



Studio Tecnico d'Ingegneria
via Leonardo da Vinci 25,
63082-Castel di Lama (AP)
P.I. 02082880440
C.F. CRRNDR86H10A462B
www.studiocorradetti.it

mailto: studiocorradetti@gmail.com

AGGIORNAMENTI



Comune di Castel di Lama

in arrivo
3-09-2019
Prot. n. 0013556 del 13-09-2019
Comune di Castel di Lama

Rev.	Data	Descrizione
------	------	-------------

Progettista:		
Ing. Andrea Corradetti		

RUP:	
Ing. Fabiola Ciotti	

Comune di:	
CASTEL DI LAMA (AP)	

Committente:	
COMUNE DI CASTEL DI LAMA	

Oggetto:	
EFFICIENTAMENTO IMPIANTO DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE	

Elaborato:	
RELAZIONE TECNICA	

Tav. 8E	Scala	-----
---------	-------	-------

Codice lavoro	-----
---------------	-------

Data	09-09-2019
------	------------

PROGETTISTA

RESPONSABILE UNICO
DEL PROCEDIMENTO



1. PREMESSA

Il Comune di Castel di Lama intende avviare un programma di efficientamento energetico finalizzato al risparmio ed alla salvaguardia dell'ambiente attraverso un intervento su una parte dell'impianto di pubblica illuminazione. In particolare si intende procedere alla sostituzione degli attuali corpi lampada del tipo SAP e Vapori di Mercurio con nuovi corpi lampada con tecnologia LED (Light Emitter Diode).

Contestualmente si provvederà alla riqualificazione dei quadri elettrici ed alla sostituzione di una parte dei sostegni, i quali dopo aver effettuato un'attenta verifica, sono risultati in cattivo stato.

Il presente progetto prevede quindi la realizzazione di interventi finalizzati all'efficientamento energetico delle reti di illuminazione pubblica esistenti nel territorio comunale di Castel di Lama (AP).

Tale intervento inoltre permette di ottenere impianti di pubblica illuminazione conformi a quanto richiesto dalla Normativa Regionale, Nazionale ed Europea COP 21 e COP22, in particolare al Piano Energetico Ambientale Regionale (2015-2030) e s.m.i che tra i vari argomenti include:

- La riduzione dell'inquinamento luminoso;
- Il risparmio energetico e la programmazione economica;
- La salvaguardia e la protezione dell'ambiente;
- La sicurezza del traffico, delle persone e del territorio;
- La valorizzazione dell'ambiente urbano, dei centri storici e residenziali;
- Il miglioramento della viabilità.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Tutti gli interventi dovranno essere progettati nel rispetto della normativa e legislazione vigenti, nonché della sicurezza e del comfort degli utenti delle strade e/o dei fruitori delle aree, con particolare riferimento a:

- Legge Regionale Marche n. 10 del 24/07/2002 “Misure urgenti in materia di risparmio energetico e contenimento dell'inquinamento luminoso”;
- DM Ambiente 27 Settembre 2017: “Criteri Ambientali Minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica”;
- Norma UNI 11248:2016: "Illuminazione stradale: selezione delle categorie illuminotecniche”;
- Norma UNI EN 13201-2:2016: “Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali”;
- Norma UNI EN 13201-3:2016: “Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni”;
- Norma UNI EN 13201-4:2016: “Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche”;
- Norma UNI EN 13201-5:2016: “Illuminazione stradale – Parte 5: Indicatori delle prestazioni energetiche ”;
- Norme CEI;
- Normativa comunitaria, nazionale e regionale.

3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi dovranno perseguire i seguenti obiettivi:

- risparmio energetico e miglioramento dell'efficienza degli impianti mediante sostituzione degli apparecchi dotati di lampade ai vapori di sodio ad alta pressione o lampade a ioduri metallici con nuovi apparecchi a LED aventi maggiori performance illuminotecniche e miglior rendimento;
- contenimento dell'inquinamento luminoso atmosferico e stradale e dell'invasività della luce, nel rispetto delle prescrizioni e delle regole contenute nella Legge Regionale n.10 del 24/07/2002;
- miglioramento della viabilità e sicurezza per il traffico stradale veicolare e per i pedoni, rispettando le norme del Codice della Strada e le prescrizioni delle Norme UNI;

Le principali attività, previste nell'ambito del progetto di riqualificazione ed efficientamento degli impianti di illuminazione pubblica del territorio del Comune di Castel di Lama possono essere sintetizzate come di seguito:

- Modifica o rifacimento di n.4 quadri elettrici di zona relative alle aree oggetto di efficientamento dell'impianti di pubblica illuminazione (come da elaborato 7E);
- sostituzione dei pali di sostegno ammalorati (come da elaborato 5E – 6E);
- sostituzione di una parte dei corpi lampada degli impianti di illuminazione pubblica presenti;
- Implemento di appositi sistemi di riduzione della potenza e/o del flusso luminoso denominate "mezzanotte virtuale" in quanto per le nuove apparecchiature a LED la regolazione del flusso luminoso avviene direttamente sulle apparecchiature illuminanti mediante un driver montato a bordo che opera a livelli sulla riduzione della tensione di alimentazione direttamente sul LED;
- Eliminazione completa dell'inquinamento luminoso secondo le prescrizioni della Legge Regionale n. 10 del 24/07/2002 nelle zone di intervento.

Interventi sui quadri elettrici

Il progetto prevede la modifica o il rifacimento di complessivi n.4 quadri elettrici di comando.

In particolar modo si riporta un elenco dei quadri oggetto di lavorazione ed i relativi interventi previsti :

- **Quado Q10-via Giordano Bruno__rifacimento completo quadro e smontaggio Quadro riduttori di flusso;**
- **Quado Q16-Sambuco__ rifacimento completo quadro e smontaggio Quadro riduttori di flusso;**
- **Quado Q22-Stazione__nessun intervento;**
- **Quado Q24-via Santorre di Santarosa__modifica Quadro esistente;**
- **Quado Q31- via della Libertà2__ rifacimento completo quadro;**
- **Quado Q36- via Tevere2__ nessun intervento;**

Il completo rifacimento dei quadri elettrici prevede le seguenti operazioni:

- Rimozione del quadro elettrico esistente;
- Installazione del nuovo quadro elettrico, completo delle necessarie apparecchiature di alimentazione, protezione e comando;
- La rimozione del Quadro elettrico con Sistema di riduzione del flusso e riconsegna all'amministrazione solo per il Quadro Q10 e Q16.

A valle degli interventi i quadri di nuova realizzazione o soggetti a amodifica saranno dotati di orologio astronomico per la gestione dei periodi di accensione e spegnimento degli impianti.

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 e producendo un ulteriore risparmio energetico.

I quadri contengono le apparecchiature di manovra, di protezione e di misura di tutte le linee ad essi collegate. All'interno dei quadri saranno posti adeguati manuali di istruzioni come specificato dalle norme.

