



REGIONE AUTONOMA
DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA



COMUNE DI CARLOFORTE
Provincia del Sud Sardegna

**LAVORI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE
PUBBLICA DEL COMUNE DI CARLOFORTE
CUP: H64H25000390008
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA**

PROGETTAZIONE

Progettista: **Ing. Giuseppe Simeone**

Coordinatore della Sicurezza in fase di progettazione: **Ing. Nicola Uras**

STAZIONE APPALTANTE

COMUNE DI CARLOFORTE

VIA GARIBALDI, 72 - 09014 - CARLOFORTE (SU)

Il Sindaco: **Dott. Stefano Rombi**

Responsabile Unico del Progetto: **Ing. Nicola Uras**

Sostituto del Responsabile Unico del Progetto: **Arch. Paolo Parodo**

Elaborato:

AII. A2

Contenuto:

Relazione illuminotecnica

Novembre 2025

Premessa e riferimenti normativi

Oggetto dell'intervento

Nell'ambito del progetto relativo ai LAVORI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA DEL COMUNE DI CARLOFORTE - CUP H64H25000390008 – si intende intervenire in diverse aree del centro urbano con la sostituzione di n. 220 diffusori esistenti con altrettanti nuovi corpi illuminanti a maggiore efficienza dal punto di vista energetico e della riduzione dell'inquinamento luminoso.

Scopo della relazione

La presente relazione ha lo scopo di illustrare i criteri tecnici e i risultati del progetto illuminotecnico relativo all'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti esistenti (SAP, Ioduri Metallici, Vapori di Mercurio) con nuovi apparecchi a tecnologia LED presso 7 distinte aree del centro urbano. L'intervento interessa complessivamente n. 220 punti luce, mantenendo invariati i sostegni, le linee di alimentazione ed i quadri elettrici di comando.

L'obiettivo è il miglioramento dell'efficienza luminosa ed energetica dell'impianto, la riduzione dei consumi e la minimizzazione dell'inquinamento luminoso, garantendo al contempo adeguati livelli di sicurezza e comfort visivo per gli utenti dell'area. La relazione, redatta in conformità alla UNI 11630:2016 "Luce e illuminazione – Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico", documenta le scelte progettuali, i parametri di calcolo e le verifiche prestazionali condotte secondo la UNI EN 13201.

Il documento costituisce parte integrante del progetto esecutivo e supporta la verifica di conformità normativa, energetica e ambientale dell'intervento proposto.

Campo di applicazione e aree di intervento

Il presente progetto illuminotecnico riguarda la sola sostituzione dei corpi illuminanti installati nelle 7 aree descritte in tabella, per un totale di n. 220 punti luce. L'intervento non prevede modifiche alle linee di alimentazione, ai pali di sostegno, ai plinti, ai quadri elettrici o ai dispositivi di comando e protezione esistenti, che restano pienamente funzionali e conformi alle normative vigenti.

Rientrano nel campo di applicazione della relazione:

- la verifica illuminotecnica dell'impianto a seguito della sostituzione dei corpi illuminanti;
- la valutazione dell'efficienza energetica e fotometrica dei nuovi apparecchi;
- la verifica del rispetto dei requisiti normativi relativi a sicurezza visiva, uniformità di illuminazione e contenimento dell'inquinamento luminoso;
- la compatibilità meccanica ed elettrica dei nuovi apparecchi con le strutture e gli impianti esistenti.

Non rientrano invece nel presente ambito:

- la progettazione o modifica dell'impianto elettrico;
- la posa di nuovi punti luce o la variazione dell'assetto distributivo;
- l'intervento sulle fondazioni o sulla rete di alimentazione.

Il progetto si configura pertanto come intervento di efficientamento e adeguamento tecnologico a parità di configurazione impiantistica, volto a garantire prestazioni illuminotecniche ed energetiche migliorate nel rispetto delle norme UNI 11630 e UNI EN 13201.

Comune di Carloforte – Provincia del Sud Sardegna

LAVORI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA DEL COMUNE DI CARLOFORTE

CUP: H64H25000390008 - PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

i.d. interv	POD	Zona – Via	Quadro di Riferimento	intervento	Tipologia apparecchi esistenti	sorgente	n°
1	IT001E98065069	Diga SUD	Q3	Sost. apparecchi	Lanterne con braccio +segnap.	SAP	54
2	IT001E98166261	Via De Andrè	Q16	Sost. apparecchi	Diffusori a globo su palo	Ioduri Metallici	18
3	IT001E98377970	Muro Via Porta Leoni	Q09	Sost. apparecchi	Proiettori a terra	Ioduri metallici+SAP	15
4	IT001E98186938	Piazza A. Aste e vie limitrofe	Q10	Sost. apparecchi	Lanterne con braccio o su palo	Ioduri metallici+SAP	29
5a	IT001E98186915	Vie Pianosa,Damele, Segni, Salita Rombi	Q04-Q05	Sost. apparecchi	Armatura stradale su palo	SAP	34
5b	IT001E98186915	Salite Rombi, S.Cristina, Via P. Cassebba	Q05	Sost. apparecchi	Lanterne con braccio	Ioduri metallici+SAP + Vapori Mercurio	12
6	IT001E98369538	Vie Albenga, Corallari, Naviganti, e Riverso	Q23	Sost. Apparecchi	Armatura stradale su palo + 1 proiettore	SAP + Ioduri metallici	30
7	IT001E98272815	Vie Albenga, Levante, Ponente, Grecale, Mezzogiorno, Scirocco, Tramontana, Maestrale	Q24	Sost. Apparecchi	Armatura stradale su palo	SAP	28
Totale Interventi di sostituzione							220

Tabella 1 – Aree di intervento sostituzione apparecchi di illuminazione

Nell'immagine satellitare seguente l'ubicazione degli interventi di sostituzione degli apparecchi in progetto



Si prevede in totale di intervenire su un totale di 220 corpi illuminanti costituiti principalmente da armature stradali su palo, lanterne artistiche su palo o su braccio, segnapasso e proiettori con sorgenti principalmente al Sodio ad Alta Pressione e Ioduri Metallici.

