontana.

Anche in questo caso è presente un regolatore di flusso, funzionante secondo le curve descritte per il Q9. Non sono state rilevate criticità in questo caso in quanto sicurezza e qualità del servizio risultano garantite da interruttori magnetotermici e differenziale selettivo e la caduta di tensione nel punto più sfavorito si attesta sui 4V, corrispondenti al 2.1% (la misura è stata effettuata con il riduttore di tensione in funzione).

Anche la scelta della potenza contrattuale risulta adeguata alla potenza installata, lasciando un piccolo margine per eventuali modifiche dell'impianto.



Fig. 19 – Il quadro a servizio di Mocenigo

Q13 - Mocenigo			
Potenza contrattuale [kW]	15,0		
Fornitura	trifase		
Codice POD	IT221E00636321		
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓	
	Crepuscolare	✓	
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✗	
	Regolatore di flusso	✓	
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 32	✓	
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 40 \text{ mA}$	✓	
Tensione punto di consegna	204 V	✓	
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 7)	879	✓
	Tensione rilevata	200 V	
	Caduta in percentuale	2,1%	

Tab. 19 – I dati raccolti relativi al Q13

**3.1.1.14 Q14 – Lanza**

Il quadro elettrico è situato in un apposito antro ricavato nella parete perimetrale di un'abitazione privata che affaccia sulla piazza del paese.



Fig. 20 – Il quadro installato a Lanza

Q14 - Lanza		
Potenza contrattuale [kW]	10,0	
Fornitura	trifase	
Codice POD	IT221E00636233	
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓
	Crepuscolare	✓
	Funzionamento tutta notte / mezza notte	✗
	Regolatore di flusso	✓
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 32	✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale I $\Delta$ n = 90 mA	✓
Tensione punto di consegna	222 V	✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 7)	926
	Tensione rilevata	204 V
	Caduta in percentuale	8,0%
		✗

Tab. 20 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul Q14

Il sicuro esercizio delle linee è garantito da un interruttore magnetotermico con curva d'intervento C32 e da un interruttore differenziale con  $I_{\Delta n}$  90 mA.

Il regolatore di tensione, coadiuvato da un sensore crepuscolare, gestisce accensioni, spegnimenti ed attenuazioni dell'impianto garantendo l'efficienza del sistema di controllo.

La caduta di tensione misurata nel punto più lontano si è rivelata essere superiore al limite prescritto dalla normativa, con un valore assoluto pari a 18 V, corrispondenti all'8% della tensione di alimentazione.

La fornitura di energia elettrica, trifase, prevede per contratto una potenza massima di 10,0 kW, mentre sommando la potenza delle lampade installate sulle linee si giunge ad un valore leggermente inferiore.

### 3.1.2 Considerazioni generali sullo stato degli impianti

L'analisi dello stato dei quadri e delle linee elettriche ha portato alle seguenti conclusioni:

- la protezione contro i contatti diretti sia sui quadri elettrici sia sui pali di illuminazione è in genere garantita;
- la protezione dai contatti indiretti, causa il dimensionamento delle protezioni differenziali coordinate con i rispettivi impianti di terra, non sempre è ottimale;
- la protezione delle condutture dalle sovracorrenti non in tutti i casi viene garantita.

Al fine di garantire il livello di sicurezza minimo stabilito dalla vigente normativa, gli impianti di illuminazione pubblica installati nei Comuni di Livo e Rumo, non necessitano di particolari interventi di adeguamento, ad esclusione del Q7 che richiede un urgente intervento di manutenzione.

Si riportano di seguito ulteriori osservazioni inerenti le condutture elettriche, i supporti delle lampade e le prestazioni illuminotecniche dell'impianto.

#### 3.1.2.1 Condutture elettriche

L'isolamento dei conduttori risulta essere in media ancora efficiente anche sui tratti di linea più datati realizzati in parte con conduttori rigidi. Tale affermazione ha valore generale: sono state rilevate delle situazioni in cui l'isolamento elettrico non era garantito; tali casi sono risultati comunque circoscritti a piccole parti di componentistica degli impianti stessi, facilmente sostituibili o comunque risolvibili con adeguate modalità tramite un regolare intervento di manutenzione.

Le sezioni dei conduttori non sempre sono adeguate ai carichi e alle protezioni dalle sovracorrenti, tanto che in alcune linee i punti luce più distanti presentano cadute di tensione anche superiori al 10%.



Fig. 21 – Situazioni critiche individuate per lo stato dei collegamenti elettrici

Non sempre i colori identificativi dei conduttori (fase, neutro, terra ecc.) sono rispettati e non sempre i cavi risultano adeguatamente protetti e/o raccordati con idonee canalizzazioni e/o scatole di giunzione. Ciò accade in particolare nelle parti più datate dell'impianto.

Soprattutto i collegamenti delle luminarie natalizie non sono predisposti in modo da garantire un efficace e sicuro esercizio delle linee, con conseguente rischio per i passanti.

### 3.1.2.2 Supporti

Gli impianti di illuminazione risultano essere realizzati con diverse tipologie di supporti, ovvero pali in acciaio (zincato e/o verniciato), pali in cemento e mensole a muro.

Le asole porta-morsettiera e le morsettiere posizionate sui pali più vecchi non sempre sono sufficientemente protette da idonei coperchi che ne garantiscano la tenuta "stagna" e la protezione dalle parti attive (morsetti). Spesso le giunzioni fra cavi all'interno delle asole risultano essere fatiscenti e pericolose (soprattutto nelle parti più datate degli impianti). Da un primo esame non sono state riscontrate situazioni pericolose per quanto riguarda l'idoneità statica dei supporti. Va segnalata però nel comune di Livo una problematica di impermeabilità riscontrata con un tipo di corpo illuminante ampiamente diffuso, come possibile vedere nelle seguenti fotografie.



*Fig. 22 – Infiltrazioni all'interno dei corpi illuminanti*

### **3.1.2.3 Prestazioni illuminotecniche**

In tutti gli impianti del Comune di Livo ed in alcuni nel Comune di Rumo gli impianti funzionano in modalità tutta-notte / mezza-notte; ciò prevede che allo scattare della mezzanotte, con la diminuzione del flusso di traffico sulle strade un punto luce ogni due venga disalimentato.

