

DOTT. ING. MANOLO BONIFAZI
Vocabolo S. Elia n° 149b - Cantalupo in Sabina (RI)
Tel.: 3396159842 - mail: manolobonifazi@gmail.com
P.IVA 01112250574

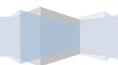
RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

*EFFICIENTAMENTO ENERGETICO E SVILUPPO
TERRITORIALE SOSTENIBILE PER L'ANNO 2024*

Committente: COMUNE DI CASPERIA (RI)
CASPERIA (RI) - Piazza Municipio, 13
C.U.P.: D84H24000850007
REV.0 - 06/09/2024

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. Manolo Bonifazi



INDICE

1. PREMESSA	3
1.1. RACCOMANDAZIONI.....	4
2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO.....	6
3. DATI DI PROGETTO.....	8
3.1. CARATTERISTICHE ALIMENTAZIONE ELETTRICA	8
3.2. PRESCRIZIONI GENERALI.....	8
3.3. CAVI.....	9
3.4. QUADRI ELETTRICI	10
3.5. CIRCUITI ELETTRICI.....	11
4. CRITERI DI PROGETTAZIONE	12
4.1. CRITERI DI PROGETTO DELLE LINEE	12
4.1.1. Criterio termico.....	12
4.1.2. Criterio elettrico.....	14
4.1.3. Dimensionamento delle linee	14
4.2. CALCOLO DEGLI INTERRUTTORI	15
4.3. CRITERI DI PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	15
4.3.1. Criteri di calcolo	16
4.3.2. Criteri Ambientali Minimi.....	17
4.4. IMPIANTO DI TERRA	21



1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione generale del progetto dei lavori di adeguamento e potenziamento dell'illuminazione pubblica previsti dall'amministrazione comunale di CASPERIA (RI) per la Contrada S. Vito.

Il sito oggetto di intervento è situato nella periferia del comune di Casperia, lungo la Contrada S. Vito che collega Casperia col comune di Cantalupo in Sabina (RI).



Figura 1: immagine satellitare del sito oggetto di intervento

L'intervento si ritiene necessario in quanto l'illuminazione esistente è insufficiente a garantire un livello luminoso adeguato alla circolazione in sicurezza degli utenti della strada.

Volendo sintetizzare le attività previste, le quali tuttavia saranno descritte nel dettaglio nell'intera documentazione progettuale, il presente intervento prevede:

- Realizzazione di scavo, realizzazione di linea interrata mediante posa di cavidotti (uno da utilizzare ed uno di riserva) e pozzetti e rinterro;
- Posa di linea elettrica e di interruttore di protezione sulla partenza della linea;
- Posa di pali integrativi e sbracci a due teste su due pali esistenti;



- Sostituzione delle armature stradali esistenti ed installazione delle armature integrative sui nuovi pali e i nuovi sbracci.

Costituiscono la documentazione progettuale dell'impianto elettrico, così come previsto dalla normativa CEI 0-2, oltre alla presente relazione tecnica, lo schema a blocchi, lo schema unifilare completo delle tabelle di coordinamento e di tutti i dettagli delle nuove linee elettriche da realizzare, la relazione di calcolo e gli elaborati grafici. Tutti i documenti che compongono la documentazione progettuale prodotta nell'ambito del presente appalto sono comunque elencati all'interno del documento "Elenco Elaborati".

L'impianto, così come sarà illustrato, oltre a basarsi sulle normative tecniche del settore, è stato pensato non soltanto in modo da soddisfare le esigenze attuali della Committenza, ma anche cercando di prevedere quelle future, in termini di risparmio energetico, affidabilità, manutenibilità ma non solo.

Nei successivi capitoli della presente relazione e negli elaborati allegati, con riferimento alle Norme CEI e alle esigenze degli impianti utilizzatori, saranno descritte le varie opere e le caratteristiche delle apparecchiature elettriche preposte ad una corretta funzionalità e sicurezza.

1.1. RACCOMANDAZIONI

L'impresa esecutrice (in seguito definita anche solamente come "impresa") si dovrà impegnare ad eseguire, a mezzo di personale qualificato, i necessari sopralluoghi ove si svolgeranno i lavori, così da verificare, con piena e completa responsabilità, le circostanze particolari o generali che potranno influire sull'esecuzione delle opere.

L'impresa dovrà verificare altresì che non ci siano impedimenti di alcun genere all'inizio dei lavori dopo aver esaminato approfonditamente il progetto ed accertato che esso sia realmente eseguibile.

