



COMUNE DI MARACALAGONIS (CA)

PROGETTO DI FATTIBILITÀ RELATIVO ALLA PROPOSTA DI FINANZA DI PROGETTO REDATTA AI SENSI DELL'ART. 183 COMMA 15-19 E SS. E ART.179 COMMA 3, DEL D.LGS. N.50/2016 (EX ART. 278 D.P.R. N°207/2010) AVENTE OGGETTO LA "CONCESSIONE PER LO SVOLGIMENTO DEL SERVIZIO DI GESTIONE DEGLI IMPIANTI DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE COMPRESIVO DI FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA E DI REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO NORMATIVO ED EFFICIENZA ENERGETICA"



	PROGETTO DI FATTIBILITÀ
1	Relazione Illustrativa Generale

Stato / Codice progetto: PROGETTO DI FATTIBILITÀ Pdf OR 39795_0	Codice di classif. elaborato RI OR 39795_0	Pag. 1 di 37
---	--	---------------------

Progettista Responsabile: Esperto Gestione Energia Reg. Numero EGE_0053 rilasciato da KIWA ing. Luca Moscatello	
--	--

UNITÀ RESPONSABILE: ENGINEERING & OPERATIONS - PROGETTAZIONE				
0 Prima Emissione	A. Pichiri	R. Piddu	L. Moscatello	25/10/2016
Revisione	Incaricato	Verifica Responsabile PRG	Approvazione Responsabile IOP	Data

INDICE

1	PREMESSA	3
2	OBIETTIVI DEL PROGETTO	3
3	LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	5
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
5	STRUMENTI URBANISTICI E VINCOLI AMBIENTALI, PAESAGGISTICI, O DI ALTRO TIPO	9
6	STATO ANTE OPERAM	10
7	APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE E RELATIVI ACCESSORI	11
8	SORGENTI LUMINOSE	18
9	QUADRI DI ALIMENTAZIONE	21
10	LINEE ELETTRICHE	22
11	SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	23
12	SOSTEGNI	25
13	CORRETTO DIMENSIONAMENTO ILLUMINOTECNICO DEGLI IMPIANTI, IN RELAZIONE ALLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DELLA STRADA	26
14	ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI	28

1 PREMESSA

Il presente Progetto di Fattibilità è redatto ai sensi dell'art. 23 commi 1, 5 e 6 del D.Lgs 50/2016.

In particolare, in attesa della pubblicazione degli atti aggiuntivi e decreti ministeriali che fisseranno i contenuti della progettazione nei livelli progettuali previsti dal Codice (come definito nel comma 3 del suddetto art. 23) rispetto ai contenuti del Progetto di fattibilità, vengono inclusi nel presente progetto i seguenti elaborati:

PROGETTO DI FATTIBILITÀ		
1		Relazione Illustrativa Generale
2		Database di Censimento: Impianti Ante Operam
3		Planimetrie di rilievo degli impianti Ante Operam:
	3.1	Punti Luce IP Ante Operam
4		Relazione Tecnica
5		Stima sommaria dell'intervento
6		Relazione Tecnico-Economica

ALTRI DOCUMENTI		
		Specificazione delle Caratteristiche del Servizio

I suddetti elaborati sono atti ad individuare tra più soluzioni, quella che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività, in relazione alle specifiche esigenze da soddisfare e prestazioni da fornire.

Il progetto di fattibilità comprende tutte le indagini e gli studi necessari per la definizione degli aspetti di cui al comma 1 dell'art. 23 del D.Lgs 50/2016, nonché l'individuazione delle caratteristiche dimensionali, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare e le relative stime economiche.

Il Progetto di Fattibilità potrà essere integrato, a valle della pubblicazione dei DM o Linee Guida, dei documenti che si riterranno necessari.

2 OBIETTIVI DEL PROGETTO

Con il presente progetto di fattibilità Enel Sole intende valutare la possibilità raggiungere i seguenti obiettivi sugli impianti di pubblica illuminazione:

- Rendere conformi gli impianti esistenti alle norme CEI/UNI
- Rendere conformi gli impianti esistenti alle linee guida della Regione Sardegna per la riduzione dell'inquinamento luminoso e relativo consumo energetico (ART. 19 COMMA 1. L.R. 29 MAGGIO 2007, N. 2)" e successive modifiche o integrazioni, per la limitazione della luce dispersa e dell'inquinamento luminoso.

- Favorire il miglioramento della qualità del servizio di illuminazione pubblica, in termini di affidabilità e continuità del servizio
- Favorire il miglioramento della qualità del servizio di illuminazione pubblica, in termini di potenziamento della sicurezza del traffico motorizzato, pedonale, ciclabile, ecc., prevenzione delle attività criminose, promozione del commercio e del turismo
- Conseguire un significativo risparmio energetico, rispetto agli attuali consumi di energia elettrica
- Conseguire un significativo risparmio gestionale, rispetto al servizio attuale
- Salvaguardia dell'ambiente attraverso una significativa riduzione delle emissioni di CO2 dovute ad un minore assorbimento energetico;
- Salvaguardia dell'ambiente attraverso l'utilizzo di sistemi a lunga durata di vita e di elevata affidabilità che, riducendo gli interventi di manutenzione degli impianti, minimizzino le necessità di smaltimento dei rifiuti;
- Uniformare le installazioni esistenti mediante utilizzo di materiali identici in impianti contigui
- Utilizzo di tecnologie di ultima generazione, basate su sistemi elettronici che assicurano risparmio energetico, elevata continuità di servizio delle apparecchiature e notevole riduzione dei guasti

Il settore dell'illuminazione pubblica è stato per molto tempo poco considerato, non solo in ambito industriale ma anche in ambito civile e nel terziario; la progettazione degli impianti era spesso una progettazione base, funzionale, mirata semplicemente ad ottenere l'illuminazione e rimanendo molto trascurata in termini energetici, di sicurezza, dei costi di gestione e dal punto di vista della valorizzazione architettuale e paesaggista.

Spesso e volentieri l'unica linea seguita è stata quella di illuminare, trascurando che una accurata progettazione dell'impianto d'illuminazione ha implicazioni molto rilevanti per una città. La pubblica illuminazione è un elemento essenziale del paesaggio cittadino: la sua presenza è determinante non solo per la qualità e la sicurezza della vita degli abitanti durante le ore notturne (circa 14-15 ore al giorno in inverno, 8-9 in estate) ma influisce direttamente anche nel favorire l'aggregazione sociale e turistica con il conseguente sviluppo culturale e commerciale.

Una buona illuminazione (cioè di adeguati livelli, gradi di uniformità e controllo dell'abbagliamento) migliorando la visibilità riduce considerevolmente il numero di incidenti. Negli ultimi anni il cittadino medio ha manifestato un sempre maggiore interesse per l'illuminazione del contesto in cui vive. Sicuramente però, il fattore principale che richiama l'interesse del cittadino nei confronti dell'illuminazione pubblica, è la sicurezza, e non intesa solamente come "sicurezza stradale"; zone scarsamente illuminate sia in termini qualitativi che quantitativi, sono fertili territori per episodi di microcriminalità e degrado sociale, problematiche di grande attenzione e sensibilità nella popolazione. L'illuminazione inoltre è un elemento importante del paesaggio urbano e parte integrante della qualità della vita nelle ore serali e notturne

ed influisce direttamente anche nel favorire l'aggregazione sociale e turistica con il conseguente sviluppo culturale e commerciale.

E' intuibile, ed i relativi sondaggi di opinione lo hanno accertato, che nei centri urbani strade ben illuminate e l'intelligente valorizzazione mediante la luce artificiale delle aree di particolare interesse storico, artistico o paesaggistico, promuovono il commercio, facilitano l'inserimento di nuove famiglie e attirano il turismo favorendo lo sviluppo economico del territorio.

Nelle vie centrali, oltre all'esigenza di una illuminazione stradale efficiente, si somma oggi anche l'esigenza di un ambiente luminoso gradevole, tale che, oltre alle carreggiate ed ai marciapiedi, si possano percepire ed apprezzare anche le facciate degli edifici, i monumenti, il verde pubblico, ecc. (ma senza disperdere luce verso il cielo) e tale che ci si possa soffermare piacevolmente, senza provare disturbo per l'abbagliamento o per lo sgradevole colore della luce.

3 LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

Di seguito i principali riferimenti legislativi e normativi utilizzati per la definizione del presente progetto di fattibilità:

- Linee guida della Regione Sardegna per la riduzione dell'inquinamento luminoso e relativo consumo energetico (ART. 19 COMMA 1. L.R. 29 MAGGIO 2007, N. 2)" e successive modifiche o integrazioni, per la limitazione della luce dispersa e dell'inquinamento luminoso
- Decreto legislativo 285/1992
"Nuovo Codice della Strada".
- DPR 495/1992
"Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada".
- Decreto legislativo 360/1993
"Disposizioni correttive ed integrative del Codice della Strada".
- DM 5/11/2001 In attuazione dell'art. 13 del D. L.vo 30 aprile 1992, n. 285 "Nuovo Codice della Strada" e successive modificazioni, il Ministro dei Lavori Pubblici emana le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione, il controllo e il collaudo delle strade, dei relativi impianti e servizi".
- DPR 503/96
"Norme sulla eliminazione delle barriere architettoniche".
- Norma UNI EN 12464-2
"Light and lighting - Lighting of work places - Part 2: Outdoor work places".
- Norma UNI EN 13201/1
"Road lighting — Part 1: Selection of lighting classes"
- Norma UNI 11248
"Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche".
- Norma UNI EN 13201/2:

- "Road lighting - Part 2: Performance requirements".
- Norma UNI EN 13201/3:
"Road lighting - Part 3: Calculation of performance".
 - Norma UNI EN 13201/4:
"Road lighting - Part 4: Methods of measuring lighting performance".
 - Norma UNI EN 13201/5:
"Road lighting — Part 1: Selection of lighting classes".
 - Norma UNI 10819:
"Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso".
-
- Norma UNI EN 40: "Pali per illuminazione pubblica".
 - Norma CEI EN 60598 : "Apparecchi di illuminazione".
 - Norma CEI 34-33: "Apparecchi di illuminazione. Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi per l'illuminazione stradale".
 - Norme CEI 34 relative a lampade, apparecchiature di alimentazione ed apparecchi di illuminazione in generale.
 - Norma CEI 11-4: "Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne".
 - Norma CEI 11-17: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo".
 - Norma CEI 64-19: "Guida agli impianti di illuminazione esterna".
 - Norma CEI 64-8: "Esecuzione degli impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V".