Dal punto di vista energetico, le lampade oggetto di intervento, sommano potenze assorbite per un totale di **oltre 20 kW**, come riassunto nella tabella successiva (Tabella 2).

Comune di Carloforte – Provincia del Sud Sardegna

LAVORI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA DEL COMUNE DI CARLOFORTE

CUP: H64H25000390008 - PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

id interv.	Indirizzo	Corpo Illum.	Sostegno	Tipo Lampada	P. Attuale [kW]	Num.	Cons. Att. [kW]
1	Diga sud	Lanterna braccio	A parete	SAP	70	26	1,82
		Segnapasso	su panchina	SAP	18	28	0,504
2	VIA DE ANDRE	Globo	Palo conico	Iod. metallici	70	18	1,26
3	VIA CORALLARI	Proiettore	A terra	Iod. metallici	250	3	0,75
				SAP	250	2	0,5
					400	10	4
4	PIAZZA A.ASTE	Lanterna	Palo storico	Iod. metallici	70	7	0,49
				SAP	70	10	0,7
	Sal. S.ta CRISTINA	Lanterna	A parete	SAP	70	4	0,28
	VIA CAPRERA	Lanterna	A parete	SAP	70	2	0,14
	VIA DEL CASTELLO	Lanterna	A parete	SAP	70	1	0,07
	VIA MUSTASSAFFO	Lanterna	Palo storico	Iod. metallici	70	2	0,14
				SAP	70	1	0,07
	VICO TABARKA	Lanterna	A parete	Iod. metallici	70	2	0,14
5a	Sal. G. ROMBI	Armatura stradale	Palo conico	SAP	70	1	0,07
					100	7	0,7
	VIA A. SEGNI	Arredo urbano	Palo conico	SAP	70	3	0,21
	VIA DAMELE	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	11	1,1
	VIA PIANOSA	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	4	0,4
	VICO PIANOSA	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	8	0,8
5b	Sal. G. ROMBI	Lanterna	A parete	Iod. metallici	70	4	0,28
				SAP	70	6	0,42
			Palo storico	Vap.mercurio	80	1	0,08
	Sal. S.ta CRISTINA	Lanterna	A parete	Iod. metallici	70	1	0,07
6	VIA ALBENGA	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	12	1,2
	VIA CORALLARI	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	4	0,4
			Palo rastremato	SAP	100	4	0,4
	VIA DEI NAVIGANTI	Armatura stradale	A parete	SAP	100	1	0,1
			Palo conico	SAP	100	17	1,7
		Proiettore	Palo conico	Iod. metallici	250	1	0,25
	VIA RIVERSO	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	2	0,2
7	VIA GRECALE	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	1	0,1
	VIA LEVANTE	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	1	0,1
	VIA MAESTRALE	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	5	0,5
	VIA MEZZOGIORNO	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	1	0,1
	VIA PONENTE	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	2	0,2
	VIA SCIROCCO	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	2	0,2
	VIA TRAMONTANA	Armatura stradale	Palo conico	SAP	100	5	0,5
Totale complessivo						220	20,94

Tabella 2 – Dettaglio punti e vie di intervento

Riferimenti normativi

Il presente progetto è stato redatto nel rispetto delle norme tecniche e legislative vigenti in materia di illuminazione pubblica, impianti elettrici e contenimento dell'inquinamento luminoso.

In particolare, sono stati considerati i seguenti riferimenti normativi e documentali:

Norme UNI e CEI

UNI 11630:2016 – Luce e illuminazione – Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico;

UNI EN 13201:2016 (parti 1–5) – Illuminazione stradale (criteri di progettazione, requisiti prestazionali, calcolo e verifica delle prestazioni, misurazione e controllo);

UNI 10819:1999 – Luce e illuminazione – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso degli impianti di illuminazione esterna;

CEI 64-8 – Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata;

CEI EN 60598-1 e CEI EN 60598-2-3 – Apparecchi di illuminazione – Prescrizioni generali e particolari per apparecchi destinati all'illuminazione stradale;

UNI EN 12464-2:2014 – Illuminazione dei luoghi di lavoro – Esterni, per i criteri generali di comfort visivo e uniformità.

Normativa legislativa e regolamentare

D.M. 37/2008 – Regolamento per l'installazione degli impianti all'interno degli edifici;

D.Lgs. 81/2008 – Testo unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro, per gli aspetti connessi alla sicurezza elettrica;

D.M. 27 settembre 2017 – Criteri ambientali minimi per l'illuminazione pubblica (CAM – G.U. n.244 del 18.10.2017);

Legge regionale vigente in materia di inquinamento luminoso e risparmio energetico;

Regolamenti comunali e prescrizioni dell'Ente gestore dell'impianto.

Documentazione tecnica di progetto

Schede fotometriche e certificazioni dei nuovi apparecchi a LED;

Planimetrie e rilievi dei punti luce esistenti;

Relazioni di calcolo illuminotecnico secondo UNI EN 13201;

Schemi elettrici e planimetrie fornite dall'Ente gestore.