Interventi sui pali

Di seguito vengono riassunti gli interventi sui pali a seguito delle verifiche eseguite:

ID	UBICAZIONE	FORNITURA E POSA PALO H=6,8	FORNITURA E POSA PALO H=8	FORNITURA E POSA PALO H=7	RIFACIMENTO PLINTO DI FONDAZIONE	FORNITURA E POSA TESTAPALO DOPPIO
1	VIA SALARIA_porzione Ovest		34		30	
2	VIA SALARIA_porzione Est		4			
3	VIA TRONTO			2	2	
4	VIA GIORDANO BRUNO		7		7	
5	VIA CAMPANELLA					2
TOTALE			45	2	39	2

Predisposizione impianto di videosorveglianza

Il progetto prevede l'implementazione n.13 predisposizioni per la futura installazione di altrettanti apparati per la videosorveglianza su punti strategici del territorio comunale. Per tali ragioni, in concomitanza con le lavorazioni di efficientamento dell'impianto di pubblica illuminazione, si realizzeranno delle opere idonee alla successiva installazione di telecamere.

La predisposizione da effettuare consisterà nella posa e nel collegamento sulla morsettiera del palo di cavo multipolare della tipologia FG16OR16 3x1,5mmq utile per l'alimentazione degli apparati di videosorveglianza. Tale cavo dovrà avere lunghezza non inferiore a 10 metri in maniera tale da non vincolare l'altezza di posa della telecamera che sarà oggetto di futura valutazione in funzione delle aree da attenzionare.

4. INDIVIDUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA RIQUALIFICA DEGLI APPARECCHI LUMINOSI

Gli interventi previsti per gli apparecchi illuminanti sono i seguenti:

- Adeguamento dei corpi luminosi trattati alla normativa vigente ed in particolare alla normativa in ambito di inquinamento luminoso;
- Adeguamento della potenza dei singoli centri luminosi in modo da rispettare i requisiti illuminotecnici previsti dalla Norma UNI EN 13201;
- Smaltimento (da effettuarsi secondo la normativa vigente presso centri autorizzati) degli apparecchi sostituiti.

La recente evoluzione degli apparecchi luminosi con sorgenti a LED, ha portato dette apparecchiature a rappresentare la migliore soluzione nel campo dell'illuminazione pubblica per i seguenti motivi:

- Efficienza luminosa ottima: valori compresi mediamente fra 120 lm/W e 130 lm/W;
- Accensione istantanea;
- Ottima affidabilità dell'apparecchio e dei componenti di alimentazione, garantite dal rispetto dei requisiti di cui al DM 23/12/2013;
- Abbattimento dei costi di manutenzione.

I principali svantaggi consistono invece:

- Nel maggiore costo iniziale;
- Un maggior riscaldamento delle apparecchiature;
- Una maggiore sensibilità alle sovratensioni;
- Manutenzione straordinaria più costosa.

Le ditte partecipanti alla gara d'appalto, potranno proporre prodotti diversi purché aventi caratteristiche tecniche simili o superiori a quelle del prodotto a cui si è fatto riferimento.

Gli apparecchi illuminanti che sono stati utilizzati per la progettazione illuminotecnica sono i seguenti:

	<p>ARMATURA STRADALE SCHREDER modello TECEO</p> <p><i>La scelta della tipologia di lampada sopra riportata, come specificato precedentemente, non deve assolutamente essere considerata vincolante.</i></p>
	<p>KIT RETROFIT DA INSTALLARE SU LANTERNE STORICHE</p> <p>SCHREDER modello MML GEN.2</p> <p><i>La scelta della tipologia di lampada sopra riportata, come specificato precedentemente, non deve assolutamente essere considerata vincolante.</i></p>

La scelta della tipologia di lampada sopra riportata, come specificato precedentemente, non deve assolutamente essere considerata vincolante.

Resta comunque valido il fatto che la definizione di un progetto esecutivo presuppone l'uso di una particolare apparecchiatura di cui siano note le caratteristiche illuminotecniche per verificarne la funzionalità.

Di seguito sono riassunte le principali caratteristiche tecniche dei corpi illuminanti.

In particolare è da notare che NON è stata utilizzata la medesima colorazione per i corpi illuminanti presenti:

- corpi illuminanti stradali - **colorazione pari a 4.000 K;**
- corpi illuminanti del centro storico (Lanterne) - **colorazione pari a 3.000 K.**

In particolare tutti i nuovi corpi illuminanti a LED saranno caratterizzati da una

 Comune di Castel di Lama	EFFICIENTAMENTO IMPIANTO DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE	
	PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO	ELABORATO 8E – RELAZIONE TECNICA

temperatura di colore pari a 4.000 K, ad eccezione dei corpi illuminanti del centro storico della frazione Sambuco nel quale sono presenti lanterne alle quali andranno applicati dei kit retrofit con temperatura di colore pari a 3.000 K.

CARATTERISTICHE TECNICHE DI DETTAGLIO DEI CORPI ILLUMINANTI

ARMATURE STRADALI

Apparecchio di illuminazione a tecnologia LED tipo "TECEO S realizzato in pressofusione di alluminio completo di corpo, coperchio di accessibilità al vano ausiliari e sistema di fissaggio regolabile per montaggio su palo e sbracci con trattamento superficiale contro la corrosione e successiva termo laccatura nella colorazione AKZO150. Chiusura frontale del vano ottico tramite protettore in vetro piano temperato fissato al telaio tramite sistema a vite e guarnizione al silicone, atto a garantire un grado di protezione IP 66 (EN 60598) e permettere l'accessibilità al vano ottico. Tutte le parti in alluminio non presentano alettature o dissipatori esterni che possano alterare nel tempo la corretta dissipazione. Motore fotometrico modulare tipo LENSOFlex 2 ad alta efficienza opportunamente dimensionato per lavorare a correnti di pilotaggio diverse.

Controllo della dissipazione termica al fine di poter garantire una durata minima di funzionamento pari a 100.000h, con un flusso luminoso residuo a fine vita pari a L95B10, alla temperatura ambiente di laboratorio Tq di 25°C. Vano ausiliari completamente separato dal vano ottico al fine di ridurre la temperatura. Accessibilità tramite coperchio incernierato al corpo al fine di poter garantire una rapida accessibilità alla piastra porta driver e/o sistemi di telecomando aggiuntivi.

Sorgente luminosa realizzata tramite impiego di Led di ultima generazione tipo Cree XP-G3 disponibile in colorazione bianco neutro (NW 4000K), con flusso minimo di 185 lm/LED. Gli stessi sono saldati su apposita PCB realizzata secondo gli standard normativi composta da struttura in rame con rivestimento ceramico. Modularità a blocchi ripetitivi di 8, 16 e 24 Led con possibilità di combinazione delle 3 taglie. Il motore fotometrico e il gruppo ausiliari possono essere sostituiti separatamente permettendo di integrare le future innovazioni.

La gamma completa è disponibile con tre diverse parti di fissaggio universali adattate per montaggio testa palo e laterale su diversi codoli ($\varnothing 32\text{mm}$ con adattore, $\varnothing 42\text{-}48\text{mm}$, $\varnothing 60\text{mm}$ e $\varnothing 76\text{mm}$). L'angolo di inclinazione può essere regolato sul posto sia per le configurazioni testa palo ($+10^\circ$) sia per quelle laterali (-15°).

Rilevamenti fotometrici secondo le norme Uni EN 13032-1 e IES LM 79-08.

Classificazione secondo la norma CEI EN 62471:2009-2 in materia di sicurezza foto biologica delle sorgenti luminose e sistemi di lampade. Sistema di illuminazione cut-off conforme a tutte le leggi regionali in materia di inquinamento luminoso.