Enel Sole, direttamente o indirettamente, offre tutte le attività previste per le ESCO, ed è certificata da IMQ ad operare in conformità alla norma UNI CEI 11352 per l'esecuzione di diagnosi energetiche, progettazione e realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica per impianti di illuminazione pubblica, artistica ed interni e per l'esecuzione di diagnosi energetiche su strutture ed impianti nel settore civile e terziario.

Inoltre Enel Sole dispone all'interno della unità tecnica centrale di Ingegneria e Operation n° 8 tecnici formati ai sensi della UNI CEI 11339:2009 che possono operare in qualità di esperti EGE per offrire i migliori servizi energetici ai propri clienti.

Certificato di Conformità N° ENEL.1813

SI DICHIARA CHE L'ORGANIZZAZIONE
THIS IS TO STATE THAT THE COMPANY

ENEL SOLE SRL

VIALE TOR DI QUINTO 45/47 - 00191 ROMA

UNITA' OPERATIVA

VIALE TOR DI QUINTO 45/47 - 00191 ROMA

È STATA VERIFICATA ED È RISULTATA CONFORME ALLA NORMA

UNI CEI 11352:2010

PER LA SEGUENTE ATTIVITÀ

Esecuzione di diagnosi energetiche, progettazione e realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica per impianti di illuminazione pubblica, artistica e per interni.
Esecuzione di diagnosi energetiche su strutture e impianti nel settore civile e terziario.

PRIMA EMISSIONE
2013-11-05

EMISSIONE CORRENTE
2013-11-05

DATA SCADENZA
2016-11-04

IMQ S.p.A. - VIA QUINTILIANO, 43 - 20138 MILANO

La validità del presente certificato è subordinata a sorveglianza annuale e al riesame completo con periodicità triennale secondo la procedure dell'IMQ



IMQ S.p.A. I-20138 Milano - Via Quintiliano 43 - tel. 0250731 (r.a.) - fax 0250991500 - info@imq.it - www.imq.it
Rea MI 1595884 - Registro Imprese MI 12898410159 - C.F./P.I.: 12898410159 - Capitale sociale 4.000.000 euro

mod. 11556-01/09-1.000-Mod

La proposta in oggetto ed il successivo progetto definitivo sono quindi redatti in conformità alla norma UNI CEI 11352.

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Maracalagonis è un comune italiano di 7.915 abitanti della città metropolitana di Cagliari, in Sardegna, che si trova a 82 metri sul livello del mare. Il territorio di Maracalagonis è molto vasto, parte dalla catena dei Sette Fratelli e si estende sino al versante orientale del Golfo degli Angeli, nel tratto compreso tra le frazioni di Geremeas, Baccu Mandara e Torre delle Stelle. Queste località turistiche sono posizionate in un mondo di quiete, circondate dal profumo della macchia mediterranea, da splendide spiagge e da un mare cristallino ed incontaminato. La spiaggia di Geremeas prende il nome dal rio Geremeas ed è la prosecuzione della spiaggia di Kal'e moru. Fa parte di una più ampia insenatura di alcuni chilometri, chiusa ai lati da due colline. E' fra le più belle del litorale e dispone di due spiagge meravigliose e cale rocciose. L'arenile è composto di sabbia dorata e granulosa che discende in mare con un ampio gradino che dona all'acqua un caratteristico colore cangiante.

Una parte dell'insediamento turistico di Torre delle Stelle ricade nel territorio comunale di Maracalagonis. Ci sono due spiagge, Cann'e sisa sulla destra e Genn'e mari sulla sinistra, immerse in una bella pineta. Entrambe hanno una sabbia candida e un mare trasparente. Nella parte collinare del territorio sono presenti leccete, corbezzoli e mirto; dovunque ci si imbatte nel cisto e nel lentischio. La parte pianeggiante è ancora in parte sfruttata con la coltura della vite ed in subordine con la coltivazione di ortaggi e cereali. Il circondario è abbastanza ricco di fauna, ma alquanto asciutto in quanto i fiumi presenti sono ormai quasi sempre a secco (Riu Staini, Riu Sesulu, Riu Cortis, Riu Padru, Riu Loi, Riu Pixina Nuxedda). Da ricordare infine l'ex stagno, situato ad Est Sud-Est di Maracalagonis ad una quota di 88 metri sul livello del mare per una superficie di circa 45 ettari, dalla forma più o meno ovale. In un passato abbastanza recente è stato caratterizzato da acque perenni e rappresentava fonte di reddito e di lavoro.

Maracalagonis sorge su un territorio per buona parte fertile che produce olive, agrumi, ortaggi, cereali e in particolare, uva e mandorle. Agricoltura e allevamento costituiscono ancora delle importanti attività lavorative per il comune, ma l'economia del paese sta puntando sulla piccola industria, il commercio e il settore dei servizi. Le infrastrutture turistiche hanno permesso di offrire nuove opportunità di sviluppo per i suoi abitanti. Inoltre è attiva la lavorazione artigianale dei dolci tipici, della cestineria, dei costumi sardi in broccato e delle sedie di legno intagliate. Il territorio, che ha un'estensione pari a circa 101,37 km², si trova Nella zona orientale del Campidano di Cagliari, a pochi chilometri dal capoluogo isolano.

5 STRUMENTI URBANISTICI E VINCOLI AMBIENTALI, PAESAGGISTICI, O DI ALTRO TIPO

Di seguito si intende richiamare l'attenzione su alcuni aspetti generali inerenti gli impianti di pubblica illuminazione del Comune di Maracalagonis, richiamando la presenza di eventuali vincoli ambientali, paesaggistici, ecc., prescritti in strumenti urbanistici ufficiali di pianificazione (quali ad esempio, Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale, classificazione stradale e/o illuminotecnica, censimento, ecc..).

Verrà poi illustrato lo stato di fatto degli stessi impianti di illuminazione pubblica. Costituiscono parte integrante dei documenti dedicati alla definizione dello stato ante operam, oltre alla presente relazione, anche il database di censimento e le varie planimetrie dello stato di fatto.

codice documento	elaborati grafici del documento	titolo documento
		DOCUMENTI INERENTI LO STATO DI FATTO DEL PROGETTO DI FATTIBILITÀ
1		Relazione Illustrativa Generale
2		Database di Censimento: Impianti Ante Operam
3		Planimetrie di rilievo degli impianti Ante Operam:
	3.1	Punti Luce IP Ante Operam

Presso l'amministrazione comunale non sono attualmente disponibili adeguati ed aggiornati strumenti ufficiali riportanti i dati di censimento del parco impiantistico attuale.

Si è reso quindi necessario ricostruire, rivedere e correggere i dati di censimento dell'impianto ante operam: è stata operata una campagna di sopralluoghi finalizzata ad una valutazione visiva della consistenza e delle criticità esistenti.

La valutazione e l'analisi dell'insieme di dati così ricavati ha permesso di definire la base dati, in modo da fotografare in maniera precisa la consistenza del parco impiantistico attuale oggetto del presente studio e di determinare gli interventi necessari a sanare le criticità individuate in termini di sicurezza, consumo energetico, inquinamento luminoso, promiscuità elettrica, impianti fatiscenti, ed ottenere di conseguenza gli obiettivi prefissati esposti all'inizio del presente paragrafo.

Tali dati di censimento sono stati per comodità riportati anche in cartaceo nel presente progetto di fattibilità in appositi elaborati:

- Elaborato 2, "Database di Censimento: Impianti Ante Operam"

che elenca alcune caratteristiche di ciascun centro luminoso presente sul territorio. Il posizionamento in planimetria dei singoli punti luce è invece riportato nell'elaborato:

- Elaborato 3.1, "Punti Luce IP Ante Operam"

che individua l'ubicazione di ciascun centro luminoso sul territorio.

La consultazione combinata dei due citati documenti consente una lettura della situazione attuale degli impianti di pubblica illuminazione del Comune.

6 STATO ANTE OPERAM

Gli impianti ante operam, sulla base dei quali è stato redatto il presente progetto di fattibilità, sono costituiti da n° **1846 punti luce**, alimentati da **23 Quadri Elettrici**, oggi tutti di proprietà Comunale in quanto i punti luce precedentemente di proprietà della società Enel Sole sono stati riscattati dall'Amministrazione Comunale stessa.

Gli impianti di illuminazione pubblica sono generalmente costituiti da impianti elettrici alimentati in derivazione, in classe di isolamento I o II. La distribuzione elettrica per l'alimentazione degli impianti è prevalentemente trifase 400/230V (FFF+N) ad esclusione di alcuni impianti che hanno distribuzione monofase.

E' presente un sistema di regolazione del flusso luminoso installato nell'impianto Q01.

Nelle tabelle seguenti si riportano le caratteristiche principali delle diverse tipologie impiantistiche.

Caratteristiche elettriche del sistema di alimentazione degli impianti IP	
Alimentazione Elettrica	400/230V – 50Hz
Categoria del Sistema (norma CEI 64-8)	I in c.a.
Alimentazione delle Sorgenti Luminose	In derivazione
Tipo di Impianto	Indipendenti
Classe di Isolamento	I e II
Sistema di Distribuzione	TT
Sistema di Regolazione del Flusso Luminoso	Presente nell'impianto Q01,

Nella tabella seguente vengono evidenziati alcuni indicatori inerenti il parco impiantistico di pubblica illuminazione del comune di Maracalagonis, in riferimento ad alcune caratteristiche fisiche e demografiche del comune stesso.

**COMUNE DI
MARACALAGONIS**

q.tà punti luce / 1000 abitanti	233
q.tà punti luce / km ²	18,21
potenza media installata (W tot / PL tot)	110,28
Energia assorbita per abitante (kWh tot / abitanti)	114

La media nazionale è pari a circa 150 punti luce ogni 1000 abitanti

L'analisi delle consistenze e delle criticità impiantistiche può essere operata mediante lo studio dei singoli componenti dell'impianto, come riportato nei seguenti paragrafi:

- apparecchi di illuminazione e relativi accessori [*capitolo 6*]
- sorgenti luminose [*capitolo 7*]
- quadri di alimentazione [*capitolo 8*]
- linee elettriche [*capitolo 9*]
- sostegni [*capitolo 11*]
- corretto dimensionamento illuminotecnico degli impianti, in relazione alla categoria illuminotecnica della strada [*capitolo 12*].