L'impresa si dovrà assumere la responsabilità dell'efficienza e del buon funzionamento degli impianti e quindi dichiara esplicitamente di riconoscere gli elaborati di progetto adeguati e idonei, facendoli propri con tutte le implicazioni che ciò comporta.

L'impresa di dovrà dichiarare pienamente consapevole dell'importanza dei lavori da eseguire, delle tempistiche da rispettare e delle difficoltà e specialità di esecuzione, prendendo atto quindi che i lavori stessi dovranno essere compiuti a perfetta regola d'arte.

Le descrizioni di seguito riportate hanno lo scopo di fornire tutte le indicazioni per una più completa comprensione delle opere da realizzare.



Qualsiasi opera realizzata dalla ditta appaltatrice dei lavori elettrici in difformità dal presente progetto e senza preventiva autorizzazione formale dello scrivente, dovrà essere adeguata a proprie spese, e senza che detta impresa abbia nulla a che pretendere dal Committente e/o dallo scrivente Progettista.



2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Il progetto dell'impianto elettrico è stato redatto ai sensi della vigente legislazione e della normativa tecnica di riferimento:

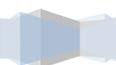
- D.Lgs. 81/2008: (testo unico della sicurezza): misure di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e succ. mod. e int.
- D.M. 37/2008: sicurezza degli impianti elettrici all'interno degli edifici
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): gradi di protezione degli involucri (codice IP)
- CEI 20-19: cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V
- CEI 20-20: cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V
- CEI 23-51 – Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- DPR 27/4/1955 n. 547 "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro."
- Legge 1/3/1968 n. 186 "Disposizioni concernenti la produzione dei materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici."
- Legge 18/10/1977 n. 791 "Attuazione delle direttive CEE 72/73 relative alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico."
- Decreto Legislativo 30/05/2008 n.115 - Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE;
- CEI 0-21 – Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 17-13 – Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).
- CEI 23-51 – Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.
- CEI 64-12 – Guida per l'esecuzione di attività di installazione degli impianti di terra negli edifici.



- D.L. 22/01/2008 n.37 - Disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- CEI EN 61439-1: "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: "Regole Generali".
- CEI EN 61439-2: "Quadri di potenza".
- CEI EN 61439-3: "Quadri di distribuzione".
- Norme CEI ed UNI specificamente citate nell'elaborato.

I riferimenti di cui sopra possono essere non esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, purché vigenti al momento della pubblicazione del presente elaborato, anche se non espressamente richiamate, si considerano applicabili.

Qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si applicano le norme più recenti.



3. DATI DI PROGETTO

3.1. CARATTERISTICHE ALIMENTAZIONE ELETTRICA

Tensione nominale	$V_n = 400 \text{ V};$
Tipologia di alimentazione	3F+N;
Frequenza nominale	$f_n = 50 \text{ Hz};$
Potenza contrattuale	$P_n = 10 \text{ kW}$
Corrente di corto circuito nel punto di consegna	$I_{cc} = 10 \text{ kA};$
Sistema di distribuzione	TT

3.2. PRESCRIZIONI GENERALI

I componenti individuati nel presente progetto sono scelti conformi alle prescrizioni di sicurezza delle rispettive norme in modo da non causare effetti nocivi sugli altri componenti o sulla rete di alimentazione; tutte le apparecchiature ed i materiali saranno marchiati CE e conformi alle normative CEI.

L'utilizzo delle marche talvolta indicate nella documentazione di progetto per i vari componenti degli impianti non è vincolante, a meno che tale condizione non venga esplicitamente riportata: possono infatti essere utilizzate anche altri produttori, purché le caratteristiche tecniche delle apparecchiature installate siano equivalenti a quelli indicati in progetto ed in grado di garantire le stesse prestazioni in termini di qualità, sicurezza, durata, manutenibilità e non solo.

I componenti impiantistici e gli apparecchi utilizzatori fissi dovranno essere installati in modo da facilitare il funzionamento, il controllo, l'esercizio e l'accesso alle connessioni.

I dispositivi di manovra e di protezione devono essere dotati di scritte o altri contrassegni che ne permettano l'identificazione.



3.3. CAVI

I conduttori impiegati nella esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalla tabella CEI-UNEL 00722-74 e 00712. In particolare:

- bicolore giallo-verde per i conduttori di terra, protezione ed equipotenzialità;
- blu chiaro per il conduttore di neutro;
- nero, grigio cenere e marrone per i colori distintivi delle fasi.

I cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale non inferiore a 450/750 V, saranno del tipo con guaina salvo quelli posati entro tubi protettivi o canalizzazione.

Per circuiti di segnalazione o comando i cavi devono essere adatti a tensione nominale 300/500 V. Questi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti a tensione nominale superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore.

In seguito all'aggiornamento normativo introdotto dall'entrata in vigore della EN 50575, ed in virtù della destinazione d'uso dei luoghi oggetto di lavori i cavi da utilizzare sono gli **FS17**, unipolari senza guaina, e gli **FG16(O)R16**, unipolari o multipolari con guaina.

I cavi, i tubi protettivi, le eventuali passerelle e le varie canalizzazioni devono avere caratteristiche di non propagazione alla fiamma relative alle condizioni di posa. Fino ad un'altezza dal pavimento di almeno 2,5 m, i cavi saranno protetti contro i danneggiamenti meccanici.

Le sezioni dei conduttori, calcolate in modo tale che la caduta di tensione in qualsiasi punto dell'impianto, quando sono inseriti tutti gli apparecchi che possono funzionare simultaneamente, non superi il 4% della tensione misurata al punto di consegna dell'impianto utilizzatore, saranno scelte fra quelle unificate. In nessun caso devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse per i diversi tipi di conduttori dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL.

Si prescrivono inoltre le seguenti sezioni minime per utenze monofase:

- 0,75 mm² per i circuiti di segnalazione e comando;
- 1,5 mm² per illuminazione di base e per altri apparecchi di illuminazione;
- 2,5 mm² per derivazione con o senza prese a spina per utilizzatori con $P \leq 2$ kW;
- 4 mm² per montanti singoli e linee alimentanti apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 2 kW.



Le sezioni da impiegare per ciascun circuito sono comunque indicate dettagliatamente negli schemi unifilari dei quadri elettrici e negli elaborati planimetrici.

Per facilitare le attività manutentive su apparecchiature poste in ambienti non direttamente collegati con i Q.E. presenti, e soprattutto per garantire la sicurezza di chi andrà ad effettuare le operazioni, saranno installati dispositivi di protezione locale in grado di interrompere localmente l'alimentazione elettrica ed evitare il rischio di una richiusura inopportuna da "remoto" del circuito.

3.4. QUADRI ELETTRICI

La realizzazione di ogni quadro deve essere conforme alla norma CEI 17/13: si tratta di quadri di tipo modulare, montabili sporgenti, in lamiera o in PVC, con telaio composto da supporti in policarbonato e guide DIN in lamiera zinco-passivata, con pannello frontale e muniti di sportello chiudibile: nel caso specifico, non saranno realizzati nuovi quadri elettrici ma avverrà soltanto un adeguamento dei quadri esistenti.

In virtù dei luoghi di installazione, per l'interruttore generale si prescrive l'impiego di una carpenteria almeno IP 55.

Tutte le linee elettriche saranno protette con apparecchiature di sezionamento, comando, protezione magnetotermica e/o differenziale secondo quanto meglio dettagliato negli appositi elaborati: la dotazione di ciascun quadro è riportata nella "relazione di calcolo" e negli "schemi unifilari" allegati.

All'interno di ogni quadro dovrà essere previsto un compartimento nel quale saranno inseriti tutti i morsetti per i cavi, corredati di capicorda con sigillatura in nylon, in arrivo ed in partenza.

Le parti metalliche fisse dei quadri saranno collegate a terra secondo le norme CEI con treccia di rame stagnato e isolato di sezione non inferiore a 16 mm² e completa di terminali e accessori.

I quadri saranno completi di targhette conformi alle norme CEI EN 61439 e/o CEI 23-51 e dovranno contenere all'interno anche gli elaborati grafici As Built e la dichiarazione di conformità fornita dall'installatore: inoltre, al di sopra di ogni interruttore, visibile all'esterno, dovrà essere riportata apposita etichetta con la denominazione del circuito così come identificato negli elaborati grafici e sulla morsettiera interna dovranno essere riportati tutti i cartellini necessari per distinguere ed identificare le linee.



3.5. CIRCUITI ELETTRICI

Lo schema dei circuiti sarà del tipo radiale: per la descrizione completa dei circuiti relativi ai vari quadri si rimanda ancora una volta agli elaborati grafici allegati.