Questo tipo di funzionamento, seppur concettualmente valido e vantaggioso per quanto riguarda l'efficienza generale dell'impianto, fa venir meno i requisiti minimi di sicurezza andando ad influenzare pesantemente l'omogeneità del flusso luminoso sulla sede stradale, con conseguenti rischi di abbagliamento.

Si raccomanda quindi di abbandonare tale modalità di funzionamento dell'impianto per prediligere l'uso di regolatori di flusso, installati a quadro o sui singoli corpi illuminanti, o di lampade con alimentatori bipotenza.

Si è inoltre notato, su tutto il territorio rientrante a far parte del presente piano sovra-comunale, la notevole estensione degli impianti di illuminazione pubblica; questi interessano anche aree prettamente rurali, quali le strade di collegamento tra le varie frazioni, che non sembrerebbero necessitare di un servizio di illuminazione. Per ottenere il raggiungimento di un impianto efficiente è necessario, prima di intervenire sulla componentistica installata, razionalizzarne l'estensione, coprendo solamente le aree che realmente necessitano di questo servizio. Si consiglia quindi di effettuare un'analisi del territorio e di individuare le zone nelle quali non è necessaria la presenza di illuminazione, in modo da snellire gli impianti ed ottenere vantaggi sia per quanto riguarda l'inquinamento luminoso, sia per quanto riguarda i consumi di energia.

### 3.1.3 Verifica degli apparecchi illuminanti

Contestualmente alle verifiche sulle linee elettriche sono state raccolte informazioni sui corpi illuminanti, per i quali è stato realizzato un inventario integrandolo con i dati raccolti in situ.

Parallelamente è stata eseguita la modellazione di alcuni tratti significativi tramite il software DIALux®, a partire dai dati tecnici dei corpi illuminanti attualmente installati forniti dalle aziende produttrici. Il software è in grado di calcolare i valori puntuali di luminanza a partire dalla curva fotometrica e permette quindi di simulare il reale comportamento del corpo illuminante, così come gli effetti ottenibili a seguito dei possibili interventi migliorativi.

Nel software si è assunto un fattore di manutenzione pari a 0,5; tale coefficiente permette di simulare lo stato di conservazione delle lampade e ne diminuisce la resa per tener conto del calo di prestazioni dovuto all'età e alla sporcizia accumulata.

La categoria illuminotecnica dei tratti modellati è stata ottenuta utilizzando la norma UNI 11248, avendo assegnato una classe a ciascuna strada sulla base del traffico presente, dei limiti di velocità e della presenza di incroci, rotonde, attraversamenti, etc.

La modellazione permette di ottenere, in funzione della categoria illuminotecnica (tipologia di strada o di marciapiede), il valore dei seguenti parametri:

- *luminanza minima media mantenuta ( $L_m$ ):* è il flusso luminoso emesso dalla superficie stradale nella direzione dell'osservatore per effetto della riflessione del flusso luminoso dei corpi illuminanti. E' il parametro che permette di verificare se la strada è illuminata a sufficienza per distinguere ostacoli e pericoli sulla carreggiata;
- *uniformità globale minima di luminanza ( $U_0$ ):* è il rapporto tra luminanza minima e media su un tratto stradale significativo ed esprime l'uniformità dell'illuminamento (o luminanza) sulla carreggiata. La norma stabilisce che la luminanza minima e la media non si possono scostare di troppo cioè non devono esserci zone eccessivamente buie sul tratto stradale in esame;
- *uniformità longitudinale minima di luminanza ( $U_l$ ):* è il rapporto fra luminanza minima e massima lungo la mezzzeria di ciascuna corsia. E' anche questo un parametro che esprime l'uniformità della luce sulla carreggiata. Stabilendone un valore minimo la norma impone che sulla mezzzeria di ciascuna corsia in senso longitudinale non ci sia un'eccessiva differenza fra l'illuminamento minimo e massimo, e vi sia quindi una distribuzione regolare e uniforme della luce;
- *incremento di soglia massimo ( $TI$ ):* questo parametro è influenzato dal tipo di armatura e ottica del corpo illuminante. E' legato al flusso luminoso emesso dal corpo illuminante che può compromettere la percezione visiva senza necessariamente provocare agli osservatori sensazioni fastidiose. Si può avere un superamento del valore limite da parte di ottiche con curve fotometriche ampie che emettono luce anche in direzione sub orizzontale;
- *rapporto minimo delle intensità illuminazione dintorni ( $SR$ ):* si tratta di un rapporto ricavato confrontando gli illuminamenti medi presenti ai lati della strada, cioè su due fasce di

opportuna larghezza all'esterno e all'interno rispetto al limite della carreggiata. La norma impone il rispetto di un valore minimo in modo tale che ai lati della strada sia consentita la visione e il conducente possa individuare con un certo anticipo un ostacolo in movimento verso la sede stradale.

- *illuminamento orizzontale medio mantenuto ( $E_m$ )*: è il flusso luminoso medio emesso dalla sorgente nella direzione dell'osservatore. E' il parametro che permette di distinguere ostacoli e pericoli sul marciapiede;
- *illuminamento orizzontale minimo mantenuto ( $E_{min}$ )*: è il flusso luminoso minimo emesso dalla sorgente nella direzione dell'osservatore. E' il parametro che permette di distinguere ostacoli e pericoli sul marciapiede.

### **3.1.4 Verifiche secondo L.P. 16/2007**

In aggiunta ai parametri appena elencati è necessario che vengano soddisfatti quelli definiti dalla L.P. 16/07, differenti a seconda si debba utilizzare per la verifica l'Allegato A oppure l'Allegato B.

L'Allegato A, utilizzato come detto in precedenza per gli apparecchi di classe A (full cut-off), richiede sia rispettato il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$ .

L'Allegato B, utilizzato per gli apparecchi di classe B, C e D, (quelli che disperdono fino al 30% del flusso luminoso verso l'alto) richiede il rispetto sia del coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$  sia dell'indice di illuminazione disperso  $K_{ill}$ .