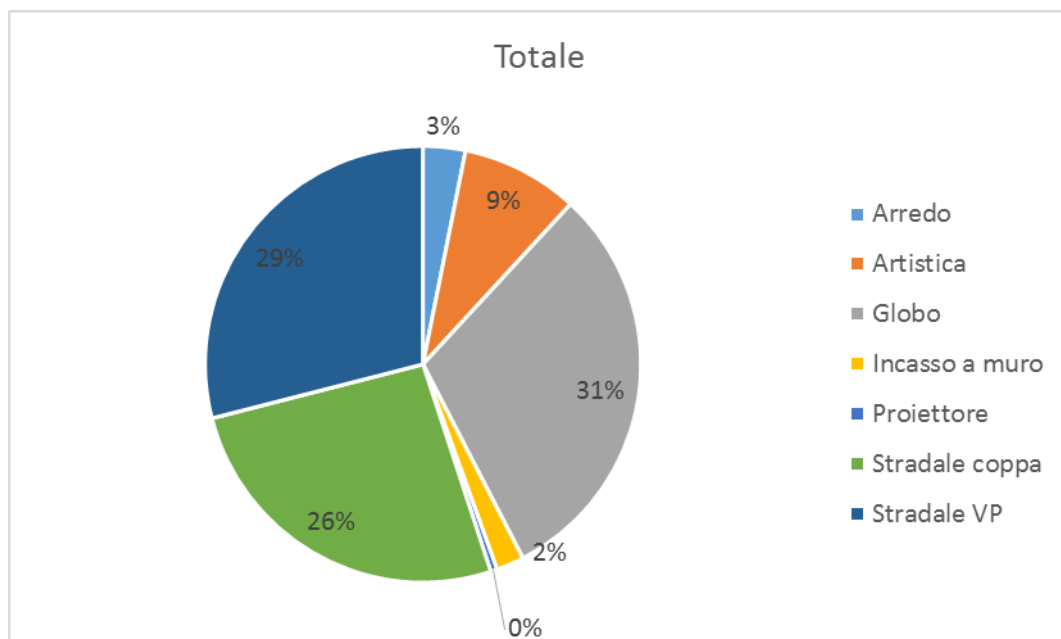
Si sottolinea che quanto richiamato in questo documento e negli altri costituenti il progetto di fattibilità, costituisce un elenco indicativo di criticità, realizzato a valle di un rilievo dello stato generale di conservazione degli impianti di illuminazione pubblica del Comune. Resta inteso che, al fine di approfondire lo stato di conservazione degli impianti e di eventuali ulteriori interventi da realizzare, dovranno essere condotte nei successivi livelli di progettazione ispezioni più accurate, finalizzate alla verifica puntuale dello stato dei componenti installati.

7 APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE E RELATIVI ACCESSORI

Nel territorio Comunale sono presenti, in generale, differenti e non omogenee tipologie di apparecchi, determinando un antiestetico impatto visivo, oltre che uno squilibrio nelle prestazioni illuminotecniche, ed un aggravio dei costi di gestione per la maggiore necessità di magazzino.

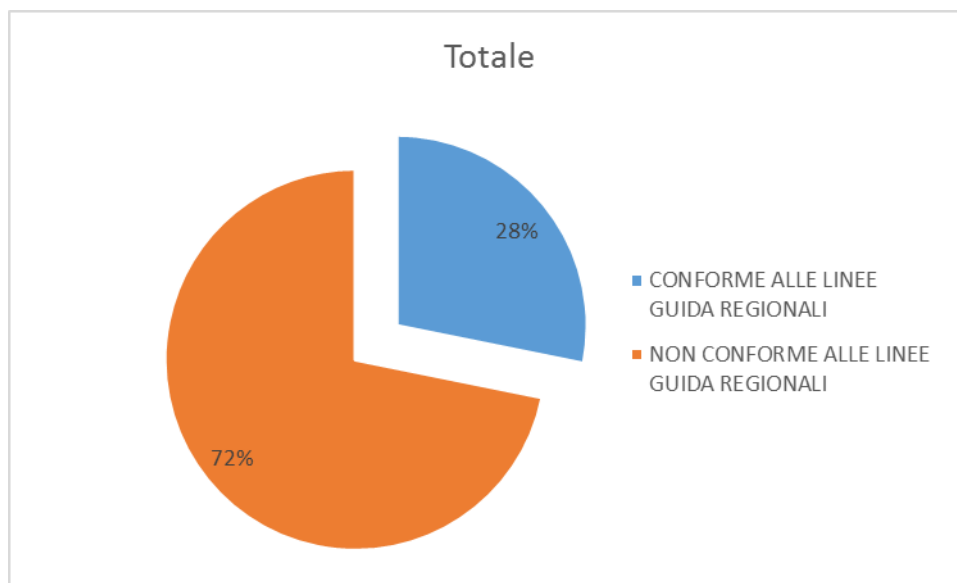
Sono presenti complessivamente 1 846 apparecchi illuminanti in tutto il territorio comunale. Le seguenti tabella e grafico evidenziano il parco apparecchi ante operam:

Tipo apparecchio ante	Totale
Arredo	58
Artistica	161
Globo	564
Incasso a muro	38
Proiettore	9
Stradale coppa	481
Stradale VP	535
Totale complessivo	1846



Gli apparecchi presenti in maggior quantità sono gli apparecchi stradali e i globi, che da soli coprono quasi il 90% della quantità totale. Sono presenti poi una serie molto frammentata di diverse tipologie come proiettori, arredo urbano, artistici e incassi a muro, ecc., presenti ciascuna con esigue quantità.

Per quanto concerne l'inquinamento luminoso nel grafico e tabella seguente si può evidenziare la rispondenza degli apparecchi esistenti alla legge regionale in materia di inquinamento luminoso.



TIPO APPARECCHIO ANTE	CONFORME ALLE LINEE GUIDA REGIONALI	NON CONFORME ALLE LINEE GUIDA REGIONALI
Arredo	0	58
Artistica	55	106
Globo	0	564
Incasso a muro	0	38
Proiettore	1	8
Stradale coppa	10	480
Stradale VP	454	72
Totale complessivo	520	1326

Quindi, solo il 28% degli apparecchi esistenti presentano il vetro di chiusura di tipo piano con ottica cut-off ed installazione con inclinazione nulla, conforme alle norme e leggi regionali in materia di inquinamento luminoso.

In particolare, con riferimento alle 2 tipologie di apparecchi che da sole coprono la quasi totalità degli apparecchi esistenti (stradale e globi) si può osservare che negli apparecchi tipo globo, la percentuale di elementi non conformi alle linee guida Regionali in materia di inquinamento luminoso è pari al 100%, mentre negli apparecchi stradali la percentuale di elementi non conformi alla legge regionale è pari al 55%.

Analogamente per gli apparecchi di arredo urbano la percentuale di apparecchi ad elevato inquinamento luminoso è pari al 100%.

Il 2% circa degli apparecchi sono proiettori installati su sostegni a palo o a parete per prevenire particolari situazioni di rischio e trovano applicazione soprattutto su svincoli e rotonde, e sono sostanzialmente non conformi alle linee guida Regionali.

Il 9% degli apparecchi è costituito da apparecchi artistici o in stile, come lanterne, ecc.. Tali apparecchi hanno mediamente un sistema d'illuminazione con basso rendimento ottico e con forte produzione d'inquinamento luminoso, mentre solo gli apparecchi installati nella via Nazionale troviamo apparecchi con diffusore di tipo cut-off e rendimenti adeguati.

Un indicativo repertorio fotografico delle differenti tipologie di apparecchi e del loro stato di conservazione è riportata di seguito (Abaco Degli Apparecchi).



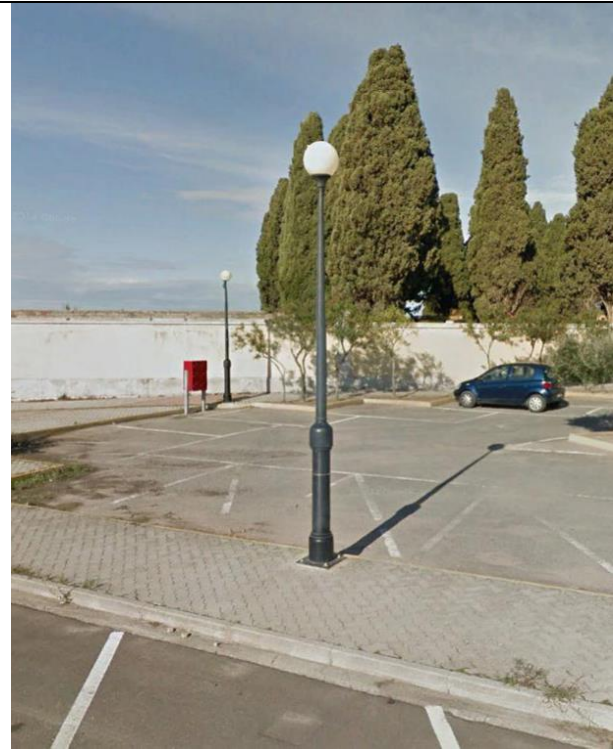
01) Stradale conforme alle linee guida regionali



02) Stradale non conforme alle linee guida regionali



03) Artistico conforme alle linee guida regionali



04) Globo non conforme alle linee guida regionali



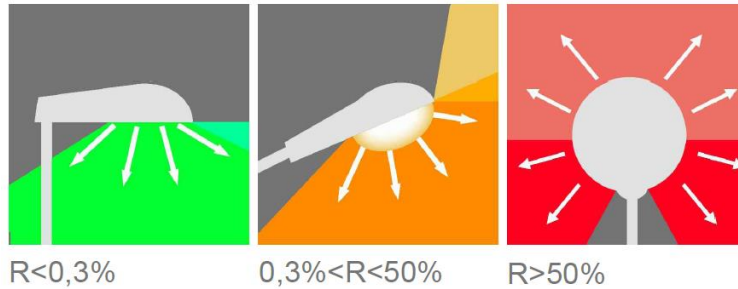
05) Arredo Urbano conforme alle linee guida regionali



06) Artistico non conforme alle linee guida regionali

Le seguenti indicazioni relative all'inquinamento luminoso si riferiscono alla quantità di flusso disperso nella volta celeste dall'apparecchio (verde = nullo, arancione = medio, rosso = alto) schematizzato nella seguente immagine:

INQUINAMENTO LUMINOSO



NOTA:

R%= RAPPORTO MEDIO DI EMISSIONE

(Rapporto tra Flusso emesso verso il cielo e Flusso totale emesso)

Le principali criticità relative all'inquinamento luminoso riscontrate sono le seguenti:



Apparecchi stradali aperti, privi di schermo di chiusura, tecnologicamente vetusti. Sono apparecchi che presentano un basso rendimento ottico a causa della tecnologia di realizzazione o per il decadimento dell'ottica legata all'assenza di uno schermo di protezione contro gli agenti atmosferici. Analogamente, la stessa situazione si verifica anche con apparecchi dotati di ottica cut-off e vetro piano, ma installati con inclinazione superiore ai 5°. Per questi apparecchi il rapporto medio di emissione - rapporto fra il flusso emesso verso il cielo ed il flusso totale emesso delle sorgenti illuminanti - è in genere compreso tra il 30% ed il 50%. Tali apparecchi, quindi, non sono rispondenti a quanto prescritto dalle linee guida regionali;



Apparecchi stradali a coppa, dotati di schermo di chiusura non piano e fortemente degradato (a causa dall'invecchiamento del materiale plastico) o danneggiato. Sono apparecchi che presentano un basso rendimento ottico a causa della tecnologia di realizzazione e del decadimento dell'ottica. Per questi apparecchi il rapporto medio di emissione - rapporto fra il flusso emesso verso il cielo ed il flusso totale emesso delle sorgenti illuminanti - è in genere compreso tra il 30% ed il 50%. Tali apparecchi, quindi, non sono rispondenti a quanto prescritto dalle linee guida regionali



Apparecchi da arredo, con emissione diretta verso l'alto. Per questi apparecchi il rapporto medio di emissione - rapporto fra il flusso emesso verso il cielo ed il flusso totale emesso delle sorgenti illuminanti - è maggiore del 50%. Tali apparecchi, quindi, non sono rispondenti a quanto prescritto dalla Legge Regionale;

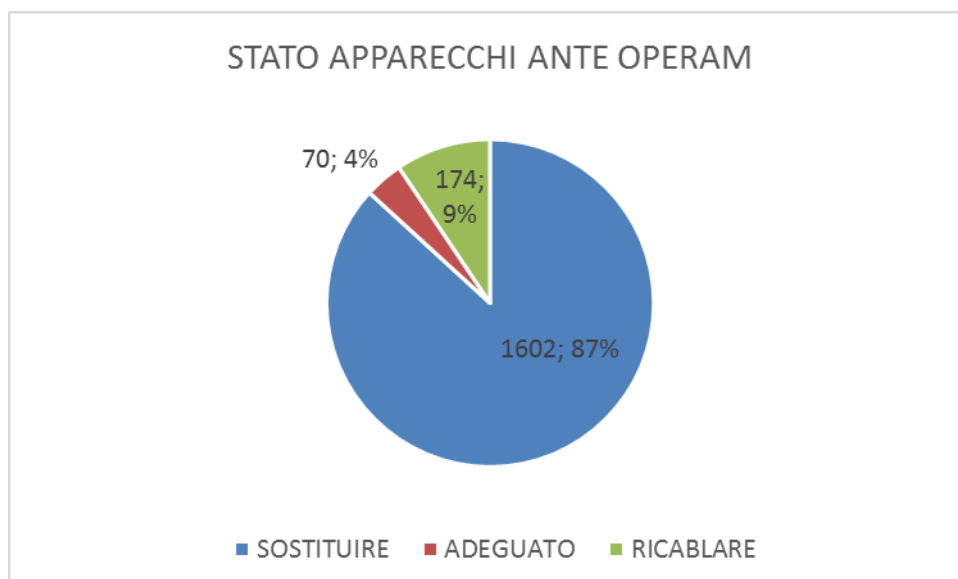


Una parte degli apparecchi di illuminazione esistenti di installazione più recente, sono invece risultati adeguati, presentando buone condizioni di conservazione, schermo di chiusura piano (ottica cut-off) ed elevati rendimenti ottici (ottiche di recente costruzione) ed installati correttamente (inclinazione nulla rispetto al piano stradale).

Inoltre, più in generale, molti degli apparecchi di illuminazione esistenti presentano le seguenti criticità energetiche:

- basso "rendimento globale (ottico e utilizzazione)" (inteso come rapporto tra il flusso luminoso utile sulla carreggiata ed il flusso emesso dalla sorgente, ovvero come prodotto del rendimento ottico e del fattore di utilizzazione, $R_o \times U$) dovuto essenzialmente ad una vetustà tecnologica degli stessi
- bassi valori del coefficiente di manutenzione, dovuta all'elevata durata di vita degli apparecchi esistenti, alla sporcizia, ed ai materiali degli schermi di chiusura degradati
- elevate perdite negli accessori elettrici degli apparecchi di illuminazione, dovuto alla tecnologia vetusta con la quale sono realizzati
- assenza di sistemi per la regolazione del flusso luminoso

La maggior parte degli apparecchi necessita quindi di sostituzione: il seguente grafico illustra la distribuzione percentuale degli apparecchi previsti in sostituzione perché vetusti o inadeguati e di quelli ritenuti idonei o da ricablare.



Quasi l'88% degli apparecchi necessita di sostituzione, in quanto gli apparecchi si trovano in uno stato di conservazione precario, vetusti o inadeguati, oppure perché pur presentando buone condizioni di conservazione saranno comunque sostituiti onde garantire una corretta uniformità di installazione nei punti luce contigui, soprattutto in relazione alla proposta progettuale di realizzare una illuminazione pubblica equipaggiata prevalentemente con sorgenti LED.

Il 9% degli apparecchi è invece in buono stato di conservazione, e necessitano unicamente di ricablaggio (sostituzione di alimentatore, accenditore, condensatore e lampada).

Il restante 4% degli apparecchi è in buono stato di conservazione, e non necessitano di interventi, ad eccezione del ricambio della lampada.

8 SORGENTI LUMINOSE

In totale il parco lampade del comune risulta essere costituito da 1 846 sorgenti luminose così composte:

Tipo sorgente ante	Potenza sorgente ante	Totale
Fluorescente	1 x 7w	38
LED	400	12
LED	54	35
MERCURIO	125	11
SODIO AP	100	745
SODIO AP	150	232
SODIO AP	250	8
SODIO AP	400	1
SODIO AP	70	764
Totale complessivo		1846

Che possono essere riassunte nella seguente tabella:

LAMPADA ANTE OPERAM	Q.TA'	%
Sodio Alta Pressione	1750	95%
Mercurio	11	1%
Fluorescenti	38	2%
LED	47	2%
TOTALE	1 846	100%

L'analisi della consistenza delle lampade evidenzia che solo l'1% delle sorgenti sono ai vapori di mercurio (Hg, 1%) vetuste e con efficienza energetica inadeguata.

Le sorgenti ai vapori di Sodio Alta Pressione (SAP, 95%) presentano invece una efficienza energetica adeguata.


Trascurabile la presenza di led ad elevata efficienza energetica (2%) e di sorgenti di altro tipo (fluorescenti, 2%).

Per quanto concerne la presenza di sorgenti ai vapori di mercurio, occorre far presente che **le lampade a vapori di mercurio sono in fase di ritiro dal mercato e perderanno la Certificazione CE a partire dal 2015**. La Direttiva per la progettazione ecocompatibile di prodotti connessi all'energia, 2009/125/CE (recepita in Italia con il Decreto Legislativo n. 201 del 6 novembre 2007) stabilisce le regole per la definizione dei requisiti tecnici, emanati mediante regolamenti attuativi, ai quali i produttori di dispositivi dovranno attenersi, già in fase di progettazione, per incrementare l'efficienza energetica e ridurre l'impatto ambientale negativo dei propri prodotti durante tutto il loro ciclo di vita (produzione – uso – fine vita).

Il regolamento (CE) N. 245/2009 della commissione "Misura di implementazione per l'illuminazione nel settore terziario" pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea in data 24 marzo 2009 (integrato successivamente dal regolamento (CE) N.347/2010) stabilisce una serie di parametri indicativi di riferimento per i prodotti destinati a essere utilizzati nell'illuminazione per ufficio e nell'illuminazione pubblica stradale:

	A partire da Aprile 2010	2012	2015	2017
Lampade al sodio ad alta pressione*	Non interessate dalla messa al bando	Eliminazione delle lampade al sodio ad alta pressione con scarso rapporto lumen/watt (scarsa efficienza energetica)		
Lampade al sodio ad alta pressione con accenditore integrato	Non interessate dalla messa al bando		Eliminazione delle lampade al sodio con accenditore integrato e con scarso rapporto lumen/watt (scarsa efficienza energetica)	
Lampade a ioduri metallici*	Non interessate dalla messa al bando	Eliminazione delle lampade ai ioduri metallici con Ra ≤80 che non rispettano i requisiti minimi di efficienza energetica	Eliminazione delle lampade ai ioduri metallici con Ra >80 che non rispettano i requisiti minimi di efficienza energetica	Eliminazione di tutte le lampade ai ioduri metallici che non rispettano i requisiti minimi di efficienza energetica
Lampade a vapori di mercurio	Non interessate dalla messa al bando		Eliminazione di tutte le lampade ai vapori di mercurio	

*Introdotte per tutte le lampade al sodio ad alta pressione e lampade ai ioduri metallici, valori minimi di Lamp Lumen Maintenance Factor e di lamp Survivor Factor.