Alimentazione tramite driver asportabile inserito nel vano ausiliari su apposita piastra. Tensione 220 e 240Volt 50 HZ. Possibilità di inserimento sistema programmabile in modo indipendente del flusso luminoso durante fasce notturne.

Resistenza agli urti IK 08 secondo norme EN 50102.

Disponibile con differenti lenti atte a garantire fotometrie appropriate secondo l'applicazione specifico in ambito dell'area da illuminare.

Funzione della "mezzanotte virtuale" a 5 livelli

Prodotto con marchiatura ENEC ed ENEC Plus, e prodotto secondo gli standard GREEN tramite l'impiego di materiali riciclabili.

Caratteristiche costruttive dei vari modelli:

TECEO S:

Numero led Moduli (8-16-24)

Potenza assorbita 9,9 – 78 W

Dimensioni apparecchio: 450x99x252mm

Peso TECEO S: 5,1 kg

Garanzia: 5 anni

Gli apparecchi sono prodotti in uno stabilimento certificato conforme alla norma UNI EN ISO 9001.

KIT RETROFIT

Il kit retrofit è un blocco ottico indipendente sviluppato per essere inserito all'interno di apparecchi di illuminazione esistenti.

Il blocco ottico è composto da un corpo dissipatore in pressofusione di alluminio, un vetro temprato dello spessore di 5 mm e guarnizioni in silicone.

Si tratta di un Motore fotometrico modulare tipo Lensoflex2 ad alta efficienza opportunamente dimensionato per lavorare a correnti di pilotaggio diverse (350, 500 e 700 mA); esso è progettato per l'utilizzo di moduli PCB da 8, 16 e 24 led di ultima generazione tipo CREE XP-G2 in colorazione bianco caldo (WW da 3000K con flusso 150 lm/led e successive implementazioni di performance).

I led sono saldati sulla PCB realizzata secondo gli standard normativi. Le configurazioni tipiche del Motore Led sono 8, 16, 24, 32, 40 e 48 Leds. Pacchetti lumen da 2560 lm a 10291 lm e potenza assorbita da 18 a 75W.

Disponibilità di differenti lenti, per garantire la distribuzione fotometrica più adatta alla geometria di applicazione.

Il motore può essere fornito di gruppo ausiliari e possono essere sostituiti separatamente permettendo di integrare le future innovazioni. Gli ausiliari elettrici sono collocati su una piastra di alluminio che può essere fissata sulla parte superiore del motore led tramite i punti di fissaggio presenti sulla fusione di alluminio.

Classificazione secondo la norma CEI EN 62471:2009-2 in materia di sicurezza fotobiologica delle sorgenti luminose, con un grado di rischio zero.

Il sistema è equipaggiato con la tecnologia della mezzanotte virtuali a 5 livelli.

Sistema di fissaggio da studiare in base alla struttura che lo ospita: cornice di abbellimento a scelta. Peso 1,6 Kg (riferimento: versione con protettore in vetro)

Garanzia: 5 anni

Gli apparecchi sono prodotti in uno stabilimento certificato conforme alla norma UNI EN ISO 9001 e ISO 14001.

INDIVIDUAZIONE DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DELLE STRADE

La norma UNI 11248:2016 individua le prestazioni illuminotecniche degli impianti di illuminazione atte a contribuire, per quanto di pertinenza, alla sicurezza degli utenti

 Comune di Castel di Lama	EFFICIENTAMENTO IMPIANTO DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE	
	PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO	ELABORATO 8E – RELAZIONE TECNICA

della strada ed in particolare:

- Indica come classificare una zona esterna destinata al traffico, ai fini della determinazione della categoria illuminotecnica che le compete
- Fornisce la procedura per la selezione delle categorie illuminotecniche che competono alla zona classificata
- Identifica gli aspetti che condizionano l'illuminazione stradale e, attraverso la valutazione dei rischi, permette il conseguimento del risparmio energetico e la riduzione dell'impatto ambientale
- Fornisce prescrizioni sulle griglie di calcolo per gli algoritmi della UNI EN 13201-3 e per le misurazioni in loco trattate dalla UNI EN 13201-4

Le caratteristiche illuminotecniche che l'impianto di illuminazione stradale deve garantire per ogni zona di studio sono definite mediante una o più categorie illuminotecniche, la cui scelta dipende da numerosi parametri, detti di influenza. Per un dato impianto e una data zona di studio è compito del progettista individuare le seguenti categorie illuminotecniche:

- la categoria illuminotecnica di ingresso. Questa categoria dipende esclusivamente dal tipo di strada presente nella zona di studio considerata;
- la categoria illuminotecnica di progetto che specifica i requisiti illuminotecnici da considerare nel dimensionamento dell'impianto. Questa categoria dipende dalla valutazione dei parametri di influenza costanti nel lungo periodo;
- la(e) categoria(e) illuminotecnica (illuminotecniche) di esercizio che specifica(specificano) sia le condizioni operative istantanee di funzionamento di un impianto sia le possibili condizioni operative previste dal progettista, in base alla variabilità nel tempo dei parametri di influenza.

PROCEDURA PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE CARATTERISTICHE ILLUMINOTECNICHE

Si individuano le categorie illuminotecniche di un impianto mediante i seguenti passi:

1. definire la categoria illuminotecnica di ingresso
2. definire la categoria illuminotecnica di progetto nota la categoria illuminotecnica di ingresso, valutando i parametri di influenza riportati in tabella ed eventuali altri parametri di influenza costanti nel lungo periodo individuati dal progettista secondo quanto indicato nell' analisi dei rischi e, considerando anche gli aspetti legati al contenimento dei consumi energetici e dell'inquinamento luminoso, decidere se considerare questa categoria come quella di progetto o modificarla coerentemente con le valutazioni e le considerazioni precedenti;
3. definire, se necessario, una o più categorie illuminotecniche di esercizio in base alle considerazioni esposte nel capitolo analisi dei rischi, ai parametri di influenza elencati in tabella e agli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici e dell'inquinamento luminoso, specificando chiaramente le condizioni dei parametri di influenza che rendono corretto il funzionamento dell'impianto secondo la data categoria illuminotecnica di esercizio;

CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE E CATEGORIA ILLUMINOTECNICA D'INGRESSO PER L'ANALISI DEI RISCHI

La classificazione della strada non è responsabilità del progettista e deve essere comunicata al progettista dal committente o dal proprietario/gestore della strada, valutate le reali condizioni ed esigenze.

Il progettista, dopo aver ricevuto dal committente la classificazione delle strade, seguendo la tabella seguente procede ad individuare la categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi.

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km h ⁻¹]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A ¹	Autostrade extraurbane	130-150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ²	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	70-90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70-90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2 ¹)	70-90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70-90	M2
D	Strade urbane di scorrimento ²)	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2 ¹)	70-90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane : altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi agli utenti)	5	C4/P2
Strade locali interzonali	50	M3	
	30	C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴)	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare ¹)	30	
<p>1) Secondo il decreto ministeriale 5 novembre 2001, n. 6792 "norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e successive integrazioni e modifiche.</p> <p>2) Per strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di illuminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile a questa.</p> <p>3) Per le strade di classe F, con limite di velocità < 30 kmh⁻¹, in assenza di marciapiedi laterali, la zona da prendere in considerazione corrisponde alla totalità dello spazio compreso tra le facciate degli edifici posti direttamente a filo oppure entro il limite delle proprietà che costeggiano la zona.</p> <p>4) Marciapiedi, attraversamenti pedonali o piste ciclabili laterali, se presenti, costituiscono una zona distinta e separata.</p> <p>Secondo la legge 1 agosto 2003 numero 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003, n. 151 recante modifiche ed integrazioni al codice della strada".</p>			

ANALISI DEI RISCHI

L'analisi dei rischi consiste nella valutazione dei parametri di influenza al fine di

individuare la(e) categoria(e) illuminotecnica (illuminotecniche) che garantisce (garantiscono) la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando nel contempo i consumi energetici, i costi di gestione, l'impatto ambientale e l'inquinamento luminoso.