Tali parametri vengono così definiti:

- $\eta$ : rapporto tra energia consumata annualmente dall'impianto per produrre 100 lux di illuminamento sul piano efficace durante il periodo di funzionamento di progetto, tenuto conto delle eventuali regolazioni (intensità luminosa ed energia) nel tempo, ed area efficace (superficie illuminata); esso si misura in  $kWh_{anno}/m^2$ ;
- $K_{ill}$ : rapporto tra l'illuminamento disperso complessivo e l'illuminamento efficace prodotto, pesato tra le rispettive aree (area di misura ed area efficace); tale parametro risulta essere adimensionale.

Il software Rilievo-ILL messo a disposizione dall'Agenzia per l'Energia della Provincia Autonoma di Trento permette di gestire l'analisi completa degli impianti di illuminazione pubblica in conformità con quanto previsto dalla normativa provinciale, oltre a fornire i dati raccolti nel formato richiesto per la presentazione dei risultati all'APE. Tutto quanto contenuto nel programma ed i risultati da esso generati vengono riportati in allegato.

### 3.1.5 Analisi dei tratti omogenei individuati

Si riportano di seguito le caratteristiche dei principali tratti omogenei analizzati, individuati all'interno dei due Comuni. Per questi è stata effettuata una modellazione tridimensionale della disposizione reale tramite apposito software sulla base dei dati misurati durante i sopralluoghi e delle caratteristiche fotometriche dei corpi illuminanti installati, per meglio analizzare la situazione reale. I dati ottenuti sono stati poi utilizzati per completare l'inserimento dati all'interno del software Rilievo-ILL e per compilare, a seconda della tipologia di corpo illuminante, l'Allegato A o B.

N.	NOME	TIPOLOGIA LAMPIONE	POTENZA	TIPO LAMPADA	CORSIE	CARREGGIATA		MARCIAPIEDE		DISTANZA PALO-CARREG.	ALTEZZA P. L. - SBRACCIO	N° p.ti luce	INTERASSE
						larghezza	Classe	larghezza	Classe				
<b>Livo</b>													
1	SP 6 Scanna	A01	125	hql	2	6,8	me4b	1,5	s5	1,6	6,5-0,5	14	22,6
2	Fraz. Scanna	D01	55	led	2	4,5	ce5	-	-	-	4,8-0	7	20,0
3	Fraz. Varollo	C01	125	hql	2	6	ce5	extra 3,2	-	2,5	4,3-0	5	18,0
4	SP 6 Varollo	A01	125	hql	2	6,5	me4b	1,5	s5	1,6	4,3-0,6	32	20,8
5	Livo sud	H01	125	hql	1	6	ce5	-	-	0	4,0-0	6	29,3
6	Livo centro	E01	80	hql	2	5	ce5	-	-	0	6,0-2,5	4	32,0
7	Livo piazza	G01	125	hql	1	5,7	ce5	-	-	0,5	4,5-0,5	7	22,9
8	Pregnhena sud	B01	80	hql	2	5,5	ce5	-	-	0,2	8,5-2,0	5	45,1
9	Pregnhena ovest	A05	125	hql	1	5,5	ce5	-	-	0,5	6,0-0	7	28,7
10	Pregnhena est	H01	125	hql	1	4,5	ce5	-	-	0,3	4,5	16	27,0
<b>Rumo</b>													
11	SP6 Marcena	I01	70	son	2	6,5	me4b	1,5	s5	1,8	5,0-0,4	37	19,2
12	Marcena centro	C01	100	son	2	6,4	ce5	-	-	0,3	4	13	15,1
13	Scassio	I04	100	son	2	6,5	me5	1,6	s5	1,7	5,0-0,4	34	17,4
14	Corte inferiore	I03	100	son	2	6	ce5	1,8	s5	1,9	5,2-0,4	14	18,9
15	Corte superiore	M01	125	hql	2	5,8	me5	1,4	s5	1,5	4,4-0,6	33	20,4
16	Mocenigo	C02	100	son	2	5,5	ce5	-	-	0	5-0,7	11	18,6

Tab. 21 – Principali caratteristiche di ciascun tratto analizzato con apposito software illuminotecnico

### **3.1.6 Considerazioni generali sullo stato degli apparecchi illuminanti**

Riassumiamo di seguito le criticità individuate nella fase di analisi dello stato attuale, così da stabilire un ordine di priorità degli interventi da effettuare, che saranno poi discussi in dettaglio nel capitolo successivo.

Come previsto dal Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso, gli interventi individuati dal presente P.R.I.C. verranno analizzati dall'Agenzia Provinciale per l'Energia e suddivisi in urgenti e ordinari, in base a specifiche classificazioni.

Gli interventi urgenti, da attuarsi entro i tre anni successivi all'approvazione del presente Piano provinciale e motivatamente prorogabili al massimo di altri tre anni, potranno godere di incentivi economici provinciali fino al 100% della spesa ammessa, nel caso di richiesta da parte di enti pubblici, e fino al 50% della spesa ammessa nel caso di richiesta da parte di soggetti privati o imprese. Gli interventi ordinari potranno invece essere realizzati compatibilmente con la disponibilità tecnica e finanziaria dei soggetti coinvolti.

#### **3.1.6.1 Criticità nell'illuminazione stradale**

Le criticità maggiori riscontrate durante la modellazione dei vari tratti sono di seguito riassunte:

- presenza di ottiche che determinano inquinamento luminoso, ossia apparecchi che, nelle loro posizione di installazione, presentano un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore del 30%; tali apparecchi sono vietati in base alla L.P. 16/07; rientrano in questa categoria i corpi luminosi a globo (tipologia A06);
- presenza di lampade che non garantiscono il rispetto dei requisiti minimi di illuminamento delle carreggiate e/o dei marciapiedi; rientrano in questa categoria specialmente i corpi luminosi di tipo A05, G01, H01;
- presenza di punti luce che non garantiscono uniformità nella distribuzione della luce sulla sede stradale (causando l'alternanza di zone eccessivamente illuminate e di zone buie); specialmente tipologia B ed E;
- presenza di numerose lampade a mercurio nel Comune di Livo; queste lampade presentano una scarsa efficienza luminosa rispetto ad altre tipologie sul mercato nonché problemi legati allo smaltimento a fine vita.

I corpi illuminanti di tipologia I, N, C02, C03 e D01 non presentano particolari problematiche riguardo all'inquinamento luminoso. A seconda della disposizione stradale possono però portare ad ottenere parametri di efficienza al di sopra di quanto consentito.