La protezione meccanica delle linee di distribuzione sarà effettuata tramite tubazioni in PVC serie rigida, corrugati o guaina spiralata diflex. Qualora si volessero impiegate tubazioni metalliche, ad esempio tubi TAZ, i cavi dovranno essere necessariamente dotati di guaina protettiva.

Per la grandezza dei tubi in relazione alla sezione ed al numero dei cavi deve essere verificato quanto previsto dalle norme CEI 23-32 artt. 1.3.01, 2.2.02, 1.3.01 e CEI 64-8 artt. 522.8.1.1:

- le canaline portacavi devono essere di tipo chiuso e sovradimensionate del 30%;
- le tubazioni dovranno essere scelte in modo tale che il diametro interno del tubo sia superiore di almeno il 30% del diametro circoscrivente il fascio di cavi che esso deve contenere.

Si prescrive, comunque, l'impiego di tubi con sezione minima di 20 mm² (32 mm² per condutture monofase da 10 mm²) e l'utilizzo di un tubo flessibile distinto per ciascun circuito della distribuzione.

Le connessioni saranno eseguite con appositi morsetti, con o senza vite, dovranno essere accessibili per manutenzione, ispezione e prove e saranno ubicate entro cassette di derivazione con grado di protezione almeno pari a IP43 e comunque conforme al luogo specifico di installazione. Le connessioni non sono comunque ammesse entro tubi protettivi.

Per la distribuzione in tubo protettivo isolante si utilizzerà cavo unipolare del tipo **FS17**.

Per la posa delle linee elettriche all'esterno dell'edificio e/o interrate dovranno essere utilizzati cavi isolati in gomma di qualità G16. Tali linee esterne faranno capo a pozzetti di ispezione ed infilaggio di nuova posa che dovranno essere di tipo con fondo perdente e dimensioni almeno 30x30 cm e, specie nelle aree carrabili, dovranno essere dotati di robusti chiusini.

Per la protezione delle condutture dai sovraccarichi e dalle correnti di corto circuito verranno impiegati interruttori automatici magnetotermici le cui caratteristiche vanno rilevate dagli schemi unifilari dei quadri.



4. CRITERI DI PROGETTAZIONE

4.1. CRITERI DI PROGETTO DELLE LINEE

4.1.1. Criterio termico

La protezione dai sovraccarichi e dai cortocircuiti delle condutture è, per gli impianti utilizzatori in bassa tensione, essenzialmente un problema termico: si devono limitare le correnti in modo tale che il conduttore non raggiunga, per effetto Joule, temperature elevate tali da compromettere l'integrità e la durata dell'isolante. Si devono distinguere tre casi cui corrispondono tre diverse temperature ammissibili: il regime permanente, il sovraccarico, ed il corto circuito:

- il regime permanente dà luogo a temperature che la conduttura deve poter sopportare per tempi indefiniti;
- il sovraccarico dà luogo a temperature che porterebbero al rapido deterioramento del cavo se non venissero interrotte in tempi rapidi;
- il corto circuito va interrotto tempestivamente nell'ordine di qualche centesimo di secondo.

Pertanto, definendo I_z la portata massima del cavo in regime permanente, I_b la corrente di impiego del cavo ed I_n la corrente nominale dell'interruttore automatico magnetotermico della linea da proteggere, per ottenere la protezione dal sovraccarico è necessario che si verifichi la condizione:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Gli interruttori automatici da installare, oltre a soddisfare la precedente relazione, devono avere una corrente di funzionamento minore o uguale a 1,45 volte la portata del cavo:

$$I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

questa relazione è automaticamente soddisfatta se si utilizzano interruttori automatici conformi alle norme CEI 23-3.

Le condizioni richieste per la protezione dal corto circuito sono sostanzialmente:

- l'interruttore automatico deve essere installato all'inizio della conduttura da proteggere con una tolleranza di 3 m dal punto di origine;
- l'apparecchio non deve avere corrente nominale inferiore alla corrente di impiego;



- l'interruttore deve avere potere di interruzione non inferiore alla corrente presunta di corto circuito nel punto di installazione;
- l'interruttore deve intervenire, nel caso di c.c. che si verifichi in qualsiasi punto della linea protetta, ovvero per il minimo valore di corrente di c.c. che si può avere nella linea, con la tempestività necessaria al fine di evitare danneggiamenti dell'isolante.