Il progettista, come indicato precedentemente, individua la categoria illuminotecnica di ingresso ed in seguito all'analisi dei rischi determina:

- La definizione della **categoria illuminotecnica di progetto**: categoria illuminotecnica ricavata, per un dato impianto, modificando la categoria illuminotecnica di ingresso in base al valore dei parametri di influenza individuati nella analisi dei rischi e considerati costanti nel tempo. Corrisponde alla categoria illuminotecnica di esercizio con prestazioni massime.
- La definizione della **categoria illuminotecnica di esercizio**: categoria illuminotecnica che descrive la condizione di illuminazione prodotta da un dato impianto in un specifico istante della sua vita o in una definita e prevista condizione operativa. Una data categoria illuminotecnica di esercizio viene attivata in base a specifiche operative descritte nel progetto illuminotecnico o al verificarsi di definite condizioni, sempre specificate nel progetto illuminotecnico, di uno o più parametri di influenza (in questo caso è il risultato di un campionamento, in tempo reale, di questi parametri).

PARAMETRI DI INFLUENZA

I parametri di influenza costanti nel lungo periodo determinano la categoria illuminotecnica di progetto. I più significativi parametri di questo gruppo sono elencati nella tabella seguente.

Identificativo	Parametro di influenza costante nel lungo periodo	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
01	Complessità del campo visivo normale	1
02	Assenza o bassa densità delle zone di conflitto	1
03	Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	1
04	Segnaletica stradale attiva	1
05	Assenza di pericolo di aggressione	1

Definita la categoria illuminotecnica di progetto, in base ai parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale si determinano le categorie illuminotecniche di esercizio.

Nella tabella sotto riportata vengono individuati i più significativi parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale e la relativa riduzione massima di categoria illuminotecnica.

Identificativo	Parametro di influenza variabile nel tempo	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
06	Flusso orari di traffico < 50% rispetto all'aportata di servizio	1
07	Flusso orari di traffico < 25% rispetto all'aportata di servizio	2
08	Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	1

METODOLOGIA OPERATIVA PER L'INVIDUAZIONE DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE

In accordo con il committente e il proprietario/gestore della strada sono state definite le classificazioni delle strade sulla scorta dei riferimenti normativi e legislativi esistenti (appendice informativa C Norma UNI 11248:2016). Con la classificazione della strada è stata definita la categoria illuminotecnica di ingresso in base al Prospetto 1 della Norma UNI 11248:2016.

Nella tabella riportata nell'Allegato 1 "CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE OGGETTO DI INTERVENTO DI EFFICIENTAMENTO DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE" si sono identificate per ogni via (zona di studio), la classificazione della strada, la categoria illuminotecnica di ingresso, i parametri di influenza (elencati nelle tabelle precedenti)

 Comune di Castel di Lama	EFFICIENTAMENTO IMPIANTO DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE	
	PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO	ELABORATO 8E – RELAZIONE TECNICA

e le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio derivanti dall'analisi dei rischi.

REQUISITI PRESTAZIONALI PER CATEGORIA

Di seguito verranno riassunti i requisiti prestazionali prescritti dalla norma UNI EN 13201-2:2016 per le seguenti categorie illuminotecniche:

- Categoria M per traffico motorizzato
- Categoria C per zone di conflitto
- Categoria P per pedoni e ciclisti

Categorie M: Riguardano i conducenti di veicoli motorizzati su strade con velocità di marcia medio alte.

I principali criteri illuminotecnici di queste categorie sono basati sulla luminanza del manto stradale della carreggiata e comprendono la luminanza media (\bar{L}), l'uniformità generale (U_0) e l'uniformità longitudinale (U_l) in condizioni di manto stradale asciutto. Ulteriori criteri riguardano l'abbagliamento debilitante (f_{TI}), quantificato mediante l'incremento di soglia e l'illuminazione delle zone circostanti, quantificata dal rapporto dell'illuminamento ai bordi. Un'ulteriore criterio, utilizzato in alcuni paesi, è l'uniformità generale della luminanza in condizioni di manto stradale bagnato (U_{ow}).

Prospetto 1 UNI EN 13201 "Requisiti illuminotecnici per le categorie M previste per i conducenti di veicoli motorizzati su strade con velocità di marcia medio/alte"

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato				Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	Asciutto			Bagnato	Asciutto	Asciutto
	\bar{L} [minima mantenuta] cd x m ²	U_o [minima]	$U_l^{(a)}$ [minima]	$U_{b)ow}$ [minima]	$f_{c)TI}$ [massima] %	$R_{d)EI}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

- a) L'uniformità longitudinale (U_l) fornisce una misura della regolarità dello schema ripartito di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto totale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghe e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tal circostanza. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.
- b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Essi possono essere applicati in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati al dolo se siano pertinenti specifici requisiti nazionali.
- c) I valori indicati nella colonna f_{TI} sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati al dolo se siano pertinenti specifici requisiti nazionali.
- d) Questo criterio può essere applicato quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicati, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

Dove:

\bar{L} = **luminanza media del manto stradale**, della carreggiata di una strada (valore medio della luminanza del manto stradale calcolato sulla carreggiata)

U_o = **uniformità generale**, della luminanza del manto stradale, dell'illuminamento della zona della strada o dell'illuminamento emisferico (rapporto tra valore minimo e il valore medio)

U_l = **uniformità longitudinale** (valore minimo dei rapporti determinati per ciascuna

corsia di marcia della carreggiata come il rapporto tra il valore minimo e il valore massimo della luminanza del manto stradale rilevata lungo la mezziera di una corsia di marcia)

f_{TI} = **incremento di soglia TI**, di un oggetto in corrispondenza del manto stradale (incremento percentuale di contrasto di un oggetto necessario per farlo rimanere alla visibilità di soglia in presenza di abbagliamento debilitante prodotto da apparecchi di illuminazione di un impianto di illuminazione stradale)

R_{EI} = **rapporto dell'illuminamento ai bordi EIR**, di illuminamento di una fascia adiacente alla carreggiata di una strada (illuminamento orizzontale medio su una fascia appena al di fuori del bordo di una carreggiata, in rapporto all'illuminamento orizzontale medio su una fascia all'interno del bordo, laddove le fasce hanno la larghezza di una corsia di marcia della carreggiata)

Categorie C: Riguardano i conducenti di veicoli motorizzati ma si riferiscono a zone di conflitto come strade in zone commerciali, incroci stradali di una certa complessità, rotonde, zone con presenza di coda, ecc.

I criteri illuminotecnici si basano sull'illuminamento orizzontale e sono espressi mediante l'uniformità media e generale. Queste categorie si applicano anche a pedoni e ciclisti.