Per determinare una scala di criticità degli interventi necessari alla riqualificazione dell'illuminazione pubblica è stata realizzata per ciascun Comune la tabella dell'allegato 5, con i vari tratti stradali analizzati: nella parte sinistra della tabella, in corrispondenza di ogni corpo illuminante presente è riportato un numero da 1 a 4 che indica la criticità del tratto in termini di inquinamento/inefficienza luminosa e quindi la priorità di intervento per migliorarne lo stato. 1 sta a significare priorità alta, 4 priorità bassa: lo 0 esprime assenza di criticità.



Fig. 23 – In ordine orario: tipo C01, B01, A01, M01, I01, G01

Come visibile, risulta prioritaria la sostituzione dei corpi classificati come A05, A06, C01 e C04, ossia quelli a forma di globo e quelli a lanterna con lampada verticale, entrambi altamente inquinanti. In secondo luogo vi sono quelli classificati B, ossia i pali a sbraccio che non garantiscono uniformità nella distribuzione della luce sulla sede stradale.

I corpi illuminanti con sigle C02, C03 ed I05 risultano conformi e non necessitano di particolari miglioramenti.

In generale, un problema comune a numerosi tratti, emerso dall'analisi dello stato di fatto è quello della scarsità dell'illuminamento garantito sul piano stradale (come visibile dai parametri  $E_m$  e  $L_m$  nelle schede precedenti, quasi sempre al di sotto del limite minimo); questo aspetto, considerato assieme alle elevate potenze installate per singolo punto luce (100 W, 125 W), determina di conseguenza una scarsa efficienza luminosa: il parametro  $\eta$  non risulta quasi mai verificato.

In generale, laddove sono montate lampade ai vapori di mercurio si consiglia comunque la sostituzione con lampade più efficienti (al sodio, alogenuri) indipendentemente dalla bontà dell'ottica montata dal momento che tali lampade consentono rese luminose maggiori con minori assorbimenti di energia.

## 3.2 Proposte progettuali

Come detto in precedenza, si sono valutate alcune proposte per migliorare la situazione attuale dell'illuminazione pubblica sia dal punto di vista del rispetto dei requisiti illuminotecnici, sia da quello dell'efficienza energetica, previsti dalle norme in materia.

Tali proposte sono state realizzate non per il singolo tratto analizzato, ma secondo le principali tipologie di punti luce presenti sul territorio comunale, dal momento che, come si è visto nel capitolo precedente riguardo allo stato di fatto, i vari punti luce sono riconducibili più o meno alle stesse tipologie di lampione/optica.

### 3.2.1 Proposta d'intervento per tipologie

Nello specifico le tipologie per cui si sono considerate le proposte di intervento sono le seguenti, ordinate per priorità:

- Punto luce di tipo a globo (tipi A e G01), con lampada a mercurio da 80 o 125 W;
- Punto luce di tipo lanterne (tipo C01 e C04) sprovviste di ottica, con lampada ai vapori di mercurio da 80 e 125 W o da 100 W al sodio;
- Punto luce di tipo pali a sbraccio o sospensione con lampada a mercurio da 80 W, tipi B01 ed E01;
- Punto luce di tipo ad ombrello, con lampada a mercurio da 80 W, tipo H01 ed M01.

Per queste tipologie, specialmente per le prime due più diffuse e presentanti quindi la maggiore criticità, si propone la sostituzione dell'ottica con una nuova, avente lampade con tecnologia a LED dal momento che queste lampade permettono di rispettare tutti i requisiti illuminotecnici previsti dalle norme, mentre un semplice retrofit delle lampade (da mercurio a sodio) non sempre è in grado di garantire tale rispetto.

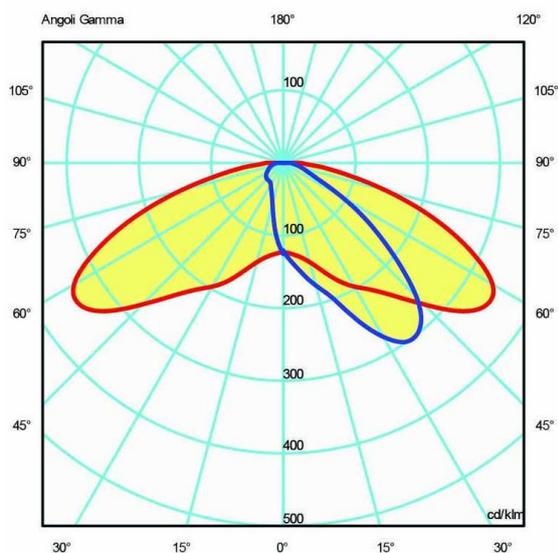


Fig. 23 – Corpo illuminante a LED da arredo urbano, proposto in alcuni tratti e relativa curva fotometrica.