Per quanto concerne il territorio di intervento, si applicano inoltre le disposizioni previste dalla Legge Regionale Sardegna 29 maggio 2006, n. 7 – “Disposizioni per la prevenzione dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico in materia di illuminazione esterna”, e relativi Regolamenti attuativi. Tale normativa definisce i criteri tecnici e gestionali per l'installazione, la sostituzione e l'esercizio degli impianti di illuminazione esterna, stabilendo in particolare che:

- gli apparecchi di illuminazione devono avere emissione di flusso luminoso verso l'alto nulla (ULOR = 0%);
- la temperatura di colore deve essere contenuta (preferibilmente ≤ 3000 K) per ridurre l'impatto ambientale e l'abbagliamento;
- gli impianti devono essere dotati di sistemi di regolazione del flusso luminoso o di spegnimento parziale nelle ore notturne a ridotta fruizione;
- le sostituzioni e gli interventi di efficientamento devono garantire una riduzione dei consumi energetici rispetto alla situazione preesistente;
- è raccomandata la valutazione preventiva dell'impatto luminoso in prossimità di aree naturali o sensibili (es. zone verdi, habitat faunistici).

Le presenti prescrizioni sono richiamate nella progettazione dei nuovi corpi illuminanti a LED, che risultano conformi ai criteri della L.R. 7/2006 e della Deliberazione della Giunta Regionale n. 48/43 del 21 novembre 2019, recante gli “Indirizzi tecnici per l'applicazione della legge regionale n. 7/2006”, che ribadisce la necessità di utilizzare apparecchi full cut-off, ad alta efficienza e con controllo fotometrico certificato.

Criteria di progetto

L'intervento in oggetto si distribuisce in 7 principali aree per le quali viene attribuita la seguente categoria illuminotecnica di riferimento ai sensi della UNI 11248.

NORMA UNI 11248 – PRESCRIZIONI			
Classificazione delle strade secondo il Codice della Strada			
Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limite di Velocità (km/h)	Categoria illuminotecnica di riferimento
A1	Autostrade extraurbane	130 - 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A2	Strade di servizio alla autostrade extraurbane	70 - 90	M2
	Strade di servizio alla autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 - 90	
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) ¹⁾	70 - 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	
D	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	M2
	Strade urbane di scorrimento ²⁾	70	
E	Strade urbane di interquartiere	50	M3
	Strade urbane di quartiere	50	
F ³⁾	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 gli altri utenti)	5	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴⁾	50	M3
		30	C4/P2
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	non dichiarato	P2

prospetto 3 **Categorie illuminotecniche P**

Categoria	Illuminamento orizzontale		Requisito aggiuntivo se è necessario il riconoscimento facciale	
	$\bar{E}$ ^{a)} [minimo mantenuto] lx	E_{min} [mantenuto] lx	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx	$E_{sc,min}$ [mantenuto] lx
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	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.

prospetto		1 Categorie illuminotecniche M				
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]	$U_1^{(3)}$ [minima]	$U_{ab}^{(3)}$ [minima]	$I_{11}^{(3)}$ [massima] %	$R_E^{(3)}$ [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

Categorie illuminotecniche serie C

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	$\bar{E}$ in lx [minimo mantenuto]	U_o [minima]
C0	50	0,4
C1	30	0,4
C2	20	0,4
C3	15	0,4
C4	10	0,4
C5	7,5	0,4

Comune di Carloforte – Provincia del Sud Sardegna

LAVORI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA DEL COMUNE DI CARLOFORTE
CUP: H64H25000390008 - PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

Interv.	Zona – Via	Classificazione illuminotecnica	Illuminamento medio illum. Min mantenuto	Uniformità
1	Diga SUD	P1 – CE3	~15–20 lx	>0,30
2	Via De Andrè	M3	1	0,40
3	Muro Via Porta Leoni	-	-	-
4	Piazza A. Aste e vie limitrofe	M4-C3-P1	0,75-15lx	0,40
5a	Vie Pianosa, Damele, Segni, Salita Rombi	M4	0,75	0,40
5b	Salite Rombi, S. Cristina, Via P. Cassebba	M4-C3-P1	0,75-15lx	0,40
6	Vie Albenga, Corallari, Naviganti, Verso	M4	0,75	0,40
7	Vie Albenga, Maestrale, Scirocco e più	M4	0,75	0,40

La strada viene classificata progettualmente dal punto di vista illuminotecnico a partire dalla sua categoria illuminotecnica in ingresso; a partire da questa è necessario eseguire un'analisi dei rischi che, attraverso l'individuazione e la valutazione dei parametri di influenza significativi, consenta di prevenire a categorie illuminotecniche di progetto in grado di garantire la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando i consumi energetici e di gestione. L'analisi dei rischi consiste nella valutazione reale del livello dei parametri di influenza per garantire la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada, minimizzando al contempo, i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione e di impatto ambientale.