Categoria	Illuminamento orizzontale		
	\bar{E} [minimo mantenuto] lx	U_0 [minimo]	f_{TI} [massimo] %
C0	50	0,40	15
C1	30	0,40	15
C2	20	0,40	15
C3	15	0,40	20
C4	10	0,40	20
C5	7,50	0,40	20

Categorie P: Riguardano pedoni e ciclisti su marciapiedi, piste ciclabili, corsie di emergenza, nonché strade urbane e piazze pedonali, parcheggi, cortili scolastici,

ecc.

I criteri illuminotecnici si basano sull'illuminamento orizzontale sulla zona della strada e sono espressi mediante l'illuminamento medio e minimo.

Categoria	Illuminamento orizzontale			Requisito aggiuntivo se è necessario il riconoscimento facciale	
	$\bar{E}^{a)}$ [minimo mantenuto] lx	U_o [minimo]	f_{π} [massimo] %	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx	$E_{sc,min}$ [mantenuto] lx
P1	15,0	3,00	20	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	25	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	25	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	30	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	30	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	35	0,6	0,2
P7	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata		

a) Per ottenere l'uniformità, il valore effettivo dell'illuminamento medio mantenuto non deve essere maggiore di 1,5 volte il valore minimo di \bar{E} indicato per la categoria.

Categorie SC: Sono categorie complementari da utilizzare nelle situazioni in cui l'illuminazione pubblica è necessaria per l'individuazione di persone e oggetti e in zone della strada con un tasso di criminalità più alto del normale. L'utilizzo di queste categorie favorisce la percezione della sicurezza e la riduzione della propensione al crimine. I criteri illuminotecnici si basano sull'illuminamento semicilindrico minimo su un piano al di sopra di una zona della strada.

Illuminamento semicilindrico	
Categoria	$E_{sc,min}$ [mantenuto] lx
SC1	10,0
SC2	7,50
SC3	5,00
SC4	3,00
SC5	2,00
SC6	1,50
SC7	1,00
SC8	0,75
SC9	0,50

Categoria EV: Sono categorie complementari e favoriscono la percezione di piani verticali in passaggi pedonali, caselli, svincoli o zone di interscambio o in zone con rischio di azioni criminose, ecc.

I criteri illuminotecnici si basano sull'illuminamento minimo del piano verticale in un punto.

Illuminamento del piano verticale	
Categoria	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx
EV1	50
EV2	30
EV3	10
EV4	7,50
EV5	5,00
EV6	0,50

Dove:

\bar{E} = **illuminamento medio**, su una zona della strada, (valore medio dell'illuminamento orizzontale calcolato su una zona della strada)

U_o = **uniformità generale**, della luminanza del manto stradale, dell'illuminamento della zona della strada o dell'illuminamento emisferico, (rapporto tra valore minimo e il valore medio)

$E_{v,min}$ = **illuminamento minimo del piano verticale**, in un punto, (illuminamento in un punto su un piano verticale)

$E_{sc,min}$ = **illuminamento semicilindrico minimo**, su un piano al di sopra di una zona della strada, (valore minimo dell'illuminamento semicilindrico su un piano a un'altezza specificata al di sopra di una zona della strada)

f_{TI} = **incremento di soglia TI**, di un oggetto in corrispondenza del manto stradale, (incremento percentuale di contrasto di un oggetto necessario per farlo rimanere alla visibilità di soglia in presenza di abbagliamento debilitante prodotto da apparecchi di illuminazione di un impianto di illuminazione stradale)

CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE COMPARABILI TRA ZONE CONTIGUE E TRA ZONE ADIACENTI

In presenza di zone adiacenti o contigue che prevedono categorie illuminotecniche diverse che a sua volta impongono requisiti prestazionali basati sulla luminanza o sull'illuminamento, come prescritto dalla norma UNI 11248:2016, è necessario individuare le categorie illuminotecniche che presentano un livello luminoso comparabile.

La tabella sotto riportata individua la comparazione delle varie categorie illuminotecniche per il valore di Q_0 (coefficiente medio di luminanza) preso in considerazione.

Categoriae illuminotecnicacomparabile						
Condizione	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Se $Q_0 \leq 0,05 \text{ sr}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Se $0,05 \text{ sr}^{-1} < Q_0 \leq 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $Q_0 > 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4

Si deve evitare una differenza maggiore di due categorie illuminotecniche comparabili. La zona in cui il livello luminoso raccomandato è il più elevato, costituisce la zona di riferimento.

FATTORE DI MANUTENZIONE

Nelle valutazioni illuminotecniche allegata è stato assunto un fattore di manutenzione **MF=0,8**, tale valore è stato determinato con l'applicazione dei seguenti parametri:

LLMF: fattore di deprezzamento del flusso luminoso della sorgente, che tiene conto della diminuzione del flusso luminoso in seguito all'invecchiamento della sorgente luminosa. Si assume $LLMF = 0,9$.

LSF: fattore di sopravvivenza della sorgente.

 Comune di Castel di Lama	EFFICIENTAMENTO IMPIANTO DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE	
	PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO	ELABORATO 8E – RELAZIONE TECNICA

Si assume $LSF=1$ in quanto si ipotizza di sostituire prontamente il modulo led alla rottura/guasto del primo diodo all'interno.

LMF: fattore di deprezzamento dell'apparecchio, che considera la riduzione del flusso luminoso emesso dall'apparecchio considerate specifiche condizioni ambientali e determinati intervalli di pulizia del diffusore dell'apparecchio.

Si assume $LMF = 0,89$ in quanto gli apparecchi illuminanti utilizzati hanno grado $IP>6X$, si ipotizza un intervento con pulizia dei vetri/ottiche ogni due anni e si considera "medio" il livello di inquinamento CIE 154:2003).

Pertanto il coefficiente MF nelle ipotesi sopra esposte, vale:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF = 0,9 \times 1 \times 0,89 \approx 0,8$$

STATO DI PROGETTO

I nuovi corpi illuminanti saranno tutti a tipologia led e dotati di dimmerazione automatica nelle ore notturne. Ogni corpo illuminante sarà dotato di scheda automatica per la regolazione del flusso luminoso nelle ore notturne. L'alimentatore è configurato con un profilo di dimmerazione automatica che permette di sfruttare la massima intensità luminosa nelle prime e nelle ultime ore di accensione dell'impianto, riducendo i consumi energetici nelle ore centrali della notte, quando frequentemente è sufficiente un livello di illuminazione inferiore. Il profilo di riduzione si adatta automaticamente alla durata del periodo notturno durante l'anno.

Le potenze dei corpi illuminanti dello stato di progetto sono state ricavate a seguito di calcolo ed analisi illuminotecnica.

Gli apparecchi previsti hanno 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. Gli apparecchi luminosi saranno in classe II di isolamento.

5. CALCOLO DEL RISPARMIO

In base al censimento dell'impianto di pubblica illuminazione fornito dal Comune di Castel di Lama è risultato che il parco lampade presenti su territorio comunale consta complessivamente di circa 1698 lampade.

L'intervento di sostituzione, che riguarda solamente una porzione del totale, ammonta a complessivi 330 corpi illuminanti.

Dalla verifica e dal confronto delle potenze installate e di quelle di calcolo, ipotizzando le medesime ore di funzionamento degli impianti ante e post operam di 4200 ore/anno è possibile determinare il risparmio energetico derivante dall'istalazione dei corpi a LED.