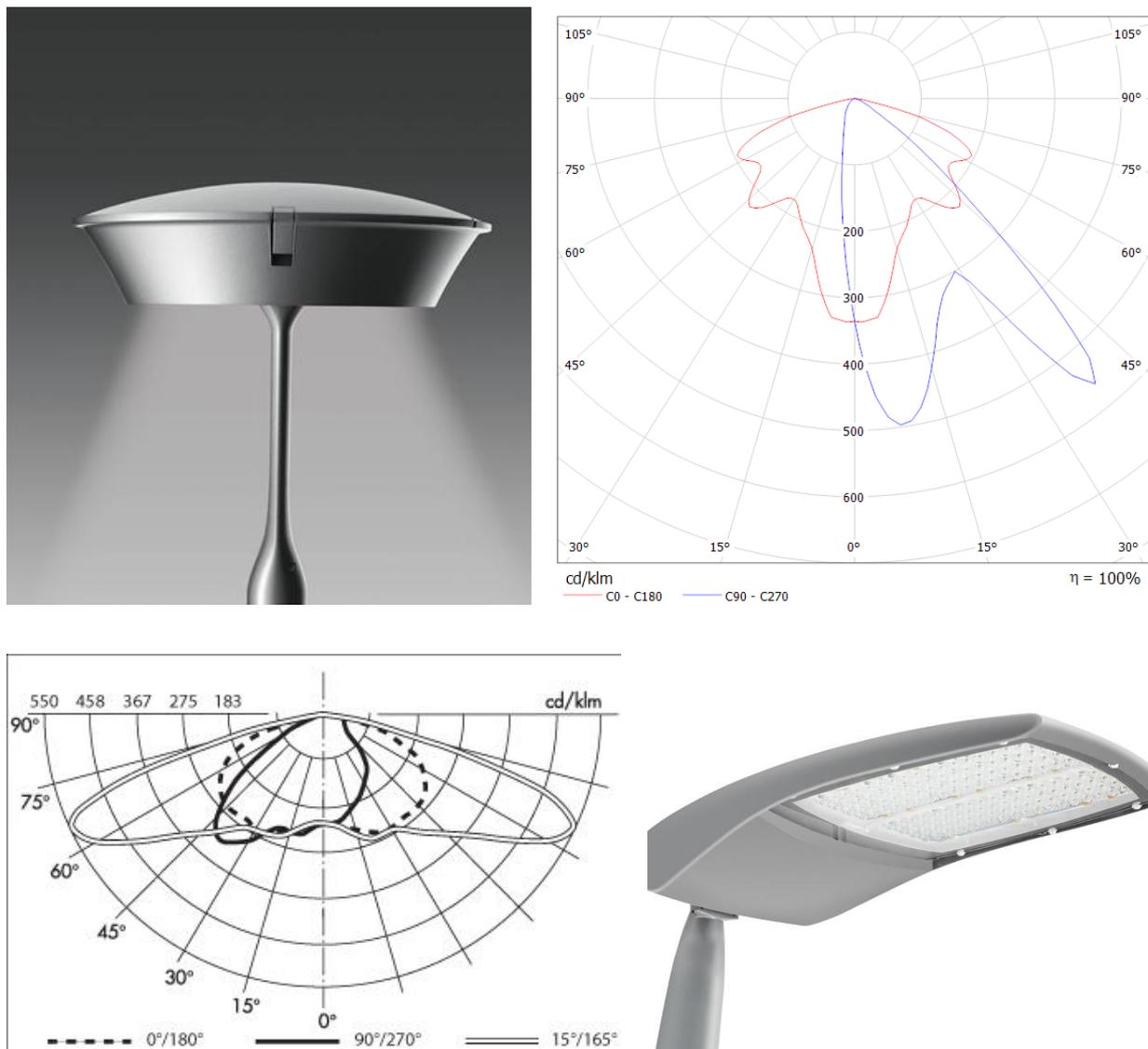


Fig. 24 – Esempi di corpo illuminante a LED con relativa curva fotometrica utilizzabile per le nuove installazioni o sostituzioni

Nella formulazione delle proposte, per motivi di semplicità e di omogeneità, si è scelto di limitare il più possibile la varietà di corpi illuminanti utilizzati: ne sono stati individuati tre, uno stradale e due da arredo urbano, le cui caratteristiche fotometriche risultassero funzionali al contesto d'installazione. Tali soluzioni sono puramente esemplificative e non vogliono assolutamente vincolare alla scelta fatta riguardo agli specifici prodotti.

La potenza di ciascuna sorgente luminosa è stata invece scelta di volta in volta in modo da garantire il rispetto dei parametri illuminotecnici e dei criteri di efficienza energetica.

Si propone di dotare ogni nuovo corpo illuminante di regolatore di flusso, in modo da poter modulare il flusso luminoso (e regolare di conseguenza l'energia assorbita) in funzione di specifici orari, scelti in base al maggior o minor traffico veicolare sulla sede stradale secondo il profilo seguente, illustrato nel grafico 2.

Nella progettazione delle proposte d'intervento si è cercato di mantenere l'interasse esistente tra i pali, in modo da limitare gli interventi sull'impianto elettrico.

Per ogni intervento è stato stimato un costo di investimento indicativo riguardante la sostituzione del corpo illuminante, quando richiesto quella del palo, e la posa in opera della nuova componentistica. Non sono stati presi in considerazione lavori sugli impianti elettrici in quanto questi non dovrebbero risultare necessari e variano notevolmente in base alla situazione in esame.