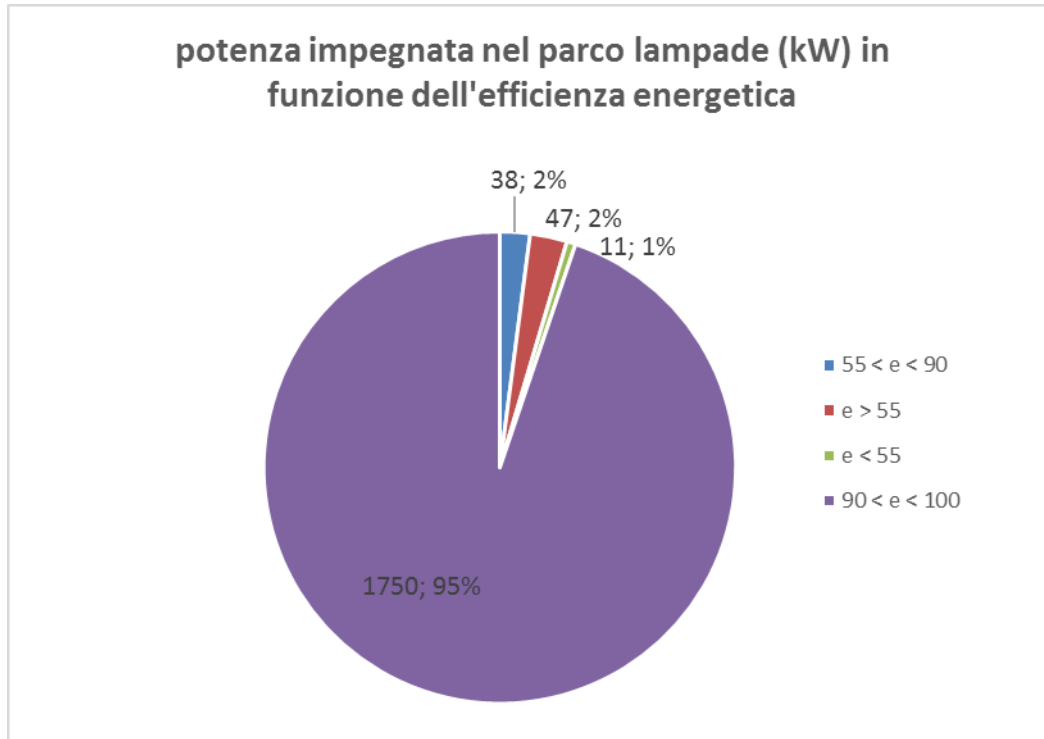
 Bando.
I prodotti indicati non possono più essere immessi sul mercato da parte dei produttori.

 Consentito.
Attenzione: il fattore determinante è il rapporto lumen/watt.

Dalla potenza impegnata in ciascuna tipologia di sorgente luminosa deriva una parte consistente del grado di efficienza dell'impianto, che è possibile suddividere nelle seguenti classi:

- e < 55 sorgenti con efficienza luminosa molto bassa (HG)
- 55 < e < 90 sorgenti con efficienza luminosa media (JM)
- 90 < e < 100 sorgenti ad alta efficienza energetica (SAP)
- e > 100 sorgenti ad elevata efficienza energetica (LED)

Nel grafico seguente si riporta la potenza impegnata del parco lampade, suddivisa in base all'efficienza energetica.



Per quanto attiene l'analisi delle sorgenti luminose dal punto di vista energetico le criticità rilevate sono inerenti essenzialmente alla loro efficienza; in particolare si mette in evidenza che:

- circa il 1% della potenza complessivamente installata è utilizzata per alimentare lampade con efficienza luminosa bassa ($e < 55$ lm/W);
- circa il 1% della potenza complessivamente installata è utilizzata per alimentare lampade con efficienza luminosa media ($55 < e < 90$ lm/W);
- circa il 95% della potenza complessivamente installata è utilizzata per alimentare lampade con efficienza luminosa alta ($90 < e < 100$ lm/W).
- solo il 2% della potenza complessivamente installata è utilizzata per alimentare lampade con efficienza luminosa elevata ($e > 100$ lm/W).

Per quanto attiene le sorgenti luminose, dal punto di vista prettamente tecnologico le criticità rilevate sono inerenti essenzialmente alla durata di vita delle lampade ed alla riduzione del flusso luminoso correlato alle ore di accensione delle lampade stesse. In particolare si mette in evidenza:

- la presenza di lampade ai vapori di mercurio, con durata media del ciclo di ricambio inferiore di circa 4.000 ore a quella di lampade ai vapori di Sodio Alta Pressione di potenza equivalente;

- la presenza di lampade ai vapori di Sodio Alta Pressione vetuste, con decadimento del valore del flusso emesso a causa dell'elevato numero di ore di accensione;
- la presenza di impianti erroneamente dimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade, causa di un consumo energetico ingiustificato oltre che del mancato rispetto dei criteri illuminotecnici prescritti dalle normative.

9 QUADRI DI ALIMENTAZIONE

Attualmente gli impianti di illuminazione pubblica del comune sono alimentati a partire da 23 quadri di alimentazione/protezione/comando, ubicati all'esterno.

Sono presenti alcuni sistemi di regolazione del flusso luminoso. Tali regolatori di flusso sono installati negli impianti facenti capo al Q01, che però risulta bypassato perché non perfettamente programmato o comunque non funzionanti.

I quadri elettrici sono essenzialmente soggetti a criticità di tipo elettrico, illuminotecnico ed estetico/tecnologico. I controlli visivi posti in atto al fine di accertare lo stato di conservazione generale dei quadri elettrici hanno permesso di verificare le criticità di seguito elencate. Dai rilievi in sito, sono state riscontrate situazioni molto diversificate, sia relativamente alla tecnologia usata sia relativamente alla componentistica usata.

Le principali criticità sono state riscontrate nei quadri elettrici degli impianti esistenti più vetusti: QExx, QExx. Tali criticità sono le seguenti:

- vetustà della componentistica. L'eventuale assenza o il malfunzionamento di protezioni differenziali in presenza di impianti in classe I non consente la protezione delle persone da eventuali contatti indiretti;
- involucri di contenimento con elevato grado di obsolescenza ed usura, sportelli di chiusura degradati e/o non serrabili, con conseguente inadeguata salvaguardia da atti vandalici ed insufficiente sicurezza, in quanto gli sportelli difettosi e/o non serrabili rappresentano un potenziale pericolo per i contatti diretti e/o indiretti (in caso di contenitori metallici);
- armadio non conforme alla classe II di isolamento dell'impianto elettrico
- con pericolo di cedimento in quanto hanno subito danni strutturali imputabili a varie cause, ad esempio causati da elevata vita installativa e manutenzione inefficiente, incidenti stradali, eventi atmosferici, atti vandalici
- mancanza del collegamento per la messa a terra
- dotati di interruttore crepuscolare (fotocellula) causa di accensioni e spegnimenti asincroni particolarmente evidenti in impianti con punti luce contigui, oltre che ad accensioni/spegnimenti intempestivi, rispetto all'effettiva durata del periodo di buio, con conseguente possibile incremento del consumo energetico, rispetto alla precisione offerta dagli interruttori orari astronomici;

- con un elevato impatto antiestetico a causa delle elevate dimensioni, dei materiali impiegati scadenti e vetusti, e/o a causa dell'usura degli stessi
- privi di sistemi di regolazione del flusso luminoso. L'assenza di questi dispositivi non permette di ridurre il flusso luminoso (e conseguentemente la potenza assorbita) nelle ore di minor traffico, compatibilmente con le esigenze di sicurezza.
- dotati di sistemi per la regolazione del flusso luminoso disattivati (bypassate) perché non funzionanti

10 LINEE ELETTRICHE

Per quanto riguarda le linee elettriche di alimentazione degli impianti, durante la fase di sopralluogo sono state riscontrate le seguenti principali tipologie realizzative:

- linee interrate, i cui cavi di dorsale risultano posati all'interno di cavidotti interrati, ed i cui punti di derivazione sono accessibili in quanto eseguiti all'interno di pozzetti. Le derivazioni sono in genere realizzate con giunti in resina o giunti isolati in gel;
- linee interrate, i cui cavi di dorsale risultano posati all'interno di cavidotti interrati, con derivazioni realizzate all'interno del palo tramite entra/esci dalla morsettiera;
- linee elettriche i cui cavi di dorsale risultano posati all'interno di cavidotti interrati, ma i cui punti di derivazione non sono accessibili in quanto realizzati all'interno di pozzetti interamente ricoperti dal manto stradale.
- Campate aeree installate provvisoriamente per sopperire alla presenza di guasti presenti nelle linee interrate.

Calcolando una interdistanza media di 30m tra i sostegni e considerando quelli alimentati in linea interrata, possiamo stimare la totalità di linee elettriche installate ante operam:

TIPO	N°	INTERDISTANZA MEDIA	TOT METRI DI LINEA
SOSTEGNI ALIMENTATI IN LINEA INTERRATA	1 846	30	55 380

Le linee elettriche esistenti presentano una percentuale modesta di tratti di condutture non adeguate dal punto di vista della messa a norma, ammodernamento tecnologico, riqualificazione e messa in sicurezza degli impianti in quanto i cavi sono nella quasi totalità di tipo FG7OR o precordato RE4E4X, entrambe con isolamento 0,6/1kV, adeguati anche agli impianti in doppio isolamento per illuminazione pubblica.

Per le linee elettriche le principali criticità relative al risparmio energetico, sono riconducibili alle perdite di potenza per effetto Joule.

La perdita di potenza per effetto Joule sulle linee di alimentazione degli impianti di IP è proporzionale alla resistenza del cavo ed al quadrato della corrente che percorre il cavo stesso, secondo la seguente relazione:

$$P = R I^2$$

essendo:

R la resistenza del cavo;

I la corrente di fase che percorre il cavo.

Tale perdite sono mediamente valutabili attorno al 5% della potenza installata.

Per quanto concerne la proporzionalità delle perdite rispetto alla resistenza del cavo, occorre precisare che la presenza negli impianti esistenti di cavi sottodimensionati, o comunque con piccole sezioni di fase, comporta un aumento della resistenza stessa.

Per quanto concerne la proporzionalità delle perdite rispetto al quadrato della corrente che percorre il cavo, occorre precisare che la presenza negli impianti esistenti di sorgenti a scarsa efficienza luminosa (mercurio, incandescenza, ecc.) insieme ad un inadeguato dimensionamento illuminotecnico determina una eccessiva potenza di lampada installata e quindi una elevata corrente di fase che percorre i cavi di alimentazione.

11 SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Ai fini della protezione contro i contatti indiretti, gli impianti di IP possono essere generalmente classificabili in:

- Impianti con componenti elettrici aventi classe di isolamento I
- Impianti con componenti elettrici aventi classe di isolamento II

Per definire la classe dell'impianto occorre esaminare tutti i componenti elettrici facenti parte dell'impianto elettrico, ovvero nel caso di impianti di IP:

- Il quadro elettrico;
- altre apparecchiature esterne al quadro elettrico (fotocellula, ecc.);
- la tipologia del cavo/i di alimentazione di dorsale (se entra o può entrare in contatto con il sostegno metallico);
- le morsettiere;
- la tipologia del cavo/i di alimentazione dell'apparecchio di illuminazione;
- gli apparecchi di illuminazione;
-

Nel caso di impianti in classe II, tutti i componenti elettrici devono avere classe di isolamento II; i cavi di alimentazione (se entrano o possono entrare in contatto con i sostegni) devono presentare un isolamento equivalente alla classe II (tensione di isolamento 0,6/1kV nel caso di illuminazione pubblica).