In pratica, nel caso di linee in cavo, quanto specificato nell'ultimo punto, significa non far superare all'isolante la temperatura massima di c.c. limitando l'energia termica passante attraverso la protezione a valori tollerabili da cavo. Occorre quindi rispettare la seguente relazione:

$$\int_{(0,t_i)} i^2(t)dt \leq K^2 S^2$$

dove:

- **K** è una costante stabilita dalle norme in base al tipo dell'isolante del cavo;
- **S** è la sezione del cavo;
- **t_i** è il tempo di intervento.

La corrente di corto circuito minima alla fine di ogni linea elettrica è stata calcolata con la seguente formula:

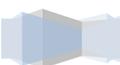
$$I_{cc_{min.}} = \frac{0,8 \cdot U \cdot S}{1,5 \cdot \rho \cdot 2 \cdot L}$$

dove:

- **U** è la tensione concatenata di alimentazione (V)
- **ρ** è la resistività a 20°C del materiale dei conduttori (Ω·mm²/m)
- **L** è la lunghezza della condotta elettrica (m)
- **2** è un fattore che tiene conto del fatto che durante il corto circuito è interessata una lunghezza doppia (cavo di andata più cavo di ritorno)
- **S** è la sezione del conduttore (mm²)

I cavi di potenza devono essere protetti contro la I_{cc} a fine linea e ciò si effettua applicando la seguente formula:

$$L_{max.} = \frac{15 \cdot V \cdot S}{1,2 \cdot I_m} \cdot 0,8$$



dove:

- **V** è la tensione concatenata di alimentazione (in V)
- **S** è la sezione del conduttore (in mm²)
- **I_m** è la taratura magnetica dell'interruttore di protezione installato a monte del cavo (in A)

4.1.2. Criterio elettrico

Il calcolo delle sezioni è effettuato imponendo che la caduta di tensione lungo la linea non superi il massimo valore di c.d.t. dal punto di consegna dell'energia da parte dell'ente erogatore ai singoli utilizzatori. Tale valore è stabilito pari al 4% (norme CEI 11-1, 11-11, 64-3): le c.d.t. devono sempre essere verificate per correnti pari alle correnti di impiego.

Tale caduta di tensione è calcolata con la seguente formula:

$$\Delta V = k \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

dove:

- **ΔV** è la caduta di tensione (V/Km)
- **k** è pari a 2 per linee monofasi e a $\sqrt{3}$ per linee trifasi
- **R** è la resistenza per fase alla temperatura di regime (Ω/Km)
- **X** è la reattanza di fase a 50 Hz (Ω/Km)
- **Cos φ** è il fattore di potenza dell'utilizzatore
- **Sen φ** è pari a $\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$
- **I** è la corrente di fase (A)

Per ogni linea elettrica in partenza dal quadro elettrico generale, la ripartizione della caduta di tensione in linea generale viene concepita cercando di limitare all'1% la perdita sui circuiti montanti e del 3% sui circuiti terminali.

4.1.3. Dimensionamento delle linee

All'interno degli schemi unifilari e nella relazione di calcolo viene riportata la distribuzione dei carichi con i relativi coefficienti di contemporaneità e di utilizzazione adottati. In particolare, il dimensionamento



delle linee è stato effettuato utilizzando il criterio termico e verificando successivamente la caduta di tensione.

4.2. CALCOLO DEGLI INTERRUTTORI

Determinata la corrente di impiego di ogni linea I_b e scelta la sezione S del conduttore da utilizzare si determina la massima corrente I_z che il cavo può sopportare, l'interruttore a protezione della linea deve soddisfare le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

I risultati dei calcoli per il dimensionamento degli interruttori del quadro sono riportati negli schemi unifilari dei quadri elettrici allegati.

La soglia di intervento magnetica è stata scelta in modo tale da garantire un rapporto non inferiore a 1,5 rispetto a quella degli interruttori a valle per tener conto delle tolleranze di funzionamento e quindi garantire la *selettività amperometrica*; il relè differenziale, per garantire la *selettività cronometrica*, sarà di tipo selettivo con soglia di intervento superiore di almeno 3 volte quella dei dispositivi differenziali a valle.

4.3. CRITERI DI PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

L'alimentazione dell'impianto di illuminazione avverrà mediante un nuovo interruttore da installare all'interno di un quadro esistente, secondo quanto riportato in dettaglio negli elaborati grafici e negli schemi unifilari che costituiscono parte integrante del presente progetto.