Dai calcoli effettuati si evince che l'energia risparmiata ammonta a 96'518 kWh/annui.

Castel di Lama, lì 09 Settembre 2019

Ing. Andrea Corradetti

ALLEGATO 1

CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE OGGETTO DI INTERVENTO DI EFFICIENTAMENTO DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE

ID Quadro	Nome strada	Tipo strada	Descrizione del tipo della strada	Categoria illumin.di ingresso	Categoria illumin.di progetto
10	Via G. Bruno	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Forcella	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via T. Campanella	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Savonarola	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via G. Verdi	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via A. Vivaldi	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Carrafo	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Folicara	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
16	Via Bramante	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Cecco d'Ascoli	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Raffaello Sanzio	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Roma	F	STRADE LOCALI INTERZONALI	M3	M3
	Via Bologna	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Genova	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	St. Fra Marcellino	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via G. Pascoli	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via G. Pavese	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via G. Carducci	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Napoli	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Folicara	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Cavour	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Trieste	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Firenze	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
P.zza D. Angelini	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4	
22	Via Roma	F	STRADE LOCALI INTERZONALI	M3	M3
	Via Salaria	F	STRADE LOCALI INTERZONALI	M3	M3
24	Via Roma	F	STRADE LOCALI INTERZONALI	M3	M3
31	Via Salaria	F	STRADE LOCALI INTERZONALI	M3	M3
	Via Tronto	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Europa	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Piave	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Adige	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Po fino	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Arno	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via C. Beccaria	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Crispi	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Pisacane	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
Via Indipendenza	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4	
36	Via Po	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4
	Via Arno	F	STRADE LOCALI URBANE	M4	M4

ALLEGATO 2

CALCOLO DEL RISPARMIO ENERGETICO

ID Quadro	Nome strada	ANTE OPERAM								POST OPERAM				
		Tipo lampada	Tipo corpo illuminante	Potenza lampada [W]	Potenza lampada ridotta 28% [W]	Numero punti luce	Ore funzionament o impianto	Perdite nel ferro	Consumi energetici [kWh]	Potenza LED	Potenza LED ridotta 80%	Potenza LED ridotta 70%	Numero punti luce	Consumi energetici
10	Via G. Bruno	SAP	Stradale	150	108	6	4.200	10%	2993,8	45,5	36,4	31,85	6	967,2
	Via G. Bruno	VM	Stradale	70	50,4	11	4.200	10%	2561,3	45,5	36,4	31,85	11	1773,3
	Parco Giochi	SAP	Globi	100	72	4	4.200	10%	1330,6	30	24	21	4	425,2
	Via Forcella	SAP	Stradale	150	108	14	4.200	15%	7303,0	36,4	29,12	25,48	14	1805,5
	Via T. Campanella	SAP	Stradale	100	72	6	4.200	15%	2086,6	36,4	29,12	25,48	6	773,8
	Via T. Campanella	SAP	Globi	100	72	8	4.200	15%	2782,1	30	30	30	4	504,0
	Via Savonarola	SAP	Stradale	100	72	3	4.200	15%	1043,3	36,4	29,12	25,48	3	386,9
	Via Savonarola	VM	Stradale	70	50,4	5	4.200	15%	1217,2	36,4	29,12	25,48	5	644,8
	Via G. Verdi	VM	Stradale	70	50,4	2	4.200	15%	486,9	36,4	29,12	25,48	2	257,9
	Via A. Vivaldi	VM	Stradale	70	50,4	3	4.200	15%	730,3	36,4	29,12	25,48	3	386,9
	Via Carrafo	SAP	Stradale	100	72	7	4.200	15%	2434,3	36,4	29,12	25,48	7	902,8
	Via Folicara	SAP	Stradale	100	72	6	4.200	15%	2086,6	36,4	29,12	25,48	6	773,8
									27055,7					9602,1
16	Via Bramante	SAP	Stradale	150	108	4	4.200	15%	2086,6	45,5	36,4	31,85	4	644,8
	Via Cecco d'Ascoli	SAP	Stradale	150	108	4	4.200	15%	2086,6	45,5	36,4	31,85	4	644,8
	Via Raffaello Sanzio	SAP	Stradale	150	108	1	4.200	15%	521,6	36,4	29,12	25,48	1	129,0
	Via Roma	SAP	Stradale	150	108	30	4.200	15%	15649,2	61,5	49,2	43,05	30	6536,8
	Via Bologna	SAP	Stradale	100	72	4	4.200	15%	1391,0	36,4	29,12	25,48	4	515,9
	Via Genova	SAP	Stradale	100	72	3	4.200	15%	1043,3	36,4	29,12	25,48	3	386,9
	Via G. Pascoli	SAP	Stradale	100	72	1	4.200	15%	347,8	36,4	29,12	25,48	1	129,0
	Via G. Pavese	SAP	Stradale	100	72	1	4.200	15%	347,8	36,4	29,12	25,48	1	129,0
	Via G. Carducci	SAP	Stradale	100	72	1	4.200	15%	347,8	36,4	29,12	25,48	1	129,0
	Via Napoli	SAP	Stradale	100	72	4	4.200	15%	1391,0	36,4	29,12	25,48	4	515,9
	Via Folicara	SAP	Stradale	100	72	4	4.200	15%	1391,0	36,4	29,12	25,48	4	515,9
	Via Cavour	SAP	Lanterna	150	108	18	4.200	15%	9389,5	38	30,4	26,6	18	2423,4
	Via Cavour	SAP	Stradale	150	108	6	4.200	15%	3129,8	38	30,4	26,6	6	807,8
	Via Trieste	SAP	Lanterna a muro	100	72	2	4.200	15%	695,5	36,4	29,12	25,48	2	257,9
	P.zza D. Angelini	SAP	Lanterna	150	108	4	4.200	15%	2086,6	50	40	35	4	708,6
	TOTALE Q16								37210,3					14474,6
22	Via Roma	SAP	Stradale	150	108	5	4.200	15%	2608,2	78	62,4	54,6	5	1381,8
	Via Salaria	SAP	Stradale	250	180	11	4.200	15%	9563,4	78	62,4	54,6	11	3039,9
	TOTALE Q22								12171,6					4421,7
24	Via Roma	VM	Stradale	125	90	30	4.200	15%	13041,0	61,5	49,2	43,05	30	6536,8
	Casette Sambuco	SAP	Stradale	150	108	3	4.200	15%	1564,9	36,4	29,12	25,48	3	386,9
									14605,9					6923,7
31	Via Salaria	SAP	Stradale	150	108	37	4.200	15%	19300,7	61,5	49,2	43,05	37	8062,1
	Via Salaria	SAP	Stradale	150	108	8	4.200	15%	4173,1	78	62,4	54,6	8	2210,8
	Via Tronto	SAP	Stradale	100	72	2	4.200	15%	695,5	36,4	29,12	25,48	2	257,9
	Via Piave	SAP	Stradale	150	108	3	4.200	15%	1564,9	45,5	36,4	31,85	3	483,6
	Via Adige	SAP	Stradale	150	108	20	4.200	15%	10432,8	45,5	36,4	31,85	20	3224,1
	Via Po fino nc. 47	SAP	Stradale	150	108	15	4.200	15%	7824,6	45,5	36,4	31,85	15	2418,1
	Via Arno da nc. 25-45	SAP	Stradale	150	108	7	4.200	15%	3651,5	45,5	36,4	31,85	7	1128,4
	Via C. Beccaria	SAP	Stradale	150	108	7	4.200	15%	3651,5	45,5	36,4	31,85	7	1128,4
	Via Crispi	SAP	Stradale	150	108	1	4.200	15%	521,6	36,4	29,12	25,48	1	129,0
	Via Pisacane	SAP	Stradale	150	108	2	4.200	15%	1043,3	36,4	29,12	25,48	2	257,9
	Via Indipendenza	SAP	Stradale	150	108	9	4.200	15%	4694,8	45,5	36,4	31,85	9	1450,9
									57554,3					20751,4
36	Via Po	SAP	Stradale	150	108	5	4.200	15%	2608,2	45,5	36,4	31,85	5	806,0
	Via Europa	SAP	Stradale	150	108	2	4.200	15%	1043,3	45,5	36,4	31,85	2	322,4
	Via Arno	SAP	Stradale	150	108	4	4.200	15%	2086,6	36,4	29,12	25,48	4	515,9
									5738,0	4				1644,3
					333				154335,9			329		57817,7
									RISPARMIO					96518,2