Si riporta di seguito l'analisi che si deve condurre a partire dalla classificazione illuminotecnica di ingresso che il progettista illuminotecnico deve applicare. I parametri di influenza previsti dalla norma UNI 11248 risultano essere i seguenti:

Parametro di influenza - costante nel lungo periodo, per determinare categoria illuminotecnica di PROGETTO	Riduzione massima della categoria illuminotecnica di ingresso (MAX 2)
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto ¹⁾	1
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
1) In modo non esaustivo sono zone di conflitto gli svincoli, le intersezioni a raso, gli attraversamenti pedonali, i flussi di traffico di tipologie diverse.	
Parametro di influenza - variabile nel tempo in modo periodico o casuale, per determinare categoria illuminotecnica di ESERCIZIO	Riduzione massima della categoria illuminotecnica di progetto (MAX 2)
Flusso orario di traffico <50% rispetto portata di servizio	1
Flusso orario di traffico <25% rispetto portata di servizio	2
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	1
NB: La riduzione tra categoria illuminotecnica di ingresso e categoria illuminotecnica di esercizio non può essere superiore a 3	

La categoria di progetto dovrà risultare di norma inferiore alla categoria illuminotecnica di ingresso di una categoria. La definizione della categoria di progetto avviene modificando la categoria di ingresso in base al tipo di strada ed ai parametri di influenza considerati nella valutazione del rischio. Al fine di pervenire ad una progettazione illuminotecnica sull'intervento di riqualificazione è necessario definire quali sono i parametri di riferimento da rispettare. Nel settore dell'illuminazione pubblica la norma di buona tecnica da rispettare è data rispettivamente dalle norme UNI 11248-2016 per quanto riguarda la classificazione illuminotecnica delle strade ed aree di conflitto e dalla norma UNI 13201-2016 per quanto riguarda i parametri da rispettare in ciascuna categoria illuminotecnica.

Determinato il livello illuminotecnico da garantire risulta necessario individuare sul posto i parametri corretti utili ad effettuare le simulazioni illuminotecniche dei prodotti che si intende proporre.

A tal fine la viabilità illuminata del territorio comunale è stata suddivisa in ambiti tipologici ricorrenti per classificazione illuminotecnica e per caratteristiche geometriche (larghezza, inter-distanza pali, altezza pali, ecc.) e ciò permetterà di

effettuare le simulazioni rappresentative per tutto il territorio. L'individuazione della categoria di ingresso e categoria di progetto, trova riscontro in quanto riportato nella Norma UNI 11248-2016 come descritto nel paragrafo precedente. Nell'allegato "Relazione illuminotecnica" sono riportati gli ambiti omogenei che caratterizzano gli interventi con gli annessi calcoli illuminotecnici che certificano l'adeguatezza del prodotto proposto ed i relativi livelli prestazionali raggiunti. I calcoli illuminotecnici di progetto sono stati eseguiti con programma certificato "Relux"

Tutte le zone omogenee, sia per quanto riguarda le carreggiate che le zone attigue, raggiungono requisiti di illuminamento minimo richiesto dalla Norma UNI EN 13201 – 2, conforme alla classe illuminotecnica di progetto associata. Inoltre, i valori di illuminamento e luminanza non superano di 1,20 volte il limite per la categoria illuminotecnica prevista dall'analisi dei rischi.

Infine, è rispettato il cap. 4.3.3.2 dei CAM relativo a "Elementi del progetto illuminotecnico" secondo cui: Il progetto illuminotecnico comprende aspetti fotometrici, ergonomici ed energetici e per ciascuno di questi debbono essere messe in evidenza le soluzioni adottate e le relative motivazioni. Il progetto illuminotecnico deve tener conto della norma UNI 11630 e s. m. i. per quanto conforme alle disposizioni del D.Lgs n.50/2016 e s.m.i. I calcoli illuminotecnici dovranno essere svolti coerentemente con le indicazioni legislative e normative correnti, facendo altresì riferimento a criteri di buona tecnica e progettazione. Le luminanze medie mantenute di progetto ovvero gli illuminamenti medi mantenuti di progetto non dovranno superare del 20% i livelli minimi previsti dalle norme tecniche di riferimento in funzione dell'ambito considerato. Al fine di contenere il più possibile l'inquinamento luminoso e fenomeni di luce molesta, gli apparecchi dovranno essere installati preferibilmente in posizione orizzontale, ovvero non inclinati. Qualora si rendesse necessario inclinare l'apparecchio, il progettista dovrà motivare tale scelta dimostrando che non esistono soluzioni alternative valide e dovrà altresì verificare che il flusso disperso verso l'alto dell'apparecchio così inclinato rimanga entro i valori indicati al punto 4.2.3.9 in relazione alla tipologia di installazione e alla zona di suddivisione del territorio in cui ricade l'ambito illuminato.

I calcoli illuminotecnici sono redatti secondo la normativa vigente e secondo il rispetto delle categorie di ingresso indicate. Il fattore di manutenzione Km adottato per la redazione dei calcoli è stato valutato dal progettista come da metodologia descritta nel rapporto tecnico CIE 154:2003, secondo il quale il fattore di manutenzione deriva dal prodotto dei seguenti fattori:

- KLMF: fattore che considera la riduzione del flusso luminoso emesso dalla lampada durante il normale utilizzo. Pertanto, si dovrà utilizzare il valore percentuale di flusso minimo garantito dall'apparecchio al termine del suo ciclo di vita come certificato dal produttore con curva di decadimento o dato caratteristico "L--"; ad esempio, se nel progetto esecutivo verrà proposto un apparecchio illuminante con caratteristica L90, dovrà essere utilizzato un coefficiente KLMF=0,9;

- KLSF: fattore che considera il numero di lampade fuori servizio dopo un determinato periodo di funzionamento. Nel caso di cui trattasi, si assume KLSF=1 ovvero si ipotizza che le lampade fuori servizio (sorgenti SAP) vengano prontamente sostituite "su guasto";

- KMF: fattore che considera la riduzione del flusso luminoso emesso dall'apparecchio considerate specifiche condizioni ambientali e determinati intervalli fra due successivi interventi di manutenzione;

Nel caso di cui trattasi, si assume KMF =0,80 e KMF =0,90 (per apparecchi in alluminio pressofuso), come da tabella allegata, in quanto gli apparecchi illuminanti da prevedere a progetto hanno grado IP>6X e si considera un intervento con pulizia dei vetri/ottiche ogni 3 anni e si considera "medio" il livello di inquinamento.