La scelta dei corpi illuminanti da impiegare dovrà essere effettuata facendo riferimento alle specifiche riportate nel presente capitolo e negli elaborati grafici allegati; questi documenti di progetto, infatti, recepiscono le prescrizioni imposte dalla Norma UNI 11248:2007 in funzione della tipologia di strada. In particolare, per le strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, ecc...viene assegnata la categoria illuminotecnica di riferimento "CE4" a cui corrisponde (Norma UNI EN 13201-2:2004) un illuminamento medio mantenuto pari a 10 lux ed un illuminamento minimo di 0,4.

E' indispensabile, inoltre che tutti i materiali che l'impresa proporrà di installare, rispettino anche i CAM specifici per la pubblica illuminazione.



Per questo motivo, prima dell'acquisto, si prescrive all'impresa esecutrice l'invio delle specifiche tecniche di tutte le apparecchiature al fine sia di verificarne le caratteristiche tecniche che di condividere con la Committente l'impatto estetico: non verranno accettate forniture non approvate per iscritto dallo scrivente Progettista e Direttore Lavori.

Eventuali modifiche sull'impianto di illuminazione rispetto a quanto progettato potranno essere effettuate soltanto dopo preliminare verifica ed approvazione.

4.3.1. Criteri di calcolo

Il flusso luminoso (lm) è la quantità di luce irradiata complessivamente in tutte le direzioni da una lampada, mentre l'illuminamento (lx) è invece la quantità di luce che colpisce una superficie ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2$).

Per progettare un impianto di illuminazione occorre per prima cosa calcolare l'indice del locale ovvero il rapporto tra il flusso totale incidente sul piano illuminato (ad esempio, il banco vendita o il tavolo in una cucina) ed il flusso totale emesso dalle lampade installate. La formula è la seguente:

$$K = \frac{a \cdot b}{n \cdot (a + b)}$$

dove:

K = indice del locale

a = larghezza del locale

b = lunghezza del locale

n = altezza delle lampade rispetto al piano di lavoro

Utilizzando l'indice del locale appena calcolato ed il grafico sotto riportato possiamo ricavare il coefficiente di utilizzazione. Questo parametro considera la capacità dell'ambiente di riflettere o meno la luce, sarà minimo nel caso di pareti scure e massimo nel caso di pareti bianche.

Nota tale coefficiente di utilizzazione, si applica la formula del flusso totale:

$$N = \frac{E \cdot A}{\varphi_L \cdot u \cdot m}$$

dove:

N = numero di lampade

E = illuminamento medio previsto

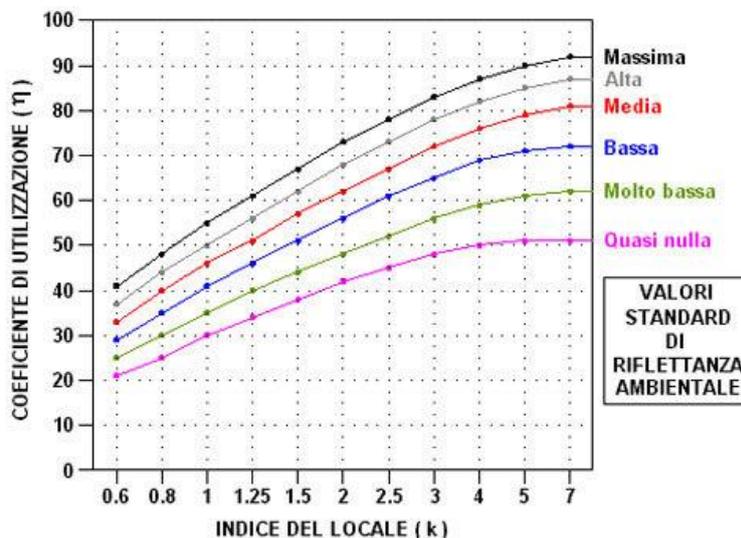
A = area del locale



ϕ_L = flusso luminoso emesso dalla lampada

u = coefficiente di utilizzazione

m = fattore di manutenzione

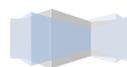


I risultati dei calcoli sono riportati nella seguente tabella:

CALCOLO ILLUMINOTECNICO			
GRANDEZZA FISICA	DESCRIZIONE GRANDEZZA FISICA	UNITA' DI MISURA	VIA
E	Illuminamento	Lux (lx)	10
ϕ_L	Flusso luminoso lampada	Lumen (lm)	5500
m	Fattore di manutenzione	-	0,9
a	Larghezza del locale	m	350,00
b	Lunghezza del locale	m	4,00
n	Altezza delle lampade rispetto alla quota di interesse	m	5
K	Indice del locale	-	0,79
u	Coefficiente di utilizzazione	-	0,44
A	Area da illuminare	m ²	1400,00
N _{min}	Numero di lampade minimo	-	6,43
N	Numero di lampade previste	-	7