ALLEGATO 3

RELAZIONE DI VERIFICA PALI

LA CORROSIONE NEI SOSTEGNI IN ACCIAIO PER LA PUBBLICA ILLUMINAZIONE - MONITORAGGIO

PROCEDURA OPERATIVA

Procedura Operativa per l'attività di verifica sullo stato di corrosione dei pali della pubblica illuminazione siti nella città di Castel di Lama (AP) - Strada Salaria e via Giordano Bruno.

Ing. Curzi Marco

Ing. Meco Massimo

09/09/2019

LA CORROSIONE NEI SOSTEGNI IN ACCIAIO PER LA PUBBLICA ILLUMINAZIONE - MONITORAGGIO

Introduzione

In Italia esistono decine di milioni di pali in acciaio per illuminazione pubblica. Molti di essi sono deteriorati al punto che non si sa per quanto tempo possano ancora sostenere i carichi di servizio senza cadere. Sebbene statisticamente il collasso di pali non sia, per ora, un evento molto frequente in relazione alla loro numerosità, i crolli che si verificano e che si sono verificati in Italia sono più numerosi di quanto ci si possa aspettare, causando danni a cose e, non di rado, a persone, con conseguenti procedimenti legali, onerosi risarcimenti e perdita di immagine da parte dell'amministrazione pubblica.

La principale causa di degrado strutturale dei pali è la corrosione da parte di agenti atmosferici quali:

- Acqua e umidità
- Gas acidi (atmosfera urbane e/o industriali)
- Cloruri (atmosfera marine o da sali antighiaccio)
- Sali presenti nel terreno

Non di rado a questi fattori si sommano altre cause indotte quali:

- Tipo di malta cementizia
- Correnti vaganti
- Accoppiamento galvanico con metalli diversi

La zona del palo maggiormente soggetta ai fenomeni corrosivi è la fascia in corrispondenza dell'incastro nel terreno, che risulta essere anche la parte soggetta al massimo carico statico. Il ristagno di acqua internamente alla base del palo, l'acqua e l'umidità che permeano esternamente la pavimentazione stradale o i sostegni in calcestruzzo, in funzione dei parametri meteorologici, sono i fattori principali che innescano e sostengono il processo corrosivo. La presenza di gas disciolti in acqua, di alogenuri o altri tipi di sali sono fattori acceleranti.

La pericolosità dell'attacco corrosivo risiede nel fatto che nella maggioranza dei casi non è visibile ad occhio nudo, ma si sviluppa al di sotto della guaina protettiva o della basetta in calcestruzzo.

Un monitoraggio dello stato di corrosione del palo può evitare crolli e permettere l'ottimizzazione degli interventi manutentivi in termini di frequenza e tipologia di operazione.

La metodologia operativa utilizzata permette, inoltre, di calcolare la vita residua del palo. Con una certa approssimazione dopo la prima verifica. Con precisione crescente dalla terza verifica in poi. E' bene specificare che attraverso tale censimento non vengono determinate ipotesi sulla velocità di corrosione o sulla vita residua del sostegno. Le analisi ed i responsi sono riferiti ad un lasso temporale di 2 anni. Dopo tale arco temporale è indispensabile effettuare nuove verifiche perché quelle effettuate in questo studio potranno subire importanti modifiche per via di situazione straordinarie che si generano per la formazione di agenti esterni.

La procedura operativa completa di indagine sullo stato di conservazione e la verifica dell'idoneità statica di pali in acciaio per illuminazione pubblica dovrebbe prevedere che gli esami di seguito indicati vengano effettuati su ciascun palo:

1. **Esame visivo.** Viene effettuata una accurata ispezione visiva dello stato del palo annotando ogni anomalia rispetto alla condizione originaria (abrasioni, ammaccature, fori, attacchi corrosivi visibili, etc.) ed effettuate foto delle parti significative.
2. **Misura dello spessore residuo del palo.** Si esegue utilizzando uno spessimetro ad ultrasuoni. Le misure sono rilevate circonferenzialmente secondo i quattro punti cardinali (Nord, Sud, Est, Ovest) e secondo i quattro semi-punti. Qualora in un punto si riscontrino valori anomali le misure vengono infittite in corrispondenza di quel punto.
3. **Misura del potenziale spontaneo.** Consiste nella misura tramite multimetro di precisione del potenziale elettrochimico del palo rispetto ad un elettrodo di riferimento a potenziale costante. Gli elettrodi di riferimento più utilizzati per questo tipo di misure sono: l'elettrodo al solfato di rame saturo (Cu/CuSO₄), di gran lunga il più utilizzato, l'elettrodo al calomelano, l'elettrodo al cloruro d'argento.
4. **Misura della velocità di corrosione.** Si effettua tramite un corrosimetro, che utilizza una tecnica elettrochimica galvanodinamica con un sistema a tre elettrodi, dei quali il palo costituisce l'elettrodo di lavoro. Gli altri due sono un contro-elettrodo di acciaio inossidabile austenitico (AISI 304) e un elettrodo di riferimento. Lo strumento fornisce direttamente il dato di velocità di corrosione in micron/anno.

Sulla base dei risultati complessivi e dei dati relativi alla tipologia di palo, ai materiali utilizzati alle caratteristiche geometriche e materiche della fondazione potrà essere deciso il tipo di intervento da eseguire.

La presente procedura fa riferimento esclusivamente agli esami riportati nei precedenti punti 1.e 2. rilevando e fotografando la situazione attuale dei pali in acciaio di pubblica illuminazione.

Una certificazione completa dell'idoneità statica dei pali si potrà ottenere integrando la seguente procedura con ulteriori esami come indicato ai punti 3. e 4. e definendo i criteri di accettabilità meccanica, partendo dalla normativa vigente per individuare i metodi di calcolo e le verifiche di sicurezza richieste.

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La seguente procedura descrive la tipologia e la modalità di esecuzione dei controlli necessari alla valutazione dello stato di conservazione di pali di acciaio per illuminazione mediante l'impiego di controlli non distruttivi per la ricerca di danneggiamenti dovuti a fenomeni corrosivi e/o cedimenti.