Nel caso di impianti "misti", c'è contemporanea presenza nello stesso impianto di componenti elettrici in classe I e componenti elettrici in classe II. Un impianto misto deve essere degradato alla classe di isolamento più bassa tra quelle dei suoi componenti, ovvero alla classe I; dal punto di vista della sicurezza elettrica deve essere trattato in tutto e per tutto come un impianto in classe I di isolamento. Per degradare alla classe I di isolamento un impianto con componenti elettrici di classe II è sufficiente la presenza di cavi (nel caso in cui questi entrano o possono entrare in contatto con i sostegni) con classe di isolamento non equivalente alla classe II (ovvero cavi con tensione di isolamento minore di 0,6/1kV).

La protezione contro i contatti indiretti, negli impianti di illuminazione pubblica è generalmente garantita:

- Negli impianti in classe II, utilizzando tutti componenti in classe II. Questa misura è destinata ad impedire il manifestarsi di una tensione pericolosa sulle parti accessibili di componenti elettrici a seguito di un guasto nell'isolamento principale. Le parti conduttrici accessibili e le parti intermedie non devono essere collegate ad un conduttore di protezione a meno che ciò sia previsto nelle prescrizioni di costruzione del relativo componente elettrico.
- Negli impianti in classe I, mediante interruzione automatica del circuito di alimentazione, coordinata con l'impianto di terra. Un dispositivo di protezione deve interrompere automaticamente l'alimentazione al circuito od al componente elettrico, che lo stesso dispositivo protegge contro i contatti indiretti, in modo che, in caso di guasto, nel circuito o nel componente elettrico, tra una parte attiva ed una massa o un conduttore di protezione, non possa persistere, per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi in una persona in contatto con parti simultaneamente accessibili, una tensione di contatto presunta superiore alla tensione di contatto limite convenzionale (i valori delle tensioni di contatto limite convenzionali UL sono 50 V in c.a. e 120 V in c.c. non ondulata). Le masse devono essere collegate ad un conduttore di protezione nelle condizioni specifiche di ciascun modo di collegamento a terra. Le masse simultaneamente accessibili devono essere collegate allo stesso impianto di terra. Tutte le masse protette contro i contatti indiretti dallo stesso dispositivo di protezione devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

Quindi a meno che gli impianti di illuminazione pubblica non siano in classe II di isolamento, è necessaria l'installazione di un impianto di terra coordinato con i dispositivi di interruzione automatica dell'alimentazione (salvo l'utilizzo di diverse misure di protezione dai contatti indiretti, come previsto nella CEI 64/8-413).

Qualora in impianti in classe I, protetti dai contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione coordinata con l'impianto di terra, il collegamento a terra delle masse sia assente o non correttamente funzionante, in caso di cedimento dell'isolamento elettrico si presenta un elevato rischio di contatti indiretti causato dal persistere sulle masse di una tensione di contatto.

Qualora in impianti protetti dai contatti indiretti mediante l'utilizzo di componenti in classe II, ci sia presenza di componenti elettrici non adeguati alla classe II che

entrano o possono entrare in contatto con masse, in caso di cedimento dell'isolamento elettrico di tali componenti non adeguati si presenta un elevato rischio di contatti indiretti causato dal persistere sulle masse di una tensione di contatto.

I controlli visivi, posti in atto sui complessi luminosi esistenti al fine di accertare la corretta protezione contro i contatti indiretti, hanno permesso di verificare le criticità di seguito elencate.

- complessi in classe I di isolamento, con apparecchi caratterizzati da un'elevata vita installativa, ma privi della messa a terra, pur essendo installati in impianti di illuminazione pubblica protetti dai contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione coordinata con l'impianto di terra. Ciò determina un conseguente elevato rischio di contatti indiretti.
- complessi luminosi in classe I di isolamento o comunque non idonei alla classe II, pur essendo installati in impianti di illuminazione pubblica protetti dai contatti indiretti mediante la classe II di isolamento. Ciò determina un conseguente elevato rischio di contatti indiretti.
- complessi in classe I di isolamento, ma in presenza di impianti di terra usurati e danneggiati o con collegamento interrotto, tali da non garantire i requisiti minimi prescritti dalle norme e/o il corretto coordinamento con l'interruzione automatica dell'alimentazione. Ciò determina un conseguente elevato rischio di contatti indiretti.

Tutto ciò determina conseguenti criticità di tipo elettrico legate ad un elevato rischio di contatti indiretti.

12 SOSTEGNI

Nel territorio Comunale sono presenti, in generale, differenti e non omogenee tipologie di sostegni, determinando un antiestetico impatto visivo, oltre che uno squilibrio nelle prestazioni illuminotecniche, ed un aggravio dei costi di gestione per la maggiore necessità di magazzino.

Nella seguente tabella è rappresentato il parco sostegni degli impianti di IP ante operam:

TIPO SOSTEGNO ANTE OPERAM	Q.TA'
Braccio artistico a parete	1
Palo arredo	87
Palo artistico	173
Palo stradale curvo	331
Palo stradale dritto	1175
Staffa a parete	1
Torre faro a corona fissa	12

TOTALE	1 780
--------	-------

I sostegni sono ovviamente un quantitativo inferiore al numero di apparecchi (1 846) essendo presenti varie tipologie di complessi luminosi con multipli apparecchi installati su un unico sostegno.

Il parco sostegni del Comune presenta una percentuale discreta di sostegni non adeguati dal punto di vista della messa a norma, ammodernamento tecnologico, riqualificazione e messa in sicurezza degli impianti.
La maggioranza dei sostegni non presenta criticità statiche, elettriche o illuminotecniche.

Negli impianti più vetusti, i pali risultano generalmente affetti dalle seguenti criticità:

- elevato grado di obsolescenza ed usura dei materiali
- evidenti stati di fenomeni di ossidazione/corrosione a diversi livelli di penetrazione
- con pericolo di cedimento in quanto hanno subito danni strutturali imputabili a varie cause, ad esempio causati da incidenti stradali o da altri fenomeni quali eventi atmosferici ed atti vandalici
- progettati con altezze ed interdistanze inadeguate alla tipologia di strada
- impatto antiestetico a causa dei materiali impiegati scadenti e vetusti, e/o a causa dell'usura degli stessi (pali in ferro verniciato, ecc.)

13CORRETTO DIMENSIONAMENTO ILLUMINOTECNICO DEGLI IMPIANTI, IN RELAZIONE ALLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DELLA STRADA

La presenza di impianti sovradimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade è causa di un consumo energetico ingiustificato. Un sostanziale risparmio energetico si può ottenere realizzando impianti che consentano di conferire a ciascuna strada i giusti valori di illuminamento (in termini qualitativi e quantitativi) così come prescritto dalle norme di riferimento.

Al contrario, la presenza di impianti sottodimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade è causa di problematiche di vario tipo sia in termini di sicurezza che in termini di aggregazione sociale e sviluppo economico.

Un corretto dimensionamento illuminotecnico degli impianti deve essere realizzato conformemente alle Normative vigenti attenendosi, tra le altre, alle prescrizioni della Norma UNI EN 13201 e della Norma UNI 11248, che prescrivono, in funzione della Categoria Illuminotecnica assegnata a ciascuna strada, i requisiti illuminotecnici che

gli impianti IP devono garantire; la Categoria Illuminotecnica è a sua volta funzione della classificazione stradale assegnata alla strada stessa.

Al fine di assegnare una Categoria Illuminotecnica di Riferimento ad una determinata strada, è quindi necessario avere a disposizione la classificazione stradale della stessa, conformemente al Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n° 285 - "Nuovo Codice della Strada" e successive integrazioni e modifiche.

Come indicato nella Norma UNI 11248 (nota 3 di pagina 5, e articolo 6.1 di pagina 6) la classificazione della strada non è di responsabilità del progettista illuminotecnico; la classificazione della strada deve essere comunicata al progettista dal committente o dal gestore della strada.

L'Amministrazione Comunale non ha messo a disposizione una Classificazione Stradale; il progettista dovrà procedere con delle proprie valutazioni, ai fini dell'attribuzione di una categoria illuminotecnica di progetto alle varie strade oggetto di calcolo illuminotecnico.

Dalle verifiche illuminotecniche realizzate negli impianti esistenti, risulta evidente che l'attuale dimensionamento illuminotecnico degli impianti di pubblica illuminazione del comune presenta ampi margini di miglioramento, con molti casi di non rispondenza ai requisiti previsti.

Numerosi infatti sono i casi di impianti sovradimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade, causa di un consumo energetico ingiustificato, soprattutto negli impianti realizzati più recentemente.

Evidenti anche i casi di impianti sottodimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade, causa di problematiche di vario tipo sia in termini di sicurezza che in termini di aggregazione sociale e sviluppo economico.

Una riqualificazione degli impianti di pubblica illuminazione del comune quindi non può prescindere da un buon progetto illuminotecnico (con adeguati livelli, gradi di uniformità e controllo dell'abbagliamento) che, rispetto alla situazione attuale, migliorando la visibilità è in grado di produrre comunque un risparmio energetico.

Una buona illuminazione (cioè di adeguati livelli, gradi di uniformità e controllo dell'abbagliamento) migliorando la visibilità riduce considerevolmente il numero di incidenti stradali e riduce la presenza di zone scarsamente illuminate fertili territori per episodi di microcriminalità e degrado sociale, problematiche di grande attenzione e sensibilità nella popolazione. L'illuminazione inoltre è un elemento importante del paesaggio urbano e parte integrante della qualità della vita nelle ore serali e notturne ed influisce direttamente anche nel favorire l'aggregazione sociale e turistica con il conseguente sviluppo culturale e commerciale.