4.3.2. Criteri Ambientali Minimi

Ai sensi del D.lgs 50/2016, artt. 34 e 71, le Amministrazioni pubbliche, nell'acquisizione di sorgenti o apparecchi per illuminazione pubblica e nell'affidamento dell'incarico di progettazione di impianti di illuminazione pubblica, per qualunque importo e per l'intero valore delle gare, sono tenute ad utilizzare almeno le specifiche tecniche e le clausole contrattuali definite nel documento "CAM Illuminazione Pubblica"



ed a tener conto dei criteri ambientali premianti, definiti nello stesso documento, come elementi per la valutazione e l'aggiudicazione delle offerte.

Le nuove armature stradali a LED dovranno necessariamente essere certificate CAM e rispettare pertanto tutti i relativi requisiti di cui se ne elencano soltanto alcuni:

- **Efficienza luminosa e indice di posizionamento cromatico dei moduli LED:** i moduli LED devono raggiungere, alla potenza nominale di alimentazione (ovvero la potenza assorbita dal solo modulo LED) le seguenti caratteristiche:

Efficienza luminosa del modulo LED completo di sistema ottico (il sistema ottico è parte integrante del modulo LED) [lm/W]	Efficienza luminosa del modulo LED senza sistema ottico (il sistema ottico non fa parte del modulo LED) [lm/W]
≥ 95	≥ 110

Inoltre, per evitare effetti cromatici indesiderati, nel caso di moduli a luce bianca ($R_a > 60$), i diodi utilizzati all'interno dello stesso modulo LED devono rispettare una o entrambe le seguenti specifiche:

- una variazione massima di cromaticità pari a $\Delta u'v' \leq 0,0048$ misurata dal punto cromatico medio ponderato sul diagramma CIE 1976;
 - una variazione massima pari o inferiore a un'ellisse di MacAdam a 5-step9 sul diagramma CIE 1931.
- **Fattore di mantenimento del flusso luminoso e Tasso di guasto dei moduli LED:** Per ottimizzare i costi di manutenzione, i moduli LED debbono presentare, coerentemente con le indicazioni fornite dalla norma EN 62717 e s. m. e i., alla temperatura di funzionamento t_p e alla corrente di alimentazione più alte (condizioni più gravose), le seguenti caratteristiche:

Fattore di mantenimento del flusso luminoso	Tasso di guasto (%)
L_{80} per 60.000 h di funzionamento	B_{10} per 60.000 h di funzionamento

in cui:

L_{80} : Flusso luminoso nominale maggiore o uguale all'80% del flusso luminoso nominale iniziale

B_{10} : Tasso di guasto inferiore o uguale al 10%

- **Rendimento degli alimentatori per moduli LED:** Gli alimentatori per moduli LED devono avere le seguenti caratteristiche:



Potenza nominale del modulo LED P [W]	Rendimento dell'alimentatore (%)
$P \leq 10$	70
$10 < P \leq 25$	75
$25 < P \leq 50$	83
$50 < P \leq 60$	86
$60 < P \leq 100$	88
$100 < P$	90

- Garanzia: L'offerente deve fornire garanzia totale, per tutti i prodotti, valida per almeno 3 anni, a partire dalla data di consegna all'Amministrazione, nelle condizioni di progetto, esclusi atti vandalici, danni accidentali o altre condizioni eventualmente definite nel contratto.

Nel caso di moduli LED il periodo di garanzia di cui sopra è di 5 anni.

Nel caso di alimentatori (di qualsiasi tipo) il periodo di garanzia di cui sopra è di 5 anni.

Le condizioni generali di garanzia debbono essere definite dall'Amministrazione coerentemente con le proprie aspettative ed esigenze.

Devono inoltre essere soddisfatte le seguenti CLAUSOLE CONTRATTUALI (criteri di base):

- Dichiarazione di conformità UE e conformità ai requisiti tecnici: Ai fini del presente documento un modulo LED completo di ottica e sistema di alimentazione è equivalente ad un apparecchio di illuminazione; di conseguenza ad esso si applicano i criteri definiti al capitolo 4.2 dei CAM di Illuminazione Pubblica.