Grado di protezione IP	Inquinamento	Ciclo di pulizia (anni)				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
IP2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Basso	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Basso	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Basso	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

Si riporta in seguito la formula proposta dalla metodologia CIE 154:2003 per il calcolo del fattore di manutenzione da adottare:

$$Km = KLMF \times KLSF \times KMF = (\text{per es.}) 0,9 \times 1 \times 0,87 \approx 0,8$$

Si prevede inoltre di gestire il flusso luminoso, nelle aree di intervento, attraverso dimmerazione ed applicazione della c.d. "mezzanotte virtuale" consentendo di ottenere:

- Alta efficienza: nei dimmer la dissipazione di energia è minore rispetto a sistemi con reostati e resistori variabili; inoltre la modulazione della luce permette di variare anche il consumo di corrente, riducendolo quando necessario;
- Maggiori risparmi: i sistemi di illuminazione che lavorano costantemente a pieno regime impiegano maggiori volumi di corrente, portando ad un aumento dei consumi energetici; con i regolati di luce è possibile migliorare il rapporto tra costi e benefici;
- Lifetime più lungo: con un risparmio energetico maggiore possono funzionare più a lungo e garantire, quindi, una maggiore efficienza.

Gli apparecchi proposti completano il quadro positivo legato a questa nuova tecnologia in quanto dotati di ottiche modulabili, che consentono una regolazione della direzione del flusso in relazione ai parametri illuminotecnici da rispettare, e costruiti per la maggior parte di materiali riciclabili. Esse saranno inoltre altamente resistenti agli urti e alle sollecitazioni anche elevate, e potranno garantire elevata dissipazione del calore. La piastra di cablaggio sarà estraibile e l'attacco di ogni apparecchio regolabile, adatto sia all'installazione testa palo sia su sbraccio.

Per quanto riguarda la rispondenza alle normative, si sottolinea che i nuovi apparecchi così riqualificati avranno tutti le seguenti caratteristiche minime:

- saranno dotati di sorgenti luminose LED con CCT<3000 K che, a parità di luminanza, conseguono impegni ridotti di potenza elettrica rispetto alle altre sorgenti in commercio;
- saranno dotati di apparecchi illuminanti che, nella loro posizione di installazione, presenteranno una distribuzione dell'intensità luminosa massima per gamma >90° inferiore a 0,49 cd/klm;
- saranno dotati di dispositivi in grado di ridurre di almeno il 30% la potenza impiegata dall'impianto entro le ore 24;
- saranno realizzati a regola d'arte, così come disposto dalle normative e dalle leggi.

La riduzione minima di potenza lorda in regolazione dovrà essere compatibile con le categorie illuminotecniche di esercizio previste nell'ambito di una dettagliata analisi dei rischi. Non saranno programmate (e ammesse) riduzioni di potenza che comportino una emissione di flusso inferiore a quella necessaria all'ottenimento della classe di esercizio richiesta. Per il comune di Carloforte si è optato per una dimmerazione, composta da un gradino:

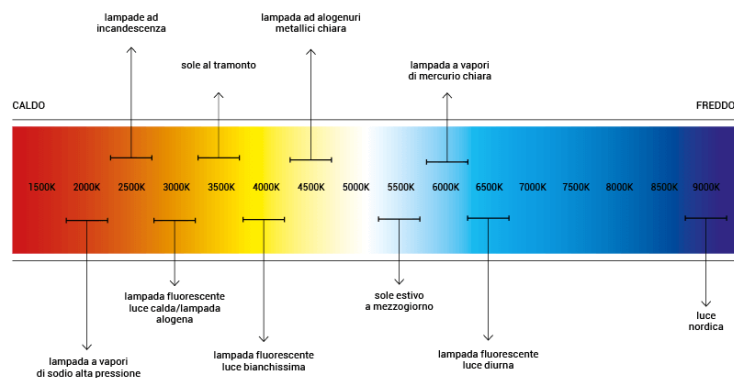
- funzionamento con riduzione di potenza del 30% dalle ore 23.00 alle ore 05.00, per un totale di 2.190 ore.
- funzionamento a pieno regime nelle restanti ore di accensione dell'impianto per un totale di 2.006.

La regolazione verrà adottata per tutti gli apparecchi dove è consentita dall'analisi dei rischi, ad eccezione di quelli ad incasso e proiettori per illuminazione architettonica.

Gli orari di accensione e spegnimento vengono convenzionalmente fissati sulla base della media mensile dell'orario di alba e tramonto e inserendo un valore di ritardo e anticipo dell'accensione e spegnimento tali da essere compresi nel crepuscolo civile. Non saranno utilizzati orari del crepuscolo civile, ma sono stati mantenuti valori che garantiscono margini successivi di regolazione della accensione tali da compensare gli indici orografici.