14 ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

Il presente paragrafo ha per scopo quello di illustrare i criteri fondamentali che sono alla base delle possibili alternative soluzioni progettuali volte sia alla messa a norma, ammodernamento tecnologico, riqualificazione e messa in sicurezza, sia alla riduzione dei consumi energetici e dei costi di gestione:

- soluzioni per l'incremento dell'efficienza energetica degli impianti di illuminazione, ottenibile attraverso:
 - incremento del rendimento delle sorgenti luminose;
 - incremento del rendimento dell'apparecchio di illuminazione;
 - incremento del rendimento degli accessori elettrici installati all'interno degli apparecchi di illuminazione;
 - incremento del rendimento dell'impianto di alimentazione funzione dalle perdite joule che si hanno in corrispondenza dei cavi di alimentazione.
- soluzioni per la riduzione della potenza degli apparecchi di illuminazione in corrispondenza di impianti sovradimensionati;
- soluzioni per la regolazione dell'orario di accensione e spegnimento degli impianti;
- soluzioni per la regolazione degli impianti in funzione del traffico veicolare;
- soluzioni per la messa a norma e messa in sicurezza degli impianti
- soluzioni per l'ammodernamento tecnologico degli impianti
- soluzioni per la riqualificazione illuminotecnica delle strade
- soluzioni per il contenimento dell'inquinamento luminoso
- soluzioni per la riqualificazione degli spazi e la fruibilità degli stessi
- soluzioni per la razionalizzazione degli impianti.

Incremento del rendimento delle sorgenti luminose

La sostituzione delle sorgenti di vecchia tecnologia con sorgenti ad alta efficienza e tecnologicamente avanzate rappresenta il tipo di intervento sicuramente più immediato ai fini dell'ottenimento di risparmi energetici ed economie gestionali.

In caso di non omogenea distribuzione delle sorgenti inoltre, si ha una conseguente irregolare distribuzione delle grandezze illuminotecniche (illuminamento, luminanza, colore della luce, ecc.). Tale situazione comporta una sgradevole e fastidiosa alternanza di diverse macchie di colore, oltre ad un aumento dei costi di gestione e

manutenzione, poiché è necessario disporre di scorte di magazzino con un numero elevato e poco funzionale di ricambi.

Le sorgenti a LED rispetto alle lampade SAP paragonabili per flusso emesso presentano una migliore efficienza in quanto, a parità di flusso luminoso, richiedono potenze elettriche inferiori, ovvero hanno una maggiore efficienza luminosa.

Le lampade SAP garantiscono un risparmio energetico con l'installazione di regolatori di flusso centralizzato o alimentatori dimmerabili; tale risparmio è superiore rispetto a quello garantito dalle lampade Hg, in quanto le sorgenti SAP consentono un maggiore range di regolazione in tensione rispetto alle Hg.

Anche le sorgenti led di moderna concezione permettono la regolazione del flusso, grazie all'alimentatore elettronico installato in ogni apparecchio, che può essere regolato punto-punto a diversi regimi di funzionamento.

La scelta dei LED presenta inoltre il vantaggio di una maggior durata, fino ad oltre 100000 ore (corrispondenti a circa 23 anni, considerando 4200 ore/anno di funzionamento) mentre le lampade ai vapori di sodio non superano le 16000 ore (circa 4 anni).

L'elevata resa cromatica dei LED, $IRC > 80$, garantisce un ottimale percezione dei colori, garantendo una visione qualitativamente migliore (notare che la resa cromatica delle lampade SAP è pari a $IRC = 20$).

L'utilizzo di apparecchi led, permette di ottenere contemporaneamente benefici sia in termini di efficienza della sorgente luminosa, sia in termini di rendimento dell'apparecchio, come di seguito riportato.

Incremento del rendimento dell'apparecchio di illuminazione

Ogni apparecchio di illuminazione è caratterizzato da un rendimento ottico (R_o) rapporto tra il flusso totale emesso dall'apparecchio, misurato in condizioni specificate, ed il flusso luminoso emesso dalla sorgente luminosa funzionante senza apparecchio e nelle stesse condizioni specificate; R_o esprime quindi la quota parte di flusso luminoso emesso dalla sorgente che esce dall'apparecchio.

Le perdite sul flusso uscente dall'apparecchio di illuminazione che si hanno invece "nello spazio" vengono normalmente quantificate mediante un fattore "U" detto di Utilizzazione che tiene conto della curva fotometrica dell'apparecchio, della posizione della sorgente, della posizione e geometria della superficie utile, dei fattori di riflessione dell'ambiente e della geometria di quest'ultimo; il fattore di utilizzazione

(U) è rappresentato dal rapporto tra il flusso utile (flusso luminoso ricevuto dalla superficie di riferimento) ed il flusso luminoso uscente dall'apparecchio.

Un altro elemento che incide sul rendimento complessivo dell'apparecchio è "il tempo"; il fattore di manutenzione (M) tiene conto dell'invecchiamento dei componenti dell'apparecchio di illuminazione, del deposito della sporcizia sullo stesso, ecc., che determinano con il passare del tempo una riduzione del flusso luminoso utile ricevuto dalla superficie utile.

Rendimento ottico "Ro", fattore di Utilizzazione "U", e fattore di manutenzione "M" determinano la percentuale utile del flusso generato che concorre, in condizioni ordinarie, a creare il richiesto illuminamento sul compito visivo. Il loro prodotto definisce quello che può essere chiamato il rendimento complessivo (Rc) di un apparecchio **$Rc = Ro \times U \times M$** e sarà tanto più elevato quanto più elevati sono Ro ed U ed M.

L'utilizzo di armature ad elevato Rendimento Ottico Ro ed elevato fattore di utilizzazione U permette quindi di operare una consistente riduzione delle potenze installate, pur rispettando quanto la normativa esistente prevede in termini di requisiti illuminotecnici minimi (UNI 13201, UNI 11248). In tal senso occorre precisare che gli apparecchi led, avendo una maggiore facilità di indirizzare il flusso luminoso rispetto alle ottiche con parabole riflettenti degli apparecchi sap, presentano un coefficiente di utilizzazione molto più elevato (U = 80% circa negli apparecchi led, mentre U = 50% circa negli apparecchi sap).

Incremento del rendimento degli accessori elettrici installati all'interno degli apparecchi di illuminazione

Gli alimentatori installati sugli apparecchi di illuminazione esistenti sono generalmente caratterizzati da reattori elettromagnetici che assorbono una potenza circa pari al 15÷20% della potenza della sorgente. Gli alimentatori elettronici assorbono una potenza leggermente inferiore.

Inoltre la riduzione della potenza nominale dei complessi luminosi a seguito di un accurato progetto illuminotecnico con una corretta valutazione dei livelli di illuminamento da conseguire sulle diverse strade, si traduce in una riduzione della potenza assorbita dagli accessori elettrici (pari appunto a circa il 15÷20% della potenza nominale della sorgente).

Incremento del rendimento dell'impianto di alimentazione funzione dalle perdite joule che si hanno in corrispondenza dei cavi di alimentazione

La perdita di potenza per effetto Joule sono mediamente valutabili attorno al 5% della potenza installata.

Anche in questo caso, la riduzione della potenza nominale dei complessi luminosi si traduce in una riduzione della corrente assorbita e quindi una conseguente riduzione delle perdite sulle linee per effetto Joule.

L'accurata progettazione di nuove linee interrato peraltro determina la scelta di adeguate sezioni di cavo onde contenere la caduta di tensione; ciò comporta quindi una riduzione della resistenza del cavo di linea rispetto alle esistenti linee sottodimensionate, con conseguente riduzione delle perdite sulle linee per effetto Joule.

Soluzioni per la riduzione della potenza degli apparecchi di illuminazione in corrispondenza di impianti sovradimensionati

La presenza di impianti sovradimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade è causa di un consumo energetico ingiustificato. Un sostanziale risparmio energetico si può ottenere realizzando impianti che consentano di conferire a ciascuna strada i giusti valori di illuminamento (in termini qualitativi e quantitativi) così come prescritto dalle norme di riferimento.

Al contrario, la presenza di impianti sottodimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade è causa di problematiche di vario tipo sia in termini di sicurezza che in termini di aggregazione sociale e sviluppo economico.

È quindi necessario sviluppare un progetto illuminotecnico nel quale, partendo da un'analisi del tessuto viario del Comune, siano attribuiti alle singole strade i livelli di illuminamento prescritti dalle normative.

Si mette in evidenza che altre valutazioni, che prescindano da un preliminare studio illuminotecnico, possono comportare errori di valutazione. Gli errori possono derivare da:

- mancato intervento sugli impianti esistenti, realizzati con apparecchi equipaggiati con lampade aventi flusso sovradimensionamento o sottodimensionato rispetto alle effettive esigenze di traffico (valori attuali superiori o inferiori a quelli prescritti dalle norme);

- mantenimento delle interdistanze tra i sostegni esistenti (sostituzione puntuale dei complessi luminosi) a prescindere da una preliminare valutazione dei valori di uniformità dell'illuminamento/luminanza prescritti.
- non corretto dimensionamento nel caso di sostituzione puntuale dell'apparecchio su sostegno esistente: in particolare gli interventi di questo tipo si esauriscono spesso nella sostituzione delle lampade esistenti, ad esempio al mercurio, con lampade ai vapori di sodio a.p. a parità di flusso emesso, a prescindere dalla preliminare definizione dei valori di illuminamento/luminanza che gli impianti devono per Norma garantire. Accade spesso che vengano ipotizzati senza alcuno studio illuminotecnico preventivo ad esempio interventi di sostituzione di lampade 125 W mercurio (6 200 lm) con lampade 70W sodio (6 600 lm). Può accadere però che l'illuminazione esistente realizzata con lampade ai vapori di mercurio sia insufficiente, e che quindi tale risulti anche la nuova illuminazione (che invece richiederebbe un incremento dei valori illuminotecnici con passaggio ad esempio a lampada 100W sodio (9 000 lm); in questo caso, di fatto si sovrastima il risparmio energetico e non si rispettano i valori normativi. Stesso discorso per quanto concerne l'altro usuale cambio tra lampada Hg 250W (13 000 lm) e SAP 150W (15 000 lm). Ovviamente (ma più raramente) può accadere anche l'opposto, ovvero che l'illuminazione esistente realizzata con lampade ai vapori di mercurio sia sovradimensionata, e che quindi tale risulti anche la nuova illuminazione (che invece richiederebbe un decremento dei valori illuminotecnici con passaggio a lampade sodio di taglia inferiore); in quest'ultimo caso, di fatto si sottostima il risparmio energetico e non si rispettano i valori normativi.

Soluzioni per la regolazione dell'orario di accensione e spegnimento degli impianti

Un altro importante parametro che influisce sul risparmio energetico è la durata del periodo di accensione degli impianti.

Nel corso dell'anno gli orari di alba e tramonto del sole variano. Ovviamente, tali orari variano anche a secondo del luogo di riferimento in cui si osservano alba e tramonto, ovvero in funzione delle coordinate geografiche.