Nel caso di installazione, in impianti e/o apparecchi esistenti, di componenti (quali ad esempio sorgenti luminose o ausiliari di comando e regolazione) che non rispettano le specifiche tecniche del produttore dell'apparecchio, il fabbricante originario dell'apparecchio non sarà responsabile della sicurezza e degli altri requisiti derivanti dalle direttive applicabili. Di conseguenza l'installatore deve emettere una nuova dichiarazione UE per gli apparecchi modificati e messi in servizio, comprensivi dei relativi fascicoli tecnici a supporto, secondo quanto previsto dalla normativa in vigore.

L'appaltatore deve verificare altresì l'esistenza di eventuali requisiti brevettuali (es. proprietà intellettuale) e, nel caso, il loro rispetto.

La dichiarazione di conformità UE deve contenere almeno le seguenti informazioni:

- nome e indirizzo del fabbricante o del mandatario che rilascia la dichiarazione (ed il numero di identificazione dell'organismo notificato qualora il modulo applicato preveda l'intervento di un ente terzo);
- identificazione del prodotto (nome, tipo o numero del modello ed eventuali informazioni supplementari quali numero di lotto, partita o serie, fonti e numero di articoli);
- tutte le disposizioni del caso che sono state soddisfatte;



- norme o altri documenti normativi seguiti (ad esempio norme e specifiche tecniche nazionali) indicati in modo preciso, completo e chiaro;
- data di emissione della dichiarazione;
- firma e titolo o marchio equivalente del mandatario;
- dichiarazione secondo la quale la dichiarazione di conformità UE viene rilasciata sotto la totale responsabilità del fabbricante ed eventualmente del suo mandatario;
- dichiarazione di conformità UE della fornitura a tutti i requisiti tecnici previsti, firmata dal legale responsabile dell'offerente.

- Gestione dei rifiuti elettrici ed elettronici:

L'offerente deve garantire la raccolta, il trasporto, il trattamento adeguato, il recupero e smaltimento ambientalmente compatibile delle sorgenti luminose, classificate come RAEE professionali secondo quanto previsto dagli artt. 13 e 24 del D.Lgs. 14 marzo 2014, n. 49, dal D.Lgs 152/2006 e s.m.i.

Ove richiesto, l'offerente deve assicurare anche il ritiro ed il trattamento a norma di legge di RAEE storici esistenti presso la stazione appaltante.

Riguardo al ritiro dei rifiuti di pile e accumulatori, l'offerente si impegna ad osservare le disposizioni di cui al D.Lgs. 188/2008 e s. m. i.

- Apparecchi per illuminazione stradale:

Per apparecchi per illuminazione stradale si intendono tutti quegli apparecchi destinati ad illuminare ambiti di tipo stradale.

Tali apparecchi devono avere, oltre alla Dichiarazione di conformità UE, almeno le seguenti caratteristiche:

Proprietà dell'apparecchio di illuminazione	Valori minimi
IP vano ottico	IP 65
IP vano cablaggi	IP55
Categoria di intensità luminosa	$\geq G^*2$
Resistenza agli urti (vano ottico)	IK06
Resistenza alle sovratensioni ¹¹	4kV

(IP) = Grado di protezione degli agenti esterni

- Prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione:

Gli apparecchi d'illuminazione devono avere l'indice IPEA maggiore o uguale a quello della classe B fino all'anno 2025 compreso e a quello della classe A, a partire dall'anno 2026.



Gli apparecchi d'illuminazione impiegati nell'illuminazione stradale, di grandi aree, rotatorie e parcheggi debbono avere l'indice IPEA maggiore o uguale a quello della classe A+++ a partire dall'anno 2024:

INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA	
Classe energetica apparecchi illuminanti	IPEA*
An+	$IPEA^* \geq 1,10 + (0,10 \times n)$
A++	$1,30 \leq IPEA^* < 1,40$
A+	$1,20 \leq IPEA^* < 1,30$
A	$1,10 \leq IPEA^* < 1,20$
B	$1,00 \leq IPEA^* < 1,10$
C	$0,85 \leq IPEA^* < 1,00$
D	$0,70 \leq IPEA^* < 0,85$
E	$0,55 \leq IPEA^* < 0,70$
F	$0,40 \leq IPEA^* < 0,55$
G	$IPEA^* < 0,40$

4.4. IMPIANTO DI TERRA

Nell'ambito dei presenti lavori non risulta necessario modificare l'impianto di terra esistente: ciò è possibile perché l'impresa dovrà installare tutte apparecchiature a doppio isolamento (armature stradali, cavi, morsettiera,...).

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. Manolo Bonifazi