Ai fini del presente progetto di fattibilità tecnico economica il calcolo del consumo dell'impianto riqualificato è stato calcolato convenzionalmente sommando il valore di potenza di progetto per le ore di funzionamento a piena potenza con il valore di potenza ridotto per le ore di funzionamento a potenza ridotta. La potenza ridotta è calcolata sull'attribuzione delle categorie illuminotecniche di esercizio definite dal progettista a seguito di valutazione dei rischi. Un aspetto cardine del presente progetto, oltre agli obiettivi già citati di risparmio energetico, è stato la rimodulazione dell'illuminazione sul territorio anche da un punto di vista estetico-qualitativo di percezione e di valorizzazione dell'ambiente notturno.

La proposta di rinnovo e miglioramento intende utilizzare la luce come elemento distintivo e caratterizzante degli ambiti progettuali, per questo lo studio della luce permetterà di valorizzare rispetto al restante contesto urbano. Fattore importante risulta essere anche la scelta della temperatura di colore delle sorgenti luminose. Il colore della luce, che viene definito dalla temperatura colore espressa in gradi Kelvin, è rappresentato dalla variazione su una scala cromatica, che partendo dal bianco come punto di riferimento centrale si sposta all'aumentare della temperatura verso gli azzurri e al diminuire della medesima verso i rossi così come schematizzato nel diagramma. L'innovazione e la tecnologia led ci permettono di utilizzare differenti tenori della luce, garantendo comunque ottimali livelli di prestazione illuminotecnica e risparmio energetico. La proposta di riqualificazione prevede la riqualificazione del parco lampade con temperatura di colore pari a 4000K e 3000K, in conformità del Art. 19 comma 1 L.R. N. 2 del 29 maggio 2007 "Linee guida per la riduzione dell'inquinamento luminoso e relativo consumo energetico". Questa permetterà di valorizzare al meglio la particolarità dell'assetto urbano del comune, garantendo ottimali risultati illuminotecnici e prestazionali. Tale effetto non potrebbe essere ottenuto qualora si adottassero corpi illuminanti con una unica temperatura di colore o con una gradazione di colore più fredda.



Il comfort visivo è un tema attualmente molto importante nella progettazione di interventi di riqualificazione di impianti di pubblica illuminazione e il suo studio è in continua evoluzione poiché si ritiene importante il contributo del comfort visivo nella percezione degli spazi cittadini. Una luce correttamente progettata trasmette, infatti, sicurezza, riduce lo stress, aumenta la concentrazione, incrementa la fiducia e rassicura; per di più un'illuminazione sapiente permette una migliore fruizione degli spazi illuminati. L'incremento dei livelli di confort visivo è raggiungibile tramite il controllo delle luminanze e dei contrasti. La luce è anche percezione, in quanto l'occhio e il cervello non sono sensibili al valore assoluto degli illuminamenti e delle luminanze, ma alle differenze tra loro all'interno del campo visivo. La perfetta percezione dei contesti non verrà raggiunta quindi con livelli di luminanza/illuminamento elevati, ma con lo studio e il controllo dei gradienti di luminanza tra oggetto (elemento da illuminare), sfondo e ambiente circostante.

L'utilizzo della tecnologia led, rispetto ad altre in commercio, consente, attraverso l'impiego della tecnologia digitale, di adattare l'illuminazione in maniera molto flessibile, per assecondare le esigenze degli utilizzatori; il progetto è stato pertanto studiato regolando le ottiche degli apparecchi con precisione al fine di minimizzare l'abbagliamento senza sottoilluminare.

Criteri di selezione dei nuovi apparecchi illuminanti

La selezione dei nuovi corpi illuminanti è stata condotta in conformità alla norma UNI 11630:2016, perseguendo un equilibrio tra efficienza fotometrica, sostenibilità ambientale e compatibilità con l'impianto esistente. L'obiettivo è garantire un miglioramento delle prestazioni illuminotecniche ed energetiche riducendo al minimo l'impatto ambientale e i costi di intervento, scegliendo apparecchi conformi alle norme UNI EN 13201, CEI EN 60598, UNI 10819, L.R. Sardegna 7/2006 e Deliberazione G.R. 48/43/2019. Gli apparecchi scelti, inoltre certificati CAM ai sensi del D.M. 27 settembre 2017, soddisfano i requisiti di efficienza luminosa, durata utile, contenuto di materiali riciclabili, assenza di sostanze pericolose e predisposizione alla regolazione del flusso luminoso.

Dal punto di vista energetico, i nuovi corpi illuminanti offrono rendimenti superiori a 130 lm/W e integrano tutti la funzione "Midnight dimming" per la riduzione automatica del flusso luminoso nelle ore notturne, con un risparmio medio del 30-40% che può arrivare sino al 50% con una corrispondente diminuzione delle emissioni di CO₂. I LED adottati, con temperatura di colore non superiore a 3000 K e indice di resa cromatica Ra ≥ 80, garantiscono comfort visivo, sicurezza percettiva e ridotto impatto sulla fauna notturna, in linea con la Strategia UE per la Biodiversità 2030 e i criteri ambientali della Regione Sardegna. Gli apparecchi sono stati inoltre selezionati con grado IP adeguato ed alcuni, vantando un corpo in alluminio pressofuso e diffusori in vetro temperato sono completamente riciclabili e la lunga vita utile dei moduli LED contribuisce alla riduzione dei rifiuti elettronici e alla sostenibilità del ciclo di vita del prodotto.