La tempestiva accensione degli impianti rappresenta una fonte di risparmio spesso trascurata. Sfruttando tutto il crepuscolo (sia all'alba che al tramonto) e posizionando l'accensione/spegnimento alla fine dello stesso, si può ottenere un risparmio di una o

due decine di minuti di accensione al giorno, quantificabile in circa il 2/3% delle ore totali di funzionamento (rispetto alle 4200 h/anno, dato medio presente in letteratura).

Al fine di ottimizzare i periodi di accensione, evitando che l'impianto risulti acceso quando l'illuminazione naturale è sufficiente, è possibile utilizzare interruttori astronomici in grado di calcolare in modo preciso l'ora in cui sorge e tramonta il sole in funzione delle coordinate (latitudine e longitudine) del luogo dove è collocato l'impianto da comandare, ed in funzione della data corrente.

Gli interruttori astronomici possono essere opportunamente tarati in modo che provochino un ritardo nello spegnimento degli impianti rispetto all'ora di effettiva alba ed un anticipo nell'accensione degli impianti rispetto all'ora di effettivo tramonto. Le su scritte tarature hanno il fine di evitare intempestivi interventi in condizioni atmosferiche sfavorevoli (esempio cielo nuvoloso) o particolari orografie.

Soluzioni per la regolazione degli impianti in funzione del traffico veicolare

Esistono diverse possibilità in merito all'opportunità di realizzare la regolazione del flusso luminoso nelle ore di minor traffico veicolare, le principali sono:

- **REGOLAZIONE PUNTUALE MEDIANTE ALIMENTATORE ELETTRONICO DIMMERABILE STAND-ALONE:** Apparecchi di illuminazione equipaggiati con alimentatore elettronico dimmerabile, eventualmente telecomandato, che permette la regolazione puntuale del flusso luminoso mediante commutazione automatica con profilo tarabile.
- **REGOLAZIONE PUNTUALE MEDIANTE ALIMENTATORE FERROMAGNETICO BIREGIME STAND-ALONE:** Apparecchi di illuminazione per lampade a scarica equipaggiati con alimentatore ferromagnetico biregime, che permette la regolazione puntuale del flusso luminoso mediante commutazione automatica tra 2 diversi regimi di funzionamento, con profilo fisso in ampiezza e tarabile in modo discreto in durata.
- **REGOLAZIONE AD ISOLA DA REGOLATORE DI FLUSSO CENTRALIZZATO NEL QUADRO ELETTRICO DI COMANDO:** Quadri elettrici di protezione e comando dotati di Regolatore di flusso luminoso (eventualmente telecomandati). Trattasi di impianti con apparecchi di illuminazione tradizionale, per lampade a scarica, alimentati da quadri elettrici di comando dotati di Regolatore di Flusso, che permette la regolazione centralizzata del flusso luminoso mediante commutazione automatica con profilo tarabile in modo continuo sia in ampiezza che in durata.

Soluzioni per la messa a norma e messa in sicurezza degli impianti

Gli interventi relativi alla messa in sicurezza sono finalizzati ad ottenere

- la sicurezza delle persone e dei beni
- la sicurezza ed il corretto ed efficace funzionamento di tutte le apparecchiature installate.

Le scelte progettuali dovranno tenere conto di tutti i requisiti tecnici prescritti dalla normativa vigente, con particolare attenzione a:

- protezione e sezionamento dei circuiti di alimentazione degli impianti, con quadri elettrici equipaggiati con idonei dispositivi di sezionamento e protezione, e cavi di sezione adeguata;
- protezione delle persone contro i contatti diretti, mediante sostituzione di componenti con grado di protezione non adeguato
- protezione delle persone contro i contatti indiretti, mediante la realizzazione/adequamento di impianti alla classe II di isolamento oppure mediante la verifica/adequamento del coordinamento tra gli impianti di terra esistenti e l'interruzione automatica dei circuiti di alimentazione. L'eventuale scelta della realizzazione di impianti in classe II consente di evitare di effettuare le denunce iniziali degli impianti di terra e le verifiche periodiche degli stessi e consente di evitare interventi conseguenti a scatti intempestivi degli interruttori differenziali (la cui installazione è necessaria negli impianti in classe I)
- l'isolamento verso terra e tra le fasi dei diversi componenti dell'impianto con eventuale sostituzione dei cavi vetusti ed usurati, con livello di isolamento al disotto dei valori minimi prescritti dalle norme
- la sicurezza meccanica dei complessi di illuminazione (sostegni e apparecchi) e delle linee, mediante sostituzione dei componenti vetusti dichiaratamente a rischio che non garantiscono più la stabilità meccanica

Soluzioni per l'ammodernamento tecnologico degli impianti

L'ammodernamento tecnologico degli impianti si realizza sostituendo i componenti vetusti e tecnologicamente obsoleti dell'impianto di illuminazione pubblica con nuovi componenti, di nuova generazione, realizzati con le più moderne tecniche, ed introducendo ulteriori tecnologie attualmente non presenti: in tal senso oggi le principali innovazioni possono essere ottenute mediante l'installazione di apparecchi led e sistemi di telecontrollo.

Con gli apparecchi led è possibile ottenere il massimo risparmio energetico ed economico insieme ad un eccellente comfort visivo, grazie alle più evolute performance illuminotecniche a fronte di una forte riduzione dei costi energetici, una luce uniforme, priva di zone d'ombra, senza alcuna dispersione del flusso verso l'alto, contribuendo efficacemente alle politiche di riduzione dell'inquinamento luminoso al fine di creare un ambiente ecosostenibile.

Inoltre, l'attuale panorama della pubblica illuminazione vede l'introduzione sempre più massiccia di sistemi innovativi e tecnologici per il telecontrollo e la telegestione degli impianti, attivati per avere un controllo da remoto di alcune funzionalità e di alcuni parametri dell'impianti di illuminazione al fine di garantire economie gestionali ed un migliore servizio alla cittadinanza ed all'amministrazione comunale. Le possibilità diagnostiche e di controllo offerte dal telecontrollo, si configurano come strumenti con grandi potenzialità, anche al fine di verifiche più dettagliate: dalla semplice lettura di dati, all'impostazione dei parametri di lavoro, alla taratura/attivazione dei profili di regolazione del flusso luminoso, al rilievo degli impianti e alla gestione della manutenzione: tutte le funzioni lavorano in sinergia per offrire un servizio completo, preciso e veloce.

Il Telecontrollo si configura potenzialmente come uno strumento strategico, non comporta continui spostamenti di mezzi e personale, effettua misure significative, rappresentative ed affidabili ed offre l'intrinseca possibilità di diagnosticare le cause non evidenti di eventuali guasti o malfunzionamenti degli impianti.

Inoltre alcune attività come ad esempio quella di rilevazione delle lampade spente che normalmente vengono eseguite attraverso le ronde notturne con automobile di squadre operative dedicate, potranno essere coadiuvate dal sistema di telecontrollo, e quindi direttamente da remoto dalla sede operativa.

Soluzioni per la riqualificazione illuminotecnica delle strade

La presenza di impianti sottodimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade è causa di problematiche di vario tipo sia in termini di sicurezza che in termini di aggregazione sociale e sviluppo economico.

È quindi necessario sviluppare un progetto illuminotecnico nel quale, partendo da un'analisi del tessuto viario del Comune, siano attribuiti alle singole strade i livelli di illuminamento prescritti dalle normative.

Soluzioni per il contenimento dell'inquinamento luminoso

Con riferimento al contenimento dell'inquinamento luminoso, la Regione Sardegna Linee guida della Regione Sardegna per la riduzione dell'inquinamento luminoso e relativo consumo energetico (ART. 19 COMMA 1. L.R. 29 MAGGIO 2007, N. 2)" e successive modifiche o integrazioni, per la limitazione della luce dispersa e dell'inquinamento luminoso.

Gli apparecchi previsti in progetto dovranno avere dunque ottica di tipo Cut-Off, realizzata al fine di ottenere i migliori risultati illuminotecnici senza necessità di inclinare l'armatura, nel rispetto dei più restrittivi criteri di contenimento della dispersione di flusso luminoso verso l'alto.

Per alcuni apparecchi esistenti potrebbe anche essere valutata l'opportunità di realizzare una sostituzione dell'ottica e/o delle schermature al fine di eliminare la luce dispersa verso la volta celeste, senza dover sostenere l'onere dell'intera sostituzione dell'apparecchio.

Soluzioni per la riqualificazione degli spazi e la fruibilità degli stessi

Una buona illuminazione (cioè di adeguati livelli, gradi di uniformità e controllo dell'abbagliamento) migliorando la visibilità riduce considerevolmente il numero di incidenti.

L'illuminazione inoltre è un elemento importante del paesaggio urbano e parte integrante della qualità della vita nelle ore serali e notturne ed influisce direttamente anche nel favorire l'aggregazione sociale e turistica con il conseguente sviluppo culturale e commerciale.

Gli interventi dovranno tenere conto quindi di:

- percezione del colore negli ambienti urbani illuminati
- comfort visivo
- Individuazione delle emergenze storiche, architettoniche e ambientali

Soluzioni per la razionalizzazione degli impianti

Contemporaneamente al risparmio energetico, all'ammodernamento tecnologico e alla messa a norma degli impianti è opportuno valutare anche:

- la razionalizzazione degli impianti, attraverso un accorpamento degli impianti esistenti, onde ridurre il numero di forniture, oggi eccessivamente frazionate, al minimo indispensabile. Tali accorpamenti possono essere resi possibili dal fatto

che per moltissimi degli impianti esistenti sarà previsto una riduzione della potenza installata ed una sostituzione delle linee elettriche esistenti, opportunamente dimensionati. La razionalizzazione dei punti di alimentazione/fornitura elettrica determina vantaggi ed economie di gestione quali riduzione dei contratti di fornitura dell'energia elettrica, minori costi fissi di fornitura elettrica, ottimizzazione della tariffa elettrica di approvvigionamento sul mercato, ecc..

- l'omogeneità dei componenti e dei criteri costruttivi degli impianti rappresenta un aspetto progettuale particolarmente importante ai fini dei risparmi gestionali. In particolare, già la normalizzazione dei materiali riduce i problemi di progettazione, posa, manutenzione, approvvigionamento dei ricambi e di gestione delle scorte; l'unificazione dei criteri impiantistici migliora la funzionalità, l'affidabilità e quindi la sicurezza: il tutto si traduce in una sostanziale riduzione dei costi sostenuti dalla collettività.