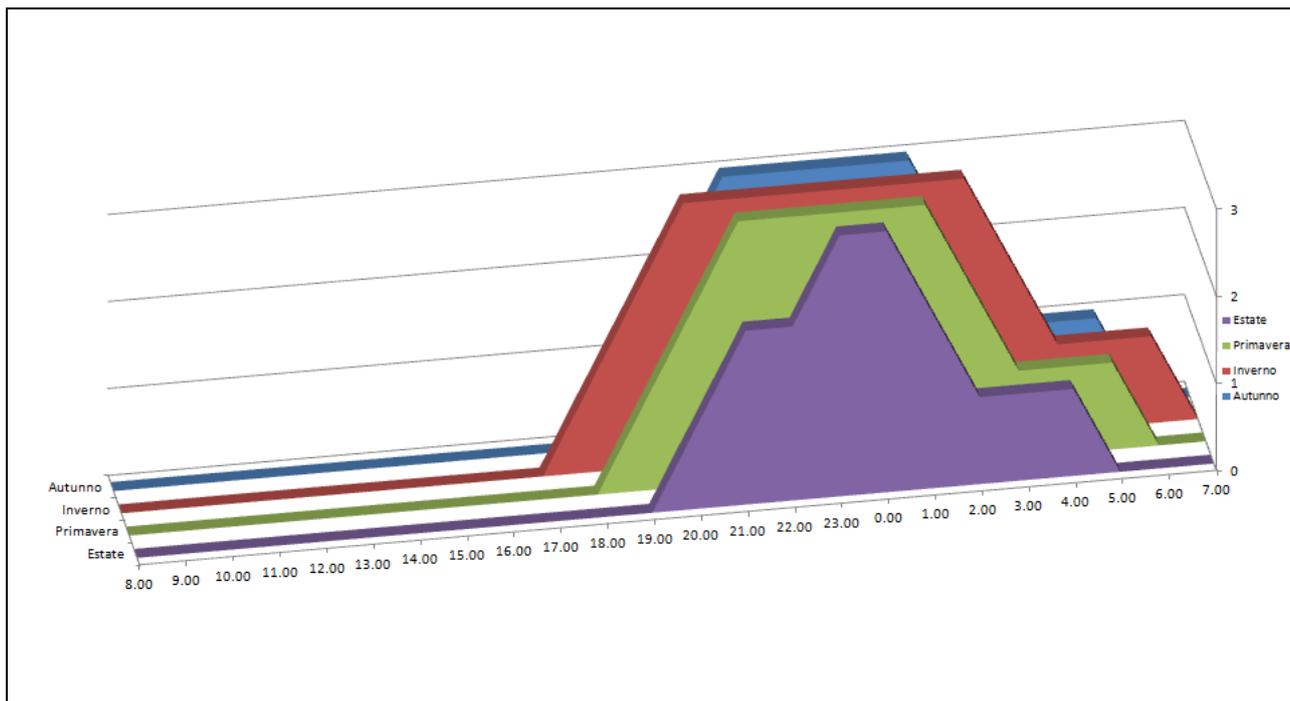


Grafico 6 – Profilo di funzionamento di un regolatore di flusso in funzione dell'ora e della stagione.

### **3.3 Calcolo dei risparmi secondo la L.P. n. 16 del 3 Ottobre 2007**

Come visibile nella sezione dello stato di intervento allegato a questa relazione, si osserva che in seguito ai possibili interventi migliorativi consigliati la potenza installata si riduce di circa 56 kW, pari a circa il 45%, mentre l'energia assorbita, anche grazie alla diminuzione delle perdite sulle linee dovuta alla minore densità di corrente nei conduttori, si riduce di quasi il 50%.

Considerando un prezzo medio dell'energia pagata da entrambe le municipalità è pari a 0,16 €/kWh, il risparmio economico che deriva dagli interventi di miglioramento consigliati si aggira intorno ai 29.000 € all'anno.

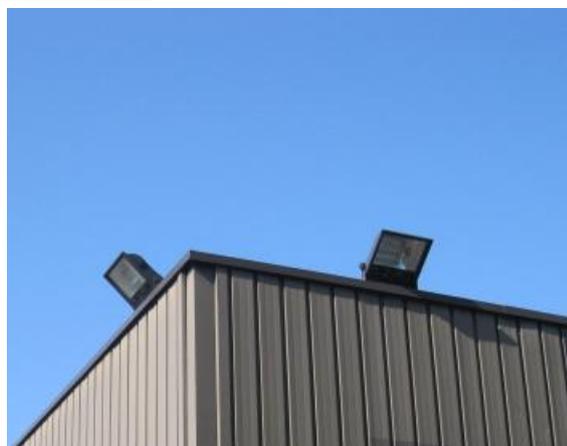
Tali considerazioni sono puramente indicative poiché considerano l'istantanea e completa sostituzione di tutti i corpi illuminanti obsoleti o fuori norma esistenti con corpi aventi la miglior tecnologia oggi a disposizione. Tale ipotesi non appare realistica, ma la cifra indicata serve a quantificare i risultati che gli interventi di efficienza energetica nel campo dell'illuminazione pubblica possono comportare; tale risparmio appare maggiormente interessante in quanto si tratta di una riduzione della spesa ordinaria sostenuta dall'ente comunale.

## 4 Considerazioni sugli impianti di illuminazione privati

Accanto agli impianti già analizzati, dediti all'illuminazione stradale, all'interno del territorio comunale sono presenti impianti privati, utilizzati principalmente per l'illuminazione di giardini, viali di accesso e parcheggi. Al fianco di questa tipologia di impianti si trovano poi apparecchiature quali proiettori utilizzate per illuminare o le aree esterne delle attività produttive, o le facciate di strutture ricettive.

Il Piano Regolatore per l'Illuminazione Comunale prevede che vengano individuate in questo senso le situazioni più rilevanti e che vengano così descritte le principali criticità presenti, anche se è necessario tenere in considerazione che non è stato possibile avere a disposizione le reali potenze installate e, in alcuni casi, nemmeno risalire alla tipologia di lampada presente. Si ritiene tuttavia che nella maggior parte dei casi siano installate lampade fluorescenti, che presentano potenze abbastanza contenute (circa 30 W), e fari circa i quali l'incertezza risulta maggiore.

Prendendo in considerazione a questo punto le villette e le abitazioni private, è emerso che vi sono alcune situazioni in cui sono installati corpi illuminanti del tipo a globo classificati come apparecchi vietati (classe E) secondo la normativa vigente in Provincia Autonoma di Trento. Nelle figure successive sono presentate alcune foto generiche di questi impianti, utilizzati principalmente per l'illuminazione di giardini, viali e strade di accesso.





*Fig. 25 – Punti luce privati.*

## 5 Impianti sportivi

Sono stati inoltre censiti in corrispondenza sia del campo sportivo di Livo che di quello di Rumo numerosi fari per l'illuminazione del campo da gioco, il cui rendering è visibile di seguito.