L'intervento, limitandosi alla sostituzione dei corpi illuminanti con apparecchi LED certificati CAM e ad alta efficienza, rispetta il principio DNSH (Do No Significant Harm) del Regolamento (UE) 2020/852, non arrecando danni significativi ai sei obiettivi ambientali europei e contribuendo alla transizione ecologica promossa dal Green Deal e dal PNRR. Nel complesso, la soluzione adottata rappresenta un intervento di efficientamento sostenibile, capace di coniugare prestazioni luminose, risparmio energetico e tutela ambientale, mantenendo al contempo la continuità estetica e funzionale dell'impianto esistente. Di seguito le schede tecniche degli apparecchi in sostituzione.

L'intervento in progetto si configura come strategico ed essenziale in quanto l'impianto di illuminazione pubblica comunale necessita di interventi urgenti volti al miglioramento delle prestazioni energetiche e della sicurezza in generale.

Le principali criticità riscontrate sono:

- efficienza luminosa limitata (stimata < 80 lm/W rispetto ai > 130 lm/W dei modelli attuali);
- ridotta uniformità di illuminamento lungo i percorsi;
- temperatura di colore non controllata e resa cromatica inferiore ($R_a \approx 70$);
- assenza di sistemi di regolazione del flusso;
- emissione verso l'alto non conforme ai criteri ULOR = 0 % previsti dalla L.R. Sardegna 7/2006.

La sostituzione dei corpi illuminanti con modelli di nuova generazione ad alta efficienza LED consentirà di:

- ridurre la potenza installata e i consumi energetici;
- migliorare la resa cromatica e il comfort visivo ($R_a \geq 80$, $CCT \leq 3000$ K);
- rispettare i requisiti fotometrici della UNI EN 13201 per le classi P4–P5 (percorsi pedonali in parchi urbani);
- garantire la totale conformità ai criteri di contenimento dell'inquinamento luminoso e alle prescrizioni della normativa regionale.

L'intervento si configura pertanto come aggiornamento tecnologico mirato a migliorare le prestazioni illuminotecniche ed energetiche dell'impianto, mantenendo inalterata la configurazione elettrica e meccanica esistente.

Calcoli Illuminotecnici

I calcoli illuminotecnici sono stati eseguiti mediante il software professionale RELUX, certificato per l'elaborazione di simulazioni fotometriche secondo le norme UNI EN 13201-2 e UNI EN 12464-2.

Il modello di calcolo è stato sviluppato a partire dalla planimetria delle aree, considerando la reale disposizione dei pali esistenti e le caratteristiche ottiche dei nuovi apparecchi in sostituzione.

Il metodo di calcolo adottato si basa sul metodo dei punti (point-by-point), applicato su una griglia di calcolo definita in conformità ai requisiti della UNI EN 13201-3, che consente di determinare l'illuminamento orizzontale mantenuto ($\bar{E}_m$) e le uniformità minima (U_o) e longitudinale (U_l) per ciascuna area omogenea.

Le superfici di calcolo sono state impostate a quota 0,00 m dal piano di calpestio, con riflettanza del terreno pari a $\rho = 0,10$, o con valori coerenti con la classe di utilizzo. Per ogni apparecchio è stata utilizzata la curva fotometrica fornita dal produttore in formato IES/LDT, corrispondente al modello installato e certificata secondo la EN 13032-1.

Il calcolo è stato eseguito in condizioni di manutenzione applicando un fattore di manutenzione (MF) = 0,80 e 0,90 ottenuto dal prodotto dei seguenti coefficienti parziali:

Fattore di decadimento del flusso luminoso (LLMF) = 0,90, in base ai dati LM-80 dei moduli LED;

Fattore di manutenzione dell'apparecchio (LMF) = 0,90;

Fattore di manutenzione dell'ambiente (RSMF) = 1,00 (ambiente esterno);

Fattore di manutenzione dell'impianto (IMF) = 0,99 (impianto nuovo).

$MF = LLMF \times LMF \times RSMF \times IMF = 0,90 \times 0,90 \times 1,00 \times 0,99 \approx 0,80$ (worst case)

Parametri di progetto

Il calcolo è stato effettuato per la verifica delle prestazioni luminose in relazione alle classi di illuminazione definite dalla norma UNI 11630:2016, i valori di riferimento per la verifica sono i seguenti:

Comune di Carloforte – Provincia del Sud Sardegna

LAVORI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA DEL COMUNE DI CARLOFORTE
CUP: H64H25000390008 - PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

Interv.	Zona – Via	Classificazione illuminotecnica	Illuminamento medio illum. Min mantenuto	Uniformità
1	Diga SUD	P1 – CE3	~15–20 lx	>0,30
2	Via De Andrè	M3	1	0,40
3	Muro Via Porta Leoni	-	-	-
4	Piazza A. Aste e vie limitrofe	M4-C3-P1	0,75-15lx	0,40
5a	Vie Pianosa, Damele, Segni, Salita Rombi	M4	0,75	0,40
5b	Salite Rombi, S.Cristina, Via P. Cassebba	M4-C3-P1	0,75-15lx	0,40
6	Vie Albenga, Corallari, Naviganti, Rivero	M4	0,75	0,40
7	Vie Albenga, Maestrale, Scirocco e più	M4	0,75	0,40

Risultati della simulazione

I risultati ottenuti mediante simulazione illuminotecnica con software RELUX evidenziano che i nuovi corpi illuminanti, garantiscono livelli di illuminamento medio mantenuto ($\bar{E}_m$ [lx]) e di uniformità ampiamente conformi ai requisiti normativi. Si allegano in appendice risultati del calcolo per le varie aree e schede tecniche delle tipologie di prodotti scelti.

Analisi energetica e ambientale

L'intervento proposto comporta una significativa riduzione dei consumi energetici e dell'impatto ambientale complessivo dell'impianto di illuminazione comunale.

La sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con nuovi apparecchi consente di conseguire un risparmio energetico stimato superiore all'80% rispetto alla configurazione attuale.

Si riassumono di seguito i valori del risparmio energetico conseguibile:

Situazione Attuale		Situazione di progetto	
N - n. lampade	220	N - n. lampade	220
P - Potenza Attuale	20,94 kW	P - Potenza Attuale	5,55 kW
H – Ore annue utilizzo	4.000 h	H – Ore annue utilizzo	4.000 h
D – Dimmerazione	100 %	D – Dimmerazione	50 % *
Formula consumo	$P \times H \times D$	Formula consumo	$P \times H \times D$
Consumo Totale annuo	83.760 kWh	Consumo Totale annuo	11.100 kWh

Si stima pertanto che il risparmio conseguibile con l'installazione delle nuove lampade sia di 72.660 kWh annui (83.760 – 11.100 kWh) ovvero del 86,74 % rispetto alla condizione di consumo attuale.

Dal punto di vista economico, considerando un costo energetico di energia prelevata dalla rete di circa 0,20 €/kWh – il risparmio economico si tradurrebbe in 14.532 € annui per ogni anno di esercizio dell'impianto.

Dal punto di vista ambientale si considerano le seguenti conversioni per un risparmio di 70.860 kWh:

- TEP: 1 toe = 11.630 kWh da cui un risparmio di $72.660 / 11.630 \approx 6,25$ TEP
- CO₂: fattore emissione rete elettrica = 0,33 kg CO₂/kWh – $72.660 \times 0,33 = 23.977,8$ kg CO₂ (≈ 24 T CO₂).
- NO_x: fattore emissione = 0,2 g/kWh (0,0002 kg/kWh) – $72.660 \times 0,0002 = 14,532$ kg NO_x.

Risultati sintetici (per 70.860 kWh/anno risparmiati): **6,25 TEP/anno, 24 tCO₂/anno, 14,53 kg NO_x/anno.**

Dal punto di vista ambientale, l'intervento è coerente con i principi di sostenibilità promossi dall'Agenda 2030, dal Green Deal europeo e dal PNRR, rispettando il principio DNSH – Do No Significant Harm, in quanto:

- *riduce il consumo di energia primaria e le emissioni di gas serra;*
- *non comporta la produzione significativa di rifiuti da demolizione o di materiali non riciclabili, grazie al riutilizzo integrale dei pali e dei plinti esistenti;*
- *impiega apparecchi certificati CAM con corpo in alluminio e diffusore in vetro temperato, entrambi completamente riciclabili;*

- *limita le emissioni luminose verso l'alto (ULOR = 0%) e riduce l'inquinamento luminoso in conformità alla L.R. Sardegna 7/2006 e alla Delib. G.R. 48/43/2019;*
- *garantisce una temperatura di colore ≤ 3000 K e un'elevata resa cromatica ($Ra \geq 80$), a tutela della fauna e della percezione visiva naturale.*

La presenza della funzione di riduzione automatica del flusso luminoso ("Midnight dimming") contribuisce a un'ulteriore ottimizzazione dei consumi, con un profilo di utilizzo adattato ai reali orari di frequentazione delle aree di intervento.. L'intervento si configura pertanto come un'azione di efficientamento energetico sostenibile, conforme alle politiche europee e nazionali in materia di transizione ecologica, riduzione delle emissioni e contenimento dell'inquinamento luminoso.

Conclusioni

Il progetto di sostituzione dei corpi illuminanti oggetto d'intervento risponde pienamente ai criteri di progettazione illuminotecnica stabiliti dalla UNI 11630:2016 e ai requisiti prestazionali della UNI EN 13201 per le classi di illuminazione scelte. I nuovi apparecchi garantiscono livelli di illuminamento medio mantenuto superiori ai valori minimi richiesti, una corretta percezione visiva e una significativa riduzione dei consumi energetici, pur mantenendo invariata la configurazione impiantistica esistente.

L'uniformità luminosa, pienamente conforme alla normativa, garantisce un'adeguata visibilità e sicurezza dei percorsi.

Dal punto di vista ambientale ed energetico, l'intervento:

- *riduce il fabbisogno elettrico complessivo e le emissioni di CO₂;*
- *assicura la conformità ai Criteri Ambientali Minimi (CAM) e al principio DNSH;*
- *rispetta i limiti imposti dalle normative regionali e nazionali sull'inquinamento luminoso;*
- *valorizza il contesto urbano con un sistema efficiente, sostenibile e di lunga durata.*

In conclusione, la soluzione progettuale proposta può essere considerata conforme alle normative vigenti e rappresenta un intervento di riqualificazione energetica e ambientale efficace, economicamente sostenibile e coerente con gli obiettivi di riduzione dell'impatto ambientale e di miglioramento della qualità della vita urbana.

Sommario

Premessa e riferimenti normativi	1
Oggetto dell'intervento	1
Scopo della relazione	1
Campo di applicazione e aree di intervento	1
Riferimenti normativi	4
Criteri di progetto	5
Criteri di selezione dei nuovi apparecchi illuminanti	9
Calcoli Illuminotecnici	10
Parametri di progetto	10
Risultati della simulazione	11
Analisi energetica e ambientale	11
Conclusioni	12
Sommario	13
Calcoli Illuminotecnici e schede tecniche degli apparecchi tipo	14

Calcoli Illuminotecnici e schede tecniche degli apparecchi tipo