- Ispezione visiva preliminare per la valutazione dello stato di conservazione della struttura costituente il palo e della sezione critica corrispondente alla zona di allocazione del palo.
- Misure spessimetriche del palo.

RIFERIMENTI NORMATIVI

1. UNI/TS 11479 *Prove non distruttive – Tecniche di indagine sullo stato di conservazione di pali di acciaio*
2. UNI EN 13018 *Prove non distruttive – Esame visivo – Principi generali*
3. UNI EN 14127 *Prove non distruttive – Misurazione dello spessore mediante ultrasuoni – Principi generali*

ZONE DA SOTTOPORRE A CONTROLLO

Le parti dei pali da sottoporre a controllo sono:

- a. Parte interrata.

La parte interrata è tipicamente interessata da fenomeni corrosivi attivati dall'elettrolita a contatto con la superficie metallica (materiale di riempimento a diversa granulometria e compattazione, terreno, cemento, asfalto ecc.). il contenuto di acqua e la variazione della concentrazione di ossigeno rappresentano i principali fattori discriminanti. Non trascurabile in talune situazioni è il contributo delle correnti vaganti.

- b. Interfaccia.

L'interfaccia è solitamente caratterizzata dalla presenza di un sistema di protezione (oltre alla normale verniciatura) costituito da un collarino di malta cementizia e/o da un nastro di tela impregnata o da una guaina.

In corrispondenza dell'interfaccia è probabile la formazione di pile per areazione differenziale (sia dall'esterno sia dall'interno) e fenomeni di "crevice corrosion" o corrosione sotto schermo, forma di corrosione il cui meccanismo di sviluppo è determinato da areazione differenziale dovuta a possibile incorretta installazione, naturale degrado dei rivestimenti protettivi.

Piano dei controlli e procedura di controllo

Descrizione Fasi Operative Ciclo di Lavoro.

Il Ciclo di Lavoro relativo al rilievo dello stato di conservazione di pali di acciaio per illuminazione pubblica, prevede due fasi distinte.

1. La prima fase, da eseguirsi in loco a cura del Verificatore, prevede una serie di ispezioni e di misure.
 - Esame Visivo
 - Misure spessimetriche (a campione)
2. La seconda fase, in back office a cura del Validatore, contempla l'analisi dei dati riscontrati in campo e la loro elaborazione e restituzione grafica.

ELABORAZIONE DATI

I dati riscontrati in campo saranno elaborati e verrà restituito un giudizio per ogni sostegno su un inquadramento aereofotogrammetrico/catastale.

I risultati dell'elaborazione, che avranno valore per un arco temporale di 1 anno, potranno avere 3 diversi responsi:

- colore  **buono stato**. Il palo della pubblica illuminazione è risultato essere in buone condizioni, senza particolari corrosioni in stato di avanzamento e senza la presenza di anomalie che nel breve periodo possano andare ad incidere sulla sua stabilità.

- colore  **cattivo stato**. Il palo della pubblica illuminazione è risultato essere in cattive condizioni. Le motivazioni potrebbero essere svariate; a partire da corrosioni in stato di avanzamento all'interfaccia o sulla parte aerea, o per la presenza di particolari anomalie (ammaccature, inclinazioni, riduzioni di sezioni resistenti) che nel breve periodo e per l'insorgere di fenomeni corrosivi importanti e straordinari potrebbero inficiare il corretto comportamento statico del sostegno (opportuno il controllo periodico per evitare l'immediata sostituzione). Su questi sostegni vengono suggeriti degli interventi di manutenzione necessari per prolungarne la vita utile.

- colore  **da sostituire**. Il palo della pubblica illuminazione presenta gravi danni o menomazioni quali lacerazioni deficitarie o profonde ed estese corrosioni che nel breve periodo causerebbero il cedimento del sostegno stesso per effetti di momenti alla base superiori alle resistenze in atto.

SINTESI RISULTATI OTTENUTI

L'esame commissionato ha riguardato l'analisi di n. 71 sostegni della pubblica illuminazione dislocati lungo la Strada Salaria 4 (S.S.4) e lungo via Giordano Bruno del Comune di Castel di Lama (AP).

Il rilievo ha messo in evidenza la presenza di situazioni critiche su tutte le zone di osservazione, con qualche distinzione per effetto della tipologia di sostegno rilevato e situazione corrosiva in atto.

Per il QE31 ed il QE22, che comprende i pali della pubblica illuminazione della Strada Salaria, è emerso quanto segue:

1) le principali criticità si trovano partendo da piazza Gramsci e procedendo verso ovest: la maggior parte dei sostegni presenta gravi danni o menomazioni quali lacerazioni deficitarie puntali o profonde e sono da sostituire. Dello stesso giudizio sono stati classificati anche quei pali che, seppur non presentando incipienti situazioni di collasso, si manifestano con ammaccature o inclinazioni anomale che ne compromettono la stabilità nel breve periodo.

2) procedendo, invece, da piazza Gramsci verso est, la situazione è leggermente differente. Innanzitutto i pali visionati appartengono ad una categoria di "sostegni" maggiormente resistenti, con una sezione a corona circolare avente spessore, rilevato mediante spessimetro, maggiore (compreso fra i 4mm ed i 5mm) e con dei carichi agenti che non vanno a generare importanti azioni statiche (assenza di sbraccio).

Il giudizio complessivo non risulta essere completamente insoddisfacente. La maggioranza dei pali rilevati in questa zona presenta un residuo di vita utile che sarebbe opportuno riverificare nell'arco temporale di 2 anni. Non si negano corrosioni in stato di avanzamento all'interfaccia o sulla parte aerea, o la presenza di particolari anomalie; tuttavia, mediante l'esecuzione di interventi di manutenzione straordinaria suggeriti e necessari, si otterrà un prolungamento della vita utile del sostegno.

Infine, per il QE10, che comprende i pali della pubblica illuminazione di Via Giordano Bruno, si hanno degli esiti per lo più negativi. Diversi pali hanno mostrato segni di estese corrosioni generalizzate che colpiscono la base del palo, con un caso in cui l'acciaio si è mostrato completamente squarciato (incrocio via Liberazione/Giordano Bruno). Si suggeriscono interventi di manutenzione per i sostegni meglio rinvenuti, alternati a complete rimozioni e sostituzioni con pali zincati per le situazioni più critiche.

Per gli esiti completi e specifici si rimanda alla lettura degli elaborati tecnici e grafici allegati.

Ascoli Piceno, 09/09/2019

Il Tecnico rilevatore



Q_31



Q_22



Q_10

LEGENDA DEI SIMBOLI		
N°	SIMBOLO	DESCRIZIONE
1		SOSTEGNO IN BUONO STATO
2		SOSTEGNO IN CATTIVO STATO (da ricontrollare in futuro)
3		SOSTEGNO DA SOSTITUIRE
4		SOSTEGNO NON VALUTABILE PER FATTORI ESTERNI
5		SOSTEGNO NON OGGETTO DI VERIFICHE
6		VERNICIATURA SOSTEGNO PER DEGRADO DELL'ESISTENTE
7		APPLICAZIONE DI GUAINA PROTETTIVA ALL'INTERFACCIA
8		REALIZZAZIONE DI NUOVO COLLARINO IN CEMENTO A PROTEZIONE
9		PIOMBATURA DEL SOSTEGNO PER INCLINAZIONE ANOMALA