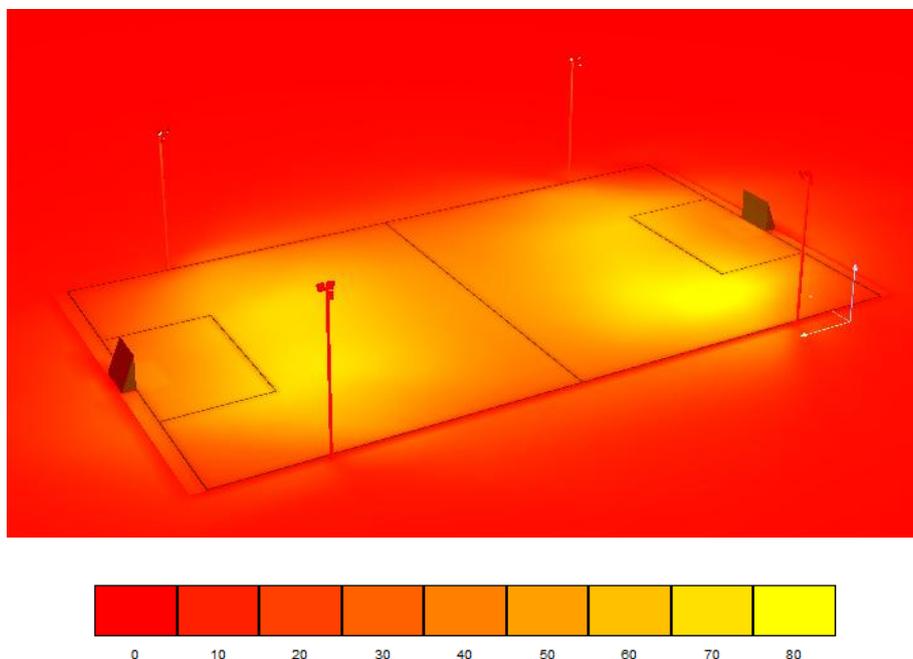


Fig. 26 – Rendering a colori sfalsati del campo da gioco di Livo

Ad un primo esame visivo è risultato che le lampade installate all'interno dei proiettori sono agli alogenuri metallici di potenza stimata pari a 400 W a Livo e di 1000 W a Rumo. Sebbene nella maggior parte dei casi i corpi siano orientati verso il basso e non sembra quindi che possano essere impattanti dal punto di vista dell'inquinamento luminoso, risulterebbe utile un censimento più dettagliato della loro potenza. Ad ogni modo, l'elevato numero di punti luce presenti fa presumere un sovradimensionamento della potenza installata per il campo da gioco in esame. Come visibile nelle seguenti tabelle, il parametro relativo all'inquinamento luminoso ( $K_{ill}$ ) generato dalla configurazione dei fari a servizio dei campi da gioco risulta superiore al limite normativo.

<b>Verifiche illuminotecniche</b>		
<b>Verifiche secondo norma L. P. 16/2007</b>	<b>Requisiti</b>	<b>Stato attuale</b>
Indice di illuminazione dispersa nel caso di nuove realizzazioni e rifacimenti ( $k_{ill}$ )	$\leq 3$	6,5
Indice di illuminazione dispersa nel caso di adeguamenti con sistemi meccanici come visiere o alette ( $k_{ill}$ )	$\leq 4$	6,5

Tab. 22 – Verifica del parametro di inquinamento luminoso generato dai proiettori del campo sportivo di Livo e rispettivi limiti.

Si consiglia quindi di intervenire orientando tutti i proiettori in maniera adeguata in modo che il flusso luminoso venga diretto solamente verso la superficie del campo da gioco, oppure dotandoli di nuove ottiche dotate di sistemi meccanici quali visiere o alette.

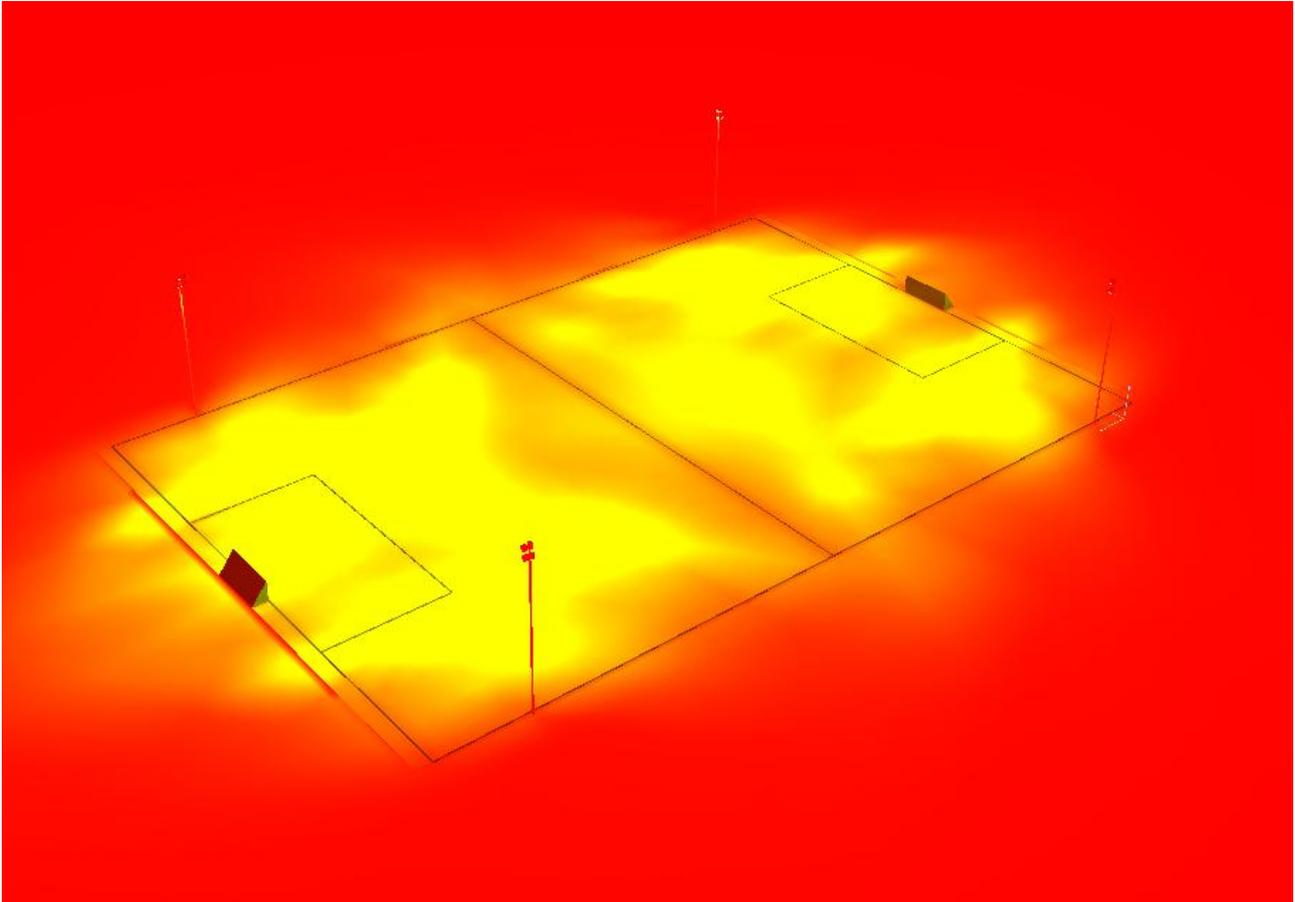


Fig. 27 - Campo sportivo di Rumo - Rendering a colori sfalsati frutto della simulazione con apposito software illuminotecnico

<b>Verifiche illuminotecniche</b>		
<b>Verifiche secondo norma L. P. 16/2007</b>	<b>Requisiti</b>	<b>Stato attuale</b>
Indice di illuminazione dispersa nel caso di nuove realizzazioni e rifacimenti ( $k_{III}$ )	$\leq 3$	4,6
Indice di illuminazione dispersa nel caso di adeguamenti con sistemi meccanici come visiere o alette ( $k_{III}$ )	$\leq 4$	4,6

Tab. 23 – Verifica del parametro di inquinamento luminoso generato dai proiettori del campo sportivo di Livo e rispettivi limiti.

## 6 Conclusioni generali del P.R.I.C. sovra-comunale di Livo e Rumo

Dallo studio effettuato è emerso che lo stato degli impianti di dell'illuminazione pubblica dei Comuni di Livo e Rumo risulta tutto sommato discreto. Per quanto riguarda gli impianti elettrici non sono state riscontrate situazioni pericolose ad esclusione di quanto riguarda il quadro numero 7, anche se lo stato di conservazioni delle parti più datate dell'impianto, ed in particolare dei conduttori, consiglierebbe la realizzazione di interventi di ammodernamento. In particolare le cadute di tensione causate principalmente dal deterioramento dei conduttori, portano a sconsigliare l'installazione di riduttori di flusso sui quadri, poiché ne comprometterebbero il corretto funzionamento, anche se in linea teorica potrebbero garantire dei risparmi interessanti in termini di consumi.

L'impianto di illuminazione, oltre a servire i centri abitati, si estende anche lungo le strade di collegamento tra le frazioni, in zone agricole che non ne richiederebbero la presenza. Si consiglia quindi di effettuare una razionalizzazione delle aree servite, in modo da ottenere un impianto più snello, meno inquinante e meno energivoro.

Per quanto riguarda invece l'inquinamento luminoso dovuto ai corpi illuminanti presenti sul territorio si riscontrano in maggior numero corpi full cut-off (classe A), corpi di classe B e di classe C (i primi privi di flusso disperso verso l'alto, gli altri con inquinamento luminoso ridotto); permangono comunque, meno numerosi, corpi a globo, "a lanterna" e a sbraccio che sono causa di inquinamento luminoso e, in aggiunta, risultano essere poco efficienti considerando il tipo di lampada installata e la superficie stradale servita. Risulta quindi prioritaria la loro sostituzione con nuovi corpi aventi ottiche full cut-off e lampade maggiormente efficienti: l'ipotesi di corpo a LED potrebbe essere una valida soluzione per riqualificare in toto questi tratti, soluzione che l'amministrazione può prendere in considerazione in occasione di future manutenzioni impiantistiche o stradali.





*Fig. 28 – Corpo con ottica a LED che ben si presta alla sostituzione dei globi.  
Sotto: tratto stradale a LED che può essere pensato in sostituzione dei pali a sbraccio.*



*Fig. 29 – Corpo con ottica a LED da arredo urbano per strade secondarie con circolazione mista.*

In alternativa una soluzione che renderebbe più efficienti questi tratti potrebbe essere rappresentata dal retrofit delle attuali lampade a mercurio presenti nel Comune di Livo con nuove agli alogenuri metallici o al sodio; queste lampade infatti permettono di garantire flussi luminosi uguali o maggiori a fronte di una minor potenza installata e quindi minori consumi in bolletta. Va sottolineato che questa soluzione non può essere definitiva dal momento che non va a cambiare l'inquinamento luminoso (che dipende dall'armatura e dall'ottica) né va ad incidere

sostanzialmente su quelli che sono i parametri illuminotecnici normalmente considerati per l'analisi stradale.

TIPO	CDO 70W	HPL 80W	SON 50W	SON 70W	SON 100W
Flusso Luminoso (lm)	5.600	3.600	3.400	6.000	9000
Effic. Luminosa (lm/W)	80	45	68	86	90
Temp. di Colore (K)	2.800	4.200	2.000	2.000	2000
Resa Cromatica (Ra)	78	48	25	25	25
Vita media (al 50%)	18.000	16.000	24.000	24.000	28.000
Vita economica	12.000	8.000	16.000	16.000	24.000

Fig. 30 – Confronto fra le caratteristiche delle lampade per il retrofit dello stato attuale di lampade a mercurio 80 W: alogenuri (CDO), mercurio (HPL) e sodio (SON).

TIPO	CDO 100W	HPL 125W	SON 70W	SON 100W	SON 150W
Flusso Luminoso (lm)	8.800	6.200	6.000	9000	15.000
Effic. Luminosa (lm/W)	91	50	86	90	100
Temp. di Colore (K)	2.800	4.200	2.000	2000	2000
Resa Cromatica (Ra)	83	46	25	25	25
Vita media (al 50%)	18.000	16.000	24.000	28.000	28.000
Vita economica	12.000	8.000	16.000	24.000	24.000

Fig. 31 – Confronto fra le caratteristiche delle lampade per il retrofit dello stato attuale di lampade a mercurio 125 W: alogenuri (CDO), mercurio (HPL) e sodio (SON).

## **7 Normativa di riferimento**

Si riporta di seguito l'elenco della normativa e delle leggi di riferimento:

- P.A.T. - Legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 (Risparmio energetico e inquinamento luminoso).
- UNI 11248 : Illuminazione stradale: selezione delle categorie illuminotecniche;
- UNI EN 13201-2: Illuminazione stradale - requisiti prestazionali;
- UNI EN 13201-3: Illuminazione stradale – Parte 3: calcolo delle prestazioni;
- Norma CIE 154 del 2003 - Manutenzione dei sistemi di illuminazione elettrici per esterni;
- Norma CEI 64/7 - Impianti elettrici di illuminazione pubblica;
- Legge n° 186 01/03/68 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchine e impianti elettrici ed elettronici;
- Legge n° 791 18/10/77 Attuazione direttiva 73/23/CEE relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione;
- D.M. 37/08 22/01/08 Norme per la sicurezza degli impianti;
- Guida CEI 0-2 fascicolo 2459G - Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;
- Norme CEI applicabili alla tipologia di impianti elettrici e ai luoghi di installazione previsti;
- Norme UNI e UNEL per i materiali unificati.